

용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구
Zoning Regulations and Greenhouse Gas Management Policies in Building Sector

김승남 Kim, Seung Nam
조상규 Cho, Sang Kyu
김영현 Kim, Young Hyun

(a u r i

AURI-기본-2014-3

용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구

Zoning Regulations and Greenhouse Gas Management Policies in Building Sector

지은이: 김승남, 조상규, 김영현

펴낸곳: 건축도시공간연구소

출판등록: 제385-3850000251002008000005호

인쇄: 2014년 10월 26일, 발행: 2014년 10월 31일

주소: 경기도 안양시 동안구 시민대로 230 아크로타워 B동 301호

전화: 031-478-9600, 팩스: 031-478-9609

<http://www.auri.re.kr>

가격: 23,000원, ISBN: 979-11-5659-011-8

* 이 연구보고서의 내용은 건축도시공간연구소의 자체 연구물로서
정부의 정책이나 견해와 다를 수 있습니다.

연구진

l 연구책임	김승남 부연구위원
l 연구진	조상규 연구위원 김영현 부연구위원
l 외부연구진	윤준도 행림종합건축사사무소 이사 이 훈 신한대학교 교수 주정준 Boston Redevelopment Authority 도시계획가
l GIS 분석 지원	(주)비즈지아이에스
l 연구보조원	정진아 연구인턴 김희철 서울대학교 공학연구소 선임연구원 문미라 서울대학교 환경대학원 박사과정 양승호 서울대학교 공학연구소 선임연구원

l 연구심의위원	유광흠 선임연구위원 오성훈 연구위원 박희민 국토교통부 서기관 왕광익 국토연구원 책임연구원 이희정 서울시립대학교 교수
l 연구자문위원	권오현 (주)이든스토리 대표 김민경 서울연구원 부연구위원 이경환 공주대학교 교수 임주호 토지주택연구원 수석연구원 정희윤 서울연구원 선임연구원

연구요약

제1장 서론

제로에너지(zero-energy) 건축은 과연 가능한가? 많은 실험 건축물들을 통해 확인되었듯, 이는 더 이상 기술적으로 불가능한 영역에 있지 않다. 그러나 이것이 일반적인 건축물에 대한 규제로 확대, 적용되었을 경우에는 어떠한가? 과연 이것이 사회경제적으로 평등하고 합리적이며 달성 가능한 목표가 될 수 있는가? 2025년까지 모든 건축물의 제로에너지화를 목표로 하고 있는 현 시점에서, 우리는 이 정책 목표가 과연 실현 가능한 것인지, 그렇지 않다면 바람직한 대안은 무엇인지에 대해 고민해볼 필요가 있다.

정책의 효율성과 경제성 측면에서 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축정책은 여타 부문에 비해 더욱 시급하고 중요하게 다루어질 필요가 있다. 그러나 기존의 건축물 에너지 성능규제 목표는 주거용과 비주거용 단 두 유형으로 구분되어 있으며, 건축행위의 유형과 강도를 결정하는 용도지역제도를 고려하지 않고 있다. 동일한 용도의 건축물이라 할지라도 해당 건물이 위치한 용도지역의 규제수준(용적률 및 건폐율 등)에 따라 에너지 성능규제 달성의 난이도가 달라지며 심지어 특정 용도지역에서는 애초에 달성이 불가능할 수 있기 때문에, 이는 필연적으로 규제의 형평성과 효율성을 저해하는 과잉 규제가 될 수밖에 없다. 이에 본 연구는 건물용도별·용도지역별 온실가스 배출특성 및 영향요인 분석을 통해 용도지역별 신축건축물의 이론적 온실가스 감축률과 적정 배출기준(성능기준)을 도출하고, 이를 바탕으로 용도지역별 신축 건축물 에너지 성능규제 차등화 방안과 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능기준을 제시하는 것을 목적으로 한다.

제2장 관련 이론 및 정책 동향

제2장에서는 본 연구의 논의를 진행함에 있어 사전적인 검토가 요구되는 녹색건축 관련 정책동향과 기초 이론을 살펴본다. 먼저, 1절에서는 건축물 단위로 적용되고 있는

국내 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용과 한계를 살펴보고 도시계획적 접근의 필요성을 제시한다. 2절에서는 성능기반 용도지역제를 비롯한 ‘토지이용제도를 통한 건축물 성능규제’의 기본 개념과 국내 현황을 살펴보고, 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제의 필요성을 제시한다. 마지막으로 3절에서는 녹색건축물의 온실가스 감축성능을 검토하기 위해 다섯 유형의 기존 선행연구 및 제도를 검토한다. 그 결과, 에너지 수요 절감효과와 신재생에너지 생산효과를 종합한 녹색건축물의 온실가스 감축 성능 수준은 최대 50~80% 정도일 것으로 예측되었다. 이 값은 제4장에서 냉난방 에너지의 최대 감축률 가정치로 결정하는 기준이 된다.

제3장 토지이용제도를 통한 건물부문 온실가스 감축정책 및 제도 사례연구

제3장에서는 건물부문의 온실가스 감축을 위한 세계 각국의 토지이용제도와 지원제도 사례를 살펴본다. 먼저, 2절에서는 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브) 사례를 살펴본다. 용도지역과 무관하게 건축 행위에 따라 인센티브를 부여하는 국내 제도와는 달리, 녹색건축물 인증에 대한 인센티브 규정을 용도지역법 내에 포함하여 용도지역별로 차등화된 인센티브 규정을 적용하는 등 토지이용제도와 적극적으로 연계된 모습을 확인할 수 있었다. 다음으로 3절에서는 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침으로서, 일본의 저탄소 도시계획 체계와 도시계획 가이드라인을 살펴본다. 국내에서도 건물단위 정책만으로는 온실가스 감축목표의 달성이 여의치 않은 상황이므로, 도시계획을 통한 건물부문 온실가스 관리 방안에 대한 연구와 제도 마련이 필요할 것으로 보인다. 4절에서는 녹색건축 및 녹색도시계획을 활성화하기 위한 각종 지원제도를 살펴본다. 미국 알링턴 카운티(Arlington County)에서 운영 중인 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도와 그린빌딩 펀드 등은 인센티브 확보 후 약속된 에너지 성능을 달성하지 못하더라도 별다른 조치를 취하지 못하고 있는 국내 상황을 고려할 때, 도입 논의가 시급히 필요한 정책이라 할 수 있다. 5절에서는 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제에 대한 시사점을 얻고자, 과거 미국과 호주에서 적용되었던 성능기반 용도지역제의 운영 방식과 절차를 살펴본다. 그 결과 성능기반 용도지역제는 기존 용도지역제의 틀 내에서 중복지역지구제(Overlay Zoning) 등의 대안적 용도지역제와 접목하여 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 마지막으로 6절에서는 3장에서 검토한 해외 제도 및 정책의 주요 내용을 요약정리하고, 사례연구의 함의와 시사점을 제시한다.

제4장 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석 및 성능기준 마련

제4장에서는 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석과 이론적 온실가스 감축률 분석을 바탕으로 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 제시한다. 우선, 1절에서는 건축물 에너지 소비량 자료 등, 분석을 위해 필요한 각종 자료의 통합 및 정제 과정을 설명한다. 2절에서는 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석을 위한 예비 과정으로서, 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성 및 영향요인을 분석한다. 주요 결과를 요약하면 다음의 표와 같다.

토지이용규제 수준이 건물용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향

모형 유형 및 주요 검증변수		단위 연면적당 소비량			주요 결과 및 함의
		기저	냉방	난방	
주거용	용적률	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 형태적 측면에서, 낮고 넓은 건축물이 높고 가는 건물에 비해 에너지 소비가 큼 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 작음
	건폐율	+	+	+	
	대지면적	-	-	-	
비주거용	용적률	+	-	-	<ul style="list-style-type: none"> 비주거용 기저소비량의 경우 건물형태보다는 행위유형 및 강도와 밀접한 관련이 있음 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 작음
	건폐율	+	+	+	
	대지면적	-	-	-	

규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합 예시(대지면적 200m² 규모의 주거용 건축물)

분석 단계	에너지 소비량 범위	온실가스 배출량 범위	색조변화 예시 (에너지 기준)	주요 결과 및 함의
에너지 소비량	1.40~32.56 (TOE/year)	2.90~67.40 (TCO ₂ eq/year)		<ul style="list-style-type: none"> 건물의 총 에너지 소비량은 용적률 및 건폐율과 비례하여 증가
에너지 감축 가능량	0.76~13.66 (TOE/year)	1.60~28.74 (TCO ₂ eq/year)		<ul style="list-style-type: none"> 용적률 및 건폐율과 비례하여 감축 가능량 증가 용적률 500% 이상 구간은 예외
에너지 감축률	15.16~54.58 (%)	14.74~55.68 (%)		<ul style="list-style-type: none"> 감축률 범위 기존 이론과 유사 용적률이 낮아질수록, 건폐율이 높아질수록 감축률 증가
태양광 에너지 생산 가능량	0.29~5.50 (TOE/year)	-		<ul style="list-style-type: none"> 건폐율과 정비례 용적률에 따른 차이는 없음
태양광의 에너지 총당률	1.94~153.14 (%)	-		<ul style="list-style-type: none"> 일반적인 건물의 에너지 총당률은 20~30%로 기존 이론과 유사 건폐율과 비례, 용적률과 반비례
총 에너지 감축률	17.25~207.86 (%)	16.78~203.80 (%)		<ul style="list-style-type: none"> 에너지 감축률과 태양광 에너지 총당률의 조합 용적률과 반비례, 건폐율과 비례
단위 연면적당 최저 소비량	-36.71~10.95 (kgOE/m ²)	-73.13~22.22 (kgCO ₂ eq/m ²)		<ul style="list-style-type: none"> 용적률이 낮고 건폐율이 높은 일부 유형에서만 제로에너지 가능 사선방향으로 저효율 건축물 집중
단위 대지면적당 최저 소비량	-9.18~76.17 (kgOE/m ²)	-18.28~158.20 (kgCO ₂ eq/m ²)		<ul style="list-style-type: none"> 용적률에 비례하여 증가 용적률 400% 이하에서는 건폐율과 반비례, 이상에서는 비례

3절에서는 위의 결과를 바탕으로 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률을 분석한다. 주거용 건축물을 예로 주요 과정과 결과를 요약적으로 나타내면 위의 표와 같다. 이 분석 결과를 바탕으로 주거용 건축물의 용적률·건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성을 도식화하면 아래의 표와 같다. 이를 통해, 개별 건물 단위의 에너지 성능개선 및 신재생에너지 도입만으로는 제1종전용주거지역을 제외한 모든 용도지역에서 2025년을 목표로 하고 있는 제로에너지의 달성이 현실적으로 불가능함을 알 수 있다.

주거용 건축물의 용적률·건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성

용적률 급간	건폐율 급간										
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5											
0.5~1.0											
1.0~1.2											
1.2~1.5											
1.5~2.0											
2.0~2.5											
2.5~3.0											
3.0~4.0											
4.0~5.0											
5.0~6.0											
6.0~8.0											
8.0~	달성 불가능										

이에 따라, 4절에서는 현실적으로 가능한 신축건축물 에너지 성능규제 개선안을 마련하고 그 효과를 검증한다. 본 연구를 통해 도출한 건물용도별·용도지역별 신축건축물 성능규제 개선안을 종합, 정리하면 아래의 표와 같다. 이 안을 바탕으로 신축건축물 성능규제의 온실가스 감축효과를 시뮬레이션 분석한 결과, 주거용의 경우 2020년 국가 온실가스 감축목표를 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 현실적으로 불가능한 목표를 제시하여 무리한 규제를 가하는 것보다는 현실적인 목표로 수정하는 것이 바람직하다. 반면, 비주거용의 경우에는 기존 목표와 개선 목표 적용 시 모두 2020년 국가 온실가스 감축목표의 달성이 불가능한 것으로 나타났다. 이는 애초에 비주거용 신축허가 추이에 비해 과도한 목표가 설정되었기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 현실적인 신축허가 추이를 고려해 비주거용 신축건축물 부문에 할당된 감축목표를 줄이는 것이 바람직할 것이다. 또한, 이 결과는 건물이 입지한 필지(on-site)에서의 노력만으로는 한계가 있으므로, 신재생에너지 생산과 미이용 에너지의 공유 및 거래와 같은 필지 외(off-site)에서의 노력이 필요하다는 사실을 인식하게 하는 결과라 할 수 있다.

건물용도별·용도지역별 신축건축물 성능규제 개선안 종합

구분		기존 건물의 에너지 소비 원단위* (kgOE/m ² /year)		에너지 감축목표(%)		신축건물의 에너지 소비 허용량(kgOE/m ² /year)	
		주거용	비주거용	주거용	비주거용	주거용	비주거용
개선안	1종전용주거지역	20.11	26.81	100	100	0.00	0.00
	1종일반주거지역	25.44	33.43	90	85	2.54	5.01
	2종일반주거지역	27.43	31.73	80	70	5.49	9.52
	3종일반주거지역	26.77	33.67	70	55	8.03	15.15
	준주거지역	26.13	28.66	75	60	6.53	11.46
	일반상업지역	22.14	35.91	60	50	8.86	17.96
기존 규제 목표	2012년	비교 기준 없음		30	15	기준 없음	
	2015년			60	30		
	2020년			-	60		
	2025년			제로에너지	제로에너지		

주: *2012년 1월 1일 이전 준공 건축물의 평균값을 의미하며, 본 분석에서 표준건축물의 역할을 함
 기존 규제목표의 출처: 국토교통부(2013b); 대한민국정부(2014); 산업통상자원부(2014)

마지막으로 5절에서는 장기적으로 추진 가능한 정책대안으로서, 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 마련하고 그 효과를 검증한다. 다음의 표와 같이 온실가스 배출 성능기준은 건물용도와 용도지역에 따라 15~220kgCO₂eq/m²/year까지로 큰 차이를 보이나, 전반적인 경향은 현행 밀도규제인 용적률 기준과 비례한다. 본래 용도지역별 용적률 및 건폐율 규제는 건물용도와는 무관하게 설정되어 있으므로, 이와 동일한 방식으로 단일 기준을 적용할 경우에는 보다 큰 값을 갖는 비주거용 건축물의 성능기준을 최대 온실가스 배출 허용 한계치로 활용하는 것이 바람직하다. 또한, 정책적 필요성에 따라 최대 허용 한계치를 구간 값으로 제시하거나 세부용도별로 세분화하여 제시할 수 있다. 마찬가지로 정책 적용효과를 시뮬레이션 분석한 결과, 이 기준을 적용하는 것만으로도 건물부문에 할당된 2020년 온실가스 감축목표의 66% 가량을 달성할 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서 제시하는 온실가스 배출 성능기준은 상당한 실효성을 갖는다고 판단된다.

용도지역별 온실가스 배출 성능기준

용도지역 구분	현행 밀도규제 (용적률 기준)	최대 허용기준에 해당하는 용적률 구간	해당 급간에서의 건폐율 변화에 따른 대지 면적당 온실가스 배출량 (kgCO ₂ eq/m ² /year)		용도지역별 단위 대지면적당 온실가스 배출 성능기준 (kgCO ₂ eq/m ² /year)		
			주거용	비주거용	주거용	비주거용	단일기준
1종전용주거지역	~100%	50~100%	-3.26~16.02	-1.00~20.44	15	20	20
1종일반주거지역	~150%	120~150%	9.81~30.00	14.16~39.25	30	40	40
2종일반주거지역	~200%	150~200%	21.16~38.76	27.91~51.85	40	50	50
3종일반주거지역	~250%	200~250%	37.59~49.07	49.67~67.68	50	60	60
준주거지역	~250%	200~250%	34.72~49.07	45.17~67.68	50	60	60
일반상업지역	~800%	600~800%	111.74~128.24	213.24~222.12	130	220	220

위의 기준을 바탕으로 용도지역별 온실가스 배출 성능기준에 맞춰 건축 가능한 규제 수준(용적률 및 건폐율)의 범위를 도식화하면 다음의 표와 같다. 이를 통해, 용적률 기반의 밀도규제를 온실가스 배출량 기준으로 전환할 경우 나타날 수 있는 개발밀도 상승폭의 범위를 예측할 수 있다. 분석 결과, 용적률 기준을 온실가스 배출량 성능기준으로 대체할 경우 평균적으로 한 두 단계의 용적률 상승이 실현될 수 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 건축물의 형태 변화를 통해 절감할 수 있는 온실가스 배출량이 제한적이기 때문에, 용적률 규제를 온실가스 배출 성능규제로 대체하더라도 평균적인 개발밀도(용적률) 상승은 크지 않을 것이라는 사실을 의미한다. 용적률과 온실가스 배출량의 관계를 일반화하여 살펴보면, 녹색건축 인증에 의한 용적률 인센티브의 효과를 온실가스 배출량으로 환산하여 나타낼 수 있다. 가장 흔한 형태인 건폐율 0.5~0.6 급간을 기준으로 두 변수의 관계를 파악해보면, 용적률 10% 상승 시 주거용 건축물의 경우 약 2.3kgCO₂, 비주거용의 경우 약 3.5kgCO₂ 정도의 온실가스 배출량이 증가함을 알 수 있다. 따라서 녹색건축 인증의 효과를 단위 대지면적당 약 3kgCO₂ 내외의 온실가스로 치환할 수 있다.

용도지역별 온실가스 배출 성능기준에 맞춰 건축 가능한 규제수준(용적률 및 건폐율)의 범위

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0 ~0.1	0.1 ~0.2	0.2 ~0.3	0.3 ~0.4	0.4 ~0.5	0.5 ~0.6	0.6 ~0.7	0.7 ~0.8	0.8 ~0.9	0.9 ~1.0
1종전용	20kgCO ₂ eq 이하					20kgCO ₂ eq 이하				
1종일반	40이하				20kgCO ₂ eq 이하					
2종일반	60이하		50이하			20kgCO ₂ eq 이하				
3종일반·준주거	60이하		60이하			50이하		40이하		
	2.5~3.0		60이하			50이하		20kgCO ₂ eq 이하		
	3.0~4.0		60이하			50이하		20kgCO ₂ eq 이하		
	4.0~5.0		60이하			50이하		20kgCO ₂ eq 이하		
	5.0~6.0		60이하			50이하		20kgCO ₂ eq 이하		
일반상업	6.0~8.0		60이하			50이하		20kgCO ₂ eq 이하		
	8.0~		220kgCO ₂ eq 초과			220kgCO ₂ eq 초과		220kgCO ₂ eq 초과		

- 200이하 : 1종전용주거지역의 배출성능 기준(200이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(용적률 및 건폐율)
- 40이하 : 1종일반주거지역의 배출성능 기준(40이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 50이하 : 2종일반주거지역의 배출성능 기준(50이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 60이하 : 3종일반·준주거지역의 배출성능 기준(60이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 220이하 : 일반상업지역의 배출성능 기준(220이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- : 건폐율 50% 경계선(1종전용주거지역, 3종일반주거지역)
- · — : 건폐율 60% 경계선(1종일반주거지역, 2종일반주거지역, 준주거지역, 일반상업지역)

제5장 결론

상기한 연구결과를 바탕으로, 건물부문 온실가스 관리 및 감축정책의 기본 방향을 제시하면 다음과 같다.

□ 용도지역을 고려한 신축건축물 에너지 성능 차등규제 도입

모든 건물에 적용되는 일반적인 규제로서는 신축건축물 에너지 성능규제의 개선을 가장 우선적으로 고려할 수 있다. 상기한 바와 같이 이 규제는 용도지역에 따라 그 달성 가능성과 난이도가 달라진다. 따라서 본 연구결과를 바탕으로 용도지역별 차등 규제를 마련하고 연도별 감축 목표를 현실화할 필요가 있다.

□ 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제 도입을 위한 제도 기반 마련

토지단위의 온실가스 배출 관리는 건물 단위 접근에 비해 다양한 장점을 갖는다. 또한, 본 연구에서 밝혔듯 개별 건물 단위의 에너지 성능 개선과 신재생에너지 도입만으로는 대부분의 용도지역에서 제로에너지 달성이 난망한 것이 현실이다. 따라서 건물부문의 온실가스 배출량 관리 정책은 장기적으로 건물에 대한 규제(개별 성능에 대한 규제)에서 토지이용에 대한 규제(집단 성능에 대한 규제)로 전환될 필요가 있다. 또한, 이러한 접근은 광역적 지역 단위의 총량 규제나 일부 사업체에 대한 개별 규제에 머물러서는 안 되며, 모든 토지에 대해 필지단위로 적용되는 일반적 규제의 형태가 되는 것이 바람직하다. 따라서 앞으로의 온실가스 배출량 관리 정책은 기존 용도지역제의 틀 내에서 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 도입하여 이를 관리하는 형태로 운영되어야 할 것이다. 이 기준은 향후 도시계획 시 해당 도시의 온실가스 배출 허용기준을 만족하기 위한 용도지역의 배분 및 배치 등을 결정하기 위한 용도로도 활용될 수 있다.

□ 온실가스 배출량 관리 정책의 효율적 운영 및 지원을 위한 제도 기반 마련

장기적으로 용도지역별 신축건축물 에너지 성능규제와 온실가스 배출 성능기준이 효율적으로 운영되기 위해서는 이를 뒷받침하기 위한 제도적 기반 마련이 선행되어야 한다.

우선, 신재생에너지 생산설비 등 에너지의 면적(面的) 활용 증대를 촉진하는 제도적

장치가 요구된다. 앞서 언급한 바와 같이, 개별 건물 단위의 노력만으로는 일정 수준 이상의 효율을 기대하기 어렵기 때문이다. 이를 위해, 일본의 저탄소 도시만들기 가이드라인과 같이, ‘저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시·군 계획 수립지침’과 ‘지구단위계획 수립지침’ 등에 신재생에너지 생산설비의 확충과 에너지의 면적 활용에 대한 권고 규정을 포함하여 도시계획 및 지구단위계획 수립 시 이를 따르도록 유도할 필요가 있다. 또한, 밴쿠버시와 같이 용도지역 변경 시 신재생에너지 생산시설의 도입을 의무화하거나, 지구단위계획 수립 등에 의한 용적률 상승 시 그로 인해 증가한 온실가스 배출량에 해당하는 만큼 신재생에너지 생산을 의무화할 수 있다.

다음으로, 성능기준 이행에 따른 인센티브와 불이행에 따른 페널티 기준이 마련되어야 한다. 신축건물의 경우, 온실가스 배출 예상치를 근거로 용적률 기준을 일정 범위 내에서 조정할 수 있다. 그러나 이 경우 실제 배출량이 예상과 달라질 경우, 이미 높게 허용해준 용적률로 인해 문제가 야기될 수 있다. 따라서 미국 알링턴 카운티(Arlington County)의 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도나 그린빌딩 펀드 등과 같은 페널티 기준이 마련될 필요가 있다. 기존건물의 경우도 연 단위 온실가스 배출량 실측치를 근거로 인센티브와 페널티를 부여(부과)할 수 있다. 하지만 이 경우에는 인센티브나 페널티의 도구로 용적률과 같은 건축형태 조정요소를 활용할 수 없는 문제가 있다. 따라서 상기한 제도들이 기존건물에까지 적용되기 위해서는 용적률 등과 같은 토지이용규제 수준의 조정 외에 즉시 적용 가능한 페널티 및 인센티브의 개발이 필요하다.

이를 위한 구체적인 실현 도구로서 필지단위의 일반적 온실가스 배출량 거래제도가 마련될 필요가 있다. 경우에 따라 각 필지에 할당된 온실가스 감축목표 달성을 위해 필지 외부 지역에서 생산된 에너지를 구입하거나, 토지가치가 높은 지역의 경우 페널티를 감수하고서라도 필수적으로 요구되는 에너지 소비를 줄이지 않는 경우가 발생할 수 있으며, 이러한 상황을 제도적으로 보완해줄 필요가 있기 때문이다. 국내 배출량 거래제도는 온실가스 배출량이 큰 일부 사업체만을 대상으로 적용될 예정이지만, 이 제도가 모든 토지에 적용되는 일반적인 제도로 확대될 경우, 감축목표의 이행에 따른 인센티브 및 페널티를 금전적 비용으로 치환함으로써 위와 같은 문제에 쉽게 대응할 수 있다.

주제어 : 온실가스, 건물에너지, 녹색건축물, 용도지역규제

차 례

제1장 서론	1
1. 연구의 배경 및 목적	1
1) 연구의 배경 및 필요성	1
2) 연구 목적	7
2. 연구의 내용 및 방법	8
1) 연구의 주요 내용	8
2) 연구의 대상 및 범위	9
3) 연구 방법	9
3. 선행연구 현황 및 차별성	11
1) 주제별 선행연구 현황	11
2) 기존 연구의 한계 및 본 연구의 차별성	18
제2장 관련 이론 및 정책 동향	23
1. 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용 및 한계	23
1) 온실가스 감축 논의의 전개	23
2) 건물부문 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례	26
3) 국내 건물부문 온실가스 감축정책 동향	28
4) 해외 건물부문 온실가스 감축정책 동향	32
5) 건축물 단위 온실가스 감축정책의 한계 및 도시계획적 접근의 필요성	35

2. 토지이용제도를 통한 건축물 성능규제의 개념 및 국내현황	39
1) 토지이용규제의 개념 및 한계	39
2) 성능기반 용도지역제의 개념 및 특징	48
3) 국내 토지이용규제 현황 및 한계	54
3. 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토	71
1) 개별 에너지 절감 기술(기법)의 효과	71
2) 에너지 절감 기술(기법)의 조합에 따른 효과	73
3) 건축물에너지효율등급 인증제도의 에너지 성능 평가기준	74
4) 국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과	77
5) 신재생에너지 생산을 통한 건축물 에너지 대체 효과	81
6) 소결: 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 수준	83

제3장 토지이용제도를 통한 건물부문 온실가스 감축정책 및 제도 사례연구 ·85

1. 사례연구 개요	85
2. 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브)	87
1) 녹색건축 의무화 및 관련규제 완화	87
2) 신재생에너지 설비 의무화 및 관련규제 완화	92
3. 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침	95
1) 일본의 저탄소 도시계획 체계	95
2) 일본의 저탄소 도시계획 지침: 저탄소 도시만들기 가이드라인	98
4. 녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도	102
1) 온실가스 배출권 거래제도(행재정적 지원제도)	103
2) 기타 재정적 지원제도	108
3) 기타 행정적 지원제도	111
5. 성능기반 용도지역제(Performance Zoning)	112
1) 성능기반 용도지역제 및 성능기준	112
2) 성능기반 용도지역제의 작동 방식과 국내 적용가능성	128
6. 사례연구의 함의 및 시사점	133

제4장 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석 및 성능기준 마련137

1. 분석 자료의 통합 및 정제	137
1) 분석 자료의 개요 및 사전 검토	137
2) 분석 자료의 통합	141
3) 주요 분석 지표(변수)의 구축	149
4) 자료의 정제 및 분석 대상(유효 샘플)의 추출	150
2. 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성 분석	154
1) 건물용도별·용도지역별 필지 및 건축물 기초 특성	154
2) 건물용도별·용도지역별 에너지 소비 특성	158
3) 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성	164
4) 건물용도별·용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해	181
5) 건물용도별 에너지 소비 영향요인 분석: 토지이용규제의 영향을 중심으로	187
6) 소결: 건축물 에너지 소비 특성	193
3. 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석	195
1) 분석 개요	195
2) 건물용도별·규제수준별 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 산정	196
3) 건물용도별·규제수준별 에너지 및 온실가스 감축 가능량 산정	198
4) 건물용도별·규제수준별 신재생에너지 생산 가능량 산정	201
5) 태양광 발전을 고려한 건물용도별·규제수준별 에너지 및 온실가스 감축률 산정	203
6) 태양광 발전을 고려한 건물용도별·규제수준별 단위면적당 최저 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 산정	206
7) 소결: 신축건축물 에너지 성능규제 목표 개선 및 용도지역별 온실가스 배출 성능기준의 필요성	211
4. 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안 마련 및 효과 검증	215
1) 건물용도별·용도지역별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안 마련	215
2) 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안의 정책효과 검증	218
5. 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준 마련 및 효과 검증	227
1) 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준 마련	227
2) 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준의 정책효과 검증	229

제5장 결론233

- 1. 연구 결과의 요약233
- 2. 정책 제언: 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 방안235
 - 1) 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책의 기본 방향235
 - 2) 개별적 접근: 지구단위 건축물 성능 개선을 위한 제도 마련235
 - 3) 건축물 단위의 일반적 접근:
용도지역을 고려한 신축건축물 에너지 성능 규제 및 인센티브 기준 마련237
 - 4) 토지(필지) 단위의 일반적 접근:
온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제 도입을 위한 제도 기반 마련238
 - 5) 일반적 지원 제도 차원의 접근:
온실가스 배출량 관리 정책의 효율적 운영 및 지원을 위한 제도 기반 마련240
 - 6) 지역별 차등화: 지역 여건을 고려한 차등 기준 마련241
- 3. 연구의 의의 및 향후 과제242
 - 1) 연구의 의의 및 기대효과242
 - 2) 연구의 한계 및 향후 과제243

참고문헌245

SUMMARY255

부록

- 1. 온실가스 배출량 및 석유환산톤 산정 기준259
- 2. 건물용도별·용도지역별 표준 건축물의 이론적 온실가스 감축률 분석 종합표261

표차례

[표 1-1] 국가 및 건물부문의 온실가스 감축목표	2
[표 1-2] 우리나라의 2014년 부문별 온실가스 배출 예측치	3
[표 1-3] 연구 문제 및 목표	7
[표 1-4] 선행연구 및 본 연구의 주요 내용	19
[표 2-1] 기후변화 당사국 총회의 주요 내용	24
[표 2-2] 저탄소 녹색성장의 3대 전략 및 10대 정책방향	25
[표 2-3] 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례: 건축 차원의 접근	26
[표 2-4] 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례: 도시계획 차원의 접근	28
[표 2-5] 건물부문의 세부부문별감축수단별 온실가스 감축목표	29
[표 2-6] 신축 건축물 에너지 성능규제 강화 목표	31
[표 2-7] 주요 국가의 건물부문 온실가스 감축목표 및 주요 시책	33
[표 2-8] 1종일반주거지역과 3종일반주거지역의 표준 건축물 예시	36
[표 2-9] 대안적 용도지역제의 유형 및 내용	46
[표 2-10] 온실가스 배출 관리에 대한 건축규제 및 토지이용규제의 차이	53
[표 2-11] 국가와 서울시의 용도지역별 허용 용적률	58
[표 2-12] 국가와 서울시의 용도지역별 허용 건폐율	58
[표 2-13] 서울시의 허용 용적률, 건폐율, 층수 규제 현황	59
[표 2-14] 서울시의 용적률 인센티브 제도	60
[표 2-15] 서울시의 녹색건축물 관련 용적률 인센티브 제도	60
[표 2-16] 환경영향평가의 대상사업	62
[표 2-17] 수도권 공장총량제의 법적 근거 및 규제 대상	63
[표 2-18] 목표관리제 관리대상 업체 지정 기준	65
[표 2-19] 2010년 기준 건물부문 목표관리제 지정 현황	65

[표 2-20] 목표관리제와 배출권 거래제도의 비교	66
[표 2-21] 건축물 에너지 절감 기술(기법)별 에너지 절감률 1	72
[표 2-22] 건축물 에너지 절감 기술(기법)별 에너지 절감률 2	72
[표 2-23] 시나리오별 건축물 에너지 절감률	73
[표 2-24] 표준 건축물의 단위 면적당 온실가스 배출 및 에너지 소비 원단위	74
[표 2-25] 건축물에너지효율등급 인증제도의 건축물 용도별 에너지효율 인증기준	75
[표 2-26] 건축물에너지효율등급 인증제도의 인증등급별 단위면적당 에너지 소비량 기준	76
[표 2-27] 건축물에너지효율등급 인증제도의 인증등급별 단위면적당 온실가스 배출량 기준	76
[표 2-28] 1+++ 등급 건축물의 표준 건축물 대비 에너지 및 온실가스 감축효과	77
[표 2-29] 건축물에너지효율등급 인증 비주거용 건축물 수	78
[표 2-30] 건축물에너지효율등급 인증 주거용 건축물 수	78
[표 2-31] 건축물에너지효율등급 인증 주거용 건축물의 평균 에너지 절감률	78
[표 2-32] 건축물에너지효율등급 인증 건축물의 단위면적당 평균 1차 에너지 소요량 및 해당 등급	79
[표 2-33] 건축물 인증 관련 변수의 한계효과와 평균 대비 에너지 및 온실가스 감축 효과	79
[표 2-34] LEED 인증 사례조사 건축물의 에너지 절감효과	80
[표 2-35] 태양광 발전 시스템의 발전량 및 전력부하 대체율	82
[표 2-36] 대상 공동주택 단지 개요	82
[표 2-37] 신재생에너지 유형별 설치 조건 및 에너지 대체율	83
[표 2-38] 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토결과 종합	84
[표 3-1] 토지이용제도를 통한 건축물 온실가스 감축정책 및 제도 사례	86
[표 3-2] LEED 인증등급과 에너지 성능 개선에 따른 용적률 인센티브 비율	91
[표 3-3] 일본 국토교통성의 지구온난화 대응 추진정책	97
[표 3-4] 에너지의 면적(面的) 활용의 주요 유형	101
[표 3-5] 녹색건축 지원제도의 유형 및 적용 사례	102
[표 3-6] 시설 유형별 감축 의무율	106
[표 3-7] 문자화된 평가 기준 점수표 예시	115
[표 3-8] 점수화된 평가 기준 점수표 예시	116
[표 3-9] 용도지역제 챕터 118-83 토지개발자침(LDGS)에 의한 개발사업 평가기준	117

[표 3-10] 개발규모별 주거 유형 혼합 의무기준	121
[표 3-11] 지구 유형별 토지 분할시 최소 건축가능 영역 기준	122
[표 3-12] 부지 조건 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)	125
[표 3-13] 구조 특성 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)	126
[표 3-14] 입지 보너스 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)	126
[표 3-15] 성능기반 대체 용지 기준(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)	126
[표 3-16] 해외 제도 및 정책 사례별 주요 내용	134
[표 4-1] 분석 자료의 개요	137
[표 4-2] 건축물대장의 주요 속성 정보 검토결과	138
[표 4-3] 건축물 기초 정보의 구축	149
[표 4-4] 일반 분석용 샘플 추출을 위한 정제 기준	153
[표 4-5] 건축물 용도의 재구분	154
[표 4-6] 건물용도별용도지역별 건물(필지) 수	155
[표 4-7] 건물용도별용도지역별 건축물 기초 특성(일반 분석용 샘플)	156
[표 4-8] 건물용도별용도지역별 건축물 기초 특성(용도지역별 분석용 샘플)	157
[표 4-9] 2012년 서울시 블록별 에너지 소비 현황	160
[표 4-10] 2012년 서울시 자치구별 에너지 소비 현황	161
[표 4-11] 6개 분석대상 용도지역에서의 에너지 소비 특성	162
[표 4-12] 건물용도별용도지역별 평균 에너지 소비량	163
[표 4-13] 건물용도별용도지역별 평균 온실가스 배출량	163
[표 4-14] 규제 수준 유형화 기준	165
[표 4-15] 용적률과 건폐율 조합으로 구분한 건물용도별규제수준별 건물(필지) 수	166
[표 4-16] 총 층수와 건폐면적 조합으로 구분한 건물용도별규제수준별 건물(필지) 수	167
[표 4-17] 과소 샘플 유형을 제외하지 않은 분석결과의 예시	168
[표 4-18] 용적률·건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)	169
[표 4-19] 용적률·건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)	170
[표 4-20] 층수·건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)	171
[표 4-21] 층수·건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)	171

[표 4-22] 용적률건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용) ..	173
[표 4-23] 용적률건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)	173
[표 4-24] 층수건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용) ..	175
[표 4-25] 층수건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)	175
[표 4-26] 용적률건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용) ..	176
[표 4-27] 용적률건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)	176
[표 4-28] 층수건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용) ..	178
[표 4-29] 층수건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)	178
[표 4-30] 용적률건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)	179
[표 4-31] 용적률건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)	179
[표 4-32] 층수건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)	180
[표 4-33] 층수건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)	180
[표 4-34] 기저 및 냉난방 에너지의 정의와 산정식	181
[표 4-35] 용도지역별 월별 단위면적당 에너지 소비량(주거용 건축물)	183
[표 4-36] 용도지역별 월별 단위면적당 에너지 소비량(비주거용 건축물)	184
[표 4-37] 주거용 건축물의 용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과	185
[표 4-38] 비주거용 건축물의 용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과	186
[표 4-39] 변수의 정의 및 측정 방법	189
[표 4-40] 변수의 기술통계량	190
[표 4-41] 주거용 건축물의 에너지 소비 영향요인에 대한 SUR 모형 분석결과	191
[표 4-42] 비주거용 건축물의 에너지 소비 영향요인에 대한 SUR 모형 분석결과	192
[표 4-43] 건물용도별규제수준별 단위 연면적당 에너지 소비특성 종합	194
[표 4-44] 건물용도별규제수준별 단위 대지면적당 에너지 소비특성 종합	194
[표 4-45] 토지이용규제 수준이 건물용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향	194
[표 4-46] 단위면적당 에너지 소비량 추정 방법	196
[표 4-47] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 소비량	197
[표 4-48] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 배출량	197
[표 4-49] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 감축 가능량	199
[표 4-50] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 감축 가능량	199

[표 4-51] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 소비 감축률	200
[표 4-52] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 배출 감축률	200
[표 4-53] 태양광 발전량 산정 기준 및 기본 가정	201
[표 4-54] 용적률건폐율 급간별 건축물 태양광 에너지 생산량	202
[표 4-55] 용적률건폐율 급간별 건축물 태양광 발전에 의한 에너지 총당률	202
[표 4-56] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 에너지 감축률	204
[표 4-57] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률	204
[표 4-58] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 에너지 감축률	205
[표 4-59] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률	205
[표 4-60] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 에너지 소비량	207
[표 4-61] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 온실가스 배출량	207
[표 4-62] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 에너지 소비량	208
[표 4-63] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 온실가스 배출량	208
[표 4-64] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량	210
[표 4-65] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 온실가스 배출량	210
[표 4-66] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량	211
[표 4-67] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 온실가스 배출량	211
[표 4-68] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합	212
[표 4-69] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합	212
[표 4-70] 용적률 및 건폐율과 에너지 소비 특성의 관계 종합	213
[표 4-71] 주거용 건축물의 용적률건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성	213
[표 4-72] 비주거용 건축물의 용적률건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성	213
[표 4-73] 용도지역별 표준 건축물의 용적률 및 건폐율 급간 가정	216
[표 4-74] 용도지역별 주거용 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안	216
[표 4-75] 용도지역별 비주거용 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안	216
[표 4-76] 건물용도별용도지역별 신축건축물 성능규제 개선안 종합	217
[표 4-77] 단위면적당 온실가스 배출량 가정	218
[표 4-78] 연평균 건축허가 연면적 가정치	219
[표 4-79] 용도지역별단계별 개선 목표 가정	220

[표 4-80] 국가 및 서울시의 2020년 온실가스 감축목표	220
[표 4-81] 주거용 건축물(최근 7년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과	221
[표 4-82] 주거용 건축물(최근 3년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과	222
[표 4-83] 비주거용 건축물(최근 7년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과	223
[표 4-84] 비주거용 건축물(최근 3년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과	224
[표 4-85] 개별 필지별 시기별 기존 목표 및 수정 목표 달성 가능 여부	226
[표 4-86] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 온실가스 소비량	227
[표 4-87] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 온실가스 소비량	227
[표 4-88] 용도지역별 온실가스 배출 성능기준	228
[표 4-89] 정책효과 검증을 위한 비교 기준	229
[표 4-90] 용도지역별 온실가스 배출 허용량 예측치	229
[표 4-91] 용도지역별 온실가스 배출 성능기준에 맞춰 건축 가능한 규제수준(용적률 및 건폐율)의 범위	231
[표 부록1-1] 온실가스 배출 등가계수	259
[표 부록1-2] 에너지원별 석유환산톤 산출 적용식 및 적용계수	260
[표 부록2-1] 제1종전용주거지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	262
[표 부록2-2] 제1종일반주거지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	263
[표 부록2-3] 제2종일반주거지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	264
[표 부록2-4] 제3종일반주거지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	265
[표 부록2-5] 준주거지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	266
[표 부록2-6] 일반상업지역: 주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	267
[표 부록2-7] 제1종전용주거지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	268
[표 부록2-8] 제1종일반주거지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	269
[표 부록2-9] 제2종일반주거지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	270
[표 부록2-10] 제3종일반주거지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	271
[표 부록2-11] 준주거지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	272
[표 부록2-12] 일반상업지역: 비주거용 온실가스 감축률 분석 종합표	273

그림차례

[그림 1-1] OECD 및 주요 개발도상 국가의 신재생에너지 분담률	2
[그림 1-2] OECD 국가의 건물부문 에너지 소비량 비중	3
[그림 1-3] 건물부문의 온실가스 배출량 변화 추이	4
[그림 1-4] 정책수단별 온실가스 감축 잠재량 및 비용	5
[그림 1-5] 부문별 온실가스 감축 잠재력	5
[그림 1-6] 연구 흐름도	8
[그림 2-1] 녹색건축정책 관련 법제도 기반	28
[그림 2-2] 각 국가의 연도별 건물부문 에너지(온실가스) 감축 목표	34
[그림 2-3] 유클리디안 조닝(Euclidean Zoning)의 한계 및 대응 방안	47
[그림 2-4] 서울시의 용도지역 지정 현황도	57
[그림 4-1] 분석 자료 통합의 개요	142
[그림 4-2] 건축물대장과 건물 에너지 자료 통합의 개요	143
[그림 4-3] 연속지적도와 용도지역도의 공간조인 과정	144
[그림 4-4] 필지단위 용도지역도 예시(강남구 테헤란로)	144
[그림 4-5] 건축물대장 및 건물 에너지 자료와 연속지적도의 통합	146
[그림 4-6] 주소가 서로 다른 건축물이 동일한 좌표에 추정된 경우의 예시	147
[그림 4-7] 건물 위치는 맞지만 지적도 상에서는 벗어난 경우의 예시	147
[그림 4-8] 건축물대장의 주소와 실제 지적도 상의 위치가 불일치하는 경우의 예시	148
[그림 4-9] 일반분석에 포함되는 필지의 분포	155
[그림 4-10] 용도지역별 분석에 포함되는 6개 용도지역의 분포	155
[그림 4-11] 서울시 주거용 건축물의 2012년 에너지 사용량 분포	158

[그림 4-12] 서울시 비주거용 건축물의 2012년 에너지 사용량 분포	159
[그림 4-13] 건물용도별규제수준별 에너지 소비 특성 분석 결과표의 유형	164
[그림 4-14] 용도지역별 허용 용적률건폐율 급간	165
[그림 4-15] 전기 에너지의 기저, 냉방, 난방 에너지 소비량 분해의 개요	182
[그림 4-16] 도시가스 및 지역난방 에너지의 기저 및 난방 에너지 소비량 분해의 개요	182
[그림 4-17] 용도지역별 주거용 신축허가 추이	219
[그림 4-18] 용도지역별 비주거용 신축허가 추이	219

제1장 서론

1. 연구의 배경 및 목적
2. 연구의 내용 및 방법
3. 선행연구 현황 및 차별성

1. 연구의 배경 및 목적

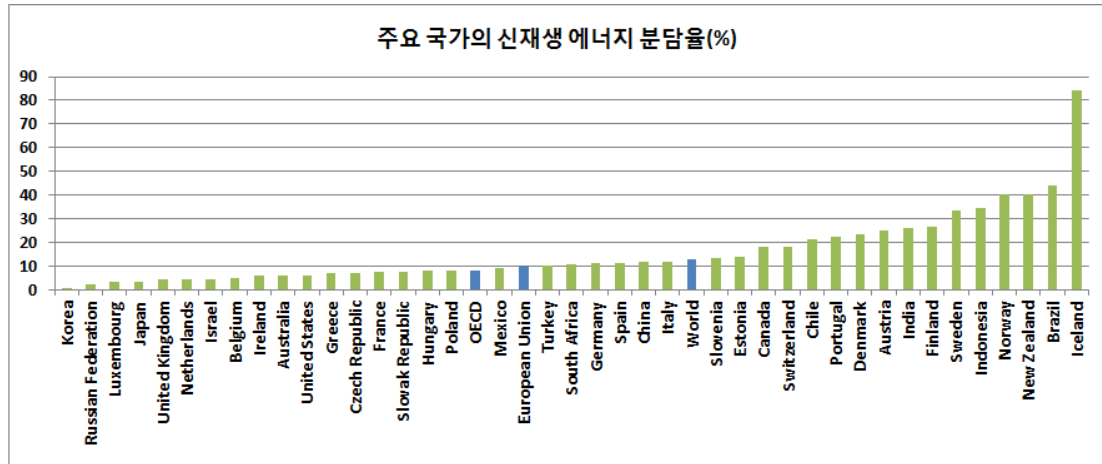
1) 연구의 배경 및 필요성

□ 온실가스 감축정책의 배경: 저탄소·녹색성장과 국가 온실가스 감축목표

온실가스가 지구온난화와 기후변화의 주요 원인으로 지목되면서, UN기후변화협약(1992년), 교토의정서(1997년), 발리로드맵(2007년) 채택으로 이어지는 국제사회의 온실가스 감축 노력이 전 지구적 차원에서 진행되고 있다(김승남·유광흠, 2014). 한국의 경우 교토의정서에 명시된 ‘온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 38개 감축 의무국’에는 포함되지는 않았지만 에너지 안보가 매우 취약한 구조를 가지고 있어¹⁾, 온실가스 감축을 위한 국가적 노력이 더욱 시급한 상황이다(그림 1-1). 이에 따라, 국내에서도 지난 정부 이래로 ‘저탄소·녹색성장’을 주요 국정과제로 채택하여 온실가스 감축정책을 적극 추진 중에 있다. 지난 2009년에는 ‘배출전망치 대비 30% 감축’이라는 자발적 국가 온실가스 감축목표를 확정하고 이를 제15차 기후변화 당사국 총회에서 국제사회에 천명했으며, 2011년에는 이를

1) 한국의 경우, 환경부하가 크고 해외 의존도가 높은 화석 에너지 부담률이 높은 반면 신재생에너지 부담률이 매우 낮다. 2011년 한국의 에너지 수입 의존도는 96.4%에 달하는 반면(에너지경제연구원, 2013), 신재생에너지 부담률은 0.7%로 OECD 국가 중 최하위에 머물렀다(OECD/IEA, 2012). 신재생에너지 생산량도 1.82Mtoe로 34개 회원국 중 28위에 불과했다(OECD/IEA, 2012). 이는, 브라질, 중국, 인도, 러시아 등과 같은 신흥개발도상국에 비해서도 낮은 수준으로, 국가 에너지 공급체계의 지속가능성과 친환경성이 매우 뒤처져 있는 상황이라고 볼 수 있다(오성훈 외, 2013).

달성하기 위한 부문별 감축목표 및 이행방안을 발표했다(온실가스 종합정보센터 외, 2011; 김승남, 2014; 김승남·유광흠, 2014). 이에 따라, 건물부문에서도 2020년까지 배출 전망치(BAU) 대비 26.9% 감축이라는 목표(약 48백만 톤CO₂eq)가 설정되어(표 1-1), 이를 달성하기 위한 정책적 노력이 시급히 요구되는 상황이다.



[그림 1-1] OECD 및 주요 개발도상 국가의 신재생에너지 분담률(2011년 기준)

출처: OECD/IEA(2012; 2013)를 참고하여 재작성

[표 1-1] 국가 및 건물부문의 온실가스 감축목표

	2007 배출량 (백만tonCO ₂ eq)	2020 BAU (백만tonCO ₂ eq)	목표 감축량 (백만tonCO ₂ eq)	감축률
국가 전체	610.00	813.00	243.90	30.0%
건물 부문	138.10	178.96	48.05	26.9%
주거용	70.50	87.44	23.62	27.0%
신축 건물			4.66	
기존 건물			14.11	
행태 개선			4.85	
비주거용	67.60	91.52	24.43	26.7%
신축 건물			7.41	
기존 건물			9.79	
행태 개선			7.23	

출처: 온실가스종합정보센터 외 6개 부처(2011); 국토해양부 녹색건축과(2012, p.20)를 활용하여 재정리

□ 건물부문의 에너지 소비 및 온실가스 배출 증가

2014년 현재 건물부문의 온실가스 배출량은 국가 배출량의 약 22.5% 수준으로 산업 부문(54.5%) 다음으로 높게 예측되고 있으나(환경부, 2014a; 표 1-2), 아직까지 여타 선

2 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구

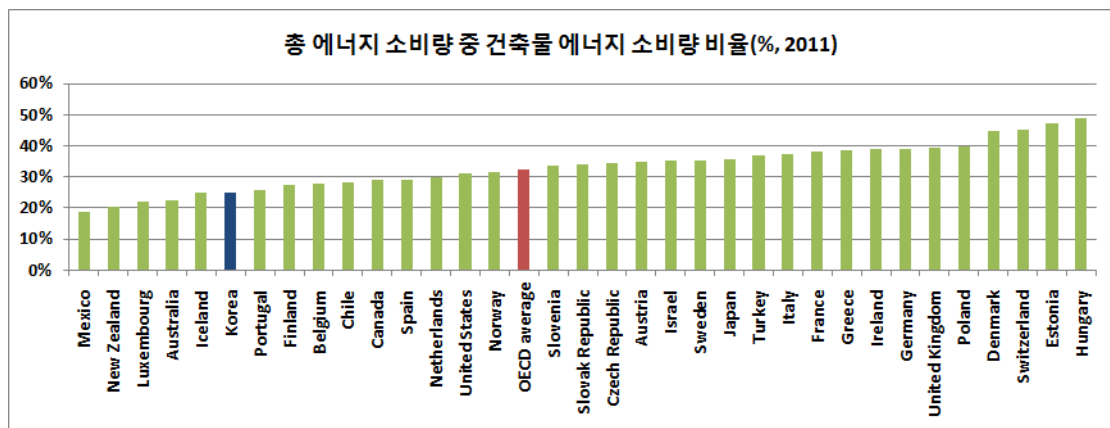
진국에 비해서는 그 비중이 크지 않다(OECD/IEA, 2013; 그림 1-2). 그러나 일반적으로 국가가 선진화될수록 에너지 집중도가 큰 산업부문의 온실가스 배출 비중이 감소하는 반면, 소득 증가로 인해 건물부문의 온실가스 배출 비중은 증가하게 된다(유병권, 2011). 이에 따라, 건물부문의 온실가스 배출 비중은 향후 40% 이상으로 증가할 것으로 전망되고 있다(유병권, 2011)²⁾. 실제로 지난 수십 년간 건축물의 양적 증가와 생활수준 향상으로 건물부문(특히, 비주거용)의 에너지 소비와 온실가스 배출은 꾸준히 증가해 왔으며(정영선, 2013; 그림 1-3), 최근에는 전력 중심이었던 에너지 공급체제 개편과 동하절기 에너지 소비 집중으로 피크타임 전력난이 심각한 사회문제로 대두되고 있다(오성훈 외, 2013). 즉, 에너지 절감을 통해 국민 생활편익을 제고하고, 국가 전체의 온실가스 감축목표 달성에 기여하며, 더 나아가 지구온난화와 기후변화에 대응하기 위해, 건물부문의 에너지 소비 및 온실가스 배출량 관리 정책이 그 어느 때 보다 필요한 시점이라고 할 수 있다.

[표 1-2] 우리나라의 2014년 부문별 온실가스 배출 예측치

	산업	수송	건물	공공·기타	농림어업	폐기물	총계*
배출량 (백만톤CO ₂ e)	373.6	95.0	154.5	17.4	30.2	14.9	695.2
기여율(%)	54.5	13.9	22.5	2.5	4.4	2.2	100.0

주: *도시가스 제조 및 탈루배출량 제외

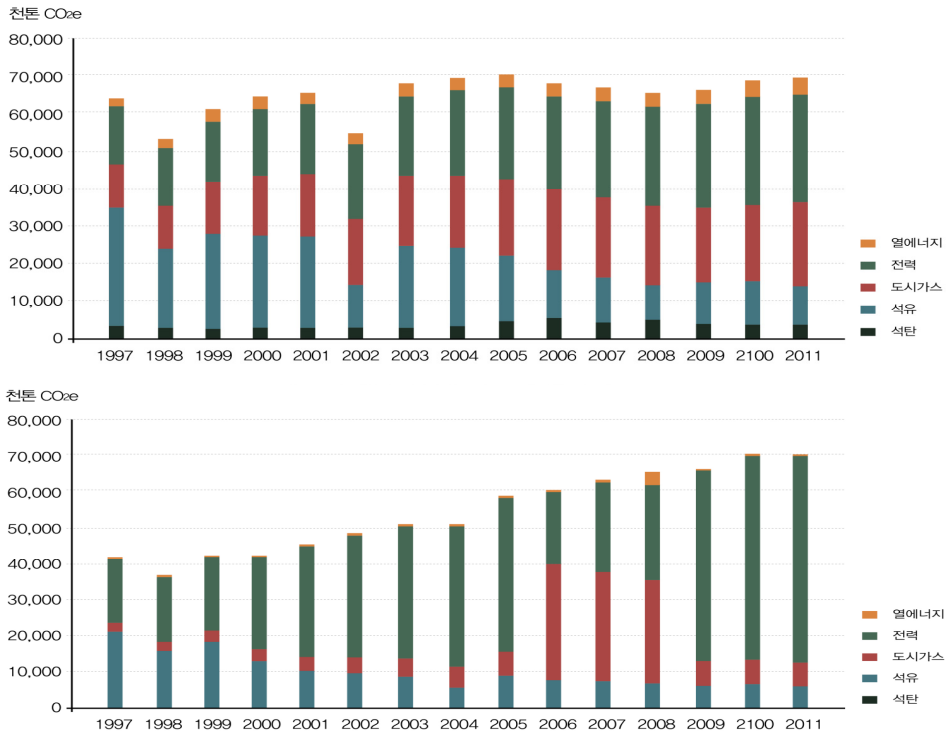
출처: 환경부(2014a, p.7)



[그림 1-2] OECD 국가의 건물부문 에너지 소비량 비중

출처: OECD/IEA(2013)를 참고하여 재작성

2) 제1차 국가에너지기본계획은 연평균 2.1% 가량 에너지 수요가 증가되어, 2030년에는 건물부문 에너지 소비가 2006년 대비 1.5배 가까이 증가할 것으로 예측하고 있다(국무총리실, 2008).



[그림 1-3] 건물부문의 온실가스 배출량 변화 추이(상: 주거부문, 하: 비주거부문)
출처: 정영선(2013); 국토교통부(2013b, p.13)

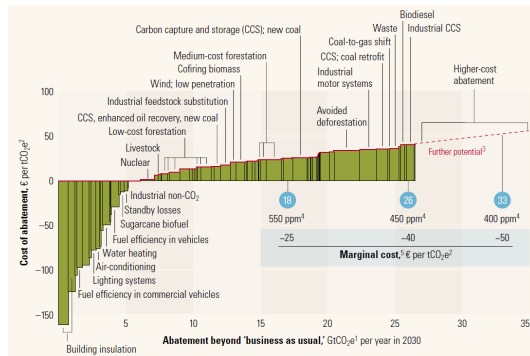
□ 건물부문의 높은 온실가스 감축 잠재력과 경제성

건물부문의 온실가스 감축정책이 중요하게 다뤄져야 할 또 다른 이유는 에너지 생산 및 공급, 산업, 교통, 농업, 산림, 폐기물 부문 등과 비교했을 때 온실가스 감축 잠재력이 가장 크며(IPCC, 기상청 역, 2008, p.17), 동시에 가장 경제적으로 온실가스를 감축할 수 있는 부문이기 때문이다(Enkvist et al., 2007, p.39; Houser, 2009; 고재경·김희선, 2008; 김승남·유광흠, 2014; 그림 1-4; 그림 1-5)³⁾. 타 부문의 경우 온실가스 감축을 위해서는 기술혁신이 선결되어야 하나, 녹색건축 부문의 경우 국내외의 기술력이 이미 상당 수준에 이르러 제도적·정책적 지원이 수반될 경우 비교적 쉽게 온실가스 감축을 유도할 수 있다(조상규, 2010). 또한, 건물부문의 온실가스 감축정책(규제)은 산업부문에 비해 국가

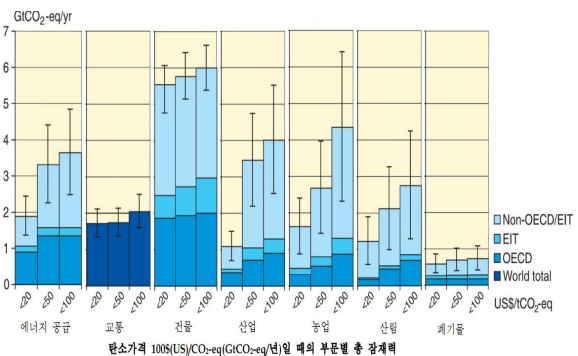
3) Enkvist et al.(2007, p.39)은 에너지 감축수단별 경제성 분석을 통해, 단열, 조명설비, 냉방, 온수 등 건물과 관련된 에너지 감축수단의 경제성이 여타 부문에 비해 높다는 사실을 밝혔다(김승남·유광흠, 2014). 이는 에너지 효율개선 투자를 통해 얻을 수 있는 에너지 절감량의 순 현재가치가 소요되는 투자비용을 상회한다는 사실을 뜻한다(Houser, 2009; 고재경·김희선, 2008; 김승남·유광흠, 2014).

4 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책 연구

경제에 미치는 부정적 영향(생산성 감소 및 경제활동 위축)이 작고, 교통부문에 비해 정책 효과의 직접적인 관찰 및 검증이 용이하다는 이점을 가지고 있다(김승남·유광흠, 2014). 따라서 “건물부문은 국가 온실가스 감축목표를 달성하는 데 있어 여타 부문에 비해 정책적으로 더욱 중요하게 다뤄질 필요가 있다”(김승남·유광흠, 2014, p.82).



[그림 1-4] 정책수단별 온실가스 감축 잠재량 및 비용
출처: Enkvist et al.(2007, p.38)



[그림 1-5] 부문별 온실가스 감축 잠재력
출처: IPCC, 기상청 역(2008, p.17)

□ 현행 건축물 에너지 성능규제의 한계 및 용도지역규제를 고려한 개선안 마련의 필요성

이처럼 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축정책은 매우 시급하고 중요하게 다뤄질 필요가 있다. 그러나 건축물 단위로 적용되는 현행 건축물 에너지 성능규제(표 2-6)는 다양한 한계를 지닌다. 우선, 건물 유형에 따라 에너지 소비 특성이 다름에도 불구하고, 신축 건축물 에너지 성능규제 강화 목표는 주거와 비주거용 단 두 유형으로 구분되어 있다는 한계가 있다(김승남, 2014). 동일한 용도 내에서도 세부용도나 제도적·환경적 여건에 따라 에너지 소비 특성이 달라질 수 있으므로 현행 기준은 규제의 형평성 측면에서 큰 한계를 드러낸다.

특히, 건축행위의 유형과 강도를 규제하는 용도지역지구제도를 고려하지 않은 점이 규제의 형평성을 저해하는 가장 큰 요인이라 할 수 있다. 동일한 용도의 건축물이라 할지라도 해당 건물이 위치한 용도지역의 규제수준(용적률 및 건폐율 등)에 따라 에너지 성능규제 달성의 난이도가 달라지며, 심지어 특정 용도지역에서는 애초에 달성이 불가능하기 때문이다(조상규·이진민, 2010). 즉, 토지의 성격과 가치를 고려하지 않은 일괄적 규제는 필연적으로 경제적 효율성을 저해하는 과잉 규제가 될 수밖에 없다(김승남, 2014). 따라서 현행 용도지역규제를 고려한 에너지 성능규제 개선안 마련이 시급히 요구된다 하겠다.

□ 현행 용도지역지구제의 한계 및 성능기반 규제의 필요성

한편으로는 엄격한 용도분리, 도시경관의 획일화, 운영의 경직성 등 기존의 배타적 용도지역지구제(exclusive zoning)가 갖는 다양한 문제점으로 인해, 유연화된 용도지역지구제(flexible zoning)의 도입에 대한 논의가 확대되고 있다. 이에 따라, 형태기반 규제(form-based code), 맥락적 조닝(contextual zoning) 등 다양한 대안이 등장하였으나, 이러한 방식들은 최근 국가적 과제로 대두하고 있는 환경문제(에너지 및 온실가스 감축)에 대해 적극적인 대응이 불가능하다는 또 다른 한계를 보이고 있다. 또한, 한편으로 관련 학계에서는 저탄소 도시계획요소를 연구함으로써 이러한 국가적 현안 과제에 대응하고 있으나, 이러한 계획요소를 실제 도시에서 실현하기 위한 충분한 제도적 유도 수단(규제 또는 인센티브)이 여전히 마련되어 있지 않은 것이 현실이다. 따라서 기존의 경직된 용도지역제의 한계를 개선함과 동시에 주요 환경문제에 효율적으로 대응할 수 있는 성능기반 토지이용규제로의 패러다임 전환이 요구되는 상황이다.

□ 건축물 단위 온실가스 감축정책의 한계 및 도시계획적 접근의 필요성: 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능기준의 마련

요컨대, “신축건물 에너지 성능규제는 건물 유형, 입지, 지역 특성, 토지 가치 등을 전혀 고려치 않아 토지이용의 효율성을 저해하는 일괄적 규제이자, 특정 용도지역에서는 이론적으로 달성이 불가능한 과잉규제라 할 수 있다”(김승남, 2014, p.67). 또한, 기존의 용도지역지구제와 이에 대한 대안들은 온실가스 감축이라는 국가의 주요 정책목표에 효율적으로 대응할 수 없다는 한계가 있다. 따라서 건축물 단위로 적용되고 있는 신축 건축물 에너지 성능규제를 필지 단위로 적용되고 있는 용도지역지구제와 접목함으로써, 두 규제의 한계를 동시에 개선할 필요가 있다.

건물에 대한 적정 규제 수준을 결정하기 위해서는 그에 앞서 건축행위(개발 유형 및 강도)를 규제하는 토지이용규제(용도지역제)에 대한 검토가 필요하며(김승남, 2014), 이를 통해 현행 제도 내에서 해당 건축규제가 과연 타당한지에 대한 사전적 합의가 필요하다. 국가의 용도지역지구제와 지자체에서 정한 각 용도별 토지이용 규제 수준은 각 개별 필지에 대한 성격과 가치를 고려해 그에 적합한 허용 용도와 개발 강도를 규정한 것으로서, 이를 근거로 건축물 에너지 성능규제 수준을 결정하는 것은 모든 건물 유형에 동일한 규제 수준을 정하는 것에 비해 합리적이고 효율적인 방법이라 할 수 있다(김승남, 2014).

2) 연구 목적

이러한 배경 하에 본 연구는 건물용도별·용도지역별 온실가스 배출특성 및 영향요인 분석을 통해 용도지역별 신축 건축물의 이론적 온실가스 감축률과 적정 배출기준(성능기준)을 도출하는 것을 목적으로 한다. 또한, 이를 바탕으로 토지이용규제 수준을 고려한 신축 건축물 에너지 성능규제 차등화 방안을 도출하고, 더 나아가 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능기준을 제시한다. 이는 지역적 맥락을 고려하지 못하는 건축물 단위 신축 성능 규제의 한계와 환경문제에 대한 대응에 취약한 기존 용도지역제의 한계를 동시에 개선코자 하는 것으로서, 규제강화 차원의 접근이기보다는 건물부문 온실가스 감축을 위한 도시계획 부문의 제도적 지원 차원의 접근이라고 볼 수 있다⁴⁾. 마지막으로, 이러한 연구결과를 토대로 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 정책의 기본 방향을 제시한다.

[표 1-3] 연구 문제 및 목표

- **(연구 문제 1)** 건물용도별·용도지역별 신축 건축물의 ‘이론적 온실가스 감축 수준’은 어느 정도이며, 적정 규제 수준은 어느 정도가 되어야 하는가?
- **(연구 문제 2)** 건축물의 온실가스 배출성을 용도지역제도 차원에서 규제한다면, 각 용도지역별 온실가스 배출 허용 수준은 어느 정도가 되어야 하는가?



- **(정책 제안 1)** 건물용도별·용도지역별 신축 건축물 에너지 성능규제 차등(안)
- **(정책 제안 2)** 온실가스 배출량 기반의 용도지역별 토지이용 성능기준 (단위 대지면적당 온실가스 배출 허용량)

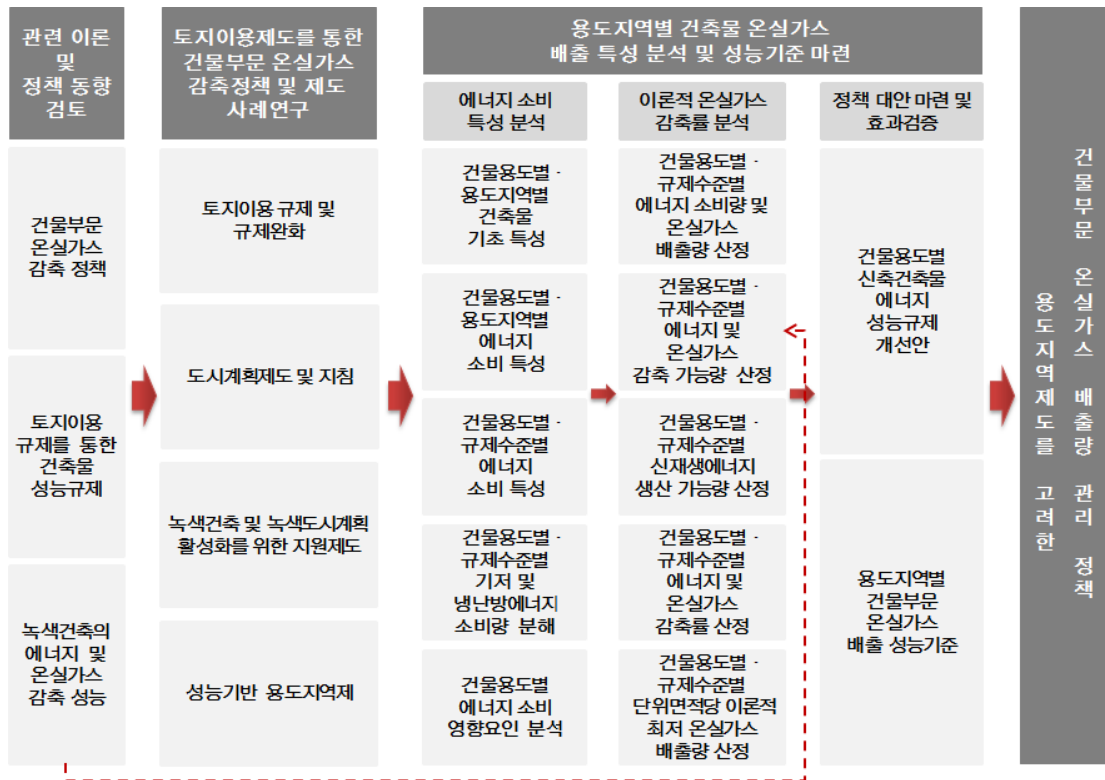
“신축 건축물 에너지 성능규제의 한계 개선 + 성능기반 토지이용규제를 위한 기준 제시”

4) 물론, 본 연구에서 제시하는 연구결과를 어떻게 활용하느냐에 따라 규제 강화가 될 수도 완화가 될 수도 있다. 용적률 규제와 온실가스 배출 성능기준을 동시에 만족하도록 한다면 규제 강화가 될 것이다. 반대로, 일정 범위 이내에서 둘 중 하나 이상을 만족하도록 한다면 규제 완화가 될 것이며, 이는 최근 논의되고 있는 입지규제 최소화구의 개념과 유사하다고 볼 수 있다. 그러나 본 연구에서는 이 제도를 어떠한 방식으로 운영해야 할 것인지에 대한 구체적인 논의에 앞서, 에너지 소비량 자료를 활용해 성능기반 용도지역제의 기초가 되는 배출 성능기준을 제시하는 것에 초점을 맞추고 있으며, 제도의 구체적인 실행 방안에 대해서는 해외정책 사례를 바탕으로 기본 방향만을 제시하는 수준으로 연구의 범위를 한정하고자 한다.

2. 연구의 내용 및 방법

1) 연구의 주요 내용

본 연구의 주요 내용 및 흐름은 그림 1-6과 같다. 우선, 2장에서는 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용과 한계, 성능기반 용도지역제도의 개념 및 현황, 녹색건축의 에너지 및 온실가스 감축효과 등 본 연구와 관련된 정책동향과 기초 이론을 검토한다. 3장에서는 성능기반 용도지역제도 등 건축물 온실가스 감축을 목적으로 하는 해외의 토지이용규제에 대한 사례연구를 진행하고 국내 정책에 대한 시사점을 도출한다. 4장에서는 서울시의 건축물 에너지 소비량 자료를 활용해 용도지역별·건물유형별 온실가스 배출특성과 이론적 온실가스 감축률을 분석하고, 이를 바탕으로 건물유형별 에너지 성능기준 개선안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 마련한다. 마지막으로 5장에서는 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용 정책의 기본방향을 본 연구의 결론으로 제안한다.



[그림 1-6] 연구 흐름도

2) 연구의 대상 및 범위

□ 연구대상 및 주요 연구자료

본 연구의 주요 연구대상은 서울시 건축물의 에너지 및 온실가스 배출 특성이며, 국가건물에너지통합관리시스템을 통해 구축된 에너지 소비 정보를 주요 연구자료로 활용한다. 구체적인 분석 대상의 추출과 자료의 정제 방법은 4장 1절에서 자세히 설명한다.

□ 사공간적 범위

본 연구의 공간적 범위는 서울시로 한정한다. 이는 2014년 현재(연구시점) 국가건물에너지통합관리시스템을 통해 구축된 건축물 에너지 자료의 신뢰성이 확인된 지역이 서울시 정도에 불과하기 때문이다. 최근 수도권 지역(경기도 및 인천광역시)에 대해서도 자료 수집이 완료되었으나, 아직까지 신뢰성 검증이 완료된 상태가 아니며 각 지자체별로 용도지역제도에 의한 행위제한 기준이 상이하기 때문에 연구의 범위를 서울시로 한정했다.

마찬가지로, 에너지 소비량 정보의 신뢰성이 확인된 최근접 시점이 2012년임을 감안하여, 모든 분석의 시간적 범위와 연구 자료의 구축 시점을 2012년으로 통일했으며, 부득이한 경우 최근접 시점의 자료로 대체하고 이를 별도로 명시했다.

3) 연구 방법

본 연구에서는 건물유형별 에너지 성능기준 개선안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 마련하기 위해, 문헌연구, 국내외 정책 및 제도 연구, 건축물 에너지 소비량 자료를 활용한 계량분석 등 다양한 형태의 연구 방법을 적용한다.

□ 문헌 및 이론 연구

우선, 본 연구를 수행함에 있어 기초가 되는 이론 연구로서 다양한 주제의 선행연구를 검토한다. 본 연구에서 검토한 선행연구의 유형은 크게 (1)건축물 에너지 및 온실가스 감축을 위한 도시설계 기법 관련 연구, (2)건축물 에너지 및 온실가스 감축정책 및 도시설계 기법 평가 관련 연구, (3)건축물 에너지 소비(온실가스 배출) 특성 및 영향요인 분석 관련 연구, (4)용도지역제 개선관련 연구 등으로 구분된다(1장 3절). 또한, 2장 3절에서는

(1)개별 에너지 절감 기술 및 (2)조합에 따른 효과, (3)국내 인증제도의 에너지 성능 요구 수준, (4)국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과, (5)신재생에너지의 에너지 대체 효과 등에 대한 문헌연구를 통해, 녹색건축의 에너지 및 온실가스 감축 수준을 가정하기 위한 이론적 근거를 제시한다.

□ 국내외 정책 및 제도 사례연구

다음으로, 국내 녹색건축 정책의 기본 방향에 대한 시사점을 얻기 위해 국내외 정책 및 제도에 대한 사례연구를 수행한다. 우선, 건축물의 온실가스 감축을 위해 시행되고 있는 국내외의 녹색건축 정책과 주요 목표를 비교·검토한다. 또한, 건축물 온실가스 배출량과 토지이용규제의 관계를 살펴보기 위해 국내의 다양한 토지이용규제 및 정책의 특징을 살펴보고, 토지이용규제(용도지역제) 개선에 관한 논의를 검토한다. 마지막으로, 미국, 일본 등 주요 선진국에서 적용된 ‘토지이용제도를 통한 건축물 온실가스 감축 유도정책 및 제도’를 살펴본다. 특히, 건축물의 온실가스 배출량을 토지이용규제의 한 요소로 반영하기 위한 제도적 기반으로서, 성능기반 용도지역제의 주요 내용 및 도입현황(적용사례)을 중점적으로 검토한다. 이를 바탕으로, 해외 제도의 국내 적용가능성을 제시한다.

□ 계량분석 연구(에너지 및 공간정보의 통합분석)

마지막으로, 용도지역별·건물유형별 에너지 소비 및 온실가스 배출특성과 이론적 감축률을 분석하기 위해 다양한 분석 기법을 적용한다. 우선, 실증분석 자료의 마련을 위해 건축물 에너지 소비량, 건축행정정보 등의 속성 정보와 용도지역지구도, 연속지적도, 건물형상도 등의 공간 정보를 통합정제한다. 다음으로, 이를 바탕으로 용도지역별·규제수준별 에너지 소비 특성 분석 및 영향요인 분석을 시행한다. 이때, 에너지 소비 영향요인 분석에서는 건축물의 에너지 소비량을 기저 소비량, 냉방 소비량, 난방 소비량으로 나누어 분석을 하게 되는데, 건물 내에서 세 변수는 서로 상호 영향을 주고받을 수 있기 때문에 잔차 간의 상호작용을 고려한 Seemingly Unrelated Regression 모형을 적용해 분석을 진행한다. 이 결과를 바탕으로 용도지역별·규제수준별 에너지 및 온실가스 감축량, 신재생에너지 생산량, 이론적 에너지 및 온실가스 감축률 등을 산정하며, 이를 토대로 신축 건축물 에너지 성능기준 개선안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 마련한다. 마지막으로, 시뮬레이션 분석을 통해 두 정책 대안의 온실가스 감축효과와 적용성을 검토한다.

3. 선행연구 현황 및 차별성

1) 주제별 선행연구 현황

본 연구와 관련된 선행연구는 크게 건축물의 에너지 및 온실가스 감축 관련 연구와 용도지역제 개선 관련 연구로 구분된다. 이 중 전자는 도시설계기법, 정책평가, 실증분석 등 연구의 초점에 따라 크게 세 유형으로 구분 가능하다. 이에 본 연구에서는 신축건축물 성능규제 개선안 및 용도지역별 온실가스 배출성능 기준 마련을 위해, 이와 밀접한 관련이 있는 선행 연구와 기초 이론을 다음과 같이 네 분야로 나누어 살펴본다.

- 건축물 온실가스 감축을 위한 도시설계기법 관련 연구
- 건축물 온실가스 감축정책 및 도시설계기법 평가 관련 연구
- 건축물 온실가스 배출(에너지 소비) 특성 및 영향요인 관련 연구
- 용도지역제의 한계 및 개선방향 관련 연구

□ 건축물 온실가스 감축을 위한 도시설계기법 관련 연구

건축물 에너지 및 온실가스 감축을 위한 도시설계기법에 관한 연구는 주로 국내의 사례연구를 통해 저탄소 도시 계획요소를 도출하는 방식을 취하고 있으며, 관련 연구로는 유광흠 외(2009), 유광흠·서선영(2012) 등이 있다. 먼저, 유광흠 외(2009)는 현행 도시설계기법에 대한 검토와 국내외 친환경 건축 및 주거단지 사례연구를 통해 온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계요소를 친환경 토지이용, 녹색교통체계, 에너지 절약형 건축, 신재생에너지, 수순환 체계로 분류하고 각 요소별 중요도를 도출하였다. 또한, 가상 근린개발안을 활용해 이들 요소를 적용하는데 소요되는 비용과 감축효과를 검증했다. 이를 바탕으로 친환경 건축 및 도시설계 활성화를 위한 정책지원 방안으로 친환경 기준 마련, 인센티브 부여, 인증제도 시행, 관련기술 개발 지원 등을 제안했다.

다음으로 유광흠·서선영(2012)은 기존 친환경 단지로 건설된 정비사업구역을 대상으로, 이미 적용된 요소 외에 추가적으로 적용 가능한 저탄소 계획요소를 도출하여 향후 정비사업 시행에서의 저탄소 계획요소의 적용가능성을 검토했다. 또한, 저탄소 계획요소 적용의 효과를 분석하기 위해 회귀분석을 활용하여 친환경건축 및 에너지효율등급 인증 공동주택 단지의 탄소저감 효과를 분석했다. 분석 결과, 친환경건축물인증제도는 도시가스

소비량 절감에, 건축물에너지효율등급인증제는 전기 에너지와 지역난방 에너지 소비량 절감 측면에서 효과가 있는 것으로 확인되었다. 이를 바탕으로, 향후 도시공간 개선사업을 통해 저탄소 도시를 조성하기 위한 방안으로서, 공공의 역할을 증대하고, 사업진행 전체 단계에서 지속적인 고려가 가능하도록 제도적 기반을 마련하며, 현재 운용중인 친환경건축물인증 제도를 개선하여 시행하는 등의 정책을 제안하였다.

이처럼 건축물 에너지 및 온실가스 감축을 위한 도시설계기법과 관련해서는 저탄소 도시계획 요소를 도출하고, 이를 적용하여 탄소저감 효과를 분석하는 연구가 다양하게 이루어졌다. 그러나 이러한 연구결과가 실제 도시 및 건축계획에 반영될 수 있도록 유도(규제)하기 위한 제도적 장치에 대해서는 여전히 연구가 부족한 실정이다.

□ 건축물 온실가스 감축정책 및 도시설계기법 평가 관련 연구

건축물 온실가스 감축정책 및 도시설계기법 평가 관련 연구는 앞서 검토한 도시계획기법 관련 연구나 해외의 녹색건축 정책사례로부터 도출한 녹색건축 평가 요소를 바탕으로 평가 틀(평가항목 및 평가지표)을 개발하고 이를 실제 사업 및 도시에 적용하는 형태로 진행되고 있다. 이와 관련된 주요 연구로는 유광흠 외(2010; 2011), 안건혁 외(2011) 등의 연구가 있다.

먼저 유광흠 외(2010)는 친환경 및 근린 개념의 검토와 해외 친환경 인증제도에 대한 사례연구를 통해, 입지선정, 근린공간 설계, 녹색기술 및 설계, 커뮤니티 등 4개 부문으로 나누어 국내 근린단위 친환경 인증제도의 평가항목을 도출했다. 이를 바탕으로 전문가 설문 및 AHP 분석을 통해 각 평가항목별 중요도와 구체적 평가기준을 개발했다. 또한, 이러한 근린단위 친환경 평가인증제도의 활용방안으로서 도시계획 및 도시설계 과정과의 연계를 제안하였다. 유광흠 외(2011)는 앞서 개발한 근린단위 친환경 평가 인증체계를 국내 개발사례에 적용하여 세부 평가항목 및 평가기준의 적용 가능성을 검토하고, 국내 친환경 평가인증체계의 세부 운영방안 및 활용방안을 제시하였다.

안건혁 외(2011)는 도시 지속가능성을 평가하기 위해 7개 평가 분야, 16개 세부 목표, 47개 평가항목을 도출하고, 신도시 규모의 신개발지의 온실가스 배출량과 환경적·사회적·경제적 지속가능성을 종합적으로 측정 및 평가할 수 있는 통합 모형을 개발했다. 또한, 통합 모형의 실효성 검증을 위해 세종시와 동탄2 신도시에 이를 적용하여 각 도시의 지속

가능성을 평가하고 그 결과를 참조 기준도시와 비교함으로써, 향후 신도시 개발 시 계획 단계에서의 사전 평가를 통해 지속가능성의 향상 및 온실가스 감축 전략을 설정할 수 있도록 하였다.

이처럼 온실가스 감축정책 및 도시설계기법 평가와 관련해서도 다양한 연구가 이루어졌다. 그러나 자료 구축의 한계로 건물부문에 있어서는 아직까지 구체적인 평가 모형이 개발되지 못하고 있다. 또한, 기존 방법론의 경우에는 토지용도, 개발밀도, 입지 등 건물이 입지한 토지 특성을 반영하지 못하고 있어, 정밀한 평가 모형으로서는 분명한 한계를 보이고 있다. 그러나 건물용도나 용도지역에 따른 에너지 절감 목표나 온실가스 배출 성능기준을 제시하기 위해서는 도시계획 차원의 영향을 정확히 평가할 수 있는 방법론이 필수적으로 요구된다. 따라서 본 연구에서는 개별 건축물의 온실가스 배출량 영향요인 분석 과정에서 이러한 도시계획 차원의 특성을 반영한다.

□ 건축물 온실가스 배출(에너지 소비) 특성 및 영향요인 관련 연구

온실가스 배출 및 에너지 소비 특성과 그 영향요인에 관한 연구는 대체로 건축 설계 요소나 도시의 물리적 환경이 건축물의 에너지 소비량(부하량) 및 온실가스 배출량에 미치는 영향과 그 크기를 파악하기 위한 목적을 가지고 있다. 그러나 다양한 정책연구 및 실증연구가 이뤄져 왔음에도 불구하고, 최근까지 온실가스 배출량 산정의 기초가 되는 개별 건축물 단위의 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 정보가 공개되지 않아, 기존 연구는 집계된 자료만을 활용해 대략적인 경향만을 분석하는 수준에 머무르고 있는 실정이다. 이와 관련된 연구는 크게 단순한 기술통계 분석을 통해 정책 방향을 제안하는 연구와 회귀 분석 등의 계량분석 기법을 활용해 에너지 소비 및 온실가스 배출 영향요인을 구체적으로 밝히는 연구로 구분된다.

기술통계 분석을 시도한 연구는 이강국·홍원화(2006), 고재경·김희선(2008), 왕광익 외(2010), 김다희 외(2011), 권현주 외(2012), 이충국·서승직(2012), 조상규·김영현(2013) 등 다양하게 발표되고 있다. 대표적으로, 이강국·홍원화(2006)는 도시 에너지 소비의 시·공간적 분포특성 분석을 통해 전력의 경우에는 상업용 건물에서 열 수요의 경우에는 주거용 건물에서 더욱 소비가 크다는 사실을 밝혔다. 권현주 외(2012)는 대구광역시를 대상으로 도시 내 기후특성과 입지조건에 따른 주거용 건축물의 에너지 소비 특성 차이를 분석했

다. 그 결과, 도심지역의 경우 전기 소비량이, 도시 외곽지역의 경우 급탕, 난방, 수도 소비량이 높게 나타났으며, 입지조건에 따른 에너지 소비 차이는 동절기보다는 하절기에 크게 나타났다. 김다희 외(2011)는 지식경제부와 에너지관리공단 조사 통계를 활용해 주거 유형별 소형 건축물의 에너지 소비실태와 규모별 소비 특성을 분석했다.

이들 연구는 실증분석 결과를 바탕으로 다양한 정책적 함의를 제공한다. 고재경·김희선(2008)은 경기도의 건물부문 에너지 소비특성 분석과 해외 정책 사례연구를 통해 건물 에너지 절약 및 이용 효율화를 위한 과제와 정책방향을 제안하였으며, 왕광익 외(2010)는 광역지자체별 온실가스의 배출 특성 분석을 바탕으로 각 지역의 성격(성장지역 또는 쇠퇴지역)에 적합한 온실가스 감축계획 및 실천계획 수립 방향을 제시했다. 마지막으로, 조상규·김영현(2013)은 건축물관리대장 정보와 에너지 사용량 정보의 연계 분석을 통해 건축물 속성별 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성을 파악하고, 이를 바탕으로 건축물 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성 분석을 위한 통계 자료의 구축 및 개선방안과 녹색건축 정책 방향을 제안하였다.

그러나 이들 연구는 대체로 지역별·용도별·에너지원별 소비 특성을 파악하는 수준에 머무르고 있으며, 그 원인에 대한 심층분석은 이루어지지 못하고 있다(권현주 외, 2012). 따라서 이를 근거로 도출된 정책적 함의도 개괄적인 정책방향에 대한 제안에 머무르고 있을 뿐, 구체적인 개선안이나 정량화된 기준 등을 제시하는 데에는 한계를 보이고 있다.

이러한 한계는 건축물의 에너지 소비 및 온실가스 배출 영향요인을 분석한 연구에서도 유사하게 확인되고 있다. 이와 관련된 초기 실증연구들이 주로 거시적인 지역단위 분석에 집중해 왔기 때문이다(김명수 외, 2009; 원두환, 2012). 대표적 예로 김명수 외(2009)의 연구는 인구, 토지이용, 용적률, 산업·경제, 교통, 산림·녹지 등 지역의 온실가스 배출량에 영향을 미치는 다양한 지역 특성 지표를 도출하고, 구조방정식 모형을 활용해 이들 지표와 온실가스 배출량(흡수량)의 관계를 분석했다. 이를 바탕으로 지역의 유형을 구분하고 지구온난화에 대응하기 위한 지역별 차별화 전략을 제안하였으나, 시군구 단위로 분석이 시행됨에 따라 건물부문에 대한 구체적인 분석결과와 정책대안을 제시하지 못했다는 한계가 있다.

이에 건물부문에 초점을 맞춘 미시적 접근이 다양하게 시도되었다. 우선, 이강화·채창우(2008)는 21개 공동주택 단지의 에너지 소비량 조사를 통해, 창면적비가 큰 단지일수

록 에너지 소비가 크고, 중앙난방에 비해 개별난방 단지의 에너지 소비량이 작다는 사실을 밝혔다. 정기택 외(2012)는 일주일간 30세대의 전기소비량 조사를 통해 전기소비 패턴에 따른 가구유형을 구분했다. 그러나 이 연구는 친환경 계획요소가 이러한 소비 패턴(가구 유형)에 미치는 영향을 분석하지는 못했다. 박정규 외(2013)는 상관분석을 적용해 전국 55개 업무용 건축물의 가스·전기·수도 소비량과 건물형태 및 설비 요소와의 관계를 분석했다. 그러나 이 연구는 에너지 소비에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들에 대한 통제가 엄격하게 이루어진 연구라고 보기는 어렵다. 상기한 연구들은 개별 건축물 단위의 실측 자료를 활용했다는 장점이 있는 반면, 연구대상의 선택에 특별한 기준이 없고 대체로 매우 한정된 권역의 특정 건축물이나 단지만을 대상으로 하고 있다는 점에서 대표성을 갖기 어렵다는 공통적인 한계를 지니고 있다(김승남·유광흠, 2014).

최근 들어, 건축물에너지통합관리시스템을 비롯해 개별 건축물 단위의 에너지 소비량 정보 구축이 활성화됨에 따라, 이를 활용한 보다 정밀한 실증연구가 시도되고 있다. 먼저, 조상규·이진민(2010)은 저탄소 공동주택의 개념과 정책동향을 살펴보고, 친환경 설계기법에 대해 기술조합별 비용효과에 대한 수리적 시뮬레이션을 통해 국내 공동주택에 적용 가능한 저탄소 계획·설계 요소들의 도입 비용 및 효과를 실증적으로 검증했다. 이 연구는 각종 기술요소 조합의 온실가스 감축효과와 비용을 분석함으로써, 공동주택의 층수 및 개발밀도에 따라 온실가스 절감 가능 수준이 달라질 수 있음을 증명했다. 또한 이 연구에서는 ‘맑은서울 운동본부’에서 구축한 전기, 상수, LNG 소비량 자료와 온실가스 배출량 추정 자료(2005년 기준)를 활용해 서울시 소재 152개 공동주택 단지의 에너지 소비 및 탄소배출 영향요인을 분석했다. 분석 결과, 용적률이 높거나 건폐율이 낮을수록(즉, 고층 아파트일수록) 탄소배출량이 적은 반면, 세대당 연면적이 작거나(즉, 행위 집중도가 높거나) 오래된 단지일수록 탄소배출량이 큰 것으로 나타났으며, 전기에 의한 탄소배출량으로 한정할 경우에는 공원 접근성이 높을수록 그 값이 작아지는 것으로 나타났다(김승남·유광흠, 2014).

김승남·유광흠(2014)의 연구는 건축물의 온실가스 감축을 목적으로 도입된 각종 인증제도의 실효성을 검증하기 위해 서울시 공동주택을 대상으로 친환경건축물인증제와 건축물에너지효율등급제의 온실가스 감축효과를 실증적으로 분석했다. 분석 결과, 다른 조건이 동일할 때 건축물에너지효율등급 인증을 받은 단지가 대조군 단지에 비해 연간 에너지

소비량이 더 적은 것으로 나타난 반면, 친환경건축물 인증제도의 경우 그 효과가 확인되지 않았다. 즉, 에너지 및 탄소배출저감 측면에서는 직접적인 에너지 절감 효과가 검증되지 않은 계획지표 평가 중심의 제도인 친환경건축물 인증제도보다는 에너지 성능 평가 중심의 제도인 건축물에너지효율등급 인증제도를 활성화하는 것이 바람직한 것으로 분석되었다. 한편, 일반적인 건축 및 도시설계 특성의 영향도 함께 분석했는데, 전기 에너지의 경우 지역난방 단지이거나 노후 단지일수록, 그리고 단지 주변의 도로면적 비율이 높을수록 소비가 큰 것으로 나타났으며, 오픈스페이스 면적 비율은 유의한 영향을 끼치지 못했다. 난방에너지의 경우는 오픈스페이스 면적과 도로면적 비율이 높을수록 증가하는 것으로 나타났다.

마지막으로, Ko(2013)의 연구는 기존 실증연구에 대한 체계적 문헌연구를 통해 건축물의 에너지 소비 영향요인을 확인하는 연구방법을 시도했다. 김승남·유광흠(2014)의 연구는 그의 연구결과를 다음과 같이 정리하고 있다. “첫째, 주거 유형 및 규모 측면에서 단독보다는 공동주택의 에너지 성능이 우수하며, 필지 또는 단위세대 규모가 클수록 에너지 소비량은 증가한다. 둘째, 일반적으로 밀도가 높을수록 공동주택 비율이 높기 때문에 에너지 효율이 높아지지만, 아직까지 밀도 자체의 순수한 효과는 분명치 않다. 셋째, 단지배치 측면에서는 남향배치가 유리하다. 넷째, 나무 식재는 냉방에너지 절감에 효과적이지만, 불필요한 그늘 형성으로 인해 난방부하를 증가시킬 수 있다. 마지막으로, 알베도(albedo)가 높은 재료 및 색상을 활용해 지붕이나 포장에 의한 열섬현상을 완화할 수 있다”(김승남·유광흠, 2014, p.87).

이처럼 최근 들어 건축물의 에너지 소비 및 온실가스 배출 영향 요인에 대한 연구가 활성화되고 있다. 그러나 이와 관련된 대다수의 선행 연구는 미시적인 건축설비와 설계요소의 에너지 감축 효과를 시뮬레이션 분석⁵⁾하는 연구(이호진 외, 2013)나 계획단계에서 에너지 소비량을 예측하거나 간단한 수식을 활용해 추정하는 방법론에 관한 연구(이강희 외, 2010; 태성호 외 2010; 조성훈 외, 2013)에 한정되어 있으며 실측 자료(특히, 개별 건축물 단위의 자료)를 활용한 연구는 여전히 부족한 실정이다(김승남·유광흠, 2014). 무엇보다, 본 연구의 주요 관심사인 용적률 및 건폐율 등과 같은 용도지역제에 의한 건축행

5) 시뮬레이션 분석은 개인행태를 완전히 통제된 상태에서 건축물의 성능 자체만을 평가할 수 있다는 장점이 있는 반면, 어디까지나 이론적 예측에 불과할 뿐 그 결과가 실제 에너지 소비량과 일치하는지는 알 수 없으며 건축물 외부 환경에 대한 고려가 부족하다는 지적을 받고 있다(김승남·유광흠, 2014).

위규제와 이로부터 야기되는 건물의 형태가 개별 건축물의 에너지 소비 및 온실가스 배출에 미치는 영향에 대한 심도 깊은 논의와 실증분석은 거의 이루어진 바 없다.

□ 용도지역제의 한계 및 개선방향 관련 연구

용도지역제 개선과 관련된 연구는 주로 기존 용도지역제의 현황 및 운영상의 문제점, 그리고 용도지역제의 경직성을 개선하기 위한 제도적 개선 방안에 대한 연구가 주를 이루고 있다. 이와 관련된 주요 연구로는 정철모(1999), 강식·김재령(2002), 윤혜정·장남중(2010), 서정렬(2011), 신지혜·이희정(2013) 등이 있다. 먼저 정철모(1999)는 당시 용도지역제의 문제점과 해외 용도지역제에 대한 사례연구를 바탕으로 도시계획법상의 용도지역제의 개선 방안을 제안하였다. 그 방안으로서 첫째, 용도지역의 구분, 둘째, 도시계획구역 내 기존 용도지역 분류 체계의 재정립, 셋째, 도시 특성을 반영할 수 있는 탄력적인 용도지역의 설정 및 지정이 가능한 운용 지침의 마련, 넷째, 용도지역의 세분화, 마지막으로 전국에 대한 일률적인 규제가 아닌 지역 실정에 의거한 용도지역별 건축행위 규제를 마련할 것을 제안했다. 강식·김재령(2002)의 연구에서는 당시 용도지구제의 운영상의 문제점을 분석하고, 이를 바탕으로 합리적이고 효율적인 도시 관리를 위한 용도지구의 지정 및 세분화 방안을 제시했다. 이에 따라 2003년 종세분화가 이루어지며 현행 용도지역제의 모습을 갖추게 되었는데, 결과적으로 이와 같은 초기 연구들이 용도지역제의 체계를 만든 기초연구로서의 역할을 수행했다고 볼 수 있다.

최근의 연구들은 용도지역제의 기능적 폐단을 개선하기 위한 논의에 무게를 두고 있다. 윤혜정·장남중(2010)은 국내 용도지역제 및 도시계획위원회 관련제도의 운영 실태와 해외의 대안적 용도지역제 적용 사례를 분석함으로써, 관련 제도의 유연화 방안과 도시계획위원회의 기능강화 방안을 제안했다. 서정렬(2011)은 해외의 용도복합 개발 관련 인센티브 조닝에 대한 사례연구를 통해 배타적 용도지역제의 한계를 최소화하기 위한 방안으로서 복합개발 중심의 용도지역제 개선 방안을 제시했다. 마지막으로, 신지혜·이희정(2013)은 용도복합 개발 전후의 주변 건축물의 용도변화를 추적함으로써 복합개발 중심의 용도지역제가 미칠 영향을 예측했다.

이처럼 용도지역제의 한계와 개선방향에 대한 그간의 논의는 여전히 정철모(1999)의 연구에서 일찍이 제안된 바 있는 다섯 가지 개선방안에서 크게 벗어나지 않고 있다. 그

중에서도 최근의 논의는 현행 용도지역제에 의해 야기되는 획일적 도시경관 문제에 대응하기 위한 제도적 개선 방향에 초점이 맞춰져 있으며, 그 중심에는 용도복합 개발을 허용하는 형태기반 용도지역제가 자리하고 있다고 볼 수 있다. 그에 반해, 국가의 주요 환경적 목표에 효율적으로 대응할 수 있는 성능기반 용도지역제에 대한 논의는 거의 거론되지 않고 있다. 기존 용도지역제의 한계와 성능기반 용도지역제의 필요성에 대해서는 본고의 2장 2절에서 상세히 논하도록 하겠다.

2) 기존 연구의 한계 및 본 연구의 차별성

지금까지 본 연구와 관련된 주요 선행연구를 네 가지 주제로 나누어 살펴보았다. 본 연구에서 살펴본 기존 연구의 한계와 본 연구의 차별화 방향을 정리하면 다음과 같다.

우선, 최근 온실가스 감축에 대한 사회적 관심이 증대됨에 따라 건축도시 분야에서도 온실가스 감축을 위한 설계기법을 도출하고 이를 평가하기 위한 연구들이 다양하게 진행되어 왔다. 그러나 여러 연구들을 통해 저탄소 설계기법에 대한 이론적 토대가 다져졌음에도 불구하고, 이것이 실제 도시계획 및 정책에 반영될 수 있도록 유도하기 위한 제도의 도입과 개선에 관한 연구는 많지 않았다. 이에 본 연구는 단순히 저탄소 도시설계기법을 도출하고 그 효과를 실증적으로 검증하는 것을 넘어, 이를 바탕으로 구체적인 정책대안(건축물 에너지 성능규제 개선안과 온실가스 배출 성능기준)을 도출한다.

다음으로, 온실가스 배출 영향요인에 관한 연구의 경우, 대부분의 기존 연구는 지역 단위로 집계된 자료를 활용해 대략적인 경향만을 분석하는 한계를 보였다. 이 자료는 주로 에너지 공급단에서 제공한 자료를 지역 단위로 집계한 것으로서, 소비단에서의 에너지 소비 규모나 행태를 정확하게 파악하는 데에는 한계가 있다. 일부 연구에서 소비단에서 측정된 미시자료를 활용하긴 했으나, 대체로 특정 지역의 한정된 건물이나 단지를 대상으로 수집된 자료로서 일반화의 한계를 보였다. 이러한 한계는 최근까지 개별 건축물 단위의 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 정보가 전국적으로 구축된 적이 없었기 때문이라고 볼 수 있다. 본 연구에서는 최근 국가건물에너지통합관리시스템을 통해 구축된 개별 건축물 단위 에너지 소비량 자료를 활용해 이러한 기존 연구의 한계를 최소화하고자 한다.

마지막으로, 용도지역제와 관련해서는 기존 용도지역제의 기능적 한계와 개선 방향

에 대해 다양한 논의가 이루어지고 있으나, 아직까지 성능기반 용도지역제의 국내 도입 가능성과 한계에 대한 논의는 구체화되지 않고 있는 것으로 확인되었다. 이에 본 연구에서는 저탄소 설계기법의 적용을 유도하기 위한 정책 방안으로서, 성능기반 용도지역제의 적용 가능성을 검토해 보고자 한다.

요컨대, 이와 같은 기존 연구의 한계를 개선하기 위해, 본 연구는 국가건물에너지 통합관리시스템에서 제공하는 개별건축물 단위의 에너지 소비량 자료(미시자료)를 활용해 용도지역제를 고려한 건축물 에너지 소비 특성(원단위) 및 영향요인을 분석하고, 이를 근거로 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축을 위한 신축 건축물 성능규제 개선 방안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 도출한다. 또한, 이를 바탕으로 기존 토지이용제도(용도지역규제)를 고려한 건물부문 온실가스 관리 정책의 기본 방향을 제시한다.

본 연구는 건물부문 에너지 및 온실가스 감축을 위해 건축분야와 도시계획 분야에서 각기 시행되고 있던 기존 정책의 한계를 밝히고, 두 분야 정책의 통합적 개선 방향을 도출한다는 점에서 의의가 있다. 또한, 이 연구는 국내에서 광역지자체 단위의 공간적 범위(서울)를 대상으로 개별 건축물 단위의 에너지 소비량 자료를 활용해 건축물의 에너지 소비특성과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준(배출 원단위)에 대한 실증분석을 시도한 최초의 연구라 할 수 있다. 상기한 주제별 연구문헌과 본 연구의 주요 내용을 요약하면 표 1-4와 같다.

[표 1-4] 선행연구 및 본 연구의 주요 내용

구분	연구 목적	연구 방법	주요 내용
주요 선행 연구	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구 연구자: 유광흠 외(2009) 연구목적: 도시에서 발생하는 온실가스를 감축하기 위한 정부 정책 수립 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌조사 및 전문가 자문 친환경 근린개발과 관련된 국내외 사례 검토 온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계 요소의 비용 대비 효과를 계량적으로 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 감축을 위한 친환경 도시설계 요소 도출 이를 적용하는데 소요되는 비용과 예상 감축효과에 대한 검증을 실시함으로써 정책적 지원방안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시공간개선사업의 저탄소 계획요소 적용에 관한 연구 연구자: 유광흠서선영(2012) 연구목적: 기존 도시공간개선사업에서의 저탄소 계획요소 도입 활성화를 위한 정책방향과 정책 과제 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 도시공간개선사업 사례 검토 국내 도시공간개선사업의 추진 과정 및 저탄소 계획요소 적용현황 검토 공동주택 에너지 소비량 및 탄소배출량 영향요인에 대한 계량분석 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 도시공간개선사업에 적용 가능한 저탄소 계획요소 인벤토리 구축 국내 친환경 단지의 친환경 도시설계 요소 추가 적용 가능성 검토 저탄소 계획요소 적용 단지의 탄소저감 효과 분석

구분	연구 목적	연구 방법	주요 내용
건축물 온실가스 감축정책 및 도시설계 기법 평가 관련 연구	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 친환경 근린개발 평가인 증체계의 개발 및 적용방안(I) 연구자: 유광흠 외(2010) 연구목적: 도시계획사업의 친환경성 평가인증체계 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 친환경 근린단위 인 증제도 검토 전문가 설문 AHP 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 근린개발의 개념 및 근린단위 평가인증체계 적용 가능 개발사업 검토 친환경 근린개발 평가인증체계의 평가항목, 평가지표, 평가기준, 평가등급 설정
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 친환경 근린개발 평가인 증체계의 개발 및 적용방안 (II) 연구자: 유광흠 외(2011) 연구목적: 도시계획사업의 친환경성 평가인증체계를 적용하기 위한 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 전문가 설문 국내외 친환경 평가인증체 계 및 평가방법 비교 개발사업의 환경영향평가 서 분석을 통해 추출 가능한 평가항목 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 친환경 근린개발 인증체계 시 범 적용 친환경 근린개발 평가인증체 계 고도화 작업 친환경 근린개발 평가인증체 계 활용방안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 지속가능한 신도시 계획을 위한 도시지속가능성 평가기 준 수립 연구 연구자: 안건혁 외(2011) 연구목적: 40만평 이상의 단지 규모 이상 또는 신도시 규모에 적용 가능한 평가기준 개발 	<ul style="list-style-type: none"> 기존문헌 및 해외 인증체 계 조사 AHP를 활용해 항목별 가 중치 설정 	<ul style="list-style-type: none"> 신도시 규모의 지속가능성 평 가모델 및 탄소배출량 추정 모델 구축 모델의 실효성 검증을 위해 세종시, 동탄2 신도시에 모델 을 적용하고 결과 도출
건축물 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성 관련 연구	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시에너지 소비의 공간 시간적 특성 분석 연구자: 이강국홍원화(2006) 연구목적: 건물용도별 에너지 소비를 Mesh Data 기법으로 작성 하여 에너지 소비의 시공간적 분포와 특성을 분석 	<ul style="list-style-type: none"> Mesh Data 기법 GIS를 활용한 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 건물용도별 월간 에너지 소비 원단위 산출 연평균 도시 에너지 소비 특 성 분석 계절별 도시 에너지 소비 특 성 분석
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 경기도 온실가스 저감을 위한 건물에너지 관리방안 연구 연구자: 고재경김희선(2008) 연구목적: 건물에너지 관리 방안 과 정책 방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 국내 건물에너지 이용 현 황 조사 건물에너지 관련 정책과 제 검토 국내외 건물에너지 관리 사례 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 경기도 건물에너지 소비 특성 및 정책 검토 경기도 온실가스 저감을 위한 건물에너지 관리 제도와 정책 개선방향 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 기후변화에 대응한 지속 가능한 국토관리 전략(III) 연구자: 왕광익 외(2010) 연구목적: 지역도시 차원의 기후변화 완화 및 적응을 위한 기후변화 실천계획 수립전략 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 기후변화 대응 계획 과의 비교-검토 CCGIS를 이용한 취약성 분석 전문가 설문 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 기후변화 대응 관련 계획 및 정책 이슈 정리 기후변화 완화 및 적응 실천 계획 수립 시 고려해야 할 기본원칙 및 방법 제시 지역특성별 실천계획 수립을 위한 방안 제시 및 제도적 개선방안 도출
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 국내 소형건축물의 에너지 소비특성 분석 연구자: 김다희 외(2011) 연구목적: 국내 소형 건축물의 에너지 소비 현황 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 지식경제부와 에너지관리 공단 조사통계 분석 건축물 유형별 기술통계량 비교 	<ul style="list-style-type: none"> 소형 건축물의 에너지 소비실 태 분석 건물규모별, 월별 에너지 사 용량 특성 분석
<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시 내 주거 건축물의 입지조건에 따른 에너지소비량 	<ul style="list-style-type: none"> 관련 문헌 고찰 국토해양부의 공동주택 관 	<ul style="list-style-type: none"> 입지조건별 주거지역 분류 주거건축물의 입지조건에 따 	

구분	연구 목적	연구 방법	주요 내용
	<ul style="list-style-type: none"> 에 관한 연구 연구자: 권현주 외(2012) 연구목적: 기후특성과 입지조건을 고려한 주거건물의 에너지소비 특성 차이 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 리정보시스템 정보 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 른 에너지소비량 차이 분석
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 녹색건축 정책수립을 위한 건축물 온실가스 배출량 통계 구축 및 분석 연구 연구자: 조상규김영현(2013) 연구목적: 건물용도별, 형태별 온실가스 배출량 현황 및 특성을 실증 분석하고, 이를 바탕으로 녹색건축 정책 방향 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 건축물 온실가스 관련 통계 현황 검토 지리정보와 연계한 공간 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 건축물 온실가스 배출량 산정 이론 검토 건축물 온실가스 배출량 통계 구축 및 분석을 통한 녹색건축 정책 방향 제안 GIS를 활용한 에너지 분포 특성 분석이 가능하도록 웹기반 분석 도구 개발
에너지 소비 및 온실가스 배출 영향요인 관련 연구	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 기후변화에 대응한 지속 가능한 국토관리 전략(Ⅱ) 연구자: 김명수 외(2009) 연구목적: 기후변화 완화적응을 위한 지역맞춤형 정책과제 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토를 통해 온실가스 배출량에 영향을 끼치는 지역특성 지표 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화 취약지역 도출 및 지역별 배출 특성 분석 기후변화 완화 및 적응을 위한 정책과제 도출
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 공동주택의 라이프사이클 에너지와 이산화탄소 추정에 관한 연구 연구자: 이강화채상우(2008) 연구목적: 공동주택 전과정의 에너지 및 이산화탄소 산출 	<ul style="list-style-type: none"> 전과정평가 목록 구축 현장 조사 산업연관분석 	<ul style="list-style-type: none"> 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량 원단위 산출 생애단계별 건축자재 및 재료 등에 따른 이산화탄소 배출량에 대한 상대적 환경영향정도의 비교-평가
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 데이터마이닝을 이용한 건물 에너지 사용량 패턴 분석에 대한 연구 연구자: 정기택 외(2012) 연구목적: 에너지 사용패턴 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터마이닝 기법 거주자의 에너지 사용 패턴을 분류하기 위한 클러스터 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터마이닝 기법 및 클러스터 분석을 활용한 가구별 에너지 사용 패턴 유형화
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 건물/설비시스템 요소와 에너지 소비량의 상관분석을 통한 업무용 건축물의 친환경 계획요소에 관한 연구 연구자: 박정규 외(2013) 연구목적: 친환경 업무용 건축물의 계획요소 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 문헌연구 및 전문가 자문 건물 및 설비시스템 요소와 운영단계에서 발생된 건물 에너지 소비량과의 상관관계 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 배치, 형태, 외피 요소별 에너지 소비량 상관분석 건물의 설비시스템 요소별 에너지 소비량 분석 최소 에너지 소비량을 고려한 친환경 계획요소 도출
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구 연구자: 조상규이진민(2010) 연구목적: 공동주택에 적용 가능한 저탄소 계획설계 요소의 도입 비용 및 효과 실증 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 친환경 주거단지 사례 조사 각종 저탄소 계획설계 요소를 고려한 시뮬레이션 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 공동주택 관련 개념 정립 및 정책제도 검토 국내 공동주택의 온실가스 배출 특성 검토 저탄소 계획설계 요소의 조합 도출 및 각종 요소의 도입에 따른 비용 분석
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 친환경건축물인증제 및 건축물에너지효율등급제의 에너지 및 탄소저감 효과 분석 연구자: 김승남유광홍(2014) 	<ul style="list-style-type: none"> 선행연구 검토 기존 제도의 규제수준 변화 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 건축물 인증제도의 에너지 성능 관련 평가항목 및 평가기준의 변화 검토 건축물 인증제도의 에너지 및

구분	연구 목적	연구 방법	주요 내용
용도지역제의 한계 및 개선방향 관련 연구	<ul style="list-style-type: none"> 연구목적: 친환경 인증제의 탄소 저감 효과 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 다중회귀분석 시행 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소저감 효과 분석 미기후 조절 변수 및 기후특성 변수의 영향 해석
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: Urban Form and Residential Energy Use 연구자: Ko(2013) 연구목적: 도시형태와 주택 에너지 소비량의 관계 규정 	<ul style="list-style-type: none"> 해외의 선행연구에 대한 체계적 문헌연구 	<ul style="list-style-type: none"> 주거 유형, 규모, 밀도, 단지 배치, 식재 등의 도시형태 요소와 주택 에너지 소비량의 관계 규정
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시계획구역내 용도지역제의 개선방안에 관한 연구 연구자: 정철모(1999) 연구목적: 국내 용도지역제의 한계 검토 및 개선방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 해외 용도지역제 검토 도시계획법상의 용도지역제 개편 내역 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역제의 문제점 제시 해외 용도지역제의 특성 분석 및 시사점 도출 도시계획법 개정내역 검토 용도지역제 개선방안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 용도지구 지정 및 운영방안에 관한 연구 연구자: 강석김재령(2002) 연구목적: 용도지구의 효율적인 지정 및 운영 방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 관련 이론 연구 경기도 사군의 용도지구 운영 사례 검토 해외 용도지구제 사례 연구 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 용도지구 운영 실태 분석을 통한 신규 용도지구 운영 방향과 과제 도출 용도지구의 세분화 지정 및 운영개선 방안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시계획체계 유연화방안 연구 연구자: 윤혜장장남중(2010) 연구목적: 용도지역제의 유연화 방안 및 도시계획위원회의 기능 및 역할 강화방안 마련 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역제 관련 제도 검토 및 운영사례 분석 해외사례 검토를 통해 용도지역별 개선방향 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역별 문제점 및 개선과제 도출 용도지역제 유연화 및 용도지역별 개선방향 제시 도시계획위원회의 기능 및 역할 강화 방안 제시
	<ul style="list-style-type: none"> 과제명: 도시재생으로서 복합개발 활성화 위한 용도지역제 개선방안 연구자: 서정렬(2011) 연구목적: 복합개발 장려를 위한 용도지역제 개선방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역제 현황 및 관련 선행연구 고찰 해외의 용도지역제 관련 제도 및 운용 시스템 적용 사례 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역제의 문제점 도출 및 원인 분석 복합개발을 활성화하기 위한 용도지역제 개선방안 제시 및 각 방안별 장단점 분석
본 연구	<ul style="list-style-type: none"> 연구목적: 저탄소 계획요소의 실현을 위한 신축 건축물 에너지 성능규제 강화목표 차등(안) 및 용도지역별 온실가스 배출 성능 기준 제안 	<ul style="list-style-type: none"> 국내외 관련 정책 및 제도 사례연구 건축물 에너지 소비량 자료 정제 및 통합 계량분석을 활용한 이론적 온실가스 감축률 산정 정책효과검증 시뮬레이션 	<ul style="list-style-type: none"> 건물용도별용도지역별규제수준별 에너지 소비 및 온실가스 배출 특성 분석 냉난방 에너지 소비량 분해 에너지 소비 및 온실가스 배출 영향요인 분석 이론적 온실가스 감축률 추정 및 정책대안 도출

주: 선행연구는 본문에 제시된 순으로 제시함

제2장 관련 이론 및 정책 동향

1. 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용 및 한계
2. 토지이용제도를 통한 건축물 성능규제의 개념 및 국내현황
3. 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토

1. 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용 및 한계

1) 온실가스 감축 논의의 전개

□ 기후변화 대응을 위한 전 지구적 노력: UN기후변화협약(UNFCCC)

최근 지구온난화와 기후변화에 대한 대응이 국제사회의 최우선 의제로 대두됨에 따라, 주요 원인으로 지목된 온실가스의 감축을 위해 전 지구적 차원의 협력체제가 구축되고 있다. 1988년 UN총회 결의에 따라 세계기상기구(WMO)와 UN환경계획(UNEP)에 ‘기후변화에 관한 정부 간 패널(IPCC)’이 설치되었으며, 1992년 6월 UN환경개발회의(UNCED)에서 UN기후변화협약(UNFCCC: United Nation Framework Convention on Climate Change)이 채택되었다(한국환경공단, N/Aa). 기후변화 협약은 온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 선진국에 차별화된 책임을 부여하는 것을 기본 원칙으로 하며, 이 외에도 모든 당사국이 지구온난화 방지를 위한 정책과 국가 온실가스 배출통계가 수록된 국가보고서를 UN에 제출할 것을 의무사항으로 규정했다(한국환경공단, N/Aa). 한국은 지난 1993년 12월 47번째로 이 협약에 가입했다(한국환경공단, N/Aa).

구속력이 약한 기후변화협약 체제를 강화하고 온실가스 감축의 실효성을 제고하기 위해, 1997년 일본 교토에서 개최된 제3차 당사국총회에서는 온실가스 배출의 역사적 책임이 있는 선진국(38개국)을 대상으로 제1차 공약기간(2008~2012년) 동안 1990년도 배출

[표 2-1] 기후변화 당사국 총회의 주요 내용

당사국 총회	주요 내용
COP3 (1997년 교토)	<ul style="list-style-type: none"> • 교토의정서 • 선진 38개국에 대해 제1차 공약기간(2008~2012년) 동안 1990년 대비 평균 5.2%의 온실가스 감축을 의무화 • 배출권거래, 공동이행, 청정개발체제 등의 제도 도입 -교토의정서는 채택이후 미국의 반대와 중국, 인도 등 개발도상국들의 의무 감축대상 포함 여부에 대한 지속적인 협상으로 인해 2005년 2월 발효됨
COP8 (2002년 뉴델리)	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴델리각료선언 • 온실가스 배출 통계의 작성 및 보고 메커니즘 논의 • 기후변화 적응, 지속가능발전 및 온실가스 감축노력 촉구 • 개도국의 지속가능한 발전 촉진 선언
COP13 (2007년 발리)	<ul style="list-style-type: none"> • 발리 로드맵 • 온실가스의 측정·기록·검증이 가능한 방법으로 온실가스를 감축 하도록 함 • 개도국, 협정 탈퇴국의 온실가스 감축방안 마련
COP15 (2009년 코펜하겐)	<ul style="list-style-type: none"> • 코펜하겐 합의 • 선진국의 경우 중기 감축목표 제출을 의무화하고, 개발도상국에 대해서는 자발적 감축행동 제출을 권고 • 기온 상승을 산업화 이전 대비 2℃ 이내로 억제할 것을 목표로 함 • 녹색기후기금(GCF)의 설치 근거 마련
COP16 (2010년 칸쿤)	<ul style="list-style-type: none"> • 칸쿤 합의 • 두 개의 협상 트랙을 유지 -선진국: 교토의정서의 이행 -개도국: 선진국과의 장기 협력 행동 수행 • 녹색기후기금(GCF)에 대한 구체적인 계획 제시
COP18 (2012년 도하)	<ul style="list-style-type: none"> • 도하 합의 • 교토의정서에 의한 선진국의 온실가스 감축목표 달성기한을 2020년까지 연장 • GCF사무국 한국 유치 인준 • 새로운 기후변화 협약에 대한 타임플랜 설정
COP19 (2013년 바르샤바)	<ul style="list-style-type: none"> • 바르샤바 합의 • Post-2020 기후체제에 대해 2015년까지 구체적 협상일정 도출에 합의 -선진국과 개도국 등 모든 당사국은 2015년까지 2020년 이후 신기후 체제 하의 온실가스 감축 목표를 의무적으로 제출 • 개도국의 기후변화 대응 노력 지원을 위한 GCF 조성과 활용 방안 논의

출처: 이민석 외(2011); 고재경(2013); 조상규·김영현(2013)의 내용을 종합하여 재구성

량 대비 평균 5.2% 감축을 규정하는 교토의정서(Kyoto Protocol)를 채택했다(한국환경공단, N/Aa)⁶⁾. 교토의정서는 2005년 2월 공식 발효되었는데, 한국의 경우 이 시기까지만 해도 38개 주요 선진국에 포함되지 않아 공식적인 감축의무가 부여되지 않았다.

그러나 2007년 12월 인도네시아 발리에서 열린 제13차 당사국 총회에서 교토의정서를 대체할 새로운 협약으로 발리 로드맵(Bali Roadmap)을 채택했는데, 이는 2013년부터

6) 2012년 18차 당사국총회를 통해 1차 공약기간은 2020년까지로 연장되었다(한국환경공단, N/Aa).

선진국뿐만 아니라 주요 개발도상 국가에게도 온실가스 감축의무가 부여됨을 명시하였다. 또한, 2009년 12월 덴마크 코펜하겐에서 열린 제15차 당사국 총회에서 채택된 코펜하겐 합의문(Copenhagen Accord)에서는 선진국의 중기 감축목표 제출을 의무화함과 동시에 한국을 포함한 개발도상국에 대해서는 자발적 감축행동 제출을 권고했다(고재경, 2013). 가장 최근인 2013년 11월 바르샤바에서 개최된 제19차 당사국 총회에서는 개발도상국을 포함한 모든 당사국이 2015년까지 2020년 이후 신기후 체제 하의 온실가스 감축 목표를 제출할 것을 의무화했다. 즉, 아직까지는 발리 로드맵에 의한 감축의무가 공식적으로 부여된 바는 없으나, 개발도상국의 자발적 감축행동에 대한 국제사회의 요구 수준이 점차 높아짐에 따라, 장기적으로 한국 또한 온실가스 감축 이행국가로 분류될 가능성이 커지고 있다.

□ 기후변화협약과 온실가스 감축의무에 대응하는 국내 정책동향 및 목표: 저탄소 녹색성장

이처럼 기후변화협약에서부터 교토의정서와 발리 로드맵으로 이어지는 일련의 과정을 통해 개발도상국의 온실가스 감축에 대한 국제사회의 요구가 증대됨에 따라, 한국에서도 지난 정부 이래로 ‘저탄소 녹색성장’을 국가의 주요 정책목표로 채택해 온실가스 감축 정책을 적극적으로 추진 중에 있다. 저탄소 녹색성장은 녹색기술과 청정에너지를 통해 환경적으로는 온실가스과 환경오염을 경감시키고, 경제적으로는 신성장동력과 일자리를 창출함으로써 지속가능한 성장을 지향하는 정부의 도시 및 국가발전 패러다임으로서, 포 2-2와 같은 3대 전략 및 10대 정책방향을 포함하고 있다(녹색성장위원회, 2009).

[표 2-2] 저탄소 녹색성장의 3대 전략 및 10대 정책방향

3대 전략	기후변화 적응 및 에너지 자립	신성장동력 창출	삶의 질 개선과 국가위상 강화
10대 정책 방향	1. 효율적 온실가스 감축 2. 탈석유·에너지 자립 강화 3. 기후변화 적응역량 강화	4. 녹색기술 개발 및 성장동력화 5. 산업의 녹색화 및 녹색산업 육성 6. 산업구조의 고도화 7. 녹색경제 기반 조성	8. 녹색국토·교통의 조성 9. 생활의 녹색혁명 10. 세계적인 녹색성장 모범국가 구현

출처: 녹색성장위원회(2009, p.53)

그 일환으로 지난 정부는 제15차 코펜하겐 회의를 통해 IPCC가 개발도상국에 권고한 감축목표(BAU 대비 15~30%)의 최고 수준인 ‘BAU 대비 30% 감축’이라는 자발적 온실가스 감축목표를 발표했으며, 이를 달성하기 위한 부문별 감축목표와 이행방안이 뒤따라

발표되고 있다(온실가스종합정보센터 외, 2011; 김승남·유광흠, 2014). 이러한 정책 기조를 이어 받아, 신정부에서도 온실가스 감축을 주요 국정과제 중 하나로 선정하여(국정과제 코드 89), 국가 배출권 할당계획 및 배출권 거래제 등 감축목표의 효과적 이행을 위한 정책 방안을 마련 중에 있다(김승남·오성훈, 2014).

2) 건물부문 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례

□ 건축 차원의 건물부문 온실가스 감축 정책

[표 2-3] 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례: 건축 차원의 접근

정책적 접근 방식의 유형		제도 및 정책 사례	
		국내	해외
신축 건물 설계 기준 강화	강제적 규제*	<ul style="list-style-type: none"> • 건축물 에너지 절약 설계 기준 강화 -단열기준 강화 -에너지 절약 계획서 시행 및 대상 확대 • 에너지소비 총량제 • 친환경주택의 건설기준 및 성능(그린홈 인증) • 주택성능등급 표시제도(2013년 7월 통합폐지) 	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽: Energy Labeling 제도 • 영국: 건물에너지 총량제 • 미국: ASHRAE 기준 (일부 주에서 의무)
	자율적 강화 유도**	<ul style="list-style-type: none"> • 녹색건축물 인증제도(구 친환경건축물 인증) • 건축물에너지효율등급 인증제도 • 신재생에너지 이용 건축물 인증제도 • 설계 가이드라인 -건축물 에너지절약을 위한 창조설계 가이드라인 -건축물 패시브 가이드라인 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 영국: BREEAM • 스웨덴: EcoEffect • 미국: LEED • 일본: CASBEE • 캐나다: GB Tool • 미국: Advanced Energy Design Guide
기존 건물 성능 개선	강제적 규제*	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스·에너지 목표관리제 • 공공기관 그린리모델링 의무화 • 건축물 에너지 절약 설계 기준(기존건물 용도변경 시 적용) 	
	자율적 강화 유도**	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 소비 증명제 • 그린리모델링 사업 지원 -가이드라인 및 재정·금융·제도적 지원 • 에너지이용합리화법에 의한 ESCO 사업 • 기존건물로까지 확대된 각종 인증제도 	<ul style="list-style-type: none"> • 기존 건물로까지 확대된 각종 인증제도

주: *지역, 용도, 규모에 따라 차등 적용; **인증을 통한 인센티브 부여, 가이드라인, 제도 및 재정적 지원 등 출처: 국토교통부(2013b); 김승남(2014); 김승남·유광흠(2014)을 참고하여 재정리

이처럼 전 국가 차원에서 온실가스 감축을 위한 정책적 노력이 추진됨에 따라, 건물 부문에서도 녹색건축 활성화를 통한 온실가스 감축 정책이 적극적으로 시도되고 있다. 그동안 건물부문의 온실가스 감축을 위한 정책적 접근 방식은 주로 건축(물) 차원에서 적용되는 것들로 한정되어 왔다. 이는 정책 적용대상 및 방식에 따라 크게 신축건물의 에너지

성능기준을 강화하는 방식과 기존건물의 성능을 개선하는 방식으로 구분된다(김승남, 2014). 또한, 각각은 다시 법·제도를 통한 강제적 규제 방식과 인증제도 및 가이드라인을 통한 자율적 유도 방식으로 구분 가능하다(김승남·유광흠, 2014). 건축 차원의 온실가스 감축 정책의 유형과 국내외 사례를 정리하면 표 2-3과 같다. 이 중, 국내에서 적용되고 있는 각 유형별 정책에 대한 구체적인 내용은 다음 소절에서 보다 상세히 다루도록 하겠다.

□ 도시계획 차원의 건물부문 온실가스 감축 정책

건물부문의 온실가스 감축을 위한 도시계획 및 일반적 제도 차원의 접근은 건축 차원의 접근에 비해 그 뿌리가 깊지는 않지만 보다 다양한 형태로 적용되고 있다. 도시계획 차원의 접근은 건축 차원의 접근에 비해 상대적으로 정책 목표와 대상이 불분명하고 직접적인 정책 효과를 예상하기 어려운 한계가 있지만, 건축 차원의 정책을 보완하고 지원하는 성격을 갖는다. 도시계획 차원의 접근은 크게 전체 건축물에 그 효과가 미치는 일반적 접근과 특정 지역이나 건축물만을 대상으로 하는 개별적 접근으로 구분 가능하다⁷⁾.

일반적 접근 방식은 크게 (1)토지이용제도(용도지역제 등)를 통해 건축행위를 제한하거나 강제하는 방식, (2)반대로 행위제한을 완화하거나 인센티브를 부여하는 방식, (3)도시계획 및 설계 가이드라인을 통해 녹색건축을 유도하는 방식, (4)이 외의 일반적 지원제도 및 정책으로 구분할 수 있다. 각 유형의 국내외 사례를 정리하면 표 2-4와 같다. 표에서 볼 수 있듯이, 아직까지 국내에서 적용되고 있는 도시계획 차원의 녹색건축 정책은 상당히 한정적이다. 또한, 국내외를 막론하고 아직까지 용도지역별 온실가스 배출 성능규제를 지역 단위에서 일반적인 제도로 도입한 사례는 존재하지 않는 것으로 보인다. 따라서 3장에서는 토지이용제도를 통한 건축물 온실가스 감축 정책 및 제도에 대한 해외 사례연구를 진행한다.

한편, 개별적 접근 방식으로는 에너지 과(다)소비 지역에 대한 집단성능 개선사업, 에너지 감축 및 생산 잠재력 등의 지역 여건을 고려한 지역별 차등 기준의 마련 등이 있으나, 이 역시 아직까지 구체적으로 적용된 사례는 많지 않다. 따라서 3장의 해외 제도 및 정책 사례연구는 일반적 접근 방식에 초점을 맞춰 진행한다.

7) 이러한 구분 방식은 앞서 제시한 건축 차원의 정책에 대해서도 똑같이 적용될 수 있다.

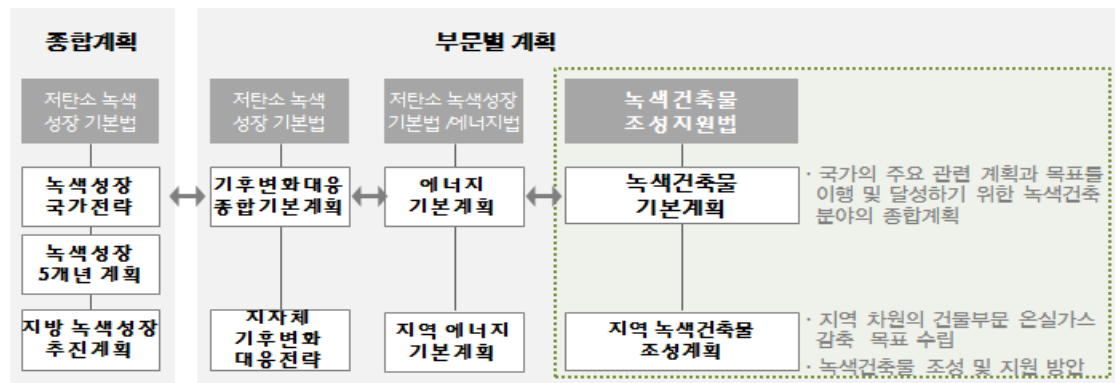
[표 2-4] 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축 정책의 유형 및 사례: 도시계획 차원의 접근

정책적 접근 방식의 유형	제도 및 정책 사례	
	국내	국외
건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제	<ul style="list-style-type: none"> 공공건축물의 녹색건축 및 에너지 효율 등급 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> 용도지역제와 연계한 LEED 인증 의무화 신재생에너지 설비 의무화 -영국: Merton Rule
건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 완화	<ul style="list-style-type: none"> 인증건축물에 대한 용적률 보너스 -녹색건축물 인증제도 -건축물에너지효율등급 인증제도 -신재생에너지 이용 건축물 인증제도 	<ul style="list-style-type: none"> 미국 뉴욕: Zone Green 미국 시애틀: Green Density Bonus 미국 알링턴 카운티: Green Building Bonus Density Incentive Policy
건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시·군계획수립 지침 	<ul style="list-style-type: none"> 일본의 저탄소 도시계획 체계 일본의 저탄소 도시계획 지침 -저탄소 도시만들기 가이드라인
녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 배출권 거래제도 	<ul style="list-style-type: none"> 온실가스 배출권 거래제도 -영국, 일본 동경, 미국 캘리포니아 주 등 기타 재정적 지원제도 -미국 시애틀: City LEED Incentive 기타 행정적 지원제도 -미국 시애틀: Priority Green

출처: 국토교통부(2013b) 및 본 연구 3장의 연구결과를 바탕으로 재정리

3) 국내 건물부문 온실가스 감축정책 동향

□ 주요 정책동향 및 목표



[그림 2-1] 녹색건축정책 관련 법·제도 기반

출처: 조상규 외(2014, p.11)

상기한 국가적 온실가스 감축 노력에 대응하기 위해 2010년 「저탄소 녹색성장 기본법」이 제정되었으며, 2009~2013년을 목표로 하는 제1차 녹색성장 5개년 계획이 마련되었다. 이 계획에서는 건물에너지 효율등급 및 친환경 건축물 인증제 적용 대상의 확대, 건물용도별 설계기준 마련, 신재생에너지 설비를 지원하는 그린홈 100만호 사업 등 녹색건

[표 2-5] 건물부문의 세부부문별·감축수단별 온실가스 감축목표

	감축수단	관련 정책 과제	2020 감축목표 (백만 TCO ₂ eq)
신축			16.08
주거			8.99
	단열·기밀성능 강화	-주택의 냉·난방 에너지 90% 절감 유도 -도시계획 기준 및 제도 정비	5.96
	자연냉방 성능 강화	-주택의 냉·난방 에너지 90% 절감 유도 -도시계획 기준 및 제도 정비	0.08
	설비의 에너지효율 향상	-BIM 기반의 녹색건축 설계 활성화	1.22
	기기의 에너지효율 향상	-빌딩 커미셔닝 절차 표준화 및 의무화 추진	1.45
	신재생에너지 도입	-주택의 냉·난방 에너지 90% 절감 유도	0.29
	비주거		7.09
	단열·기밀성능 강화	-기존 에너지 성능강화 기준 지속 추진 -도시계획 기준 및 제도 정비 -신축 공공건축물 에너지효율 1등급 의무화	2.80
	자연냉방 성능 강화	-기존 에너지 성능강화 기준 지속 추진 -건축물 냉방부하 절감 설계 유도 -도시계획 기준 및 제도 정비 -신축 공공건축물 에너지효율 1등급 의무화	0.59
	설비의 에너지효율 향상	-BIM 기반의 녹색건축 설계 활성화	2.66
	기기의 에너지효율 향상	-빌딩 커미셔닝 절차 표준화 및 의무화 추진	0.32
신재생에너지 도입	-신축 공공건축물 에너지효율 1등급 의무화	0.72	
기존			19.89
주거			9.78
	단열·기밀성능 강화	-에너지소비 총량제 확대 시행 -민간부문 그린리모델링 활성화	1.96
	자연냉방 성능 강화	-민간부문 그린리모델링 활성화	0.10
	설비의 에너지효율 향상	-건축물 에너지 사용량 계측·검증 기술 개발	2.77
	기기의 에너지효율 향상	-민간부문 그린리모델링 활성화	4.01
	신재생에너지 도입	-민간부문 그린리모델링 활성화	0.94
	비주거		10.11
	단열·기밀성능 강화	-에너지소비 총량제 확대 시행 -공공건축물에 대한 그린리모델링 사업 추진 -민간부문 그린리모델링 활성화 -온실가스·에너지 목표관리제 운영지원 확대	0.84
	자연냉방 성능 강화	-공공건축물에 대한 그린리모델링 사업 추진 -민간부문 그린리모델링 활성화 -온실가스·에너지 목표관리제 운영지원 확대	0.35
	설비의 에너지효율 향상	-공공건축물에 대한 그린리모델링 사업 추진 -건축물 에너지 사용량 계측·검증 기술 개발	7.03
	기기의 에너지효율 향상	-민간부문 그린리모델링 활성화 -온실가스·에너지 목표관리제 운영지원 확대	1.47
신재생에너지 도입	-민간부문 그린리모델링 활성화	0.42	
행태개선			12.08
주거	행태개선 유도	-에너지 소비증명제 개편 -보급형 BEMS 연구개발 추진	4.85
		-녹색건축물 정보체계 강화 및 정보 공유 -녹색건축 관련 홍보 강화	7.23
합계			48.05

출처: 국토해양부 녹색건축과(2012, p.20); 국토교통부(2013b)

축과 관련된 초기 정책 방향이 제시되었다(김승남·오성훈, 2014).

지난 2013년에는 건물부문 온실가스 감축정책의 추진 기반을 마련하기 위해 「녹색건축물 조성 지원법」이 제정되었다. 이 법안은 녹색건축물 조성 지원 및 시범사업, 관련 제도 및 기준 정비, 그린리모델링 기금마련(2014년 개정안 기준), 정보체계 구축, 전문인력 육성, 조성기술 개발 등 녹색건축 활성화에 관한 제반 사항을 포괄적으로 다루고 있다(국토교통부, 2013b; 김승남, 2014). 또한, 이 법안에 따라 위와 같은 사항에 대한 정책방향과 추진전략을 종합적으로 담은 ‘녹색건축물 기본계획’과 각 전략의 지역별 시행계획을 담은 ‘지역녹색건축물 조성계획’ 수립이 의무화되었다. 이에 따라, 2014~2018년을 목표로 하는 제1차 녹색건축물 기본계획과 시도별 조성계획(서울, 세종, 경기, 충남, 강원 등)이 수립 중에 있다.

이 외에도, 「에너지 이용 합리화법」, 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 등을 통해 녹색건축 정책 활성화를 위한 제도적 기반이 마련되고 있다. 녹색건축정책과 관련된 주요 법·제도를 정리하면 그림 2-1과 같다. 이와 같은 제도적 기반을 바탕으로, 제1차 녹색건축물 기본계획에서는 건물부문에 할당된 국가 온실가스 감축목표(48.05백만 TCO₂eq)의 달성을 위한 부문별·감축수단별 감축목표를 표 2-5와 같이 제시하고 있다.

□ 정책 유형별 주요 추진 내용: 제1차 녹색건축물 기본계획을 중심으로⁸⁾

표 2-5에 제시된 목표를 달성하기 위해 다양한 녹색건축 정책이 시도되고 있다. 상기한 바와 같이, 건물부문의 온실가스 감축을 위한 정책적 접근방식은 적용대상 및 방식에 따라 크게 신축 및 기존 또는 강제적 규제 및 자율적 유도 등으로 구분 가능하다. 여기서는 제1차 녹색건축물 기본계획에 포함된 정책을 중심으로, 정책 유형별 주요 추진 현황과 계획을 살펴보고자 하겠다.

신축건물을 대상으로 하는 정책의 최우선 목표는 건물 에너지 소비에 있어 가장 큰 비중을 차지하는 난방에너지를 절감하는 것이다. 이에 따라 ‘단열 기준 강화’는 그간 무엇보다 중요한 정책 수단으로 적용되어왔다. 제1차 녹색건축물 기본계획에 따르면 열손실이

8) 이 부분은 저자가 제1차 녹색건축물 기본계획(국토교통부, 2013b; 오성훈 외, 2013)을 바탕으로 작성한 김승남(2014, pp.65-66)의 원고를 발췌하여 작성한 것이다. 전반적으로 본 연구와 밀접한 부분을 중심으로 말을 바꾸어 다시 작성하였으나, 직접적인 인용이 이루어진 부분에 대해서는 별도의 인용표기를 하였다.

가장 큰 창호의 열관류율 기준은 종전 3.84W/m²k에서 2012년 1.5W/m²k까지 단계적으로 강화되어 왔으며, 2017년에는 독일 수준인 0.8W/m²k까지 강화될 예정이다(오성훈 외, 2013; 김승남, 2014). 외벽의 연관류율 기준 또한 1979년 1.04W/m²k에서 2003년 0.27W/m²k로 네 배 가까이 강화되었으며, 2017년 까지 독일 수준인 0.15W/m²k로 추가적인 강화가 이루어질 예정이다(오성훈 외, 2013; 김승남, 2014). 이 외에도, 신축건축물의 전반적인 성능 강화 유도를 위해, 현행 에너지 절약 설계 기준을 에너지 소비 총량제로 일원화하여 확대 추진할 예정이다(국토교통부, 2013b). 2015년 5백m² 이상 업무용 건축물에만 적용되는 이 제도는 2016년까지 3천m² 이상 업무용 외 건축물로 확대되고, 2017년부터는 5백m²이상 모든 건축물로 적용대상이 확대될 예정이다(국토교통부, 2013b).

또한, 신축 건축물의 에너지 성능 강화를 유도하기 위한 또 다른 정책 방안으로서, 각종 건축물 인증 제도를 도입 및 운영 중에 있다. 현재 운영 중인 대표적 인증제도는 녹색건축물 인증제도, 건축물 에너지효율등급 인증제도, 신재생에너지 이용 건축물 인증제도 등이다. 건축물 인증제도는 건축물의 에너지 성능에 대한 직접적인 규제를 가하지 않는 대신, 인증획득 시 인센티브를 부여하는 방법을 통해 자발적으로 에너지 성능을 강화하거나 개선하도록 유도하는 간접적 에너지 성능 개선방식이라고 볼 수 있다(김승남, 2014; 김승남·유광흠, 2014). 그간 여러 차례의 규정 개정을 통해 인센티브 제공 수준과 범위가 확대되고 있으며, 인증 기준이 엄격해짐과 동시에 의무 인증대상 건축물의 유형과 범위가 점차 확대되고 있어, 인증제도를 통한 에너지 성능 강화 및 온실가스 감축효과 또한 점차 증가할 것으로 예상되고 있다(김승남, 2014; 김승남·유광흠, 2014).

국토교통부는 2017년까지 주거용과 비주거용 신축 건축물의 에너지 성능을 2009년 대비 각각 60%와 30% 감축하고, 2025년까지 모든 건물을 제로에너지화 하는 것을 목표로 관련 정책을 추진 중에 있다(표 2-6).

[표 2-6] 신축 건축물 에너지 성능규제 강화 목표

	2012년	2017년	2020년	2025년
주거용	30% 감축	60% 감축		제로에너지 의무화
비주거용	15% 감축	30% 감축	60% 감축	제로에너지 의무화

출처: 국토교통부(2013b); 대한민국정부(2014); 산업통상자원부(2014)

기존건물의 에너지 성능을 규제하는 대표적 정책으로는 온실가스 및 에너지 목표관리제가 있다. 이 제도는 에너지 소비가 큰 업체 또는 대형 건물이 정부와의 협의를 통해 에너지 사용 목표를 정하고 이행 실적에 따라 페널티 또는 인센티브를 부과(부여) 받는 제도로서, 2010년 이래로 대상 업체가 점차 확대되고 있다(오성훈 외, 2013). 2015년부터는 목표관리제의 효율적 운영을 지원하기 위해 이행실적에 대한 지속적인 측정·보고·검증(MRV)이 가능한 모니터링 체계를 구축할 예정이다(국토교통부, 2013b). 또한, 향후에는 기존 목표관리제 대상 업체를 중심으로 2015년부터 시행되는 온실가스 배출권 거래제와 통합·운영될 것으로 예상되고 있다(기획재정부, 2014; 본 보고서의 2장 2절 3항 참고)

이 외에도, 기존건물 부문에 대해서는 ‘그린리모델링 이자 지원 사업’, ‘지역 녹색건축 기금 설치 및 운용’, ‘그린카드와의 연계를 통한 재정적 혜택 부여’, ‘건물 가치상승 반영을 위한 감정평가 기준 마련’, ‘건축물 에너지 평가서 민간 공개 확대’, ‘에너지 소비 증명제’ 등 자발적 에너지 성능 개선을 위한 다양한 행·재정적 지원책들이 추진될 예정이다(국토교통부, 2013b).

4) 해외 건물부문 온실가스 감축정책 동향

국내에서 건물부문의 온실가스 감축 목표를 설정하고 이를 달성하기 위한 다양한 정책을 추진하는 것과 같이, 해외의 주요 선진국에서도 독자적인 감축목표를 바탕으로 다양한 녹색건축 정책을 시행하고 있다. 해외 주요 국가의 감축 목표와 정책을 살펴봄으로써 우리나라 녹색건축 정책의 현주소를 가늠할 수 있다.

표 2-7과 그림 2-2에 제시한 대부분의 선진국에서는 궁극적으로 제로에너지 건축을 목표로, 이를 현실화하기 위한 단계별 추진 전략을 수립하고 있다. 영국의 경우, 신축되는 주거용 건축물, 공공 비주거용 건축물, 일반 비주거용 건축물에 대해 각각 2016년, 2018년, 2019년까지 탄소제로화하는 것을 목표로 제로카본허브 TF팀을 설립하고 건물부문 온실가스 감축정책을 적극적으로 추진하고 있다(국토교통부, 2013b). 또한, 독일, 프랑스, 일본 등에서도 대체로 2020년까지 건축물 제로에너지화를 목표로 관련 정책을 추진 중에 있다. 온실가스 감축에 소극적이었던 미국에서도 주거용 건축물은 2020년, 비주거용 건축물은 2025년부터 제로에너지를 의무화할 예정이며, 이를 달성하기 위한 건축물 가이

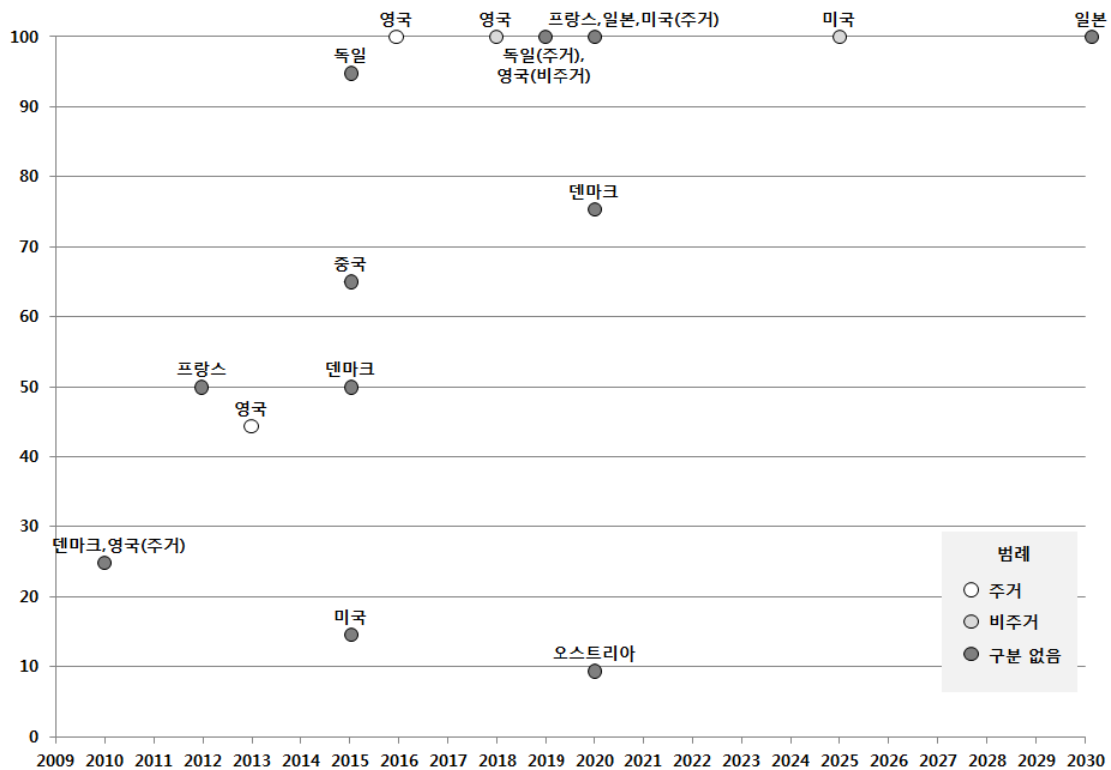
드라인과 제로에너지 주택 연구개발 사업 등을 시행 중에 있다.

[표 2-7] 주요 국가의 건물부문 온실가스 감축목표 및 주요 시책

국가	감축 목표	건물부문의 주요 추진 정책
EU	<ul style="list-style-type: none"> 2019년부터 신축 주택의 제로에너지 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> 건물에너지절약지침(EPBD: Energy Performance of Building Directives) 수립 -신축·기존건물에 대한 성능기반의 에너지절약기준 적용 -신축, 매매, 임대 계약시 에너지성능인증서 첨부 의무화 -냉난방·공조 설비에 대한 정기적 검진·평가 실시
독일	<ul style="list-style-type: none"> 2015년부터 신축건물의 패시브 하우스 건축(약 95% 수준) 의무화 2019년부터 신축 주택의 제로에너지 의무화 	
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> 2012년까지 신축건축물의 에너지 설계 기준 50% 강화 2020년까지 에너지 플러스 건물 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 2012년까지 저에너지 건축을 목표로 정책 추진 -신축 건축물: 에너지 설계기준 강화(100→50kWh/m²·yr) -기존 건축물: 에너지효율개선 계획 추진 2020년까지 Energy Positive Building 목표
덴마크*	<ul style="list-style-type: none"> 2006년 최저치 기준 대비 절감 목표 -2010년까지: 25% 절감 -2015년까지: 50% 절감 -2020년까지: 75% 절감 	
영국	<ul style="list-style-type: none"> 주택 부문 에너지 소비량 절감 목표 -2010년까지: 25% 절감 -2013년까지: 44% 절감 2016년부터 단계적으로 건축물의 탄소제로화 목표 -2016년: 신축 주거용 건축물 -2018년: 공공 비주거용 건축물 -2019년: 신축 비주거용 건축물 	<ul style="list-style-type: none"> 2016년까지 건축물의 탄소제로화를 목표로 제로카본허브 TF팀 설립
오스트리아	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 2005년 대비 건물부문 최종에너지 소비량 10% 감축 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 건물 리모델링 비중 3%로 확대
미국	<ul style="list-style-type: none"> 2015년까지 건축물 에너지 소비량 15% 감축 목표 2020년까지 주거용 건축물의 에너지제로건축 의무화 2025년까지 비주거용 건축물의 에너지제로건축 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> Building America 사업 추진(미국 에너지성에서 지원하는 제로에너지주택 연구개발 사업으로, 기존 주택 리모델링 전략 개발, 제로에너지타운 건설, 기술 연구, 시범주택 건설 등을 추진) 건물에너지 가이드라인 수립
일본	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 신축 주택 및 신축 공동 건축물의 제로에너지화 목표 2030년까지 신축주택의 전생애 마이너스 탄소화 목표 2030년까지 모든 신축건물의 평균적인 제로에너지화 달성 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 저탄소 사회구현을 위한 국가행동계획(2008) 수립
중국	<ul style="list-style-type: none"> 2015년까지 건축물 에너지 소비량 65% 감축 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 2020년까지 신규 건축물 중 녹색건축 비중을 30%까지 확대
싱가폴		<ul style="list-style-type: none"> 건축물의 환경적 지속가능성을 정책적으로 추진하기 위해 2005년 그린마크제도 도입 2030년까지 기존 빌딩 80% 이상의 그린마크 획득 목표

주: *국가 전체 감축 목표를 의미

출처: 김민경·임희지(2010); 김인수(2010); 장철용(2011); 오성훈·성은영(2012); 김민경(2013)을 종합하여 재정리



[그림 2-2] 각 국가의 연도별 건물부문 에너지(온실가스) 감축 목표
출처: 표 2-7을 바탕으로 작성

이처럼, 건축물에서 소비되는 에너지를 패시브 건축이나 제로에너지 건축 수준으로 절감하기 위한 노력은 주요 선진국들에서 추진되고 있는 공통적인 시책이라고 할 수 있다. 국내에서도 국가 온실가스 감축목표가 수립되면서 주요 선진국들보다는 다소 늦은 2025년까지 모든 건축물의 제로에너지화를 달성해야하는 상황이 되었다. 그러나 한국의 경우, 이들 선진국에 비해 도시지역의 개발밀도가 높고 공동주택의 비중이 크기 때문에 모든 건축물을 대상으로 한 제로에너지 건축이 상대적으로 쉽지 않을 것으로 예상된다. 따라서 관련 연구를 통해 제로에너지 목표에 효과적으로 대응할 수 있는 정책 방안을 마련해 나갈 필요가 있다. 또한, 필요할 경우 이러한 연구결과를 바탕으로 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축목표를 보다 현실적인 값으로 조정해나갈 필요도 있다.

상기한 주요 선진국의 온실가스 감축 정책 및 제도에 대해서는 3장을 통해 보다 자세히 다루도록 하겠다.

5) 건축물 단위 온실가스 감축정책의 한계 및 도시계획적 접근의 필요성

□ 현행 건축물 단위 에너지 성능규제의 한계⁹⁾


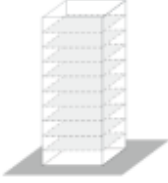
이처럼 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축정책이 매우 시급하고 중요하게 다뤄져야 함에도 불구하고, 건축물 단위로 적용되는 현행 건축물 에너지 성능규제는 다양한 한계를 지니고 있다. 신축 건축물 성능기준 강화 및 그린리모델링 사업 추진 등 건물부문의 온실가스 감축을 위한 정책적 노력이 다각적으로 시도되고 있긴 하나, 기존 정책 경향은 대체로 건축자재 및 설비 개선을 통한 건축물 자체의 성능개선에 초점이 맞춰져 있다. 그러나 이와 같은 건축설계 차원의 접근만으로는 감축 목표 달성이 쉽지 않다. 특히, 신축 건축물의 경우 규제 수준과 이론적으로 감축 가능한 수준이 토지 특성이나 지역 여건에 따라 큰 차이를 보일 수 있어, 건축물 단위로 적용되는 기존의 규제 방식은 더욱 큰 허점을 보이고 있다고 할 수 있다.

신축 건축물의 경우, 설계 및 시공 단계에서부터 강화된 에너지 성능기준을 의무화함으로써 기존 건축물에 비해 상대적으로 쉽게 온실가스 감축을 유도할 수 있다. 그러나 온실가스 감축목표의 절대량이 정해진 상태에서 인구 증가 둔화로 신축물량이 점차 감소하고 있어, 이를 달성하기 위해서는 보다 강화된 수준의 에너지 성능규제가 적용되어야만 한다. 즉, 패시브건축 수준의 에너지 효율 개선은 물론이거니와, 신재생에너지 생산을 통해 넷 제로에너지를 달성하는 것이 필수적인 상황이 되고 있다. 이에 따라, 정부에서는 신축 건축물 에너지 성능규제 강화 목표를 확정·발표했으나(표 2-6 참고), 이 목표는 현실적으로 큰 한계를 지니고 있다.

첫 번째 문제는 이 규제가 건물의 성격을 고려하지 않은 획일적 규제라는 점이다. 앞서 선행연구 검토를 통해서도 살펴보았듯이, 건물의 에너지 소비 특성은 건물 유형과 용도에 따라 큰 차이를 보인다. 그러나 정부의 신축 건축물 에너지 성능 강화목표는 주거와 비주거 단 두 유형으로 구분되어 있다(김승남, 2014). 이처럼 상이한 특성을 갖는 건축물에 대해 동일한 기준을 적용하게 될 경우, 실제 피부에 와 닿는 규제 수준의 형평성은 크게 훼손될 수밖에 없다. 따라서 토지이용의 유형과 강도, 주변여건, 기후 등을 고려해 지역과 세부 용도별로 차별적인 감축 목표를 수립할 필요가 있다.

9) 이 부분의 일부는 저자의 기고문 중 일부(김승남, 2014, pp.66-67)를 발췌하여 수정·보완하여 작성한 것이다. 전반적으로 본 연구의 취지와 부합하도록 말을 바꾸어 다시 작성하였으며, 직접적인 인용이 이루어진 부분에 대해서는 별도의 인용표기를 하였다.

[표 2-8] 1종일반주거지역과 3종일반주거지역의 표준 건축물 예시

	1종일반주거지역	3종일반주거지역
건물 형태		
대지면적(m ²)	400	600
적용 용적률	100.0%	250.0%
적용 건폐율	50.0%	25.0%
지상 연면적(m ²)	400	1,500
건폐 면적(m ²)	200	150
지상 층수	2	10

다음으로, 건축물 에너지 성능개선 목표는 현행 용도지역지구제와 상충되는 문제가 있다. 건축행위에 대한 규제를 위해서는 그에 앞서 건축행위의 유형과 강도를 결정하는 용도지역제의 건축행위 제한에 대한 고려가 필요하다. 그러나 현행 규제 목표는 이러한 고려가 결여되어 있다. 2025년을 목표로 하는 제로에너지 건축을 달성하기 위해서는 신재생에너지 생산시설이 필수적으로 도입되어야 하는데, 이 경우 신축건물에 대한 성능규제는 사실상 효율규제가 아닌 총량규제가 된다(김승남, 2014). 각 필지의 대지면적과 허용 개발밀도(용적률 및 건폐율)에 따라 신재생에너지 생산량이 달라지며, 자연스럽게 건물 전체에서 이를 통해 충당할 수 있는 비율도 달라진다. 즉, 대지구모와 허용 개발밀도에 따라 신축 성능규제(제로에너지)를 달성하기 위한 난이도가 달라진다는 것이다(김승남, 2014). 예를 들어, 평균적으로 실현되는 용적률과 건폐율 비율이 2:1에 불과한 1종 전용주거지역에서는 신재생에너지 설비 도입을 통해 제로에너지 또는 그와 유사한 수준의 건축이 가능할 수 있다(표 2-8 참고). 그러나 그 비율이 10:1에 이르는 3종 일반주거지역에서는 옥상에서 생산된 태양광 에너지만으로 건물 전체에서 필요한 에너지를 모두 충당할 수 없다(조상규·이진민, 2010; 김승남, 2014)¹⁰⁾. 즉, 제로에너지 건축은 해당 건물이 위치하는 용도지역의 개발밀도 규제 수준에 따라 그 달성 가능성이 달라지며, 심지어 특정 용도지역에서는 애초에 달성이 불가능한 규제라 할 수 있다(조상규·이진민, 2010; 김승남, 2014)¹¹⁾.

10) 에너지 효율 측면에서 소형 건물에 비해 대형 건물이 유리한 측면이 있음에도 불구하고 그러하다.

11) 물론, 영국, 독일, 프랑스, 미국 등 해외 선진국에서도 제로에너지를 목표로 녹색건축 정책을 추진 중에 있다. 조상규·김영현(2013)에 따르면 영국은 신규주택의 제로에너지의무화 시기를 세계적으로 가장 빠른 2016년으로 선언하였으며, 독일은 2015년부터 신축건축물의 에너지 성능을 패시브하우스 수준을 의무화할 예정

위의 예시를 반대로 생각해보면, 정부에서 제시한 제로에너지 목표를 달성하기 위해서는 높은 가치를 갖는 토지임에도 불구하고 허용밀도 이하로 건축행위를 해야만 하는 상황이 발생할 수밖에 없다. 온실가스 감축이 그 무엇보다 우선시 되어야 할 목표라고 한다면 이러한 상황도 어느 정도 수용할 수 있겠으나, 그 경우 이론적으로 모든 도시공간이 제로에너지가 가능한 적정밀도 이하로만 개발되어야 하는 문제가 발생하게 된다. 토지이용의 경제적 효율성을 고려할 때 중심지역과 교외지역의 개발밀도 허용 수준이 동일할 수는 없으며, 환경적 부담을 감안하더라도 특정 지역에서는 고밀개발을 허용해줄 필요가 있다(김승남, 2014). 결과적으로, “토지 가치와 성격을 고려하지 않은, 모든 건물에 대한 일괄적 규제는 필연적으로 경제적 효율성을 저해하는 과잉 규제가 될 수밖에 없다”(김승남, 2014, p.67).

마지막 문제는 현재와 같은 ‘건축물’ 단위 규제의 경우 온실가스 감축 수단이 한정적일 수밖에 없다는 점이다. 건축물 단위의 ‘개별성능’을 규제할 경우, 온실가스 감축 수단은 오직 해당 건물 내에서 에너지를 절감하거나 신재생에너지를 생산하는 것으로 한정된다. 반면, 필지 또는 지구 단위의 ‘집단성능’을 규제할 경우, 지구 단위의 신재생에너지 발전설비를 도입하거나 건물 간 에너지 및 열교환을 통해 보다 다각적으로 규제에 대응할 수 있다(일본 국토교통성, 2010; 김승남, 2014). 건축물 외부 공간이나 벽면 공간에서의 식재나 녹화를 통해 온실가스 흡수량을 늘리는 방법을 강구할 수도 있다. 이처럼, 건축물 단위의 개별성능 규제를 필지(지구) 단위의 집단성능 규제로 전환할 경우, 대응 수단을 다양화함으로써 규제의 강도를 완화하고 규제 수준의 현실성을 제고하는 효과를 얻을 수 있다(김승남, 2014). 따라서 건축물에 대한 직접 규제에서 토지이용제도를 통한 간접 규제(용도지역제, 지구 단위 접근, 인센티브)로의 전환이 요구된다.

□ 현행 용도지역지구제의 한계 및 성능기반 규제 도입의 필요성

한편으로는 기존의 배타적 용도지역지구제(exclusive or Euclidean zoning)가 갖는 다양한 문제점(엄격한 용도분리, 도시경관의 획일화, 운영의 경직성 등)으로 인해, 유연화

이다. 또한, 프랑스는 지난 2012년 신축건물의 에너지 성능기준을 50% 강화했으며, 미국도 2020년과 2025년부터 주거용과 비주거용 신축건물의 제로에너지 의무화를 목표로 하고 있다(표 2-7 참고). 그러나 이들 선진국에 비해 상대적으로 개발밀도가 높은 국내 도시에서 ‘전 건물의 제로에너지화’는 실로 난망한 목표이며, 건물 기저부하를 고려할 때 패시브 건축도 결코 쉽지 않을 것이라 예측된다(김승남, 2014).

된 용도지역지구제(flexible zoning)의 도입에 대한 논의가 확대되고 있다. 이에 따라, 형태기반 규제(form-based code), 맥락적 조닝(contextual zoning) 등 다양한 대안이 등장하였으나, 이러한 방식들은 최근 이슈가 되고 있는 환경문제(에너지 및 온실가스 감축)에 적극적인 대응이 불가능하다는 점에서는 여전히 한계를 드러낸다. 따라서 기존의 경직된 용도지역제의 한계를 개선함과 동시에 주요 환경문제에 효율적으로 대응할 수 있는 성능기반 토지이용규제로의 패러다임 전환이 요구되는 상황이다.

□ 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능기준(도시계획 차원의 접근)의 필요성

지금까지 논의한 바를 종합할 때, “신축건물 에너지 성능규제는 건물 유형, 입지, 지역 특성, 토지 가치 등을 전혀 고려치 않아 토지이용의 효율성을 저해하는 일괄적 규제이자, 특정 용도지역에서는 이론적으로 달성이 불가능한 과잉규제라 할 수 있다”(김승남, 2014, p.67). 또한, 기존의 용도지역지구제와 이에 대한 대안들은 온실가스 감축이라는 국가의 주요 정책목표에 효율적으로 대응할 수 없다는 한계가 있다. 따라서 건축물 단위로 적용되고 있는 신축 건축물 에너지 성능규제를 필지 단위로 적용되고 있는 용도지역지구제와 접목함으로써, 두 규제의 한계를 동시에 개선할 필요가 있다.

건물에 대한 적정 규제 수준을 결정하기 위해서는 그에 앞서 건축행위(개발 유형 및 강도)를 규제하는 토지이용규제(용도지역제)에 대한 검토가 필요하며(김승남, 2014), 이를 통해 현행 제도 내에서 해당 건축규제가 과연 타당한지에 대한 사전적 합의가 필요할 것이다. 국가의 용도지역지구제와 지자체에서 정한 각 용도별 토지이용 규제 수준은 각 개별 필지에 대한 성격과 가치를 고려해 그에 적합한 허용 용도와 개발 강도를 규정한 것으로서, 이를 근거로 건축물 에너지 성능규제 수준을 결정하는 것은 모든 건물 유형에 동일한 규제 수준을 정하는 것에 비해 합리적이고 효율적인 방법이라 할 수 있다(김승남, 2014). 따라서 실증자료를 활용해 ‘용도지역별 이론적 온실가스 감축수준’을 도출하고, 이를 바탕으로 용도지역별 건축물 성능규제(성능기준)를 차등화함으로써 현행 규제의 한계를 개선할 필요가 있다. 또한 더 나아가 저탄소 계획기법이 실제 도시계획 및 설계에 적용될 수 있도록 유도하기 위한 제도적 기반으로, 기존의 용도지역제도를 ‘토지이용 성능규제(성능기준)’로 전환하기 위한 기초 연구가 요구된다.

2. 토지이용제도를 통한 건축물 성능규제의 개념 및 국내현황

1) 토지이용규제의 개념 및 한계

① 토지이용규제의 의미

토지이용규제는 토지이용의 유형과 용도의 성격 및 토지이용 수준에 대한 규제를 통해 직·간접적으로 개인이나 공공의 개별 건축행위(건축용도, 개발밀도, 층수 및 높이, 외관 및 형상 등)를 규제하는 것을 말한다. 토지이용규제의 출발점은 인류문명의 발달과 함께 시작하였다고 하여도 과언이 아닐 정도로 그 역사가 오래되었다. 다만 현대적 의미의 도시계획과 연관된 토지이용규제는 그 역사가 길지 않다.

임유경·진현영(2011)의 연구에 따르면, 토지이용규제는 (1)공공복리 실현을 위한 수단으로서의 규제, (2)도시미관 향상을 위한 공적 계획 실현 수단으로서의 규제, (3)합리적이고 효율적인 토지이용을 위한 수단으로서의 규제, (4)건축도시환경의 질적 향상을 위한 제도적 수단으로서의 규제라는 복합적 의미를 갖는다. 최근에는 토지이용이 환경에 미치는 외부효과에 대한 관심이 증대됨에 따라, (5)쾌적한 환경조성을 위한 환경적 목표 달성 수단으로서의 규제(환경오염총량제 등)라는 새로운 의미가 부여되는 등 토지이용규제의 의미가 점차 확장되고 있다. 이처럼 토지이용규제는 다양한 공공 목표를 달성하는 수단으로서의 의미를 갖는데, 본 연구에서는 그 중에서도 특히 환경적 목표 달성 수단으로서의 토지이용규제에 대해 관심을 갖는다.

이 외에도, 토지이용규제는 근본적으로 (6)법·제도 자체로서의 의미를 가지며, 국내에서는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」(이하 ‘국토법’이라 칭함) 및 동법 시행령에서 정한 용도지역·지구·구역과 이에 따른 건축행위 제한 규제가 가장 대표적인 토지이용규제라 할 수 있다. 본 연구에서 사용하는 토지이용규제라는 용어는 주로 법·제도로서의 의미를 가지며, 그 중에서도 특히 용도지역지구제에 초점이 맞춰져 있다¹²⁾. 법·제도로서의 국내 토지이용규제에 대한 현황은 본 절의 3항에서 보다 자세히 다루도록 하겠다.

12) 협의의 토지이용규제는 용도지역제에 의한 건축행위 규제로 한정될 수 있겠지만, ‘토지’이용에 대한 규제로 그 영역을 확대해 농지법, 산지법, 개발제한구역법 등에 의한 직접적 규제와 학교보건법에 의해 설정되는 학교환경위생정화구역과 같은 간접적 규제를 모두 포함할 경우, 그 종류가 매우 다양해진다. 이처럼 기타 법률에서 정하고 있는 규제를 모두 포함한 광의의 토지이용규제의 종류는 100여종이 넘는 것으로 알려져 있다(김정호, 1994, p.29). 이와 같이 다양한 법률에 토지이용규제와 관련된 조항들이 포함됨에 따라 실질적인 토지이용규제는 본 연구의 초점인 용도지역지구제 외에도 매우 복잡하고 다양한 형태를 띠게 된다.

② 용도지역제(Zoning)의 개념 및 역사

□ 용도지역제의 기본 개념

토지이용규제의 대표적인 형태라고 할 수 있는 용도지역지구제(Zoning)는 “토지의 경제적·효율적 이용과 공공의 복지증진을 도모하기 위하여 토지이용을 규제·유도하기 위한 수단”을 의미한다(서울특별시 도시계획국, N/A). 이는 규제와 인센티브라는 두 상반되는 방법을 통해 중앙 및 지방 정부의 토지이용계획을 실현한다(ULI, 2003, pp.142-165). 현대 도시계획의 출발점이라고 할 수 있는 용도지역지구제는 목적이 상충되는 용도 간의 분리로부터 시작됐다. 즉, 용도지역제의 가장 근본적 역할은 서로 공존할 수 없는 용도를 공간적으로 분리함으로써 국토의 무분별하고 계획되지 않은 개발을 방지하는 것이라 할 수 있다.

이 외에도 용도지역지구제의 목적은 학자에 따라 다양하게 정의되고 있으나, 대체로 ‘자유민주주의 사회에서 개인의 사유재산인 토지의 개발행위가 다른 사람의 공익을 저해하지 않도록 하여, 시장경제의 기본원리인 경쟁의 형평성을 보장하고 토지의 효율적인 이용과 공공의 복리를 증진하는 것’으로 받아들여지고 있다. 용도지역지구제는 일반적으로 이러한 목적의 실현을 위해 해당 국가 및 지역의 법제에 따라 용도지역별로 허용되는 개발밀도(용적률, 건폐율, 층수 등)와 건축용도(건축물의 유형)를 지정하는 권한과 수단을 갖는다.

□ 용도지역제의 역사 및 변천

현대적 의미의 용도지역제는 “해로운 용도가 특정 도시구역으로 침범하는 것”을 막기 위한 목적으로 나폴레옹의 1810년 법령에 의해 독일 도시에서 처음으로 적용되었다(Buscher and Green, 2005, p.7; cited in Hirt, 2012)¹³⁾. 공존할 수 없는 용도의 분리의 필요성은 공업지역과 주거지역을 분리해야 하는 유럽 산업도시들의 도시 계획가들에 의해 널리 주장되었다(Duany et al., 2001, p.10). 주거, 상업, 업무, 산업시설들이 밀집된 초기 산업도시들은 대기오염, 수질오염, 소음, 무질서하고 안전하지 못한 가로 등의 열악한 주거환경을 야기하게 되었는데, 이에 따라 교통 기술의 발달과 함께 조성된 중산층

13) 학자에 따라서는 용도지역제의 시초를 산업혁명 시기 영국의 공중보건법으로 보는 경우도 있다. 이 법률은 주거지역과 공업지역이 혼재하여 공업지역의 외부불경제가 주거지역에 악영향을 주는 일을 방지하기 위하여 기본적인 상하수도 시설의 필요성을 규정한 법률이다.

을 위한 교외 주거단지에서는 낙후된 도심환경과는 다른 주거 환경을 보장하는 제도적 장치를 요구 하게 된다. 이러한 요구를 만족하기 위한 제도로서 서로 다른 토지 용도들을 공간적으로 분리하여 주거지역의 안녕과 안전, 주민의 건강과 복지 후생을 도모하는 용도지역제가 본격적으로 도입된다. 또한, 초기의 용도지역제는 유해한 토지이용이나 무분별한 개발로 인해 발생할 수 있는 ‘최악’의 결과를 피하거나 최소화하기 위한 목적으로 계획되었으며, 화재 확산을 방지하고 햇빛을 제공하기 위한 목적으로도 사용되었다(Parolek et al., 2008, p.6).

유럽에서의 성공적인 용도지역제의 적용(즉, 토지이용의 분리)은 도시미화운동을 통해 북미 지역에 도입되었다(Duany et al., 2001, p.10). 그러나 계획가들은 계속해서 모든 것을 그 외의 다른 모든 것들로부터 분리하려고 시도했으며, 그에 따라 한때 공존할 수 없는 용도 간에만 적용되었던 용도 분리가 현재는 모든 용도에 적용되어 버리고 말았다(Duany et al., 2001, p.10). 배타적 단독주택지역은 1916년 뉴욕시와 버클리시에서 처음으로 나타났는데, 이는 “공동주택이 본질적으로 수준이 낮고 바람직하지 못하다는 인식”으로부터 야기된 것이었다(Parolek et al., 2008, p.7; Hirt, 2012). 수십 년 동안 지속된 이러한 일반적인 성향은 1926년 미국 유클리드 마을의 대법원 판례에 의해 강화되었다. 1926년 오하이오 주 유클리드 시(Euclid, Ohio)를 상대로 한 부동산 개발 회사의 소송(Village of Euclid, Ohio v. Ambler Realty Co., 272 U.S. 365)은 미 대법원 판결을 통해 공공의 건강, 안전, 복지를 보호하기 위해 토지 용도를 규제할 수 있는 시 정부의 합당한 권리로서 용도지역제를 천명하게 되며, 이후 토지용도를 규제하는 지방 정부의 일반적인 제도적 장치로서 자리 잡게 된다(Parolek et al., 2008, p.7). 이 판례로부터 용도지역제의 합헌성이 입증됨에 따라, 북미 지역에서 자리잡게 된 배타적 용도지역제는 ‘유클리드 조닝’(이하 ‘유클리드 모델 용도지역제’라 칭함)이라는 용어로 일컬어지게 된다(Parolek et al., 2008, p.7). 그 후, 유클리드 모델 용도지역제 조례는 텍사스 주의 휴스턴을 제외한 거의 모든 미국 주요 도시에서 토지이용규제를 위한 도구로 적용되고 있다(Hirt, 2012, p.376)¹⁴).

일반적 용도지역제로 적용된 이 유클리드 모델 용도지역제는 단일 용도지역제(single zoning)라 칭해질 정도로 용도의 공간적 분리에 중점을 두었다. 토지 용도를 주

14) 유클리드 마을의 사례는 조닝뿐만 아니라 건축물의 층수와 같은 형태 규제를 포함하고 있기 때문에, 이를 도시설계 제도의 시초라고 보는 견해도 존재한다.

거, 상업, 공공, 산업, 녹지 및 공원 등으로 분류하여 허용된 용도 외에 상충되는 다른 용도의 공존을 허용하지 않았으며, 각 용도별로 건축 높이, 건축선, 용적률과 같은 개발밀도를 제한하는 규정을 포함하게 되었다.

유클리드 모델 용도지역제의 특징은 일단의 지리적 구획에 토지용도를 지정하고, 각 용도 내에서 허용되거나 제한되는 개발 행위를 규제하는 데 있다고 볼 수 있다. 이 제도는 오늘날 용도지역지구제의 시초이자 근간이 되어 왔으며, 이를 통해 정부는 도시 내 모든 토지에 대해 미래의 개발 형태와 밀도를 쉽게 예측함으로써 토지이용규제를 효과적으로 시행할 수 있게 되었다. 또한, 유클리드 모델 용도지역제는 규정된 규칙에 따라 쉽고 효과적으로 적용 가능하고, 오랜 기간을 거쳐 제도적으로 검증되었으며, 도시계획가나 건축가들에게 친숙하다는 점에서 미국 내 대부분의 지방 정부에서 가장 보편적으로 채택되는 방식이 되었다(Hirt, 2012).

그러나 대공황과 2차 대전을 거치면서 고속도로 건설과 교외의 대규모 주택 단지 개발을 위한 중앙 정부의 지속적인 지원과 함께 이 유클리드 모델 용도지역제는 개발 지역의 급속한 팽창을 제도적으로 지원해 주는 결과를 초래한다. 또한, 유클리드 모델 용도지역제는 도시의 지속가능성에 대한 다양한 부정적 영향으로 비판 받고 있다. 이러한 배경하에, 유클리드 모델 용도지역제의 단점을 보완하고 수정할 수 있는 다양한 변형된 용도지역제가 등장하게 되었다.

③ 용도지역제의 유형 및 특징

□ 용도지역제의 유형

최근 유클리드 모델 용도지역의 부정적 측면이 부각되고 있으나, 용도지역제 자체가 이러한 비판의 원인이라고 볼 수는 없다. 그보다는 용도지역제의 유형이 무엇이며, 그것이 어떻게 적용되는지가 보다 중요한 문제다(Carmona et al., 2003, p.180). Krier (1990, pp.208-209)는 용도지역제를 크게 포괄적 지역제(exclusive zoning)와 배타적 지역제(inclusive zoning)로 구분 하고 각각의 특징을 다음과 같이 설명했다(Carmona et al., 2003, pp.180-181).

우선, 포괄적 지역제는 용도 등의 행위제한을 엄격하게 규제하지 않으며, 다양한 용

도를 허용한다. 심각한 수준의 환경오염이나 지나치게 상충되어 공존할 수 없는 토지이용을 제외하고는, 원칙적으로 다양한 용도가 한 지역에 존재할 수 있다. 즉, 용도지역제의 기본 원칙을 깨뜨리지 않는 한 다양한 용도가 들어올 수 있도록 허용하는 제도다. 국내 국토법상의 용도지역지구제도 큰 틀에서 볼 때 포괄지역제에 포함된다고 볼 수 있다.

반면, 배타적 지역제는 구체적인 명시가 없는 한 모든 것이 엄격하게 금지되는 제도다. 이는 주로 상이한 토지이용을 기계적으로 분리하는 것을 주목적으로 하며(Carmona et al., 2003, pp.180-181), 미국 대부분의 도시의 용도지역제가 이 경우에 해당된다고 볼 수 있다. 포괄적 지역제와는 다르게 각 용도지역에는 고유의 용도만을 허용하며, 다른 유형의 용도는 근본적으로 배척한다. 도시 공간구조를 기능과 편의 위주로 파악하는 관점에서 출발하였으며, 용도의 분리 및 관리의 효율성을 중시하는 제도라고 할 수 있다. 일반적으로, 용도지역제에 대한 비판은 이러한 배타적 지역제의 한계로부터 비롯된다.

□ (배타적)용도지역제의 부정적 영향

배타적 용도지역제는 기존 용도지역제의 대표적 형태로서, 여러 가지 바람직하지 않은 도시구조와 환경을 초래해 왔다는 비판을 받고 있다. 이 제도는 급변하는 국제정세와 용도간의 복합화를 통한 지역의 재생 및 활성화 전략을 원천적으로 금지한다는 점에서 성장이 진행 중인 도시에서는 적합하지 않다. Talen(2013, pp.179-188)은 배타적 지역제가 갖는 도시 환경에 대한 부정적 영향을 다음과 같이 다섯 차원으로 나누어 제시했다.

- 무분별하고 무질서한 토지이용 패턴;
- 보다 큰 획지 규모(최소 단위 규모보다는 최대 단위 규모를 요구);
- 단일 용도의 획지(예를 들어, 코너 상점과 혼합용도 건물은 주거지역 내에서 불허);
- 획지 규제에 의한 분리와 연결성 결여;
- 걷고 싶은 가로와 컴팩트한 도시구조의 필수적 요소인 위요된 오픈스페이스를 만드는 능력의 결여(Talen, 2013, pp.179-188).

또한, 배타적 지역제는 지역의 장기적인 변화를 수용하기에 부적절하다(Parolek et al., 2008)는 비판을 받고 있다. 배타적 지역제의 융통성 없는 적용은 도시 공간의 창조를 방해하며(Duany et al., 2001, p.11; Carmona et al., 2003, p.13), 결과적으로 단조

로운 도시 구조와 가로 경관을 야기하게 된다는 비판도 받고 있다(Parolek et al., 2008). 배타적 지역제의 가장 큰 문제점은 혼합 토지이용이나 복합용도개발을 허용하지 않는다는 점이다(American Planning Association, 2007). 더 나아가 이러한 부정적 영향은 복합용도개발을 저해하는 것뿐만 아니라 유기적인 통합이 아닌 도시 토지이용의 분리를 초래한다(Krier, 1990).

혼합 토지이용을 허용하지 않는 배타적 지역제의 특성은 도시 기능 측면에서 두 가지 중요한 문제점을 야기한다. 첫째, 토지이용의 분리는 도시 중심과 가로의 활력을 감소시키며 도심공동화 현상을 야기한다. 둘째, 배타적 지역제는 직장과 상업 지역을 주거 지역과 완전하게 분리시킨다. 이러한 용도의 분리는 불가피하게 두 지역 간의 통행을 증가시키고, 결과적으로 이는 교외 지역에서의 자동차 의존적 생활을 야기한다(Krier, 1984; Parolek et al., 2008, p.8). 두 문제 중 전자는 침체되거나 쇠퇴하는 도시에서, 후자는 성장하는 도시에서 더욱 중요한 문제가 된다.

④ 기존 용도지역제의 한계 및 대안적 용도지역제의 등장

□ 기존 용도지역제의 한계

앞서 설명한 배타적 용도지역제의 부정적 영향 외에도 기존 용도지역제는 다양한 한계를 지닌다. 우선, 기존 용도지역제 하에서는 동일한 규제를 받는 토지에 동일한 건축물이 동일한 밀도 수준으로 배치될 수밖에 없기 때문에 획일적인 건축물이 난립하게 되고 이는 단조로운 도시경관과 상대적으로 활력이 떨어지는 도시공간을 야기할 수밖에 없다. 또한, 용도지역제의 역사가 이미 오래되었음에도 불구하고 그 근간은 변하지 않고 있는 반면, 사회는 급속하게 변화하기 때문에 자연스럽게 이것이 시대의 변화를 반영하지 못하게 되는 문제가 야기되고 있다. 시간이 지날수록 사회가 복잡해지고 새로운 산업과 직종이 탄생하므로, 이러한 변화를 수용할 수 있는 형태로 고전적인 용도지역제의 변화가 요구된다. 이 외에도, 용도지역제는 개별 필지 단위로 적용되기 때문에, 이 제도만으로는 공공의 이익에 부합하는 지구단위 경관을 유도하는 것에 한계가 있다. 기존 용도지역제도는 도시의 지속가능성 측면에서도 다음과 같은 한계점을 드러낸다.

- **환경적 지속가능성:** 용도의 분리는 통행 수요(통행 시간, 거리, 빈도)와 자동차 의존도를 증가시키므로써, 교통에너지 소비와 자동차 배기가스 발생을 증가시키며, 대기 질 악화

와 지구 온난화를 초래한다(Krier, 1984). 또한, 이는 과도한 토지 사용과 녹지 감소를 야기한다.

- **사회적 지속가능성:** 용도의 분리는 특정 커뮤니티로부터 특정 사회 집단을 인위적으로 배제하여 사회적, 경제적, 인종적 배제를 초래한다. 특히, 배타적 지역제는 사회적 약자(저소득층과 특정 인종 집단)를 고가의 단독 주거지역으로부터 배제한다(Inhlanfeldt, 2004). 또한, 이는 지역사회와 사회적 자본을 해체한다(Krier, 1984; Putnam, 2000). 낮은 사회적 자본과 떨어진 도시 활력은 교외 지역과 도시 중심에서 범죄율을 증가시킨다(Nam and Choi, 2010).
- **경제적 지속가능성:** 용도의 분리로부터 비롯된 낮은 활력과 감소된 세수로 인해 경기는 더욱 둔화되고 도시의 경쟁력은 떨어지게 된다. 반면, 도시기반시설 확충 비용은 점차 증가한다. 배타적 지역제는 노동시장, 특히 숙련되지 않거나 교육을 많이 받지 못한 노동자들 사이에서 직주불일치를 초래하는 하나의 원인이 된다(Inhlanfeldt, 2004). 무엇보다, 배타적 지역제는 종종 재산권에 위배된다.

이런 이유에서 Krier(1984)는 기능 위주의 용도 분리(즉, 배타적 용도지역제)가 폐지되어야 한다고 주장했다. 또한 그는 도시 생활의 모든 기능을 통합할 수 있는 ‘도시 구역(Urban Quarters)’을 만드는 것이 최선의 정책이라고 주장했다.

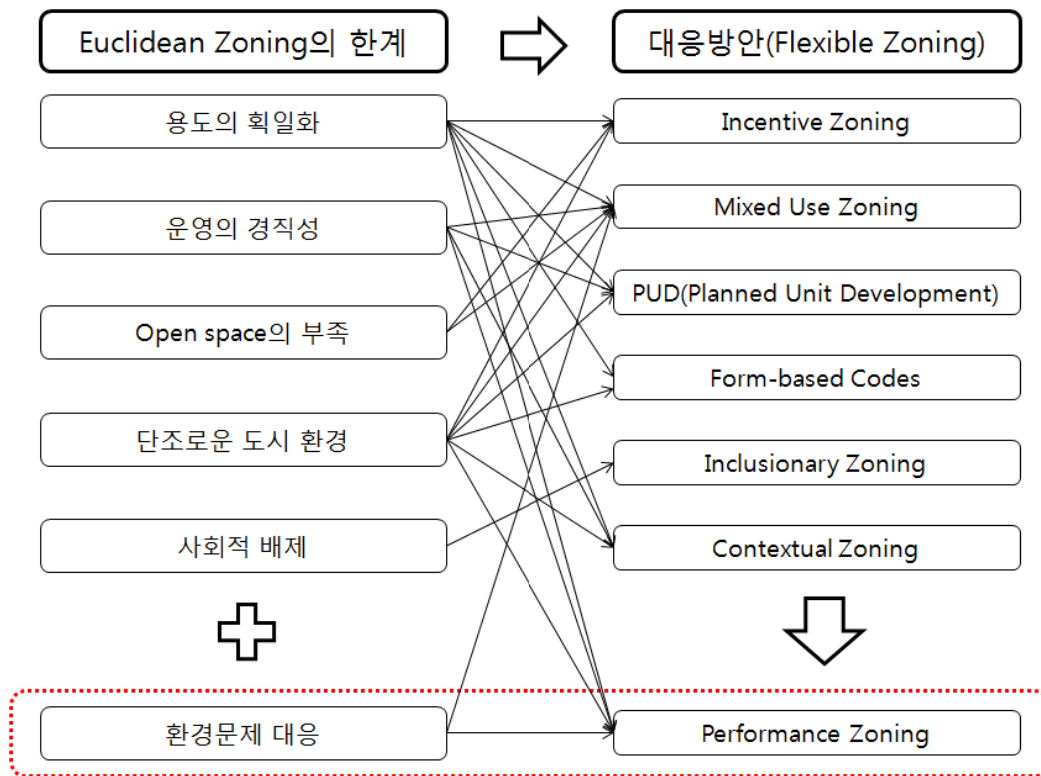
□ 대안적 용도지역제도(flexible zoning)의 도입

1950년대 초반 계획가들은 배타적 용도지역제의 한계를 개선하기 위해 경직성을 완화한 새로운 형태의 제도를 도입하기 시작했다(American Planning Association, 2007, p.372). 통상 대안적 용도지역제 또는 유연 용도지역제(flexible zoning)라 일컬어지는 이들 제도는 근본적으로 전통적인 용도지역제만으로는 복잡해지는 사회문화적 여건변화를 반영하지 못한다는 고민에서 비롯된 것이라고 할 수 있다. 도시와 교외의 물리적 환경이 다변화되고 복합용도 개발과 도시 활력 제고의 필요성이 점차 높아짐에 따라, 용도의 획일화, 운영의 경직성, 단조로운 도시환경 등 기존 용도지역제의 한계로부터 탈피하기 위해 인센티브 조닝이나 계획단위개발(PUD: Planned Unit Development) 등과 같은 대안적 용도지역제가 도입된 것이다. 대안적 용도지역제는 크게 표 2-9와 같은 유형을 포함한다(ULI, 2003, pp.157-165; American Planning Association, 2007, pp.372-373).

[표 2-9] 대안적 용도지역제의 유형 및 내용

유형	내용
Unified Development Codes and Inclusionary Zoning	<ul style="list-style-type: none"> 모든 것이 엄격하게 금지되지 않고, 허용되는 용도지역제 환경오염이나 조화롭게 지낼 수 없는 유해용도를 제외하고, 원칙적으로 다양한 용도가 한 지역에 존재할 수 있는 용도지역제
Conditional-use and Special-use Permits (Special Zoning District)	<ul style="list-style-type: none"> 도시의 중요한 개발 가능 지역에 대해 공공이 개입하여 공공의 목표를 확보하기 위해 활용되는 용도지역제 개발자에게 용도변경을 허용하되 해당 토지와 주변 지역의 토지이용이 조화를 이룰 수 있도록 하는 특별한 조건을 부과하는 용도지역제
Overlay Zoning Districts	<ul style="list-style-type: none"> 기존 지역지구제의 규제를 유지하면서 특정 목적을 달성하기 위한 규제 사항을 추가하는 용도지역제 기존 용도지역의 경계와는 별도로 중첩 지역의 경계 설정 가능 주로 도심지, 유적지, 자연 자원을 보호하기 위해 활용되는 용도지역제로 기존 지역지구제의 규제보다 강화된 규제가 적용
Floating Zoning	<ul style="list-style-type: none"> 특정 용도지역이 용도상으로 필요하다는 규정만 설정하고, 용도지역도 상에는 표기하지 않고 유보하는 용도지역제 개발사업의 승인과 함께 구체적인 사업의 용도가 용도지역 도면상에 공식적으로 지정되는 용도지역제
Mixed-Use Zoning	<ul style="list-style-type: none"> 주거, 상업, 업무 등 세 가지 이상의 기능 요소들이 밀접한 관계를 가질 수 있도록 연계하여 개발이 가능하도록 규정한 용도지역제 택지가 부족한 대도시 도심에서도 주택 공급이 가능케 함 직주근접의 실현을 통해 교통문제를 해결함과 동시에 도시의 안전과 가로의 기능을 회복할 수 있도록 유도
Planned Unit Development(PUD)	<ul style="list-style-type: none"> 도시 전체의 개발 총량(인구 및 밀도) 기준을 벗어나지 않는 범위 내에서 특정지역의 개발을 자유롭게 결정하는 제도 예를 들어, 단독주택지는 저밀도로, 공동주택은 고밀도로 개발하면서 대규모 오픈스페이스를 확보하는 것이 가능 인센티브 조닝처럼 보다 유연한 토지이용 제도
Cluster Development and Cluster Zoning	<ul style="list-style-type: none"> 대규모 택지개발에 적용되는 용도지역제 교외의 미개발지를 개발할 때, 대상지 내의 보존지역은 보존하고 개발가능 지역의 규제를 완화함으로써 환경적으로 민감한 지역을 보호하는데 이용되는 용도지역제
Incentive Zoning and Other Development Incentives and Tools	<ul style="list-style-type: none"> 도시설계에서 비롯된 제도로써 기존의 용도지역제에서는 달성할 수 없는 도시의 쾌적성(보행 공간 및 공개공지 확보 등의 도시설계적 목적)을 담보하기 위하여 공공기여를 용적률 상향 등으로 보상하는 제도 건축 밀도나 고도제한 완화 등을 통하여 개발사업을 촉진하는 역할과 함께 공공성 제고를 유도하는 제도
New Urbanism-supportive Regulations (Form-based Code, Transect-based Code, and SmartCode)	<ul style="list-style-type: none"> "용도와 개발밀도(용적률)보다는 건축물, 가로, 가로 전면부 등 공간을 구성하는 물리적 디자인의 위치와 범위에 중점을 둔 도시디자인 규제수단" (이정형·조승연, 2011, p.80) 고밀도의 복합용도 개발과 보행 중심의 개발을 추구하는 토지이용 규제
Performance Zoning, Performance Standards, and Point Rating System	<ul style="list-style-type: none"> 개발이 주변 지역에 미치는 영향에 기초하여 허용 용도와 개발강도를 결정하는 용도지역제 소음, 진동, 열, 악취, 매연 등에 관한 성능기준을 설정하여 규제

출처: ULI(2003); American Planning Association(2007); 채미옥 외(2009); 최윤경 외(2009); 이정형·조승연(2011); 임유경·진현영(2011); 신태형·구자훈(2012)을 참고하여 재정리



[그림 2-3] 유클리디안 조닝(Euclidean Zoning)의 한계 및 대응 방안

⑤ 대안적 용도지역제의 한계 및 성능기반 용도지역제의 필요성

표 2-9에 제시된 대안적 용도지역제들은 배타적 지역제가 갖는 근본적 한계를 상당 부분 해소하거나 완화시켜 왔다. 그러나 대안적 용도지역제는 근본적으로 엄격한 용도분리와 경관의 획일성을 개선함으로써 지역의 특수성과 다양성을 담아내기 위해 도입된 것으로서, 온실가스 감축과 같은 새로운 환경문제에는 효율적으로 대응할 수 없다는 점에서는 분명한 한계가 있다(그림 2-2). 물론, 용도지역제 자체가 환경문제에 적극적으로 대응하기보다는 부적절한 용도의 공존으로 인한 피해를 최소화하려는 소극적인 대응 방식으로 시작되었다는 측면에서, 이를 온실가스 감축 수단의 하나로 고려하는 것 자체에 의문을 제기할 수 있다. 그러나 현대사회의 빠른 변화를 즉각적으로 수용하지 못하는 배타적 용도지역제의 한계로부터 그간의 대안적 용도지역제가 발전되어왔다는 점을 고려할 때, 온실가스 감축과 기후변화에 대한 대응이 새로운 과제가 되고 있는 현 시점에 이에 효율적으로 대응할 수 있는 새로운 형태의 대안적 용도지역제에 대한 논의 또한 필요하다고

볼 수 있다.

이와 같은 환경적 지속가능성에 대한 관심의 증대는 단순히 유연하고 합리적인 제도를 뛰어넘어, 환경친화성과 시장의 요구를 수용할 수 있는 새로운 접근방식을 요구하게 되었다. 이에 각 지역마다 다른 필요성과 사회·경제적·물리적 환경에 따라 유연하고 폭 넓게 적용될 수 있는 성능기반 용도지역제(Performance Zoning)의 개념을 용도지역제에 접목하는 시도들이 나타나게 되었다. 이 과정에서 앞서 제시한 다양한 유형의 대안적 용도지역제는 성능기반 용도지역제의 도입을 위한 도구로서 활용되었다¹⁵⁾. 성능기반 용도지역제에 대한 구체적인 설명은 제3장 5절에서 해외의 적용사례와 함께 다시 다루도록 하겠다.

2) 성능기반 용도지역제의 개념 및 특징

① 성능기반 용도지역제(Performance Zoning)와 성능기준(Performance Standard)의 개념

성능기반 용도지역제는 기존 지역지구제가 갖는 경직성을 최소화함으로써 토지시장 수요의 변화에 적절히 대응하고 공공기관에 의해 결정되는 지역지구제의 재량권을 최소화하기 위한 목적으로 1950년대 초에 국가산업용도 위원회에서 처음으로 도입한 개념이다(이성용·안정근, 2012, p.20). 이는 주거, 상업, 공업 등 용도지역에 따라 허용 건축용도나 밀도를 규제하는 것이 아니라, 실제 토지이용에 기초하여 발생하는 각종 결과를 기준으로 주변에 대한 영향을 규제하는 방식이다(대한국토도시계획학회, 2008). 전통적인 토지용도의 구분은 유지하되 각 용도에 따라 지켜야할 성능기준(Performance Standards)을 설정하여 이 기준에 부합하는 용도는 허용하고 그렇지 못한 용도는 허용하지 않는다. 즉, 개발이 주변 환경에 미치는 영향을 관리하는 데 효과적인 성능기준을 수립하여 이를 만족하는 한 토지 용도가 유연하게 결정될 수 있는 토지이용규제라 할 수 있다. 이는 유클리드 모델 용도지역제의 제도적 한계를 보완하는 대안으로서, 복합용도 개발을 지원하고 개발의 질적 수준을 높여 개발 사업자가 최적의 용도를 결정할 수 있도록 한다. 개발 사업이 도시, 교통, 사회 경제, 자연 환경 등 ‘기존 지역에 미치는 영향에 대한 관리’에 초점을 맞추는 이 제도는 지방정부와 지역 구성원이 참여하는 계획 과정을 통해 공동의 비전과

15) 즉, 대안적 용도지역제는 성능기반 용도지역제의 도입을 위해서라도 반드시 필요하며, 배타적 용도지역제 체계 내에서 성능기반 용도지역제를 도입하는 것은 많은 한계가 따른다.

목표를 도출하고, 이러한 목표를 달성하기 위해 요구되는 규정들로 구성된 성능기준을 수립하여 개발계획을 심의하거나 개발활동을 규제한다(Ohm, 1999).

성능기준은 성능기반 용도지역제를 작동케 하는 핵심 요소다. 이는 개발사업에 의한 토지이용 활동이 지역 공동체가 수립한 목표에 대해 어떠한 영향을 미치는지를 평가하는 다양한 유형의 계량적 기준을 제도화함으로써, 용도지역제의 행정적 운영의 효율성을 높이고 일관성 있는 개발사업 평가 및 토지이용 결정을 지원한다. 성능기준을 수립하는 방식에 있어 중요한 점은 이것이 목표치(기준)를 달성하는 방법이나 과정보다는 목표치의 달성 그 자체를 중시한다는 점이다(American Planning Association, N/A). 예를 들어, 적합한 방화 성능을 의무화하는데 있어 벽이나 문의 두께 또는 재료를 규정하기보다는 화재를 차단하거나 화재에 견뎌야 하는 일정 시간만을 설정하는 방식이라고 할 수 있다. 이 경우, 이러한 목표를 달성하기 위한 구체적인 방법은 전적으로 각 개발 사업에 맡겨지게 된다. 또한, 성능기준 체제 하에서는 건축 형태, 디자인, 교통유발, 환경영향 등의 기준이 요구하는 목표치에 충족된다는 조건 하에, 상이한 용도가 인접해서 입지하는 등과 같은 토지이용의 유연성이 확보될 수 있다.

일반적으로 적용되고 있는 성능기준들은 크게 부지 규정(site regulation)과 개발행위 규정(development activity regulation)으로 구분된다. 부지 규정은 건폐율, 용적률, 녹지율, 투수성 포장 비율 등과 같이 단일 부지에 대한 개발 규모, 강도, 특성 등을 관리하기 위한 규정을 의미하며, 개발행위 규정은 소음, 진동, 반사광, 대기, 바람, 채광 및 조망 비율, 위험물질 등과 같이 토지이용 활동에서 발생하는 환경 영향을 관리하는 규정을 의미한다(Richmond Regional Planning District Commission, 2001, pp.4-12).

이때 성능의 기준을 무엇으로 볼 것이냐에 따라서 다양한 방식의 성능기반 용도지역제도의 운영이 가능해진다. 초기에는 공업시설과 관련되는 소음, 연기, 먼지, 기타 유해물 등을 규제하기 위해 도입되었으며, 이는 산업공원의 탄생과 연관이 있다(대한국토도시계획학회, 2008, p.46)¹⁶⁾. 최근처럼 일자리 창출이 화두가 될 시기에는 일자리 총량제를 도입하여 고용 창출력에 기반을 둔 성능기반 용도지역제를 시행할 수도 있다. 또한, 본 연구의 목적과 부합하는 환경오염 요소도 그 기준이 될 수 있다. 이 경우 다양한 성능규제

16) 산업공원은 산업기능의 집적을 위한 공업용도의 단지이지만, 필지의 건폐율이 낮고 단지 주변에 녹지가 많아 외관상 공원과 거의 유사해 보이는 곳을 뜻한다(대한국토도시계획학회, 2008, p.46). 이 경우, 주거지역 인근에 입지하더라도 용도 간 상충 등의 문제가 덜 발생할 수 있다(대한국토도시계획학회, 2008, p.46).

항목에 대해 일정한 기준을 미리 설정해 놓는 것이 필요하다. 즉, 실증 자료를 활용해 현재의 용도지역제 상황에서 각 용도지역별로 어느 정도 수준의 환경오염 물질(본 연구의 경우, 온실가스 배출량)이 배출되고 있으며, 어느 정도 수준까지 허용될 수 있는지에 대한 사전 분석이 전제되어야 한다.

② 성능기반 용도지역제의 특징 및 기존 제도와의 차별성

□ 제도적 유연성과 고차원적 계획 목표의 실현

전통적인 용도지역제는 사회 환경의 변화에 빠르게 대응하지 못하는 반면, 성능기반 용도지역제는 성능기준을 충족하는 한 새로운 형태의 토지이용 기법이나 개발방식 등 시장에서 요구하는 빠른 변화에 민첩하게 대처할 수 있다는 장점이 있다(이성용·안정근, 2012). 또한, 최소한의 규제만으로 시대 상황에 맞게 변화하는 토지이용 방식을 시장경제 자율에 일임할 수 있다는 장점이 있다. 즉, 성능기반 용도지역제는 유클리드 모델 용도지역제가 갖는 토지이용 규제의 경직성에 비해 상당한 수준의 제도적 유연성을 갖는다.

이러한 제도적 유연성은 복합용도 개발을 제도적으로 지원할 뿐 아니라 건축 디자인의 다양성을 보장한다. 예를 들어, 성능기준으로 설정된 전체 주거 밀도 내에서 단독주택에서 공동주택까지 다양한 주거환경을 창출할 수 있다. 동시에 이러한 다양한 밀도의 주거유형 건축을 통해 개발 사업이 효과적으로 녹지를 보전할 수 있는 기회를 제공하며, 별도의 용도변경 승인 절차를 거치지 않고 개발 사업자가 다양한 주거 유형을 공급할 수 있게 됨에 따라 변동하는 주택 시장의 요구에 효율적으로 대응할 수 있는 기회를 제공한다(Bucks County Planning Commission, 1996). 즉, 토지이용의 조화를 극대화 할 수 있을 뿐만 아니라, 불허용도 열거형(negative list) 규제에 가깝기 때문에 개발자에게 허용된 범위 내에서 주어진 토지를 더욱 다양한 형태로 개발할 수 있도록 설계의 융통성과 신축성을 부여할 수 있다.

이 외에도 성능기반 용도지역제의 제도적 유연성은 혁신적이고 새로운 기술의 적용을 요구하는 개발을 유도하고, 공공과 지역주민 간의 소통을 증진하는 부수적인 결과를 가져오기도 한다. 또한 이 제도는 도시설계의 가장 큰 단점인 비가역성을 배제할 수 있다는 장점도 있다(University of Wisconsin-Eau Claire, N/A). 물론, 토지이용의 유연성을

제공한다는 점에서는 기존의 대안적 용도지역제와 유사한 측면이 있으나, 달성하고자 하는 목적이나 지향점이 보다 고차원적이라는 점에서 차이가 있다고 볼 수 있다.

□ 효과적 환경 영향 관리

성능기반 용도지역제는 ‘단지’를 계획의 기본단위로 보는 시각에서 출발한다(이성용·안정근, 2012). 따라서 획지의 수용능력보다는 단지의 수용능력에 대한 분석을 통해 자연 환경 보존을 추구한다(이성용·안정근, 2012). 또한, 토지개발 시 용도 자체에 대한 규제보다는 개발이 유발하는 영향을 관리하는 방식에 중점을 두고 있다. 이는 교통, 소음, 냄새, 대기, 채광, 바람, 그림자 등과 같이 특정 용도의 건축 및 경제활동으로 인해 발생하는 유해 요소가 주변 지역에 미치는 영향을 성능기준을 도입하여 총량적으로 평가하여 효율적으로 관리한다(Jaffe, 1993). 이를 통해, 개발사업이 자연녹지와 같이 환경적으로 민감한 지역을 보전하며 합리적으로 이루어질 수 있도록 유도한다. 또한, 기존 용도지역 규제와 함께 다루어지므로 자연환경 훼손에 대한 규제와 동시에 인간의 생활환경에 영향을 주는 문제까지 다룰 수 있다는 장점이 있다.

□ 시장(market) 효율성

성능기반 용도지역제는 성능기준을 활용해 현안 지역의 가장 바람직한 도시 환경에 대한 목표치를 설정하고, 이러한 기준을 충족시키는 것은 민간 개발사업에 일임함으로써 개발사업자가 시장의 요구에 효율적으로 대응하며 목표치를 충족시키도록 하는 합리적 방식을 채택하고 있다(Eggers, 1990, p.8). 따라서 개발사업자가 융통적인 성능기준의 범위 내에서 시장경제의 작동기제에 따라 도시개발을 스스로 조절할 수 있다. 이는 자율적이며 합리적인 개발 방식과 개발의 공간적 범위를 결정하도록 유도한다. 예를 들면 산업체가 줄여야 할 온실가스의 총량을 성능기준을 통해 지정하고 그 목표를 달성하는 것은 민간 사업체들의 자율에 맡기는 접근방식을 기본으로 한다는 것이다(Eggers, 1990, p.8). 또한, 이러한 특징과 함께 사유재산 사용의 제한이라는 용도지역제의 부정적 측면을 완화하는 기능 또한 성능기반 용도지역제의 차별화 되는 특성이다(Ottensmann, 2005).

□ 사전 계획 수립 요구

성능기반 용도지역제의 효과적 실행을 보장하기 위해서는 합리적 성능기준 수립을 위한 사전 계획과정이 요구된다(University of Wisconsin-Eau Claire, N/A). 사전 계획 과정은 지방 정부, 지역 주민, 사업자, 비영리 시민 단체 및 토지 소유주 등 다양한 이해관계자 간의 소통의 기회를 제공한다. 이는 성능기준 수립을 위한 근거를 제공하며, 향후 성능기반 용도지역제와 민간 개발사업의 효율적 실행을 보장한다.

□ 운영과 절차의 복잡성

성능기반 용도지역제는 녹지 비율, 연면적 비율, 표면 침투 비율 등 여러 지표로 구성된 환경 특성을 근거로 대상지의 개발 수용 총량을 계량화하는 공식을 만들고, 이를 통해 기존 유클리드 모델 용도지역제의 한계를 정밀한 제도적 방식으로 관리할 수 있는 진보된 방안을 제공하고 있다. 그러나 경우에 따라 산술적이고 이해하기 어려운 공식으로 만들어진 성능기준들은 성능기반 용도지역제의 복잡한 운영과 비효율적 실행을 야기하며, 이를 수립하고 운영하기 위한 전문 인력(전문성)뿐만 아니라 많은 시간과 비용을 필요로 한다(이성용·안정근, 2012, p.21; Kendig and White, 2014, p.4).

기존 용도지역제의 단순명료한 운영 방식과는 달리, 성능기반 용도지역제의 높은 유연성은 성능기준의 적용과 평가에 있어 관리부서의 시행착오와 명확하지 않거나 주관적인 기준 적용에 따른 비합리적이고 일관성이 결여된 결정을 야기했으며, 이에 따라 잦은 법적 분쟁을 초래하기도 했다(University of Wisconsin-Eau Claire, N/A). 성능기준 운영 지침은 개략적인 내용만을 담고 있어 정책 담당자에게 법조문 해석이나 예외 인정에 있어서 재량의 여지를 남기게 되었는데, 실제로 외부효과를 적절하게 예측하지 못한 채 주어진 재량권을 행사하는 경우가 많았다(이성용·안정근, 2012).

또한, 성능기반 용도지역제의 과도한 유연성은 제도의 운영과 진행 과정에 대한 예측을 어렵게 했으며, 결과적으로 운영상의 비용을 증가시켰다. 특히, 초기에 도입된 상당수의 성능기준들은 매우 복잡하고 정교하게 고안된 평가 체계로 구성되어 있었기 때문에, 효과적 운영과 실행을 위한 담당자 교육, 지역 주민의 이해를 돕기 위한 홍보 활동, 개발사업자의 전문가 활용 등에 있어 부가적인 비용 발생을 초래했다(The National Estuarine Research Reserve, N/A). 더욱이, 상당수의 지방정부들은 기존 용도지역제에 중복지역지

구제(Overlay Zoning)로서 성능기반 용도지역제를 적용했는데, 이러한 운영은 토지개발 결정과정을 더욱 복잡하게 해 더 많은 시간과 비용이 소모되는 결과를 가져왔다(Eggers, 1990, p.8). 이에 따라, 몇몇 지방정부들의 경우 성능기반 용도지역제의 운영으로 인해 재정적인 어려움을 겪기도 했다.

③ 성능기반 용도지역제를 활용한 온실가스 배출량 관리의 효용성

성능기반 용도지역제는 토지이용규제(도시계획)를 통해 건축행위를 규제하는 방식으로 건축물 자체에 대한 규제와는 근본적으로 차이가 있으며, 그에 따라 온실가스 배출량 관리 측면에서 다양한 효용성을 갖는다. 우선, 개체성능을 규제하는 건축규제와는 달리 토지이용규제에 의한 온실가스 배출량 규제는 특정 필지나 지구 단위의 집단성능을 규제하게 되며, 이는 계획단위개발(PUD)과 같이 특정 지구 내에서의 건축의 자율성을 보장한다. 또한, 건축물 단위 규제의 경우 온실가스 감축 수단이 건축물 성능을 개선하는 것으로 매우 한정적인 반면, 토지 단위 규제는 신재생에너지의 도입이나 녹지 확보 등 온실가스 감축 수단이 더욱 다양해질 수 있다. 이 외에도, 토지이용규제에 의한 온실가스 배출량 규제(즉, 온실가스 배출성능 기반 용도지역제)는 건축물 단위의 일괄적 규제의 한계를 최소화하고 차등 규제와 인센티브 등의 도입을 통해 보다 유연한 규제를 적용할 수 있도록 허용한다. 성능기반 용도지역제를 활용한 온실가스 배출량 관리의 효용성을 건축규제와 비교해 나타내면 표 2-10과 같다.

[표 2-10] 온실가스 배출 관리에 대한 건축규제 및 토지이용규제의 차이

건축규제에 의한 온실가스 배출 관리	토지이용규제에 의한 온실가스 배출 관리
개체성능 규제 (개체성능 만족을 위해 건축의 자율성 저하)	집단성능 규제 (해당 집단 내에서 건축의 자율성 보장)
온실가스 감축 수단 제한적 (건축물 성능 개선)	온실가스 감축 수단 다양 (건축물 성능 개선, 신재생 에너지 도입, 에너지의 면적활용, 녹지 확보 등)
일괄적 규제 (모든 주거용 또는 비주거용 건축물에 대해 동일한 규제수준 적용)	차등 규제 (용도지역 등의 지역 여건을 고려한 차등규제 적용가능)
규제 중심	규제 + 인센티브

3) 국내 토지이용규제 현황 및 한계

① 일반적 토지이용규제

□ 도시계획의 체계 및 유형

국내 도시계획체계 최상위에는 「국토기본법」에 의한 국토종합계획, 도종합계획, 시군종합계획이 있다. 이들 계획은 국가 및 지역 발전을 위한 장기 마스터플랜 성격의 종합 계획이지만 법적 구속력은 없다. 그러나 이들 계획은 「국토의계획및이용에관한법률」(이하 ‘국토법’으로 칭함)에 의한 광역도시계획과 도시군기본계획 수립시 상위계획으로서의 역할을 한다.

국토법에 의한 도시계획 체계는 (광역도시계획)-도시군기본계획-도시관리계획으로 구성된다. 도시군기본계획 역시 「국토기본법」에 의한 계획처럼 법적 구속력은 없으나¹⁷⁾, 도시전체의 골격과 기초적인 용도지역을 정하고 미래 목표 인구를 설정한다는 측면에서 도시 공간구조 구상의 핵심이 되는 계획이다.

도시군관리계획은 도시군기본계획을 바탕으로 용도지역지구제와 도시계획시설을 결정하는 법정계획이며, 이 계획에 의해 개인의 토지에 대한 실질적인 건축행위 제한을 가할 수 있게 된다. 도시군관리계획(1:5000 scale)은 도시군기본계획(1:20000 scale)에 비해 개별필지에 대한 영향력이 크다고 할 수 있는데, 통상 지형도면(1:1000 scale) 및 지구단위계획 도면 고시를 통해 개인의 토지이용을 직접적으로 규제한다. 지형도면에는 도시군관리계획의 양대 핵심 요소인 용도지역과 도시계획시설이 표기되며, 지구단위계획 도면은 대지의 형상, 건축물의 층수, 규모, 밀도(용적률 및 건폐율), 건축선 지정 등 매우 미시적인 수준의 건축행위를 규제하는 지침으로 작용한다. 따라서 좁게 보아 국내법 체계상의 토지이용규제라 함은 통상적으로 도시군관리계획 또는 이 계획에 의한 용도지역제와 지구단위계획을 일컫는 것이라 할 수 있다. 도시군관리계획의 주요 내용은 다음과 같다.

- 용도지역, 용도지구, 용도구역 등의 지정 및 변경에 관한 계획
- 기반시설의 설치에 관한 계획(도시계획시설)
- 지구단위계획의 결정 및 변경에 관한 계획

17) 물론, 도시군관리계획 상의 주거, 상업, 공업 지역의 면적과 형태가 도시군기본계획의 용도지역과 정확하게 일치하여야 하며, 도시군기본계획의 변경 없이 도시군관리계획의 변경이 불가능하므로, 법적 구속력이 전혀 없다고 할 수는 없다.

□ 용도지역제와 용적률 인센티브 제도

국내법상의 대표적 토지이용규제라할 수 있는 용도지역제는 규제와 인센티브(통상 용적률 보너스)라는 상반된 방법을 통해 개별 토지에서의 건축행위를 관리한다(ULI, 2003). 먼저, 규제를 통한 관리는 크게 용도지역·지구구역의 지정과 각 지역·지구구역에 대한 개발행위 제한의 형태로 이루어진다.

용도지역은 도시군관리계획에 의해 21개 세부용도 중 반드시 하나의 유형으로 지정되며, 이는 대한민국의 모든 토지에 대해 공통적으로 적용된다. 각 용도에서 허용되는 행위는 관계법령에 의해 지정되는데, 허용되는 개발밀도(용적률, 건폐율, 층수 등)는 국토법 시행령에 의해, 허용되는 건축용도(건축물 유형)는 건축법 시행령에 의해 각각 결정된다. 건축법 시행령에 의해 배타적인 용도의 진입이 허용되고 있으므로, 국내법 상의 용도지역 지구제도는 큰 틀에서 볼 때 포괄 지역제에 해당한다고 볼 수 있다.

용도지역이 개별 필지와 일대일 대응 관계로 지정되는 것에 반해, 용도지구 및 구역은 그 필요에 따라 용도지역 또는 타 지구 및 구역과 중첩하여 지정될 수 있다. 용도지구는 용도지역의 행위제한을 특별히 강화하거나 완화하여 적용하는 특별한 규제수단으로서, 용도지역 자체의 기능을 강화하거나 미관, 경관, 안전 등의 특수한 목적을 달성하기 위해 활용된다. 현재 제도적으로 도입되어 운영되고 있는 용도지구는 총 26개 유형이다. 용도구역은 용도지역과 용도지구의 행위제한을 더욱 강화하거나 완화하여 규제함으로써, 시가지의 무질서한 확산을 방지하고, 토지의 계획적이고 단계적인 개발 및 관리를 목적으로 하는 규제수단이라고 할 수 있다. 현재, 개발제한구역, 시가지조정구역, 수산자원보호구역, 도시자연공원구역 등을 운영 중에 있다.

이처럼 국내 용도지역지구제는 국토법과 건축법을 기반으로 건축물의 종류와 개발밀도에 대한 건축행위를 규제하는 방식을 취하고 있다. 물론, 앞서 언급한 바와 같이 건축물 이외의 토지에 대한 행위규제는 이 외에도 많은 법률에 의해 결정되기 때문에, 국내의 토지이용규제가 단순히 하나의 법률에 의해 관리되고 있다고 볼 수는 없다. 그러나 본 연구의 경우 건축물이 입지한 토지(즉, 대지)에 초점을 맞추고 있으므로, 본 연구에서 칭하는 토지이용규제는 국토법 상의 용도지역지구제를 의미하는 것으로 봐도 무방하다.

다음으로, 토지이용 관리를 위한 또 다른 접근 방식으로서 개발밀도 규제와 함께 인센티브 제도가 운영되고 있다. 인센티브는 획지계획, 상한용적률을 적용받지 않는 공동개

발, 건축물용도, 대지 내 공지, 친환경 계획요소, 주차 및 차량동선 등에 관하여 해당 지구단위계획에서 정한 사항을 이행하는 경우 용적률 보너스 등의 형태로 제공된다. 용적률 인센티브는 국토법 시행령 또는 해당 사항과 직접적으로 연관된 타 법령에 근거한다.

개별 필지의 토지이용규제 수준에 영향을 미치는 또 다른 요소는 도시계획시설이다. 도시계획시설은 국토법 시행령에서 정한 기반시설 중 도시군관리계획을 통해 적용이 결정되어 고시된 시설을 말한다. 현재 도시계획 시설은 총 54개 유형으로 구성되어 있는데, 이는 토지이용규제와 관련하여 몇 가지 짚어야 할 특성을 갖는다. 우선, 도시계획시설에 대해서는 용도지역제에서 정한 개발밀도와는 별개로 개별시설 단위의 완화된 밀도 규제가 적용되는 경우가 많다. 또한, 54개 세부 도시계획시설의 설치 및 운영 등에 관한 상세한 사항은 개별법을 통해 관리된다. 따라서 국토법의 역할은 대지에 대한 시설의 결정 행위에 그치는 경우가 대부분이다. 따라서 도시계획시설 역시 용도지역제도와 마찬가지로 국토법의 테두리 밖에서 토지이용규제가 이루어지는 경우가 상당하다고 볼 수 있다.

결과적으로, 동일한 용도지역이라 할지라도 용도지구 및 구역의 지정 여부, 지구단위계획 등에 의한 인센티브 수혜 여부, 도시계획시설 지정 여부 등에 의해 실제로 적용되는 밀도규제 수준은 상이할 수 있다. 따라서 용도지역 고유의 건축행위 규제 효과를 분석하기 위해서는 이 같은 규제가 개입되지 않은 순수한 용도지역만을 분리할 필요가 있다.

□ 서울시의 용도지역제 및 용적률 인센티브 제도 현황

한국의 경우, 독일이나 프랑스 등과 마찬가지로 국가/연방 용도지역체계(national/federal zoning regulation system)를 채택하고 있다(Hirt, 2012). 따라서 미국이나 호주와 같이 개별 도시 단위의 용도지역 체계를 갖는 것은 제도적으로 허용되지 않는다. 지자체 수준에서 결정할 수 있는 사항은 국가가 정한 범위 내에서 용도지역별 용적률과 건폐율 상한 수준을 조정하여 결정하는 것 정도에 불과하다.

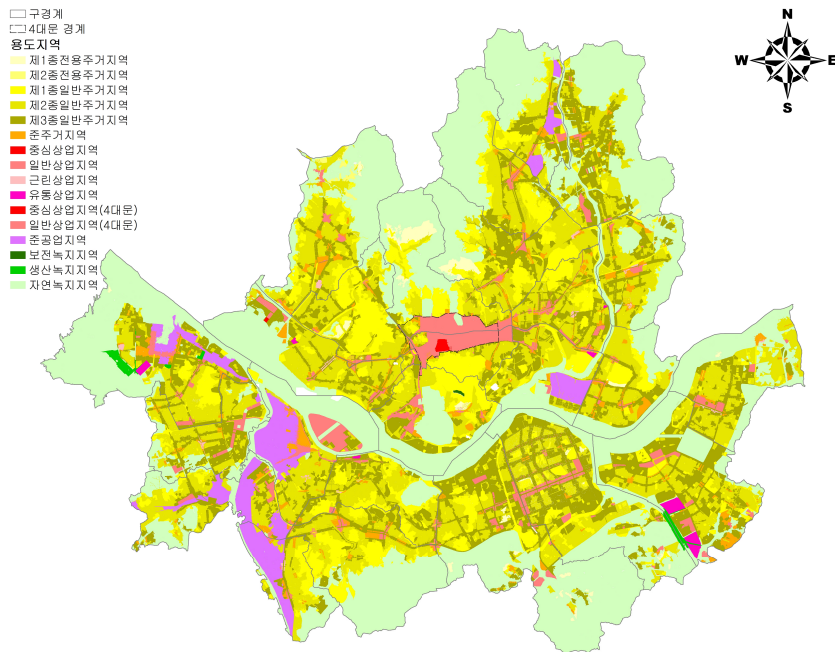
본 연구의 대상인 서울시의 경우는 서울특별시 도시계획 조례 제54조와 55조에 의해 용적률 및 건폐율 규제수준 결정하고 있으며, 4대문 내¹⁸⁾ 상업지역에 대해서는 별도의 용도 규제를 마련하고 있다. 서울시의 경우, 4개 용도지역 대부분 중 도시지역만으로 구

18) '4대문 내'라 함은 퇴계로·다산로·왕산로·울곡로·사직로·의주로를 경계로 하여 그 주변지역을 포함하는 지역으로서, 서울특별시 도시계획 조례 시행규칙 제16조에 의해 결정된 지역을 말한다.

성되어 있으며, 관리지역, 농림지역, 자연환경보전지역은 존재하지 않는다. 국가 및 서울시의 용적률 및 건폐율 상한 기준은 표 2-11, 2-12, 2-13과 같다.

여기서 용적률 및 건폐율 규제수준은 용도별 건물형태에 영향을 미치게 된다. 건폐율 허용 한도가 1종전용주거지역(50%), 2종전용주거지역(40%), 3종일반주거지역(50%)을 제외한 모든 지역에서 60%로 동일한 반면, 용적률 규제 수준은 최대 10배까지 차이가 난다. 따라서 서로 다른 용도지역의 건물형태 차이는 주로 용적률 차이에 의해 결정된다고 볼 수 있다. 반면, 동일한 용도지역 내에서는 용적률을 최대한으로 실현하려는 기제가 나타날 것이므로, 대체로 대지면적과 건폐율에 따라 건물형태가 결정된다. 따라서 용도지역별 건축물 에너지 소비특성을 분석할 시, 용적률과 건폐율이 건물형태에 미치는 이와 같은 영향을 고려할 필요가 있다.

또한, 구체적 용도규제 수준에 따른 영향은 아니지만, 용도지역에 따라 평균적인 대지면적과 건폐면적도 차이를 보이게 된다. 이는 토지에 대한 성격 규정(용도의 지정)에 의해 영향을 받은 것이라 볼 수 있다. 따라서 용도지역에 따른 건축물의 에너지 성능 차이를 분석하기 위해서는 평균적인 대지면적이나 건폐면적 크기도 고려할 필요가 있다.



[그림 2-4] 서울시의 용도지역 지정 현황도
출처: 표 4-1의 자료를 활용해 직접 작성

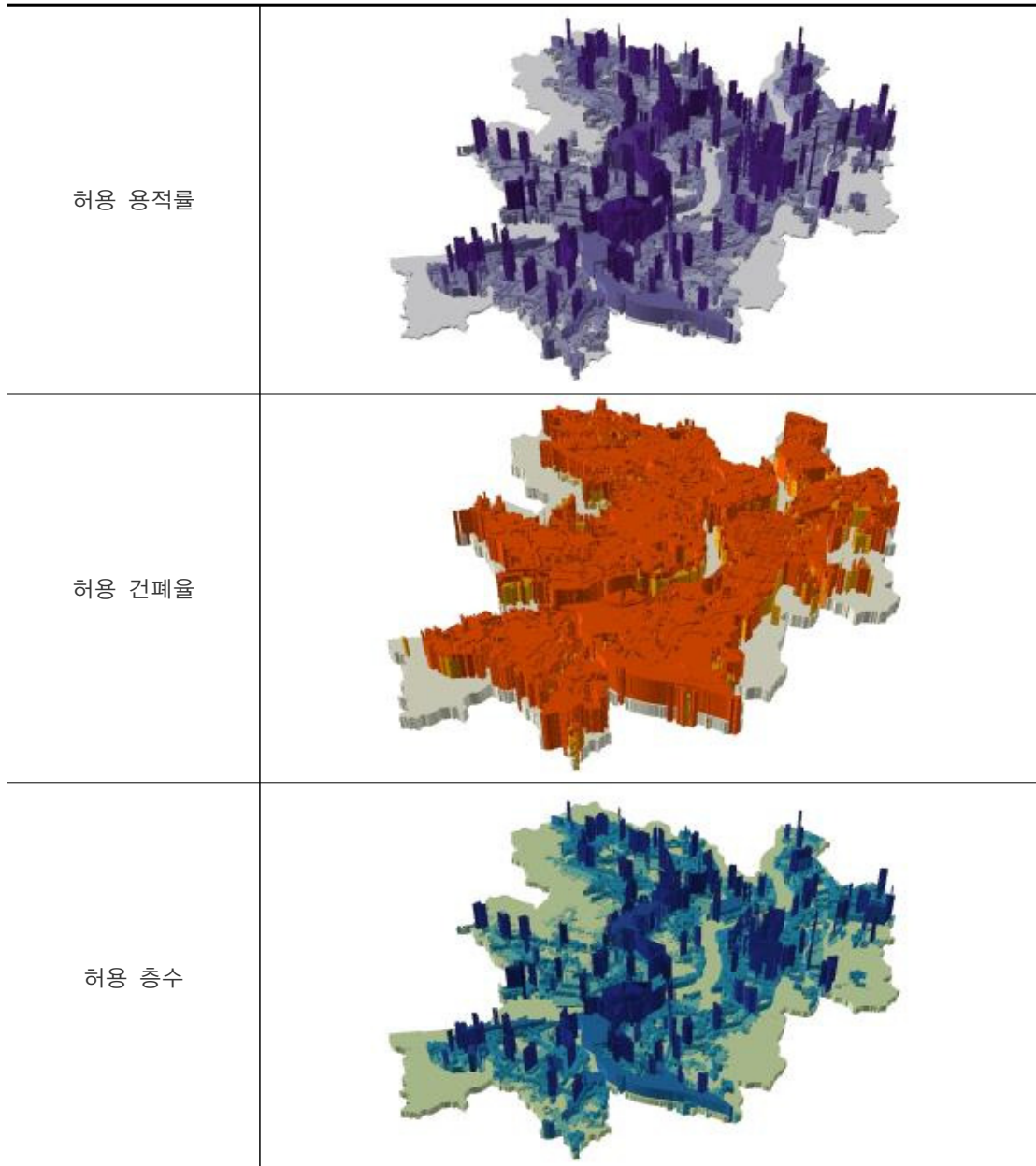
[표 2-11] 국가와 서울시의 용도지역별 허용 용적률(국토법 시행령 제85조, 서울시 도시계획 조례 제55조)

구분	용도지역		허용 용적률		서울	4대문 내
도시 지역	주거 지역	제1종전용주거지역	≤ 500%	50% ≤ x ≤ 100%	≤ 100%	
		제2종전용주거지역		100% ≤ x ≤ 150%	≤ 120%	
		제1종일반주거지역		100% ≤ x ≤ 200%	≤ 150%	
		제2종일반주거지역		150% ≤ x ≤ 250%	≤ 200%	
		제3종일반주거지역		200% ≤ x ≤ 300%	≤ 250%	
		준주거지역		200% ≤ x ≤ 500%	≤ 250%	
	상업 지역	중심상업지역	≤ 1500%	400% ≤ x ≤ 1500%	≤ 1000%	≤ 800%
		일반상업지역		300% ≤ x ≤ 1300%	≤ 800%	≤ 600%
		근린상업지역		200% ≤ x ≤ 900%	≤ 600%	≤ 500%
		유통상업지역		200% ≤ x ≤ 1100%	≤ 600%	≤ 500%
	공업 지역	전용공업지역	≤ 400%	150% ≤ x ≤ 300%	≤ 200%	
		일반공업지역		200% ≤ x ≤ 350%	≤ 200%	
		준공업지역		200% ≤ x ≤ 400%	≤ 400%	
녹지 지역	보전녹지지역	≤ 100%	50% ≤ x ≤ 80%	≤ 50%		
	생산녹지지역		50% ≤ x ≤ 100%	≤ 50%		
	자연녹지지역		50% ≤ x ≤ 100%	≤ 50%		
관리 지역	보전관리지역		≤ 80%	50% ≤ x ≤ 80%	해당 사항 없음	
	생산관리지역		≤ 80%	50% ≤ x ≤ 80%		
	계획관리지역		≤ 100%	50% ≤ x ≤ 100%		
	농림지역		≤ 80%	50% ≤ x ≤ 80%		
	자연환경보전지역		≤ 80%	50% ≤ x ≤ 80%		

[표 2-12] 국가와 서울시의 용도지역별 허용 건폐율(국토법 시행령 제84조, 서울시 도시계획 조례 제54조)

구분	용도지역		허용 건폐율		서울
도시 지역	주거 지역	제1종전용주거지역	≤ 70%	≤ 50%	≤ 50%
		제2종전용주거지역		≤ 50%	≤ 40%
		제1종일반주거지역		≤ 60%	≤ 60%
		제2종일반주거지역		≤ 60%	≤ 60%
		제3종일반주거지역		≤ 50%	≤ 50%
		준주거지역		≤ 70%	≤ 60%
	상업 지역	중심상업지역	≤ 90%	≤ 90%	≤ 60%
		일반상업지역		≤ 80%	≤ 60%
		근린상업지역		≤ 70%	≤ 60%
		유통상업지역		≤ 80%	≤ 60%
	공업 지역	전용공업지역	≤ 70%	≤ 70%	≤ 60%
		일반공업지역		≤ 70%	≤ 60%
		준공업지역		≤ 70%	≤ 60%
녹지 지역	보전녹지지역	≤ 20%	≤ 20%	≤ 20%	
	생산녹지지역		≤ 20%	≤ 20%	
	자연녹지지역		≤ 20%	≤ 20%	
관리 지역	보전관리지역		≤ 20%	≤ 20%	해당사항 없음
	생산관리지역		≤ 20%	≤ 20%	
	계획관리지역		≤ 40%	≤ 40%	
	농림지역		≤ 20%	≤ 20%	
	자연환경보전지역		≤ 20%	≤ 20%	

[표 2-13] 서울시의 허용 용적률, 건폐율, 층수 규제 현황



출처: 표 4-1의 자료를 활용해 직접 작성

서울시의 용도지역 지정 현황을 도식화하면 그림 2-4와 같다. 용도지역이 서로 중첩되지 않고 배타적으로 설정되는 반면, 용도지구 및 구역의 경우 용도지역 또는 타 용도지구 및 구역과 중첩되어 설정될 수 있다. 따라서 용도지역에 별도의 지구 및 구역이 지

정될 경우, 추가적인 행위 규제가 부여된다. 서울시의 경우, 개발진흥지구, 경관지구, 고도지구, 미관지구, 방재지구, 방화지구, 보존지구, 시설보호지구, 취락지구 등이 지정되어 있으며, 다음의 지구에 대해서는 용도지역에 의한 규제 외에 추가적인 규제가 가해진다. 용도지구 지정현황을 고려한 서울시의 개별필지별 건축행위 규제 현황을 도식화하면 표 2-13과 같다.

- 자연경관지구: 건폐율 30% 이하, 건물 높이 3층 이하와 12m 이하
- 최고고도지구: 최고 높이 20m 이하(2014년 4월 이후), 5층 이하와 20m 이하(중전)

한편, 서울시는 공개공지 확보, 우수디자인 아파트, 지속가능형 건축구조 등과 관련하여 다양한 용적률 인센티브 제도를 운영하고 있다. 최근에는 녹색건축물 인증, 에너지 효율등급인증, 신재생에너지 건축물 인증 등 녹색건축물 조성 유도를 위한 인센티브 제도도 운영 중에 있다. 표 2-14, 2-15는 서울시의 용적률 인센티브 조항을 요약한 것이다.

[표 2-14] 서울시의 용적률 인센티브 제도

	공개공지 확보	서울시 우수디자인 아파트	지속가능형 건축구조	
			라멘 구조	완화비율
인센티브	[1+{공개공지 면적-(공개공지 설치 의무 면적, 의무대상이 아닌 경우 대지면적의 5%)/대지면적}×“서울특별시 도시계획조례” 제55조에 따른 용적률	5% 부여	무량판 구조	7%
근거	서울특별시 건축조례 제26조	공동주택 건립관련	용도지역 관리 등 업무처리지침	

[표 2-15] 서울시의 녹색건축물 관련 용적률 인센티브 제도

	친환경 건축			신재생에너지 건축물 인증제도	
	녹색건축 인증제도 및 에너지효율등급 인증제도		친환경 우수		
인센티브	에너지 성능점수 90이상 또는 에너지효율등급 인증 1등급	12% 이하	8% 이하	1등급	완화비율 3% 이하
	에너지 성능점수 80이상 또는 에너지효율등급 인증 2등급	8% 이하	4% 이하	2등급	2% 이하
근거	건축법 시행령 제91조 3항, 건축물 에너지 절약 설계기준 제2조, 15조, 건축법 제42조, 56조, 60조			신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법	

표 2-15와 같이, “녹색건축물 인증제도와 건축물 에너지효율등급 인증제도는 최대 12%, 신재생에너지 이용 건축물 인증제도는 최대 3%까지의 입지규제(용적률, 최대높이, 조정면적) 완화 기준을” 적용하고 있다(김승남, 2014, p.67). 이는 입지규제 완화를 통해 간접적으로 녹색건축물 조성을 유도하는 제도적 장치라고 볼 수 있다(김승남, 2014).

② 성능기반 토지이용규제(환경영향 및 성능 규제)

국내에서는 아직까지 일반적 용도지역제의 형태로 성능기반 용도지역제의 개념을 도입한 사례가 없다. 그러나 특수한 지역이나 대상에 한정하여 이와 유사한 개념이 도입되어 활용되고 있는데, 여기서는 환경영향 및 성능 규제의 형태로 적용되고 있는 국내의 성능기반 토지이용규제 사례를 살펴본다.

□ 환경영향평가

환경영향평가는 생태계 파괴와 환경오염의 심각성이 증대됨에 따라, 사후대책만으로는 근본적인 해결이 어렵다는 인식 하에 각종 개발계획의 추진 단계에서부터 개발에 따른 환경적 외부효과를 미리 예측하고 예방하기 위한 목적으로 도입되었다(유광흠 외, 2010). 이는 크게 전략환경영향평가, 환경영향평가, 소규모 환경영향평가 등으로 구분된다.

먼저, 전략환경영향평가는 환경에 영향을 미치는 상위계획 수립 시 환경보전계획과의 부합 여부를 확인하고 환경적 측면에서 해당 계획의 적정성과 개발 입지의 타당성 등을 검토하는 것을 의미한다(환경부, 2014b; 환경영향평가법 제2조). 환경영향평가는 환경에 영향을 미치는 실시계획·시행계획 등의 허가인가·승인·면허 또는 결정 등을 할 때에 해당 사업이 환경에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 환경에 유해한 영향을 최소화할 수 있는 방안을 마련하는 것을 목적으로 한다(환경영향평가법 제2조). 따라서 이는 개발사업의 부정적 영향을 최소화하는 일종의 계획과정이자 의사결정 지원 수단이라고 할 수 있다. 마지막으로, 소규모 환경영향평가는 환경보전이 필요한 지역이나 계획적인 개발이 필요한 지역에서 개발사업을 시행할 때 입지 타당성과 환경에 미치는 영향을 미리 조사·예측·평가하여 환경보전 방안을 마련하기 위한 제도적 장치다(환경영향평가법 제2조).

환경영향평가는 사업의 특성상 자연환경과 생태계를 훼손할 우려가 크거나, 환경적

으로 민감한 지역에서 시행되거나, 환경 영향이 장기적·복합적으로 발생하여 쉽게 예측이 곤란하거나, 대기 및 수질오염 등 복합적인 환경오염이 발생될 것으로 우려되는 사업을 대상으로 시행되며, 구체적으로는 국가, 자치단체 등 공공기관 및 민간 사업자가 시행하는 18개 분야를 평가대상 사업으로 하고 있다(정지성, 2013, p.29; 표 2-16). 이처럼 이 제도는 일정단위 이상의 개발사업을 대상으로 하고 있기 때문에, 개별 필지 단위의 건축 행위로부터 발생하는 환경적 영향(온실가스 배출 등)을 관리하는 일반적 토지이용제도로서 활용되는 데에는 한계가 있다.

[표 2-16] 환경영향평가의 대상사업

<ul style="list-style-type: none"> • 도시의 개발사업 • 산업입지 및 산업단지의 조성사업 • 에너지 개발사업 • 항만의 건설사업 • 도로의 건설사업 • 수자원의 개발사업 • 철도(도시철도를 포함)의 건설사업 • 공항의 건설사업 • 하천의 이용 및 개발 사업 • 	<ul style="list-style-type: none"> • 개간 및 공유수면의 매립사업 • 관광단지의 개발사업 • 산지의 개발사업 • 특정 지역의 개발사업 • 체육시설의 설치사업 • 폐기물 처리시설의 설치사업 • 국방·군사 시설의 설치사업 • 토석·모래·자갈·광물 등의 채취사업 • 환경에 영향을 미치는 시설로서 대통령령으로 정하는 시설의 설치사업
---	---

출처: 환경영향평가법 제22조

□ 수도권 공장총량제

수도권 공장총량제는 제조업 등의 과도한 수도권 집중을 억제하기 위하여 정부에서 공장 허용면적의 총량을 정하고, 시군에 1년 단위로 배정하는 제도를 말한다. 수도권 소재 연면적 500㎡ 이상의 공장이 규제에 직접적으로 영향을 받은 대상이 된다(산업집적 활성화 및 공장설립에 관한 법률 제2조). 이 제도는 공장증설로 인한 수도권 인구집중을 억제하기 위한 것으로서, 1994년부터 시작된 수도권정비계획법에 의한 특별 규제라고 할 수 있다. 수도권에 대한 공장총량제도 운영의 법적 근거는 표 2-17과 같다.

공장총량제도는 그 목적이 수도권의 지나친 산업기능 억제에 있다는 점에서 지역균형발전에 긍정적 기여를 한다. 그러나 이 제도는 광역 도시권을 하나의 규제 단위로 설정한 것으로서, 본 연구에서 지향하는 필지 단위 성능기반 용도지역제나 지역별 차등화 규제 정책과는 거리가 있다. 따라서 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제는 용도지역제 본연의 기능과 틀을 유지하면서, 일단의 범위 내에서 융통성을 발휘할 수 있는 공간적

단위를 대상으로 운영될 필요가 있다.

[표 2-17] 수도권 공장총량제의 법적 근거 및 규제 대상

-
- **공장총량제 운영의 법적근거**
 - 국토교통부 장관은 공장이 수도권에 과도하게 집중되지 않도록 하기 위하여 그 신설·증설의 총 허용량을 설정하여 이를 초과하는 신설·증설을 제한할 수 있음
 - **공장총량제 규제대상**
 - 공장에 대한 총량규제는 수도권정비계획법시행령 제3조 제2호에 해당하는 공장건축물의 신축·증축·용도변경 면적을 기준으로 적용함
 - **적용대상이 되는 공장의 범위 및 적용방법**
 - 당해 공장의 건축물 연면적(제조시설로 사용되는 기계·장치를 설치하기 위한 건축물 및 사업장 각층의 바닥면적 합계)이 500㎡ 이상인 공장의 신축·증축·용도 변경 시 공장총량제도에 의한 규제대상이 됨
-

출처: 수도권정비계획법 제18조; 동법 시행령 제21조; 산업집적 활성화 및 공장설립에 관한 법률 제2조

□ 수도권 대기오염물질 총량관리제도(대기오염 총량제)

수도권 대기오염물질 총량관리제도는 수도권의 심각한 대기오염을 개선하기 위하여 대형사업장을 대상으로 총량관리제와 배출권 거래제를 도입한 것으로서, 2003년 12월에 제정된 「수도권 대기환경 개선에 관한 특별법」을 근거로 하고 있다(환경부, 2009, p.8). 이 제도는 대형사업장에 연도별 배출허용 총량을 할당하고, 할당량의 범위 내에서만 오염물질 배출을 허용하는 제도다(환경부, 2009, p.9). 대상 오염물질은 질소산화물, 황산화물, 먼지 등이며, 배출 할당량 초과 시 배출허용량이 삭감되거나 총량초과 부과금이 부과된다(환경부, 2009, p.9). 수도권의 총량을 결정하고 그것을 할당한다는 점에서는 수도권 공장총량제와 유사하나, 전자는 대규모 사업장에 연도별로 할당하는 것이고, 후자는 시군별로 할당한다는 점이 다르다. 총량관리제는 환경적으로 수용 가능한 배출허용총량을 설정하고 이를 규제함으로써, 현행 농도 규제의 한계점을 개선함과 동시에 종합적인 환경부하 관리를 가능케 한다(한국환경공단, N/Ab).

각 사업장의 배출허용 총량을 정하는 기준은 다음과 같다. 우선, 시행 초년은 과거 5년 간의 평균배출량 수준으로 할당하며, 최종년도는 최적방지시설을 설치하였을 경우에 배출되는 수준으로 할당한다(환경부, 2009, p.9)¹⁹⁾. 또한, 중간년도는 초기 및 최종 년도

19) 최적방지시설은 현재 사용되고 있는 대기오염물질 저감 기술 중 저감 효율이 매우 우수한 시설로서 기술·경제적으로 적용 가능한 수준으로 결정한다(환경부, 2009, p.9).

간 선형 비례삭감을 원칙으로 하되 당해 사업장의 오염물질 저감 계획을 고려하여 할당하도록 하고 있다(환경부, 2009, p.10). 이 제도에 참여하고 있는 대상 사업장에 대한 인센티브는 다음과 같다.

- 할당된 배출허용총량 이내로 오염물질을 배출하는 경우, 잔여 배출허용총량의 판매를 허용함(배출권 거래 허용)
- 일부시설의 경우 대기환경보전법보다 20~30% 완화된 배출허용기준을 적용
- 저유황연료 사용의무화 적용 제외
- 대기오염 배출부과금(기본부과금) 면제
- 최적방지시설 설치 시 재정지원 등

출처: 환경부(2009, p.10); 한국환경공단(N/Ab)

대기오염총량제는 사업장을 대상으로 운영되고 있으며 질소산화물, 황산화물, 먼지 등 대기오염 물질의 총량을 규제하고 있다는 점에서, 건축물 단위의 온실가스 배출량을 관리하는 성능기반 용도지역제와 가장 유사한 성격의 제도라 할 수 있다. 그러나 이 제도는 전체 건축물이 아닌 일부 사업장을 대상으로 적용된다는 측면에서, 일반적 성능기반 용도지역제와는 차이가 있다.

□ 온실가스 배출권 거래제도와 목표관리제

배출권 거래제(ETS: Emissions Trading Scheme)는 오염물질 배출에 대한 환경적 책임과 배출 권리를 명확히 하고, 이에 대한 거래를 허용하여 시장원리를 통해 최소한의 비용으로 오염물질 감축을 유도하는 제도다(정종관 외, 2010). 이는 환경기준이나 행정 명령과 같은 직접적인 규제 방식에 의존하지 않고 시장유인 제도(market-incentive mechanism)를 통해 오염물질 배출을 규제한다(이상엽 외, 2012, p.5).

이 제도는 각 국가의 온실가스 감축의무를 자국의 기업이나 산업부문에 할당하고, 이를 달성하지 못할 경우 목표를 초과 달성한 타 기업이나 국가로부터 배출권리를 매입하여 감축의무를 간접적으로 달성할 수 있도록 한다(기획재정부, 2014). 이 제도를 통해 교토의정서에서 지정한 6대 온실가스인 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 과불화탄소, 수소 불화 탄소, 육불화황을 감축한 실적을 유엔 기후변화협약(UNFCCC)에 등록하면 기업들이 감축한 양만큼 탄소배출권(CER: Certificated Emission Reduction)을 받게 된다(정종관 외, 2010). 국내에서는 「온실가스 배출권 할당 및 거래에 관한 법률」에 근거하여 2014년

배출권 거래제 기본계획을 확정하고, 2015년 1월부터 이 제도를 시행할 예정이다.

목표관리제는 정부와 관리업체가 상호협의를 통해 온실가스 배출 및 에너지 소비 목표를 정하고, 정부는 인센티브와 패널티를 통해 목표달성을 유도하며, 관리업체는 목표달성을 위한 이행 계획과 이를 뒷받침하는 관리체계 등을 수립하여 목표를 효율적으로 달성하는 제도를 뜻한다(김승민, 2012). 따라서 온실가스 다배출 및 에너지 다소비 업체를 관리업체로 지정하고, 온실가스 배출량 및 화석에너지 사용량 목표를 부과하여 이행실적에 대한 검증을 통해 인센티브와 패널티를 부과하는 체계로 운영되고 있다(한국화학융합시험연구원, N/A). 관리업체는 매해 조사를 통해 최근 3년 평균 에너지 소비량과 온실가스 배출량이 공표된 기준을 충족하는 사업체를 대상으로 지정된다(에너지관리공단, N/A). 관리업체는 크게 기업(법인) 단위와 사업장 단위로 구분되며, 연차적으로 적용대상을 확대해 나가고 있다(에너지관리공단, N/A). 목표관리제 관리업체 지정 기준 및 지정 현황은 표 2-18과 같다.

[표 2-18] 목표관리제 관리대상 업체 지정 기준

구분	2011.12.31까지		2012.1.1부터		2014.1.1부터	
	업체기준	사업장기준	업체기준	사업장기준	업체기준	사업장기준
온실가스 배출량 (tonCO ₂ eq)	125,000	25,000	87,500	20,000	50,000	15,000
화석에너지 소비량 (tera joules)	500	100	350	90	200	80

출처: 에너지관리공단(N/A); 기획재정부(2004, p.39)

[표 2-19] 2010년 기준 건물부문 목표관리제 지정 현황

건축물 분류	지정 건수	주요 대상
대학교	9	서울대, 고려대 등
판매시설	8	롯데쇼핑, 이마트 등
리조트	6	에버랜드, 강원랜드 등
종합병원	5	삼성의료원, 연세의료원 등
호텔	3	호텔롯데, 워커히 호텔 등
업무시설	2	농수산물 공사 등
공항	2	인천공항, 김포공항
총계	35	

출처: 황유나(2011, p.1)

[표 2-20] 목표관리제와 배출권 거래제도의 비교

구분	목표관리제(직접규제수단)	배출권 거래제(시장유인수단)
감축목표	<ul style="list-style-type: none"> • 국가 감축목표('20년 BAU 대비 30% 감축) • 부문별·업종별 감축목표와의 정합성을 유지하여 목표 설정 -목표관리제와 배출권 거래제의 감축목표설정 방식 동일 	
법적 근거	<ul style="list-style-type: none"> • 녹색성장기본법 	<ul style="list-style-type: none"> • 녹색성장기본법, 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률
규제방식	<ul style="list-style-type: none"> • 직접규제(Command and Control) 	<ul style="list-style-type: none"> • 시장메커니즘 또는 가격기능 (배출권거래시장 연동)
기간	<ul style="list-style-type: none"> • 단년도 	<ul style="list-style-type: none"> • 다년도(3~5개년) -1, 2차 계획기간: 3년, 이후 5년
참여 대상	<ul style="list-style-type: none"> • 연차별 관리대상업체 기준 설정 	<ul style="list-style-type: none"> • 125,000tCO₂/y 이상 배출 기업 • 25,000tCO₂/y 이상 배출 사업장
목표달성 방법	<ul style="list-style-type: none"> • 사업장 내 감축 	<ul style="list-style-type: none"> • 감축 + 배출권 구매 + 상쇄
초과 감축	<ul style="list-style-type: none"> • 인센티브 無 (목표 달성으로 종료) 	<ul style="list-style-type: none"> • 판매 또는 이월 가능

출처: 이철용·강승진(2010); 이상엽 외(2012); 한국기후변화대응연구센터(2012); 한국섬유산업연합회(2012)를 참고하여 재정리

온실가스 배출권 거래제도와 목표관리제는 관리 대상이 되는 물질의 유형만 다를 뿐, 앞서 설명한 대기오염 총량제와 유사한 특성을 갖는다. 다만, 두 제도는 실행적인 측면에서는 표 2-20과 같은 차이를 보인다. 기획재정부(2014)에 따르면 기 추진 중인 목표관리제 대상 업체를 중심으로 2015년부터 배출권 거래제를 단계적으로 도입하며, 배출권 거래제 참여 업체에 대해서는 더 이상 목표관리제를 적용하지 않는 것으로 예정되어 있다. 즉, 장기적으로 두 제도는 배출권 거래제도 체제로 통합될 것으로 보인다.

여기서 주목해야할 점은 온실가스 배출권 거래제는 사업체 단위로 적용되고 있으며, 목표관리제는 일정 규모 이상의 건축물만을 대상으로 하고 있기 때문에, 아직까지 전체 건축물을 대상으로 온실가스 배출량을 관리하는 제도는 존재하지 않는다는 사실이다. 현재는 사업체 단위로 배출권 거래제가 시행될 예정이나, 건축물 단위로도 시행되고 있는 목표관리제와의 통합이 예정되어 있기 때문에 장기적으로는 배출권 거래제 역시 건축물 단위의 적용이 불가피할 것으로 보인다. 현실적으로도 배출권 거래제의 효과를 극대화하기 위해서는 적용 대상을 전체 건물(또는 필지)로 확대할 필요가 있으며(김승남, 2014), 이는 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제의 원활한 시행을 위해서도 반드시 필요하다. 아직까지 개별 건물이나 필지 단위로 배출권 거래제가 도입된 국가는 많지 않으나, 국가건물에너지통합관리시스템이 안정화 단계에 접어들 경우, 이를 바탕으로 전체 건물을 대상으로 이 제도를 확대해 나갈 수 있을 것으로 예상된다(김승남, 2014, p.68).

이와 별개로 3장 4절에서는 미국, 영국, 일본 등 주요 선진국의 온실가스 배출권 거래제 운영현황을 살펴본다.

□ 입지규제 최소지구

현행 용도지역제는 토지를 주거, 상업, 공업지역 등의 기능으로 구분하고 허용 건축 용도와 밀도를 획일적으로 적용함에 따라 융·복합적 토지이용과 다양하고 창의적인 공간 조성에 있어 한계를 보인다. 이에 도심 내 쇠퇴한 주거지역, 역세권 등 새로운 기능을 도입할 필요가 있는 거점지역을 주거·상업·문화 기능이 복합된 지역으로 개발하기 위해 ‘입지규제 최소지구’가 도입될 예정이다(2014년 법개정, 2015년 지구지정; 국토교통부, 2014).

이 제도에 의해 지구로 지정될 경우, 기존의 획일적 입지규제에서 벗어나 건축물 층수(높이), 용적률, 기반시설 설치기준 등을 완화 또는 배제할 수 있다(국토교통부, 2014). 본래 이 제도는 도심 내 쇠퇴 지역을 복합용도 지역으로 개발하기 위한 목적으로 도입될 예정이었으나(국토교통부, 2014), 지구 지정을 조건으로 해당 지구 내 신축건물의 에너지 성능기준을 패시브 건축 수준까지 조기 강화하거나 기존건물의 그린리모델링 시행을 의무화함으로써 녹색건축물 조성을 유도하는 정책으로도 활용될 수 있다(김승남, 2014). 실제로 제1차 녹색건축물 기본계획에서는 입지규제 최소지구와 연계한 녹색건축 정책을 제안하고 있다(국토교통부, 2013b).

이 제도는 모든 토지에 일반적으로 적용되는 ‘용도지역’과 연계하여 적용되는 것은 아니지만, 앞서 언급한 다섯 가지 제도 중 성능기반 용도지역제의 개념을 현행 용도지역 지구제도(이 경우, ‘용도지구’)와 연계하여 도입한 유일한 사례다. 즉, 이는 국내 제도 중 가장 진보적인 형태의 성능기반 토지이용규제라 할 수 있다. 따라서 성능기반 용도지역제의 도입에 앞서 입지규제 최소지구와 같이 용도지구 수준에서 온실가스 배출량 성능기준을 채택해 시범적으로 운영해보는 방법을 고려할 수 있다.

③ 국내 제도의 한계 및 개선방향

□ 국내 토지이용제도(용도지역제도)의 한계 및 개선방향

포괄적 용도지역제와 지구단위계획이라는 강력한 도구를 가진 국내 토지이용제도는 용도혼합 측면에서만큼은 상당한 수준의 유연성을 보여준다. 그러나 도시계획의 비가역적 특성으로 인해 변화하는 사회적 흐름에 유연하게 대처하는 능력은 상대적으로 부족하다. 즉, 용도지역제 운영의 근간이 되는 도시군관리계획의 결정 및 변경 절차가 매우 까다롭기 때문에, 지정 당시에는 매우 합리적이고 유연한 결정이었을지라도 시간이 흐른 후에는 그렇지 않은 경우가 얼마든지 나타날 수 있다. 또한, 한국은 국가 용도지역제도를 채택하고 있어, 지역 단위에서 제도를 조정하여 운영할 수 있는 여지가 매우 작다. 이러한 측면도 기존 용도지역제도가 새로운 변화에 기민하게 대응하지 못하게 된 한 원인이다. 이러한 근본적 한계로 인해 야기되는 문제는 매우 다양하겠지만, 본 연구에서는 ‘온실가스 감축’이라는 전 지구적 흐름에 효과적으로 대응할 수 없다는 점에 주목한다.

실제로 해외 선진국에서 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축을 위해 토지이용제도를 적극 활용하고 있는 것에 반해, 국내 토지이용제도 체계 내에서는 이를 위한 규제 및 유도 수단이 매우 부족하다²⁰⁾. 거의 유일하게 적용되고 있는 제도라 할 수 있는 인증 건축물에 대한 용적률 인센티브 제도도 시행에 있어 많은 한계점을 드러내고 있다. 건축법 인센티브 근거를 마련해 두고 있는 반면, 국토법 상에서는 법정 허용 용적률을 초과하여 용적률을 부여할 수 있는 특례 조항이 마련되어 있지 않아 용적률 인센티브의 집행이 원활히 이루어지지 못하고 있기 때문이다(김승남, 2014)²¹⁾.

물론, 토지이용규제의 최우선 목표가 온실가스 감축이라고 볼 수는 없다. 그러나 온실가스 감축이 세계적 추세이자 주요 국정과제인 현 상황을 고려할 때, 토지이용제도 차원의 지원 방안에 대한 논의가 시작되어야 할 시기임은 분명하다. 이러한 측면에서, 성능 기반 용도지역제도와 같이 기존 토지이용제도의 맹점을 보완함과 동시에 더욱 고차원의 목표를 실현할 수 있는 제도의 도입을 고려할 필요가 있다.

20) 3장에서 해외 사례를 중심으로 사례연구를 진행한 것도 이 때문이다.

21) 지자체 조례에 의한 허용 용적률 이상으로는 가능하나 법정 최대 허용 용적률을 초과할 수 없다. 그런데 “공개공지 공급 등 다른 조항에 의해 획득한 인센티브만으로도 법정 허용 용적률을 확보할 수 있어, 상대적으로 비용이 높고 절차가 복잡한 건축물 인증제도의 선호가 낮은 상황이다”(김승남, 2014, p.68). 즉, 건축물 인증제도에 의한 용적률 인센티브의 효용가치와 실효성이 크지 않다고 볼 수 있다.

□ 국내 성능기반 토지이용제도의 한계 및 개선방향

앞서 설명했듯이, 국내에서도 이미 일반적 토지이용제도의 한계를 보완하기 위해 다양한 유형의 성능기반 토지이용제도가 도입되어 운영 중에 있다. 그러나 본 연구의 관심사인 온실가스 배출량을 대상으로 하여 일반적 용도지역제의 형태로 운영되고 있는 제도는 아직 시도된 바가 없다. 또한, 환경오염 저감을 목표로 이와 유사한 제도가 운영 중에 있으나, 이들 제도는 다음과 같은 한계를 지니고 있다.

우선, 공장총량제는 특정 지역의 산업기능 총량을 규제하는 것으로서, 규제의 단위가 도시계획제도에서 가장 미시적인 단위라 할 수 있는 필지단위 접근과는 상당한 차이를 보인다. 이 경우, 지역이나 지구 특성에 따른 차등화된 규제가 애초에 불가능해진다. 즉, 토지이용을 미세하게 조정하거나 관리하는 기능은 거의 없다고 볼 수 있다.

환경영향평가와 대기오염총량제는 일정규모 이상의 개발 사업이나 사업체만을 대상으로 한다는 점에서, 개별 필지 또는 건축물 단위에서 발생하는 에너지 소비와 온실가스 배출을 관리하는 '일반적' 토지이용제도로서는 한계가 있다.

온실가스 배출권 거래제도와 목표관리제는 건축물(또는 사업체)의 온실가스 배출량을 관리한다는 측면에서 본 연구에서 지향하는 바와 유사한 측면이 있다. 그러나 이 제도는 관리 대상의 유형만 동일할 뿐, 적용 범위와 적용 단위 측면에서 앞서 설명한 대기오염총량제와 유사한 한계를 보인다. 또한, 온실가스 배출권 거래제는 온실가스 배출량을 관리하는 토지이용 규제 수단이라기보다는 이러한 제도가 원활히 운영될 수 있도록 지원하는 제도에 가깝다고 볼 수 있다.

입지규제 최소지구는 성능기반 용도지역제의 개념을 현행 용도지역지구제와 연계하여 도입한 유일한 제도라 할 수 있다. 그러나 이 제도 역시 일반적 토지 전체를 대상으로 운영되는 제도는 아니며, 제도의 취지 자체가 용도복합을 통한 도심재생을 목표로 하고 있어 온실가스 감축목표 달성을 위한 토지이용제도로서는 한계가 있다.

이처럼 기존의 성능기반 토지이용 제도는 적용 대상이나 범위 측면에서 다양한 한계를 지니고 있으며, 아직까지 일반적인 용도지역제의 형태로 온실가스 배출량 관리 제도가 적용된 적은 없는 것으로 파악되고 있다. 따라서 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능 규제는 지역 단위의 총량 규제나 일부 사업체에 대한 개별 규제에 머물러서는 안 되며,

모든 토지에 대해 필지단위로 적용되는 일반적 규제의 형태가 되어야 한다. 또한, 이 제도에 의한 토지이용 성능규제는 토지가 갖는 고유의 특성을 반영해 차별적으로 적용될 필요가 있다. 따라서 이 규제는 기존의 용도지역제도의 틀 내에서 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 도입하는 형태로 적용되는 것이 바람직하다. 이를 위해서는 기존의 용도지역별 온실가스 배출 현황에 대한 실증분석이 선행될 필요가 있다(본 보고서의 4장 참고).

한편으로는 온실가스 배출량 기반의 용도지역제를 시행함에 있어, 그 운영 수단으로서 인센티브 제도나 배출권 거래제의 도입 및 활성화가 요구된다. 성능기준을 달성한 필지에 대한 인센티브(건축행위제한 완화) 제도와 달성하지 못한 필지에 대한 페널티 제도에 대한 연구가 필요하다. 또한, 이러한 제도의 효과적 운영을 위해서는 온실가스 배출권 거래제가 필지 단위로 확대, 적용될 필요가 있다.

마지막으로, 개발권 이양제도(TDR)의 도입 논의가 기존과는 다소 다른 관점에서 재검토될 필요가 있다. 현재 각종 건축 인중에 대해 부여되고 있는 용적률 인센티브가 온실가스 배출 성능기준에 따라 일반적으로 확대될 경우, 온실가스 배출권 거래제도가 시행되는 2015년 이후부터는 온실가스 배출량 기반의 개발권 이양제도가 반드시 필요한 환경이 마련된다. 이는 배출권 거래제에 의해 온실가스 배출량이 자유롭게 거래될 수 있으며, 동시에 용적률 인센티브 제도에 의해 온실가스 배출량이 개발권을 의미하는 용적률과 치환될 수 있기 때문이다. 개발권 이양제도는 그동안 경직된 토지이용제도와 여러 가지 사회·경제·정치적 여건 상 국내 도입이 불가능한 제도였으나, 개발권(용적률)과 동일한 의미를 갖는 온실가스 배출권 거래가 시작되면 이에 대한 도입 논의도 반드시 뒤따라 이루어져야 할 것이다. 토지이용의 유연성이 크게 확대되는 성능기반 용도지역제가 도입될 경우, 온실가스를 매개로 이 제도의 실현가능성이 크게 높아질 것이라 판단된다.

3. 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토

4장 3절의 이론적 온실가스 감축률 분석을 위해서는 현재의 제도적·기술적 여건 하에서 가능한 녹색건축의 에너지 및 온실가스 감축성능 수준을 파악할 필요가 있다. 이를 위해 본 절에서는 기존 연구결과, 실측 조사결과, 인증제도의 평가 기준 등을 종합적으로 검토함으로써, 녹색건축물의 온실가스 감축성능을 예측한다. 연구결과의 신뢰성 제고를 위해 아래와 같은 다섯 가지 접근 방식을 종합적으로 검토했다.

- 개별 에너지 절감 기술(기법)의 효과
- 에너지 절감 기술(기법)의 조합에 따른 효과
- 건축물에너지효율등급 인증제도의 에너지 성능 평가기준(표준건축물 대비 1+++ 등급 건축물의 에너지 성능 요구수준)
- 국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과
- 신재생에너지 생산을 통한 건축물 에너지 대체 효과

1) 개별 에너지 절감 기술(기법)의 효과

우선, 개별 에너지 절감 기술과 계획기법의 에너지 절감효과를 살펴보기 위해 관련 연구결과를 검토했다. 조항문 외(2009)는 단열 강화, 벽면 및 옥상 녹화, 창호 개선, 개별 온도제어, 공조 및 환기시스템 용량 최적화, 에너지관리시스템 구축 등 다양한 설비기술 및 계획기법의 에너지 절감률을 계산했으며, 그 결과 건축물 벽면의 단열 성능 개선의 에너지 절감효과가 20~25%로 가장 큰 것으로 나타났다. 에너지관리시스템(BEMS: Building Energy Management System)이나 개별 온도제어 장치의 효과가 10~20%로 다음으로 높게 나타났으며, 공조 및 환기시스템 최적화, 창호개선, 벽면 및 옥상 녹화, 지붕 단열재 개선 등의 효과는 10% 미만인 것으로 나타났다. 특히, 녹화의 효과가 가장 낮은 것으로 나타났는데, 건축물의 옥상이나 벽면이 태양광발전 패널을 설치할 수 있는 공간으로 활용될 수 있다는 점을 고려하면, 에너지 절감 기법으로서의 이들 기법의 효용이 크지 않음을 알 수 있다.

[표 2-21] 건축물 에너지 절감 기술(기법)별 에너지 절감률 1

에너지 절감 기술 및 기법		에너지 절감률(%)	
단열 강화	벽 단열	단열재 50mm	20.6
		단열재 100mm	24.8
	지붕 단열	단열재 50mm	4.1
		단열재 100mm	5.4
녹화	옥상녹화	1.2	
	벽면녹화	2.3	
창호	창문 효율개선	복층유리	4.3
		로이유리	5.7
		삼중유리	6.5
	창틀 단열강화 및 기밀성 개선	목재창틀	2.2
단열창틀		2.6	
공조 및 환기시스템의 용량 최적화	중·소규모 업무용 건물	6.7	
	대형 업무용 건물	3.0	
개별 온도제어		10~20(난방에너지 절감)	
에너지관리시스템(BEMS) 구축		11.4	

출처: 조항문 외(2009)의 연구결과를 요약 정리함

[표 2-22] 건축물 에너지 절감 기술(기법)별 에너지 절감률 2

에너지 절감 기술 및 기법		에너지 절감률 (%)
저방사 유리창	판유리 대비 저방사 복층유리	32
	복층유리 대비 저방사 복층유리	6
복사 냉난방 시스템		11
이중외피		31~39%(냉방 부하), 30~70%(태양열 차단)
자연광조절 채광법		84% 이상(조명 에너지)
패시브 건축		최대 90%(난방 에너지), 50% 이상(냉방 에너지)

출처: 안건혁 외(2010)의 조사결과를 요약 정리함

안건혁 외(2010)는 문헌 연구를 통해 복사 냉난방 시스템, 이중외피, 저방사 유리창, 자연광조절 채광법, 패시브 건축 등 국내외에서 상용화된 43개 에너지 절감 기술 및 계획기법의 에너지 절감 효과를 종합, 정리했다. 연구 결과, 저방사 유리창과 복사 냉난방 시스템을 통해 6~32%의 에너지를 절감할 수 있으며, 이중외피, 자연광조절 채광법, 패시브 건축 등도 냉난방 및 조명에너지 절감효과가 있는 것으로 확인되었다.

그러나 이러한 효과는 연구자, 연구시점, 구체적인 실험 조건 등에 따라 달라질 수 있기 때문에, 이를 일반화된 결과로 받아드리기에는 한계가 있다. 또한, 각 개별 요소의 절감 효과만으로 건축물 전체의 에너지 절감 효과를 예측하는 것은 한계가 있으므로, 보다 종합적인 접근 방식을 적용한 연구에 대한 검토가 필요하다.

2) 에너지 절감 기술(기법)의 조합에 따른 효과

정창헌 외(2009)는 각종 에너지 절감 기술 및 계획기법의 조합에 따른 에너지 절감 효과를 파악하기 위해, ‘30평형 기준, 남측 창면적비 40%, 북측 창면적비 25%, 바닥면적 117m², 냉난방 설정온도 20~26℃’의 기준주택을 대상으로 시뮬레이션 분석을 수행했다. 분석 결과, 단열성능을 유럽의 패시브건축 수준까지 향상시킬 경우 냉난방 에너지의 46%를 절약할 수 있으며, 냉난방기에 열회수형 환기장치를 추가로 설치해 상시 가동할 경우 그 효과는 87%까지 증가하는 것으로 나타났다. 건축물의 전체 에너지 소비 중 냉난방 에너지 소비가 차지하는 비중이 약 54.6%이므로(에너지경제연구원, 2005), 이 값을 활용해 상기한 에너지 절감효과를 전체 건축물 에너지 기준으로 환산하면, 패시브건축 및 ‘패시브건축+열회수형환기장치’의 에너지 절감효과가 각각 25.1%와 47.5% 정도임을 알 수 있다.

조항문 외(2009)는 앞서 표 2-21에서 제시한 다양한 에너지 절감 기술을 조합했을 시의 효과를 다섯 유형의 조합 시나리오와 세 가지 주택 유형으로 나누어 분석했다. 분석 결과, 다세대주택, 공동주택, 단독주택의 순으로 에너지 절감률이 높게 나타났으며, 요소 기술의 조합 측면에서는 벽면과 창호만 교체하는 기본 조합에 비해 지붕, 보일러, 현관문까지 교체하는 조합이 50% 내외 더 높은 효과를 보였다. 종합적으로, 다섯 가지 요소기술의 조합을 통해, 주택 유형에 따라서 20~50% 정도의 에너지가 절감될 수 있는 것으로 나타났다.

[표 2-23] 시나리오별 건축물 에너지 절감률 (%)

시나리오	공동주택	단독주택	다세대주택
벽면+창호	24.1	15.1	30.2
벽면+창호+현관문교체	29.7	17.1	39.2
벽면+창호+지붕	24.8	17.2	33.5
벽면+창호+보일러	33.3	16.8	38.6
벽면+창호+지붕+보일러+현관문교체	39.6	20.9	51.0

출처: 조항문 외(2009, p.122)

조상규이진민(2010)은 ‘친환경주택의 건설기준 및 성능’에서 제시하고 있는 기준주택 평면에 저탄소 계획 및 설계기법을 적용했을 경우의 온실가스 감축 수준을 분석했다. 그 결과, 역송전을 통한 감축을 제외할 경우 용적률 150%의 공동주택에서 최대 71.8%까지 온실가스 감축이 가능한 것으로 나타났다. 이처럼 연구 대상이나 세부 실험조건에 따라 에너지 및 온실가스 감축률이 20~70%까지 매우 다양하게 나타나고 있다.

**3) 건축물에너지효율등급 인증제도의 에너지 성능 평가기준:
표준건축물 대비 1+++ 등급 건축물의 에너지 성능 요구수준**

□ 표준 건축물의 에너지 소비 원단위 가정(2009년 기준)

건축물에너지효율등급 인증제도에서 가장 높은 등급(1+++)을 받은 건축물과 일반적 인 건축물의 에너지 성능을 비교하기 위해, 다음의 두 가지 방법을 통해 표준 건축물의 에너지 원단위를 산출했다. 이때 표준 건축물 가정을 위한 기준시점은 2009년으로 한다. 이는 건물부문 국가 온실가스 감축목표가 2009년을 기준 시점으로 하여 도출된 값이기 때문이다²²⁾. 두 방법의 개요를 설명하면 다음과 같다.

- 방법 1: 주거용 표준 건축물은 「친환경주택의 건설기준 및 성능(2009)」에 제시된 기준 주택 평면을 적용해 전용면적이 85m²인 기준주택의 온실가스 배출량을 산정한 조상규 이진민(2010)의 연구결과를 준용하며, 비주거용 표준 건축물은 주거용 표준 건축물의 연면적당 온실가스 배출량 산정 값에 비주거용과 주거용의 2007년 기준 연면적당 온실 가스 배출량 예측치 비율을 곱해 간략 추정함(오성훈 외, 2013; 김승남·오성훈, 2014). 단, 이 방법의 경우, 2008년을 기준 시점으로 함
- 방법 2: 국가에서 제시한 2007년과 2020년 온실가스 배출량 및 예측치(BAU)²³⁾에 선 형 보간법을 적용해 2009년 기준 전체 건축물의 단위면적당 온실가스 배출량을 추정함
- 공통 사항: 에너지 소비량은 탄소배출량 추정치에 2009년 기준 tonCO₂e당 에너지소 비량 환산계수를 곱해 산정함(0.270TOE/tonCO₂e). 이 환산계수는 2009년 건물부문의 총 에너지 소비량과 총 온실가스 배출량 추정치를 활용해 산정한 값임

위의 두 방법을 활용해 산출한 표준 건축물의 단위 면적당 온실가스 배출 및 에너지 소비 원단위는 표 2-24와 같다. 분석 결과, 첫 번째 방법을 활용해 도출된 값이 두 번째 방법을 활용해 도출된 값에 비해 20% 가량 크게 나타났으나, 전반적으로 두 방법의 차가 크지 않아 어느 정도의 타당성이 인정된다고 판단된다.

[표 2-24] 표준 건축물의 단위 면적당 온실가스 배출 및 에너지 소비 원단위

구분		주거	비주거
방법 1 (시점 2008년)	단위면적당 연간 온실가스 배출량(kgCO ₂ /m ²)	55,410	94,623
	단위면적당 연간 에너지 소비량(kgOE/m ²)	14,947	25,525
방법 2 (시점 2009년)	단위면적당 연간 온실가스 배출량(kgCO ₂ /m ²)	43,860	75,232
	단위면적당 연간 에너지 소비량(kgOE/m ²)	11,831	20,294

22) 즉, 2020년까지 BAU 대비 26.9%를 감축해야한다는 목표는 2009년 시점에서 추정한 BAU 대비 감축률을 의미한다.

23) 온실가스종합정보센터 외 6개 부처(2011)를 통해 발표된 값을 의미한다.

□ 건축물에너지효율등급 인증제도의 에너지효율 인증기준

[표 2-25] 건축물에너지효율등급 인증제도의 건축물 용도별 에너지효율 인증기준

인증 등급	주거용 건축물의 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 기준(kWh/m ² ·년)	비주거용 건축물의 연간 단위면적당 1차 에너지 소요량 기준(kWh/m ² ·년)
1+++ 등급	60 미만	80 미만
1++ 등급	60 이상 90 미만	80 이상 140 미만
1+ 등급	90 이상 120 미만	140 이상 200 미만
1등급	120 이상 150 미만	200 이상 260 미만
2등급	150 이상 190 미만	260 이상 320 미만
3등급	190 이상 230 미만	320 이상 380 미만
4등급	230 이상 270 미만	380 이상 450 미만
5등급	270 이상 320 미만	450 이상 520 미만
6등급	320 이상 370 미만	520 이상 610 미만
7등급	370 이상 420 미만	610 이상 700 미만

주: *단독주택 및 공동주택(기숙사 제외); **주거용 건축물을 제외한 모든 건축물

출처: 건축물에너지효율등급 인증에 관한 규칙

건축물에너지효율등급 인증제도는 「녹색건축물 조성 지원법」 제17조 제4항 및 동법 시행령 제12조 제1항과 「건축물에너지효율등급 인증에 관한 규칙」에 의거하여 시행되는 제도로서, 인증 대상의 범위, 인증기준 및 절차, 인증 유효기간, 수수료, 인증기관 및 운영기관의 지정 기준, 절차 및 업무범위 등에 관한 사항과 그 시행에 필요한 사항을 규정하고 있다. 현재 이 제도는 신축과 기존, 주거용과 비주거용 건축물에 대해 모두 적용 가능하며, 건축물의 설계 단계와 시공 단계에서 각각 예비인증과 본인증을 획득하는 것으로 되어 있다. 인증 등급은 1+++에서 7등급까지 총 10개 등급으로 나뉘져 있으며, 이외의 등급을 받은 건축물은 ‘등외’로 표기된다. 등급 산정 기준이 되는 1차 에너지 소요량은 용도별 보정계수를 반영해 산정되며, 건물용도별인증등급별 요구 기준은 표 2-25와 같다.

표준 건축물의 에너지 원단위와 건축물에너지효율등급 제도의 에너지 성능 개선 요구 수준을 비교하기 위해, 1차 에너지 환산계수(국토교통부, 2013a)와 부록 1에 제시한 석유환산톤 환산 계수를 활용하여 표 2-25에서 제시한 인증등급별 단위면적당 건축물 에너지 소비량 기준을 표준 건축물의 에너지 원단위와 동일한 kgOE 단위로 환산했다(표 2-26의 B). 그러나 건축물에너지효율등급 인증제도의 1차 에너지 소비량은 건축물의 총 에너지 소비량이 아닌 난방, 냉방, 조명, 급탕, 환기 등 주요 5개 부문의 소비량을 기준으로 산정한 것이므로, 이 결과를 건축물의 전체 에너지 소비량으로 환산할 필요가 있다.

2010년 에너지 총조사 보고서(에너지경제연구원, 2012)에 의하면 주요 5개 부문의 에너지 소비량 분담률은 약 79.248% 수준이다. 따라서 건축에 대한 에너지 소비량 기준은 앞서 산정한 값에 비해 '1/0.79'배 가량 더 큰 값으로 산정된다(표 2-26의 C).

[표 2-26] 건축물에너지효율등급 인증제도의 인증등급별 단위면적당 에너지 소비량 기준

인증 등급	신축·기존 주거용			신축·기존 비주거용		
	kWh/m ² ·년(A)	kgOE/m ² ·년(B)	kgOE/m ² ·년(C)	kWh/m ² ·년(A)	kgOE/m ² ·년(B)	kgOE/m ² ·년(C)
1+++	60 미만	5.018 미만	6.332 미만	80 미만	6.691 미만	8.443 미만
1++	90 미만	7.527 미만	9.498 미만	140 미만	11.709 미만	14.775 미만
1+	120 미만	10.036 미만	12.665 미만	200 미만	16.727 미만	21.108 미만
1	150 미만	12.545 미만	15.831 미만	260 미만	21.745 미만	27.440 미만
2	190 미만	15.891 미만	20.052 미만	320 미만	26.764 미만	33.772 미만
3	230 미만	19.236 미만	24.274 미만	380 미만	31.782 미만	40.104 미만
4	270 미만	22.582 미만	28.495 미만	450 미만	37.636 미만	47.492 미만
5	320 미만	26.764 미만	33.772 미만	520 미만	43.491 미만	54.880 미만
6	370 미만	30.946 미만	39.049 미만	610 미만	51.018 미만	64.378 미만
7	420 미만	35.127 미만	44.326 미만	700 미만	58.545 미만	73.876 미만

- A: 건축물에너지효율등급 인증제도의 등급별 단위면적당 건축물 1차 에너지 소비량 기준
 B: 1차 에너지 소비량을 최종에너지 소비량 kgOE 단위로 환산한 값(주요 5개 부문)
 · 전력의 1차 에너지 환산계수 2.75와 전력 공급의 석유환산톤 환산 계수 0.230 적용
 · B=A/2.75×0.230
 C: B를 전체 건축물 에너지 소비량 기준으로 환산한 값
 · C=B×1/0.79248

[표 2-27] 건축물에너지효율등급 인증제도의 인증등급별 단위면적당 온실가스 배출량 기준

인증 등급	신축·기존 주거용		신축·기존 비주거용	
	kWh/m ² ·년 (A)	kgCO ₂ /m ² ·년 (D)	kWh/m ² ·년 (A)	kgCO ₂ /m ² ·년 (D)
1+++	60 미만	23.453 미만	80 미만	31.270 미만
1++	90 미만	35.179 미만	140 미만	54.723 미만
1+	120 미만	46.906 미만	200 미만	78.176 미만
1	150 미만	58.632 미만	260 미만	101.629 미만
2	190 미만	74.267 미만	320 미만	125.081 미만
3	230 미만	89.902 미만	380 미만	148.534 미만
4	270 미만	105.538 미만	450 미만	175.896 미만
5	320 미만	125.081 미만	520 미만	203.257 미만
6	370 미만	144.625 미만	610 미만	238.437 미만
7	420 미만	164.169 미만	700 미만	273.616 미만

- A: 건축물에너지효율등급 인증제도의 등급별 단위면적당 건축물 1차 에너지 소비량 기준
 D: 1차 에너지 소요량을 온실가스 배출량(kgCO₂ 단위)으로 환산한 값
 · tonCO₂eq당 에너지소비량 환산계수(0.270 TOE/tonCO₂eq) 적용
 · D=C/0.270

표 2-26에서 산정한 단위면적당 최종에너지 소비량 기준을 온실가스 배출량 기준으로 환산하기 위해, (C)에 표준 건축물 에너지 원단위 산출 과정에서 적용한 온실가스-에너지소비량 환산계수를 곱하면 표 2-27의 (D)와 같은 결과가 도출된다.

□ 표준건축물 대비 1+++ 등급 건축물의 에너지 성능 요구수준

최종적으로, 두 방법을 통해 산출한 표준 건축물의 에너지 및 온실가스 배출 원단위와 1+++ 등급 건축물의 성능을 비교해, 표준 건축물 대비 최고 수준 인증 건축물의 에너지 및 온실가스 감축효과를 산정하면 표 2-28과 같다. 분석 결과, 최고수준인 1+++ 등급을 획득하기 위해서는 주거용 건축물의 경우 표준 건축물 대비 평균 52%, 비주거용 건축물은 평균 63% 정도의 성능을 개선해야하는 것으로 나타났다. 따라서 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축효과 또한 50~60% 수준일 것으로 가정할 수 있다. 이는 에너지 절감률을 기준으로 인증등급을 평가했던 제도 개정 전 최고등급 기준이 40%였음을 감안할 때 합리적인 가정이라 판단된다.

[표 2-28] 1+++ 등급 건축물의 표준 건축물 대비 에너지 및 온실가스 감축효과

	에너지 감축률(%)		온실가스 감축률(%)	
	신축·기존 주거용	신축·기존 비주거용	신축·기존 주거용	신축·기존 비주거용
방법 1	57.635	66.923	57.675	66.953
방법 2	46.477	58.397	46.528	58.435
평균	52.056	62.660	52.102	62.694

4) 국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과

□ 건축물에너지효율등급 및 녹색건축물(친환경건축물) 인증 건축물의 에너지 감축 효과

다음으로 국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과를 살펴보았다. 먼저 국내 인증 건축물의 에너지 감축 효과를 살펴보기 위해, 에너지관리공단(2014)의 건축물에너지효율등급 인증 건축물 정보를 검토했다. 2001년부터 2013년까지의 변화 추세를 살펴보면, 주거용, 비주거용 모두 인증 건수가 점차 증가하고 있음을 알 수 있다(표 2-29 및 2-30). 이는 녹색건축 관련 규제 및 홍보 강화와 민간부문의 인식 개선이 반영된 결과라 볼 수 있다.

[표 2-29] 건축물에너지효율등급 인증 비주거용 건축물 수(건)

	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
예비인증	69	132	92	101	72
본인증	2	34	62	75	34
합계	71	166	154	176	106

출처: 에너지관리공단(2014)의 내용을 수집·정리함

[표 2-30] 건축물에너지효율등급 인증 주거용 건축물 수(건)

	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
예비인증	1	2	6	8	28	14	68
본인증	0	0	0	2	2	2	6
합계	1	2	6	10	30	16	74
	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
예비인증	63	127	83	141	205	360	116
본인증	29	39	63	92	90	105	83
합계	92	166	146	233	295	465	199

출처: 에너지관리공단(2014)의 내용을 수집·정리함

[표 2-31] 건축물에너지효율등급 인증 주거용 건축물의 평균 에너지 절감률(%)

	2001년	2002년	2003년	2004년	2005년	2006년	2007년
예비인증	44.60	35.64	33.15	33.40	28.79	23.82	24.92
본인증	-	-	-	38.47	41.25	31.94	29.51
평균	44.60	35.64	33.15	34.41	29.62	24.84	25.29
	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
예비인증	25.90	28.59	32.73	38.06	38.91	37.16	35.96
본인증	28.01	28.46	28.79	30.87	32.60	36.84	40.61
평균	26.57	28.56	31.03	35.22	36.98	37.09	37.90

출처: 에너지관리공단(2014)의 내용을 수집·정리함

이 중, 인증 건수가 충분한 주거용 건축물만을 대상으로 인증 건축물의 에너지 절감 효과를 살펴보면 표 2-31과 같다. 표에서 볼 수 있듯이, 인증 사례가 적었던 초기에는 편차가 컸으나, 인증이 본격적으로 이루어지기 시작한 2007년 이후로는 점진적으로 에너지 절감률이 증가하며 최근에는 약 40% 정도로 수렴하는 양상을 보이고 있다.

인증건축물의 평균적인 1차 에너지 소비량과 그에 따른 인증 등급을 살펴보면, 표 2-32와 같다. 우선, 2014년 주거용 건축물의 경우 단위면적당 1차 에너지 소비량이 약 157.42kWh/m²로 2등급에 해당하는 것으로 나타났으며, 비주거용의 경우는 2010년 이후 대체로 1등급(220~240kWh/m² 내외)에 해당하는 효율을 보였다.

[표 2-32] 건축물에너지효율등급 인증 건축물의 단위면적당 평균 1차 에너지 소요량 및 해당 등급

		주거용 건축물	비주거용 건축물				
		2014년	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
단위면적당 1차 에너지 소비량 (kWh/m ² ·년)	예비인증	156.67	261.16	240.94	232.01	223.26	220.73
	본인증	198.80	265.50	240.60	229.88	237.18	222.24
	평균	157.42	261.28	240.87	231.15	229.19	221.21
해당 등급		2 등급	2등급	1등급	1등급	1등급	1등급

출처: 에너지관리공단(2014)의 내용을 활용해 직접 산정

[표 2-33] 건축물 인증 관련 변수의 한계효과와 평균 대비 에너지 및 온실가스 감축 효과

종속 변수 유형	종속 변수 평균값	단위	인증 종류			인증 등급		인증 시기		
			친환경 건축물	에너지 효율등급	복수인증	최우수 (1등급)	우수 (2등급)	04-08년	09-10년	11-12년
전기	35.37	kWh/m ² ·년		-3,8182 (-10.80%)		-5,0956 (-14.41%)				-7,4466 (-21.05%)
도시가스 (개별난방)	6.15	Nm ³ /m ² ·년				-0,9758 (-15.87%)			-0,5825 (-9.47%)	
지역난방 에너지 (지역난방)	0.07	Gcal/m ² ·년					-0,0264 (-37.71%)		-0,0136 (-19.43%)	
이산화탄소 (개별난방)	35.53	kgCO ₂ /m ² ·년								
이산화탄소 (지역난방)	19.37	kgCO ₂ /m ² ·년			-2,2914 (-11.83%)					

주: 괄호 밖의 숫자는 한계효과를 괄호 안의 숫자는 평균 대비 절감효과를 의미

출처: 김승남·유광홍(2014, p.98)

그러나 위에서 제시한 에너지 절감효율은 설계 및 시공단계에서 시행하는 에너지 시뮬레이션 결과로서, 실제 감축효과와는 차이가 있을 수 있다. 이에, 김승남·유광홍(2014)은 건물에너지통합관리시스템의 에너지 소비량 정보를 활용해, 녹색건축물 및 건물에너지 효율등급 인증 공동주택의 실제 에너지 감축효과를 인증 종류, 등급, 시기별로 나누어 살펴보았다. 다중회귀분석 결과, 에너지효율등급 인증을 획득한 공동주택의 경우 일반 공동주택에 비해 전기 소비량이 11% 가량 적었으며, 두 제도로부터 모두 인증을 획득한 지역난방 단지의 경우 이산화탄소 배출량이 12% 가량 적은 것으로 나타났다(표 2-33). 또한, 전기와 도시가스(개별난방 단지)의 경우 인증 등급이 더 높거나 보다 최근에 인증을 받은 단지일수록 에너지 감축효과가 큰 것으로 나타났으며, 지역난방 에너지의 경우 인증 종류 별 분석에서는 유의한 효과가 관측되지 않았으나, 우수(2) 등급 및 09-10년 인증 단지의 에너지 감축효과가 다른 유형에 비해 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

이처럼 지역난방 에너지를 제외한 에너지 절감효과가 대체로 10~20% 정도에 불과해, 연구 자료 구축 시점인 2011년 당시 인증 기준(1등급: 40%이상, 2등급: 30~40%)에 비해 그 효과가 크지 않은 것으로 확인되었다. 이 결과는 거주자 밀도나 행태 차이로 인해, 에너지 시뮬레이션을 통해 예측한 성능이 실제 소비량과는 큰 차이를 보일 수 있음을 시사한다(김승남·유광흠, 2014). 또한, 친환경건축 인증(현 녹색건축 인증) 건축물의 경우에는 에너지 감축효과가 실증적으로 확인되지 않았는데, 이 제도의 경우 에너지 감축률 외에 생태, 환경, 건강 등 보다 다양한 요소들을 평가하고 있기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 판단된다.

□ 미국 LEED 인증 건축물의 에너지 감축 효과

[표 2-34] LEED 인증 사례조사 건축물의 에너지 절감효과(%)

	에너지 수요 절감률*	신재생에너지 분담률**	에너지 수치***
case 1	40.00	-	60.85
case 2	-	10.99	-
case 3	50.00	20.00	60.00
case 4	45.00	15.00	53.25
case 5	-	-	-
case 6	41.00	11.85	47.99
case 7	41.00	28.26	57.67
case 8	-	100.00	100.00
case 9	66.00	34.75	77.82
case 10	44.00	5.00	46.80
case 11	55.00	0.00	55.00
case 12	60.00	8.51	63.40
case 13	40.00	14.46	48.67
case 14	50.00	34.33	67.17
case 15	40.00	0.00	40.00
case 16	42.00	0.00	42.00
case 17	60.00	2.91	61.17
case 18	72.00	11.74	75.29
case 19	79.00	11.48	81.41
case 20	80.00	53.41	90.68
case 21	56.00	100.00	100.00
평균	53.39	24.35	64.69

주: *기준 건축물 대비 에너지 요구량 절감률

**필요한 에너지 총량 중 신재생에너지 생산을 통해 자체 조달하는 비율

***기준 건축물 대비 총 에너지 절감률

출처: 안건혁 외(2010, p.156)의 내용을 요약 정리함

안건혁 외(2010)는 해외 녹색건축물의 에너지 개선 효과를 파악하기 위해, 미국 LEED로부터 인증을 획득한 21개 건축물의 에너지 절감효과를 조사분석했다(표 2-34). 그 결과, LEED 인증 건축물의 에너지 요구량은 기존 건축물 대비 40~80% 가량, 평균적으로는 약 53% 적은 것으로 나타났다. 건축물에서 필요로 하는 에너지 중 신재생에너지 생산을 통해 충당할 수 있는 비율은 신재생에너지 발전 설비의 유형과 적용 여부에 따라서 0~100%까지로 편차가 매우 컸으며, 평균적으로는 필요한 에너지의 24% 정도를 충당할 수 있는 것으로 나타났다. 종합적으로, 에너지 요구량 절감효과와 신재생에너지 생산에 의한 에너지 대체효과를 함께 고려한 에너지 수지는 약 65%로, 대체적으로 기존 건축물에서 소비되는 에너지의 2/3 정도를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.

□ 국내외 인증 건축물의 에너지 감축 효과 종합

상기한 인증 건축물의 에너지 감축 효과를 종합해보면, 국내의 에너지효율등급 인증 제도의 경우 이론적으로는 40% 정도의 에너지 감축효과가 예상되었지만 실제로는 20% 이내로 그 효과가 크지 않은 것으로 나타났으며, 녹색건축물 인증의 경우는 그 효과가 실증적으로 입증되지 않았다. 반면, 녹색건축물 인증제도와 유사한 형태로 구성된 LEED 인증 건축물의 경우에는 약 53% 가량 에너지 요구량이 적으며, 신재생에너지 생산을 통해 요구량의 24%를 충당함에 따라, 최종적으로는 기존 건축물 대비 평균 65%의 에너지 감축 효과가 있는 것으로 확인되었다. 이는 앞서 제시한 에너지효율등급인증 제도의 1+++ 등급과 유사한 수준이다.

5) 신재생에너지 생산을 통한 건축물 에너지 대체 효과

마지막으로, 신재생에너지 생산을 통한 건축물 에너지 대체 효과에 대한 기존 연구 및 조사결과를 살펴보았다. 최근 들어, 건축물의 에너지 성능 목표가 패시브건축이나 제로에너지 수준으로 급격히 강화됨에 따라, 건축물의 에너지 소비 요구량 중 일부를 신재생에너지로 충당하는 것이 필수가 되고 있다.

김현일(2004)은 24층 96세대로 구성된 공동주택 한 동에 발코니 난간, 외측벽면, 차양의 형태로 태양광발전시스템을 설치할 경우의 연간 발전량을 산정했다(표 2-35). 연구

결과, 한 가구의 1일 소비전력량을 6kWh라 가정 할 때(한 동의 연간 전력소비량 =210,240kWh), 발전 설비 설치 유형에 따라 7~19% 정도의 전력 부하를 충당할 수 있는 것으로 나타났다. 설치 유형별로 살펴보면, 발코니 난간에 가장 많은 면적의 패널을 설치할 수 있었으며, 전력부하 대체율 또한 19%로 가장 높게 나타났다. 남측으로 30° 차양을 설치할 경우에는 발코니 난간에 비해 설치 면적이 작았으나, 단위면적당 발전량이 가장 커 약 17%의 전력을 대체할 수 있는 것으로 나타났다. 반면, 남측 벽면만을 이용할 경우에는 설치 면적과 단위면적당 발전량이 작아 전력부하 대체율이 7% 미만으로 나타났다. 따라서 세 유형이 공간적으로 중첩되지 않는다는 가정 하에, 태양광발전 시스템을 통한 총 전력부하 대체율은 약 34% 정도로 추정할 수 있다. 그러나 건축물에서 전기에너지 소비가 차지하는 비중은 20~25% 내외 이므로²⁴⁾, 전체 에너지 소비량 대비 대체율은 8% 내외에 불과할 것으로 보인다.

[표 2-35] 태양광 발전 시스템의 발전량 및 전력부하 대체율

설치 부분	설치면적 (m ²)	단위면적당 발전량 (kWh/m ²)	연간 총 발전량 (kWh)	전력부하 대체율 (%)
발코니 난간	409.6	98.1	40,181.7	19.1
남향 벽면	149.4	98.1	14,656.1	6.97
남향 30°차양	260.0	140.8	36,608.0	17.41

출처: 김현일(2004, p.36)

[표 2-36] 대상 공동주택 단지 개요

구분	대상 공동주택 단지	
단지	대지위치	• 서울
	연면적	• 168,694.0m ²
	세대수	• 기존 1,006세대 → 환산 1,007세대
	난방방식	• 개별난방
단위 공동주택	연면적	• 4,232.8m ²
	세대수	• 37세대(2세대×19층, 최하층 1세대 필로티)
	층고	• 최상층 및 최하층 3.0m, 기준층 2.9m
단위 세대	전용면적	• 101.03m ² (전용면적 84m ² 의 발코니 확장형)

출처: 이수진 외(2012, p.251)

이수진 외(2012)는 표 2-36과 같은 공동주택 단지를 대상으로 다양한 신재생에너지 설비의 에너지 대체율을 분석했다. 분석 결과, 풍력과 지열의 에너지 대체율이 5% 이하로

24) 2011년 에너지 총조사 보고서(에너지경제연구원, 2012)에 따르면 공동주택의 전력 소비 비중은 23.5% 정도이며, 조상규·이진민(2010)도 2008년 기준 주택부문의 에너지 소비량 중 전력의 비중은 21.8% 정도에 불과함을 보여주었다.

작은 반면, 연료전지, 태양광 발전, 태양열 급탕 등은 15~25% 내외의 비교적 높은 에너지 대체율을 보였다. 구체적인 실험조건과 결과는 표 2-37과 같다.

[표 2-37] 신재생에너지 유형별 설치 조건 및 에너지 대체율

	설치 조건	에너지 대체율(%)
태양열 급탕(가스)	<ul style="list-style-type: none"> • 이중진공관형 방식 • 공동주택 및 부대시설(보육시설) 옥상에 설치 -공동주택: 4m²/세대로 설계 -부대시설: 최대부하의 60%를 담당하도록 계획 	26.1
태양광 발전(전력)	<ul style="list-style-type: none"> • 공동주택 및 부대시설 옥상: 고정식 PV • 공동주택 벽면: BIPV -높이 60m, 인동간격 50m, 동지 남중고도 29도를 적용하여, 12층 이상 입면과 파라펫 난간에 설치 • 태양광 모듈 용량: 260W 	22.3
풍력 발전(전력)	<ul style="list-style-type: none"> • 3kW급 다리우스형 • 공동주택 옥상에 설치 -설치 반경 4m, 이격 거리 8m, 단위 주동 당 4대씩 설치 	5.2
지열 냉난방(전력)	<ul style="list-style-type: none"> • 수직 밀폐형 방식 • 주민공동시설에 설치 -공동주택은 상당 면적의 덕트 공간을 필요로 하므로 배제 	0.1
연료전지(가스·전력)	<ul style="list-style-type: none"> • 가정용 1kW급 보일러를 각 단위세대에 설치 	16.4

출처: 이수진 외(2012, p.252)

위의 결과와 표 2-34에서 제시한 LEED 인증 건축물의 에너지 대체율(약 24%)을 종합적으로 고려할 때, 신재생에너지의 에너지 대체율은 20% 내외일 것으로 예측된다. 단, 이 값은 건축물 유형과 신재생에너지 설비의 조합에 따라 달라질 수 있다.

6) 소결: 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 수준

지금까지 다섯 가지 접근 방식을 통해 살펴본 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토 결과를 정리하면 표 2-38과 같다. 먼저, 에너지 절감 기술의 조합에 따른 효과는 조합 유형에 따라 20~70%까지 편차가 매우 큰 것으로 나타났으나, 건축물 수준에서 일반적으로 적용할 수 있는 기술의 최적 조합의 경우 대체로 40~50% 정도의 에너지 절감 효과를 보였다. 그러나 이러한 접근 방식은 연구별 편차가 크고, 건물 유형이나 시나리오설정 방식에 따라 결과의 일관성이 떨어지는 한계가 있다. 또한, 대체로 관측치(분석 대상)가 적고, 분석 절차와 결과 값에 대한 신뢰도도 높지 않은 것으로 판단된다.

[표 2-38] 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능 검토결과 종합

유형	적용 조건 및 출처	감축 성능	
에너지 절감 기술(기법)의 조합에 따른 효과	• 30평형 기준 주택(정창헌 외, 2009)	25~48%	
	• 공동주택(조항문 외, 2009)	40%	
	• 단독주택(조항문 외, 2009)	21%	
	• 다세대 주택(조항문 외, 2009)	51%	
	• 용적률 150% 공동주택(조상규·이진민, 2010)	72%	
표준건축물 대비 1+++ 등급 건축물의 에너지 성능 요구수준	• 주거용 건축물(본 연구 추정)	46~58%	
	• 비주거용 건축물(본 연구 추정)	58~67%	
국내외 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축 효과	• 시뮬레이션 분석: 에너지효율등급 인증 주거용 건축물 (에너지관리공단, 2014)	25~40%	
	• 실증분석: 에너지효율등급 인증 공동주택 (김승남·유광흠, 2014)	11%	
	• 미국 LEED 인증 건축물(안건혁 외, 2010)	40~80% (평균 53%)	
신재생에너지 생산을 통한 건축물 에너지 대체 효과	• 공동주택 한 동(24층, 96세대)의 태양광 발전 (김현일, 2004)	8% 내외	
	• 공동주택 단지(1,007세대) (이수진 외, 2012)	-태양열 급탕	26.1%
		-태양광 발전	22.3%
		-풍력 발전	5.2%
		-지열 냉난방	0.1%
		-연료전지	16.4%
• 미국 LEED 인증 건축물(안건혁 외, 2010)	24%		

이에 따라, 에너지효율등급이 1+++인 건축물을 현재 기술 수준과 제도적 여건 하에서 가장 우수한 수준의 녹색건축물이라고 가정하고, 표준 건축물 대비 에너지 감축 요구 수준을 분석했다. 그 결과, 최고 수준의 건축물은 표준 건축물 대비 50~60% 가량 에너지 요구량이 작은 것으로 나타났다. 또한, 국내외의 녹색건축 인증 건축물의 에너지 감축효과를 살펴본 결과, 국내 사례의 경우 10~40%, 해외 사례의 경우 40~80% 정도의 에너지 성능 개선효과가 있는 것으로 나타났다.

마지막으로, 건축물 단위에서 적용 가능한 신재생에너지 생산 시스템을 통해 충당할 수 있는 에너지 비율(즉, 에너지 대체율)은 20% 내외인 것으로 확인되었다. 이와 같은 결과를 종합할 때, 건물 유형이나 주변 여건에 따라서 차이가 있을 수 있으나, 에너지 수요 절감효과와 신재생에너지 생산효과를 종합한 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축효과는 약 50~80% 정도일 것으로 판단된다.

제3장 토지이용제도를 통한 건물부문 온실가스 감축정책 및 제도 사례연구

1. 사례연구 개요
2. 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브)
3. 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침
4. 녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도
5. 성능기반 용도지역제(Performance Zoning)
6. 사례연구의 함의 및 시사점

1. 사례연구 개요

앞서 2장에서 살펴보았듯, 국내 녹색건축 정책은 주로 건축물 차원의 접근으로 한정되어 있다. 따라서 3장에서는 토지이용제도를 활용한 건물부문 온실가스 감축정책 및 제도에 대한 해외 사례연구를 수행한다. 앞서 제시한 ‘건물부문의 온실가스 감축을 위한 도시계획적 접근방식의 유형’(표 2-4 참고)을 바탕으로, 크게 (1)건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브 포함), (2)건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침, (3)녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도로 구분해 사례연구를 진행한다. 또한, 아직까지 건축물의 온실가스 배출성능과 관련하여 직접적으로 적용된 사례는 없으나, 향후 관련 제도(온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제) 도입에 대한 시사점을 얻기 위해 주로 환경오염 관리를 위해 적용되어왔던 (4)성능기반 용도지역제(Performance Zoning)에 대한 사례연구를 추가로 진행한다.

마지막으로, 상기한 사례연구를 바탕으로 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용제도 및 정책의 향후 방향에 대한 시사점을 도출한다. 3장에서 살펴볼 해외 제도 및 정책 사례를 유형별로 구분해 제시하면 표 3-1과 같다.

[표 3-1] 토지이용제도를 통한 건축물 온실가스 감축정책 및 제도 사례

정책적 접근 방식의 유형	해외 제도 및 정책 사례
건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브)	<ul style="list-style-type: none"> • 녹색건축 의무화 및 관련규제 완화 -미국 보스턴, 밴쿠버, 캠브리지: 용도지역제와 연계한 LEED 인증 의무화 제도 -미국 뉴욕: Zone Green -미국 시애틀: Green Density Bonus(Incentive Zoning) -미국 알링턴 카운티: Green Building Bonus Density Incentive • 신재생에너지 설비 의무화 및 관련규제 완화 -영국: Merton Rule -미국: Solar America Cities 프로젝트
건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침	<ul style="list-style-type: none"> • 일본의 저탄소 도시계획 체계 -지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률 및 관련계획 -도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률 및 관련계획 • 일본의 저탄소 도시계획 지침 -저탄소 도시만들기 가이드라인
녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도	<ul style="list-style-type: none"> • 온실가스 배출권 거래제도(행·재정적 지원제도) -영국: The CRC Energy Efficiency Scheme -일본 동경: Metropolitan Government Emissions Trading System -미국 캘리포니아 주: Cap-and-Trade Program • 기타 재정적 지원제도 -일본: 에너지의 면적 활용에 대한 재정적 지원제도 -미국: Solar America Cities 프로젝트의 재정 지원제도 -미국 시애틀: City LEED Incentive Program • 기타 행정적 지원제도 -미국 시애틀: Priority Green -미국 알링턴 카운티: 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도
성능기반 용도지역제 (Performance Zoning)	<ul style="list-style-type: none"> • 성능기반 용도지역제 및 성능기준 -미국 포트 콜린스: 토지개발지침 시스템 -미국 벅스 카운티: 모델 성능기반 용도지역 조례 -미국 셀비빌: 성능기반 용도지역 조례 -호주 애서튼 샤이어: Integrated Planning Act

2. 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제 및 규제완화(인센티브)

1) 녹색건축 의무화 및 관련규제 완화

① 미국의 용도지역제와 연계한 LEED 인증 의무화 제도

미국에서는 기존 용도지역제도와 연계하여 신축건물의 녹색건축인증 의무화하는 다양한 제도가 시행되고 있다. 보스턴시는 용도지역 규제 사항으로 녹색건축 인증을 요구한 최초의 도시로, 일정 규모 이상의 모든 신축건물에 대해 LEED 인증을 받지 못할 경우 건축 허가를 승인하지 않는 조례를 제정했다(City of Boston, N/A). 밴쿠버시에서는 2011년 1월부터 용도지역이 변경되거나 재수립된 지역의 모든 신축건물에 대해 LEED Gold 등급 이상 획득을 의무화하는 제도를 시행하고 있다(City of Vancouver, N/A). 구체적으로 총점 63점 이상을 획득해야하며, 이 중 에너지 성능에 관한 점수를 최소 6점, 수자원 효율에 관한 점수를 최소 1점, 우수관리에 관한 점수를 최소 1점 이상 획득해야 한다(City of Vancouver, 2014). 또한, 메사추세츠주의 캠브리지시에서는 2만 5천에서 5만ft² 규모의 건물에 대해서는 LEED Certified 등급 이상을, 5만ft² 이상의 건물에 대해서는 LEED Silver 등급 이상 획득을 의무화하였다(City of Cambridge, N/A).

② 미국 뉴욕의 존 그린(Zone Green)

□ 배경 및 목적

뉴욕시 시의회는 2012년 4월 ‘존 그린(Zone Green)’을 채택하면서, 에너지 고효율 건축물 장려정책을 적극적으로 추진 중에 있다(City of New York, N/Aa). 존 그린은 용도지역별 건축행위 기준을 새롭게 정한 용도지역법 개정안으로서, 친환경 건축물의 장려를 위해 기존 용도지역법에 명시된 다양한 건축행위 규제를 강화하거나 완화하고 있다. 시의회에서 채택된 존 그린 개정안 설명자료(City of New York, N/Ab, pp.1-2)에서 소개하고 있는 주요 개정 사항을 주요 이슈별로 재구분하여 요약 정리하면 다음과 같다.

□ 외벽 단열성능 강화 의무화

- 배경 및 문제점
 - 단열성능이 높은 건축물은 냉난방 부하를 줄여, 동절기 난방비용과 하절기 냉방비용을 절감시킴
 - 그러나 기존 용도지역법에서는 경우에 따라 건물 외벽에 추가적인 단열을 설치하거나 두꺼운 벽을 시공하는 것을 제한함
- 개정안의 주요 내용
 - 기존건물의 경우는 추가적으로 단열재를 설치해 에너지 효율을 개선하도록 권고
 - 신축건물에 대해서는 실내 면적에 변화가 발생하지 않도록 외단열을 이용해 외벽 두께를 8인치로 시공하는 것을 법으로 의무화
- 기대 효과
 - 뉴욕시는 이 개선안을 통해 2030년까지 기존 온실가스 배출량의 85%를 감축하는 것을 목표로 하고 있음

• 예시



출처: City of New York(N/Ab, p.1)

□ 차양 설치 규제 완화

- 배경 및 문제점
 - 건물 외벽에 부착하는 차양 장치는 일사획득으로 인한 냉방 에너지 부하를 감소시키며, 자연채광 조절을 통해 조명 에너지 소비를 줄일 수 있음
 - 그러나 기존 용도지역법에서는 경우에 따라 외부 차양의 설치가 금지됨
- 개정안의 주요 내용
 - 개정안에서는 건물 특성과 지리적 조건을 고려해 건물 외벽에 적절한 형태의 차양 장치를 설치하도록 허용함으로써 건축물의 냉방부하 절감을 유도함
- 예시



출처: City of New York(N/Ab, p.1)

□ 건축물 높이 규제 완화

태양열 에너지 생산을 위한 규제 완화

- 배경 및 문제점
 - 기존 용도지역법에서는 건축물 높이 기준에 맞게 지어진 경우, 지붕에 태양열 전지를 설치하지 못하도록 규제함
- 개정안의 주요 내용
 - 개정안에서는 지붕의 형태에 따라 태양열 전지를 설치할 수 있도록 구체적인 기준을 마련

예시



풍력 에너지 생산을 위한 규제 완화

- 배경 및 문제점
 - 뉴욕에서는 높은 건물이나 해안가 근처 등과 같이 지속적으로 바람이 부는 장소에서 풍력 에너지 생산이 가능함
 - 그러나 기존의 용도지역법에서는 건물 높이 규제를 초과하지 않는 범위 내에서만 소풍력 터빈의 설치를 허용함
- 개정안의 주요 내용
 - 높이 100피트 이상의 건물의 경우, 옥상에서 55피트 높이까지 풍력 터빈을 설치하는 것이 허용됨(단, 이 터빈은 대지 경계선으로부터 반드시 10피트 이상 떨어진 곳에 위치해야 함)
 - 해안가 근처에서 독립적인 풍력 터빈을 적용한 상업용 개발이 허용됨



온실 및 옥상 온실 설치를 위한 규제 완화

- 배경 및 문제점
 - 기존 용도지역법 하에서는 온실의 바닥 면적이나 높이에 제한을 두었기 때문에, 온실의 설치가 사실상 금지됨
- 개정안의 주요 내용
 - 개정안에서는 뉴욕 도시계획위원회의 인가를 받아 바닥 면적이나 높이의 제한 없이 온실을 허가하도록 하였으며, 주택이나 숙박시설을 포함하지 않는 건물의 경우에는 옥상에서도 온실을 설치할 수 있도록 허용함
 - 단, 옥상온실의 높이는 25피트 이하여야 하며, 지붕 경계선으로부터 6피트 set back되어야 함. 또한 지속적으로 온실에서의 물 사용과 에너지 소비에 대한 모니터링이 이뤄져야함



기타 옥상 설비를 위한 규제 완화

- 배경 및 문제점
 - 밀집된 도시 공간에서 옥상은 우수 관리, 휴식 공간 제공, 신재생에너지 생산 등 광범위한 용도로 활용될 수 있음
 - 또한, 보일러와 열병합 시설은 옥상에 위치할 때 가장 안전하고 효율적임. 계단실과 엘리베이터 공간과 같은 건물의 주요 시설도 옥상에 위치하는 것이 바람직함
 - 그러나 기존 용도지역법에서는 법적 허용 높이 이상에서 이러한 시설들이 설치되는 것을 제한함
- 개정안의 주요 내용
 - 개정안에서는 건물의 높이 규제와 관계없이 옥상녹화, 데크, 채광창 등 낮은 높이의 옥상시설들을 허용함



출처: City of New York(N/Ab, p.2)

③ 미국 시애틀의 Green Density Bonus Policy

시애틀은 에너지 보전과 신재생에너지 생산 그리고 지속가능한 건축 측면에 있어 선도적 도시로서, 미국 내에서 열 번째로 LEED와 Energy Star 인증 건축물이 많다(City of Seattle, N/A). 2011년 현재 총 179개 건물이 LEED 인증을 획득하였으며, 점진적으로 인증 획득 비율이 증가하고 있다(C40 Cities, N/A). 또한, 전체 신규주택의 17%가 녹색건축물이며, LEED 인증 건물에서 연평균 1,067톤의 온실가스를 감축하여 43,000달러의 비용을 절감하고 있다(환경관리공단, 2008). 시애틀은 1980년대 중반 이후부터 공공편익을 제공하기 위한 목적으로 용도규제 완화 정책을 시행해오고 있으며, 최근에는 녹색건축과 어포터블 하우스(affordable housing)이라는 두 가지 핵심적인 공공의 목표가 결합된 용도규제 완화 정책을 채택하여 시행하고 있다(Schaffner and Waxman, 2009, p.24).

시애틀의 대표적인 녹색건축 장려정책으로는 인센티브 조닝(Incentive Zoning)을 들 수 있다. 이 제도는 LEED 실버 등급이나 Built Green 4-Star 이상의 기준을 충족하는 공동주택 개발에 대해 추가건설 면적(용적률 인센티브)을 제공하는 제도다(C40 Cities, N/A). 이 제도는 2000년 초부터 시행되었으며, 5,000ft² 이상의 모든 신축 및 리모델링 사업의 경우 LEED 인증을 반드시 획득하도록 의무화 했다(C40 Cities, N/A). 2006년 4월 도심 용도지역법이 개정되면서 중심업무지역과 그 주변 지역에 상업 및 주거 건물을 건축할 경우 LEED 실버 등급 이상 획득을 전제로 바닥 면적, 높이, 개발밀도 등의 인센티브를 부여하고 있다(Schaffner and Waxman, 2009, pp.24-25; C40 Cities, N/A).

주거용 건물의 경우 LEED 실버 등급 인증을 획득할 경우 용도지역에 따라 최대 10층에서 15층까지의 추가 면적이 제공되었는데, 개발업자가 추가로 제공받은 인센티브를 활용하기 위해서는 시 정부에 1평방피트당 18.94달러의 어포터블 하우스 기금을 납입하도록 했다(Schaffner and Waxman, 2009, p.25). 상업용 건물에 대해서는 인증 획득 즉시 승인받은 날로부터 5년까지 법률적 효력이 인정되는 최대 200%의 초기 용적률 인센티브를 부여했으며, 75%의 추가적인 용적률 보너스를 받기 위해서는 기반시설 부담금으로 1평방피트당 23달러씩을 납입하도록 했다(Schaffner and Waxman, 2009, p.25). 이처럼 시애틀에서는 용적률 인센티브를 지급받더라도 개발업자가 기반시설 부담금을 고려하여 최종적인 추가 개발 면적을 결정할 수 있도록 하였다.

④ 미국 알링턴 카운티의 Green Building Bonus Density Incentive Policy

미국 버지니아 주 알링턴 카운티는 건물부문의 온실가스 배출을 줄이고 기후변화에 대응하기 위해 1999년 10월 미국에서 처음으로 녹색건축 인센티브 프로그램을 도입했다(Arlington County Government, N/A). 이 프로그램은 LEED 인증 등급에 따라 차등적 인센티브를 부여하는 방식을 취하고 있으며, 1999년 도입 이후 시장 수용성을 고려하여 2003년, 2009년, 2012년 등 세 차례 수정되었다(Arlington County Government, N/A).

최초(1999년)에는 LEED 실버 등급 이상을 획득한 업무용 건물을 대상으로 연면적을 최대 25%까지 추가적으로 허용했으며, 2003년부터는 적용대상을 업무용 건물에서 모든 건물 유형으로 확대하고, 인센티브 부여 조건도 일반 인증 이상으로 확대 적용했다(Arlington County Government, N/A). 2009년 개정에서는 인증 획득이 저조했던 주거용 건물의 참여를 독려하기 위해 고층 공동주택에 한하여 5%의 추가 용적률을 부여하는 특례 조항을 도입했다(Arlington County Government, N/A).

가장 최근인 2012년 개정에서는 모든 LEED 인증 건축물에 용적률 인센티브를 지급했던 것을, 1999년 규정과 같이 실버 등급 이상에 한하여 인센티브를 제공하는 것으로 기준을 다시 강화했다(Arlington County, 2012). 또한, LEED 인증뿐만 아니라 최소한의 에너지 효율성 기준을 평가항목에 추가했는데, 상업용 건물과 다목적 건물의 경우 ASHRAE 기준보다 20% 더 높은 에너지 효율을 만족할 경우, 주거용 건물의 경우 18% 이상 더 높은 에너지 효율을 충족할 경우 용적률 인센티브를 부여했다(Arlington County, 2012; 표 3-2)²⁵⁾. 이를 위해 알링턴 카운티 정부는 인센티브를 획득한 모든 개발업자들이 향후 10년 동안 의무적으로 알링턴 의회에 에너지 사용량을 보고하도록 했다(Arlington County, 2012).

[표 3-2] LEED 인증등급과 에너지 성능 개선에 따른 용적률 인센티브 비율

LEED 인증 등급	에너지 성능 개선	
	업무용(효율 20% 개선시)	주거용(효율 18% 개선시)
LEED Silver	0.20 FAR	0.25 FAR
LEED Gold	0.35 FAR	0.40 FAR
LEED Platinum	0.45 FAR	0.50 FAR

출처: Arlington County(2012, p.7)

25) 에너지 효율성은 국가차원에서 ASHRAE 에너지 기준을 채택하여 에너지모델링 프로그램을 이용하여 평가하고 있다(Arlington County, 2012).

2) 신재생에너지 설비 의무화 및 관련규제 완화

① 영국의 머튼룰(Merton Rule)

머튼룰(Merton Rule)은 2003년 런던 머튼 자치구에서 자체적으로 도입한 정책으로, 온실가스 감축을 위해 단지 내 재생에너지 발전설비를 의무화하는 것을 목표로 한다. 이후 런던시를 비롯한 여러 지방자치단체에서 이 제도를 채택하면서, 영국 전역에 영향을 미친 국가적 계획 조레가 되었다(ICAX, N/A). 현재 이 제도는 영국에서 이루어지고 있는 모든 주요 개발사업과 관련된 계획 허가에 영향을 미치고 있으며, 에너지 소비 및 온실가스 감축정책에 있어 선도적인 역할을 할 뿐만 아니라, 신재생에너지 설비 수요 증가에 영향을 미쳐 관련 산업분야의 활성화에도 기여하고 있다(ICAX, N/A).

머튼 자치구는 재생에너지 계획 지침인 Planning Policy Statement 22(PPS22)를 통해 신재생에너지 생산 목표를 공식화한 후, 매년 온실가스 감축을 위해 필요한 재생에너지 생산량에 대한 구체적인 목표를 설정했다(Merton Council, N/A). 이러한 목표를 달성하기 위해, 머튼 자치구 의회는 1만²m² 이상 상업용 신축건물과 10가구 이상의 주거용 신축건물에 대해, 부지 내의 신재생에너지 생산을 통해 적어도 예상 에너지 수요 또는 탄소배출량의 10% 이상을 충당할 것을 의무화하였다(Gearty, 2006). 현재 이 제도는 학교, 상점 등 거의 모든 건축물로 확대 시행되고 있다(Merton Council, N/A).

이 제도를 이행한 첫 프로젝트는 2005년 Willow Lane에서 완성되었다(ICAX, N/A). 이 프로젝트는 마이크로 터빈과 태양광 패널 등의 신재생에너지 설비를 갖추었으며, 이를 통해 탄소배출량 10% 감축을 달성했다(ICAX, N/A). 이 제도가 점차 다른 지역에게까지 영향을 미치게 되면서, Oldham에서 영국에서 두 번째로 머튼룰을 채택하게 되었다(Gearty, 2006). 이후 2008년에는 런던을 비롯해 스코틀랜드와 웨일스의 모든 의회와 잉글랜드의 대다수(390개중 325개) 의회에서 머튼룰을 이행하게 되었다(ICAX, N/A). 더 나아가, 지역에 따라서는 머튼룰을 Sustainable Homes나 BREEAM 등과 같은 기존 제도와 연계하여 이행하는 것을 의무화하거나, 감축목표 기준을 더욱 엄격하게 적용하는 경우도 나타났다(Merton Council, N/A). 그 예로 North Devon 의회는 재생에너지를 통한 온실가스 감축 의무를 15%까지 강화하였으며, Kirklees 의회는 2011년 에너지소비의 30%를 재생에너지 생산을 통해 충당할 것을 제안했다(ICAX, N/A).

한편, 영국 자치구들은 머튼룰 적용결과에 대한 평가를 통해 실제로 재생에너지 설

비를 갖추고 그 시설들을 이용해 감축목표(10%)를 준수하였는지를 확인하고 관리하는 것이 매우 어렵다는 사실을 깨닫게 되었다(Wikipedia, N/A). 이에 머튼 의회는 정책 준수 여부를 확인하기 위하여 웹기반 모니터링 시스템을 개발했으며, 런던의 Ealing Council은 2013년부터 자치구 내의 주요한 신규개발 사업을 대상으로 자동화된 재생에너지 생산량 모니터링을 의무화하였다(Ealing Council, N/A).

② 미국의 Solar America Cities 프로젝트

미국 에너지성(DOE: U.S. Department of Energy)은 전력수요가 높은 미국의 25개²⁶⁾ 대도시를 선정하여 2007년부터 Solar America Cities 프로젝트를 시행했다(U.S. Department of Energy, 2008). 이는 기후변화에 대응하고 에너지 자립도를 높이며, 주요 에너지원을 태양광으로 바꿈으로써 온실가스 배출 저감과 대기 질 향상에 기여하고, 더 나아가 녹색산업 관련 일자리를 창출하는 것을 목표로 하고 있다(송용진, 2010). 대상 도시 선정에 대해 각 도시에서 지속가능한 태양광 인프라 계획과 간소화된 도시규제, 태양광 기술의 채택에 관한 주민협의 계획 등을 제안서로 제출했으며, 계획의 실현 가능성과 기술개발에 대한 적극성을 중심으로 평가가 이루어졌다(National Renewable Energy Laboratory, 2008). 선정 도시들은 DOE로부터 태양에너지 사용을 촉진하기 위한 기술과 재정지원을 제공받았다(U.S. Department of Energy, 2008). 선정된 25개 도시에 총 490만 달러의 재원이 책정되었으며, 각 도시에 최대 20만 달러가 지원되었다(송용진, 2010; Fate and Tiger, N/A). 이와 별도로 최대 25만 달러 규모의 기술지원도 이루어졌으며, 이 지원은 각 도시의 태양에너지 활용정책과 연구개발 활동에 활용되었다(송용진, 2010; Fate and Tiger, N/A).

이 프로젝트에서 눈여겨 볼 부분은 각 도시들이 태양광 및 태양열 발전을 장려하기 위해 관련 토지이용 규제를 완화하거나 특정 행위를 의무화했다는 점이다. 여기서는 시에

26) 2007년 '솔라 아메리카 시티 파트너십' 선정 13개 도시: 미시간 주 앤아버, 텍사스 주 오스틴, 캘리포니아 주 버클리, 샌디에이고, 샌프란시스코, 매사추세츠 주 보스턴, 위스콘신 주 메디슨, 뉴욕 주 뉴욕, 펜실베이니아 주 피츠버그, 오리건 주 포틀랜드, 유타 주 솔트레이크, 애리조나 주 투손. 2008년 '솔라 아메리카 시티 파트너십' 선정 12개 도시: 콜로라도 주 덴버, 텍사스 주 휴스턴, 샌안토니오, 테네시 주 녹스빌, 위스콘신 주 밀워키, 미네소타 주 미네아폴리스, 세인트폴, 플로리다 주 올랜도, 펜실베이니아 주 필라델피아, 캘리포니아 주 새크라멘토, 산호세, 산타로사, 워싱턴 주 시애틀(U.S. Department of Energy, 2008, p.4; 송용진, 2010)

틀시의 건축법 분석 보고서를 바탕으로, 시애틀을 비롯한 몇몇 도시들에서 채택하고 있는 규제 및 규제완화에 대해 살펴본다(HDR Engineering, Inc., 2010, pp.ES2-3).

□ 태양에너지 설비 및 준비시설 설치 의무화

이 프로젝트에 참여하는 도시들은 모든 유형의 건물에 태양에너지 설비 또는 설비 설치를 위한 준비시설을 마련하도록 의무화하고 있다. 다음은 시애틀 시 건축법 분석 보고서에서 설명하고 있는 주요 도시의 태양에너지 설비 관련 의무 조항을 요약한 것이다.

- 시애틀시는 개발업자에게 주거 및 상업용 건물에 태양에너지 설비 설치를 위한 준비시설을 마련하도록 의무화함
-아직까지 태양광 설비 설치를 의무화하고 있지는 않지만, 건물을 신축하거나 대규모 재개발을 할 경우 태양광 시설 또는 준비시설을 설치할 것을 권장하고 있음
- 투손(Tucson)시는 모든 신축건물이 태양광 발전 또는 태양열 온수 시스템 중 하나를 설치하거나, 향후 태양에너지 설비 설치를 용이하게 하는 데 필요한 준비 시설을 갖추는 것을 의무화 함
- 오레곤 주는 모든 공공 건축물의 신축 및 리노베이션을 대상으로 총 공사비의 1.5%를 태양광 발전 설비에 사용하도록 의무화함

출처: HDR Engineering, Inc.(2010, p.ES2)

□ 건축물 높이 및 지붕 설치면적 규제 완화

최근 몇몇 태양열 온수 설비가 7ft 이상의 추가 높이를 필요로 함에 따라, 그 동안 태양에너지 설비 설치에 큰 제약요소가 되지 않았던 4ft 높이 규제가 새로운 제약요소가 되고 있다(HDR Engineering, Inc., 2010, p.ES3). 이에 포틀랜드에서는 태양광 에너지 설비 설치를 위해 높이 규제를 5ft 완화했다(HDR Engineering, Inc., 2010, p.ES3). 새크라멘토도 태양광 설비를 설치할 경우, 높이 제한을 최대 20%까지 완화해 적용하고 있다(Ross and Rhees, 2010, p.5). 시애틀은 태양에너지 설비 설치에 한하여 건축물 높이 제한을 융통성 있게 적용하였는데, 저밀 주거지역에서는 9ft까지, 고밀 주거지역 및 비주거 지역에서는 최대 15ft까지 추가적인 높이를 허용했다(Ross and Rhees, 2010, p.5).

지붕 설치면적의 제한도 태양광 패널을 설치하는데 있어 큰 제약조건이 된다. 따라서 많은 도시들이 지붕 설치면적 규제를 완화함으로써 태양광 패널 설치를 더욱 장려하고 있다(HDR Engineering, Inc., 2010, p.ES3). 이 외에도, 태양열 집열판 및 온실 설치면적을 건폐율 산정 면적에 포함하지 않거나, 대지면적, 건축선 후퇴 등의 기본적인 입지규제를 완화함으로써 관련 설비의 도입을 장려하고 있다(Ross and Rhees, 2010, pp.4-5)

3. 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침

한국과 도시계획 체계가 유사한 일본에서는 교토의정서에 의한 온실가스 감축목표 달성을 위해 에너지 소비가 집중된 도시지역에서의 대책 수립을 강조하고 있다. 이와 관련하여 일본 정부는 「지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률」(1998)과 「도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률」(2012)을 제정하여, 국가 차원의 토지이용규제 외에 지방자치단체 차원에서 저탄소 도시계획의 수립을 통해 건물부문의 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리 정책을 추진하도록 의무화하였다. 본 절에서는 크게 환경성(지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률)과 국토교통성(도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률)으로 나뉘어 추진되고 있는 일본의 저탄소 도시계획 관련 법제와, 지자체의 저탄소 도시계획 수립을 지원하기 위해 마련된 저탄소 도시만들기 가이드라인의 주요 내용을 살펴본다.

1) 일본의 저탄소 도시계획 체계

① 지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률 및 관련계획

1997년 교토의정서가 채택됨에 따라 일본정부는 2012년까지 1990년 대비 6%의 온실가스 배출량을 감축한다는 목표를 설정하였다. 이러한 목표에 효과적으로 대응하기 위해 1998년 10월 「지구온난화 대책의 추진에 관한 법률(온난화대책법)」이 제정되었다. 또한, 2005년에는 온난화대책법의 개정을 통해 지구온난화 대책을 종합적이고 계획적으로 추진하기 위한 기관인 ‘지구온난화대책본부’를 설치하였으며, 이를 통해 ‘교토의정서 목표 달성계획(2005년)’을 수립하여 발표했다.

온난화대책법과 교토의정서 목표달성계획에서는 온실가스 감축을 위한 시책으로서 무엇보다 도시 및 지역구조의 재편이 강조되었다. 이에 따라, 정부의 지구 온난화 대책에 관한 기본방침에 따라 각 지방자치단체에서 ‘지구온난화 대책 지방공공단체 실행계획(구역 시책 편)’을 수립하도록 하였다²⁷⁾. 이는 지자체에서 도시계획을 통해 도시의 저탄소화를

27) 지구 온난화 대책에 관한 법률 제20조 제2항에는 “도도부현 및 사구마을은 지구 온난화 대책 계획을 감안하여 그 지역의 자연적·사회적 조건에 따라 온실가스 배출 억제를 위한 종합적이고 계획적인 시책을 책정하고 실시하도록 노력해야한다”고 명시되어 있다. 또한, 동법 제20조의 3 제3항에서는 “지방공공단체 실행계획은 국가의 지구 온난화 대책 계획에 맞게 정하도록”되어 있다. 상기한 법령에 의한 지방공공단체 실행계획은 크게 사무사업편과 구역시책편으로 구분되는데, 이 중 구역시책편은 도도부현와 정령시(정부령에 의해 지정된 도시), 중핵시, 특례시에서 반드시 수립하도록 하고 있다.

위한 시책을 스스로 만들어 시행하도록 한 것으로서, 지구온난화 대책 추진의 제도적 기반을 마련한 것이라 할 수 있다.

일본 환경성에서는 지자체의 이와 같은 온난화대책 도시계획 수립을 지원하기 위해 ‘지구온난화 대책 추진에 관한 법률에 기초한 지방공공단체의 사무 및 사업에 관한 실행 계획 책정 매뉴얼(2007)’과 ‘지방공공단체에 의한 지구온난화 대책의 계획적인 추진을 위한 지침서(2014)’을 마련하였다. 이 지침은 광역 및 기초 지자체의 온실가스 배출량 현황 및 미래 추계 방법에 관한 가이드라인과 온실가스 감축을 위한 정책 사례 등을 제시하고 있다.

또한, 일본의 지방자치단체에서는 중앙정부의 기후변화 대응 정책과 함께 각 지자체 여건에 맞는 대응정책과 제도를 마련하기 위하여 지구온난화대책 조례를 제정하여 관련 시책을 추진하고 있다. 대표적 사례로 동경도의 치요다구, 카시와시, 삿포로시, 이이다시 등이 있다(국토연구원, N/A).

② 도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률 및 관련계획

일본 정부는 도시부문의 저탄소화 정책을 더욱 효과적으로 추진하기 위하여 2012년 「도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률」을 제정했다. 이 법에서 제시하고 있는 사항은 크게 다음과 같다. 우선, 관련 부처(국토교통성, 환경성, 경제산업성) 합동으로 ‘도시의 저탄소화 촉진에 관한 기본 방침’을 수립하도록 하였다. 이는 국가의 도시부문 온실가스 감축정책의 기본 방향을 정한 것으로서, 국내의 녹색건축물 기본계획과 유사한 위계를 갖는다.

다음으로, 시정촌 단위에서 저탄소화 촉진에 관한 시책을 종합적으로 추진하는 것이 효과적일 것으로 인정되는 구역에 대해서는 앞서 수립한 국가 기본 방침에 근거하여 ‘저탄소 마을만들기 계획’을 작성하도록 하였다. 이 계획은 두 가지 측면에서 앞서 제시한 ‘지구온난화 대책 지방공공단체 실행계획’과는 차별성을 갖는다. 우선, 후자가 산업, 민생 업무, 민생가정, 운수, 에너지 전환 등 전 배출원을 대상으로 하는 것에 반해, 전자는 민생업무 및 가정 부문과 운수부문의 배출원만을 대상으로 한다. 또한, 후자는 주로 도도부현, 정령시, 중핵시, 특례시 등 주요 광역지자체와 대도시를 대상으로 하는 반면, 전자는 시, 구, 마을 등 기초지자체를 대상으로 한다는 점에서 차이가 있다(김승남·오성훈, 2014).

따라서 저탄소 도시만들기 계획은 도시계획 부문에 좀 더 중심을 둔 지역단위의 상세 실천계획이라고 할 수 있다.

국토교통성은 지자체에서 이 계획을 효과적으로 수립할 수 있도록 저탄소형 도시구조의 기본 방향을 크게 (1)집약형 도시구조 실현, (2)도시녹화 추진 및 녹지보전, (3)하수도 자원 및 에너지 유효이용, (4)에너지 면적(面的) 이용 촉진 등 네 부문으로 구분하여 제시하고 있다(왕광익 외, 2009; 표 3-3). 이 중, 에너지의 면적 활용은 도시계획을 통해 건물부문의 에너지 및 온실가스 감축을 유도하는 시책으로서, 본 연구에서 지향하는 바와 연관성이 크다. 국토교통성의 이러한 계획 방향은 ‘저탄소 도시만들기 가이드라인’을 통해 더욱 잘 나타나고 있다. 따라서 다음 소절에서는 이에 대해 자세히 살펴보도록 한다.

[표 3-3] 일본 국토교통성의 지구온난화 대응 추진정책

구 분	내 용	방 법
집약형 도시구조 실현	• 대규모 집객 시설 등의 도시 기능 적정배치(도시계획 활용)	• 대규모 집객 시설 등의 교외 입지를 억제하고, 입지 시에는 도시계획 절차를 통해 지역의 판단을 반영하여 적절한 입지 결정
	• 중심시가지에 도시기능 집적	• 중심시가지의 의료복지시설 등 공익시설 정비, 빈 건물 활성화, 변화한 공간으로의 정비 추진
	• 도시·지역 종합교통 전략의 추진	• LRT정비, 교통 결절점 개선, 보행 및 자전거에 의한 이동환경 정비 등의 대응책을 통합적으로 추진
도시 녹화추진 및 녹지보전	• 도시공원 등 새로운 녹색 거점 창조	• 공공에 의한 공원·녹지 정비
	• 사유지에서의 효과적인 녹지 창출	• 민간에 의한 녹화 유도
	• 도시의 자연환경 보전	• 토지이용 규제수법의 활용
하수도 자원 및 에너지의 유효이용	• 석탄 대체 연료로서 탄화된 오니를 활용한 화력 발전 운영 • 정제된 바이오 가스를 천연가스 자동차의 연료로 공급	
에너지의 면적 이용 촉진	• 도시개발과 더불어 미활용에너지 등을 활용한 지역냉난방 시설의 정비 및 네트워크화 추진	

출처: 왕광익 외(2009, pp.163-166)를 참고하여 재정리

한편, 이 외에도 도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률에서는 건축물 단위의 온실가스 감축정책으로서, ‘저탄소 건축물의 보급 촉진을 위한 조치’를 명시하였다. 이는 저탄소 건축물로 인정되는 건축행위의 경우 용적률 산정 시 해당 바닥 면적을 산입하지 않도록 한 것으로서, 녹색건축물에 대해 간접적으로 용적률 인센티브를 제공하는 방안 중 하나라고 볼 수 있다.

2) 일본의 저탄소 도시계획 지침: 저탄소 도시만들기 가이드라인

「저탄소 도시 만들기 가이드라인」(일본 국토교통성, 2010)은 저탄소 도시 만들기에 관한 기본 방향과 대책의 효과를 파악하기 위한 방법론을 제시하기 위해 마련되었다. 이 지침은 지구 온난화 대책의 추진에 관한 법률에 의한 지구온난화 대책 지방공공단체 실행 계획과 일반적인 저탄소 도시계획 수립에 활용될 수 있으며, 도시의 저탄소화 촉진에 관한 법률 제정 이후에는 저탄소 마을만들기 계획에도 활용가능하다(일본 국토교통성, 2010).

이 지침은 도시 지역의 온실가스 감축을 위한 다양한 시책 사례를 제공하고 있다. 먼저, 교통 및 도시공간구조 분야에서는 확산형 도시 구조에서 집약형 도시구조로의 전환을 추구하며 세 가지 방침을 제시하고 있다. 이는 토지이용의 효율성을 높이는 복합용도 개발, 교통수요 관리를 통한 교통체계의 개편, 그리고 대중교통 이용 촉진이다. 에너지 분야에서는 에너지의 효과적 이용과 미이용 에너지 및 재생가능 에너지의 활용을 추구하며, 마찬가지로 이를 위한 세 가지 방침을 제시하고 있다. 에너지 절약형 건물로의 리모델링, 에너지의 면적 활용, 그리고 미이용 및 재생가능 에너지의 활용이 에너지 분야의 방침에 해당된다. 마지막으로 녹색 분야에서는 녹지의 보전과 도시 녹화를 추진하며, 이를 위한 세 가지 방침으로 녹지의 보전 및 창출, 바이오매스의 이용 추진, 열섬현상 대책에 따른 열환경의 개선을 제시하고 있다.

여기서는 본 연구와 밀접한 관련이 있는 건물에너지 부문의 시책 사례를 발췌하여 자세히 살펴보도록 한다(일본 국토교통성, 2010, pp.II-44~II-51). 이는 건물부문 온실가스 감축을 위한 국내 토지이용 정책의 기본 방향을 설정하는 데 있어 시사점을 제공한다.

① 건물 에너지 부하 저감

건물 에너지 부하 저감 대책은 도시개발, 건물 단위의 리모델링, 기존 건물의 용도 전환 등이 이뤄지는 모든 지역을 대상으로 추진된다(일본 국토교통성, 2010, p.II-38). 이는 패시브 건축을 통해 일반 건축물을 친환경 건축물로 전환하는 것을 주요 목표로 한다. 건물 에너지 부하를 저감하기 위한 두 가지 정책 사례를 살펴보면 다음과 같다.

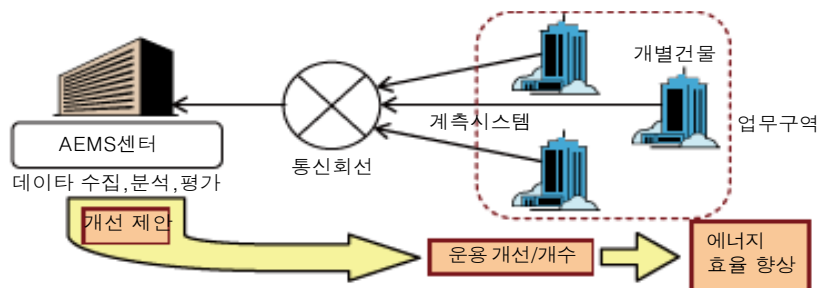
□ 노후 건축물의 면적(面的) 개축

- 노후건물의 개축 측면에서는 건물의 고단열화와 고효율 건축설비를 도입함으로써, 건물의 에너지 성능을 향상시키고 온실가스 배출을 저감할 수 있다.
- 시가지 재개발 사업이나 토지구획정리사업, 민간 도시개발 사업 등에 따른 면적인 도시기능의 갱신과 집약화는 건물의 에너지 절약 성능 향상을 돕고, 에너지의 면적(面的) 이용 가능성을 향상시킨다.
- 집약형 도시구조 형성을 위한 도시기능의 집약화는 에너지이용의 효율화와도 연결된다. 맨션 등의 집합주택은, 단독주택에 비해 호당 에너지 소비량이 적으며, 집약화에 따른 건물에너지 절약효과가 높다.

출처: 일본 국토교통성(2010, p.11-44)

□ 지역단위 에너지 관리 시스템(AEMS)의 적용

- 기성시가지에서는 건물의 개축 및 재개발 등이 이뤄지지 않을 경우 설비기기 갱신이 이루어지기 어렵다. ‘건물간 열유통’ 대책과 함께, 지역단위 에너지 관리 시스템(AEMS)은 기성시가지의 기존건물 군에 대한 면적(面的)인 에너지 절약대책 중 하나이다. 이는 정보통신기술을 활용한 복수 건물군의 총괄적인 에너지관리 수법이라 할 수 있다.
- 기기의 노후화나 건물의 용도변경 등 건물 운용의 변화에 적절한 대응을 취하지 않을 경우 건물에너지 사용량은 증가하게 된다. 설비 갱신 등을 통해 일시적으로는 효율을 개선할 수 있지만, 중장기적으로는 운전관리 데이터를 연도별로 계측·분석하여 전략적인 대응과 관리방안을 마련할 필요가 있다. 이러한 지속적인 계측관리를 지구 내 건물 군에 적용하는 것이 바로 AEMS라 할 수 있다.



[지역단위 에너지 관리 시스템(AEMS)의 개요]

출처: 일본 국토교통성(2010, p.11-44)

출처: 일본 국토교통성(2010, p.11-44)

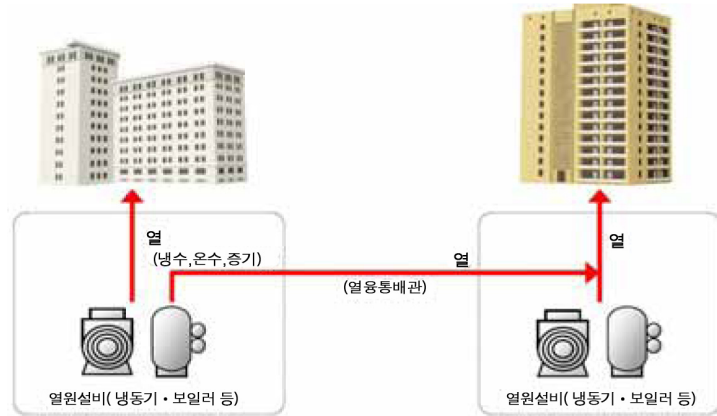
② 에너지의 효율적 이용

에너지 이용 효율을 높이기 위한 대책은 건물 냉난방 에너지 부하가 높은 고밀 개발 지역과 노후 건축물이 집적된 지역을 대상으로 추진된다. 또한, 시간대별로 에너지 소비

패턴이 다른 건물들이 입지하고 있는 복합적 토지이용 지역에도 적용할 수 있다(일본 국토교통성, 2010, p.II-39). 예를 들어, 낮의 에너지 부하가 큰 상업업무 지역과 야간의 에너지 부하가 큰 주거 및 숙박시설 등의 에너지 설비를 공유함으로써 에너지를 효율적으로 이용하는 대책이 이에 해당된다(일본 국토교통성, 2010, p.II-39). 에너지 이용 효율을 높이기 위한 대책의 예시로 에너지의 면적 이용과 토지이용의 복합화를 살펴보기로 한다.

□ 에너지의 면적(面的) 이용

- ‘에너지의 면적(面的) 이용(Area Energy Network)’이란 지역이나 지구 단위의 집중 열공급 플랜트와 에너지 공급도관을 통해, 수요처의 각종 열부하(냉방, 난방, 급탕 등)의 규모와 특성을 고려해 냉열이나 온열을 효율적으로 공급하는 시스템을 총칭한다.
- 이러한 에너지의 면적 이용은 규모나 사업 형태에 따라 표 3-4에 제시된 세 유형으로 구분된다.
- 이 중 건물 간 열유통형의 경우, 주로 다음의 조건에 맞는 건물에 적용한다.
 - 복수 건물을 배관으로 연결하기 위해 열 유통을 실시하는 건물은 서로 가까운 거리에 인접할 것(완전히 인접하거나, 주요 도로를 사이에 두지 않는 것이 바람직함)
 - 서로간의 열원 접속을 위해 열유통을 실시하는 건물의 열원설비가 집중방식일 것(건물용 멀티 에어컨의 경우는 곤란함)
 - 경제성 측면에서 어느 정도의 규모가 필요함. 건물용도에 따라 다르지만 최소 5,000㎡ 이상이 되어야 하며, 가급적 10,000㎡ 이상의 규모가 바람직함



[건물간 열유통의 개요]

출처: 일본 국토교통성(2010, p.II-46)

출처: 일본 국토교통성(2010, pp.II-45-46)

[표 3-4] 에너지의 면적(面的) 활용의 주요 유형

유형	개요
제1유형: 지역 열공급 사업형	<ul style="list-style-type: none"> • ‘지역 열공급’ 혹은 ‘지역냉난방’이라 칭해지는 시스템이며, 집중열 발생 시설에서 제조된 증기, 온수, 냉수 등을 도관(배관)을 통해서 일정 지역 내의 복수 건물로 공급한다. 열공급 사업법의 적용대상으로서 시스템화된 유형이다.
제2유형: 집중 플랜트 (지점 열공급)형	<ul style="list-style-type: none"> • 열공급 사업형과 같이 집중열 발생 시설에 따른 열공급 시스템이지만, 규모가 작거나 동일 부지 내의 건물에 공급하는 것이며, 열공급 사업법의 적용대상 이외의 것에 시스템화된 유형이다. • ‘지점 열공급’이라고도 칭하며 주택단지나 학교지역 내, 대규모시설이나 연구시설군, 상업시설군 등에 있어 적용된다.
제3유형: 건물간 융통형	<ul style="list-style-type: none"> • 근린 내 개별건물의 열원을 도관(배관)에 연결해, 건물 상호간에 열을 융통하거나 열원설비를 공동 이용하는 것으로서, 전체적으로 고효율의 열공급을 실현한다. • 기성시가지에서도 대상건물의 개축과 열원설비의 개보수 등을 통해 관련 설비망을 도입할 수 있다.

출처: 일본 국토교통성(2010, p.II-45)

□ 토지이용의 복합화

- 상업·업무시설은 사무자동화 기기, 공조 설비, 조명 등으로 인해 한낮의 전력부하가 높고, 주택이나 숙박시설은 난방이나 조리·입욕에 사용하는 급탕 수요로 인해 야간의 온열부하가 높다. 이와 같이 건물용도에 따라 시간대별 에너지 부하 패턴이나 전력·열 등 에너지 부하 특성이 다르다. 따라서 부하 패턴이나 특성이 다른 건물들을 복합적으로 입지시키고 건물의 열원설비를 집약할 경우, 가구나 지구 단위에서 에너지 부하 피크(peak)를 완화하고 전력·열 부하의 평준화를 도모함으로써 에너지 이용 효율을 제고할 수 있다.

출처: 일본 국토교통성(2010, p.II-46)

③ 미이용 에너지 및 재생에너지의 활용

이 외에도 저탄소 도시만들기 가이드라인은 건물부문 에너지 절감 시책의 예로 미이용 에너지와 재생에너지의 활용 방안을 제시하고 있다. 미이용 에너지란 쓰레기 및 하수 등의 처리 과정이나 공장의 생산 공정으로 인해 정상 이상으로 발생하는 열과 같이 도시 내에서 발생은 되지만 저장할 수 있는 공간이 없기 때문에 이용되지 못하고 있는 에너지를 뜻한다(일본 국토교통성, 2010, p.II-35). 이 지침에서는 건물부문과 관계된 대책으로 공장배열과 지하철 및 지하상가 배열의 재활용 방안을 제시하고 있다(일본 국토교통성, 2010, p.II-49). 마지막으로 재생가능한 에너지를 활용하기 위한 대책으로 태양에너지, 지중열, 공장배열의 활용 등이 제시되었으나, 이는 모두 일반적으로 널리 소개된 내용이므로 여기서는 상세히 다루지 않도록 하겠다.

4. 녹색건축 및 녹색도시계획 활성화를 위한 지원제도

지금까지 살펴본 토지이용규제와 도시계획 제도 외에도 건물부문의 온실가스 감축을 위해 다양한 지원제도가 운영되고 있다. 이러한 지원제도는 크게 재정적, 행정적, 기술적 지원 등으로 구분 된다(표 3-5).

[표 3-5] 녹색건축 지원제도의 유형 및 적용 사례

	유형	적용 지역
행·재정적 지원	배출권 거래제도	미국, 영국, 일본 등 주요 선진국
재정적 지원	세제 지원	Chatham County, Cincinnati, Harris
	보조금	El Paso, Issaquah, Portland
	융자	Alabama, New York, Pennyrile
	전력요금 인하	Illinois, California
	요금감면제도	Babylon, Bar Harbor, Calgary, Costa Mesa, Dallas, Tucson Gainesville
	환경제품 할인지원	New York, Florida, Pasadena
행정적 지원	설비 임대 지원	Mississippi, Santa Clara
기술적 지원	허가 간소화	Arlington, Hillsborough
	기술 및 디자인 지원	St. Paul, Seattle

출처: USGBC(2009)를 참고하여 재정리함

이 중 가장 대표적인 지원제도로는 온실가스 배출권 거래제를 들 수 있다. 이는 온실가스 감축의무를 초과 달성한 기업에 대해서는 재정적 지원으로, 감축의무 달성이 어려운 기업에 대해서는 대체 수단을 제공하는 행정적 지원으로 작용할 수 있다. 이 제도는 배출 허용 상한치를 설정하고 이를 전제로 하여 배출량을 자발적으로 감축하거나 거래를 통해 감축량을 의무적으로 달성하도록 유도하는 제도다. 대상 업체가 감축 의무량을 초과하여 달성한 경우 초과분을 다른 업체와 거래할 수 있으며, 이를 통해 초과 달성분을 재정적 수익으로 보상 받을 수 있게 된다. 이와 반대로 감축 의무를 달성하기 못한 업체는 부족분을 타 업체로부터 구입함으로써 목표를 달성할 수 있게 된다. 이 제도는 미국에서 처음 고안된 이래로, 유럽연합(EU), 호주, 일본 등 주요 선진국을 중심으로 공식적인 법제화가 진행되고 있다. 본 절에서는 이 중, 일본, 미국, 영국의 배출권 거래제 운영현황을 자세히 살펴본다.

배출권 거래제 외에도 다양한 행·재정적 지원제도가 운영되고 있다. 대표적인 재정적 지원제도로는 일본의 '에너지의 면적 활용에 대한 지원제도'를 들 수 있다. 일본에서는 지

역 내의 신재생에너지 도입 사업이나 건축물 에너지의 효율적 이용, 미이용 에너지의 활용 등 에너지의 면적 활용과 관련된 사업을 시행하는 경우 경제산업성과 국토교통성 등의 정부 부처에서 사업비의 일부를 지원해주는 제도를 시행하고 있다. 일본뿐 아니라, 미국의 여러 도시에서도 주택의 단열 성능을 높이거나 신재생에너지 설비를 도입하기 위한 사업을 시행할 경우 사업비의 일부를 지원해주는 등 다양한 재정 지원책을 운영 중에 있다. 이처럼 각국은 다양한 지원제도를 통해 녹색건축 활성화와 건물부문 에너지 감축을 유도하고 있다.

이 외에도, 표 3-5에서 제시한 바와 같이 매우 다양한 형태의 행·재정적 지원제도가 전 세계 각국에서 운영 중에 있으며, 이들은 대체로 해당 도시의 핵심적인 토지이용규제나 도시계획제도를 지원하기 위한 목적을 가지고 있다. 본 보고서에 이처럼 다양한 유형에 대한 사례를 모두 제시하는 것은 한계가 있으므로, 여기서는 주로 제3장 1절과 2절에서 살펴보았던 해외 각국의 토지이용규제 및 도시계획제도에서 이를 지원하기 위해 추가적으로 시행되었던 제도들을 발췌하여 제시하도록 하겠다. 재정적 지원제도로는 일본의 에너지의 면적 활용에 대한 지원제도와 미국의 Solar America Cities 프로젝트 및 City LEED Incentive Program을 살펴본다. 행정적 지원제도로는 미국 시애틀의 Priority Green 제도와 알링턴 카운티의 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도를 살펴본다.

1) 온실가스 배출권 거래제도(행·재정적 지원제도)

① 영국의 The CRC Energy Efficiency Scheme

기후변화 대응을 위해 자발적 감축이 아닌 감축 ‘규제’의 필요성이 제기됨에 따라, 영국 정부는 2010년 4월 법적 구속력이 있는 탄소배출권 거래제도인 CRC Energy Efficiency Scheme(CRC EES)을 시행했다(Environment Agency, 2013). 이 제도는 에너지를 많이 소비하는 공공 및 민간 건축물의 에너지 효율을 높이고 온실가스 배출을 줄이기 위한 목적으로 도입되었다(UK Government, 2014). 영국 환경청에서 주관하며, 스코틀랜드 환경보호청, 북아일랜드 환경청, 웨일즈 천연자원청에서도 CRC EES를 시행하고 있다(UK Government, 2014).

□ 대상 및 이행 기간

이 제도는 전력사용량을 기반으로 하며, 30분 단위 전력소비량이 연간 6,000MWh가 넘는 약 5,000개의 기업에 의무적으로 적용된다(Carbon Zone Ltd., N/A; UK DOE, N/A). 계획기간이 이행되기 전 1년 동안 개별 기업의 전력소비량을 평가한 후 대상기관을 정하게 되나, 중앙정부 및 정부 위임 행정기관 등 일부 공공기관은 소비하는 전력량에 상관없이 CRC 프로그램에 의무적으로 참여해야 한다(UK Government, 2014). CRC EES의 이행 기간은 두 단계로 나누어 진행되는데, 1차 계획기간은 2010년 4월부터 2014년 3월까지 총 4년, 2차 계획기간은 2014년 4월부터 2019년 3월까지 총 5년이다(UK DOE, N/A). 참여기업은 1차 계획기간 동안 일정 조건들을 충족해야만 다음 계획기간에 참여할 수 있다. 현재 51개 기업이 1차 계획기간에 참여하고 있다(UK DOE, N/A).

□ 감축 의무량 및 감축 방식

CRC EES는 2020년까지 1,200만 톤의 탄소배출 감축을 목표로 하며, 이는 영국 전체 배출량의 10%에 해당하는 양이다(UK DOE, N/A). CRC EES의 참여기관으로 선정되면 계획기간이 시작되기 전 일정 기간 내에 배출권 거래기관으로 등록해야 하며, 계획기간 동안에는 에너지 사용량을 매년 측정하여 보고해야 한다(Environment Agency, 2013, p.22). 최대 80일 이내에 보고가 이루어져야 하며, 지연될 경우 기본 5천 파운드에 지연일 당 5백 파운드씩 추가로 벌금을 지불해야 한다(Environment Agency, 2013, p.22).

각 기관의 탄소배출량은 참여기관이 제출한 에너지 사용량을 바탕으로 환경청에서 산정한다(UK DOE, N/A). 참여업체는 매년 정부가 부여한 할당량만큼 배출권을 구입해야 한다(UK DOE, N/A). 배출권 가격은 연간 고정가격이며, 1차 계획기간의 배출권 가격은 전년도의 배출량을 고려해 톤당 12파운드로 결정되었다(UK DOE, N/A). 2차 계획기간부터는 매년 두 번 배출권을 판매하는데, 첫 번째 판매기간에는 예상배출량을 기준으로 낮은 가격에 배출권을 구입할 수 있는 반면, 두 번째 판매기간에는 목표 준수를 위해 좀 더 높은 가격에 배출권 판매가 이루어질 것으로 전망된다(UK DOE, N/A). 이 제도가 시행됨에 따라 각 기관이 배출권 거래비용을 줄이기 위해 자발적으로 온실가스 배출을 줄이는 노력을 함으로써, 국가 전체의 온실가스 감축을 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

② 일본 동경의 Metropolitan Government Emissions Trading System

동경의 2010년 온실가스 배출량은 총 5,900만 톤으로, 상업 및 공업 부문에서 전체의 47%, 주거부문에서 28%, 교통부문에서 23%를 배출하고 있다(Nishida, 2013, p.8). 이처럼 동경 내에서 배출되는 온실가스 중 건물은 매우 큰 비중을 차지하고 있으며, 이 중 상업용 건물이 전체 배출의 약 40%를 차지하고 있다(Kaneko, 2014). 동경시에서는 온실가스 감축을 위해 ‘온실가스 배출량 보고 프로그램’을 운영했으나, 의무적으로 참여해야 하는 프로그램이 아니었던 데다 감축 목표도 2%에 불과해 효과가 미미했다(Arato, N/A, p.10). 이에 동경시는 2008년 3월 ‘동경 환경기본계획’을 발표하면서, 2020년까지 온실가스 배출량을 2000년 대비 25% 감축하겠다는 목표를 설정했다(오니시 다카시, 2013, p.229; Kaneko, 2014). 동경시의 배출권 거래제도는 바로 이에 대한 구체적 실천 전략의 하나로서 도입되었다(Tokyo Metropolitan Government, N/A).

이와 관련하여 동경시는 2008년 6월 조례를 제정해 배출권 거래 제도를 시행했으나, 당시에는 자발적으로 감축목표를 정하는 제한적 방식으로 운영되었다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.8). 이 제도는 2010년 4월부터 대규모 건축물에 한하여 의무적으로 적용되고 있다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.8).

□ 대상 및 이행기간

이 제도는 연료, 열, 전기 사용량이 원유환산 기준으로 연간 1,500kl 이상인 사업체(2009년 기준, 약 1,400개소)를 대상으로 시행되었다(Soble, 2010; Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.8; Nishida, 2013, p.8). 이 중 1,100여 개는 상업건물이었으며, 동경에 있는 대부분의 초고층 빌딩, 수상관저, 국회의사당, 환경성, 경제산업성, 외무성 등 중앙정부의 입법·행정기관의 사무소와 시설이 포함되었다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.8; Tokyo Metropolitan Government, N/A, p.6). 나머지 300개소는 주로 공업 시설로 구성되었다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.8). 감축대상은 기업단위가 아닌 개별 시설단위로 설정되었다. 이는 기업단위로 이 제도를 운영할 경우, 적용 대상의 물리적 범위 설정이 어렵고, 산업체의 신설, 통폐합, 합병 등의 변동사항 발생 시 시행 상에 어려움이 발생할 수 있기 때문이다(오니시 다카시, 2013, p.246).

온실가스 총량감축 의무와 배출량 거래제도는 두 단계의 5개년 계획으로 추진되었

다. 1차 계획기간인 2010년부터 2014년까지는 경영진을 포함한 감축노력의 확립과 본격적인 에너지 절약 투자계획 촉진을 목표로 했다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.11). 2차 계획기간(2015~2019년)부터는 의무 불이행에 대한 과징금(상한 50만 엔)이 부과되고 사업체 이름을 포함해 명령을 위반한 사실이 공표된다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.12).

□ 감축 의무량 및 감축방식

동경 환경기본계획의 온실가스 감축목표(2020년까지 2000년 대비 25% 감축) 달성을 위해, 업무·산업부문에는 2020년까지 2000년 대비 17% 감축(총 2,146만 톤)이라는 감축목표가 설정되었다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.7). 1차 계획기간의 감축 목표는 기준 배출량(2002~2007년 배출량 평균치) 대비 6~8% 감축하는 수준으로 정했으며, 2차 계획기간은 기준 배출량에서 17% 감축을 목표로 책정했다(Rudolph and Kawakatsu, 2012, p.9; Nishida, 2013, p.10; Arato, N/A, p.12).

세부적인 감축 의무율은 건물용도에 따라 차등적으로 결정되었다(표 3-6). 1차 계획기간 동안 업무부문은 8%(자기열원을 가지고 있지 않은 시설은 6%), 산업부문은 6% 감축을 의무화했다(BIR Research Group, 2011, p.183). 배출권 거래가격의 불안정성을 고려해 계획기간 내 초과 감축량을 이월 가능하도록 하였으나, 다음 해의 감축목표를 미리 이행하는 것은 인정하지 않았다(Soble, 2010).

[표 3-6] 시설 유형별 감축 의무율

시설 유형	감축 의무율
사무실 건물, 관공서, 상업시설, 숙박시설, 교육시설, 의료시설	8%
지역냉난방에서 공급받는 비율이 전체 사용량의 20%를 넘는 건물 또는 시설	6%
공장, 상하수도 시설, 폐기물 처리시설	6%

출처: BIR Research Group(2011, p.183)

시행 후 첫해에는 프로그램에 참가한 시설 중 1,159개 시설이 목표를 초과 달성했으며, 이를 통해 전체 배출량의 13%를 감축했다(Nishida, 2013, p.14). 두 번째 해에는 기준년도에 비해 23%나 감소하는 성공적인 결과를 얻었다(Arato, N/A, p.3). 참여 시설 중 93%는 이미 첫 해에 목표 감량치를 달성했으며, 70% 이상이 2019년 목표치인 17%를 초과 달성했다(Tokyo Metropolitan Government, 2013).

③ 미국 캘리포니아 주의 Cap-and-Trade Program

캘리포니아 주는 미국 내에서도 가장 강력한 배출권 거래 제도를 운영 중에 있다(Hoover, 2011, p.1). 이 제도는 2006년 통과된 지구온난화해소법(California Global Warming Solutions Act)에 의해 추진되었으며, 2011년 10월 캘리포니아 대기자원 위원회(California Air Resources Board)를 통해 처음 도입되었다(Hoover, 2011, p.1; IETA, 2012, p.1). 캘리포니아 주는 이 제도를 통해 2020년까지 1990년대 수준으로, 2050년까지 1990년 대비 80% 수준으로 온실가스 배출량을 감축하는 것을 목표로 하고 있다(Hoover, 2011, p.1; Center for Climate and Energy Solution, 2014, p.1). 이 제도는 2012년부터 법적효력을 갖게 되었으며, 2012년 9월 한 차례 개정 후 2013년 1월 1일부터 본격적으로 시행되고 있다(Hoover, 2011, p.1). 이는 전 세계에서 유럽연합에 이어 두 번째로 큰 탄소시장으로 예측되며, 규모는 더욱 확대될 것으로 전망된다(Center for Climate and Energy Solution, 2014, p.1).

□ 대상 및 이행 기간

캘리포니아 Cap-and-Trade Program의 이행 기간은 총 3단계로 나누어 진행된다. 1차 계획기간은 2013~2014년(2년), 2차 계획기간은 2015~2017년(3년), 3차 계획기간은 2018~2020년(3년)까지이다(IETA, 2012, p.1), 이행 대상은 사업체의 배출량을 고려해 단계적으로 확대될 예정이다.

1차 계획기간에는 발전 및 산업부문에서 연간 25,000MtCO₂ 이상의 온실가스를 배출하는 대형 배출원만을 대상으로 하였으며, 2차 계획기간인 2015년부터는 수송용 연료 배급자와 가정 및 산업 연료 공급자까지 확대 적용될 예정이다(Hoover, 2011, p.2; IETA, 2012, p.1). 참여 대상 업체는 제도 시행 이전 3년 간의 사업체 탄소배출량을 바탕으로 결정했으며, 캘리포니아 전역에 걸쳐서 약 360개 사업체의 600개 시설이 1차 계획기간 참여 기업으로 선정되었다(Center for Climate and Energy Solution, 2014, p.2). 그러나 이 대상에 포함되지 않는 기업에서도 자발적으로 온실가스 감축과 배출권 거래제도에 동참할 수 있다(Hoover, 2011, p.2; Center for Climate and Energy Solution, 2014, p.2).

□ 감축 의무량 및 감축 방식

1차 계획 기간인 2015년까지는 연간 2% 감축을 목표로 하며 이는 캘리포니아 주 전체 온실가스 배출량의 약 35%에 해당하는 양(약 160MMTCO₂)이다(IETA, 2012, p.2). 2차 계획기간인 2015년부터 2020년까지는 연간 3% 감축을 목표로 하며 이는 전체 배출량의 85%에 해당한다(약 395MMTCO₂)(IETA, 2012, p.2). 감축 대상 온실가스에는 교토의 정서에 의해 지정된 6개 유형(CO₂, CH₄, N₂O, HFCS, PFCS, SF₆) 외에 추가적으로 NF₃와 불소기체가 포함되었으며, 대상은 점진적으로 확대될 예정이다(Hoover, 2011, p.1).

캘리포니아 Cap-and-Trade Program의 배출권 할당 방식은 무상할당과 경매가 혼재된 형태로 운영된다. 시행 초기에는 전체 배출량의 90% 이상을 사업체별로 차별화하여 무상할당하고 이후 점차적으로 무상할당 비율을 줄일 예정이며, 나머지는 경매를 통해 배출권을 할당할 계획이다(Hoover, 2011, pp.1-2). 배출권 가격은 2012년 10달러로 시작한 후, 인플레이션을 고려하여 매년 5%씩 인상할 예정이다(Hoover, 2011, p.3; IETA, 2012, p.2; Center for Climate and Energy Solution, 2014).

참여 기관은 매년 전년도 배출량의 30%에 해당하는 배출권을 제출해야 하며, 기간 내 이행하지 못할 경우 4배의 배출권을 지불해야 한다(Hoover, 2011, p.4). 그러나 이 제도에서 감축 할당량은 부분적으로 저장하거나, 거래하거나, 이월가능하다(Hoover, 2011, p.3; IETA, 2012, p.2). 또한, 전체 감축 할당량의 최대 8%까지 도시 숲 조성 등과 같은 다른 유형의 활동으로 대체 충당할 수 있다(IETA, 2012, p.9).

2) 기타 재정적 지원제도

① 일본의 에너지의 면적(面的) 활용에 관한 재정 지원제도

일본의 에너지의 면적 이용 및 미이용 에너지의 활용과 관련된 지원제도는 크게 보조금, 세금 우대, 정부금융 제도로 구분된다. 이러한 제도는 주로 경제산업성의 자원에너지청이 중심이 되어 추진되고 있으며, 보조금 제도는 경제산업성과 국토교통성, 세금 우대 정책은 경제산업성의 자원에너지청, 정부금융제도는 경제산업성의 자원에너지청과 신에너지 재단이 담당하고 있다(일본 자원에너지청, N/A). 다음 내용은 일본 경제산업성 자원에너지청 홈페이지(일본 자원에너지청, N/A)에 게시된 각종 재정 지원제도 중 본 연구

와 관련된 내용만을 발췌하여 유형별로 요약 정리한 것이다.

□ 보조금 제도

- 경제산업성에서 운영 중인 보조금 제도는 주로 신재생에너지 설비 지원과 관련된 것이며, 적게는 사업비의 1/5부터 많게는 사업비의 절반까지 지원해주고 있다.
- 국토교통성에서 시행 중인 보조금 제도는 도시 차원의 개발사업이나 인프라 사업에서 열공급 설비, 하수처리 시설, 바이오매스 설비 등을 도입할 경우 사업비의 1/3 가량을 지원해주는 형태로 진행되고 있다.
- 대표적 예로 ‘주택·건축물 고효율 에너지 시스템 도입 촉진 사업’을 들 수 있다. 이 사업은 크게 두 유형으로 구분되는데, 첫째 유형은 건축물과 관련된 고효율 에너지 시스템을 사업자가 도입하고자 할 때 경비의 일부를 보조해 주는 사업이다. 단, 이 보조금은 공조, 급탕, 환기 및 단열재 등의 고효율 에너지 시스템을 도입하는 건축물에 한하여 지원된다. 다음 유형은 에너지 수요의 최적 관리를 위한 건물에너지 통합관리 시스템(BEMS)을 도입하는 건축물에 지원되는 보조금이다. 두 사업 모두 1/3의 보조금 비율을 원칙으로 운영 중에 있다.

출처: 일본 자원에너지청(N/A)

□ 세금우대 정책

- 에너지의 면적 활용 촉진을 위한 세금우대 정책은 공사비 부담금 등의 압축기장(壓縮記帳), 고정 자산세에 대한 과세표준 특례, 사업세 비과세 등 크게 세 유형으로 구분된다.
- 공사비 부담금 등의 압축기장은 열공급 시설에 관련된 공사비 부담금에 대해 특례를 제공하는 것이다.
- 고정 자산세에 대한 과세표준 특례는 열공급 사업자가 신설한 상각자산에 대해 고정자산세의 과세표준을 처음 고정자산세가 부과되는 시점부터 5년간 당해 상각자산 가격의 1/3로 하고, 그 후 5년간은 2/3로 하는 것을 인정해주는 제도다.
- 사업세 비과세는 도시환경 정비 및 개선 사업 비용을 충당하기 위해 마련된 목적세인 사업세에 대해서, 열공급 사업을 목적으로 하는 시설에 대해 비과세 혜택을 부여하는 제도다.
- 관련 제도는 경제산업성 자원에너지청에서 담당하고 있다.

출처: 일본 자원에너지청(N/A)

□ 정부금융 제도

- 에너지의 면적 활용 촉진을 위한 정부 차원의 금융제도로는 일본 정책 투자은행과 신에너지 재단의 융자제도가 있다.
- 일본 정책 투자은행의 융자제도는 지역사회 정비사업의 일환으로 시행되는 열공급 시설의 정비비용에 대한 저리융자 제도로, 자원에너지청에서 담당하고 있다.
- 이 제도의 대상 사업으로는 열공급 사업법에 근거한 지역냉난방 시설 관련 사업과 미이용 에너지 활용 사업이 있다.
- 신에너지 재단의 융자제도는 재단의 지역 에너지 개발 및 이용 사업의 보급을 촉진하기 위한 융자제도로서, 이 사업을 실시하는 사업자가 금융기관으로부터 저리 융자를 받을 수 있도록 국가 보조로 이자를 보전해주는 융자제도다.

-이는 지방공공단체, 민간사업자 등을 대상으로 하고 있으며, 폐열 이용 사업, 온도차 이용 사업, 폐기물 및 바이오매스 이용 사업 등을 대상사업으로 하고 있다.

출처: 일본 자원에너지청(N/A)

② 미국 Solar America Cities 프로젝트의 재정 지원제도

전술한 바와 같이, 미국 에너지성(DOE)은 Solar America Cities 프로젝트를 통해 전력수요가 높은 미국의 25개 대도시를 선정하여 태양에너지 사용을 촉진하기 위한 기술 및 재정적 지원을 제공했다(U.S. Department of Energy, 2008). 각 도시에 대해 최대 20만 달러의 재정지원과 25만 달러의 기술지원이 이루어졌으며, 선정된 25개 도시에 총 490만 달러가 지원되었다(송용진, 2010; Fate and Tiger, N/A). 이 재정지원은 각 도시의 태양에너지 활용정책과 태양에너지와 관련된 연구·개발 활동에 활용 가능하다(송용진, 2010; Fate and Tiger, N/A).

③ 미국 시애틀의 City LEED Incentive Program

시애틀의 City LEED Incentive 프로그램은 앞서 제시한 Green Density Bonus Policy를 지원하기 위해 마련된 제도다. 시애틀시는 이 프로그램을 통해, Green Density Bonus 혜택을 받기 위한 목적으로 LEED 인증을 획득하는 경우, 그 과정에 추가적으로 소요되는 설계비와 자문비용을 충당할 수 있도록 53만 달러의 재정적 지원을 제공했다(C40 Cities, N/A). 2001년부터 2005년까지 LEED 기본 인증에 대해 15,000 달러가 지원되었으며, 실버 등급 이상에 대해서는 20,000달러를 지원하였다(C40 Cities, N/A). 2006년부터는 LEED 실버, 골드, 플래티늄 인증 획득에 대해 각각 15,000달러, 20,000달러, 25,000달러를 지원하는 것으로 변경되어 운영 중에 있다(C40 Cities, N/A).

3) 기타 행정적 지원제도

① 미국 시애틀의 Priority Green

시애틀의 Priority Green은 지속가능한 개발을 추구하는 프로젝트를 대상으로 인허가 절차를 간소화하는 제도로, 앞서 설명한 Green Density Bonus 프로그램(Incentive Zoning)과 함께 시애틀의 행정·재정적 녹색건축 지원제도의 핵심이 되는 프로그램이다. LEED 골드 인증 획득 또는 Built Green 4-Star 기준을 만족하는 프로젝트의 경우, 이 제도에 의해 인허가 과정이 신속히 처리된다(C40 Cities, N/A). 2009년부터 2012년까지 62개의 단독 및 연립주택, 14개의 공동주택, 5개의 상업건물이 이 제도로부터 혜택을 받았다(C40 Cities, N/A).

② 미국 알링턴 카운티의 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도

앞서 설명했듯이 한국을 포함한 세계 각국은 녹색건축에 대한 각종 토지이용규제 완화책과 행정·재정적 지원제도를 운영 중에 있다. 그러나 사업자가 당초 계획을 이행하지 않을 경우, 사전에 지급된 혜택(용적률 인센티브 등)이 부당하게 활용되는 문제가 발생할 수 있다. 이에 알링턴 카운티에서는 상술한 Green Building Bonus Density Incentive Policy를 지원하기 위해, LEED 인증을 조건으로 보너스 용적률 혜택을 받은 모든 건물에 대해 최종적인 인증 획득 시까지 카운티 정부에 재정보증금을 맡기도록 했다(Arlington County, 2012, p.8). 일반적으로 재정 보증액은 추가 지급된 용적률과 평균 임대료를 기준으로 계산되며, 최종적으로 LEED 인증 획득을 실패할 경우 이 금액은 자동적으로 카운티 정부에 귀속된다(Arlington County, 2012, p.8).

또한, 알링턴 카운티 정부는 녹색건축 인센티브 제도를 지원하기 위해 2003년 그린빌딩 펀드를 설립했다(Arlington County Government, N/A). 이 제도에 의해 2009년부터 LEED 인증을 받지 않은 건물의 개발업자는 평방피트당 0.45 달러를 그린빌딩 펀드에 기부해야 한다(Arlington County, 2009, p.2). 만약, 개발업자가 추후에 LEED 인증을 받게 되면 이 기부금은 다시 돌려받을 수 있지만, 그렇지 않을 경우 이 돈은 녹색건축과 관련된 교육 활동이나 지역사회에 지원된다(Arlington County, 2009, p.2).

5. 성능기반 용도지역제(Performance Zoning)

세계 각국의 도시들은 기존 용도지역제의 경직성을 완화하고 허용된 범위 내에서 토지를 다양한 형태로 이용하기 위한 목적으로 성능기반 용도지역제를 시행해오고 있다. 에너지 소비량이나 온실가스 배출량을 기반으로 하는 일반적 성능기반 용도지역제는 아직까지 확인되고 있지 않지만, 대기오염 물질 등 특정 지역에 대한 환경오염 총량제의 형태로 다양한 제도가 시행되고 있다. 성능기반 용도지역제가 기존의 용도지역제를 완전히 대체할 수는 없으므로 주로 기존 용도지역 중 공업지역에 한정하여 적용된 사례가 많은 편이다. 본 절에서는 해외 각국의 성능기반 용도지역제 사례와 사례별 성능기준(Performance Standard)을 살펴보고, 이 제도의 국내 적용 가능성을 고찰한다.

1) 성능기반 용도지역제 및 성능기준

① 미국 포트 콜린스의 토지개발지침 시스템(Land Development Guidance System)

□ 기본개념 및 특징

1950년대에서 70년대를 거치며 급속한 팽창을 겪은 콜로라도 주 포트 콜린스(Fort Collins)시는 1967년부터 1978년까지 도시의 빠른 성장에 대응하기 위해 다양한 용도지역제 모델들을 시도했다. 그 과정 속에서 당시 유클리드 모델 용도지역제의 대안으로 대두되고 있던 성능기반 용도지역제의 개념을 가장 근접하게 적용한 ‘토지개발지침 시스템(LDGS: Land Development Guidance System)’을 수립 및 채택했다(McDonald, 2013, pp.27-28). 이 제도는 1981년 포트 콜린스 시의회에서 계획단위개발(PUD: Planned Unit Development)을 적용 대상으로 1년 간의 유예 기간을 조건으로 승인되었으며, 1년 간의 시행결과를 반영하여 이듬해인 1982년 보다 보완된 형태로 재승인 되었다. 성능기반 용도지역제에 근거한 토지개발지침 시스템은 1997년 형태기반 용도지역제(Form-Based Zoning) 기법을 적용한 새로운 용도지역제가 채택되기까지 포트 콜린스시의 성장과 도시환경을 관리하는 데 있어 중요한 역할을 담당하게 된다.

PUD 방식으로 제안된 개발 사업에만 적용되는 이 시스템은 당시 혁신적인 용도지역제 제도였던 성능기반 용도지역제의 개념을 중심으로 개발 사업을 관리하는 제도다. 당시 포트 콜린스시는 용도지구의 분리를 기본으로 한 기존 용도지역제를 운영하고 있었으나, 토

지개발지침 시스템의 도입을 통해 대부분의 개발 계획이 PUD 방식을 통해 진행되었으며 효율적인 개발사업의 심의와 관리가 가능해졌다(McDonald, 2013, p.28).

토지개발지침 시스템은 일반적 용도지역제의 경직된 규정들(특히, 용도에 관한 규정) 대신, 정해진 평가 기준을 만족하는 한 시장(market)의 조건에 부합하는 개발사업 용도와 내용을 유연하게 허용한다. 임의적인 규제에 의해 시장의 역동성을 제어하기보다는 시장이 건물과 토지이용에 대한 결정을 스스로 내릴 수 있도록 허용함으로써, 제도가 시장의 토지 개발 수요에 반응하는 융통성을 제공한다(Eggers, 1990, p.10).

토지개발지침 시스템은 개발사업의 외적인 영향을 관리하는 데 중점을 둔다(ASH Center, N/A). 즉, 용도보다는 주변 환경과 어울릴 수 있는 개발사업을 만들어 가는 것이 관건이었으며, 평가 기준들은 특정 용도의 위치를 선정하는 데 있어 도시적 특성을 감안하며 전반적으로 균형 있는 지역개발을 도모하도록 설정되었다. 예를 들어, 고밀도 주거 개발사업은 지역의 상업 중심지에 위치하며 개인 교통수단의 사용을 억제하고, 상업시설과 업무시설의 경우 다른 지역의 상업시설과 거리를 두게 하는 등의 평가 기준을 채택하였다. 토지개발지침 시스템은 고밀 주거, 복합용도 개발, 집약적인 토지이용 패턴을 유도하고, 단계별 개발 과정 관리를 통해 합리적 도시성장을 위한 장기 도시계획 실행을 지원한다(ASH Center, N/A). 토지개발지침 제도의 평가 기준들은 지역 주민의 의사를 반영하는 데 있어 효과적이었으며, 이를 논의하거나 개발 사업을 심의하는 데 있어 지역 주민의 참여도를 높이는 결과를 가져왔다.

그러나 과도한 행정적 절차에 의존한 승인과정과 과도한 유연성에서 오는 낮은 예측성 등이 이 제도의 단점으로 지적되었다(DC Office of Planning, 2008, p.25). 그럼에도 불구하고, 도시성장관리 제도의 한 구성 요소로서 지역 사회의 장기 계획 실행을 지원하도록 설계된 이 제도는 지역 사회 내에서 장소와 토지이용 방식을 시장(market)이 결정해야 한다는 개념을 실행으로 옮긴 것이었으며, 용도지역제도 상에서 특정 용도의 물리적 구분보다는 교통 흐름, 도시건축 미(美), 환경 보존, 소음 등과 같은 개발사업의 질적인 측면과 영향에 중점을 둔 용도지역제도의 선구자적인 역할을 담당했다.

아래에서는 Eggers(1990, pp.10-12)의 논의를 바탕으로 토지개발지침 시스템에 의한 심의 과정과 성능기준을 살펴본다.

□ 심의 과정

Eggers(1990, pp.10-11)는 토지개발지침 시스템에 의한 심의 과정을 다음과 같이 설명하고 있다.

- 심의 과정은 개발업자의 개발승인 신청서 제출에서 시작된다. 시에서는 개념적 검토, 예비 계획, 최종 계획 등 3단계에 거쳐 이를 검토한다. 전체 과정은 통상 장소에 상관없이 7주에서 15주가 소요된다. 심의 과정은 개발사업의 초기 개념을 논의하기 위한 여러 시 관련 부서들과 개발업자 간의 비공식적 회의에서 시작된다. 이 단계에서 시의 포괄적인 토지이용 계획과 전혀 맞지 않는 프로젝트들은 반려된다. 개발업자가 제출한 지원서가 유망하기는 하나 여전히 잠재적 논란의 여지가 보일 때에는 개발 사업 승인을 위한 정식 요청서를 제출하기 전까지 개발사업자가 지역 주민과의 협의를 통해 도출된 여론을 반영하도록 의무화했다. 개발사업자는 계획 초기단계에서부터 최종단계 승인을 얻기까지 다음과 같은 심의 과정을 거친다.
 - 개발 승인을 얻기 위한 신청서는 모든 관련 서류들과 함께 매달 5일에 제출한다.
 - 계획서와 서면 자료들은 심의를 위하여 시 소속 부서들과 대행업체들에게 발송한다.
 - 신청서 제출 후 약 2주 후, 의견을 논의하기 위한 실무자 심의 회의가 소집된다.
 - 실무자 심의 회의 후 약 1주 후, 심의 논평이 신청자에게 전달된다. 보통 신청자와 실무자는 논평들을 검토하기 위한 협의를 갖는다.
 - 신청자는 서면 작성된 심의 논평을 수령한 후 약 2주 내에 개정된 계획서나 자료들을 제출한다.
 - 계획 실무자는 도시계획위원회에 제출할 서면 보고서를 준비하며, 공청회 이전 금요일에 소집되는 업무 기간 내에 위원회에 제출한다.
 - 도시계획위원회는 다음 달 4번째 월요일에 각 지원서에 대한 공청회를 실행하며, 이때 승인, 조건부 승인, 비승인, 또는 공청회 날짜 연기 등의 결정을 내린다.

출처: Eggers(1990, pp.10-11)

□ 성능기준

PUD 사업자는 개발 대상지에 대해 임의의 토지 용도를 제안할 수 있으며, 시의회는 토지개발지침 시스템의 근간인 '점수제'를 통해 승인 여부를 결정한다(Eggers, 1990, p.11). 점수 제도는 교통 체증, 설비 비용, 과밀 현상 등과 같은 개발의 역효과를 완화시키기 위한 것이며, 지역사회가 전반적인 기준을 수립한 후 이 기준들의 적용 여부는 개발 사업자들의 결정에 맡기도록 했다(Eggers, 1990, p.11). 점수제는 기본 기준과 보너스 기준으로 나누어지며, 근린공원, 대중교통, 고용 중심지, 지역시설까지의 인접성과 같은 기본 기준부터 우선적으로 계산된다(Eggers, 1990, p.12). 승인을 받기 위해서 개발 사업자는 반드시 토지이용 범주 중 65%의 성능기준을 만족시켜야 하며, 개발 사업자가 자격 요건에 필요한 최소 점수를 받지 못한 경우 보너스 점수제를 통해 부가 점수를 받을 수 있는 기회가 제공 된다(Eggers, 1990, p.12). 각각의 성능기준은 개발 용도나 지역에 따라

각기 다른 가중치가 적용된다(Eggers, 1990, p.12).

점수 제도는 보다 신축성 있는 용도지역제 틀 내에서 개발업자가 창의적으로 자신과 지역 사회의 요구를 만족시키도록 한다. 이러한 접근방식의 장점은 지역사회 발전과 혜택을 위해 수립된 명확한 목표들이 경직된 규제 장치를 통하기보다는 경제적 유인 요소(incentives)들과 저해 요소(disincentives)들로 구성된 제도적 장치에 의해서 권장된다는 것이다(Eggers, 1990, p.12). 토지개발지침 시스템 내에서 개발사업 진행 시 각각의 성능 기준들 중 무엇에 중점을 두어야 하는지는 전적으로 개발업자에게 달려있으며, 이는 사유 재산권을 중시하는 토지개발지침 시스템의 기본적인 특징을 보여준다(Eggers, 1990, p.12). 즉, 세심한 설계와 완충방식을 통해 산업시설이 주거 인근지역에 근접하도록 허용할 수 있는 것처럼, 이 제도는 인접한 임의의 토지 용도들 간의 공존을 가능케 한다(Eggers, 1990, p.12).

□ 평가 절차 및 방법

토지개발지침 시스템의 평가 절차와 방법은 포트 콜린스 시의회가 채택한 조례인 “118-83 Land Development Guidance System for Planned Unit Developments”의 내용 중 일부를 발췌하여 살펴보도록 하겠다(City of Fort Collins, 1982). 이 조례에 의해 모든 토지이용은 크게 (A)모든 개발, (B)주민 서비스 센터, (C)지역·광역 쇼핑센터, (D)자동차 관련 및 도로변 상업 용도, (E)사업 서비스 용도, (F)산업 용도, (G)재활용 및 고물야적 용도, (H)주거 용도로 구분되며, 각 유형에 대해 개발 계획안이 만족시켜야 하는 구체적 기준들이 결정된다(City of Fort Collins, 1982, pp.1-11). 이 조례는 총 44개 성능 기준과 평가방법을 규정하고 있다(City of Fort Collins, 1982, pp.1-11).

[표 3-7] 문자화된 평가 기준 점수표 예시

평가기준		예	아니오	해당 없음
1	이 프로젝트는 South College Avenue 이외의 다른 도로로부터 기본적인 차량 접근이 가능하도록 계획되었는가?			
2	차량 부품과 폐기물의 보관을 포함해 모든 수리, 페인트 칠, 차체 작업 등이 밀폐된 구조 안에서 행해지도록 계획되었는가?			
3	이 프로젝트는 “점수 평가표 B”를 통해 최대 점수 중 적어도 50% 이상을 획득했는가?			
... (하략)			

출처: City of Fort Collins(1982, p.13)

[표 3-8] 점수화된 평가 기준 점수표 예시

지역 서비스 센터 모든 범주			점수 평가표 B 해당 범주의 경우					
기준	기준이 적합한가?		I 해당되는 곳에 동그라미를 치시오.			II 배수	III 얻은 점수 1x11	IV 최대 적용 점수
	예	아니오	예	매우 잘함	아니오			
	a. 간선도로에서	X		X	2	0	2	
b. 집분산·간선도로에서	X		X	2	0	3		6
c. "North" Fort Collins	X		X	2	0	2		4
d. 광역 센터로 부터	X		X	2	0	1		2
e. 지역 센터로 부터	X		X	2	0	2		4
f. 남쪽 College Corridor	X		X	2	0	4		8
g. 비간선도로 접근	X		X	2	0	3		6
h. 공동 주차			1	2	0	3		
i. 식품점	X		X	2	0	3		6
j. 에너지 보존	X		1	2	0	4		6
k. 인접성	X		X	2	0	5		10
l. 문화재 보존			1	2	0	2		
						총합	V	VI
최대 적용 점수에 대한 얻은 점수의 백분율						V/VI=VII	% VII	

출처: City of Fort Collins(1982, p.15)

제출된 개발계획의 성능은 두 가지 유형의 검토 기준에 의해 평가된다. 첫 유형은 문자화된 평가 기준이며 둘째 유형은 점수화된 평가 기준이다. 문자화된 기준들은 각 개발이 승인을 받기 전에 반드시 만족시켜야 하는 절대 필요조건들이다. 이는 이웃과의 공존성, 채택된 계획안대로의 진행, 최소한의 공공 서비스, 환경 기준, 부지 설계의 준수 등을 포함한다. 각 기준들은 “예”, “아니오”, 또는 “해당사항 없음”으로 평가된다. 모든 항목들에 대해 반드시 “예”로 답할 수 있어야 하며, 개발 계획을 통해 반드시 이행되어야 한다(City of Fort Collins, 1982, p.13). 해당 기준들에 대해 “아니오”로 평가 받은 사항이 있을 시 이 항목에 대한 용도지역제 변경 승인이 허용되지 않는 한 심의 대상에서 자동적으로 배제된다(City of Fort Collins, 1982, p.13).

점수화된 평가 기준들은 절대 점수로 평가되며, 각 개발계획은 이 평가 기준들이 제시하고 있는 구체적인 최소 요구 점수를 달성해야 한다(City of Fort Collins, 1982, p.15). 점수화된 기준들은 필수 공공사업이나 부지 설계에 있어 개발의 부정적 외부효과를 감소시키는 역할을 한다. 각 기준은 다른 기준에 대한 상대적 중요성을 결정하는 배수

(5점 척도)를 미리 할당 받는다. 각 평가기준에 대한 득점은 점수와 배수의 곱으로 산정하며, 각 기준에 대한 점수를 모두 합산해 총점을 산정한다. 이를 최고 가능 점수로 나눠주면 달성 비율이 결정되는데, 모든 개발사업은 각 용도 유형별로 제시된 달성 비율을 반드시 넘어야 한다. 표 3-7과 3-8은 문자화된 평가 기준과 점수화된 평가 기준의 예시이다.

표 3-9는 용도지역제 챕터 118-83 토지개발지침(LDGS)의 각 평가 범주 중 모든 개발 사업(all development)에 적용되는 평가 기준에 대한 설명이다(City of Fort Collins, 1982, pp.1-11). 모든 토지 용도는 반드시 이 기준에 따라 평가되어야 한다.

[표 3-9] 용도지역제 챕터 118-83 토지개발지침(LDGS)에 의한 개발사업 평가기준

범주	평가 내용 및 기준
주거지역 공존성	<ul style="list-style-type: none"> • 사회공존성: 프로젝트의 사회적 공존성 측면에서, 지원자와 영향을 받는 주거지역의 모든 의견차가 해결되었는가? “사회적 공존성의 영향 확인”을 위해 관리지침에 서술된 절차들을 따랐는가? • 근린특성: 개발이 건축설계, 규모, 부피, 높이, 독자성과 역사적 특성, 부지에 대한 건물의 배치와 방향, 그리고 시각적 일관성과 관련하여 부지환경 및 주변 주거지역 환경과 공존할 수 있는가? • 대지 사용 갈등: “토지용도 갈등”과 관련된 “관리 지침”에 의해 검토 되었듯이 제안된 개발과 주위 토지용도 간에 존재 할 것으로 추정되는 갈등이 계획 단위 개발에서 효과적으로 완화되었는가? • 교통영향: 추가로 발생하는 교통이 주변 개발에 심각한 부정적인 효과를 발생시키지 않도록 프로젝트가 설계되었는가?
계획과 정책	<ul style="list-style-type: none"> • 종합계획: 개발이 종합도로계획, 공공용지 계획, 기타 공공계획 등의 계획요소와 적절히 부합하는가?
공공시설, 서비스, 안전	<ul style="list-style-type: none"> • 도로용량: 프로젝트에 의해 발생하는 교통량이 시에서 정한 외부 교통 시스템의 향후 용량을 초과하는가? • 유틸리티 용량: 개발에 적정량의 공익 시설이 제공되고 있는가? 다음 공공사업들의 확대와 증진을 위한 준비가 되어 있는가?(상수도, 천연 가스, 오수거, 빗물 배수, 전기) • 설계기준: 프로젝트가 다음 공공사업들의 설계기준과 요구 조건을 잘 따르고 있는가? 변동 사항들이 승인되었는가?(상수도, 관개, 오수거, 대량 수송수단, 전기, 화재 보호, 천연가스, 케이블 텔레비전, 빗물 배수, 보도/자전거 도로, 홍수 피해지역, 전화, 도로/보행자) • 비상구: 프로젝트는 비상 차량과 긴급 구조대의 적절한 출입에 대비하고 있는가? • 보안등: 모든 차량 및 보행자 동선과 건물 외곽에 적절한 보안등이 설치되어 있는가? • 수해위험: 프로젝트가 관개수로, 수역, 및 기타 수로를 포함하고 있다면, 생명과 재산 피해를 최소화하기 위한 필수적인 예방 조치가 취해졌는가?
자원보호	<ul style="list-style-type: none"> • 토양 및 경사지 위험: 프로젝트가 자연적지리적 위험요소나 도시개발에 적합하지 않은 토양상태를 가지고 있는 영역을 포함한다면, 이러한 한계를 극복하기 위해 특별한 공학적 예방책이 취해지는가? 이 영역들이 개발에서 제외되었는가? • 중요한 초목지: 프로젝트가 기존의 중요한 식물들을 실제와 같이 보존할 수 있는가? • 야생동물 서식지: 프로젝트가 Colorado Division of Wildlife에 의해 중요하고 특별한 주의가 요망된다고 확인된 야생 동물 서식지, 천연식품 근원, 새둥지, 월동 및 수원으로 제공되는 영역을 포함한다면, 이 보존지역에서 부정적 외부효과를 방지하기 위한 특별 예방 조치가 이행되었는가? • 역사적 지형지물: 프로젝트가 현지 지정 역사 지구 내에 위치하고 있거나 현지 지정 주요 지형 구조를 포함한다면, 프로젝트의 내용이 시의 주요 지형 조례에 상충하고 있는가? • 광산: 프로젝트가 채산성 있는 상업용 광산 지역을 포함한다면, 정상적인 광산활동을 방해하지 않도록 설계되었는가? • 생태민감지역: 프로젝트가 생태학적으로 민감한 영역을 보호하는가? • 농지: 프로젝트가 농업적으로 중요한 토지를 보존하는가?
환경기준	<ul style="list-style-type: none"> • 대기질: 프로젝트가 유해/유독하거나, 부식성의 악취, 먼지, 매연, 부유 고형이나 액체 입자, 또는 관찰자의 시야를 방해할 수 있는 임의의 대기 오염물질을 포함하는가? 해당 지방, 주 정부 그리

범주	평가 내용 및 기준
	<p>고 연방 대기 환경 기준을 따를 것인가?</p> <ul style="list-style-type: none"> • 수질: 프로젝트가 침식과 퇴적, 유출 조절, 그리고 고품 폐기물과 유해 물질들을 포함하는가? 해당 지방, 주 정부 그리고 연방 수질 기준에 따를 것인가? • 소음: 제안된 토지 용도와 활동들은 시 소음 조절 조례에서 지정한 최소 소음 성능 수준을 초과하지 않도록 행해질 수 있는가? 허용된 최대 소음 데시벨 수준은 지역 구획 범주의 한 부분에 따르기보다는 제안된 토지 용도에 기초할 것이다. 건축 허가 발행 이전에 불쾌한 소음 제거를 위한 세부 계획이 필요할 수 있다. • 채광 및 열: 제안된 활동이 직간접적으로 강렬한 채광이나 열을 발생한다면, 임의의 소유지 경계선으로부터 완벽하게 감지할 수 없는 빛이나 열을 만드는 것과 같은 방식으로 폐쇄된 건물 내 또는 다른 효과적인 차폐시설 내에서 작업이 행해지는가? 건축 허가 발행 이전에 강렬한 채광이나 열을 제거하기 위한 세부 계획이 필요할 수 있다. • 진동: 프로젝트는 임의의 소유지 경계선으로부터 도구 없이 감지될 수 있는 어떠한 진동도 야기하지 않을 것인가? 가설물은 이 기준에서 제외된다. • 외부 조명: 가로등과 긴급 경고등 또는 교통 신호등을 제외한 외부 조명은 공공도로, 보도, 임의의 주거지역으로의 과도한 채광을 방지하기 위해 광원을 충분히 가리는 방식으로 설치되는가? • 하수/폐기물: 모든 하수와 산업 폐기물은 연방 및 주 정부, 지방의 기준을 따르는 방식으로 처리되고 처분될 것인가? 폐기물 처리에 관한 세부 계획은 건축 허가 발행 이전에 필요할 수 있다.
부지설계	<ul style="list-style-type: none"> • 지역사회 조직: 건물, 동선, 공공용지 영역과 같은 부지 계획 요소들은 활동이 지역 사회와 이웃의 구조적 시스템과 통합될 수 있도록 부지에 배치되어 있는가? • 부지조직: 건물, 동선, 공공용지, 조경 등과 같은 부지계획 요소들은 효율적이고, 기능적으로 조직되어 있으며, 집약적인 계획단위개발을 만들어 내기 위하여 설계되고 배치되어 있는가? • 에너지 보존: 건축구조, 향, 배치, 조경, 재생 에너지원 등과 같은 부지계획 요소들의 설계와 배치는 프로젝트에 의해서 소모되는 전반적인 에너지 감소에 기여하는가? • 사생활 보호: 건물, 동선, 공공용지와 조경 등과 같은 부지 계획 요소들은 프로젝트 내 거주민들의 사생활 보호의 기회를 최대화하기 위하여 설계되고 배치되는가? • 공공용지 배치: 건물과 공공용지 영역의 설계와 배치는 부지배치의 전반적인 미관에 기여하는가? • 건물 높이: 임의의 건물이나 구조가 경사면 위에서 40피트를 초과한다면, 프로젝트는 건물 높이 평가 기준을 준수하는가? • 차량 이동: 도로와 주차 시스템은 부지의 안팎에서 자연스럽고, 안전하며, 편리한 차량 이동에 대비하고 있는가? • 차량관련 설계: 도로와 주차 시스템은 전반적인 부지 배열의 미적 질에 기여하도록 설계되는가? • 주차: 개발은 시의 필수 주차 용량을 만족시키고 보행자와 물건 및 상품의 적재와 하역에 적합한 충분한 공간을 제공하는가? • 위락 공간: 인근 주거용으로 조용하며 사생활 보호를 위한 충분한 차폐시설을 갖춘 활발한 위락 공간은 주거 단위로 적절히 위치되어 있으며 접근이 용이하게 되어 있는가? • 사유 옥외 공간: 주거 프로젝트는 거주민들의 사용을 위하여 충분한 크기와 적절한 밝기, 태양, 통풍, 사생활 보호, 가구 단위로의 편리한 접근을 제공하는 개인 소유 뜰, patio, 그리고 발코니 등과 같은 사적 옥외 공간들을 준비하고 있는가? • 보행자 편의: 보행자 동선 체계는 부지에서, 그리고 이웃과 부지 내의 소유물과 활동들 사이에서 보행자들이 안전하고 편하게 이동할 수 있도록 확실하게 설계되는가? • 보행자 갈등: 보행자 동선 체계는 포장 형태, 경사 차이, 조경과 조명을 포함하는가? 편의, 안전 그리고 주차장과 도로를 가로지르는 생활 편의 시설을 강화하기 위한 설계 특성을 포함하는가? • 조경/공지: 조경 계획은 각 지역들의 용도와 시각적 외관에 기여하도록 차량 사용, 공공용지, 그리고 보행자 구역의 처리에 대비하고 있는가? • 조경/건물: 조경 계획은 건물 설계의 전반적인 시각적 질을 향상시키도록 인접한 건물들의 처리에 대비하고 있는가? • 조경/차폐: 조경계획은 정리함, 주차장, 적하구역, 쓰레기통, 외부 저장 구역, 막다른 벽이나 울타리, 차도, 보행자 구역, 대중들에게 시각적 관심이 낮은 다른 지역들을 차단하는가? • 공공 출입: 개발이 기존 혹은 승인된 공원, 또는 공공공지 구역과 인접 한다면, 부지 계획에 그 지역으로의 공공 출입에 지장을 주지 않도록 하기위한 규정이 세워져 있는가? • 안내판: 프로젝트 안의 모든 광고 또는 안내판들은 이 장의 규정에 따르는가?

출처: City of Fort Collins(1982, pp.1-11)

② 미국 벅스 카운티의 모델 성능기반 용도지역 조례

모델 성능기반 용도지역 조례(Performance Zoning Model Ordinance)는 효과적인 자연녹지지역 보전을 위해 1996년 미국 펜실베이니아 주의 벅스 카운티(Bucks County)에서 수립한 용도지역제다. 이는 주거용도지역 구획의 유연성을 확대해 개발사업 용지 이용의 효율성을 높임으로써 자연녹지지역을 보전하고 개발영향을 최소화한 성능기반 용도지역제의 대표적 사례다. 다음은 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제에 대한 이해를 돕기 위해, 용도지역 조례의 내용 중 핵심적인 부분을 발췌하여 재정리한 것이다(Bucks County Planning Commission, 1996).

□ 기본개념 및 특징

벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제의 핵심 접근방식은 최소 공공녹지, 최대 주거밀도, 불침투 표면 등 세 가지 성능기준을 활용해 주거단지 개발에 의한 자연녹지지역의 훼손을 최소화함과 동시에 주거단지 계획의 유연성을 제공하는 것이다. 개발 강도는 부지에 대한 평가와 세 가지 성능기준에 따라 결정되는데, 구체적인 최소 공공용지 기준이 각 자연지역의 특성에 따라 정해진다. 예를 들면, 범람지역과 습지는 100% 공공용지로 지정되며, 어떠한 개발도 허용되지 않는다. 25% 이상 경사지에 대해서는 80% 이상을 공공용지로 활용해야 하며 20% 이내의 면적만이 개발 될 수 있다.

개발사업의 첫 단계는 개발 대상지의 자연지역 지도를 제작하고 부지용량 산출(site capacity calculation) 분석을 통해서 개발부지 지역을 결정하는 것이다. 성능기반 용도지역제의 적용을 구체화하는 부지용량 산출은 개발대상 부지의 필수 공공용지와 최대 허용 주거밀도를 근거로 개발이 적합한 ‘순(net) 건설부지 면적’을 산출해 내는 과정이다. 즉, ‘순 건설부지 면적’은 단순하게 전체 대상지 면적에서 천연자원 보호지역과 기존 도로 면적을 제외한 면적으로 설명될 수 있으며, 특정 지역에서의 천연자원 보호지역 면적과 의무 최소 공공용지 면적 중 큰 값이 ‘순 건설부지 면적’을 계산하는 부지용량 산출 수식에 사용된다. 이처럼 지역의 천연자원 특성, 의무 최소 공공용지 기준 등은 주거단지 개발을 위한 부지 산출 성능기준으로서 직접적인 영향력을 갖는다.

단독주택에서부터 아파트에 이르기까지 다양한 주거형태를 허용하는 주거단지 계획의 유연성은 부지용량 산출을 통한 개발사업의 자연지역 침해량 제한과 함께 자연녹지 보

전을 위한 벅스 카운티 성능기반 용도지역제의 중요한 제도적 수단이다. 주거단지 계획의 유연성은 다음과 같은 두 가지 형식을 통해 실현될 수 있다. 첫째, 보전되어야 하는 자연 녹지지역들로 인해 개발이 제한되는 경우, 공동주택과 같이 밀도가 높은 주거형태의 도입을 통해 요구되는 주거단지 개발사업의 밀도를 만족시킬 수 있다. 즉, 주거형태의 유연성 없이는 허용되는 최대 주거 세대 수를 채울 수 없게 된다. 둘째, 시장 조건에 부응하는 유연성을 갖는다. 예를 들어, 폭 넓은 주거형태를 허용함으로써 개발 사업자는 공동주택에 대한 시장의 요구를 용도지역제의 개정이나 조건부 승인 없이 만족시킬 수 있다. 이처럼 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제는 모든 유형의 주거양식이 모든 주거지역에서 허용되는 것을 보장했으며, 벅스 카운티 내의 몇몇 시와 타운(town)에서는 농경지역 내에서도 모든 주거 형태를 허용했다. 특히 일반적인 단독주택에서부터 단독주택들의 집단 계획, 그리고 그 외 다른 전형적인 주거형태들까지 모든 주거 유형을 허용하는 ‘성능기준 획지구역(Performance Standard Subdivision)’은 다양한 주거용도지역 내에서 허가되고 있는 용도지역으로서, 지방정부의 용도지역법을 통해서 실행되어지는 것 중 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제의 개념을 가장 잘 보여주는 한 예이다.

□ 주거지역 구획의 유형과 목적

성능기반 용도지역제 조례에서의 주거지역 구획은 개발 구획 원칙에 근거하며, 구획의 네 가지 범주인 개발지구, 도시지구, 보존지구, 천연자원 보호지구로 구분된다. 각 지구의 세부적인 내용은 다음과 같다.

- 개발지구: 성장 가능성이 있는 장소
- 도시지구: 자치구, 마을, 또는 충전형 개발이 가능한 그 외 다른 개발지역
- 보존지구: 기본적으로는 개발에 적합하나 고밀도 개발이 필요치 않은 지역
 - 개발지구내의 용지가 개발 될 때 보존 지구의 한 부분이 개발 구획 범주로 포함될 수 있음
- 천연자원 보호지구: 자연적으로 민감한 특정 지구를 보호하기 위한 목적을 가진 지구

출처: Bucks County Planning Commission(1996, Article II)

각 지역의 목적에 대한 근본적인 이해를 제공하기 위한 설명, 용도 지역의 형태와 수, 각 지역별로 허가되는 용도, 스케일이나 규모에 관한 규정 등 용도지역제와 관련된 다양한 규정들은 성능기반 용도지역제에 익숙한 도시 계획가가 작성하며, 벅스 카운티 토지이용 계획위원회(Zoning Commission)의 직원들은 시(市)나 타운(town)과 같은 지역 자치 정부 공무원들을 지원하는 역할을 한다.

□ 주거지역의 세부 유형

주거용도는 크게 (A1)단독주택, (A2)단독주택 집합구역, (A3)성능기준 획지구역으로 구분된다. 이 중, 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제가 목표로 하는 자연녹지지역 보전을 효과적으로 지원하는 주거지역인 ‘성능기준 획지구역’에 대해 자세히 살펴보자. 성능기준 획지구역은 집합주택 개발의 한 유형으로, 이 구역에서는 모델 성능기반 용도지역제가 요구하는 규정과 그 외 다른 요건들을 충족할 경우, 개발사업자가 다양한 주거형태를 포함하는 주거단지를 개발할 수 있다. 이처럼 성능기준 획지구역은 다양한 주거형태의 혼합을 통해 주거의 다양성과 창조적인 디자인을 장려하고, 무엇보다 균형 있는 지역사회 공동체 형성에 기여하는 순기능을 갖는다. 구획된 토지 전체는 공공녹지율, 개발밀도, 불침투 표면면적 비율 규정을 반드시 준수해야 한다. 표 3-10은 세대 규모별 주거 유형 혼합 의무기준을 나타낸 것이다(Bucks County Planning Commission, 1996).

[표 3-10] 개발규모별 주거 유형 혼합 의무기준

개발 세대 수	최소 주거세대 유형 수	최대 주거 세대 유형 비율	최소 주거 세대 유형 비율
1 - 60	1	100%	20%
61 - 150	2	60%	15%
151 - 400	3	40%	5%
401 이상	4	40%	5%

출처: Bucks County Planning Commission(1996, Article III, Section 300. A. 2)

□ 천연자원 보호 기준

경사도 변경, 매립 및 성토, 자연지역 개발 등 건축 개발사업을 위한 용지의 형태변경 시 준수되어야 하는 의무사항들과 이를 평가하는 기준들은 주거유형의 혼합 기준과 함께 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제의 핵심요소다. 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제의 천연자원 보호기준은 용지 분할이나 토지개발계획 또는 용도지역제가 요구하는 승인절차 과정에서 다음과 같은 자료의 제출을 의무화 하고 있다.

- 모든 천연자원과 제안된 용도를 표현한 부지 설계도
- 제안된 개발을 통해 발생 가능한 자연지역의 잠식 및 피해 정도
- 개발 대상지 내의 천연자원 및 녹지지역의 면적
- 개발을 통해 피해를 입을 수 있거나 잠식될 수 있는 천연녹지 자원의 면적

출처: Bucks County Planning Commission(1996, Article IV)

□ 건축 가능 영역(Building Envelope)과 소유권 제한(Deed Restriction)

건축가능 영역의 명시 또한 벅스 카운티 모델 성능기반 용도지역제의 천연자원 보호 기준을 적용하는 데 있어 중요한 역할을 하는 제도적 수단이다. 건축가능 영역은 건축 후 퇴선, 완충영역, 100% 보호기준이 적용되는 지역 그리고 이 조례에 명시된 사항에 따라 개발되거나 침범될 수 없는 일부지역 등 부지 내에서 어떠한 개발제한도 없는 영역으로 정의된다. 건축가능 영역을 확인하는 목적은 천연자원 보호기준과 최소 건축 후퇴선 적용 등 이 조례의 의무사항 부합 여부를 확인하고, 건축물 건설을 위한 충분한 면적을 확보할 수 있도록 하기 위한 것이다. 표 3-11은 지구유형별 토지분할 시 모든 주거용도에 적용되는 최소 건축가능 영역 기준을 나타낸 것이다.

[표 3-11] 지구 유형별 토지 분할시 최소 건축가능 영역 기준

지구	최소 용지 면적	최소 건축가능 영역	
		단독 주택	허용된 다른 용도
자원보호지구(RP)	2acre	8,500ft ²	20,000ft ²
지방농업지구(RA)	2acre	8,500ft ²	20,000ft ²
지방지구(R1)	1acre	8,500ft ²	20,000ft ²
교외중간밀도지구(SM)	15,000ft ²	5,500ft ²	15,000ft ²
교외고밀도지구(SH)	12,000ft ²	4,500ft ²	10,000ft ²
도시주거지구(UR)	9,000ft ²	4,000ft ²	10,000ft ²

출처: Bucks County Planning Commission(1996, Article III, Section 300. B)을 참고하여 재정리

□ 부지 용량 산출(Site Capacity Calculations)

부지 용량 산출은 개발 활동이 환경적으로 민감한 지역에 가져오는 혼란을 자생적으로 견뎌낼 수 있는 수준의 개발강도를 결정하기 위한 합리적 근거를 제공한다. 또한 이를 통해 불안정하거나 위험 가능성이 있는 개발 부지를 사전에 제외함으로써 자연재해로부터 공공의 안전과 재산을 지키는 기능을 담당한다. 이는 기본적으로 개발이 적합하지 않은 지역들을 전체 개발 대상지에서 제외하는 기본적인 방식을 토대로 하는 성능기반 용도지역제의 대표적 성능기준으로서, 기존 지역의 자연·도시적 특성을 최대한 반영하는 개발 사업을 유도한다. 부지 용량 산출은 (A2)단독주택 집합지역과 (A3)성능기준 획지구역, 또는 이동 주택 단지에 적용된다. 이를 통해 특정 개발 대상 부지에 대한 ‘순 건설부지 면적’, 최대 분할지 또는 주거 세대 수, 최대 불침투 표면과 공공녹지 면적 등이 결정된다. 필수 공공용지는 천연자원 보호지로 판명된 지역을 포함 할 수 있다.

기초 부지 면적(base site area)은 총 부지 면적에서 미래 도로 용지, 현재 상하수

도관 또는 케이블 및 전선관 등과 같은 유틸리티 기반시설을 위한 용지, 도로, 철로, 주요 강이나 수로로 인해 분리 되었거나 인접하지 않은 토지, 혹은 과거 토지 분할에서 확인되는 용지나 공공녹지로 계획된 용지를 삭감해 산정한다(Bucks County Planning Commission, 1996). 이 외에도, 자원 규제 및 보호 토지, 레크리에이션 용도 토지, 표준 최소 공공녹지, 순 건설부지 면적, 전체 획지 수 대비 최대 주거 세대, 불침투 표면적 등의 세부적인 부지 용량을 산출하게 된다. 각각에 대한 구체적인 산출식은 모델 성능기반 용도지역 조례(Bucks County Planning Commission, 1996, Section 402)를 통해 확인할 수 있다.

③ 미국 셸비빌의 성능기반 용도지역 조례

미국 인디애나 주의 소도시 셸비빌(Shelbyville)은 단독주택, 두 세대 주택, 공동주택 개발에 있어 점수제를 활용한 성능기반 용도지역제를 적용했다. 성능기반 용도지역제 도입의 취지와 성능기준 산출 방식, 허가 과정과 점수표를 쉽고 효과적으로 전달하고 있다는 점에서 초기 성능기반 용도지역제 사례인 포트 콜린스시의 토지개발지침 시스템과 비견되는 사례다. 현재는 2010년 수립된 시 종합계획(Comprehensive Plan)에 따라 기존 용도지역제를 재정비한 통합 개발 조례(Unified Development Ordinance)를 운영하고 있다. 다음은 2004년 당시 셸비빌시의 용도지역제 중 성능기반 용도지역제 관련 조항(Article 3)을 발췌하여 정리한 것이다(City of Shelbyville, 2004, pp.2-6).

□ 기본개념 및 적용 조건

셸비빌의 성능기반 용도지역제는 건축물 디자인과 주거단지 개발밀도에 유연성을 제공하고, 그 밀도에 적합한 맥락에서 가급적 높은 밀도의 주거단지가 개발될 수 있도록 유도하기 위한 목적을 가지고 있다. 이 목적을 달성하기 위해, (R1)단독주택 주거단지, (R2) 두 세대 주거단지, (RM)공동주택 주거단지 구획에 대한 대안으로서, 개발사업이 제공하는 구체적인 생활편의와 근접성 수준을 바탕으로 대체 용지의 개발을 허용한다(City of Shelbyville, 2004, p.2). 이때, 성능기준과 대체 용지 규격은 각 구획별로 지정되는데, 이 조항에 명시된 구획 이외의 어떠한 구획에서도 성능기준을 적용하지 않는다(City of Shelbyville, 2004, p.2).

- 최소 면적: 대체 용지 자격이 되기 위해서는 R1과 R2의 경우 최소 10 에이커, RM의 경우 최소 5에이커 이상의 면적이 확보되어야 한다.
- 개발업자 요건: 개발업자는 초기구획(R1과 R2 구획에 위치 시) 또는 부지 개발계획(RM 구획에 위치 시) 신청이 제출되는 시점에 이러한 대체 성능기준을 적용한다는 의사를 명확히 밝혀야 한다. 또한, 개발업자는 이러한 대체 기준 적용에 필요한 모든 정보를 제공할 책임을 진다. 개발이 단계별로 진행될 시, 성능평가 기준과 관련된 특성 정보들이 각 시공 단계별로 제공되어야 한다.
- 적용 기준: 대체 용지에 대한 개발 자격은 각 구획별로 마련된 성능기준 점수표와 성능평가기준에 기초해 결정된다. 성능기준 점수표에 따라 계산된 전체 평점에 기초한 대체 용지 규격은 각 구획별로 제공되는 규격을 따른다.

출처: City of Shelbyville(2004, p.2)

□ 성능기반 용도지역제의 적용 절차

앞서 제시한 세 구획(R1, R2, RM)에 적용되는 기존 용도지역제를 대신하여, 성능에 기반을 둔 대체 규정을 적용하기 위한 절차는 다음과 같다(City of Shelbyville, 2004, pp.3-4).

- 1. 성능기반 용도지역제의 기준들을 이용해 기본 용지를 결정한다.
 - 기본 용지 결정: '기본 용지'는 성능기반 용도지역제의 기준에 의거하여 각 지역 구획별로 정해진 용지 기준을 적용하여 한 개발 부지에서 합리적으로 분할 될 수 있는 용지의 수이다. 기본 용지 수는 각 지역 구획별로 성능기준 평점 도표를 적용하기 위한 지침으로 사용될 수 있다. 기본 용지를 결정하기 위한 식은 다음과 같다. 기존 공공도로와 법적으로나 물리적으로 주택용지로 개발될 수 있는 지역들은 개발 가능 면적에 포함되지 않는다(City of Shelbyville, 2004, p.3).

$$\text{기본 용지} = \text{개발 가능 면적} - (\text{개발 가능 면적} \times 0.3) / \text{지역 구획 최소 용지 면적}$$

- 2. 구획별 평점표를 활용해 부지 조건 점수를 결정한다.
 - 부지 조건 점수 결정: 기본 용지 수를 이용해 해당 구획별로 부지 조건 평점 표에 명시된 사항들에 기초하여 개발 시 부지 상태에서 획득할 수 있는 점수를 결정한다. 획득한 점수들을 합산해 개발사업 전체의 부지 조건 평점을 구한다.
- 3. 구획별 평점표를 활용해 구조 특성 점수를 결정한다.
 - 구조 특성 점수 결정: 기본 용지 수를 이용해 해당 구획별로 구조 특성 평점표에 명시된 사항들에 준하여 개발 시 구조 특성상 획득할 수 있는 점수를 결정한다. 획득한 점수들을 합산해 개발사업 전체의 구조 특성 평점을 구한다.
- 4. 2단계와 3단계 점수를 합산하여 전체 개발 점수를 결정한다.
 - 전체 개발 점수 결정: 부지 조건 점수와 구조 특성 점수를 합산해 개발사업이 획득한 전체 점수를 결정한다.

- 5. 4단계 결과를 구획별 성능기반 용지기준 표에 적용하여 대체 용지 규격을 결정한다.
-대체 용지 규격 결정: 해당 구획별로 획득한 전체 점수를 성능기반 용지 기준표에 적용한다. 획득한 전체 점수에 상응하는 대체 용지 규격은 기존의 구획별 기준들을 대체할 수 있다.
- 6. 구획별 평점표를 활용해 입지 보너스 점수(R1과 R2의 경우)를 결정한다.
이 점수를 4단계의 총계에 합산하고 영향을 받은 지역의 경우 5단계를 반복한다.
-입지 보너스의 결정(R1과 R2의 경우): 해당 구획별로 입지 보너스 평점표에 준하여 입지 보너스 점수를 결정한다. 이 추가 점수를 전체 점수에 합산하고, 해당 구획별로 새로 산정된 점수를 성능기반 용지 기준표에 적용한다. 입지 보너스 점수를 획득한 특정 근접 범위내의 개발 지역들만이 성능기반 용지 기준표에 상응하는 범위 내에서 용지 규격 조건을 완화할 수 있다. 용지 면적은 입지 보너스 지정 지역 내에서만 완화될 수 있다.
- 7. 산정된 성능기반 용지기준 결과와 용지분할관리 조례에 의해 정해진 용지분할 절차를 따른다.

출처: City of Shelbyville(2004, pp.3-4)

[표 3-12] 부지 조건 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)

범주	규격		점수	가능한 조합	최대수치	획득점수
공공용지 및 휴양토지 특성						
공공용지	(A)	>기초 용지당 1,500ft ²	(1) 미개발 자연지역	75	(A)(1)+(B)(2)=175 (A)(2)+(B)(1)=300	300
			(2) 개발된 공원	250		
	(B)	기초 용지당 1,000-1,500ft ²	(1) 미개발 자연지역	50		
			(2) 개발된 공원	1100		
보행길	(A)	개발사업의 8ft 너비 보행길 포함		25	해당 없음(눈금)	75
	(B)	개발사업의 선형공원 내의 보행길 포함		75		
조경/가로수 보호	(A)	기초 용지당 최소 활엽수 세 그루가 개발에 포함		25	(A)+(B)=50	50
	(B)	최소 기준 활엽수의 50% 보존(최소20그루)		25		
교통 특성						
입구 디자인	조경설계가 고려된 입구가 개발에 포함			25	해당 없음	25
공공기반시설						
배수시설 디자인	용지 후면에 배수시설 포함			225	해당 없음	225

출처: City of Shelbyville(2004, p.5)

표 3-12~3-15는 앞서 설명한 절차에 대한 이해를 돕기 위해 R1 단독주택 주거지역 구역의 대체 적용을 위한 점수표와 대체 용지 기준을 제시한 것이다(City of Shelbyville,

2004, pp.5-6). 두 세대 주택과 공동주택의 점수표는 쉘비빌시의 용도지역 조례 3장에서 확인 가능하다(City of Shelbyville, 2004, pp.7-9).

[표 3-13] 구조 특성 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)

범주	구격	점수	가능한 조합	최대점수	획득점수
차고 방향	(A) >기본용지의 100%는 주거지역 뒤쪽으로 차고문을 위치	75	해당 없음 (눈금)	225	
	(B) 적어도 기본용지의 75%는 차고문을 공공가로 쪽으로 향하지 않음	75			
	(C) 적어도 기본용지의 75%는 차고를 골목쪽에서만 접근	150			
	(D) 모든 주택은 차고를 골목쪽에서만 접근	225			
프론트 포치	적어도 기초용지주택의 75%는 프론트 포치를 보유	50	해당없음	50	
외장 재료	(A) 적어도 기본용지의 75%는 전면의 75% 이상을 나무, 벽돌, 혹은 돌을 사용	25	(A)+(C)=75 (A)+(D)=100 (B)+(C)=100 (B)+(D)=125	125	
	(B) 적어도 기본용지의 75%는 전면의 100%를 나무, 벽돌 혹은 돌을 사용	50			
	(C) 적어도 기본용지의 75%는 외장의 50% 이상을 나무, 벽돌, 혹은 돌을 사용	50			
	(D) 적어도 기본용지의 75%는 외장의 75% 이상을 나무, 벽돌, 혹은 돌을 사용	75			

출처: City of Shelbyville(2004, p.5)

[표 3-14] 입지 보너스 평점표(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)

범주	구격	점수(구격에 맞는 용지에만 적용)
근린서비스	(A) 용지가 근린상업서비스의 1/4 마일 내에 위치	100
	(B) 용지가 근린상업서비스의 1/2 마일 내에 위치	75
공원	(A) 용지가 공원의 1/4 마일 내에 위치	100
	(B) 용지가 공원의 1/2 마일 내에 위치	75
주 간선도로	(A) 용지가 간선도로의 1/4 마일 내에 위치	100
	(B) 용지가 간선도로의 1/2 마일 내에 위치	75

출처: City of Shelbyville(2004, p.6)

[표 3-15] 성능기반 대체 용지 기준(예시: R1 단독주택 주거지역 구획)

총점	최소용지 크기	최소용지 너비	최대 건폐율	최소 건축선 후퇴						주택 당 최소 거실 면적
				용지 전면			공공도로에 면한 차고문	용지 측면	용지 후면	
				간선 도로	집분산 도로	지방 도로				
350-424	8,000ft ²	65ft	50%	50ft	30ft	20ft	20ft	7ft	15ft	1,200ft ²
425-624	6,500ft ²	50ft	60%	50ft	20ft	15ft	20ft	5ft	10ft	1,000ft ²
625+	5,400ft ²	45ft	60%	50ft	20ft	15ft	20ft	5ft	10ft	900ft ²

출처: City of Shelbyville(2004, p.5)

④ 호주 애서튼 샤이어의 Integrated Planning Act

□ 목적

호주 퀸즐랜드 주 애서튼 샤이어(Atherton Shire)시는 1997년 수립된 Integrated Planning Act(IPA)²⁸⁾를 바탕으로, Atherton Shire Planning Scheme을 마련했다. 이는 성능기반 용도지역제의 개념을 도입한 성공적인 계획 사례로 평가받고 있다. 이 제도는 성능기준을 바탕으로 토지이용을 계획함으로써 정부 당국이 개발행위를 과도하게 규제하지 않도록 하는 것을 목적으로 한다(Atherton Shire Council, 2004). 이를 통해 기존의 규제적 접근에서 환경적 영향을 평가하는 방식으로 도시계획 체계를 개혁하고 있으며, 개발 승인절차의 간소화와 개발과정의 확실성을 제공하고 생태적 지속가능성을 추구한다(Atherton Shire Council, 2004).

□ 성능기준

애서튼 샤이어시는 IPA에 근거하여 엄격한 ‘바람직한 환경적 성과물(DEO: Desired Environmental Outcome)’을 가지고 있으며, 성능지표는 개발에 대한 평가가 아닌 DEO의 달성을 평가하는데 활용된다(Atherton Shire Council, 2004, p.8). 시 당국은 이 계획을 통해 각 용도지구에 대해 경제개발, 거주 패턴, 커뮤니티 개발 및 삶의 질, 천연자원과 문화자원, 사회기반시설 등 5개 분야의 DEO를 설정하고, 이를 평가하기 위한 성능지표를 다음과 같이 개발하였다(Atherton Shire Council, 2004, pp.139-143).

- 다양하고 지속가능한 경제개발을 평가하기 위해 소매·유통업의 다양성, 지역발전을 위한 상업·교육·의료서비스 제공 여부, 고용기회와 생산성 제고 여부를 고려해야 한다.
- 지역사회 개발 및 삶의 질을 평가하기 위해 교육기관까지의 거리, 개인정원의 비율, 오픈스페이스 및 공공문화 체육시설의 분포 등을 고려해야한다.
- 개발이 유발하는 부정적 영향과 환경 및 문화유산 보전 등을 중점적으로 고려해야한다.
- 사회기반시설, 토지이용계획, 경제개발 활동 사이의 조화를 평가하기 위하여 토지이용 변경의 발생순서, 지역개발 기반시설을 제공하기 위해 지원되는 보조금, 교통시설, 환경기초시설 등을 고려해야 한다.
- 주거지역에서의 가정거점 사업의 경우, 법적 성능 기준치를 만족하고 건물의 규모, 위치, 운영시간, 소음, 교통 혼잡 등 사업 활동으로 인한 영향이 주거지역의 다른 활동과 별 차이가 없는 경우에만 승인 가능하다.

출처: Atherton Shire Council(2004, pp.139-143)

28) IPA는 뉴질랜드의 Resource Management Act를 기반으로 하며, 조직적이고 통합적인 계획과 개발에 의한 환경영향 관리를 통해 생태적 지속가능성을 추구한다.

2) 성능기반 용도지역제의 작동 방식과 국내 적용가능성

① 성능기반 용도지역제의 작동 방식

□ 기존 유클리드 모델 용도지역제를 바탕으로 보완적으로 적용

상기한 사례들을 종합해보면, 용도지역별로 차등화된 성능기준을 적용한다는 점에서 성능기반 용도지역제는 기존 유클리드 모델 용도지역제를 기본 틀로 적용하고 있음을 알 수 있다. 특히 성능기반 용도지역제의 핵심 작동원리인 성능기준은 특정 용도지역이나 개발사업 방식 또는 명확한 목표를 대상으로 전문적이고 한정적으로 작동되고 있었다.

유클리드 모델 용도지역제의 틀 안에서 용도지역제 운영의 유연성을 제공하는 성능기준들은 다양한 유형의 건축물과 개발사업을 가능케 한다. 성능기준의 이행을 전제로 복합용도 개발이나 단독주택에서 공동주택까지 다양한 주거 유형들의 공존이 가능하게 되는 것이다. 대표적 예로, 다양한 주거유형의 클러스터 개발을 지원하는 벅스 카운티의 '성능기준 획지구역'은 유클리드 모델 용도지역제의 운영상의 경직성을 완화하여 천연자연 지역의 보전을 효과적으로 지원하고 있다. 이처럼 성능기반 용도지역제는 지역의 자연과 도시환경 특성을 반영하고 지역사회의 비전과 목표 달성을 우선적으로 지원하는 전문화되고 정교한 성능기준의 적용을 통해 개발사업이 지역사회가 필요로 하는 긍정적인 혜택을 유발할 수 있도록 함으로써, 기존 유클리드 모델 용도지역제 방식을 효과적으로 보완한다.

□ 창의적인 점수제의 활용

성능기반 용도지역제의 유연성 있는 시스템을 지원하는 '점수제'는 개발 사업자가 보다 창의적으로 개발사업과 지역사회의 목표를 동시에 만족시킬 수 있는 기회를 제공한다. 또한 이 점수제는 지역사회 발전을 위해 수립된 목표들이 경직된 규제로서 작용하기보다는 유연성 있는 제도적 환경 내에 통합되어 경제적 유인 요소로서 작용하는 효과를 가진다(Eggers, 1990, p.12).

포트 콜린스의 토지개발지침 시스템에서 적용된 문자와 숫자로 된 평가기준들, 44개의 의무 성능기준, 각 성능기준별 중요도에 따른 차별화된 배수들의 적용, 기본 점수 외의 별도의 보너스 점수 운영 등은 모두 이 시스템의 유연성 있는 운영을 지원하는 점수체계이다. 이러한 점수제 방식 하에서 개발 사업자는 개발사업 평가과정에서 각각의 성능

기준들이 강조하는 면들을 창의적으로 접근해 각 기준이 요구하는 조건들을 만족시킬 수 있게 된다. 셸비빌시의 점수제에서도 각 평가 분야 내에서 세부 평가요소들의 합산 허용, 각 평가 분야가 허용하는 최대 점수의 제한, 개발사업 특성별 평가기준 점수제 운영 등 다양한 형태의 점수제 운영을 통해 질적으로 균형 있는 개발사업을 유도하기 위한 접근방식을 보여주었다. 특히, 옥외간판, 대중교통 접근성, 공공 시설물, 저소득 주거공급 등에 대한 유연성 있는 성능기준의 운영은 개발사업의 공적 기여를 유도함으로써 지역사회가 필요로 하는 양질의 사업 결과물을 보장하는 제도적 장치가 될 수 있다.

□ 성능기준 적용대상 설정의 유연성

본 사례연구를 통해 살펴본 포트 콜린스시의 PUD 방식, 벅스 카운티의 주거단지 개발사업, 셸비빌시의 주거용도 지역 등은 각각의 지역사회가 필요로 하는 요구 조건에 맞게 다양한 적용 대상을 설정하며, 용도지역제 운영을 효과적으로 지원하는 작동 방식을 보여준다. 특정 목표나 특정 개발사업을 대상으로 하는 맞춤형 성능기준의 수립과 함께 특정 용도지구에서 특정 개발방식까지 적용대상의 유연성을 통해 용도지역제 운영의 효율성을 확보하는 것 또한 성능기반 용도지역제의 주요한 작동 방식이다. 특히 성능기반 용도지역제의 운영상의 유연성은 다음에서 논의되는 ‘적용 방식’들을 통해 체계적인 제도로서 실현된다.

② 성능기반 용도지역제의 적용 방식과 국내 적용가능성

앞서 검토한 사례들은 성능기반 용도지역제의 적용 범위나 목적, 운영 등에 있어 각기 다른 방식을 보여주고 있다. 그러나 정도의 차이는 있으나 공통적으로 유클리드 모델 용도지역제의 틀을 유지하면서 기존 용도지역제의 기능을 보완하는 형태로서, 새로운 기능들을 실행하는 데 있어 행정적 시행착오를 최소화하려는 적용 방식을 보여 주고 있다.

국내 용도지역제 또한 유클리드 모델 용도지역제를 기반으로 수립되어 운영 중에 있기 때문에, 성능기반 용도지역제의 적용을 위해 기존 용도지역제의 틀을 전면적으로 개편하는 것은 어려울 것으로 예상된다. 이처럼 이미 운영되고 있는 기존 용도지역제의 틀 안에서 지역사회의 정치, 경제, 사회, 문화, 환경 및 공공 자원을 반영하여, 성능기반 용도지역제의 장점을 최대한 실행으로 옮길 수 있는 적용 방식을 찾는 노력은 의미 있는 작업

이 아닐 수 없다. 이를 위해 상대적으로 오랜 기간 동안 검증되어 왔고 가장 효율성 있는 적용 방식으로서 이미 폭 넓게 적용되고 있는 중복지역지구제(Overlay Zoning), 유동지역지구제(Floating Zoning), 인센티브 조닝(Incentive Zoning)과 같은 대안적 용도지역제와의 접목 사례와 국내 적용가능성을 살펴보고자 한다.

□ 중복지역지구제(Overlay Zoning)를 활용한 성능기반 용도지역제

기존 용도지역제의 용도 규정이나 건축행위 규정에 대한 변경 없이 특정 규정들을 추가로 적용할 수 있는 중복지역지구제(Overlay Zoning) 방식을 활용할 경우, 성능기반 용도지역제의 주요 작동 방식인 성능기준을 기존 용도지역제의 틀 안에서 적용하여 의도하는 기능을 효과적으로 실행에 옮길 수 있다. 새로운 용도지역의 설정을 피할 수 있고, 기존 용도지역의 규정이나 경계에 구속되지 않으면서 특정 지침들을 필요한 지역에 한하여 효과적으로 적용할 수 있다는 점이 이 제도의 가장 큰 장점이다(Massachusetts Nonpoint Source Pollution Management, N/A, p.4). 일반적으로 중복지역(Overlay Zone)은 자연환경 또는 사회적 자산의 보호를 위한 부가적 규제가 필요한 경우나 수변 개발, 복합용도 개발, 저소득층 주거개발과 같은 특정한 유형이나 목표 달성을 위한 개발 사업을 권장하기 위해 적용되고 있다. 미국 보스턴시의 경우, 도심 재개발 지역, 도시 성장관리 지역, 도심 농경 지역, 신규로 제공되는 주차 공간 수를 제한하는 주차제한 지역, 침수 위협 지역, 녹지 또는 지하수 보존지역, 주요 가로환경 개선 지역과 같은 다양한 중복지역들이 각각의 주어진 목표를 위해 운영되고 있다.

국내에서는 용도지구나 구역을 통해 중복지역지구제의 개념이 적용되고 있다. 특히, 용도지구의 경우, 용도지역이나 구역에 비해 기존 지구의 개정이나 신규 지구의 도입이 상대적으로 용이하다. 따라서 모든 토지에 일반적으로 적용되는 용도지역제 형태로 성능기반 용도지역제를 도입하기에 앞서, 건축물 에너지의 집중적인 관리가 필요한 지역에 한하여 시범적으로 ‘건물에너지 집중관리 지구’를 도입해 운영해볼 수 있을 것이다.

□ 유동지역지구제(Floating Zoning)를 활용한 성능기반 용도지역제

유동지역지구제(Floating Zoning)는 명칭이 의미하듯 용도지역도 상에 특정 지역이 지정되기보다는 용도지역별로 충족되어야 하는 조건이 문자화된 서술만으로 존재하는 것

을 말한다. 이 경우에는 개발사업의 승인과 함께 용도지역 도면상에 공식적인 용도가 지정되게 된다. 이는 유연성 있는 용도지역제 운영을 지원하는 또 하나의 제도적 도구로서, 성능기반 용도지역제나 성능기준과 같은 새로운 용도지역제 기법을 적용하는 과정에서 그 효과를 기대해 볼 수 있는 적용 방식이다. 특히, 지역사회의 명확한 비전이나 목표는 수립되어 있으나 실행에 관한 확신이 없는 경우에 유효하다. 오늘날의 사회경제적, 물리적 환경을 더 이상 수용할 수 없는 용도 규정을 먼저 폐기하고 새로운 용도지역제 규정을 수립할 경우, 효력이 발효되는 기간 동안 이 지역의 목적이나 경제상황, 자연 또는 도시 환경이 요구하는 조건들에 부합하는 개발사업의 진행과 심의를 가능케 하는 용도지역제 운영 기법이다.

보스턴시의 경우, Interim Planning Overlay District(IPOD)라는 명칭으로 용도지역을 지정하는 방식을 통해 유동지역지구제와 유사한 기능을 운영하고 있다. (1)기존 용도지역제가 더 이상 적합하지 않다고 판단되는 경우, (2)용도지역제의 재정비가 계획되는 경우, 용도지역제의 재정비 이전 포괄적 도시계획이 필요한 경우, 또는 (3)포괄적 도시계획이 수립한 목적에 부합하지 않는 개발사업을 사전에 예방하기 위한 임시 토지이용 규정이 요구되는 경우에 보스턴 용도지역 위원회의 판단에 따라 IPOD의 지정이 결정된다(City of Boston, 2000). IPOD 적용의 대표적 사례인 South Boston Waterfront 지역의 경우, 이 지역에 대한 대규모 경제도시 개발사업의 효과적 실행을 위한 장기 도시계획과 이후 마스틴 플랜을 바탕으로 장기간 진행되고 있는 일련의 개발사업들을 효율적으로 관리하기 위해 이를 지정하였다. 즉, 유동지역지구제는 ‘온실가스 배출량 기반의 성능기반 용도지역제’와 같이 새로운 접근방식으로의 전면적 재정비나 개편이 계획되는 경우에 있어 효과적 실행을 준비하는 계획과정 기간 동안 적용될 수 있다는 데 의의가 있다.

국내에서는 지구단위계획에 의한 특별계획구역이나 유보지의 개념을 통해 이와 유사한 개념이 적용되고 있다. 그러나 이는 국가나 도시의 용도지역 체계의 재정비 과정에서 임시적 토지이용 관리를 위해 적용되는 제도라기보다는 특정지역의 미래 개발수요나 창조적 디자인 요구 등에 유동적으로 대응하기 위해 마련된 제도라고 볼 수 있다. 더욱이 한국의 경우, 용도지역제도가 국가 주도로 수립 및 운영되고 있어 지역 단위의 용도지역 체계 재정비 과정에서 이를 활용할 수 있는 경우도 많지 않다. 따라서 국내에서는 유동지역지구제와 접목한 성능기반 용도지역제의 운영은 쉽지 않을 것으로 판단된다.

□ 인센티브 조닝(Incentive Zoning)을 활용한 성능기반 용도지역제

인센티브 조닝은 저소득층 주거, 공공녹지, 대중교통, 공공 예술품, 도시 기반시설 등 특정 지역에 요구되는 공공시설 또는 서비스의 제공을 조건으로 건축밀도나 고도 제한을 완화하는 방식을 통해 개발사업을 촉진함과 동시에 공공의 목표를 달성하는 용도지역제 운영 기법이다. 이 또한 유클리드 모델 용도지역제를 기본 틀로 하며, 개발 사업의 규모나 주변 지역에 대한 영향에 비례하는 공공 혜택을 보장하는 면밀한 심의과정을 통해 용도지역제 운영의 유연성과 다양성을 지원하는 역할을 한다(Plan Re:Code, 2014). 중복존(Overlay Zone) 지정을 통해 온실가스 감축 관련 성능기준을 조건으로 하는 인센티브가 특정 개발 지역이나 개발 방식 등에 적용될 경우, 개발 활성화와 온실가스 감축이라는 두 가지 성과를 함께 기대해 볼 수 있다.

다양한 정성적·정량적 성능기준들의 충족을 의무화하는 성능기반 용도지역제의 특성상, 인센티브를 통해 요구되는 목표 달성을 유도하는 인센티브 조닝은 제도의 원활한 도입과 효율적 운영을 위해 중요한 역할을 할 수 있을 것으로 기대된다. 특히, 인센티브 조닝은 공개공지 확보, 녹색건축물 인증 등을 대상으로 국내에서도 널리 적용되고 있으므로, ‘건물에너지 집중관리 지구’ 등과 접목하여 초기 성과를 유도하는데 있어 용이하게 활용될 수 있을 것으로 보인다.

6. 사례연구의 함의 및 시사점

3장에서는 건물부문의 온실가스 감축을 위한 세계 각국의 토지이용제도와 각종 지원 제도 사례를 살펴보았다. 먼저, 2절에서는 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지이용규제와 규제완화(인센티브) 사례를 미국과 영국을 중심으로 검토하였다. 토지이용규제 측면에서는 용도지역제와 연계해 LEED 인증을 의무화한 제도가 미국의 여러 도시들에서 시행되고 있었으며, 영국에서는 Merton Rule을 통해 신재생에너지 설비 설치를 의무화하고 있었다. 이는 국내에서 시행 중인 공공건축물에 대한 에너지 효율등급 인증 의무화 제도와 유사한 사례라 할 수 있다. 그러나 용도지역과 무관하게 건축물 용도에 따라 인증 의무를 부과하는 국내 제도와는 달리, 해외 사례에서는 용도지역 변경 시 인증을 의무화 하는 등 (벤쿠버시 사례) 토지이용제도와 더욱 적극적으로 연계된 모습을 확인할 수 있었다.

토지이용규제 완화 측면에서는 미국 시애틀, 알링턴 카운티 등에서 녹색건축 인증 건물에 대한 용적률 기준 완화 제도를 시행하고 있었다. 이는 국내에서 시행 중인 세 가지 유형의 건축물 인증제도를 통해 제공되고 있는 용적률 인센티브와 유사한 성격을 갖는다. 그러나 해외의 경우 용도지역법에 인센티브 규정을 명시하고 있어 각종 용도규제 완화를 법적으로 규정하고 있는 반면(시애틀시 사례), 국내에서는 관련 특례 조항이 「녹색건축물 조성 지원법」에만 명시되어 있고 용도지역제도를 실질적으로 관리하는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」에는 명시되어 있지 않아 용적률 인센티브의 집행이 잘 이루어지지 않고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 하나의 대안으로서 본 연구의 4장과 5장에서는 온실가스 배출량 성능기준, 성능기반 용도지역제, 온실가스 배출권 거래제 등의 통합적 운영을 제안하고자 한다. 건축물의 온실가스 배출량을 성능기준으로 하여 각종 인센티브를 부여할 경우, 제도도입 효과를 제고함과 동시에 도시 차원에서 효율적인 온실가스 배출량 관리가 가능해질 것이다. 이 외에도, 토지이용규제 완화 측면에서 미국의 Zone Green과 Solar America Cities 프로젝트를 통해 녹색건축 및 신재생에너지 설비 설치를 위해 각종 건축행위 규제를 완화하는 모습을 확인할 수 있다.

다음으로 3절에서는 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침으로서, 일본의 저탄소 도시계획 체계와 저탄소 도시계획 가이드라인을 살펴보았다. 이를 통해, 일본의 경우 건물부문의 에너지 및 온실가스를 도시계획 차원에서 관리하고 있음을 알 수 있었다. 특히, 노후 건축물의 면적(面的) 개축, 지역단위 에너지 관

[표 3-16] 해외 제도 및 정책 사례별 주요 내용

국가 및 사례 유형	주요 내용	
규제	<p>용도지역제와 연계한 미국의 LEED 인증 의무화 제도</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 보스턴: 일정 규모 이상의 모든 신축건물에 대해 LEED 인증을 받지 못할 경우 건축허가를 승인하지 않음 • 밴쿠버: 용도지역이 변경되거나 재수립된 지역의 모든 신축건물에 대해 LEED 인증제도의 Gold 등급 이상 획득을 의무화 • 캠브리지: 25,000ft²~49,999ft² 규모의 건물에 대해서는 LEED Certified 등급 이상을, 50,000ft² 이상의 건물에 대해서는 LEED Silver 등급 이상 획득을 의무화
	<p>미국 뉴욕의 Zone Green</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 신축건물의 외벽 두께 8인치 의무화 • 기존 건물 단열재 보강 권고
	<p>알링턴 카운티의 Green Building Bonus Density Incentive Policy</p>	<ul style="list-style-type: none"> • ASHRAE 에너지 효율 기준 대비 상업용 건물과 다목적 건물은 20%, 주거용 건물은 18% 이상 높은 에너지 효율 의무화
	<p>영국의 Merton Rule</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 10,000m² 이상 상업용 신축건물과 10가구 이상의 주거용 신축 건물에 대해 부지 내의 신재생에너지 생산을 통해 에너지 수요 또는 탄소 배출의 10% 이상을 충당할 것을 의무화 • 주거시설뿐만 아니라 모든 건물을 대상으로 적용 확대 • North Devon은 재생에너지를 통해 15%의 CO₂ 감축 목표 설정 • Kirklees 의회는 2011년 에너지 소비의 30%를 재생에너지 생산을 통해 충당하는 것을 제안
	<p>미국 시애틀의 Solar America Cities 프로젝트</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 모든 신축건물을 대상으로 태양광 발전 또는 태양열 온수 시스템 중 하나를 설치하거나 추후에 시스템 설치를 용이하게 할 수 있도록 필요한 준비 시설 설치를 의무화
규제 완화	<p>미국 뉴욕의 Zone Green</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 냉방부하 저감을 위한 차양 설치기준 완화 • 태양열 및 풍력 에너지 생산설비와 온실 등의 옥상설비 설치를 위해 건축물 높이 규제 완화
	<p>미국 시애틀의 Green Density Bonus policy</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Incentive Zoning: 중심업무지역과 인근지역에 상업 및 주거 건물을 건축할 경우, LEED 실버 등급 이상 획득을 전제로 바닥면적, 높이, 개발밀도 등의 인센티브 부여
	<p>알링턴 카운티의 Green Building Bonus Density Incentive Policy</p>	<ul style="list-style-type: none"> • LEED 실버 등급 이상 획득 또는 ASHRAE 기준보다 18~20% 이상 좋은 에너지 효율을 갖는 건축물에 대해 20~50%까지의 용적률 인센티브 제공
	<p>미국 시애틀의 Solar America Cities 프로젝트</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 지붕 위 태양광 설비 설치를 위해, 저밀 주거지역의 경우 9ft, 고밀 주거 및 비주거 지역의 경우 15ft까지 건물 높이 제한 완화 • 지붕 설치면적 규제 완화 • 태양에너지 관련 설비면적은 건폐율 산정 면적에서 제외
	<p>일본의 도시 저탄소화 촉진에 관한 법률</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 저탄소 건축물로 인정되는 건축행위의 경우 용적률 산정 시 해당 바닥면적을 산입하지 않음
도시 계획	<p>일본의 저탄소 도시 만들기 가이드라인</p> <ul style="list-style-type: none"> • 노후 건축물의 면적(面的) 개축 • 지역단위 에너지 관리 시스템(AEMS)의 적용 • 에너지의 면적(面的) 이용 • 토지이용의 복합화(mixed-use) • 공장 및 지하공간 배열의 재활용 	

국가 및 사례 유형		주요 내용
지원 제도	영국의 The CRC Energy Efficiency Scheme	<ul style="list-style-type: none"> • 참여기관은 에너지 사용량을 매년 보고해야 하며, 지연될 경우, 기본 5천 파운드에 하루당 5백 파운드씩 추가 벌금 부과 • 거래는 매년 한 차례 진행되며 배출권은 톤당 12파운드로 연간 고정가격임. 2014년부터 매년 두 차례 거래 가능
	일본 동경의 Tokyo Metropolitan Government Emissions Trading System	<ul style="list-style-type: none"> • 사업체 단위가 아닌, 개별 시설(건물) 단위로 적용 • 업무부문은 8%(자기열원을 갖고 있지 않은 시설은 6%), 산업부문에는 6%의 이산화탄소 감축을 의무화 • 계획기간 내 초과 감축량은 이월 가능하나, 차기의 감축 목표를 미리 이행하는 것은 인정하지 않음 • 2015년부터는 의무 불이행에 대한 과징금(상한 50만 엔)을 부과하고, 사업체 이름을 공표
	미국 캘리포니아 주의 Cap-and-Trade Program	<ul style="list-style-type: none"> • 초기에는 배출권을 무상으로 할당하나, 점차 무상할당 비율을 줄이고 경매를 통해 배출권을 할당 • 배출권 가격은 2012년 10달러로 시작하여 매년 인플레이션을 고려하여 5%씩 인상 • 할당량은 이월 가능하며, 전체 의무 감축량의 최대 8%까지 도시 숲 조성과 같은 다른 활동으로 대체 총당 가능 • 이전년도 배출량의 30%에 해당하는 배출권을 기간 내에 제출하지 못할 경우, 4배의 배출권을 지불
	일본의 에너지의 면적 활용에 관한 지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 에너지 고효율 시스템 및 BEMS 도입시 비용의 1/3 지급 • 열공급 시설에 대해 공사비 부담금 등의 압축기장, 고정 자산에 대한 과세표준 특례, 사업세 비과세 등의 혜택 부여 • 지역냉난방 및 미이용 에너지 활용 사업에 대해 정부차원에서 저리 융자를 지원하거나 이자 지급
	미국 시애틀의 Solar America Cities 프로젝트의 재정지원 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 25개 도시를 선정하여 총 490만 달러를 지원 • 각 도시에 대해 최대 20만 달러의 재정지원과 25만 달러의 기술 지원 제공
	미국 시애틀의 City LEED Incentive Program	<ul style="list-style-type: none"> • Green Density Bonus 획득을 위한 LEED 인증에 추가적으로 요구되는 설계비와 자문비용을 지원하기 위해 53만 달러 제공
	미국 시애틀의 Priority Green	<ul style="list-style-type: none"> • LEED 골드 인증 획득 또는 Built Green 4-Star 기준을 만족하는 프로젝트의 경우 인허가 절차 간소화
	미국 Arlington County의 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도	<ul style="list-style-type: none"> • 이행강제 보증금 제도: 보너스 용적을 혜택을 받은 모든 건물은 해당 건물의 모든 친환경 요소가 완성될 때까지 의회에 보증금을 맡기고, 실현이 되지 않을 경우 이를 벌금으로 납부 • 그린빌딩 펀드의 운영: LEED 인증을 받지 않은 건축물에 대해 평방피트 당 0.045달러의 기부금을 부과하고, 추후 인증을 받을 경우 다시 회수 가능하도록 함

리 시스템(AEMS)의 적용, 에너지의 면적(面的) 이용 방안 등 도시계획 차원에서 적용할 수 있는 다양한 시책을 저탄소 도시계획 가이드라인을 통해 제시함으로써, 지자체 단위에서 수립하는 각종 계획을 통해 이와 같은 정책을 계획적으로 도입할 수 있도록 유도하고 있었다. 이러한 일본의 사례는 각 개별 건축물 단위에서의 온실가스 감축을 넘어 건축물 군에서의 감축 노력이 필요하다는 사실을 시사하고 있다. 국내에서도 건물 단위 정책만으로는 건물부문에 할당된 온실가스 감축목표 달성이 쉽지 않은 상황이므로, 도시계획과 접

목한 건물부문 온실가스 관리 방안에 대한 연구와 적용이 더욱 활성화되어야 할 것이다.

다음으로 4절에서는 녹색건축과 녹색도시계획을 활성화하기 위한 각종 지원제도를 살펴보았다. 먼저, 온실가스 배출권 거래제도가 일본, 미국, 영국 등 주요 선진국을 중심으로 시행 초기에 접어들었음을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결론으로서 제시하는 ‘용도 지역별 온실가스 배출 성능기준’이 효율적으로 적용되기 위해서는 전체 토지에 대한 필지 단위 배출권 거래제도가 선제적으로 도입되어야 하므로, 국내에서도 2015년부터 시행 예정인 배출권 거래제도의 적용 대상과 운영 방안에 대한 논의가 더욱 구체화될 필요가 있다. 이 외에도 세계 각국은 다양한 유형의 행·재정적 지원제도를 운영 중에 있다. 특히, 미국 알링턴 카운티에서는 녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도와 그린빌딩 펀드를 운영하고 있었는데, 이는 인센티브 확보 후 본 인증을 획득하지 못하거나 약속된 에너지 성능을 달성하지 못하더라도 별다른 조치를 취하지 못하고 있는 국내 상황을 고려할 때, 도입이 시급한 제도라고 판단된다. 또한, 일본에서는 에너지의 공간적 활용과 관련된 사업에 보조금을 지원해주거나 세금우대 및 저리융자를 제공하는 등의 재정 지원제도를 시행하고 있었다. 지금까지 살펴본 해외 각국의 제도와 정책사례를 정리하면 표 3-16과 같다.

마지막으로 5절에서는 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제 도입 및 운영에 대한 시사점을 얻고자, 과거 미국과 호주에서 적용되었던 성능기반 용도지역제의 운영 방식과 절차를 살펴보았다. 도시 내에서의 환경오염, 즉 개발로 인한 환경적 외부효과를 최소화하고자 도입되었던 성능기반 용도지역제는 지역사회의 목표를 달성하고 지역의 특성을 반영하기 위해 설정된 ‘성능기준’들을 적용함으로써 기존 유클리드 모델 용도지역제를 보완하고 있었다. 기존 사례들은 공통적으로 기존의 유클리드 모델 용도지역제를 바탕으로 관련 제도를 시행하고 있었는데, 국내에서도 이미 용도지역제를 운영 중에 있기 때문에 성능기반 용도지역제의 적용을 위해 기존 용도지역제의 틀을 전면적으로 개편하는 것은 무리가 있다고 판단된다. 따라서 본 연구에서 제시한 바와 같이 상대적으로 오랜 기간 동안 검증되어온 중복지역지구제(Overlay Zoning), 유동지역지구제(Floating Zoning), 인센티브 조닝(Incentive Zoning)과 같은 기존의 대안적 용도지역제와의 접목 가능성을 검토해보는 것이 바람직할 것이다. 또한, 성능기준과 성능기반 용도지역제의 도입과 운영을 위해서는 개발사업에 대한 심의를 담당함과 동시에 다양한 이해관계를 효율적으로 조율할 수 있는 역량 있는 기관의 주도적인 역할이 무엇보다 중요할 것으로 판단된다.

제4장 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석 및 성능기준 마련

1. 분석 자료의 통합 및 정제
2. 건물용도별규제수준별 에너지 소비 특성 분석
3. 건물용도별규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석
4. 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안 마련 및 효과 검증
5. 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준 마련 및 효과 검증

1. 분석 자료의 통합 및 정제

1) 분석 자료의 개요 및 사전 검토

본 연구에서는 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석 및 성능기준 마련을 위해 건축물 에너지 소비량 자료 등 크게 다섯 자료를 통합·활용한다. 이에 앞서, 본 절에서는 각 자료의 기본 특성과 본 연구에서 사용하게 될 주요 속성 정보의 내용 및 신뢰성을 검토한다. 다섯 가지 분석 자료의 개요는 표 4-1과 같다.

[표 4-1] 분석 자료의 개요

자료명	출처	작성 연도	건 수(서울특별시 기준)
건축행정정보	건축행정시스템 세움터	2012	• 653,044
건축물 에너지 소비량 자료	건축물에너지 통합관리시스템	2012	• 653,044(96,132건 누락)
GIS 기반 용도지역지구도	한국토지정보 시스템	2013	• 용도지역: 5,910 • 용도지구: 3,166(경관: 131, 미관: 2,500, 고도: 92, 방화: 328, 방재: 7, 보존: 2, 시설보호: 15, 취락: 21, 개발진흥: 8, 기타용도지구: 62) • 용도구역: 781
GIS 기반 연속지적도	한국토지정보 시스템	2013	• 990,900
GIS 기반 건물형상도	통계청 통계지리 정보서비스	2012	• 767,437

□ 건축행정정보(이하 '건축물대장' 이라 칭함)

[표 4-2] 건축물대장의 주요 속성 정보 검토결과

속성	검토 결과
대지면적	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 약 33만개로 신뢰도 낮음 • GIS를 활용해 직접 측정한 값을 활용하는 것이 바람직
건폐면적	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 약 16만개로 신뢰도 낮음 • GIS를 활용해 직접 측정한 값을 활용하는 것이 바람직(아래에서 설명할 자료 통합방식을 적용하면, 건폐면적 파악이 불가능한 건축물은 3만 건 이하로 감소)
건폐율	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 약 35만개로 신뢰도 낮음 • GIS를 활용해 직접 측정한 대지면적과 건폐면적 값을 활용해 직접 산정하는 것이 바람직
용적을 산정용 연면적	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 약 20만개로 신뢰도 낮음 • 건폐면적 추정치와 지상층수를 활용해 간접적으로 산정 가능
용적률	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 약 30만개로 신뢰도 낮음 • 간접적으로 산정한 용적률 산정용 연면적을 활용해 계산하는 것이 바람직
연면적	<ul style="list-style-type: none"> • 연면적은 인허가시 가장 중요한 정보로서, 결측치가 없음 • 비교적 신뢰할만한 정보(값)라 할 수 있음
건물용도(대분류)	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 없으며, 주거, 상업, 문교사회, 공업, 기타 등 5개 용도로 구분됨 • 본 연구에서는 주거(498,641개), 비주거(상업·공공·문교사회)(142,342개), 기타(12,061개)로 재구분하여 적용
건물용도(중분류)	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 총 43개로 신뢰도 높음 • 단, 총 32개 용도로 분리되어 있어, 분석에 직접 활용하기는 어려움
건물용도 (층 대표 용도)	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 총 35개로 비교적 신뢰도 높음 • 단, 용도가 324개로 세분화되어 있어, 직접적인 활용은 어려움
건물 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 총 71개로 신뢰도 높음 • 건물 구조가 총 19개 유형으로 구분되어 있고, 구분 기준도 모호해 직접적인 활용은 어려움
지붕 구조	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 총 607개로 비교적 신뢰도 높음 • (철근)콘크리트, 기와, 슬레이트, 기타지붕 등 4개 유형으로 구분되어 있으며, 이 중 (철근)콘크리트가 전체의 94%를 차지. 회귀분석에서 더미 변수로 활용 가능
세대수, 가구수, 호수 높이	<ul style="list-style-type: none"> • 세 속성 모두 결측치가 매우 크고 서로 숫자가 맞지 않아 신뢰도 낮음 • 결측치가 약 36만개로 신뢰도 낮음
지상층수, 지하층수	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 없고 입력된 값 또한 이상치가 없어 직접 활용 가능
사용승인일	<ul style="list-style-type: none"> • 결측치가 40,668건 있으며, 오기입(날짜가 정확치 않은 경우)도 685건이 있음 • 그러나 대지면적 등에 비해서는 상대적으로 결측치가 작고, 별도로 추정이 불가능 하므로 결측치와 오기입 자료를 제외한 나머지 자료를 활용

건축물대장은 건축물의 위치, 면적, 용도, 구조, 재료, 층수 등 건축물의 속성에 관한 사항과 건축물 소유자의 성명, 주소, 소유권, 지분 등 소유자 현황에 관한 사항을 등록하여 관리하는 대장으로서, 건축물 단위의 분석을 시도하는 본 연구의 기준 데이터가 된다. 건축물대장은 건축물 소유 형태에 따라 크게 일반건축물대장과 집합건축물대장으로

구분되며, 기본적으로 건축물 한 동을 단위로 하여 작성된다. 또한, 하나의 대지권(지번 또는 지번의 집합)에 두 동 이상의 주 건축물이 존재하는 경우 전체 건축물에 대한 정보를 통합 관리하는 총괄표제부를 별도로 두며, 부속건축물은 주된 건축물대장에 포함하여 작성한다. 집합건축물대장은 동 단위의 건축물 정보를 제공하는 표제부와 호 단위의 정보를 제공하는 전유부로 구분된다.

본 연구에서는 이중 표제부 정보를 중심으로 분석을 진행한다. 즉, 주로 표제부만 존재하는 건물을 분석 대상으로 하되, 총괄표제부와 표제부가 모두 존재하는 경우에는 표제부 정보를 기준으로 분석을 수행한다. 경우에 따라 하나의 대지권에 두 동 이상의 주 건축물이 존재함에도 불구하고 총괄표제부 정보만 존재하는 경우가 있으나, 총괄표제부 기입 정보를 개개의 건축물로 나누어 배분할 수 없으므로 이러한 건물은 분석 대상에서 제외했다. 또한, 총괄표제부 정보가 모든 개별 건축물에 동일하게 기입되어 있는 경우 자료의 신뢰성이 낮다고 판단되어 분석에서 제외했다. 서울시의 표제부 기준 총 건물 수는 653,044개이며, 중복을 제외한 표제부 등재 지번의 총 수는 580,990개이다. 이는 표제부 정보만을 기준으로 했을 때, 지번 단위로 산정한 총 필지 중 표제부 등재 건물이 위치할 것으로 예상되는 필지가 총 580,990개임을 의미한다. 따라서 건물이 위치한 필지의 평균 건물 수는 약 1.124개이다. 보다 구체적인 분석 대상은 아래에서 다시 설명하도록 한다.

앞서 설명했듯이, 건축물대장에는 매우 다양한 정보가 포함되어 있다. 이 중, 아래에서 설명할 건물 에너지 자료와 함께 본 연구의 분석과정에 활용될 주요 속성 정보에 대한 검토 결과를 제시하면 표 4-2와 같다. 표에서와 같이 연면적, 지상층수, 지하층수, 건물 용도 등에 대한 정보 외에는 결측치가 많아 직접적인 활용이 불가능하다. 따라서 본 연구에서는 결측치가 많아 신뢰도가 낮은 속성정보는 분석에 활용하지 않으며, 대지면적, 용적률, 건폐율 등과 같이 반드시 필요한 정보의 경우에는 공간자료 등을 활용해 직접 추정 값을 활용한다.

□ 건축물 에너지 소비량 자료(이하 '건물 에너지 자료' 라 칭함)

개별 건축물 단위의 에너지 소비량 정보에 대한 정책적 수요가 증가함에 따라, 국토교통부에서는 2010년부터 건축행정정보와 에너지 소비량 정보를 연계한 '국가건물에너지 통합관리시스템'을 구축 중에 있다. 이는 약 680만 동에 달하는 전국의 모든 건축물에 대

한 에너지 소비량 정보를 상향식으로 수집 및 관리하는 시스템으로서, 국가 단위로는 세계 최초로 도입된 것이다. 이 시스템에서는 건물 유형에 따라 총괄표제부(건물군), 표제부(건물), 또는 전유부(호)를 기본 단위로 하여, 2010년부터 현재까지 매월별 전기, 도시가스, 지역난방 에너지 소비량과 이를 활용해 산정한 온실가스 배출량 정보를 구축하고 있다. 그러나 지역마다 에너지 자료 공급기관이 달라 구축 시기와 지역에 따라 실제로 수집되는 정보의 유형과 조사주기에는 약간의 차이가 있다²⁹⁾. 일차적으로 수도권(서울·인천·경기)과 6대 광역시 일부 지역에 대한 DB 구축이 지난 2013년 말 완료되었으며, 2014년까지 전국단위 DB 구축이 완료될 예정이다.

이 자료는 정부 3.0 정책기조와 「공공데이터의 제공 및 이용 활성화에 관한 법률」에 따라 2014년부터 순차적으로 민간에 공개될 예정이나, 본 연구에서는 연구목적으로 사전에 제공받은 서울시의 2012년 자료를 활용한다. 서울시의 2012년 건물 에너지 자료는 건축물 대장상의 653,044개 건축물(표제부 기준)을 기준으로 구축되었으며, 에너지 정보가 누락된 건축물 수³⁰⁾는 총 96,132개다.

□ GIS 기반 용도지역지구도(이하 ‘용도지역지구도’ 라 칭함)

한국토지정보시스템(KLIS)에서 제공하는 서울시의 GIS 기반 용도지역지구도는 크게 용도지역도, 용도지구도, 용도구역도로 구분된다. 용도지역도는 총 5,910개의 필지(지적)가 하나의 레이어로 구성되어 있으며, 각 필지군에는 16개 용도지역 중 하나가 지정되어 있다. 여기서 필지군이라 함은 ‘동일한 용도지역이 지정된 인접한 필지의 집합’을 의미한다. 따라서 개별 필지 단위의 용도지역도를 작성하기 위해서는 연속지적도를 활용해 필지군을 세분화할 필요가 있다. 이 과정은 아래에서 다시 설명하도록 하겠다.

용도지구도와 구역도는 용도지역도와 중첩될 수 있으므로 서로 다른 레이어로 구성되어 있다. 용도지구도는 3,166개의 필지군이 10개의 레이어로 구분되어 있으며, 용도구역도는 781개의 필지군이 하나의 레이어로 구성되어 있다. 마찬가지로 용도지구도와 용도구역도도 연속지적도와와의 통합을 통해 필지군을 필지단위로 세분화할 필요가 있다. 용도지역지구도는 지정 여부 외에 특별한 속성정보를 포함하고 있지 않다.

29) 예를 들어, 특정 지역의 경우 지역난방 에너지 소비량 자료가 분기 단위로 조사된다.

30) 전기, 도시가스, 지역난방 에너지 소비량이 모두 입력되어 있지 않은 경우를 의미한다.

□ GIS 기반 연속지적도(이하 ‘연속지적도’ 라 칭함)

한국토지정보시스템(KLIS)에서 제공하는 서울시의 GIS 기반 연속지적도는 990,900개의 필지(지적)가 하나의 레이어로 구성되어 있으며, 지번코드(PNU), 지번, 지목, 시군구 명칭 등 기본적인 속성 정보만을 포함하고 있다. 따라서 용도지역지구도와 마찬가지로 본 연구에서 활용 가능한 속성 정보는 존재하지 않는다. 또한, 최신의 연속지적도라 할지라도 과거의 합분필 이력이 도면에 반영되어 있지 않은 경우가 많아, 분석 과정에서 이에 대한 고려가 필요하다.

□ GIS 기반 건물형상도(이하 ‘건물형상도’ 라 칭함)

통계청 통계지리정보서비스(SGIS)에서 제공하는 서울시의 GIS 기반 건물형상도는 건물 평면 외곽선을 따 폴리곤으로 만든 것으로서, 총 767,437개의 건축물이 하나의 레이어로 구성되어 있다. 그러나 이 자료는 위성영상 정보를 기반으로 구축된 자료로서 정자 등과 같은 간이 시설물이 건물로 인식되는 문제를 지니고 있다. 이에 따라, 건축물대장 상에 등록된 서울시 건축물 수가 약 65만 동인데 반해, 건물형상도의 경우 총 건물수가 약 77만 동에 달한다. 따라서 연속지적도와의 통합 과정에서 미등록 건축물 및 시설물 등을 제외하는 작업이 필요하다.

이 자료는 앞서 설명한 GIS 기반 도면 자료들과 마찬가지로 연구에 활용 가능한 속성정보가 부족하고, 정보의 신뢰성이 낮다. 또한, 건축물대장 등 타 자료와 결합하기 위한 키(key) 값이 존재하지 않아, 정보 간 통합을 위해서는 반드시 공간조인(spatial join)을 활용해야한다.

2) 분석 자료의 통합

□ 사전 작업

상기한 다섯 자료의 통합에 앞서 다음과 같은 사전 작업이 필요하다.

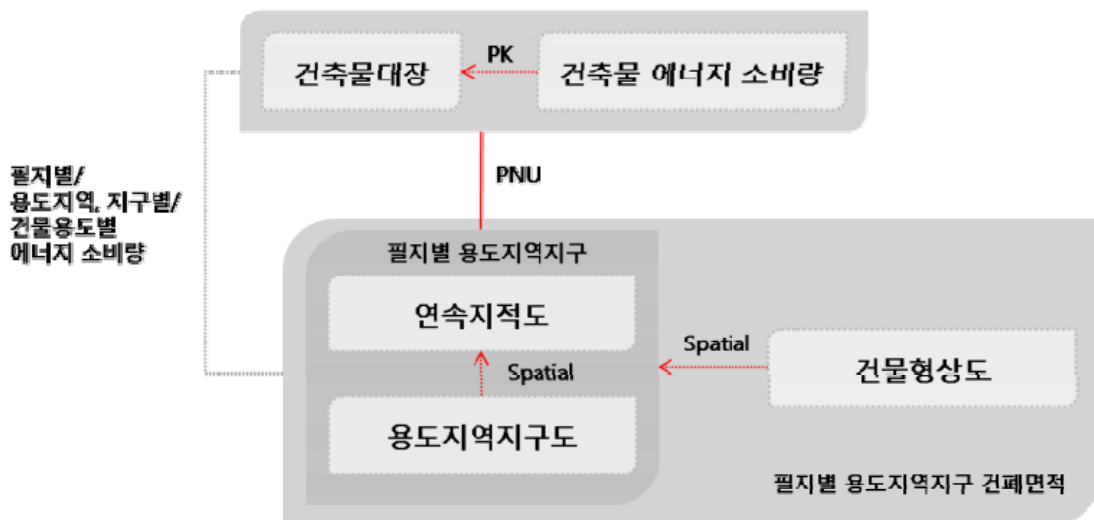
- 용도지역도에 용도지역별 규제수준 정보 결합
 - 각 필지 정보에 서울시의 용도지역별 규제 수준(허용 용적률, 건폐율, 높이)을 속성 정보로 입력(4대문 내부 지역의 경우 별도의 규제 수준 입력)

- 연속지적도의 필지별 면적 정보 생성
 - 건축물대장의 대지면적 결측치가 약 33만 건으로 매우 많아, GIS 프로그램을 활용해 직접 측정한 값으로 각 필지별 면적 정보를 대체
- 건물형상도의 건물별 건폐면적 정보 생성
 - 건축물대장의 건폐면적 결측치가 16만 건으로 매우 많아, GIS 프로그램을 활용해 직접 측정한 값으로 각 건물별 건폐면적 정보를 대체
 - 단, 자료 통합 시 건물형상도에서 측정한 건폐면적 값이 조인되지 않는 경우에만 한하여, 건축물대장에 기재된 기존 정보를 활용

□ 자료 통합 절차

자료의 통합 절차는 크게 다음과 같이 네 단계로 진행된다(그림 4-1 참고).

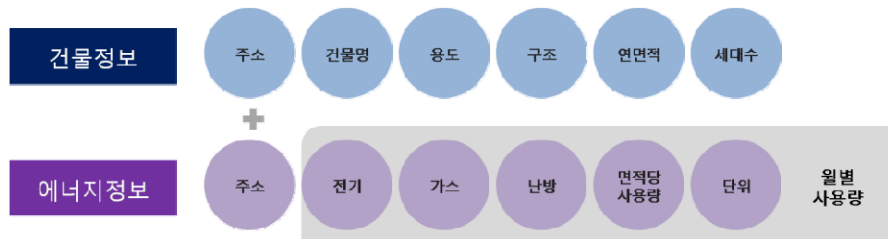
- 1단계: 건물 에너지 자료와 건축물대장의 속성조인(건물 PK 기준)
- 2단계: 연속지적도와 용도지역지구도의 공간조인(필지면적 정보 조인 및 필지단위 용도지역지구도 구축)
- 3단계: 필지단위 용도지역지구도와 건물형상도의 공간조인(필지단위 용도지역지구도에 건폐면적 정보 조인)
- 4단계: 건물 에너지 자료 및 건축물대장 정보와 필지단위 용도지역지구도의 속성조인(PNU 기준)



[그림 4-1] 분석 자료 통합의 개요

□ 1단계: 건물 에너지 자료와 건축물대장 정보의 통합

건물 유형별 에너지 소비 특성을 분석하기 위해 건물 PK를 기준으로 건물 에너지 자료와 건축물대장 정보를 통합(속성조인)한다. 두 자료의 통합이 완료되면, 추후 지번 기반의 GIS 자료와의 통합을 위해 지번(PNU) 코드의 생성이 필요하다. 지번 코드는 건축물 대장과 건물 에너지 자료의 시군구코드, 법정동코드, 산여부코드, 지번을 활용하여 19자리로 생성할 수 있다. 그러나 본 연구의 대상인 총 653,044개 건물 중 53,205개 건물이 번지 등의 주소 정보 누락으로 19자리 지번 코드 생성이 불가능하다. 이는 건축물대장의 전산화가 이루어지기 이전에 수기로 작성되어 지번이 누락되었거나, 신규 개발지역으로서 아직 지번이 부여되지 않아 블록단위 주소를 갖고 있는 경우라 할 수 있다. 추후 작업에서 속성기반 자료(에너지 자료 및 건축물대장)와 공간기반 자료(용도지역도, 연속지적도, 건물형상도)가 지번을 기반으로 통합되므로, 지번 코드 생성이 불가능한 이들 건물은 분석에서 자동으로 제외된다.

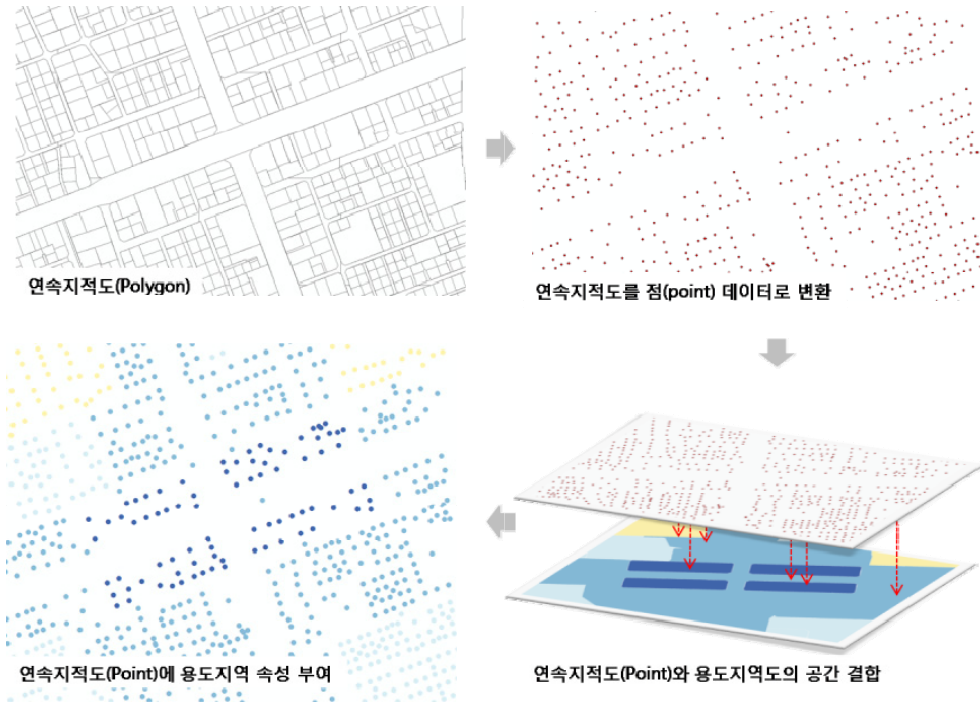


[그림 4-2] 건축물대장과 건물 에너지 자료 통합의 개요

□ 2단계: 연속지적도와 용도지역지구도의 통합(필지단위 용도지역지구도 구축)

개별 필지 단위의 용도지역·지구구역 지정 현황을 파악하기 위해 공간적 중첩 여부를 기준으로 필지단위 연속지적도와 모든 유형의 용도지역·지구·구역도를 통합한다(공간조인). 우선, 연속지적도의 각 필지와 용도지역·지구·구역의 공간적 중첩 여부를 정확히 판단하기 위해서는 연속지적도의 형(type)을 polygon에서 point 형태로 변환할 필요가 있다(각 필지의 중심점 추출). 다음으로, point 형태로 변환된 연속지적도 중심점과 용도지역도, 유형별 용도지구도, 용도구역도를 공간조인함으로써, 연속지적도의 각 필지(990,900개)에 용도지역·지구·구역 지정 여부를 속성 정보로 입력할 수 있다. 이때, 연속지적도에서 사전에 생성한 필지별 면적 정보가 통합되며, 용도지역도의 경우, 사전에 입력한 용도규제 정보(허용 용적률, 건폐율, 높이 등)가 함께 결합된다.

두 자료의 통합과정과 결과는 그림 4-3 및 4-4와 같이 나타나며, 이를 활용해 2장에서 제시한 필지단위 토지이용규제도(표 2-13)를 작성할 수 있다.



[그림 4-3] 연속지적도와 용도지역도의 공간조인 과정
 주: 용도지구 및 구역제도 동일한 과정으로 통합



[그림 4-4] 필지단위 용도지역도 예시(강남구 테헤란로)

□ 3단계: 필지단위 용도지역지구도와 건물형상도의 통합
(필지단위 용도지역지구도에 건폐면적 정보 조인)

앞서 설명했듯이, 개별 건축물의 건폐면적은 본 연구에서 매우 중요한 변수가 된다. 그러나 건축물대장에 건폐면적 정보가 정확히 입력되어 있지 않아, 별도의 구축 과정이 필요하다. 가장 쉬운 방법은 사전 작업을 통해 생성한 건물형상도의 개별건축물 단위 건폐면적 정보를 건물 에너지 자료(건축물대장 기반)와 직접적으로 통합하는 것이다. 그러나 두 자료에는 공통되는 키(key) 값이 존재하지 않아, 속성조인을 통해 두 자료를 통합하는 것은 불가능하다. 대안적으로 공간조인을 활용해 두 자료를 통합할 수 있지만, 이 경우에도 두 자료를 공간좌표화하기 위한 참조좌표(reference coordinate)가 상이해 건축물대장 자료를 공간좌표화(geo-coding)해 생성한 point가 건물형상도의 각 polygon 외부에 위치하게 될 가능성이 크다. 따라서 건물형상도의 건폐면적 정보는 필지단위 용도지역지구도에 공간조인한 후, 이를 다시 건축물 에너지(건축물대장) 자료에 속성조인하는 방식을 취할 수밖에 없다.

이를 위해, 앞서 설명한 '2단계'와 동일하게, 건물형상도의 형(type)을 polygon에서 point로 전환한 후 연속지적도와 공간조인을 시행한다. 이때, 앞서 설명한 바와 같이 정자 등의 미등록 건축물을 배제하기 위해, 하나의 필지에 두 개 이상의 건물형상도 포인트가 인식될 경우 각 필지에서 가장 면적이 큰 건축물의 정보만을 조인하는 방식을 취했다. 이 경우, 한 필지에 두 동 이상의 대장등재 건축물이 존재하는 경우 문제가 될 수 있으나, 본 연구에서는 이 문제를 비롯해 여러 자료의 한계로 인해 한 필지에 하나의 건물만 존재하는 경우를 분석 대상으로 한정하였기 때문에 이러한 문제를 피해갈 수 있다³¹⁾. 이와 같은 과정을 통해 최종적으로 531,813개 건물의 건폐면적 정보가 통합되었다. 보다 구체적인 자료의 통합과정과 통합결과는 각주 32번을 참고하기 바란다.

□ 4단계: 건물 에너지 자료 및 건축물대장 정보와 필지단위 용도지역지구도의 통합
(건축물대장 중심의 속성자료와 연속지적도 중심의 공간자료의 통합)

마지막으로, 위 과정을 통해 구축된 건축물대장 중심의 속성자료(건축물대장+건물 에너지 자료)에 연속지적도 중심의 공간자료(연속지적도+용도지역지구도+건물형상도)를

31) '하나의 지번에 하나의 건물만 있는 경우'에 대한 정의와 연구 대상을 이것만으로 한정한 이유는 본 보고서 152-153페이지에서 다시 설명한다.

PNU 코드를 기준으로 통합한다(속성조인). 이를 통해, 653,044개의 건물 중 35,269개를 제외한 617,775개 건물에 필지단위 용도지역지구 정보(지정 여부 및 규제수준)가 결합되었으며, 지번 기준으로는 990,900개의 지번 중 558,214개가 건물 속성정보와 결합되었다. 즉, 558,214개의 필지에 위치한 617,775개 건물(평균 1.107개)만이 두 자료의 결합이 완전히 이루어졌다고 볼 수 있다. 한편, 건폐면적의 경우 531,812개 필지에 위치한 587,328개의 건물에 대해서만 정보가 정확히 결합되었다(65,716개 제외)³²⁾. 이 자료를 활용해 용도지역별 행위규제 수준에 따른 건축물의 에너지 소비 특성을 파악할 수 있다.

공통코드(Key)		연속지적도				
PNU *	JIBUN	BCHK	STD_SGGCD	OBJECTID	AREA	
1168010100106510011	651-11 대	1	11680	921469	189.7104	
1168010100106510012	651-12 대	1	11680	921470	202.9128	
1168010100106510013	651-13 대	1	11680	921471	181.22595	
1168010100106510014	651-14 대	1	11680	921472	180.6909	
1168010100106510015	651-15 대	1	11680	921473	201.9602	
1168010100106510016	651-16 대	1	11680	921474	191.6464	
1168010100106510017	651-17 대	1	11680	921475	165.0435	
1168010100106510018	651-18 대	1	11680	921476	190.0464	
1168010100106510019	651-19 대	1	11680	921477	191.3839	

건축물대장 + 에너지 데이터				
PNU	MGM_BLD_PK	MEGA_NM	ADDRESS	BLD_NM
1168010100106510011	11680-11782	서훈트램시	강남구 역삼동 651-11	<Null>
1168010100106510012	11680-22927	서훈트램시	강남구 역삼동 651-12	<Null>
1168010100106510013	11680-8528	서훈트램시	강남구 역삼동 651-13	1
1168010100106510014	11680-23994	서훈트램시	강남구 역삼동 651-14	<Null>
1168010100106510015	11680-100194528	서훈트램시	강남구 역삼동 651-15	스타빌
1168010100106510016	11680-2832	서훈트램시	강남구 역삼동 651-16	<Null>
1168010100106510017	11680-15720	서훈트램시	강남구 역삼동 651-17	<Null>
1168010100106510018	11680-11693	서훈트램시	강남구 역삼동 651-18	<Null>
1168010100106510019	11680-3117	서훈트램시	강남구 역삼동 651-19	<Null>

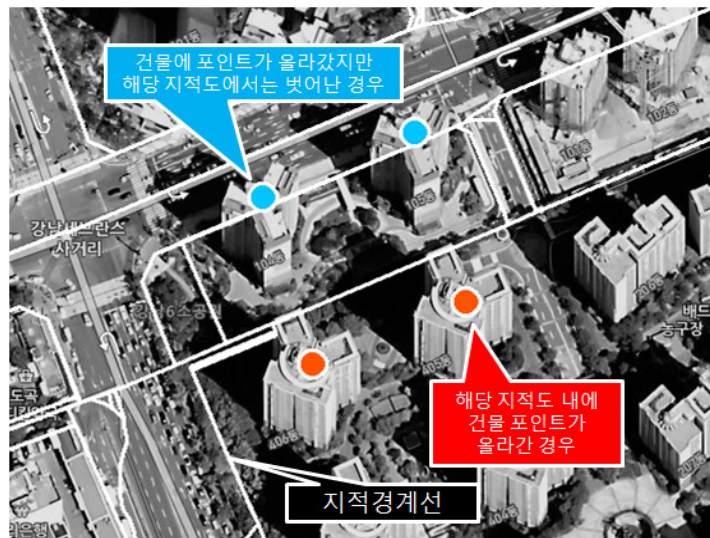
[그림 4-5] 건축물대장 및 건물 에너지 자료와 연속지적도의 통합

32) 자료의 통합과정을 최대한 간단히 설명하기 위해 본문에서는 건물형상도를 필지단위 용도지역지구도와 결합한 후 건물 에너지 자료와 통합하는 것으로 설명하였으나, 실제로는 각 자료의 크기를 최소화한 상태에서 자료를 결합하기 위해(즉, 연산속도를 극대화하기 위해) 보다 여러 단계를 거쳐 자료를 통합하였다. 우선, 본문에서는 990,000개로 구성된 연속지적도와 767,437개 동의 건폐면적 정보를 바로 공간조인한 것으로 설명하였으나, 실제로는 사전에 연속지적도와 건축물대장 정보를 PNU를 기준으로 속성조인한 후, 그 중 결합이 완전히 이루어진 558,214개 필지의 PNU만을 별도로 뽑아 건폐면적 정보와 공간조인을 시행했다. 그 결과, 558,214개 필지에 676,578개 건폐면적 정보가 결합이 되었는데, 이 중 26,401개 필지에는 하나의 건물 정보도 결합되지 않아 최종적으로 531,813개 필지에 650,176개 건폐면적 정보가 결합되었다. 여기서 26,401건은 대상 상으로는 건물이 존재하는 필지이지만, 건물형상도 자료에서는 해당 필지에 건물이 존재하지 않는 경우를 의미한다. 따라서 건물이 존재하는 필지의 수 또한 앞서 제시한 580,990개보다 작다. 이러한 오차는 건물형상도의 형(type)을 포인트로 전환한 후 공간조인을 시행했기 때문에 발생한 것으로 추정된다. 이렇게 산정된 자료에는 앞서 본문에서 언급한 바와 같이 대상상의 미등재 건축물이 포함되어 있을 수 있다. 따라서 이미 설명한 바와 같이, 각 필지별로 건폐면적이 가장 큰 건축물의 건폐면적 정보 531,813건만을 추출해 이미 통합된 전체 자료와 결합하였다. 최종적으로 통합된 자료에서 건폐면적 정보가 결합된 건물은 653,044개 중 587,328개이다(65,716개 누락). 이는 앞서 제시한 531,813건에 비해 큰 값인데, 이는 지번별로 하나의 정보만이 남게 된 상황에서(가장 면적이 큰 것) 이것이 건축물대장 등의 속성정보와 다시 조인되면서(PNU 기준), 한 필지에 건물이 여러 개 있는 경우에는 모두 이 값이 입력되었기 때문이다. 따라서 이 자료에서 한 필지에 건물이 두 동 이상인 경우는 모든 분석에서 제외했다.

이때, 건물 에너지 자료와 건축물대장 정보를 공간좌표화³³⁾한 후, 나머지 공간자료와 공간조인을 시도하는 방법도 고려해볼 수 있으나, 이 경우 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다. 우선, 건축물대장 상에 기입된 주소 정보가 정확하지 않을 경우 지오코딩 시 좌표가 추정되지 않을 수 있는데, 통상적으로 이 과정을 통해 5~10% 정도의 자료가 손실된다. 또한, 좌표 추정이 정확히 되었더라도 추정결과에 오류가 존재할 수 있다. 예를 들어, 지오코딩의 결과로 생성된 건축물 포인트가 실제 위치해야 할 지적이 아닌 인접 지적 위에 위치하게 되는 경우가 발생할 수 있다³⁴⁾. 또한, 주소가 서로 다르지만 유사한 건물 명칭을 가지고 있는 경우 동일한 좌표로 추정되는 경우도 발생 가능하다(그림 4-6). 결과적으로, 공간조인 시 실제로 건물이 위치하고 있지 않은 다른 필지의 정보를 결합하게 될 가능성이 있기 때문에, 본 연구에서는 이 방식이 아닌 앞서 설명한 방식을 채택했다.

OBJECTID *	MGM_BLD_PK	MEGA_NM	ADDRESS	X_AXIS	Y_AXIS	PROC_CLSS
349	11440-100185973	서훈동명시	마포구 성산동 370	303753	551838	정화표
21195	11440-31377	서훈동명시	마포구 성산동 275-3	303753	551838	정화표
21196	11440-31378	서훈동명시	마포구 성산동 275-3	303753	551838	정화표
21197	11440-31379	서훈동명시	마포구 성산동 275-3	303753	551838	정화표
21199	11440-31380	서훈동명시	마포구 성산동 275-3	303753	551838	정화표
21200	11440-31381	서훈동명시	마포구 성산동 275-3	303753	551838	정화표

[그림 4-6] 주소가 서로 다른 건축물이 동일한 좌표에 추정된 경우의 예시



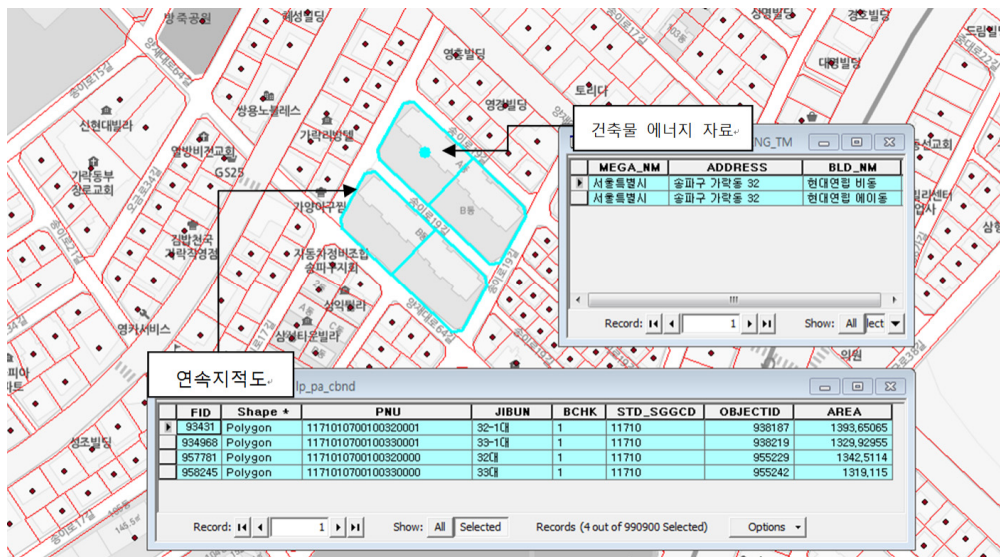
[그림 4-7] 건물 위치는 맞지만 지적도상에서는 벗어난 경우의 예시

33) 주소를 지도상의 공간 좌표(X, Y)로 변환하는 프로세스, 즉 Geo-coding 과정을 의미한다.

34) 정확도를 높이기 위해 개별건물 단위의 명칭이나 동 번호를 포함하여 지오코딩을 할 때, 하나의 지번에 여러 개의 건물이 있는 경우 지번 중심점이 아닌 각 건물의 세부 위치를 추정할 수 있다. 이때, 지오코딩을 위한 참조자료의 일부가 수작업(위성지도를 눈으로 확인하여 건물 위치를 입력)을 통해 작성되었기 때문에, 경우에 따라서는 해당 필지 외부에 건물 좌표가 생성될 수 있다(그림 4-7).

물론, 앞서 설명한 방식(PNU 기준으로 속성조인)에도 다음과 같은 한계점은 존재한다. 우선, 건축물대장상의 PNU와 연속지적도의 PNU가 일치함에도, 지도상의 위치는 다른 경우가 존재한다. 대표적인 유형은 다음과 같다.

- 연속지적도 상에서는 한 개의 건물이 두 개의 필지(지번)에 걸쳐있지만 건축물대장에는 하나의 주소(지번)가 입력되어 있는 경우(합필 후 하나의 건축물이 건설되었으나, 연속지적도 상에서 합필이 반영되어 있지 않은 경우)
- 연속지적도 상에서는 두 건물이 서로 다른 지적에 존재하지만, 건축물대장에는 같은 주소(지번)가 입력되어 있어 하나의 지적에 존재하는 것처럼 되어 있는 경우(합필 후 두 건축물이 건설되었으나, 연속지적도 상에서 합필이 반영되어 있지 않은 경우)



[그림 4-8] 건축물대장의 주소와 실제 지적도 상의 위치가 불일치하는 경우의 예시

이러한 문제는 건축물 대장상의 주소에 오류가 있거나³⁵⁾, 연속지적도가 합분필 내역을 정확히 반영하지 못하고 있기 때문에 발생한 것이라고 볼 수 있다. 그러나 약 65만 건의 건축물대장 정보와 99만여 건의 연속지적도의 일치 여부를 개별적으로 확인하는 것은 두 자료의 근본적인 정확도를 검증하는 것으로서, 본 연구의 범위에서 벗어난다. 따라서 본 연구에서는 다음과 같은 방법을 통해 분석방법과 자료의 한계를 최소화했다.

우선, 첫 번째 문제는 합필된 필지가 연속지적도 상에 반영되지 않은 것으로서, 건

35) 건축물 대장상에 지번이 없는 경우도 811건 존재한다.

축물 대장이나 건물형상도 상의 정보를 따라야하는 경우다. 이 경우, 두 자료를 속성조인 하게 되면, 아무런 정보도 조인이 되지 않거나(지번이 완전히 새로 부여되는 경우) 합필되기 이전의 여러 필지 중 하나만의 정보가 입력되게 된다. 전자의 경우는 분석에서 완전히 배제되므로 잘못된 정보가 입력되어 오차가 발생하는 문제는 사라진다. 후자의 경우는 통상적으로 동일한 용도지역의 필지끼리 합필이 이루어지므로 규제 정보의 조인에는 문제가 없다. 다만, 건폐면적 정보 조인에 문제가 발생할 수 있는데, 이 경우에는 대지면적이 건폐면적보다 작아지는 이상치가 발생할 수 있다. 따라서 자료의 정제 과정에서 이러한 경우를 제외할 필요가 있으며, 그 과정은 아래에서 다시 설명하도록 하겠다.

두 번째 문제는 건축물 대장을 기준으로 하나의 지적에 두 개 이상의 건물이 존재하는 경우를 분석 대상에서 제외함으로써 원천적으로 해결가능하다.

3) 주요 분석 지표(변수)의 구축

□ 건축물 기초 정보

분석에 활용되는 건축물의 기초 정보는 표 4-2를 참고해, 표 4-3과 같이 산정한다.

[표 4-3] 건축물 기초 정보의 구축

변수명	산정 방법
연면적	건축물대장 정보 중 가장 정확한 정보로서, 대장 기재 값을 활용
대지면적 및 건폐면적*	각각 연속지적도와 건물형상도를 활용해 직접 측정된 값을 활용하되, 측정값이 존재하지 경우에는 대장 기재 값을 활용
용적률**	= 연면적×(지상층수/총 층수)/대지면적 - 이때, 대지면적 또는 총 층수가 0인 경우, 0으로 입력
건폐율**	= 건폐면적/대지면적 - 이때, 대지면적이 0인 경우, 0으로 입력
총 층수	= 지상층수+지하층수
지하층 비율	= 지하층수/총층수
사용연수	= 2012-사용승인 연도

주: *본 연구에서 이 두 변수의 값은 필지 내에 건물이 한 동인 경우에만 정확하게 산정됨

**용적률과 건폐율은 대장 기재 정보가 부정확하기 때문에 직접 산정한 대지면적과 건폐면적을 활용해 재산정함

□ 에너지 소비량 및 온실가스 배출량

우선, 에너지 소비량의 경우 에너지원의 유형에 따라 다양하게 적용되고 있는 단위

를 TOE 단위(단위면적당 소비량의 경우는 kgOE/m^2 단위)로 통일한다(부록 1 참고). 구체적인 변수 유형은 다음과 같다.

- 연간 총 에너지, 전기 에너지, 가스 에너지, 지역난방 에너지 소비량
- 총 기저, 총 난방, 총 냉방, 전기 기저, 전기 냉방, 전기 난방, 도시가스 및 지역난방 기저, 도시가스 및 지역난방 난방 에너지 소비량
- 연면적당대지면적당 총 에너지, 전기 에너지, 도시가스 및 지역난방 에너지 소비량
- 연면적당대지면적당 총 기저 에너지, 총 난방 에너지, 총 냉방 에너지 소비량 등

또한, 상기한 에너지 소비량에 탄소배출계수를 적용하여 각 건축물의 온실가스 배출량(TCO_2eq)과 단위면적당 배출량($\text{kgCO}_2\text{eq}/\text{m}^2$)을 통일된 단위로 산정한다(부록 1 참고).

4) 자료의 정제 및 분석 대상(유효 샘플)의 추출

□ 자료 정제의 개요

건물 에너지 자료는 아직까지 일반에 공개되어 활용된 적이 없기 때문에, 자료의 신뢰성 및 적정성 검토가 이루어지지 못한 상태다. 따라서 이상치와 오염력 자료를 제거하고, 결측치에 대한 처리 방안을 강구할 필요가 있다. 여기서는 통계분석에 활용할 유효 샘플을 추출하고 이를 분석 가능한 형태로 정제하는 과정을 설명한다.

□ 분석 대상의 한정

총괄표제부의 유무와 필지당 건물 수³⁶⁾에 따라 건축물(필지)의 유형은 크게 다음과 같은 네 유형으로 구분되며, 본 연구에서는 자료의 한계로 이 중 '(1)표제부만 존재하며 한 필지에 단 하나의 건축물만 존재하는 유형'으로 분석 대상을 한정한다. 각 유형을 분석 대상으로 포함하거나 제외한 이유는 다음과 같다.

- (1) 표제부만 존재하며, 한 필지에 하나의 건물만 존재하는 경우 (연구대상에 포함)
 - 앞서 설명한 건폐면적이나 대지면적의 통합과정에 있어 전혀 문제가 발생하지 않기 때문에 분석 대상으로 활용 가능함

36) 필지 당 건물 개수는 지번 기준으로 산정한 값을 의미한다. 지번 기준으로 산정한 건물 개수는 1개이지만, 총괄표제부 단위(상위 건축물 PK)로 산정한 경우에는 2개인 경우도 종종 발견된다(총 5개 사례).

- (2) 표제부만 존재하며, 한 필지에 두 개 이상의 건물이 존재하는 경우³⁷⁾ (연구대상에서 제외)
 - 이 유형은 자료의 통합과정에서 다음과 같은 문제가 발생되므로 분석 대상에 포함할 수 없음
 - 합필이 이루어졌으나 연속지적도 상에는 반영되지 않아, 대지면적 결합이 정확히 이루어지지 않은 샘플이 전체의 약 3% 정도 발생함
 - 앞서 설명한 바와 같이, 현재 활용 가능한 자료의 조건 하에서는 단일 필지에 위치한 복수 건축물의 건폐면적 정보를 하나하나 정확히 확인하는 것이 불가능함(복수의 건물 중 가장 건폐면적이 큰 건물의 건폐면적만 확인 가능)
- (3) 총괄표제부가 존재하며³⁸⁾, 한 필지에 하나의 건물만 존재하는 경우(연구대상에서 제외)
 - 이 유형의 경우, (2)번 유형에서 발생하는 대지면적 및 건폐면적 통합 문제가 발생하지는 않지만, 총괄표제부가 존재함에도 표제부와 총괄표제부의 에너지 소비량 기재 정보가 다른 경우가 빈번하게 확인됨³⁹⁾
 - 물론, 총괄표제부는 에너지 소비량이 중복 산정되거나 다른 유형의 에너지 소비가 개입될 여지가 크기 때문에 표제부 자료를 기준 자료로 가정하고 이를 활용하는 방법도 고려할 수 있음. 그러나 총괄표제부가 존재하는 건축물 중 표제부 정보가 존재하지 않는 경우가 전체의 6% 정도에 이룸. 이 경우, 총괄표제부 정보를 표제부에 입력하여 활용할 수 있으나, 본 연구에서는 통일된 기준으로 추출된 자료만을 활용하기 위해 이를 연구 대상에서 제외함
- (4) 총괄표제부가 존재하며, 한 필지에 두 개 이상의 건물이 존재하는 경우(연구대상에서 제외)
 - 이 유형의 경우도 (2)번 유형에서 발생하는 문제를 모두 동일하게 가지고 있음
 - 또한, 총괄표제부와 표제부 기재 값 중 취사선택이 필요한데, 표제부 합산 값과 총괄표제부 기재 값이 다른 경우가 빈번함
 - 표제부에는 모두 0이 입력되어 있고 총괄표제부에만 정보가 입력되어 있는 경우도 있는데, 이 경우 개별 건축물 단위로 데이터를 분해해서 사용하는 것이 불가능하므로 분석 대상에서 제외함

37) 개념적으로 한 필지에 2개 이상의 건축물이 존재할 경우 총괄표제부가 마련되어야 하나, 실제로 그렇지 않은 경우가 많다.

38) 총괄표제부 상의 기타 문제: (1)상위건축물 PK 값은 존재하지만, 총괄표제부가 존재하지 않는 경우 1,356건, (2)반대로, 총괄표제부에는 존재하는 PK인데 표제부에는 존재하지 않는 PK 216개, (3)표제부에서 상위 건축물 PK 개수는 22,810개(지번)이나, 총괄표제부에서는 21,670개(지번)이다.

39) 에너지 정보 외의 속성 정보는 표제부와 총괄표제부가 대체로 일치한다.

□ 분석 데이터 셋(data set)의 유형: 일반 분석용 샘플과 용도지역별 분석용 샘플

본 연구에서는 크게 두 개의 데이터 셋(data set)을 활용한다. 첫 번째는 본 연구의 모든 분석과정에서 활용되는 것으로서, 기본 정제 기준에 만족하는 모든 케이스를 포함한다(이하, '일반 분석용 샘플'이라 칭함). 두 번째는 용도지역별 분석에만 활용되는 것으로서, 일반 분석용 샘플 중 사용승인 년도와 지역구역 지정 여부에 대해 추가적인 기준을 만족하는 케이스를 의미한다(이하, '용도지역별 분석용 샘플'이라 칭함).

2장에서 설명한 바와 같이, 정확한 용도지역별 분석을 위해서는 용도지구나 구역이 지정되지 않은 필지만을 선택해 활용해야 한다. 용도지구 및 구역 지정 여부에 따라서 용도지역별로 정해져 있는 고유의 행위 규제 외에 추가적인 규제가 가해지거나 규제가 완화될 수 있는데, 이 경우 용도지역의 고유한 영향을 파악하는 것이 불가능하기 때문이다. 또한, 서울시의 경우 2003년 종세분화가 이루어져 현재의 용도지역 체계를 갖추었기 때문에, 그 이전에 사용승인된 건축물은 용도지역별 분석대상에서 제외할 필요가 있다. 종세분화 이전의 건물들은 현재의 용도지역 규제에 의해 건축행위가 이루어진 것이 아니므로, 종세분화 이후 건축물과 동일한 기준으로 분석할 경우 용도지역별 분석결과에 오차가 발생할 수 있다⁴⁰).

용도지역별 분석용 샘플의 경우 세부 용도지역별 샘플 수가 충분치 않은 경우가 많아, 제2종전용주거지역을 제외한 다섯 유형의 주거지역과 일반상업지역 등 6개 용도지역에 위치한 건물을 중심으로 분석을 진행했다. 또한, 녹지지역과 공업지역에 위치한 건물은 공통적으로 분석의 범위에서 제외했다.

□ 일반 분석용 샘플 추출을 위한 자료 정제 기준

앞서 설명한 일반 분석용 샘플을 추출하기 위한 정제기준은 표 4-4와 같다.

□ 용도지역별 분석용 샘플 추출을 위한 추가 정제 기준

상기한 바와 같이, 용도지역별 분석용 샘플은 일반 분석용 샘플에서 아래의 두 정제

40) 일반주거지역을 예로 들어 설명하면, 종세분화 당시 기존 건축물 중 명백히 1종과 3종으로 구분이 가능한 건물을 우선 지정하고, 분류가 모호한 나머지 건물을 모두 2종으로 지정하였다. 즉, 2종일반주거지역 내 건물의 경우 현재 규제 하에 건설된 건물들과는 많은 차이를 보인다. 따라서 종세분화 이전 사용승인 건물은 제외하는 것이 바람직하다.

기준을 추가로 적용하여 도출한다.

- 2004년 1월 1일 이전 사용승인 건물 제외
- 용도지구와 용도구역 중 하나라도 지정된 경우 제외

[표 4-4] 일반 분석용 샘플 추출을 위한 정제 기준

변수명	정제 기준									
필지 면적	• 10m ² 미만인 경우 제외									
연면적	• 10m ² 미만 또는 100만m ² 초과인 경우 제외									
건폐 면적	• 5m ² 미만인 경우 제외, 대지면적이거나 연면적 보다 큰 경우 제외 -단일 건물로서 가장 큰 건폐면적을 보인 건축물이 실존 건축물(상암 월드컵 경기장, 약 6만m ²)로 확인되어, 상한 이상치 기준은 정하지 않음									
용적률	• 0% 이하 또는 3,000%이상 제외									
건폐율	• 0% 이하 또는 100%이상 제외, 용적률 보다 1.2배 이상 큰 경우 제외 -이론적으로 건폐율이 용적률보다 클 수는 없지만, 본 연구에서 활용하는 대지면적, 건폐면적, 용적률, 건폐율 값 등은 모두 자체적으로 산정한 값으로서, 실제 값과는 약간의 오차가 있을 수 있음. 따라서 건폐율이 용적률보다 조금이라도 클 경우를 모두 제외하게 되면, 1층 건물의 상당수가 미세한 오차로 인해 제거되므로 건폐율이 용적률보다 1.2배 이상 큰 경우만을 제외함									
지상층수	• 지상층수가 0인 경우 제외									
사용승인일	• 1980년 1월 1일 이전 또는 2012년 1월 1일 이후 사용승인된 건축물 제외 • 사용승인일이 부정확한 경우 제외(예: 1111로 입력된 경우 등) -2012년 에너지 소비량 자료를 활용하기 때문에 2012년 사용승인을 얻은 건물을 포함할 경우 이들 건물의 에너지 효율이 상대적으로 높게 나타나는 문제가 있음 -1980년 이전 건물의 경우, 사용연한이 이미 지난 것으로서 분석 과정에서 이상치(outlier)가 될 수 있음. 또한 이들 건물의 경우 전기, 도시가스, 지역난방 외에 집계되지 않는 에너지원(석유, 석탄, LPG 등)의 활용 가능성이 높고, 에너지 소비량 집계의 오류 가능성이 높아 분석에서 제외하는 것이 바람직									
에너지 소비량	• 2012년 1월부터 12월까지 한 달이라도 전기 에너지 소비가 없었던 건물은 제외 -지역난방과 도시가스는 사용하지 않는 경우가 있을 수 있으므로, 전기를 기준으로 월간 소비량이 0이하인 경우가 한 달이라도 있는 경우를 제외 • 이상점 분석을 통해 단위면적당(1m ² 당) 에너지 소비량이 이상점을 상회하는 관측치를 분석 대상에서 제외 -이상점은 SPSS의 '데이터 탐색' 기능을 사용하여 계산된 이상 값 수치와 '줄기와 잎 그림' 도표 등의 분석 결과를 종합적으로 고려하여 결정함. 용도별 이상점 분석결과는 다음과 같음 [건축물 용도별-에너지원별 이상점 분석결과] <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>구분</th> <th>주거용(TOE/m²)</th> <th>비주거용(TOE/m²)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>전기</td> <td>0.0251</td> <td>0.0720</td> </tr> <tr> <td>도시가스</td> <td>0.0291</td> <td>0.0289</td> </tr> </tbody> </table>	구분	주거용(TOE/m ²)	비주거용(TOE/m ²)	전기	0.0251	0.0720	도시가스	0.0291	0.0289
구분	주거용(TOE/m ²)	비주거용(TOE/m ²)								
전기	0.0251	0.0720								
도시가스	0.0291	0.0289								
기타	• 총괄표제부가 있는 경우 제외 • 표제부만 있더라도 한 필지에 건물이 두 동 이상인 경우 제외 • 건물용도, 용도지역지구구역 지정 정보 등 기타 속성 정보에서 결측치가 있는 모든 케이스 제외									

2. 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성 분석

1) 건물용도별·용도지역별 필지 및 건축물 기초 특성

□ 건물용도의 재구분

건축물대장 상의 건축물 용도 구분(대분류)은 크게 주거, 상업, 문교사회, 공업, 기타 등 5개로 구분된다. 본 연구에서는 이를 주거, 상업·공공·문교사회(이하, ‘비주거’로 칭함), 기타로 재구분하고, 앞의 두 분류를 중심으로 분석을 진행한다. 건축물 용도 재구분 기준은 표 4-5와 같다.

[표 4-5] 건축물 용도의 재구분

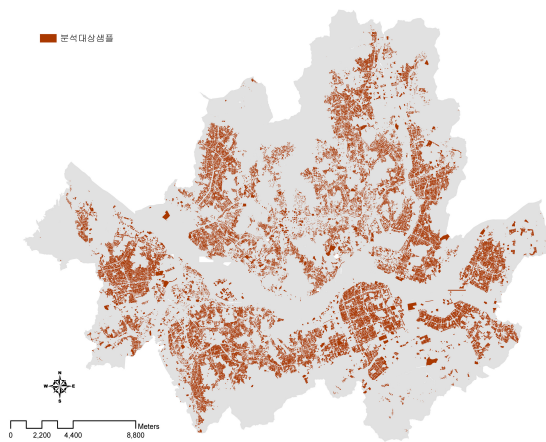
	주거	비주거			기타
		상업	공공	문교사회	
단독주택	<ul style="list-style-type: none"> • 단독주택 (공관포함) • 다가구주택 (다중주택 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 공동주택의 생활편익시설 • 제1종근린생활시설 (공공시설 제외) • 제2종근린생활시설 • 판매시설 • 운수시설 	<ul style="list-style-type: none"> • 제1종근린생활시설 (동사무소, 경찰서, 파출소, 소방서, 우체국, 전신전화국, 방송국, 보건소, 공공도서관, 지역의료보험조합, 지역자치센터, 지구대, 지역건강보험조합, 기타공공시설) • 공공업무시설(국가기관청사, 자치단체청사, 외국공관, 기타 공공업무시설) • 교정 및 군사시설 • 방송통신시설 • 발전시설 • 분뇨쓰레기 처리시설 	<ul style="list-style-type: none"> • 문화 및 집회시설 • 종교시설 • 의료시설 • 교육연구시설 • 노유자시설 • 수련시설 • 운동시설 • 묘지관련시설 • 관광휴게시설 • 장례식장 • 동식물 관련시설 	<ul style="list-style-type: none"> • 공장 • 위험물 저장 및 처리시설 • 동식물 관련시설 • 창고시설 • 분뇨 쓰레기 처리시설
공동주택	<ul style="list-style-type: none"> • 다세대주택 • 연립주택 • 아파트(부대시설, 복리시설, 기숙사 포함) 	<ul style="list-style-type: none"> • 업무시설(공공업무 시설 제외) • 숙박시설 • 위락시설 • 위험물 저장 및 처리시설 • 자동차 관련시설 			

□ 건물용도별·용도지역별 건물(필지) 수

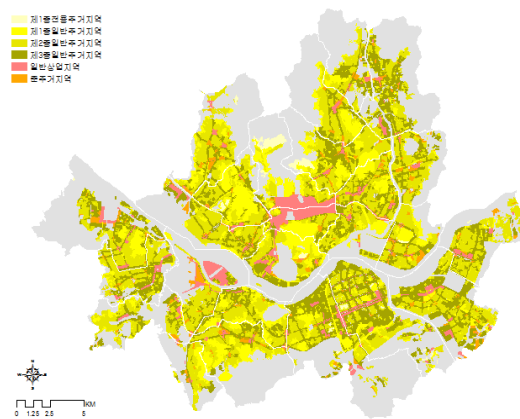
건축물대장의 전체 건축물과 본 연구에서 추출한 분석 대상 건축물 현황을 건물용도와 용도지역별로 살펴보면 표 4-6과 같다. 일반적 분석이 가능한 건축물은 전체 건축물의 절반가량인 32만 동이며(그림 4-9), 이중 용도지구 및 구역 지정이 되어 있지 않으며 2004년 1월 1일 이후 사용승인된 건축물로서 용도지역별 분석이 가능한 샘플은 2만 3천 동 정도이다.

용도지역별 분석용 샘플의 경우 각 유형의 샘플 수가 충분치 않은 경우가 많아, 제2

중전용주거지역을 제외한 다섯 유형의 주거지역과 일반상업지역을 중심으로 분석을 진행한다(표 4-6의 음영 부분). 준공업지역과 자연녹지지역의 경우 비교적 충분한 관측치가 확보되었으나, 주거지역과 상업지역에 초점을 맞추기 위해 연구의 범위에서 제외했다. 전체 용도지역 중 본 연구의 주요 분석대상으로 선정된 6개 용도지역의 지정 현황은 그림 4-10과 같다. 서울 시계 경계부에 위치한 광범위한 녹지지역을 제외하면, 본 연구에서 제외되는 범위가 그리 넓지 않음을 알 수 있다.



[그림 4-9] 일반분석에 포함되는 필지의 분포



[그림 4-10] 용도지역별 분석에 포함되는 6개 용도지역의 분포

[표 4-6] 건물용도별·용도지역별 건물(필지) 수

	전체 건축물			분석 대상 건축물 (일반 분석용)			분석 대상 건축물 (용도지역별 분석용)		
	주거	비주거	소계	주거	비주거	소계	주거	비주거	소계
제1종전용주거지역	4,908	659	5,586	2,270	288	2,558	66	24	90
제2종전용주거지역	218	27	266	21	4	25	4	0	4
제1종일반주거지역	43,938	7,189	51,780	23,629	1,991	25,620	1,204	310	1,514
제2종일반주거지역	314,980	55,286	373,213	187,847	30,461	218,308	13,572	3,273	16,845
제3종일반주거지역	69,495	31,118	102,457	29,648	17,109	46,757	1,739	1,605	3,344
준주거지역	14,913	10,866	26,382	7,023	4,705	11,728	158	121	279
일반상업지역	5,246	11,979	17,958	1,459	4,758	6,217	41	157	198
근린상업지역	833	989	1,874	310	360	670	1	1	2
유통상업지역	0	83	108	0	26	26	0	0	0
중심상업지역(4대문)	42	585	635	0	25	25	1	17	18
일반상업지역(4대문)	3,278	9,272	13,053	91	1,114	1,205	0	0	0
준공업지역	8,629	6,595	17,987	3,632	2,344	5,976	243	491	734
자연녹지지역	2,505	2,957	6,343	699	388	1,087	106	88	194
미가입·오기입	29,604	4,667	35,269	19	6	25	1	0	1
합계	498,641	142,342	653,044	256,648	63,579	320,227	17,136	6,087	23,223

주: 소계에는 기타 건축물 수가 포함됨

□ 건물용도별·용도지역별 건축물 기초 특성

건물용도별·용도지역별 건축물 기초 특성을 파악하기 위해, 건축물의 평균 대지면적, 연면적, 용적률 산정용 연면적, 건폐면적, 용적률, 건폐율, 사용년수, 지상 층수, 지하 층수 등의 정보를 살펴보았다(표 4-7).

[표 4-7] 건물용도별·용도지역별 건축물 기초 특성(일반 분석용 샘플)

주거용 건축물									
	대지면적 (m ²)	연면적 (m ²)	용적률용 연면적(m ²)	건폐면적 (m ²)	용적률	건폐율	사용년수	지상층수	지하층수
제1종전용주거지역	420	324	181	168	0.542	0.436	20.026	1,800	0.967
제2종전용주거지역	277	255	52	130	0.682	0.475	18,952	2,000	0.857
제1종일반주거지역	223	378	236	124	1.272	0.622	18,867	2,680	0.935
제2종일반주거지역	182	351	235	112	1.400	0.651	18,404	2,868	0.849
제3종일반주거지역	282	601	318	119	1.427	0.639	18,570	3,024	0.871
준주거지역	275	1078	467	118	1.590	0.657	18,381	3,286	0.870
일반상업지역	515	4477	2837	234	2.617	0.643	17,633	5,511	1.269
근린상업지역	197	576	374	118	1.445	0.661	19,987	3,084	0.932
유통상업지역									
중심상업지역(4대문)									
일반상업지역(4대문)	520	5164	3246	189	2.655	0.612	16,121	5,297	1.066
준공업지역	213	508	304	117	1.670	0.684	18,195	3,351	0.773
자연녹지지역	401	349	164	127	0.625	0.456	17,753	1,705	0.717
비주거용 건축물									
	대지면적 (m ²)	연면적 (m ²)	용적률용 연면적(m ²)	건폐면적 (m ²)	용적률	건폐율	사용년수	지상층수	지하층수
제1종전용주거지역	532	509	274	198	0.686	0.409	17,031	1,889	0.986
제2종전용주거지역	426	390	137	190	0.698	0.455	22,000	2,000	0.750
제1종일반주거지역	1188	1059	720	254	1.312	0.477	16,071	3,039	0.929
제2종일반주거지역	371	783	512	164	1.933	0.564	18,495	3,900	0.917
제3종일반주거지역	462	1307	864	216	2.222	0.540	18,839	4,425	1.055
준주거지역	411	1579	975	212	2.571	0.573	17,768	4,904	0.988
일반상업지역	697	4427	2805	345	3.814	0.573	18,235	6,896	1.597
근린상업지역	459	1831	1183	235	2.550	0.561	20,122	4,900	1.144
유통상업지역	3122	22019	13109	1730	2.890	0.456	15,000	5,923	1.538
중심상업지역(4대문)	1204	8962	5060	508	4.754	0.560	16,480	9,080	2.640
일반상업지역(4대문)	666	5001	2405	294	3.391	0.597	18,373	6,224	1.390
준공업지역	659	2100	1410	309	2.443	0.574	16,986	4,758	0.883
자연녹지지역	5343	1305	711	352	0.802	0.358	11,046	2,325	0.562

우선, 일반 분석용 샘플의 경우, 용도지역제 개편이 이루어지기 전인 2004년 이전 사용승인 건축물과 추가적인 행위규제가 적용될 여지가 있는 용도지구 및 구역 지정 필지

내 건축물이 다수 포함되어 있어, 용도지역별 평균 용적률과 건폐율이 현행 행위제한 상한 수준과는 많은 차이를 보였다(표 4-7). 반면, 용도지역별 분석용 샘플의 경우에는 준주거지역의 비주거용 건축물을 제외하면, 전반적으로 현행 용도지역제의 용적률 및 건폐율 상한선과 비교적 유사한 특성을 보이는 것으로 나타났다(표 4-8). 즉, 건축물대장 상에 적시된 정보의 정확도가 낮아 본 연구에서 추정한 지표를 활용했음에도, 그 값은 비교적 현행 규제수준과 유사했다. 이 결과는 추후 건물용도별·용도지역별 표준 건축물을 가정하는 과정에 활용된다(표 4-73 및 부록 2 참고).

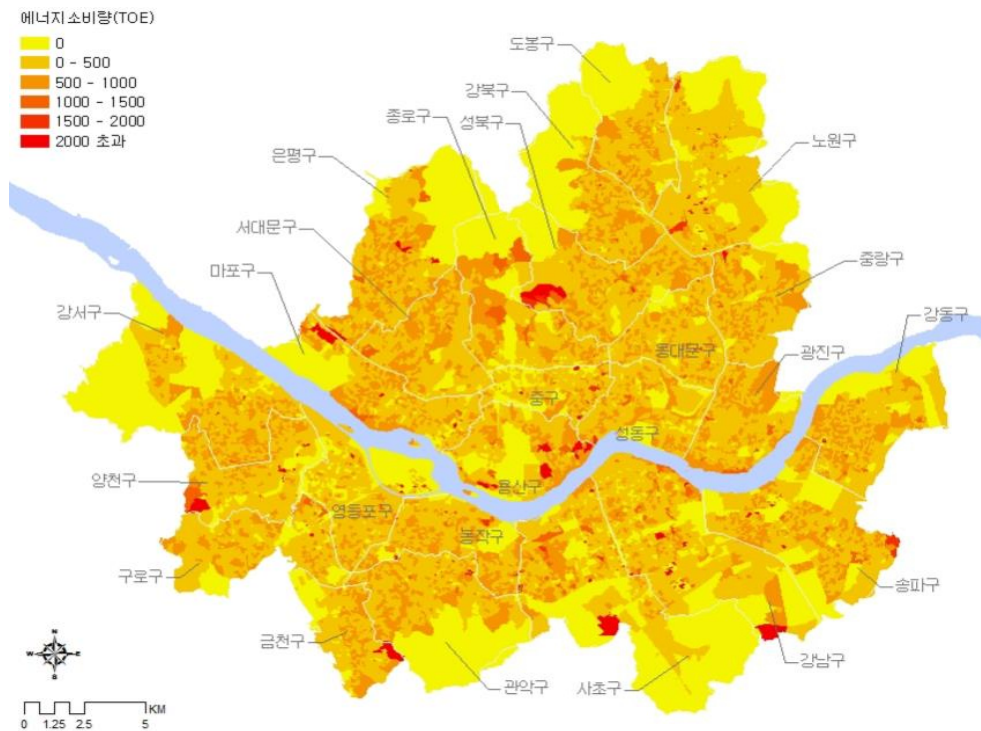
[표 4-8] 건물용도별·용도지역별 건축물 기초 특성(용도지역별 분석용 샘플)

주거용 건축물									
	대지면적 (m ²)	연면적 (m ²)	용적률용 연면적(m ²)	건폐면적 (m ²)	용적률	건폐율	사용년수	지상층수	지하층수
제1종전용주거지역	357	463	302	169	0.908	0.499	5.045	2.000	0.939
제2종전용주거지역	146	157	128	65	0.834	0.442	4.500	2.000	0.750
제1종일반주거지역	284	668	511	151	1.804	0.578	4.649	3.884	0.684
제2종일반주거지역	235	558	488	133	2.031	0.610	4.594	4.473	0.300
제3종일반주거지역	302	834	672	150	2.124	0.597	5.101	4.825	0.422
준주거지역	600	4287	2942	239	3.145	0.641	5.304	6.905	0.741
일반상업지역	2179	21710	14217	668	6.415	0.553	5.537	14.341	2.512
근린상업지역	1407	4984	4186	675	3.247	0.480	6.000	11.000	1.000
유통상업지역									
중심상업지역(4대문)									
일반상업지역(4대문)	5089	79290	49397	660	12.633	0.130	2.000	30.000	7.000
준공업지역	497	1159	802	164	2.265	0.589	4.477	5.300	0.193
자연녹지지역	215	246	206	87	1.194	0.473	4.783	2.557	0.613
비주거용 건축물									
	대지면적 (m ²)	연면적 (m ²)	용적률용 연면적(m ²)	건폐면적 (m ²)	용적률	건폐율	사용년수	지상층수	지하층수
제1종전용주거지역	378	561	323	160	0.946	0.443	4.875	2.042	1.083
제2종전용주거지역									
제1종일반주거지역	1177	1217	806	270	1.583	0.497	4.835	3.368	1.058
제2종일반주거지역	427	1021	761	179	2.187	0.557	4.926	4.366	0.700
제3종일반주거지역	456	1646	1161	220	2.742	0.530	5.197	5.394	0.995
준주거지역	701	5015	3099	333	3.917	0.583	3.893	7.463	1.058
일반상업지역	1216	8593	6087	409	6.346	0.552	5.127	11.000	2.338
근린상업지역	397	4333	2777	353	7.934	0.888	8.000	8.000	3.000
유통상업지역									
중심상업지역(4대문)									
일반상업지역(4대문)	2453	29908	19347	947	7.050	0.463	5.647	14.588	3.647
준공업지역	719	2717	2168	332	3.431	0.551	3.961	6.986	0.599
자연녹지지역	6419	659	467	222	0.913	0.348	3.580	2.398	0.409

2) 건물용도별·용도지역별 에너지 소비 특성

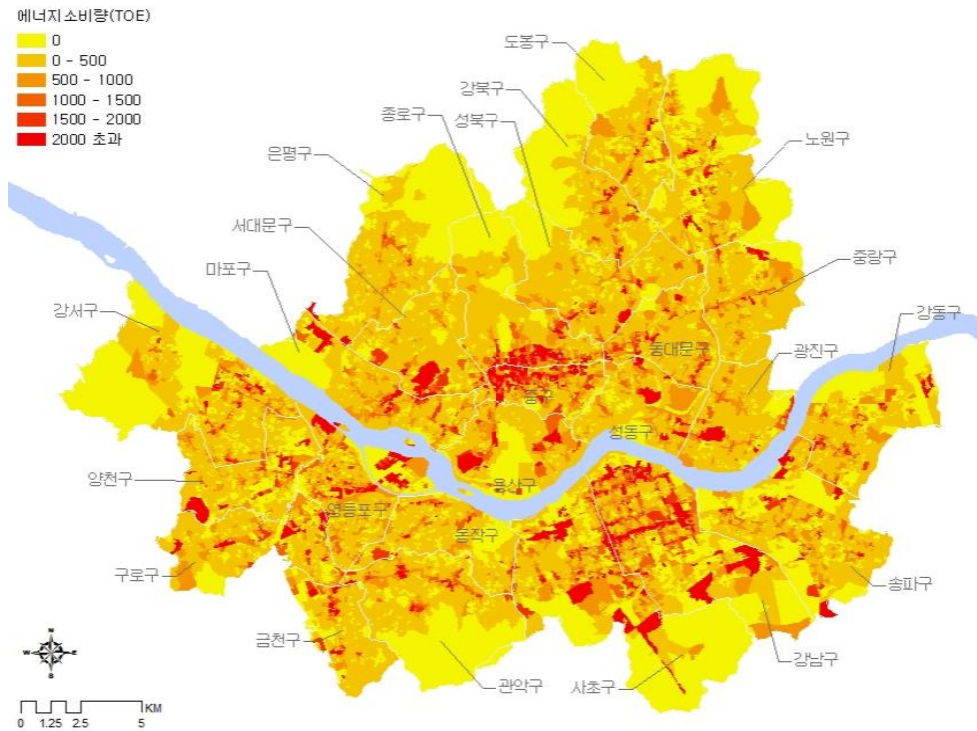
□ 서울시의 건축물 에너지 소비 분포

건물용도별·용도지역별 에너지 소비 특성을 살펴보기에 앞서, 서울시의 전반적인 에너지 소비 분포 특성을 파악하기 위해 도시 블록 단위⁴¹⁾의 에너지 소비량 집계 현황을 살펴보았다(그림 4-11 및 4-12). 우선, 주거용 건축물의 경우 전반적으로 고른 분포를 보였으며, 2,000TOE 이상의 일부 다소비 블록은 주로 대형 공동주택 및 주상복합 단지로 확인되었다. 반면, 비주거용 건축물의 경우, 주요 상업시설이 위치한 도심·부도심 지역과 다수의 지역·지구중심을 따라 다소비 블록이 집중되어 있는 모습을 보였다.



[그림 4-11] 서울시 주거용 건축물의 2012년 에너지 사용량 분포(블록단위 집계)

41) 본 연구에서 사용한 도시 블록은 GIS 분석 컨설팅 업체에서 상권분석에 활용하기 위해 작성한 자료로서, 통계청 집계구를 기본단위로 하고 있다. 통계청 집계구는 센서스 통계의 기본이 되는 기초조사구를 인구 500여 명을 기준으로 묶은 지리적 경계로서, 야간 상주인구가 적은 대신 주간 상주인구가 많은 지역에서는 영역이 넓게 구획되는 특징을 보인다. 이 때문에 비주거용 건물이 밀집한 지역에서는 넓은 집계구가 형성되는데, 이를 지도화할 경우 해당 부분만 시각적으로 부각되어 보이는 단점이 있다. 따라서 비주거용 건물이 밀집한 지역의 경우에는 지형지물을 경계로 집계구를 재분할하여 비교적 균질한 지리적 경계를 표현할 수 있도록 도시 블록 경계를 확정하였다.

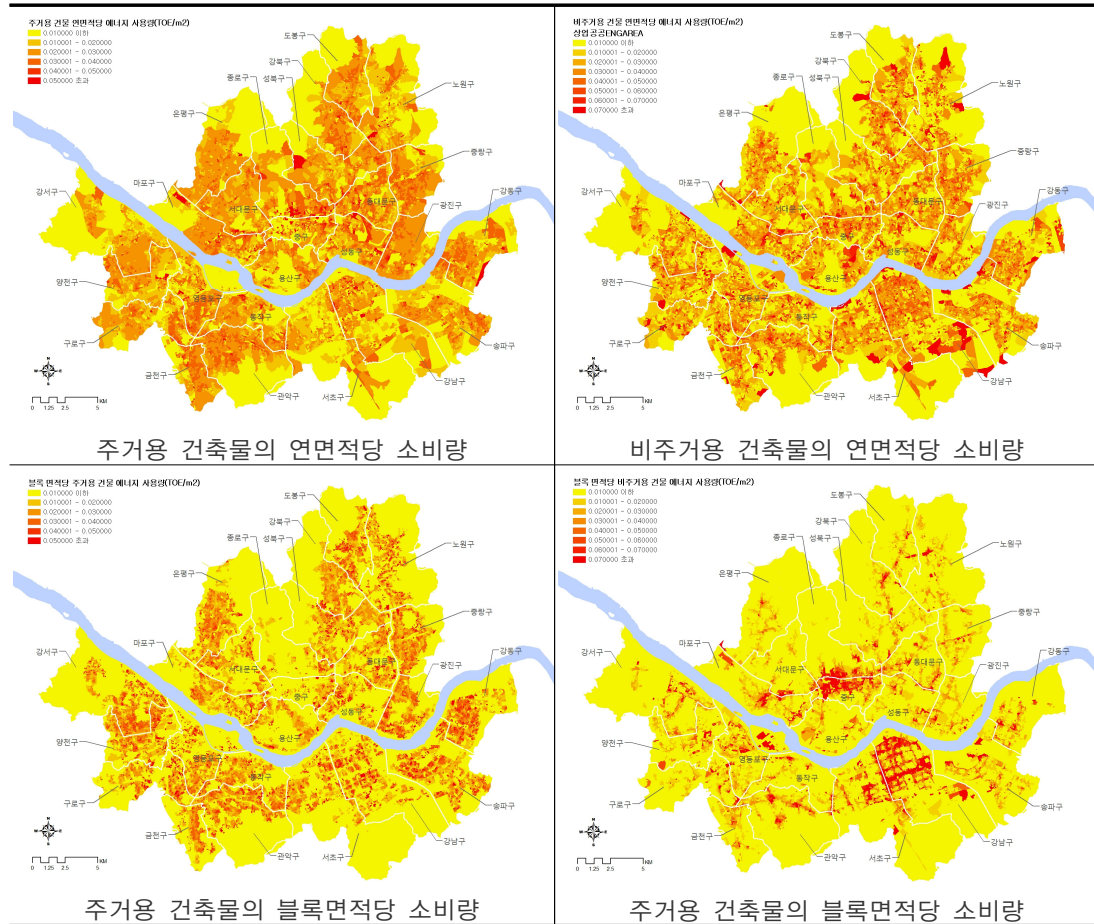


[그림 4-12] 서울시 비주거용 건축물의 2012년 에너지 사용량 분포(블록단위 집계)

다음으로, 에너지 저효율 건축물의 군집 특성을 파악하기 위해 단위 연면적당 소비량과 단위 토지(블록)면적당 소비량 분포를 살펴보았다. 표 4-9와 같이, 건축 연면적당 소비량이 큰 저효율 건축물은 주거용과 비주거용 모두 서울시 전역에 고루 분포하고 있는 것으로 나타났다. 이는 에너지 소비가 크고 효율이 낮은 특정 구역 단위로 에너지 성능 개선사업을 시행하기보다는 도시 전반에 걸쳐 일반적인 규제가 필요함을 보여준다. 단위 대지면적당 소비량의 경우는 토지 개발밀도와 밀접한 관련이 있다. 따라서 주거용, 비주거용 모두 용적률 최대 허용치가 높은 3종일반주거지역이나 상업지역에서 에너지 소비 집중도가 높은 것으로 나타났다.

이러한 에너지 소비 특성을 자치구별로 살펴보면 표 4-10과 같다. 주거용 건축물의 총 소비량은 주택 밀집지역인 송파구, 강남구 등에서 높게 나타났으며, 비주거용 건축물의 경우는 강남구, 서초구, 영등포구, 중구 등 주요 도심부도심 지역에서 높게 나타났다. 단위 연면적당 소비량의 경우 자치구별로 큰 차이를 보이지는 않았으나, 주거용의 경우 노후 주택이나 단독주택이 밀집된 자치구에서 더 높은 값을 보였다⁴²⁾. 비주거용의 경우에

[표 4-9] 2012년 서울시 블록별 에너지 소비 현황



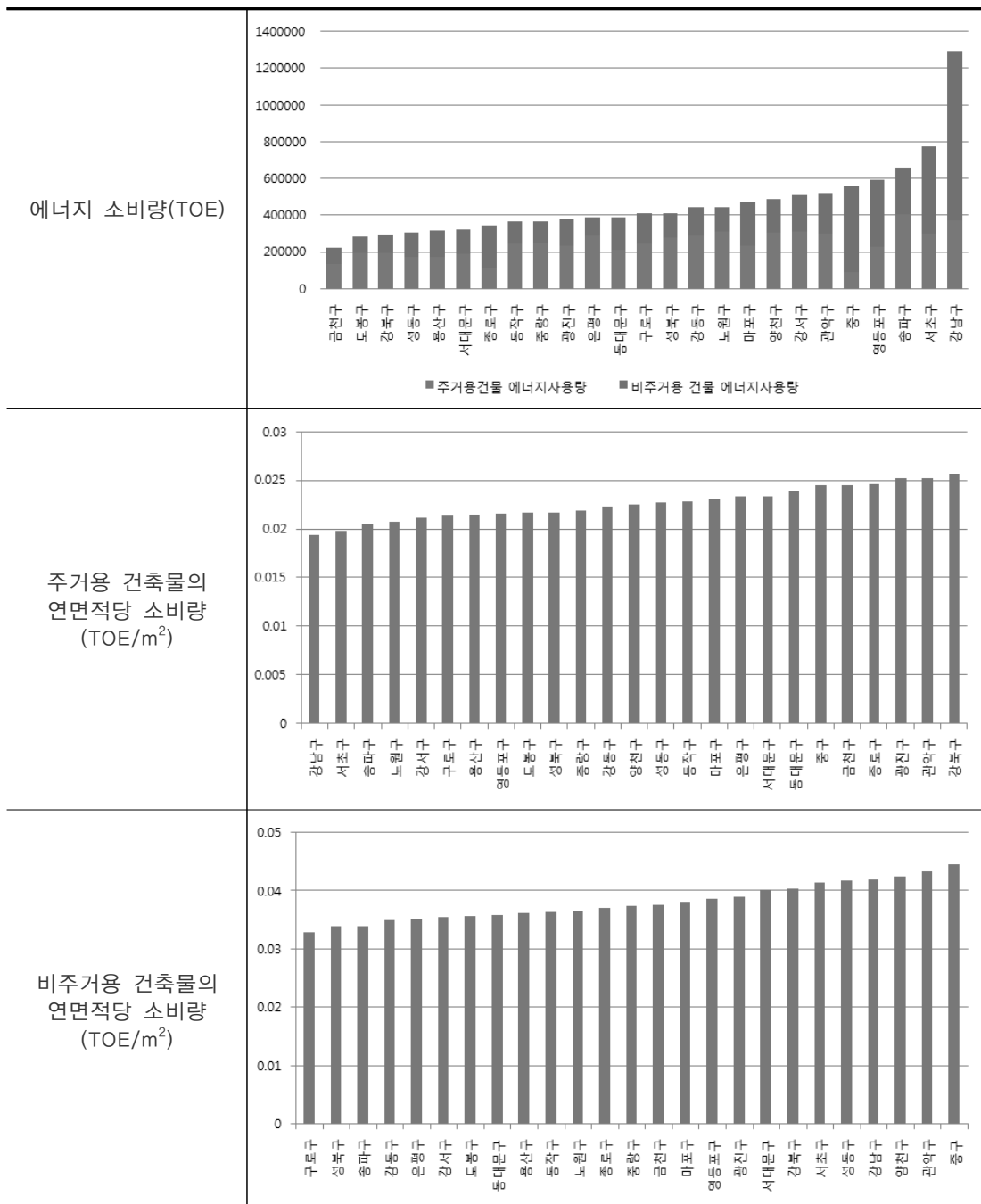
는 대형 상업용 건축물이 집중된 중구, 강남구, 서초구뿐만 아니라, 양천구와 관악구 등 주거 밀집 지역에서도 높은 값을 보였다.

분석의 대상을 앞서 설명한 6개 용도지역으로 한정해 에너지 소비 분포를 나타내면 표 4-11과 같다. 이는 필지단위로 집계한 주거용과 비주거용 건축물의 에너지 소비 패턴을 함께 표현한 것이다. 위와 마찬가지로 강남구, 송파구, 영등포구, 중구 등의 도심권과 노원구, 양천구 등의 공동주택 밀집지역에 다소비 필지가 집중되어 있는 모습을 확인할 수 있다. 단위 필지면적당 소비량의 경우도 대체로 유사한 패턴을 보였다. 이와 같은 분석을 세부 행정구역 단위(구 또는 동)로 적용할 경우, 각 지자체별로 우선적으로 집단 에

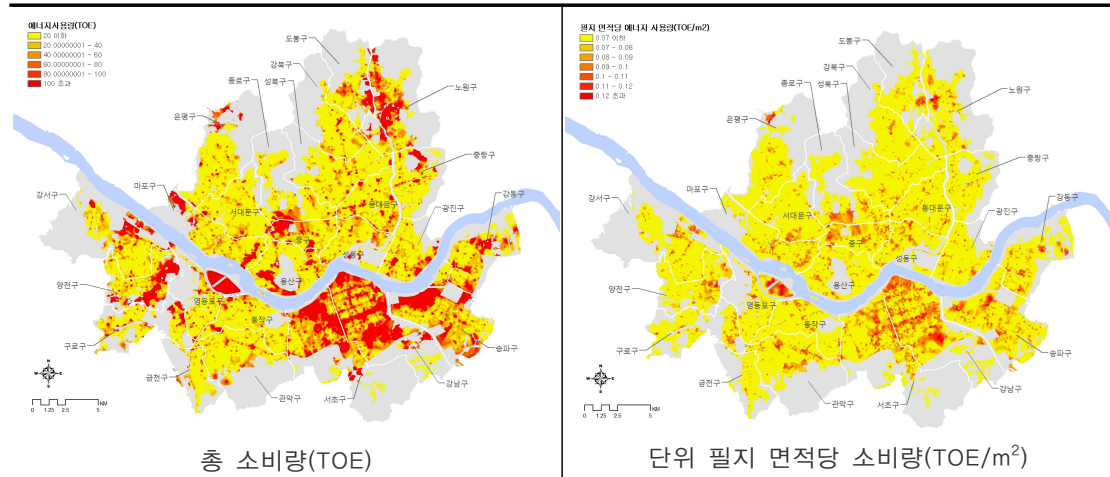
42) 실제로 자치구 단위의 상관분석을 시행한 결과, 주거용 건물의 연면적당 에너지 소비량은 총 주거용 건물 연면적 중 단독주택 연면적 비율과 높은 양의 상관관계를 보였다(Pearson 상관계수: 0.802, p: <0.01).

너지 성능개선 사업이 필요한 지역을 쉽게 파악할 수 있다.

[표 4-10] 2012년 서울시 자치구별 에너지 소비 현황



[표 4-11] 6개 분석대상 용도지역에서의 에너지 소비 특성(필지단위 집계, 2012년 기준)



□ 건물용도별·용도지역별 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플 적용)

본 연구에서는 건물용도별·용도지역별 평균 에너지 소비량과 온실가스 배출량을 시각적으로 쉽게 나타내고 해석할 수 있도록, Excel의 조건부 서식 기능을 활용해 10단계의 색조로 표현했다. 붉은색 계열로 색이 더 진해질수록 상대적으로 에너지 소비량(온실가스 배출량)이 크며, 초록색 계열로 색이 더 진해질수록 상대적으로 에너지 소비량(온실가스 배출량)이 작은 유형임을 의미한다. 이때, 비교 대상이 되는 집단이 서로 다른 경우에는 동일한 값을 갖더라도 다른 색조가 지정될 수 있다. 따라서 서로 다른 집단 간의 색조 비교는 무의미하다. 결과표에서 동일한 기준으로 평가되는 집단을 명확히 하기 위해, 각 집단의 경계를 두꺼운 실선으로 구획하여 제시했다.

위의 방법을 적용해 도출한 결과는 표 4-12 및 4-13과 같다. 우선, 단위 연면적당 에너지 소비량은 주거용 건축물에 비해 상업용 건축물이 더 큰 것으로 나타났다(표 4-12). 이는 기존 연구 및 조사와 일치하는 결과로 볼 수 있다. 용도지역별 차이를 살펴보면, 주거용의 경우는 20.1~27.4kgOE까지 비교적 편차가 작게 나타났으며, 용도지역별 용적률 규제 수준과는 큰 연관성을 보이지 않았다. 비주거용 건축물의 경우, 26.8~35.9kgOE까지로 주거용에 비해 다소 편차가 크게 나타났으나, 용도지역별 규제 수준과는 마찬가지로 큰 연관성을 보이지 않았다. 온실가스 배출량의 경우도 대체로 동일한 양상을 보였다(표 4-13).

다음으로, 같은 방식으로 단위 대지면적당 에너지 소비량 특성을 비교분석하였다. 단위 토지에서의 에너지 소비 집중도를 파악하기 위해서는 건축물 연상면적이 아닌 대지면적당 에너지 소비량 분석이 필요하기 때문이다. 분석 결과, 단위 토지 당 에너지 소비 집중도 역시 주거용 건축물에 비해 비주거용 건축물에서 더욱 큰 것으로 나타났다. 그러나 단위 연면적당 에너지 소비량 분석과 달리, 이 분석에서는 용적률 허용수준과 에너지 소비 집중도의 정적 상관관계가 뚜렷하게 나타났다. 이는 두 지표 모두 토지이용의 강도를 나타내는 지표라는 점에서 당연한 결과라 할 수 있다. 즉, 단위 대지면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량은 해당 토지에서의 행위 집중도를 나타내는 지표로서, 용적률을 보완하는 개발밀도(토지이용 강도) 규제 수단의 하나로 고려될 수 있다. 각 용도지역별로 건폐율과 용적률 허용 기준이 정해져 있기 때문에 단위 대지면적당 에너지 소비량은 대체로 일정범위 내에 있을 것으로 예상된다. 따라서 온실가스 배출량 기반의 토지이용규제는 용적률 기반의 개발밀도 규제와 유사한 특성을 갖는다고 볼 수 있다.

[표 4-12] 건물용도별·용도지역별 평균 에너지 소비량

용도지역 구분	용적률 제한	단위 연면적당 에너지 소비량 (kgOE/m ² /year)			단위 대지면적당 에너지 소비량 (kgOE/m ² /year)		
		주거	비주거	평균	주거	비주거	평균
제1종전용주거지역	100%	20,107	26,814	21,895	25,551	37,030	28,612
제1종일반주거지역	150%	25,439	33,428	27,075	51,988	70,609	55,801
제2종일반주거지역	200%	27,431	31,731	28,267	58,284	81,829	62,859
제3종일반주거지역	250%	26,773	33,669	30,083	59,524	110,715	84,094
준주거지역	250%	26,134	28,664	27,231	82,592	121,483	99,459
일반상업지역	800%	22,141	35,910	33,059	159,468	276,207	252,034
평균		27,110	32,430	28,505	58,161	97,466	68,464

주: 건물용도별·용도지역별 평균값은 표에 표시되지 않은 기타 용도지역과 건물용도를 포함해 산정한 값임

[표 4-13] 건물용도별·용도지역별 평균 온실가스 배출량

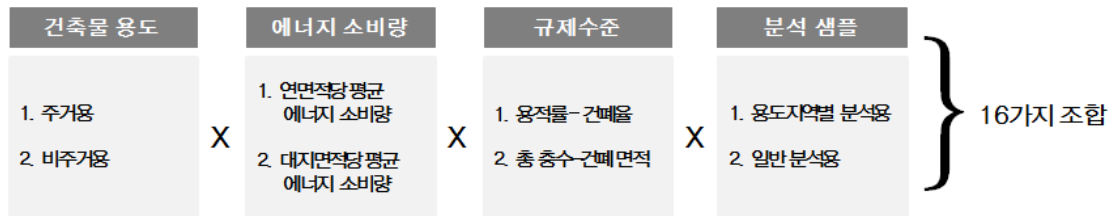
용도지역 구분	용적률 제한	단위 연면적당 온실가스 배출량 (kgCO ₂ eq/m ² /year)			단위 대지면적당 온실가스 배출량(kgCO ₂ eq/m ² /year)		
		주거	비주거	평균	주거	비주거	평균
제1종전용주거지역	100%	42,058	56,709	45,845	53,416	78,256	59,836
제1종일반주거지역	150%	53,100	68,396	56,228	108,462	144,423	115,816
제2종일반주거지역	200%	57,214	65,258	58,773	121,514	168,161	130,557
제3종일반주거지역	250%	55,877	68,759	62,061	124,114	225,959	173,005
준주거지역	250%	54,201	58,737	56,168	170,280	249,331	204,563
일반상업지역	800%	45,375	73,436	67,596	324,753	563,684	513,957
평균		56,552	66,537	59,165	121,240	199,825	141,805

주: 건물용도별·용도지역별 평균값은 표에 표시되지 않은 기타 용도지역과 건물용도를 포함해 산정한 값임

3) 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성

① 분석 개요

다음으로 일반적인 상황에서의 에너지 소비 특성을 살펴보기 위해, 실제 적용된 규제수준(건폐율 및 용적률 또는 건폐면적 및 총 층수)과 건물용도에 따른 평균적인 에너지 소비량 차이를 비교·분석한다. 이는 용도지역별 행위제한 기준이 아닌 실제 측정된 규제(적용)수준을 바탕으로 한 분석이므로, 일반 분석용 샘플과 용도지역별 분석용 샘플을 모두 사용해 분석을 진행한다. 분석 결과는 그림 4-13과 같이 16개 조합으로 제시된다.



[그림 4-13] 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성 분석 결과표의 유형

□ 규제 수준 유형화 기준

규제 수준은 크게 용적률-건폐율 조합과 총 층수-건폐면적 조합으로 나누어 유형화하였다. 각 지표의 급간은 현행 용도지역별 행위제한 기준 등과 같이 의미가 있는 숫자를 기준으로 구분하되, 빈도 분석을 통해 주요 급간의 빈도수가 최대한 고루 분포될 수 있도록 결정하였다. 이러한 기준 하에, 용적률과 총 층수는 총 12개 급간으로, 건폐율과 건폐면적은 총 10개 급간으로 구분했다(표 4-14). 따라서 규제수준별 세부 유형은 각각 120개로 구분되며, 여기에 두 유형의 건축물 용도가 곱해짐에 따라 각 방법에 대해 총 240개 세부 유형에 대한 평균 에너지 소비량 값을 제시하게 된다.

이때, 각 용도지역별 용적률 및 건폐율 기준을 활용해, 두 지표의 조합으로 세분화한 120개의 세부유형이 어느 용도지역에 포함되는 지를 파악할 수 있다. 아래에서 제시할 세부유형별 분석결과에서 이를 시각적으로 쉽게 파악할 수 있도록 결과표 양식에 각 용도지역별 용적률 및 건폐율 허용 범위를 나타내면 그림 4-14와 같다. 단, 이때 추가적인 지구구역 지정 여부나 인센티브 획득 여부에 따라 실제로 적용되는 용적률과 건폐율 기준은 달라질 수 있음을 유념할 필요가 있다(특히, 일반 분석용 샘플의 경우).

이와 같은 이유에서 본 연구에서는 총 층수와 건폐면적 조합을 활용한 세부유형별

분석을 추가로 시행한다. 이는 각 용도지역과 지구구역에 지정된 용적률, 건폐율, 층수(높이) 규제와 기타 인센티브 획득의 결과로서 나타나는 건축물의 형태를 보다 직접적으로 나타내는 지표로서, 규모의 개념이 반영되어 있기 때문에 앞서 제시한 용적률-건폐율 조합에 비해 각 세부 유형의 건물 형태에 대한 예측이 보다 정확하게 이루어질 수 있다. 또한 이 두 지표는 대지면적과는 별개로 산정되는 값이므로, 건축물 단위 자료와 지번 단위 자료의 통합과정에서 발생할 수 있는 오류로 인해 면적이 매우 큰 필지와 작은 건물 하나가 공간적으로 통합되어 건폐율이나 용적률 값이 상식적인 수준에 비해 매우 작게 나타난 경우, 또는 그 반대의 경우에 의한 이상치 발생을 최소화할 수 있다.

[표 4-14] 규제 수준 유형화 기준

용적률 구간	건폐율 구간	총 층수 구간	건폐면적 구간(m ²)
0.0~0.5	0.0~0.1	1	0~50
0.5~1.0	0.1~0.2	2	50~75
1.0~1.2	0.2~0.3	3	75~100
1.2~1.5	0.3~0.4	4	100~150
1.5~2.0	0.4~0.5	5	150~200
2.0~2.5	0.5~0.6	6	200~300
2.5~3.0	0.6~0.7	7	300~500
3.0~4.0	0.7~0.8	8~10	500~1,000
4.0~5.0	0.8~0.9	11~15	1,000~2,000
5.0~6.0	0.9~1.0	15~20	2,000~
6.0~8.0		21~30	
8.0~		30~	
12개 급간	10개 급간	12개 급간	10개 급간

용적률 급간	건폐율										
	0.0 ~0.1	0.1 ~0.2	0.2 ~0.3	0.3 ~0.4	0.4 ~0.5	0.5 ~0.6	0.6 ~0.7	0.7 ~0.8	0.8 ~0.9	0.9 ~1.0	
0.0~0.5											
0.5~1.0											
1.0~1.2											
1.2~1.5											
1.5~2.0											
2.0~2.5											
2.5~3.0											
3.0~4.0											
4.0~5.0											
5.0~6.0											
6.0~8.0											
8.0~											

[그림 4-14] 용도지역별 허용 용적률-건폐율 급간

[표 4-15] 용적률과 건폐율 조합으로 구분한 건물용도별·규제수준별 건물(필지) 수(음영: 분석대상)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
용도지역별 분석용 건축물 중 주거용 건축물										
0.0~0.5	0	7	10	13	16	3	0	1	1	0
0.5~1.0	0	3	17	56	72	83	91	44	6	3
1.0~1.2	1	3	7	24	51	105	137	111	29	9
1.2~1.5	1	11	25	57	157	455	662	427	139	30
1.5~2.0	16	41	151	505	917	2,249	2,701	1,237	397	124
2.0~2.5	8	36	71	226	488	893	1,223	542	211	79
2.5~3.0	9	10	36	76	161	189	191	91	63	28
3.0~4.0	3	8	23	40	79	160	211	149	65	60
4.0~5.0	1	5	2	8	13	44	108	79	38	23
5.0~6.0	3	0	1	5	7	9	22	18	9	15
6.0~8.0	5	1	5	1	3	12	9	6	7	5
8.0~	2	3	1	2	6	8	5	4	3	3
용도지역별 분석용 건축물 중 비주거용 건축물										
0.0~0.5	40	33	20	10	18	3	0	1	1	0
0.5~1.0	22	29	46	54	83	64	24	21	6	3
1.0~1.2	4	16	20	21	25	40	34	13	13	5
1.2~1.5	7	13	18	35	67	59	41	27	10	4
1.5~2.0	11	26	51	100	204	405	339	153	56	30
2.0~2.5	12	19	48	130	269	432	358	134	71	25
2.5~3.0	7	17	42	71	161	252	228	72	38	12
3.0~4.0	8	17	29	64	115	229	185	87	50	33
4.0~5.0	4	6	10	27	25	69	49	34	20	16
5.0~6.0	0	2	3	11	6	17	16	9	5	8
6.0~8.0	2	9	10	6	8	18	13	13	12	6
8.0~	8	1	5	11	18	28	16	11	8	7
일반 분석용 건축물 중 주거용 건축물										
0.0~0.5	51	131	444	1,097	1,292	599	613	172	21	2
0.5~1.0	22	82	308	1,346	4,684	15,835	34,016	17,263	1,524	150
1.0~1.2	6	19	78	267	1,255	3,951	17,991	27,137	6,305	506
1.2~1.5	6	31	89	417	2,429	7,501	8,109	4,831	1,847	441
1.5~2.0	29	93	372	1,255	4,485	15,693	21,560	8,544	2,023	509
2.0~2.5	22	72	210	690	2,011	7,099	12,127	5,215	1,028	378
2.5~3.0	26	28	121	257	510	1,212	1,746	1,055	495	293
3.0~4.0	14	34	107	195	274	468	638	450	436	492
4.0~5.0	10	14	48	43	53	111	200	162	84	89
5.0~6.0	20	10	13	15	27	43	44	48	32	46
6.0~8.0	11	11	11	14	19	32	35	21	17	16
8.0~	19	19	14	12	20	37	29	18	18	10
일반 분석용 건축물 중 비주거용 건축물										
0.0~0.5	304	248	331	353	231	122	23	4	3	1
0.5~1.0	67	192	385	667	994	1,445	852	279	90	45
1.0~1.2	16	46	106	229	453	818	797	375	134	49
1.2~1.5	20	37	99	309	1,539	2,995	1,136	355	137	71
1.5~2.0	21	51	156	554	3,080	6,766	3,563	1,033	321	152
2.0~2.5	26	54	145	467	2,627	6,341	3,256	752	324	125
2.5~3.0	17	40	105	288	1,309	3,165	1,993	529	228	126
3.0~4.0	28	53	104	236	909	1,837	1,418	511	302	212
4.0~5.0	19	25	51	110	210	436	423	191	143	164
5.0~6.0	11	12	16	61	127	166	168	61	83	112
6.0~8.0	23	19	26	67	114	117	161	53	65	83
8.0~	33	30	24	72	103	148	98	51	60	56

[표 4-16] 총 층수와 건폐면적 조합으로 구분한 건물용도별·규제수준별 건물(필지) 수(음영: 분석대상)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)									
	0~50	50~75	75~100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000~
용도지역별 분석용 건축물 중 주거용 건축물										
1	26	13	3	2	0	0	0	0	0	0
2	46	56	43	47	5	2	1	0	0	0
3	112	332	417	347	41	25	6	0	0	0
4	157	718	1,579	2,246	211	48	9	0	0	0
5	87	350	1,402	5,004	1,357	432	37	9	1	0
6	11	25	74	345	161	87	46	8	3	0
7	2	4	15	65	53	131	133	35	2	0
8~10	3	2	10	33	44	132	190	105	9	0
11~15	1	2	1	6	8	23	36	51	24	6
15~20	0	0	0	2	0	6	8	19	8	4
21~30	0	0	0	2	0	2	3	6	8	3
30~	0	1	0	0	0	0	1	3	2	0
용도지역별 분석용 건축물 중 비주거용 건축물										
1	35	15	23	13	10	5	2	2	1	0
2	65	57	52	71	31	32	14	6	1	1
3	45	60	64	131	50	45	23	16	1	0
4	35	112	177	353	88	61	35	18	1	2
5	28	87	236	723	190	100	42	23	9	6
6	13	51	120	437	236	124	54	25	10	13
7	9	13	58	228	168	144	62	23	7	7
8~10	9	21	36	186	160	187	146	75	12	3
11~15	4	2	3	12	16	21	28	25	13	3
15~20	4	0	1	2	7	7	14	16	23	6
21~30	0	1	1	1	0	3	1	8	20	6
30~	0	0	1	0	0	0	0	1	2	1
일반 분석용 건축물 중 주거용 건축물										
1	519	254	75	25	6	2	0	0	0	0
2	629	1,045	1,053	1,951	315	33	10	0	0	0
3	4,039	29,623	48,102	46,494	4,368	1,016	156	6	0	0
4	1,212	8,160	16,701	25,733	5,791	2,058	810	280	5	0
5	519	2,681	7,011	21,316	10,737	3,279	838	213	9	1
6	71	323	805	2,216	1,095	680	334	84	12	0
7	9	22	92	250	234	383	319	82	3	1
8~10	9	4	30	102	132	346	457	246	34	1
11~15	8	3	5	14	28	89	176	239	84	11
15~20	5	1	3	5	3	17	44	126	81	13
21~30	1	0	0	2	1	3	12	64	72	14
30~	1	1	0	0	0	0	3	14	22	13
일반 분석용 건축물 중 비주거용 건축물										
1	181	115	105	97	45	21	9	4	2	0
2	319	394	350	510	269	206	128	54	7	2
3	373	951	1,208	1,810	832	627	323	119	29	4
4	371	1,762	3,053	4,605	1,934	1,455	710	248	80	21
5	256	1,445	2,991	6,203	2,899	2,008	855	298	105	37
6	107	483	1,392	4,094	2,688	1,770	790	243	100	58
7	48	80	321	1,252	1,150	1,109	547	211	55	32
8~10	54	81	163	635	781	1,158	1,015	446	88	34
11~15	16	11	29	61	136	227	381	333	99	28
15~20	8	0	1	9	29	43	112	160	101	35
21~30	3	3	2	2	0	6	18	92	124	43
30~	0	0	1	0	0	0	1	7	15	22

□ 건물용도별·규제수준별 건물(필지) 수

결과 제시에 앞서, 위 방법을 활용해 구분한 건물용도별·규제수준별 건물(필지) 수를 나타내면 표 4-15 및 4-16과 같다. 앞서 살펴본 바와 같이 샘플수가 매우 작은 세부 유형이 많아 결과의 해석에 있어 주의가 필요하다. 과소 샘플 유형을 시각적으로 쉽게 파악할 수 있도록 일반분석용 샘플의 경우 샘플 수가 100개 이상인 세부 유형만을, 용도지역별 분석용 샘플의 경우 20개 이상인 세부 유형만을 음영으로 표시하였다.

□ 건물용도별·규제수준별 평균 에너지 소비량 결과표 제시 방법

120개 세부유형에 대한 건물용도별·규제수준별 에너지 소비량을 하나의 표에 나타내고 이를 시각적으로 쉽고 분명하게 이해할 수 있도록, 앞서 설명한 Excel의 조건부 서식 기능을 활용해 각 유형의 평균 소비량을 10단계 색조로 표현했다. 붉은색 계열로 색이 진해질수록 에너지 소비량이 크고, 초록색 계열로 색이 진해질수록 에너지 소비량이 작은 유형임을 의미한다. 이때, 동일한 비교집단의 경계는 두꺼운 실선으로 구획하여 제시했다. 즉, 표 중앙에 위치한 120개의 세부 유형은 동일한 집단으로서, 120개 집단 내에서의 위치에 맞는 등급과 색조가 각 유형에 지정된다(표 4-17). 마찬가지로, 12개 유형으로 구성된 용적률 급간별 평균과 10개 유형으로 구성된 건폐율 급간별 평균은 각각 해당 구획 내에서의 비교를 통해 10등급의 색조가 지정된다. 따라서 서로 다른 구획에 포함될 경우 서로 간의 비교는 무의미하며, 동일한 값을 갖더라도 지정된 색조는 서로 다를 수 있다.

[표 4-17] 과소 샘플 유형을 제외하지 않은 분석결과의 예시

단위 연면적당 평균 에너지 소비량(단위: TOE/m ² /year)											
용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5		0.03152	0.01970	0.02647	0.02377	0.02281		0.00762	0.02781		0.02443
0.5~1.0		0.01232	0.02445	0.02284	0.02578	0.02910	0.02986	0.03212	0.03370	0.03122	0.02781
1.0~1.2	0.02540	0.02659	0.02552	0.02876	0.03113	0.03015	0.03285	0.03310	0.03456	0.03623	0.03186
1.2~1.5	0.03589	0.02376	0.02593	0.02788	0.02880	0.03081	0.03271	0.03295	0.03321	0.03403	0.03179
1.5~2.0	0.02153	0.02396	0.02383	0.02465	0.02578	0.02714	0.02826	0.02876	0.02908	0.02885	0.02747
2.0~2.5	0.02488	0.02248	0.02295	0.02252	0.02350	0.02549	0.02649	0.02718	0.02729	0.02822	0.02570
2.5~3.0	0.01974	0.02011	0.01958	0.01991	0.02002	0.02219	0.02446	0.02343	0.02561	0.02951	0.02255
3.0~4.0	0.00988	0.01754	0.01989	0.02009	0.02103	0.02214	0.02420	0.02525	0.02348	0.02521	0.02324
4.0~5.0	0.02495	0.02536	0.02162	0.02182	0.02253	0.02374	0.02462	0.02319	0.02352	0.02321	0.02375
5.0~6.0	0.01651		0.02760	0.02181	0.02103	0.02144	0.02230	0.02066	0.01890	0.02023	0.02092
6.0~8.0	0.02315	0.01458	0.02099	0.02117	0.02051	0.02041	0.01993	0.02008	0.02231	0.01923	0.02065
8.0~	0.01617	0.01956	0.01392	0.02609	0.01337	0.01769	0.01995	0.01843	0.02170	0.02413	0.01864
평균	0.02112	0.02291	0.02298	0.02381	0.02483	0.02680	0.02813	0.02870	0.02849	0.02795	0.02711

이러한 방법을 적용한 분석결과의 예시는 표 4-17과 같다. 그러나 이 경우, 일부 세부 유형의 샘플 수가 매우 적어 다른 유형과 동일한 기준으로 비교했을 때 편향된 결과표가 나타날 수 있다. 즉, 좌측 상단에 주변의 경향과는 다소 차이를 보이는 이상 값이 포함됨에 따라, 나머지 유형의 차이가 시각적으로 분명하게 나타나지 않는 문제가 발생하게 된다. 따라서 최종 결과표에서는 일반 분석용 샘플의 경우 최소 100개 이상, 용도지역별 분석용 샘플의 경우 최소 샘플수가 20개 이상인 세부 유형에 대해서만 결과 값을 제시하였다. 따라서 10단계로 구분된 색조 지정도 유효 샘플 수 이상인 세부 유형만을 활용해 분석된 결과를 제시하였다. 단, 용적률 및 건폐율 급간별 평균 값 산정 시에는 결과표에 표시되지 않은 과소 관측치를 모두 포함했다. 그 결과, 표 4-18과 같이 확연히 다른 결과가 도출되었으며, 이를 통해 규제 수준의 변화와 조합에 따른 에너지 소비량 차이를 시각적으로 보다 명확히 파악할 수 있다.

② 주거용 건축물의 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

□ 주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

[표 4-18] 용적률-건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5											0.02443
0.5~1.0				0.02284	0.02578	0.02910	0.02986	0.03212			0.02781
1.0~1.2				0.02876	0.03113	0.03015	0.03285	0.03310	0.03456		0.03186
1.2~1.5			0.02593	0.02788	0.02880	0.03081	0.03271	0.03295	0.03321	0.03403	0.03179
1.5~2.0		0.02396	0.02383	0.02465	0.02578	0.02714	0.02826	0.02876	0.02908	0.02885	0.02747
2.0~2.5		0.02248	0.02295	0.02252	0.02350	0.02549	0.02649	0.02718	0.02729	0.02822	0.02570
2.5~3.0			0.01958	0.01991	0.02002	0.02219	0.02446	0.02343	0.02561	0.02951	0.02255
3.0~4.0			0.01989	0.02009	0.02103	0.02214	0.02420	0.02525	0.02348	0.02521	0.02324
4.0~5.0						0.02374	0.02462	0.02319	0.02352	0.02321	0.02375
5.0~6.0							0.02230				0.02092
6.0~8.0											0.02065
8.0~											0.01864
평균	0.02112	0.02291	0.02298	0.02381	0.02483	0.02680	0.02813	0.02870	0.02849	0.02795	0.02711

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

먼저, 용도지역별 분석용 샘플을 활용해 주거용 건축물의 에너지 소비 특성을 분석한 결과, 용적률이 클수록 단위 연면적당 에너지 소비량이 작은 것으로 나타났다(표

4-18). 주요 용도지역의 건폐율 상한 수준인 50~60% 구간을 살펴보다라도, 용적률이 클수록 에너지 소비량 작아지는 경향을 확인할 수 있다. 반면, 건폐율이 클수록 단위 연면적당 에너지 소비량이 커지는 것으로 나타났다. 마찬가지로 주요 용도지역의 용적률 상한 수준인 100~250% 구간을 살펴보다라도, 건폐율이 클수록 에너지 소비량이 커지는 경향은 뚜렷이 나타났다. 단, 상업지역에 위치한 주거용 건축물로 예상되는 용적률 400% 이상 구간에서는 이러한 경향이 명확하게 나타나지는 않았다. 조합별 결과를 살펴보면, 주로 용적률이 낮고 건폐율이 높은 건축물의 에너지 소비가 높게 나타났다. 결과적으로, 주거용 건축물의 경우 형태적 측면에서 높이는 낮지만 대지 점유면적이 넓은 건축물(즉, 단독주택 유형)이 에너지 부하가 더 크다고 볼 수 있다.

다음으로 일반 분석용 샘플을 활용한 분석결과를 살펴보자(표 4-19). 이 경우에는 샘플 수가 비교적 충분해 앞서 제시한 결과에 비해 규제수준별 경향성을 더욱 정확하게 파악할 수 있다. 전반적인 경향성은 앞서 제시한 결과와 크게 다르지 않았다.

[표 4-19] 용적률·건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5		0.02116	0.02185	0.02298	0.02602	0.02816	0.02896	0.03098			0.02547
0.5~1.0			0.02332	0.02401	0.02747	0.03046	0.03233	0.03407	0.03648	0.03320	0.03192
1.0~1.2				0.02649	0.02783	0.03112	0.03220	0.03377	0.03523	0.03601	0.03310
1.2~1.5				0.02694	0.02781	0.02875	0.03058	0.03244	0.03348	0.03320	0.03030
1.5~2.0			0.02415	0.02537	0.02620	0.02708	0.02793	0.02914	0.03048	0.03003	0.02775
2.0~2.5			0.02237	0.02358	0.02461	0.02561	0.02652	0.02732	0.02723	0.02780	0.02624
2.5~3.0			0.01992	0.02111	0.02218	0.02445	0.02562	0.02606	0.02650	0.02793	0.02492
3.0~4.0			0.02013	0.01929	0.02117	0.02267	0.02389	0.02530	0.02569	0.02619	0.02379
4.0~5.0						0.02306	0.02395	0.02369			0.02287
5.0~6.0											0.02003
6.0~8.0											0.02121
8.0~											0.01999
평균	0.01570	0.02238	0.02268	0.02405	0.02646	0.02833	0.03023	0.03239	0.03308	0.03014	0.03007

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

□ 주거용 건축물의 총 층수 및 건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

다음으로, 총 층수와 건폐면적을 기준으로 규제수준을 유형화한 분석결과를 살펴보자(표 4-20). 먼저, 용도지역별 분석용 샘플을 활용한 분석 결과, 앞서 제시한 용적률에 따른 결과와 마찬가지로 층수가 높을수록 단위면적당 에너지 소비량이 작은 것으로 나타

[표 4-20] 층수-건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.02847										0.02832
2	0.03013	0.03011	0.02895	0.02379							0.02801
3	0.03053	0.03167	0.02773	0.02613	0.02262	0.02080					0.02820
4	0.03034	0.03152	0.03041	0.02934	0.02713	0.02449					0.02987
5	0.02544	0.02608	0.02629	0.02720	0.02582	0.02514	0.02286				0.02664
6		0.02555	0.02444	0.02535	0.02317	0.02212	0.01976				0.02398
7				0.02360	0.02157	0.02128	0.01986	0.01815			0.02114
8~10				0.02072	0.02171	0.01919	0.01855	0.01682			0.01892
11~15						0.02039	0.01858	0.01858	0.01802		0.01889
15~20											0.01851
21~30											0.01866
30~											0.01997
평균	0.02909	0.03006	0.02827	0.02758	0.02541	0.02305	0.01948	0.01778	0.01792	0.02046	0.02711

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-21] 층수-건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.02462	0.02362									0.02389
2	0.03097	0.03150	0.03040	0.02790	0.02726						0.02945
3	0.03479	0.03473	0.03311	0.03065	0.02726	0.02325	0.02318				0.03238
4	0.03139	0.03085	0.02961	0.02869	0.02687	0.02585	0.02245	0.02070			0.02890
5	0.02741	0.02707	0.02676	0.02723	0.02639	0.02483	0.02034	0.01744			0.02662
6		0.02634	0.02571	0.02580	0.02460	0.02258	0.01987				0.02470
7				0.02511	0.02346	0.02220	0.02010				0.02247
8~10				0.02356	0.02140	0.01969	0.01867	0.01773			0.01948
11~15							0.01837	0.01913			0.01865
15~20								0.01961			0.01858
21~30											0.01728
30~											0.02088
평균	0.03242	0.03327	0.03157	0.02920	0.02653	0.02426	0.02058	0.01858	0.01728	0.01985	0.03007

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

났다. 다음으로, 동일한 층수일 경우에는 건폐면적이 큰 대형 건축물일수록 단위면적당 에너지 소비량이 작은 것으로 나타났다. 이에 따라, 층수가 낮고 건폐면적이 작은 소형 건축물의 에너지 소비가 높게 나타나는 경향이 매우 뚜렷하게 관찰되었다. 앞서 제시한 용적률-건폐율 급간 분석에서는 단순히 건폐율이 높은 건축물의 에너지 소비가 큰 것으로 나타나 건축물의 형태를 정확히 예측할 수 없었다. 그러나 이 분석 결과와 함께 해석

할 경우, 건폐율이 높더라도 대지면적이 작아 결과적으로 건폐면적이 작은 소형 건축물(즉, 단독주택)의 에너지 효율이 가장 낮다는 사실을 명확하게 파악할 수 있다.

다음으로 일반 분석용 샘플을 활용한 분석에서도 앞서 제시한 용도지역별 분석과 대체적으로 유사한 결과를 보였다(표 4-21). 결과적으로, 3~4층 정도의 높이에 건폐면적이 50~75m²인 주거용 건축물의 에너지 효율이 가장 낮음을 알 수 있다.

③ 비주거용 건축물의 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

□ 비주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

다음으로, 비주거용 건축물의 세부유형별 단위 연면적당 평균 에너지 소비 특성을 살펴보자. 우선, 용도지역별 분석용 샘플을 활용해 용적률·건폐율 급간별 소비 특성을 살펴본 결과, 전반적으로 주거용 건축물과는 다른 경향성을 보였다(표 4-22). 전체적으로 각 세부유형별 편차가 크게 나타났는데, 이는 비주거용의 경우 건물의 활용(용도)이 보다 다양한 형태로 이루어지기 때문인 것으로 보인다.

또한, 주거용 건축물과는 반대로 용적률이 클수록 단위 연면적당 에너지 소비량이 커지는 양상을 보였다. 주요 용도지역의 건폐율 상한 수준인 50~60% 구간을 살펴보더라도, 용적률 150% 이하 구간에서 에너지 소비량이 다소 작은 것으로 나타났다. 이는 주거용 건축물의 경우 개발밀도(용적률)에 따라 단위면적에서 일어나는 행위의 강도가 크게 달라지지 않고 그에 따라 건물형태에 따른 영향이 주요하게 작용했던 반면, 비주거용 건축물의 경우 개발밀도에 따라 토지 가치와 단위면적당 행위 강도가 크게 달라지므로, 개발밀도가 증가할 경우 건물형태에 따른 에너지 수요 저감요인 보다는 행위 강도 증가에 따른 수요 증가요인이 훨씬 더 크게 작용했기 때문인 것으로 판단된다. 즉, 비주거용 건축물의 경우에는 용적률의 변화에 따른 에너지 소비 변화 특성을 건물의 형태적 특성과 연결하여 해석하는 것이 바람직하지 않을 수 있다.

건폐율의 경우는 주거용 건축물과 마찬가지로 값이 클수록 에너지 소비가 커지는 양상을 보였다. 용적률 50% 이하 구간을 제외한 나머지 구간에서 대체적으로 이러한 양상이 나타났으며, 특히 용적률 150~250% 구간에서 이러한 양상이 두드러졌다.

조합별 결과를 살펴보면, 용적률 50% 이하와 건폐율 10% 이하 조합을 제외하면, 주

로 용적률이 높고 건폐율이 높은 건축물의 에너지 소비가 크게 나타났다. 결과적으로, 비주거용 건축물의 경우는 개발강도와 규모에 비례하여 단위면적당 소비량이 증가한다고 볼 수 있다.

[표 4-22] 용적률-건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	0.03646	0.02938	0.03006								0.03109
0.5~1.0	0.02405	0.02690	0.03054	0.03003	0.03001	0.03064	0.03064	0.03058			0.02970
1.0~1.2			0.02736	0.02058	0.02551	0.03220	0.03182				0.02961
1.2~1.5				0.02984	0.03395	0.03079	0.03046	0.03448			0.03105
1.5~2.0		0.02918	0.03021	0.03112	0.03013	0.03243	0.03178	0.03385	0.03226	0.03379	0.03182
2.0~2.5			0.03087	0.03405	0.03251	0.03319	0.03370	0.03446	0.03075	0.03644	0.03311
2.5~3.0			0.02916	0.03219	0.03347	0.03473	0.03313	0.03472	0.02913		0.03312
3.0~4.0			0.03129	0.03289	0.03484	0.03406	0.03527	0.03324	0.03294	0.03318	0.03394
4.0~5.0				0.03043	0.03389	0.03229	0.03199	0.02960	0.03362		0.03200
5.0~6.0											0.03379
6.0~8.0											0.03284
8.0~						0.03235					0.03227
평균	0.02840	0.02940	0.02988	0.03130	0.03213	0.03310	0.03309	0.03360	0.03161	0.03494	0.03243

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-23] 용적률-건폐율 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	0.03094	0.02967	0.03036	0.03099	0.03059	0.03192					0.03068
0.5~1.0		0.02413	0.02905	0.03144	0.03187	0.03346	0.03505	0.03567			0.03253
1.0~1.2			0.02803	0.03072	0.03245	0.03452	0.03370	0.03572	0.03681		0.03370
1.2~1.5				0.03162	0.03412	0.03442	0.03538	0.03623	0.03745		0.03443
1.5~2.0			0.03134	0.03287	0.03395	0.03455	0.03427	0.03518	0.03610	0.03457	0.03432
2.0~2.5			0.03092	0.03296	0.03350	0.03407	0.03415	0.03451	0.03395	0.03557	0.03392
2.5~3.0			0.03336	0.03204	0.03416	0.03440	0.03418	0.03468	0.03413	0.03452	0.03420
3.0~4.0			0.03443	0.03393	0.03510	0.03475	0.03460	0.03452	0.03434	0.03369	0.03459
4.0~5.0				0.03425	0.03616	0.03556	0.03566	0.03520	0.03525	0.03416	0.03520
5.0~6.0					0.03597	0.03615	0.03531			0.03691	0.03583
6.0~8.0					0.03558	0.03741	0.03687				0.03553
8.0~					0.03467	0.03281					0.03385
평균	0.02904	0.02932	0.03063	0.03228	0.03377	0.03436	0.03445	0.03505	0.03540	0.03508	0.03404

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

일반 분석용 샘플을 활용한 결과에서는 앞서 확인한 ‘용적률과 건폐율이 큰 건축물의 에너지 다소비 경향’이 더욱 명확하게 확인되었다(표 4-23). 단, 용적률과 건폐율 조

합별로는 건폐율 50% 이상의 급간에서 용적률이 150~400% 정도인 경우가 에너지 소비가 적고, 그 이하이거나 이상인 구간에서 에너지 소비가 많아지는 독특한 경향이 확인되었다.

□ 비주거용 건축물의 총층수 및 건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량

다음으로, 총 층수와 건폐면적을 기준으로 규제수준을 유형화한 분석결과를 살펴보자. 먼저, 용도지역별 분석용 샘플을 활용한 분석 결과, 앞서 살펴본 주거용 건축물에 대한 분석결과와는 달리 층수에 따른 에너지 소비 특성이 명확히 나타나지 않았다(표 4-24)⁴³⁾. 즉, 1~2층과 8~10층 구간에서 에너지 소비가 많은 것으로 나타나는 등 일정한 경향성을 보이지 않았다. 이러한 경향은 일반 분석용 샘플을 활용한 분석에서도 크게 다르지 않았는데, 이 경우에는 특히 8~20층 구간에서 에너지 소비가 많은 것으로 나타났다(표 4-25). 이처럼 층수에 따른 경향성이 뚜렷하지 않은 원인 중 하나는 주거용의 경우 층수나 용적률에 따라 세부 유형(아파트, 연립, 단독 등)이 비교적 명확히 구분될 수 있는 반면, 비주거용의 경우에는 층수만으로는 세부용도가 명확히 구분되지 않기 때문이라고 볼 수 있다.

반면, 건폐면적에 따른 영향은 두 분석에서 모두 주거용 건축물에 대한 분석결과와 유사한 경향을 보였다. 즉, 동일한 층수일 경우에는 전반적으로 건물 규모가 작아질수록 에너지 효율이 낮아진다고 볼 수 있다. 그러나 중간 규모인 150~500m² 규모에서 에너지 소비가 다소 높게 나타나는 등 주거용에 비해서는 그 관계가 다소 불명확했다.

이에 따라, 총 층수와 건폐면적의 세부 조합별 결과에서도 에너지 다소비 유형이 한 쪽에 치우쳐 있지 않고 여러 곳에 분산된 형태로 나타났다. 일반분석용 샘플을 기준으로 할 때, 에너지 다소비 특성을 보인 조합은 2~4층과 0~75m²의 조합, 4~5층과 200~500m²의 조합, 11~20층과 200~500m²의 조합 등인 것으로 나타났다. 이를 연상면적 기준으로 환산하면 각각 0~300m², 800~2,500m², 2,200~10,000m²로 그 폭이 매우 넓은데, 이는 어느 규모에서나 에너지 효율이 낮은 건물이 나타날 수 있음을 의미한다.

따라서 이러한 결과를 종합해 보건데, 비주거용 건축물의 경우도 건물 규모에 어느 정도 영향을 받기는 하나 주거용 건축물에 비해서는 건물형태의 영향이 크지 않으며, 상

43) 또한, 이러한 특성은 앞서 살펴본 용적률과 단위면적당 에너지 소비량의 관계와도 다소 상반되는 결과이다.

대적으로 건물 내에서의 행위 유형과 활용 강도(즉, 건물용도)로부터 큰 영향을 받는 것으로 예측된다. 따라서 비주거용 건축물의 경우에는 세부용도에 따라 에너지 소비 특성이 크게 달라질 수 있을 것으로 판단된다.

[표 4-24] 층수·건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.03542		0.03732								0.03404
2	0.03353	0.03640	0.03128	0.03077	0.03229	0.03154					0.03270
3	0.03440	0.03427	0.03077	0.02899	0.02947	0.03025	0.03672				0.03112
4	0.02894	0.03240	0.03143	0.03124	0.02977	0.02813	0.03507				0.03095
5	0.03160	0.03224	0.03288	0.03319	0.03211	0.03325	0.03035	0.02111			0.03250
6		0.03351	0.03176	0.03367	0.03404	0.03301	0.02737	0.02511			0.03265
7			0.03459	0.03410	0.03361	0.03256	0.02976	0.03697			0.03301
8~10		0.03576	0.03061	0.03267	0.03386	0.03666	0.03381	0.03222			0.03374
11~15						0.03085	0.03714	0.03056			0.03197
15~20									0.03181		0.03217
21~30									0.02691		0.02980
30~											0.02355
평균	0.03252	0.03344	0.03223	0.03268	0.03286	0.03309	0.03271	0.02974	0.02457	0.02368	0.03243

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-25] 층수·건폐면적 급간별 단위 연면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.03469	0.03478	0.02980								0.03310
2	0.03675	0.03350	0.03299	0.03168	0.03041	0.03039	0.03592				0.03282
3	0.03669	0.03622	0.03491	0.03349	0.03145	0.03153	0.03261	0.03107			0.03375
4	0.03446	0.03584	0.03427	0.03389	0.03433	0.03522	0.03566	0.02881			0.03434
5	0.03458	0.03349	0.03409	0.03401	0.03471	0.03532	0.03375	0.03131	0.02302		0.03409
6	0.03377	0.03319	0.03298	0.03375	0.03420	0.03378	0.03342	0.02953	0.02196		0.03347
7			0.03356	0.03422	0.03434	0.03452	0.03403	0.03467			0.03414
8~10			0.03315	0.03381	0.03439	0.03551	0.03561	0.03402			0.03472
11~15					0.03630	0.03736	0.03714	0.03540			0.03614
15~20							0.03784	0.03372	0.03196		0.03485
21~30									0.03449		0.03396
30~											0.03227
평균	0.03529	0.03470	0.03397	0.03382	0.03410	0.03457	0.03472	0.03247	0.02892	0.02949	0.03404

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

④ 주거용 건축물의 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

□ 주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

[표 4-26] 용적률·건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5											0.01166
0.5~1.0				0.01959	0.02635	0.03067	0.03572	0.03951			0.02998
1.0~1.2				0.03933	0.04421	0.04297	0.04840	0.05034	0.05181		0.04650
1.2~1.5			0.03869	0.04459	0.04521	0.05115	0.05671	0.05700	0.05799	0.05762	0.05396
1.5~2.0		0.04676	0.04497	0.04783	0.04981	0.05233	0.05416	0.05512	0.05670	0.05828	0.05290
2.0~2.5		0.05316	0.05604	0.05218	0.05557	0.05846	0.06016	0.06217	0.06368	0.06724	0.05917
2.5~3.0			0.06038	0.06106	0.06209	0.06745	0.07238	0.06929	0.07554	0.09081	0.06810
3.0~4.0			0.07324	0.07751	0.07816	0.08156	0.09100	0.09563	0.08760	0.09421	0.08700
4.0~5.0						0.10911	0.10943	0.10316	0.11030	0.11149	0.10811
5.0~6.0							0.13048				0.12464
6.0~8.0											0.16078
8.0~											0.26983
평균	0.07717	0.05458	0.05069	0.05007	0.05327	0.05601	0.05927	0.06134	0.06556	0.07759	0.05816

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-27] 용적률·건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5		0.00882	0.01027	0.01278	0.01620	0.02080	0.02593	0.02879			0.01694
0.5~1.0			0.02328	0.02443	0.03008	0.03762	0.04397	0.04833	0.05141	0.04379	0.04245
1.0~1.2				0.03805	0.04078	0.04739	0.05085	0.05438	0.05807	0.05906	0.05283
1.2~1.5				0.04520	0.04813	0.05149	0.05518	0.05861	0.06148	0.06177	0.05441
1.5~2.0			0.04845	0.05080	0.05405	0.05704	0.05884	0.06148	0.06486	0.06516	0.05834
2.0~2.5			0.05576	0.05691	0.06087	0.06387	0.06549	0.06805	0.07013	0.07285	0.06519
2.5~3.0			0.06192	0.06479	0.06855	0.07475	0.07765	0.08118	0.08342	0.09220	0.07691
3.0~4.0			0.07622	0.07360	0.08010	0.08457	0.08993	0.09479	0.09663	0.10231	0.09013
4.0~5.0						0.11199	0.11092	0.10993			0.10966
5.0~6.0											0.12263
6.0~8.0											0.16663
8.0~											0.26730
평균	0.05552	0.04940	0.04117	0.03961	0.04515	0.05122	0.05327	0.05605	0.06270	0.07624	0.05339

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

다음으로, 단위 대지면적당 에너지 소비 특성을 살펴보자. 우선, 주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 소비 특성을 나타내면 표 4-26 및 4-27과 같다. 분석 결과, 용도지역별 분석용 샘플과 일반 분석용 샘플 모두 용적률이 클수록 소비량이 큰 것으로 나

타났다. 이는 용적률이 증가할수록 단위토지에서의 개발밀도와 행위 집중도가 높아질 수 밖에 없기 때문에 당연한 결과라 할 수 있다. 따라서 앞서 설명한 바와 같이, 단위 대지면적당 에너지 소비량과 용적률은 공통적으로 토지 성능을 규제하는 주요 지표로 활용될 수 있다.

한편, 동일한 용적률 구간에 대해서는 전반적으로 건폐율이 증가할수록 단위 토지당 에너지 집중도가 높아지는 것으로 나타났다. 이는 동일한 개발밀도 내에서도 낮고 넓은 건축물일수록 에너지 소비가 크다는 사실을 의미한다. 이는 앞서 살펴본 단위 연면적당 에너지 소비 특성과 동일한 결과이다. 결과적으로, 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량은 용적률과 건폐율이 증가할수록 더 커지고, 두 값이 감소할수록 더 작아지는 경향성을 보였다.

□ 주거용 건축물의 총 층수 및 건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

다음으로, 총 층수와 건폐면적을 기준으로 규제수준을 유형화한 분석결과를 살펴보자(표 4-28 및 4-29). 위와 마찬가지로, 두 분석 샘플을 활용한 결과는 서로 크게 다르지 않았다. 분석 결과, 앞서 제시한 용적률에 따른 결과와 마찬가지로 층수가 높을수록 단위면적당 에너지 소비량이 감소하는 것으로 나타났다. 이는 층수가 용적률과 매우 밀접한 관련이 있기 때문이라고 볼 수 있다.

건폐면적에 따른 영향은 다소 복잡한 양상을 보였다. 건폐면적 급간별 평균에서는 면적이 증가할수록 에너지 소비가 큰 것으로 나타났으나, 이는 단순히 건폐면적이 작은 건축물 유형에 층수가 높은 건물이 더 적게 포함되어 있기 때문에 나타난 결과라 할 수 있다. 동일한 층수 내에서의 변화 양상을 살펴보면 오히려 전반적으로 면적이 커질수록 에너지 소비가 감소하는 양상을 확인할 수 있다. 전반적인 조합의 측면에서 봤을 때도, 좌측 하단에 위치한 유형일수록 에너지 소비량이 큰 것으로 나타났다. 따라서 건폐면적과 단위 대지면적당 에너지 소비량은 반비례의 관계에 있다고 볼 수 있다.

결과적으로, 두 지표를 모두 고려할 때 단위 대지면적당 에너지 소비량은 개발밀도와 정비례의 관계를 보이거나, 동일한 밀도 내에서는 앞서 살펴본 단위 연면적당 소비 특성과 마찬가지로 건폐율이 높지만 건폐면적이 작은 소규모 주거유형(즉, 단독주택 등)의 소비가 더 큰 것으로 판단된다.

[표 4-28] 층수·건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.01438										0.01433
2	0.03143	0.03050	0.02711	0.02096							0.02707
3	0.04642	0.04907	0.04262	0.03978	0.02989	0.02555					0.04298
4	0.06407	0.06187	0.05795	0.05456	0.05041	0.04314					0.05667
5	0.08313	0.07281	0.06427	0.05805	0.05517	0.05191	0.04488				0.05907
6		0.07954	0.07841	0.07271	0.06379	0.06052	0.05057				0.06841
7				0.10153	0.06308	0.06630	0.05799	0.05104			0.06973
8~10				0.08624	0.07409	0.06730	0.06340	0.06214			0.06781
11~15						0.07451	0.07165	0.06565	0.06520		0.07375
15~20											0.10782
21~30											0.17481
30~											0.28189
평균	0.05809	0.06052	0.05911	0.05725	0.05538	0.05707	0.06120	0.06938	0.08676	0.13775	0.05816

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-29] 층수·건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.01616	0.01348									0.01493
2	0.03400	0.03191	0.02908	0.02161	0.01840						0.02659
3	0.05333	0.05299	0.04988	0.04320	0.03380	0.02119	0.02169				0.04757
4	0.06695	0.06141	0.05877	0.05679	0.05359	0.04540	0.03283	0.02990			0.05701
5	0.08614	0.07343	0.06704	0.06463	0.06084	0.05570	0.04933	0.04258			0.06385
6		0.08426	0.07816	0.07651	0.07280	0.06727	0.05865				0.07399
7				0.09189	0.07602	0.07216	0.06172				0.07574
8~10				0.09721	0.07810	0.07328	0.06690	0.06470			0.07271
11~15							0.07651	0.07828			0.08195
15~20								0.11189			0.11101
21~30											0.15845
30~											0.29012
평균	0.05463	0.05544	0.05359	0.05194	0.05407	0.05152	0.05135	0.06452	0.10746	0.17904	0.05339

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

⑤ 비주거용 건축물의 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

□ 비주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

[표 4-30] 용적률·건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	0.00346	0.01055	0.01019								0.00981
0.5~1.0	0.01929	0.02445	0.02397	0.02810	0.02845	0.02446	0.02839	0.02989			0.02640
1.0~1.2			0.03188	0.02818	0.03451	0.03915	0.03808				0.03601
1.2~1.5				0.04894	0.05380	0.05047	0.04631	0.05110			0.04926
1.5~2.0		0.05871	0.06422	0.06528	0.06410	0.06774	0.06553	0.06869	0.06477	0.06607	0.06598
2.0~2.5			0.08134	0.08569	0.08641	0.08615	0.08474	0.08648	0.07426	0.09585	0.08500
2.5~3.0			0.10081	0.10701	0.10975	0.11059	0.10285	0.10837	0.09256		0.10598
3.0~4.0			0.13020	0.13559	0.14202	0.13815	0.13908	0.13098	0.13060	0.12384	0.13606
4.0~5.0				0.15345	0.17056	0.15903	0.15954	0.14218	0.17288		0.16161
5.0~6.0											0.22798
6.0~8.0											0.28080
8.0~						0.42878					0.44791
평균	0.06587	0.07175	0.08215	0.09238	0.09340	0.10063	0.09814	0.10148	0.10971	0.15370	0.09747

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-31] 용적률·건폐율 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)

용적률	건폐율 급간										평균
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	0.00495	0.01137	0.01362	0.01629	0.01841	0.02106					0.01379
0.5~1.0		0.02039	0.02538	0.03016	0.03306	0.03821	0.04356	0.04461			0.03566
1.0~1.2			0.03851	0.04357	0.04678	0.05046	0.05055	0.05478	0.05392		0.04952
1.2~1.5				0.05338	0.06064	0.06363	0.06438	0.06420	0.06436		0.06229
1.5~2.0			0.06646	0.07036	0.07520	0.07672	0.07494	0.07616	0.07802	0.07466	0.07557
2.0~2.5			0.08192	0.08682	0.09053	0.09176	0.09186	0.09278	0.09168	0.09600	0.09132
2.5~3.0			0.11054	0.10463	0.11217	0.11065	0.10938	0.11182	0.11146	0.11694	0.11058
3.0~4.0			0.14153	0.14109	0.14529	0.13894	0.13733	0.13810	0.13935	0.14078	0.13960
4.0~5.0				0.18130	0.20401	0.18829	0.18714	0.18199	0.18613	0.18606	0.18751
5.0~6.0					0.25289	0.24122	0.23414			0.24801	0.24190
6.0~8.0					0.31042	0.32546	0.31261				0.30512
8.0~					0.44224	0.43127					0.47308
평균	0.07367	0.07900	0.06631	0.08216	0.09028	0.09115	0.09675	0.09999	0.12658	0.16121	0.09375

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

다음으로 비주거용 건축물의 용적률 및 건폐율 급간별 소비 특성을 살펴보자(표 4-30 및 4-31). 앞서 제시한 주거용 건축물과 마찬가지로 용적률이 클수록 단위 대지면적당 에너지 집중도가 높은 것으로 나타났으나, 건폐율 변화에 따른 변화는 미미했다. 이는 비주거용의 경우, 형태보다는 밀도의 영향이 더욱 직접적임을 의미한다.

□ 비주거용 건축물의 총층수 및 건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량

[표 4-32] 층수·건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(용도지역별 분석용 샘플, 비주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.01436		0.01608								0.01521
2	0.03173	0.03190	0.03186	0.02683	0.03114	0.02855					0.03021
3	0.05405	0.04838	0.04389	0.04402	0.04327	0.04318	0.04785				0.04536
4	0.06227	0.07000	0.06455	0.06322	0.05895	0.05462	0.06190				0.06252
5	0.09132	0.09336	0.08482	0.08077	0.07939	0.08306	0.06963	0.04594			0.08103
6		0.11254	0.09768	0.09623	0.09969	0.10279	0.08420	0.06995			0.09752
7			0.13313	0.12001	0.11554	0.11159	0.10820	0.12989			0.11728
8~10		0.28608	0.13773	0.14878	0.14404	0.15297	0.15910	0.14934			0.15380
11~15						0.22048	0.23073	0.20197			0.23167
15~20									0.26053		0.30200
21~30									0.35148		0.39076
30~											0.36982
평균	0.07645	0.08576	0.08128	0.08837	0.10022	0.11132	0.12643	0.13305	0.18009	0.10924	0.09747

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

[표 4-33] 층수·건폐면적 급간별 단위 대지면적당 평균 에너지 소비량(일반 분석용 샘플, 비주거용)

층수 급간	건폐면적 급간(m ²)										평균
	0~50	50~75	75~ 100	100~ 150	150~ 200	200~ 300	300~ 500	500~ 1,000	1,000~ 2,000	2,000 ~	
1	0.01705	0.01756	0.01514								0.01725
2	0.03946	0.03116	0.02851	0.02575	0.02513	0.02482	0.02893				0.02910
3	0.05887	0.05357	0.04933	0.04486	0.03806	0.03770	0.03906	0.03457			0.04563
4	0.08096	0.07381	0.06976	0.06749	0.06592	0.06619	0.06531	0.04820			0.06804
5	0.11811	0.08821	0.08619	0.08516	0.08606	0.08808	0.08340	0.07330	0.03439		0.08583
6	0.16143	0.10716	0.10070	0.10033	0.10183	0.10283	0.10318	0.08518	0.04925		0.10109
7			0.12402	0.12081	0.12121	0.12477	0.12770	0.13555			0.12401
8~10			0.16270	0.15493	0.15053	0.16193	0.17050	0.15809			0.16302
11~15					0.23666	0.25439	0.24923	0.23376			0.25150
15~20							0.38455	0.33350	0.27652		0.34665
21~30									0.43450		0.43506
30~											0.49635
평균	0.09171	0.07731	0.07871	0.08379	0.09225	0.10288	0.12400	0.15025	0.17666	0.17677	0.09375

주: 급간별 평균 값 산정 시에는 과소 관측치를 포함(단위: TOE/m²/year)

마지막으로, 비주거용 건축물의 총 층수 및 건폐면적 급간별 단위 대지면적당 소비 특성을 살펴보자(표 4-32 및 4-33). 이 결과 역시 주거용 건축물과 마찬가지로 층수가 높을수록 에너지 소비 집중도가 높게 나타났다. 하지만 건폐율과 마찬가지로 동일한 층수 내에서 건폐면적의 변화는 일정한 경향성을 보이지 않았다.

4) 건물용도별·용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해

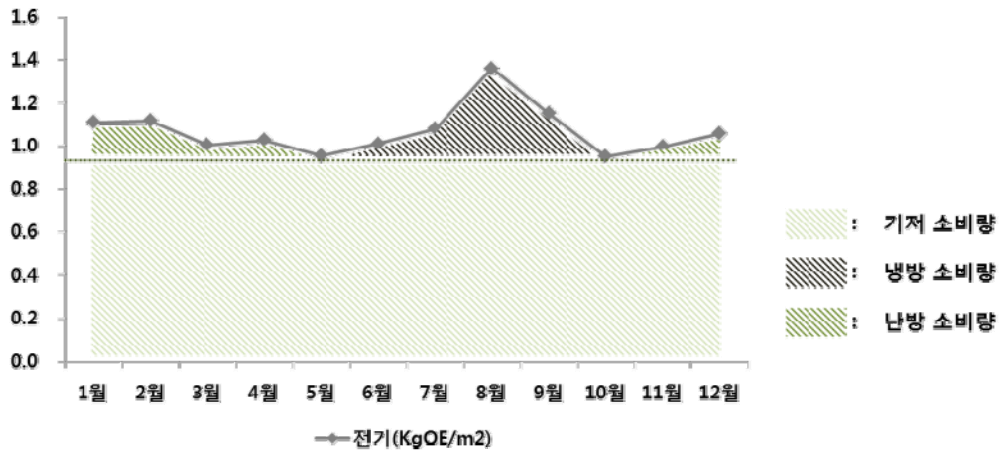
□ 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 방법

이 절에서는 용도지역별·건물용도별 건축물의 기저 및 냉난방 에너지 소비량을 분해하기 위해, 건축물의 에너지원별·월별 에너지 소비 특성을 분석했다. 이 분석에서는 용도지역별 분석이 포함되므로 용도지역별 분석용 샘플을 활용했으며, 앞서 진행한 분석과 마찬가지로 샘플 수의 부족으로 인해 주요 6개 용도지역을 중심으로 분석을 진행하였다. 각 유형별 건축물 수는 앞서 제시한 용도지역별·건물용도별 건물수와 동일하며(표 4-6), 에너지원은 크게 (1)전기와 (2)도시가스 및 지역난방 두 유형으로 구분했다. 본 연구에서 적용한 기저 및 냉난방 에너지의 정의와 산정 개요는 표 4-34, 그림 4-15 및 4-16과 같다.

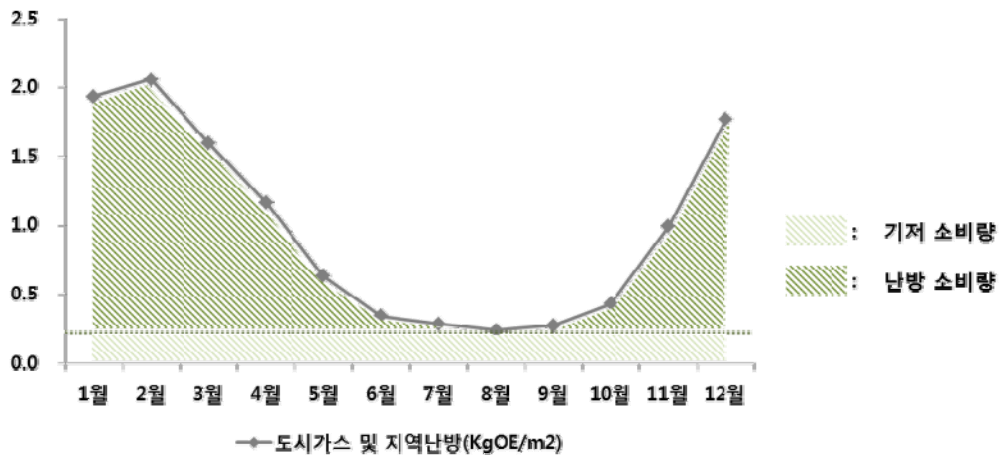
[표 4-34] 기저 및 냉난방 에너지의 정의와 산정식

유형	정의	산정식
기저 에너지	<ul style="list-style-type: none"> 전기의 경우 조명, 가전, 사무기기 등에 사용되는 에너지를 포함 -주상복합 등 공동주택의 경우 공용 면적에서 활용되는 에너지를 포함 도시가스와 지역난방의 경우 동절기가 아닌 평시에 활용되는 급탕 에너지와 취사 목적으로 활용되는 도시가스를 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 각 에너지원별로 연중 가장 작은 값을 보이는 시점의 소비량에 12개월을 곱하여 산정 -전기 기저 = $\min(5\text{월}\sim 10\text{월}) \times 12$ -도시가스 및 지역난방 기저 = $\min(5\text{월}\sim 10\text{월}) \times 12$ -총 기저 = 전기 기저 + 도시가스 및 지역난방 기저
냉방 에너지	<ul style="list-style-type: none"> 전기 에너지 중 하절기 냉방에 소비되는 에너지를 의미하며, 하절기 동안 기저 에너지 이상으로 활용되는 에너지를 합산하여 산정 	<ul style="list-style-type: none"> 냉방 에너지 소비가 있을 것으로 예상되는 기간을 5~10월까지로 가정하고 다음과 같이 냉방 에너지를 산정 -전기 냉방 = $\text{sum}(5\text{월}\sim 10\text{월}) - 6 \times \min(5\text{월}\sim 10\text{월})$
난방 에너지	<ul style="list-style-type: none"> 전기, 도시가스, 지역난방 에너지 중 동절기 난방에 소비되는 에너지를 의미하며, 동절기 동안 기저 에너지 이상으로 활용되는 에너지를 합산하여 산정 전기의 경우, 전기장판, 온풍기 등의 전열기구에서 소비되는 에너지를 포함 	<ul style="list-style-type: none"> 난방 에너지 소비가 발생할 것으로 예상되는 기간을 1~4월, 11~12월로 가정하고, 다음과 같이 난방 에너지를 산정 -전기 난방 = $\text{sum}(11\text{월}\sim 4\text{월}) - 6 \times \min(5\text{월}\sim 10\text{월})$ -도시가스 및 지역난방 = $\text{sum}(11\text{월}\sim 4\text{월}) - 6 \times \min(5\text{월}\sim 10\text{월})$ -총 난방 = 전기 난방 + 도시가스 및 지역난방

표 4-34와 같은 방식을 개별 건축물 단위로 적용하여 각 건물의 기저, 냉방, 난방 에너지 소비량을 산정하며, 이 값의 총합은 반드시 개별 건축물의 총 에너지 소비량과 일치하게 된다.



[그림 4-15] 전기 에너지의 기저, 냉방, 난방 에너지 소비량 분해의 개요
(예시: 주거용 건축물의 월평균 단위면적당 에너지 소비량)



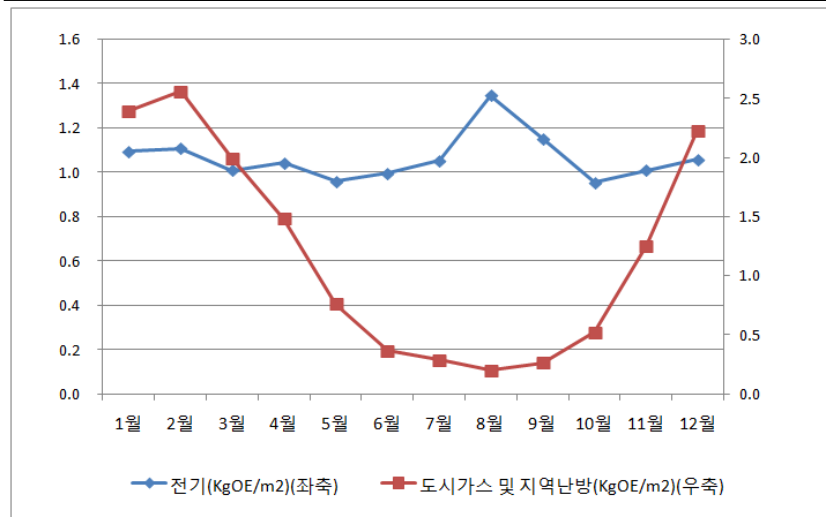
[그림 4-16] 도시가스 및 지역난방 에너지의 기저 및 난방 에너지 소비량 분해의 개요
(예시: 주거용 건축물의 월평균 단위면적당 에너지 소비량)

□ 건물용도별·용도지역별·에너지원별·월별 단위면적당 에너지 소비량

건물용도별·용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해에 앞서, 건물용도별·용도지역별·에너지원별·월별 단위면적당 에너지 소비량을 살펴보면 표 4-35 및 4-36과 같다. 평균적으로 주거용 건축물에서 전기 소비량이 가장 낮은 달은 냉난방 기기의 활용이 최소화되는 5월과 10월이었으며, 전기 소비량이 가장 높은 달은 8월로 나타났다. 도시가스 및 지역난방의 경우, 8월이 최소가 되며 2월이 최대가 되었다. 비주거용 건축물의 경우도 동일한 패턴을 보였으나, 세부용도에 따라서 약간의 차이를 보였다.

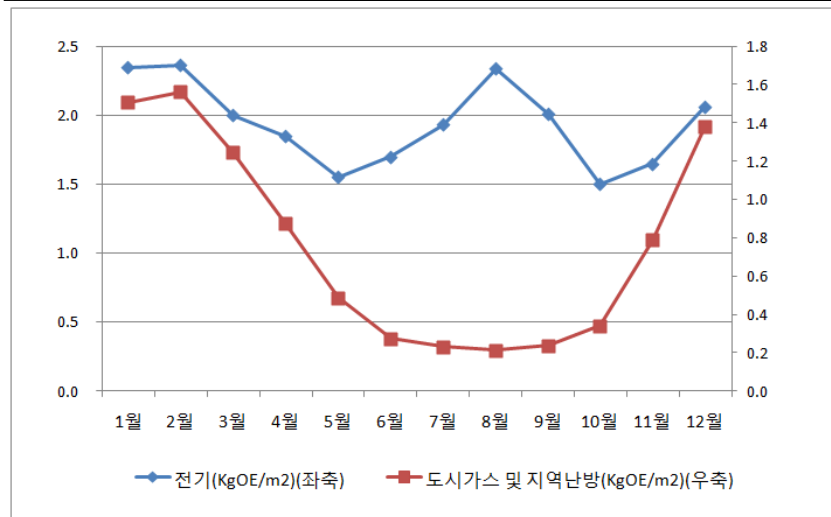
[표 4-35] 용도지역별·월별 단위면적당 에너지 소비량(주거용 건축물)

	제1종전용 주거지역	제1종일반 주거지역	제2종일반 주거지역	제3종일반 주거지역	준주거 지역	일반 상업지역	평균
전기 1월	0.731	1.002	1.100	1.133	1.093	1.141	1.093
전기 2월	0.741	1.013	1.115	1.151	1.103	1.144	1.108
전기 3월	0.663	0.923	1.017	1.043	1.012	1.023	1.009
전기 4월	0.686	0.962	1.052	1.065	1.036	1.008	1.043
전기 5월	0.612	0.887	0.970	0.974	0.960	0.925	0.961
전기 6월	0.624	0.911	1.005	1.007	0.986	1.023	0.994
전기 7월	0.654	0.961	1.064	1.069	1.032	1.084	1.053
전기 8월	0.840	1.221	1.365	1.355	1.285	1.354	1.348
전기 9월	0.798	1.080	1.162	1.160	1.157	1.079	1.151
전기 10월	0.614	0.889	0.963	0.962	0.947	0.916	0.954
전기 11월	0.651	0.930	1.019	1.020	0.988	0.988	1.009
전기 12월	0.687	0.970	1.065	1.084	1.042	1.086	1.057
가스+난방 1월	1.886	2.409	2.417	2.304	2.336	1.653	2.397
가스+난방 2월	2.183	2.479	2.597	2.453	2.430	1.706	2.564
가스+난방 3월	1.843	1.850	2.033	1.900	1.886	1.327	1.996
가스+난방 4월	1.413	1.385	1.515	1.367	1.300	0.946	1.483
가스+난방 5월	0.735	0.656	0.788	0.694	0.649	0.507	0.762
가스+난방 6월	0.300	0.329	0.379	0.350	0.333	0.276	0.369
가스+난방 7월	0.233	0.241	0.293	0.281	0.281	0.222	0.286
가스+난방 8월	0.149	0.195	0.204	0.201	0.214	0.197	0.202
가스+난방 9월	0.180	0.261	0.265	0.264	0.268	0.228	0.264
가스+난방 10월	0.321	0.513	0.524	0.525	0.501	0.299	0.521
가스+난방 11월	0.886	1.218	1.269	1.228	1.195	0.689	1.256
가스+난방 12월	1.677	2.154	2.251	2.182	2.099	1.321	2.228
전기 합계	8,301	11,749	12,897	13,024	12,642	12,771	12,780
도시가스 및 지역난방 합계	11,806	13,690	14,534	13,750	13,492	9,370	14,330
에너지 합계	20,107	25,439	27,431	26,773	26,134	22,141	27,110



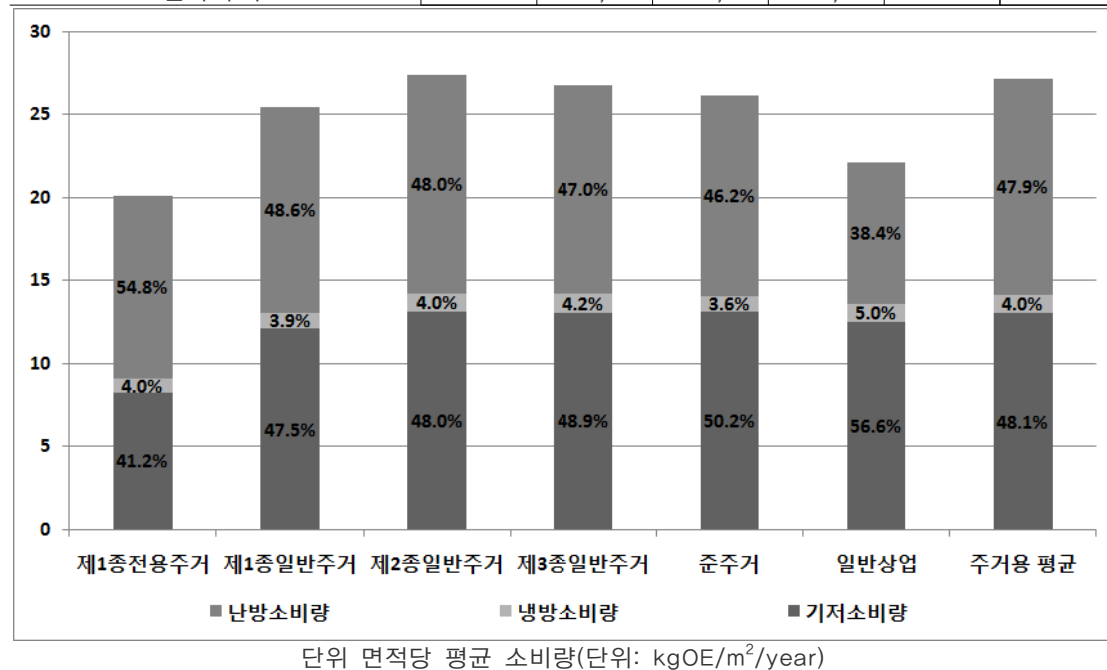
[표 4-36] 용도지역별·월별 단위면적당 에너지 소비량(비주거용 건축물)

	제1종전용 주거지역	제1종일반 주거지역	제2종일반 주거지역	제3종일반 주거지역	준주거 지역	일반 상업지역	평균
전기 1월	2.659	2.604	2.169	2.683	1.890	2.826	2.346
전기 2월	2.635	2.700	2.182	2.699	1.957	2.811	2.366
전기 3월	2.229	2.224	1.855	2.255	1.676	2.347	1.998
전기 4월	1.847	2.005	1.749	2.040	1.537	2.138	1.849
전기 5월	1.246	1.644	1.476	1.694	1.320	1.823	1.552
전기 6월	1.276	1.777	1.620	1.860	1.449	2.061	1.700
전기 7월	1.501	1.981	1.840	2.127	1.659	2.390	1.930
전기 8월	1.828	2.390	2.236	2.562	2.015	2.888	2.336
전기 9월	1.755	2.099	1.919	2.210	1.702	2.365	2.007
전기 10월	1.126	1.575	1.436	1.631	1.294	1.753	1.498
전기 11월	1.218	1.725	1.574	1.792	1.415	1.947	1.647
전기 12월	1.935	2.222	1.932	2.324	1.733	2.501	2.062
가스+난방 1월	1.043	1.458	1.636	1.217	1.553	1.159	1.508
가스+난방 2월	0.982	1.530	1.681	1.284	1.595	1.293	1.561
가스+난방 3월	0.876	1.052	1.339	1.073	1.164	1.132	1.244
가스+난방 4월	0.630	0.765	0.930	0.730	0.866	0.824	0.873
가스+난방 5월	0.324	0.483	0.510	0.462	0.406	0.522	0.488
가스+난방 6월	0.093	0.268	0.274	0.263	0.257	0.333	0.273
가스+난방 7월	0.062	0.210	0.231	0.227	0.212	0.275	0.230
가스+난방 8월	0.074	0.223	0.200	0.228	0.195	0.288	0.213
가스+난방 9월	0.082	0.233	0.227	0.255	0.214	0.290	0.238
가스+난방 10월	0.111	0.304	0.358	0.304	0.315	0.302	0.342
가스+난방 11월	0.399	0.681	0.849	0.630	0.841	0.602	0.787
가스+난방 12월	0.880	1.275	1.508	1.121	1.401	1.040	1.382
전기 합계	21,257	24,946	21,988	25,877	19,646	27,850	23,292
도시가스 및 지역난방 합계	5,557	8,482	9,743	7,792	9,018	8,060	9,138
에너지 합계	26,814	33,428	31,731	33,669	28,664	35,910	32,430



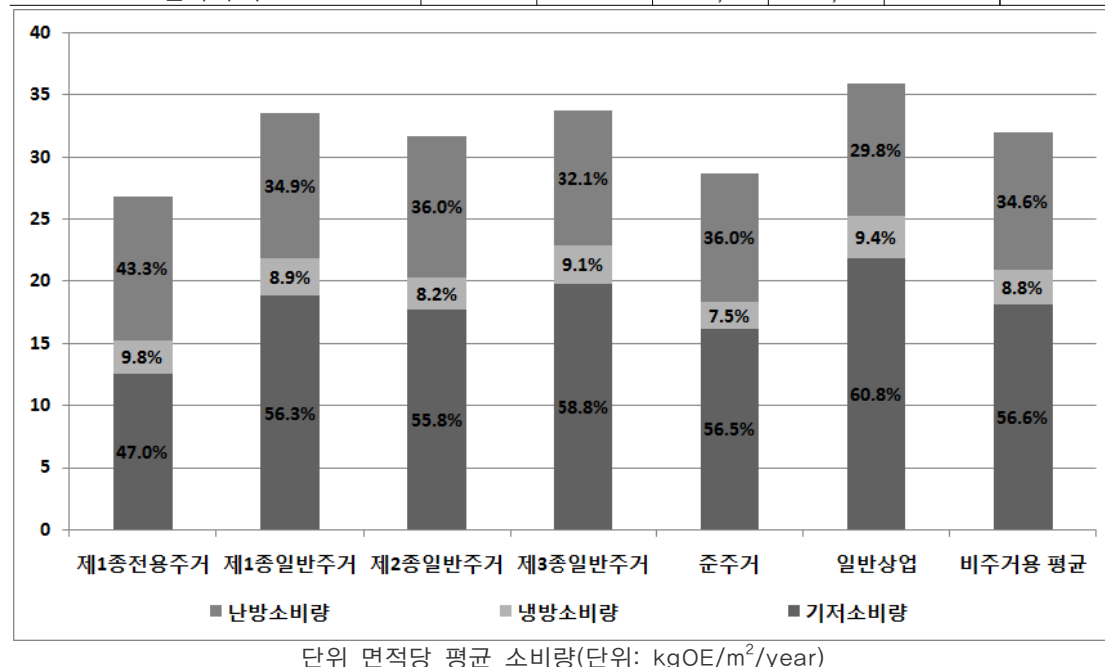
[표 4-37] 주거용 건축물의 용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과

			제1종전용	제1종일반	제2종일반	제3종일반	준주거	일반
			주거지역	주거지역	주거지역	주거지역	지역	상업지역
평균 소비량 (TOE/year)	전기	기저소비량	2.861	5.901	5.748	8.014	40.533	191.738
		냉방소비량	0.354	0.544	0.533	0.752	3.983	21.644
		난방소비량	0.370	0.475	0.462	0.710	3.754	14.323
		합	3.585	6.921	6.743	9.475	48.270	227.705
	도시가스 및 지역난방	기저소비량	0.764	1.170	1.174	1.468	9.403	46.292
		난방소비량	4.148	6.123	5.745	6.780	25.188	143.671
		합	4.911	7.294	6.919	8.248	34.592	189.963
	합계	기저소비량	3.625	7.072	6.922	9.482	49.936	238.030
		냉방소비량	0.354	0.544	0.533	0.752	3.983	21.644
		난방소비량	4.517	6.598	6.207	7.490	28.942	157.994
		합	8.496	14.214	13.662	17.724	82.862	417.668
	단위 면적당 평균 소비량 (kgOE/m ² /year)	전기	기저소비량	6.672	9.934	10.860	10.823	10.835
냉방소비량			0.805	0.982	1.099	1.116	0.950	1.107
난방소비량			0.824	0.833	0.938	1.084	0.857	1.116
합			8.301	11.749	12.897	13.024	12.642	12.771
도시가스 및 지역난방		기저소비량	1.616	2.162	2.299	2.258	2.277	1.974
		난방소비량	10.190	11.527	12.235	11.491	11.215	7.395
		합	11.806	13.690	14.534	13.750	13.492	9.370
합계		기저소비량	8.288	12.096	13.159	13.082	13.111	12.523
		냉방소비량	0.805	0.982	1.099	1.116	0.950	1.107
		난방소비량	11.014	12.360	13.173	12.575	12.072	8.511
		합	20.107	25.439	27.432	26.773	26.134	22.141
관측치 수			66	1,204	13,573	1,739	158	41



[표 4-38] 비주거용 건축물의 용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과

			제1종전용	제1종일반	제2종일반	제3종일반	준주거	일반
			주거지역	주거지역	주거지역	주거지역	지역	상업지역
평균 소비량 (TOE/year)	전기	기저소비량	6,299	19,410	15,033	30,732	65,526	171,427
		냉방소비량	1,359	3,907	2,392	5,215	11,632	27,433
		난방소비량	3,072	6,057	3,567	7,356	7,884	22,647
		합	10,730	29,374	20,991	43,304	85,042	221,508
	도시가스 및 지역난방	기저소비량	0,297	2,856	1,755	2,585	8,256	13,806
		난방소비량	2,627	7,005	5,745	8,540	25,808	44,698
		합	2,924	9,860	7,501	11,125	34,064	58,504
	합계	기저소비량	6,596	22,266	16,788	33,318	73,782	185,233
		냉방소비량	1,359	3,907	2,392	5,215	11,632	27,433
		난방소비량	5,699	13,062	9,312	15,896	33,692	67,345
		합	13,654	39,235	28,492	54,429	119,105	280,012
	단위 면적당 평균 소비량 (kgOE/m ² /year)	전기	기저소비량	12,232	17,024	15,838	18,087	14,588
냉방소비량			2,617	2,970	2,608	3,051	2,145	3,392
난방소비량			6,407	4,986	3,550	4,769	2,913	4,680
합			21,257	24,979	21,997	25,907	19,646	27,850
도시가스 및 지역난방		기저소비량	0,361	1,814	1,867	1,743	1,605	2,052
		난방소비량	5,196	6,695	7,860	6,051	7,413	6,008
		합	5,557	8,509	9,727	7,794	9,018	8,060
합계		기저소비량	12,594	18,838	17,705	19,830	16,193	21,830
		냉방소비량	2,617	2,970	2,608	3,051	2,145	3,392
		난방소비량	11,604	11,681	11,411	10,819	10,326	10,688
		합	26,814	33,488	31,724	33,700	28,664	35,910
관측치 수			24	311	3,279	1,607	121	157



□ 용도지역별·건물유형별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과

용도지역별·건물유형별 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해 결과는 표 4-37 및 4-38과 같다. 전체 에너지 소비에서 기저 소비량이 차지하는 비중은 주거용의 경우 41~57%(평균 48%), 비주거용의 경우 47~61%(평균 57%)로 나타나는 등 전반적으로 절반 이상으로 나타났다. 따라서 패시브 건축을 통해 냉난방 수요가 90% 이상 감축된다 할지라도 전체 에너지 소비량 대비 감축률은 50% 미만일 것으로 예상할 수 있다.

한편, 에너지 소비 유형별 비중을 상세히 살펴보면, 공통적으로 냉방에너지 소비량 비중이 가장 낮게 나타났으며(주거용: 4%, 비주거용: 9%), 난방에너지는 기저에너지에 비해 다소 작은 비중을 보였다(주거용: 48%, 비주거용: 35%). 건물용도 및 용도지역 측면에서는 주거 성향이 강한 건축물일수록 난방에너지 비중이 높았으며, 상업 성향이 강한 건축물일수록 냉방에너지와 기저에너지 소비 비중이 높은 것으로 나타났다. 종합적으로, 건축물의 냉난방 에너지 소비량 비중은 주거용의 경우 약 52%, 비주거용의 경우 약 44%로 나타났다. 이는 2005년 에너지 총 조사 보고서(에너지경제연구원, 2005)를 바탕으로 산정한 냉난방 에너지 소비 비중 54.6%와 크게 다르지 않다.

5) 건물용도별 에너지 소비 영향요인 분석: 토지이용규제의 영향을 중심으로

□ 분석 개요

조상규·이진민(2010), 유광흡·서선영(2012), 김승남·유광흡(2014) 등의 연구를 통해 건축물 에너지 소비량과 온실가스 배출량에 영향을 미치는 건축 및 도시설계 요소에 대한 실증분석이 이루어진 바 있다. 그러나 이들 연구는 모두 공동주택에 한정되어 있으며, 관측치 수가 매우 적어 정책개발을 위한 일반론적인 함의를 이끌어내는 데에는 한계가 있었다. 이에 본 소절에서는 앞서 정제한 대규모 에너지 소비량 자료를 활용해 회귀분석을 시행함으로써, 용도규제 수준이 건축물 에너지 소비량에 미치는 영향을 분석한다. 이는 국내에서 대규모 자료를 활용한 최초의 실증분석이라 할 수 있다. 이 분석에서는 일반 분석용 샘플을 활용하며, 분석의 단위는 개별 건물 단위로 한다. 이 분석을 통해, 대지면적을 비롯한 다른 통제변수가 통제된 상태에서 용적률과 건폐율이 건축물의 에너지 소비량에 미치는 영향을 파악할 수 있다. 이 결과는 다음 절에서 건축물의 규제수준별 에너지 소비량을 추정하기 위한 근거자료로 활용된다.

□ 분석 모형 및 변수의 설정

분석모형은 크게 주거용과 비주거용 건축물로 구분되며, 각 유형별로 세 개의 종속 변수(단위 연면적당 기저, 냉방, 난방 소비량)가 적용된다. 따라서 일반적인 분석 방법을 적용할 경우 총 6개의 개별 모형이 요구된다. 그러나 가구나 사업체가 에너지 소비를 위해 지출할 수 있는 예산은 한정되어 있으므로 동일한 건물 내에서 세 에너지 소비량의 관계는 상호 영향을 주고받을 수밖에 없다. 따라서 본 연구에서는 세 종속변수의 오차항 간 상관관계를 고려해 분석하는 Seemingly Unrelated Regression(SUR) 모형을 적용한다. 이에 따라 세 종속변수가 동일한 모형에서 분석되므로, SUR 모형은 주거용과 비주거용에 대해 각각 하나의 모형으로 구성된다. 각 모형의 구성을 수식으로 표현하면 다음의 식 (1)과 같다(Gujarati, 2003). 여기서, y_1, y_2, y_3 는 각각 세 종속변수를 의미하며, $\alpha_i, X_i, \beta_i, z_i$ 는 개별 방정식의 상수항, 독립변수, 추정계수, 오차항 행렬을 의미한다. 이때, 오차항 z_i 는 독립변수 X_i 와 독립적이며, 식 (2)와 같은 다변량 정규분포를 따른다.

$$\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \\ \alpha_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} X_1 & 0 & 0 \\ 0 & X_2 & 0 \\ 0 & 0 & X_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix} \dots\dots (1)$$

$$E \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix} = 0, \quad Var \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ z_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \psi_1^2 & \psi_{21} & \psi_{31} \\ \psi_{12} & \psi_2^2 & \psi_{32} \\ \psi_{13} & \psi_{23} & \psi_3^2 \end{pmatrix} \dots\dots (2)$$

앞서 설명한 종속변수를 비롯해, 분석에 활용된 변수의 정의와 측정방법을 자세히 살펴보면 다음과 같다(표 4-39). 우선, 종속변수는 개별 건축물 단위로 측정된 1년 간의 총 에너지 소비량을 전 소절에서 설명한 방법을 적용해 기저, 냉방, 난방에너지 소비량으로 분해하고 이를 각각 연면적으로 나누어 산정한다(단위: kgOE/m²/year). 검증변수는 용도지역별 토지이용 규제수준을 나타내는 용적률과 건폐율을 적용한다. 이때, 두 변수의 값은 4장 1절의 자료의 정제 과정을 통해 산정된 값을 활용한다.

통제변수는 선행연구를 참고해 건축물(필지)의 기초특성과 주변지역의 토지이용 및 미기후 특성을 반영할 수 있도록 구성하였다. 건축물(필지) 기초특성 변수로는 대지면적, 지하층수, 사용년수, 지붕구조 등 건축물 대장 정보 중 자료 정제과정을 통해 신뢰성이

확인된 것들로 한정해 적용했다. 주변 지역의 토지이용 특성으로는 인구밀도, 고용밀도, 아파트 호수 비율, 토지 공시지가를 적용했으며, 기후 및 미기후 조절 변수로는 평균고도, 겨울철 평균기온, 여름철 평균기온, 연평균 강수량, 녹지면적 비율, 하천면적 비율 등을 적용했다. 이때 토지이용과 녹지 및 하천 비율을 제외한 미기후 특성 변수는 통계청의 집계구 단위로⁴⁴⁾ 측정했으며, 녹지 및 하천 비율은 500m 반경 단위로 측정했다. 상기한 변수의 구체적인 측정방법과 기술통계량을 정리하면 표 4-39 및 4-40과 같다.

[표 4-39] 변수의 정의 및 측정 방법

유형	변수 명	자료		측정 방법 및 단위	
		자료명	년도		
총속 변수	연면적당 기저 에너지 소비량	건축물 에너지 소비량 자료	2012	건축물별 기저에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² /year)	
	연면적당 냉방 에너지 소비량			건축물별 냉방에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² /year)	
	연면적당 난방 에너지 소비량			건축물별 난방에너지 소비량/연면적(kgOE/m ² /year)	
검증 변수	용적률	건물형상도 (GIS 데이터)	2012	GIS 자료를 활용하여 직접 산정(4장 1절 참고)	
	건폐율				
통제 변수	건축물 특성	대지면적	연속지적도 (GIS 데이터)	2013	GIS 자료를 활용하여 측정(m ²)(4장 1절 참고)
		지하층수	건축물 대장	2012	대장 정보 활용
		사용년수			대장의 사용승인일 정보를 활용해 산정(년)
		지붕구조			건축물 대장 정보를 활용하여 더미변수화 철근콘크리트 구조=1, 기와, 슬레이트, 기타지붕=0
	토지 이용 특성	인구밀도	인구주택총조사 집계구 자료	2010	집계구 인구/집계구 면적(명/ha)
		고용밀도			집계구 고용자 수/집계구 면적(명/ha)
		아파트 비율			집계구 아파트 호 수/집계구 총 주택 호 수
		토지가격	공시지가 자료	2011	지점별 공시지가 자료를 크리깅하여 100m×100m 단위 셀로 변환한 후 집계구별 평균 계산(원/m ²)
	기후 특성	평균고도	경기도 DEM 자료		래스터 자료를 이용하여 집계구별 평균 계산(m)
		겨울철 평균기온	서울시 겨울철 평균기온 자료	1998 ~ 2009	관측소별 포인트 자료를 크리깅하여 래스터화 시킨 후 집계구별 평균 계산(°C)
		여름철 평균기온	서울시 여름철 평균기온 자료	평균	
		연평균 강수량	서울시 연평균 강수량 자료		관측소별 포인트 자료를 크리깅하여 래스터화 시킨 후 집계구별 평균 계산(mm)
주변 녹지비율		도시 생태현황도	2010	도시 생태현황도의 토지이용 유형 중분류중 '녹지 및 오픈스페이스'를 녹지로, '하천 및 호소'를 하천으로 가정하고, 집계구 중심 500m 버퍼지역 내 녹지 및 하천 면적 비율을 계산	
주변 하천비율					

44) 집계구는 통계청에서 통계조사 시 자료집계를 위해 편의상 읍면동보다 더 작게 설정한 구역으로, 약 500여 명의 인구와 읍면동 크기의 1/25 정도의 면적을 갖는 동질한 환경적 특성을 갖는 지역을 기준으로 설정된다. 2012년 기준으로 서울시에는 16,230개의 집계구가 설정되어 있으며, 평균 약 591명의 주민이 거주하고 있다(통계청 통계지리서비스 제공 집계구 경계자료 기준).

[표 4-40] 변수의 기술통계량

변수명	단위	주거용 건축물 모형		비주거용 건축물 모형	
		평균	표준편차	평균	표준편차
연면적당 총기저	kgOE/m ² /year	14.101	4.134	20.572	12.465
연면적당 총냉방	kgOE/m ² /year	1.089	0.668	3.008	2.512
연면적당 총난방	kgOE/m ² /year	14.879	4.273	10.461	5.173
건폐율		0.645	0.117	0.555	0.142
용적률		1.398	0.683	2.216	1.453
대지면적	m ²	205,266	851,521	497,298	2,549,088
지하층수	층	0.249	0.120	0.191	0.097
사용년수	년	18,472	6,714	18,336	8,277
지붕구조	더미	0.957	0.202	0.941	0.236
인구밀도	명/ha	366,949	172,989	241,477	158,361
고용밀도	명/ha	69,695	107,382	189,019	236,186
아파트비율		0.133	0.220	0.226	0.289
토지가격	원/m ²	2,905,747	1,342,569	4,214,231	2,630,274
고도	m	41,148	23,601	37,168	20,952
겨울기온	℃	0.215	0.352	0.279	0.345
여름기온	℃	24.630	0.258	24.682	0.286
평균강수량	mm	1,379,771	38,065	1,375,942	36,918
녹지율		0.108	0.147	0.084	0.126
하천비율		0.020	0.062	0.021	0.062
관측치	개	256,648		63,579	

□ 에너지 소비 영향요인 분석 결과

주거용 건축물과 비주거용 건축물의 에너지 소비 영향요인에 대한 SUR 모형 분석결과 는 표 4-41 및 4-42와 같다. 우선, 지면 관계상 본문에는 제시하지 못했으나 모든 변수에 대한 분산팽창계수(VIF) 값이 10미만으로 나타나, 독립변수들 간의 다중공선성 문제는 발견되지 않았다. 그러나 비주거용 건축물의 난방 소비량 모형을 제외한 나머지 다섯 모형의 R-square가 10% 이내로 나타나, 모형의 설명력은 높지 않은 것으로 나타났다. 이는 자료의 한계로 건축물 에너지 소비량을 결정하는 주요 요인인 이용자 밀도⁴⁵⁾와 이용행태가 모형에 적용되지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 그럼에도 불구하고, 두 검증변수와 대부분의 통제변수가 모든 모형에서 유의한 것으로 나타났다. 각 모형에 대한 구체적인 분석결과를 살펴보자.

우선, 주거용 건축물에 대한 분석결과는 세 가지 유형의 종속변수에 대해 대체로 비

45) 주거용 건축물의 경우 거주자 수, 비주거용 건축물의 경우 상시 근로자 및 방문자 수를 의미한다. 그러나 가용 자료의 한계상 이러한 정보를 건축물 단위로 파악하는 것은 사실상 불가능하다.

슷한 결과를 보였다. 다른 통제 변수를 제외하고 대지면적, 건폐율, 용적률 등 주요 검증 변수를 중심으로 분석결과를 살펴보면 다음과 같다.

먼저, 모든 모형에서 대지면적이 클수록(즉, 건물 규모가 클수록) 단위면적당 에너지 소비량이 작은 것으로 나타났다. 또한, 나머지 조건이 동일할 때, 용적률이 크거나 건폐율이 작을수록 에너지 소비가 작은 것으로 나타났다. 이 결과는 다른 조건이 동일할 때 형태적으로 낮고 넓은 건축물이 높고 가는 건물에 비해 에너지 소비가 크다는 사실을 의미하며, 이는 앞서 기술통계 분석을 통해 확인한 경향과 동일한 결과이다. 따라서 아파트보다는 단독주택의 형태가 단위면적당 에너지 요구량이 더욱 크다고 볼 수 있다. 이는 단독주택이 아파트의 단위 세대에 비해 외기에 노출되는 면적 비율이 높기 때문인 것으로 판단된다.

[표 4-41] 주거용 건축물의 에너지 소비 영향요인에 대한 SUR 모형 분석결과

	종속변수					
	연면적당 기저 소비량		연면적당 냉방 소비량		연면적당 난방 소비량	
	Coef.	P> z	Coef.	P> z	Coef.	P> z
건폐율	6.182	0.000	0.430	0.000	8.515	0.000
용적률	-0.574	0.000	-0.042	0.000	-2.126	0.000
대지면적	-0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
지하층수	2.372	0.000	-0.022	0.185	2.356	0.000
사용년수	-0.009	0.000	0.002	0.000	-0.031	0.000
지붕구조	0.701	0.000	0.003	0.686	0.415	0.000
인구밀도	0.002	0.000	-0.000	0.000	0.002	0.000
고용밀도	0.001	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.803
아파트비율	-0.147	0.000	-0.042	0.000	-0.377	0.000
토지가격	-0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
고도	-0.013	0.000	-0.001	0.000	-0.004	0.000
겨울기온	1.924	0.000	0.146	0.000	0.395	0.000
여름기온	-0.984	0.000	0.033	0.002	0.259	0.000
연평균강수량	0.013	0.000	0.001	0.000	0.004	0.000
녹지율	-0.838	0.000	-0.303	0.000	0.612	0.000
하천비율	-0.147	0.264	0.045	0.041	0.966	0.000
상수	15.745	0.000	-1.460	0.000	-0.864	0.487
관측치 수	256,648		256,648		256,648	
R-square	0.101		0.036		0.207	

음영: 유의수준 10% 이내에서 통계적으로 **유의하지 않음**

비주거용 건축물에 대한 분석에서도 주요 검증변수가 냉난방 에너지 소비에 미치는 영향은 동일하게 나타났다. 그러나 용적률이 기저에너지 소비에 미치는 영향은 반대로 나타났다. 이에 대한 원인은 앞서 살펴본 기술통계 분석의 결과로부터 유추할 수 있다. 앞

서 제시한 기술통계 분석에서 비주거용 건축물의 경우 주거용과는 반대로 용적률이 증가할수록 단위면적당 에너지 소비량이 증가한다는 사실을 확인한 바 있다. 이는 비주거용 건축물의 경우, 주거용 건축물에 비해 형태적인 요소보다는 건물에서 일어나는 행위의 유형과 강도에 의해 에너지 소비량이 결정된다는 것을 의미한다. 즉, 비주거용 건축물의 경우 일반적으로 용적률이 높은 지역일수록 토지가치가 높고, 그에 따라 행위의 집중도가 증가할 수밖에 없다는 것이다. 따라서 건축물의 운영에 기본적으로 소요되는 에너지인 기저 에너지 소비량과 용적률의 비례 관계는 바로 이러한 효과가 반영된 것이라고 볼 수 있다. 한편, 비주거용 건축물이라 할지라도 완전히 건물 형태와 무관하게 에너지 소비량이 결정되는 것은 아니기 때문에, 건물형태와 보다 밀접한 연관성을 보이는 냉난방 에너지의 경우에는 주거용 건축물과 마찬가지로 보다 낮고 넓은 건축물일수록 에너지 효율이 낮게 나타난 것이라고 판단된다. 이와 같은 분석결과는 4장 3절에서 대지면적, 용적률, 건폐율을 기준으로 가정한 다양한 형태의 건축물에서의 예상 에너지 소비량을 추정하는데 활용된다.

[표 4-42] 비주거용 건축물의 에너지 소비 영향요인에 대한 SUR 모형 분석결과

	종속변수					
	연면적당 기저 소비량		연면적당 냉방 소비량		연면적당 난방 소비량	
	Coef.	P> z	Coef.	P> z	Coef.	P> z
건폐율	2.635	0.000	0.262	0.000	3.520	0.000
용적률	0.139	0.000	-0.046	0.000	-0.396	0.000
대지면적	-0.000	0.000	-0.000	0.000	-0.000	0.000
지하층수	-3.835	0.000	-0.793	0.000	-3.748	0.000
사용년수	0.212	0.000	0.027	0.000	-0.046	0.000
지붕구조	1.356	0.000	-0.016	0.703	0.337	0.000
인구밀도	-0.003	0.000	-0.001	0.000	0.002	0.000
고용밀도	0.002	0.000	0.000	0.000	-0.000	0.057
아파트비율	0.096	0.580	-0.065	0.063	-0.720	0.000
토지가격	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
고도	-0.009	0.001	-0.002	0.000	0.020	0.000
겨울기온	2.434	0.000	0.290	0.000	1.082	0.000
여름기온	-4.037	0.000	-0.374	0.000	-0.860	0.000
연평균강수량	0.032	0.000	0.004	0.000	0.001	0.169
녹지율	-4.432	0.000	-0.495	0.000	0.040	0.833
하천비율	-7.779	0.000	-1.189	0.000	0.634	0.061
상수	68.095	0.000	6.126	0.000	27.587	0.000
관측치 수	63,579		63,579		63,579	
R-square	0.052		0.060		0.046	

음영: 유의수준 10% 이내에서 통계적으로 **유의하지 않음**

6) 소결: 건축물 에너지 소비 특성

지금까지 서울시의 개별 건축물 단위 에너지 소비량 정보를 활용해 분석한 건축물의 에너지 소비 특성을 정리하면 다음과 같다.

□ 건물용도별·용도지역별 에너지 소비 특성

단위 연면적당 에너지 소비량은 비주거용 건축물이 주거용 건축물에 비해 약 20% 가량 크게 나타났다. 용도지역별로는 주거용 건축물의 경우 제2·3종일반주거지역과 준주거지역의 소비량이 높게 나타났으며, 비주거용 건축물의 경우 일반상업지역, 제3종일반주거지역, 제2종일반주거지역 순으로 높게 나타났다. 용도지역별 용적률 상한선과 단위 연면적당 에너지 소비량 사이에는 특별한 관계가 확인되지 않았다.

반면, 단위 대지면적당 에너지 소비량의 경우, 용적률 상한선 기준이 높은 용도지역일수록 에너지 소비량이 크게 나타났다. 즉, 용적률 상한선과 단위 대지면적당 에너지 소비량은 선형비례 관계를 보였다. 주거용과 비주거용 건축물의 단위 대지면적당 에너지 소비량(단위: $\text{kgOE}/\text{m}^2/\text{year}$)은 각각 아래의 식을 활용해 추정 가능하다. 건물용도별로는 비주거용 건축물이 주거용 건축물에 비해 약 70% 가량 소비량이 큰 것으로 나타났다.

- 주거용 건축물 대지면적당 에너지 소비량 = $17.591 \times \text{용적률} + 21.595$ ($R^2=0.950$)
- 비주거용 건축물 대지면적당 에너지 소비량 = $32.447 \times \text{용적률} + 21.675$ ($R^2=0.979$)

□ 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성

본문에서 살펴본 건물용도별·규제수준별 평균 에너지 소비 특성과 그 함의를 정리하면 표 4-43 및 4-44와 같다.

□ 건물용도별·용도지역별 기저 및 냉난방 에너지 소비 특성

전체 건축물 에너지 소비에서 기저 소비량이 차지하는 비중은 주거용의 경우 평균 48%, 비주거용의 경우 평균 57%로 대체로 절반 이상인 것으로 확인되었다. 따라서 패시브 건축을 통해 냉난방 수요가 90% 이상 감축된다할지라도 전체 에너지 소비량 대비 감축률은 50% 미만일 것으로 예상할 수 있다. 에너지원별로는 냉방에너지 비중이 가장 낮

게 나타났으며(주거용: 4%, 비주거용: 9%), 난방에너지는 기저에너지에 비해 다소 작은 비중을 보였다(주거용: 48%, 비주거용: 35%). 건물용도 및 용도지역 측면에서는 주거 성향이 강한 건축물일수록 난방에너지 비중이 높았으며, 상업 성향이 강한 건축물일수록 냉방에너지와 기저에너지 소비 비중이 높은 것으로 나타났다.

[표 4-43] 건물용도별·규제수준별 단위 연면적당 에너지 소비특성 종합

		단위 연면적당 소비량	주요 결과 및 함의
주거용	용적률	-	<ul style="list-style-type: none"> • 형태적으로 낮고 작으며 건폐율이 높은 주거유형(단독주택)의 에너지 효율이 낮음 • 3~4층 정도의 높이에 건폐면적이 50~75m²인 주거용 건축물의 에너지 효율이 가장 낮음
	건폐율	+	
	층수	-	
	건폐면적	-	
비주거용	용적률	+	<ul style="list-style-type: none"> • 형태적으로 작은 건물의 에너지 효율이 낮으나, 형태보다는 세부용도에 의해 에너지 소비량 결정 • 일반적으로 용적률(토지 가치)이 높을수록 행위집중도(에너지 소비)가 높은 세부용도가 입지
	건폐율	+	
	층수	-	
	건폐면적	-	

[표 4-44] 건물용도별·규제수준별 단위 대지면적당 에너지 소비특성 종합

		단위 대지면적당 소비량	주요 결과 및 함의
주거용	용적률	+	<ul style="list-style-type: none"> • 단위 대지면적당 소비량은 개발밀도(용적률 및 층수)와 정비례 • 형태적인 측면에서는 규모가 작은 건물일수록 단위토지당 에너지 집중도가 높음
	건폐율	+	
	층수	+	
	건폐면적	-	
비주거용	용적률	+	<ul style="list-style-type: none"> • 단위 대지면적당 소비량은 개발밀도(용적률 및 층수)와 정비례 • 형태보다는 세부용도에 따라 에너지 소비량 결정
	건폐율	+	
	층수	+	
	건폐면적	-	

□ 토지이용규제 수준이 건물용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향

마지막으로, 토지이용규제 수준이 건물용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향에 대한 분석결과를 요약하면 표 4-45와 같다. 전반적으로 상기한 기술통계 분석 결과와 일치하는 양상을 보여주고 있다.

[표 4-45] 토지이용규제 수준이 건물용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향

모형 유형 및 주요 검증변수		단위 연면적당 소비량			주요 결과 및 함의
		기저	냉방	난방	
주거용	용적률	-	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 형태적 측면에서 낮고 넓은 건축물이 높고 가는 건물에 비해 에너지 소비가 큼 • 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 작음
	건폐율	+	+	+	
	대지면적	-	-	-	
비주거용	용적률	+	-	-	<ul style="list-style-type: none"> • 비주거용 기저소비량의 경우 건물형태보다는 행위유형 및 강도와 밀접한 관련이 있음 • 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 작음
	건폐율	+	+	+	
	대지면적	-	-	-	

3. 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석

1) 분석 개요

본 절에서는 지금까지의 분석을 바탕으로 건물용도별·용도지역별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률을 분석한다. 이때, 용도지역별로 용적률과 건폐율 허용기준이 상이하고 동일한 용도지역 내에서도 추가적인 지구구역 지정 여부 및 기타 제반 여건에 따라 실제 적용결과가 달라질 수 있기 때문에, 먼저 모든 용적률 및 건폐율 급간별 분석결과를 도출한 후 용도지역별 허용기준에 해당하는 급간의 결과를 선택하여 최종적인 용도지역별 예상 감축률을 추정하는 방식을 취했다. 이 방법을 적용할 경우, 용도지역 지정 현황과 무관하게 모든 유형의 가상 건축물에 대한 이론적 온실가스 감축률을 예측할 수 있다. 분석 대상은 앞선 분석과 마찬가지로 본장의 2절에서 제시한 주요 6개 용도지역에 포함된 주거용 및 비주거용 건축물로 한정하며, 용적률 및 건폐율 급간 기준도 같은 절에서 활용한 규제수준 유형화 기준을 활용한다(표 4-14 참고).

한편 동일한 용적률과 건폐율을 갖는 건물이라고 할지라도 대지면적의 크기(즉, 건물의 크기)에 따라 온실가스 배출량이나 이론적 감축률이 달라질 것으로 예상할 수 있으므로 대지면적에 따른 유형별 분석이 필요하다. 이에, 앞서 제시한 용도지역별 평균 대지면적 기술통계 분석결과를 바탕으로⁴⁶⁾, 평균과 가장 가까운 100의 배수와 그 값의 2배 및 0.5배의 값을 대지면적 유형으로 설정하였다. 이 방식에 따라, 주거용 건물의 경우 100m², 200m², 400m²를, 비주거용 건물의 경우 250m², 500m², 1,000m²를 각각 대지면적 유형으로 가정했다. 분석 절차는 크게 다음과 같으며, 각 단계의 세부적인 방법론과 분석결과는 아래에서 차례로 설명하도록 하겠다.

- 1단계: 앞서 도출한 SUR 모형의 분석결과를 바탕으로 건물용도별·규제수준별 건축물의 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 산정
- 2단계: 에너지 및 온실가스 최대 감축 수준에 대한 가정을 통해 건물용도별·규제수준별 건축물의 에너지 및 온실가스 감축 가능량 산정
- 3단계: 건물용도별·규제수준별 건축물의 신재생에너지 생산 가능량 산정
- 4단계: 1~3단계에서 도출된 결과를 바탕으로, 건물용도별·규제수준별 건축물의 이론적 에너지 소비 및 온실가스 감축률 산정

46) 일반분석용 샘플을 활용해 계산한 주거용과 비주거용 건축물의 평균 대지면적은 각각 205m²와 497m²이다.

2) 건물용도별·규제수준별 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 산정

□ 산정 방법

건물용도별·규제수준별 에너지 소비량은 앞서 도출한 SUR 모형 분석결과를 바탕으로 추정한다(표 4-41 및 4-42). 예를 들어, SUR 모형 결과에서 각 종속변수에 대해 유의수준 10% 이내에서 통계적으로 유의한 독립변수의 비표준화 계수를 추출한 후, 각 변수의 계수와 각 변수의 입력 값을 곱한 후 합산함으로써 단위면적당 기저 및 냉난방 에너지 소비량을 추정할 수 있다(표 4-46). 이때, 대지면적 변수에는 앞서 가정한 대지면적 가정치를 대입하게 되는데, 표 4-46은 예시로 200m²를 대입한 것이다. 기타 통제변수에는 각 변수들의 평균값을 대입한다. 마지막으로, 용적률과 건폐율에 대해서는 각 급간의 중앙값을 대입함으로써 용적률과 건폐율 급간별 단위면적당 에너지 소비량을 추정하게 된다.

[표 4-46] 단위면적당 에너지 소비량 추정 방법

독립변수	SUR 모형 분석결과와 비표준화 계수			입력 값 (독립변수의 평균 값)
	기저 에너지	냉방 에너지	난방 에너지	
(상수)	15.7450	-1.4596		
건폐율	6.1821	0.4301	8.5150	급간별 중간값
용적률	-0.5736	-0.0423	-2.1262	급간별 중간값
대지면적	-0.0002	0.0000	-0.0002	200.0000
지하층수	2.3719		2.3557	0.8621
사용년수	-0.0093	0.0020	-0.0306	18.4721
지붕구조	0.7007		0.4151	0.9573
인구밀도	0.0016	-0.0001	0.0019	366.9493
고용밀도	0.0014	0.0002		69.6950
아파트 비율	-0.1473	-0.0418	-0.3772	0.1334
토지가격	0.0000	0.0000	0.0000	2,905,747.4602
평균고도	-0.0131	-0.0008	-0.0043	41.1485
겨울철 기온	1.9243	0.1457	0.3950	0.2154
여름철 기온	-0.9840		0.2590	24.6297
평균 강수량	0.0134	0.0011	0.0039	1379.7711
주변 녹지비율	-0.8384	-0.3029	0.6120	0.1081
주변 하천비율			0.9662	0.0200

총 에너지 소비량은 세 유형의 단위 면적당 에너지 소비량에 연면적을 곱한 값을 합산함으로써 산정한다⁴⁷⁾. 이때, 연면적은 대지면적 가정치와 구하고자 하는 용적률 급간의 중앙값을 곱해 산정가능하다. 온실가스 배출량은 총 에너지를 에너지원별로 분해한 후⁴⁸⁾, 각 에너지원별 온실가스 배출계수를 곱하여 산정했다.

47) 선형회귀분석 결과를 활용한 추정의 특성 상 추정된 에너지 소비량이 음수 값으로 나타날 수 있는데, 이러한 경우에는 결과표에서 그 값을 0으로 치환하여 제시했다.

□ 산정 결과

대지면적 200m²를 예시로 대입하여 산정한 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 소비량과 온실가스 배출량은 표 4-47 및 4-48과 같다. 표에 제시된 결과는 단위면적당이 아닌 총량에 대한 추정결과이므로, 두 결과 모두 용적률과 건폐율이 높아질수록 에너지 소비량과 온실가스 배출량이 증가하는 양상을 보인다.

[표 4-47] 대지면적 200m² 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 소비량 (단위: TOE/year)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	1.40	1.48	1.55	1.63	1.70					
0.5~1.0	3.99	4.22	4.45	4.67	4.90	5.13	5.35	5.58	5.81	6.03
1.0~1.2	5.64	5.98	6.31	6.64	6.98	7.31	7.64	7.97	8.31	8.64
1.2~1.5	6.74	7.15	7.56	7.97	8.38	8.78	9.19	9.60	10.01	10.42
1.5~2.0	8.36	8.89	9.41	9.94	10.47	11.00	11.53	12.06	12.59	13.12
2.0~2.5	10.13	10.81	11.49	12.17	12.85	13.53	14.21	14.89	15.57	16.25
2.5~3.0	11.62	12.45	13.29	14.12	14.95	15.78	16.61	17.45	18.28	19.11
3.0~4.0	13.35	14.41	15.47	16.53	17.59	18.65	19.71	20.77	21.82	22.88
4.0~5.0	14.70	16.06	17.42	18.78	20.15	21.51	22.87	24.23	25.59	26.95
5.0~6.0	14.95	16.61	18.28	19.94	21.61	23.27	24.93	26.60	28.26	29.93
6.0~8.0	13.27	15.39	17.51	19.62	21.74	23.86	25.98	28.09	30.21	32.33
8.0~	13.84	14.90	15.95	18.04	20.46	22.88	25.30	27.72	30.14	32.56

[표 4-48] 대지면적 200m² 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 배출량 (단위: TCO₂eq/year)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	2.90	3.05	3.21	3.37	3.52					
0.5~1.0	8.26	8.73	9.20	9.67	10.14	10.61	11.08	11.55	12.02	12.49
1.0~1.2	11.68	12.37	13.06	13.75	14.44	15.13	15.82	16.51	17.19	17.88
1.2~1.5	13.96	14.80	15.65	16.49	17.34	18.18	19.03	19.87	20.72	21.56
1.5~2.0	17.30	18.39	19.49	20.58	21.68	22.78	23.87	24.97	26.06	27.16
2.0~2.5	20.96	22.37	23.78	25.19	26.60	28.01	29.42	30.82	32.23	33.64
2.5~3.0	24.06	25.78	27.50	29.22	30.95	32.67	34.39	36.11	37.84	39.56
3.0~4.0	27.64	29.83	32.02	34.22	36.41	38.60	40.79	42.98	45.17	47.37
4.0~5.0	30.43	33.25	36.07	38.88	41.70	44.52	47.34	50.16	52.97	55.79
5.0~6.0	30.95	34.39	37.84	41.28	44.72	48.17	51.61	55.06	58.50	61.95
6.0~8.0	27.47	31.85	36.24	40.62	45.00	49.39	53.77	58.15	62.54	66.92
8.0~	28.65	30.84	33.03	37.34	42.35	47.36	52.37	57.38	62.39	67.40

48) 전체 에너지 소비량 중에서 각 에너지원이 차지하는 평균 비율을 이용하여 분해하였다.

3) 건물용도별·규제수준별 에너지 및 온실가스 감축 가능량 산정

□ 산정 방법

이 소절에서는 2장 3절의 이론적 검토를 바탕으로 가정한 에너지 감축률 가정치를 앞서 1단계에서 도출한 건물용도별·규제수준별 에너지 소비량에 곱함으로써 각 세부유형에 대한 에너지 감축 가능량을 산정한다. 온실가스 감축량은 에너지 감축량을 활용해 앞서 1단계에서 적용한 방식과 동일한 방식으로 계산한다.

이때, 건축물의 최대 에너지 감축률은 냉난방 에너지 소비의 90%, 기저 에너지 소비의 10%로 각각 가정했다. 냉난방 에너지 소비 감축률을 90%로 높게 가정한 것은 본 연구의 목적이 에너지 감축률이 매우 높더라도 제로에너지 달성이 쉽지 않음을 증명하는 것이기 때문이다. 따라서 90%는 보수적인 추정을 위해 적용한 값이라 볼 수 있다. 반면, 기저 소비량의 경우는 녹색건축 정책을 통해 조절이 어려운 기저 에너지라고 가정하고, 최대 절감률을 10%로 가정했다. 이 또한 녹색건축을 통해 기저 에너지를 절감할 수 있다는 이론적 근거가 미약하다는 측면에서 매우 보수적인 가정이라고 볼 수 있다.

이렇게 가정한 값과 앞서 도출한 건축물 용도별 냉난방 에너지 소비 비중(표 4-37 및 4-38)을 곱해 전체 건축물 에너지 소비량 대비 감축률 가정치를 산정하면 주거용의 경우 약 52%, 비주거용의 경우 약 45%가 된다. 이는 2장 3절의 이론적 검토를 통해 도출한 녹색건축물의 에너지 및 온실가스 감축성능인 50~60%와 대체로 일치한다. 또한, 이 값은 2005년 에너지 총조사 보고서(에너지경제연구원, 2005)의 냉난방 에너지 소비량 비중(54.6%)을 적용해 산정한 값(53.7%)과도 매우 유사하다⁴⁹⁾. 따라서 본 연구의 가정은 기존 이론과 큰 괴리가 없는 합리적 수치라 볼 수 있다. 아래에서 제시할 세부 급간별 감축률은 전체 소비에서 기저 및 냉난방 소비가 차지하는 비중에 따라 달라질 수 있다.

□ 산정 결과

대지면적 200m² 규모의 주거용 건축물을 예시로 위의 가정을 적용해 산정한 규제수준별 에너지 및 온실가스 감축량은 표 4-49 및 4-50과 같다. 전반적으로 용적률과 건폐율이 높은 건축물일수록 에너지 및 온실가스 감축량이 크게 산정되었는데, 이는 애초에

49) $54.6\% \times 90\% + (100\% - 54.6\%) \times 10\% = 53.7\%$

이들 건축물의 에너지 소비량 자체가 높기 때문이다. 따라서 용적률과 건폐율에 따른 차이를 명확하게 파악하기 위해서는 감축량이 아닌 감축률을 살펴볼 필요가 있다.

[표 4-49] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 감축 가능량 (단위: TOE/year)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	0.76	0.80	0.84	0.89	0.93					
0.5~1.0	2.12	2.25	2.38	2.51	2.64	2.77	2.90	3.03	3.16	3.29
1.0~1.2	2.96	3.15	3.34	3.53	3.72	3.91	4.10	4.29	4.49	4.68
1.2~1.5	3.50	3.73	3.96	4.20	4.43	4.67	4.90	5.13	5.37	5.60
1.5~2.0	4.25	4.55	4.86	5.16	5.46	5.77	6.07	6.37	6.68	6.98
2.0~2.5	5.01	5.40	5.79	6.18	6.57	6.96	7.35	7.74	8.13	8.52
2.5~3.0	5.58	6.05	6.53	7.01	7.48	7.96	8.44	8.91	9.39	9.87
3.0~4.0	6.04	6.65	7.25	7.86	8.47	9.07	9.68	10.29	10.90	11.50
4.0~5.0	5.96	6.74	7.52	8.30	9.08	9.86	10.64	11.42	12.20	12.98
5.0~6.0	5.07	6.03	6.98	7.93	8.89	9.84	10.79	11.75	12.70	13.66
6.0~8.0	2.24	3.45	4.67	5.88	7.09	8.31	9.52	10.73	11.95	13.16
8.0~	2.10	2.26	2.42	3.50	4.89	6.28	7.67	9.05	10.44	11.83

[표 4-50] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 감축 가능량(단위: TCO₂eq/year)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	1.60	1.69	1.78	1.88	1.97					
0.5~1.0	4.48	4.76	5.03	5.31	5.58	5.86	6.13	6.41	6.68	6.96
1.0~1.2	6.25	6.65	7.05	7.45	7.86	8.26	8.66	9.07	9.47	9.87
1.2~1.5	7.38	7.87	8.37	8.86	9.36	9.85	10.35	10.84	11.33	11.83
1.5~2.0	8.97	9.61	10.25	10.89	11.53	12.17	12.81	13.46	14.10	14.74
2.0~2.5	10.57	11.39	12.22	13.04	13.87	14.69	15.52	16.34	17.17	17.99
2.5~3.0	11.75	12.75	13.76	14.77	15.78	16.78	17.79	18.80	19.81	20.82
3.0~4.0	12.71	13.99	15.28	16.56	17.84	19.12	20.41	21.69	22.97	24.26
4.0~5.0	12.51	14.16	15.81	17.46	19.10	20.75	22.40	24.05	25.70	27.35
5.0~6.0	10.60	12.61	14.63	16.65	18.66	20.68	22.69	24.71	26.72	28.74
6.0~8.0	4.54	7.11	9.67	12.24	14.80	17.37	19.93	22.50	25.06	27.63
8.0~	4.23	4.55	4.88	7.17	10.10	13.03	15.96	18.89	21.82	24.76

규제수준별 에너지 및 온실가스 감축률을 산정하면 표 4-51 및 4-52와 같다. 건축물 유형에 따라 기저 소비량이 차지하는 비중이 다르기 때문에 총 에너지 소비량에 대한 감축률은 최소 15%에서 최대 55%까지 폭 넓게 나타난다. 그러나 전반적으로 이론적 검토를 통해 확인한 50~60% 수준을 넘지는 못했다.

규제수준별 특성을 살펴보면, 용적률이 높아지거나 건폐율이 낮아질수록 에너지 소

비 감축률이 낮아지는 것을 확인할 수 있다. 이는 4장 2절의 SUR 모형 분석결과에 의해 이러한 형태의 건축물의 냉난방 에너지 소비 비중이 상대적으로 작게 추정되었기 때문이다. 이에 따라, 용적률이 600% 이상이며 건폐율이 40% 미만인 유형에서는 냉난방 에너지 소비를 90% 감축한다고 해도 총 에너지 소비 감축률이 10~20%대에 불과한 것으로 나타났다.

[표 4-51] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 에너지 소비 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	54.16	54.32	54.47	54.60	54.72					
0.5~1.0	53.18	53.40	53.60	53.78	53.94	54.09	54.23	54.35	54.47	54.58
1.0~1.2	52.43	52.70	52.94	53.16	53.36	53.54	53.70	53.85	53.99	54.12
1.2~1.5	51.86	52.17	52.44	52.69	52.92	53.12	53.31	53.48	53.63	53.78
1.5~2.0	50.87	51.26	51.60	51.90	52.17	52.42	52.64	52.85	53.04	53.21
2.0~2.5	49.51	50.00	50.43	50.82	51.16	51.47	51.75	52.00	52.24	52.45
2.5~3.0	47.97	48.59	49.14	49.62	50.05	50.43	50.77	51.08	51.37	51.63
3.0~4.0	45.24	46.13	46.89	47.56	48.15	48.67	49.13	49.55	49.92	50.26
4.0~5.0	40.53	41.96	43.16	44.18	45.07	45.84	46.53	47.13	47.67	48.16
5.0~6.0	33.93	36.27	38.19	39.78	41.13	42.29	43.29	44.17	44.94	45.63
6.0~8.0	16.86	22.43	26.65	29.96	32.62	34.81	36.65	38.20	39.54	40.71
8.0~	15.16	15.16	15.16	19.42	23.91	27.44	30.30	32.65	34.63	36.32

계산 과정상 온실가스 배출 감축률의 경우도 에너지 소비 감축률과 유사한 값을 가지게 되며, 그 결과는 표 4-52와 같다.

[표 4-52] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 온실가스 배출 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	55.25	55.42	55.57	55.71	55.84					
0.5~1.0	54.23	54.46	54.67	54.86	55.03	55.18	55.32	55.45	55.57	55.68
1.0~1.2	53.45	53.74	53.99	54.21	54.42	54.61	54.78	54.93	55.08	55.21
1.2~1.5	52.86	53.18	53.47	53.73	53.96	54.18	54.37	54.54	54.71	54.86
1.5~2.0	51.84	52.24	52.59	52.91	53.19	53.45	53.68	53.89	54.09	54.26
2.0~2.5	50.42	50.93	51.38	51.78	52.14	52.46	52.75	53.01	53.25	53.47
2.5~3.0	48.82	49.47	50.04	50.54	50.98	51.38	51.74	52.06	52.35	52.62
3.0~4.0	45.99	46.91	47.71	48.40	49.01	49.55	50.03	50.46	50.85	51.21
4.0~5.0	41.11	42.58	43.83	44.89	45.81	46.62	47.33	47.95	48.52	49.02
5.0~6.0	34.25	36.68	38.67	40.32	41.73	42.93	43.97	44.88	45.68	46.40
6.0~8.0	16.53	22.31	26.69	30.12	32.89	35.17	37.07	38.69	40.08	41.28
8.0~	14.76	14.76	14.76	19.19	23.84	27.51	30.48	32.93	34.98	36.73

4) 건물용도별·규제수준별 신재생에너지 생산 가능량 산정

□ 산정 방법

신재생에너지 생산량은 건축물 단위에서 적용할 수 있는 유형 중 가장 큰 비중을 차지하며 가장 효율이 좋은 태양광 발전으로 한정하여 추정한다(2장 3절). 이는 건축물 단위에서 설치할 수 있는 대부분의 신재생에너지 설비가 공간적으로 중첩되기 때문이다. 태양광 발전 패널은 가장 일반적이며 효율이 높은 옥상형으로 한정하여 설치하는 것으로 가정했으며, 구체적인 발전량 산정 기준은 기존 연구결과와 태양광 발전 컨설팅 전문 업체와의 자문 회의 결과를 바탕으로 결정했다. 본 연구에서 적용한 가정과 구체적인 산정 기준은 표 4-53과 같다.

[표 4-53] 태양광 발전량 산정 기준 및 기본 가정

지표	가정치	단위	비고
옥상 면적 활용비	80	%	조상규·이진민(2010) 및 자문의견 반영
설치각	15	도	조상규·이진민(2010) 반영
1kWp 패널 설치 필요 면적	8	m ²	통상적으로 2~3평에 1kWp 설치 가능(자문의견 반영)
일평균 발전 시간	3.4	시간	자문의견 반영
발전일 수	365	일	
에너지 손실률	2	%	생산된 에너지의 자체 소진 가정(자문의견 반영)

[기타 기본 가정]

- 생산된 에너지의 자체 소진을 가정
- 일조 등 기후 조건은 동일(일평균 발전 가능 시간은 서울시 기준 적용)⁵⁰⁾
- 지형 및 고도는 고려하지 않음
- 주변 지역은 해당 용도지역과 동일한 지역으로서 건물 높이가 동일함. 즉, 그늘 형성으로 인한 일조 시간 감소는 고려하지 않음
- 건물 옥상 평면의 세장비와 건물의 높이는 생산량에 영향을 미치지 않음⁵¹⁾
- 설치각 등의 변화를 통해 옥상 면적의 80%에 해당하는 만큼의 태양광 패널은 어느 경우라도 설치 가능한 것으로 가정(옥상에 지장물이 있는 경우 포함)⁵²⁾
- 옥상면적은 대지면적과 건폐율을 활용해 산정함. 즉, 비정형 건축 형태를 고려하지 않음
- 일반적 상황을 가정하기 위해 대지 내 비건폐 면적과 건축물 내 발코니 등에서의 생산은 고려하지 않음

50) 이 가정은 실제 건축물의 태양광 발전량을 추정할 경우에는 문제가 될 수 있다. 그러나 본 연구에서는 주변 여건이 동일한 가상의 건물에 대한 추정을 시행하는 것이므로 가정에 무리가 없다고 판단된다.

51) 실제로도 주변 여건이 동일한 상태에서는 건물의 고도와 옥상의 형태가 태양광 발전량에 큰 영향을 미치지 않는 것으로 알려져 있다.

52) 기술적으로는 옥상면적의 최대 80%까지 태양광 패널의 설치가 가능한 것으로 알려져 있다. 그러나 태양광 패널은 일반적으로 누진 단계를 낮춤으로써 누진세를 회피하기 위한 목적으로 활용되고 있기 때문에, 실제로 옥상에 전면적으로 태양광 패널을 설치하는 경우는 많지 않다. 그러나 본 연구에서는 태양광 에너지를 통해 최대한 많은 에너지가 총당 되더라도, 에너지 감축 목표 달성이 어렵다는 사실을 보이기 위해 가장 높은 수준의 옥상 면적 활용비를 적용했다.

□ 산정 결과

대지면적 200m² 규모의 주거용 건축물을 예시로 산정한 규제수준별 태양광 에너지 생산 가능량은 표 4-54와 같다. 태양광 발전량은 대지면적과 건폐율(즉, 옥상면적)에 의해 결정되는데, 표의 결과는 필지면적을 200m²로 가정한 상태에서 도출된 값이므로 결국 태양광 발전량은 건폐율과 정비례하게 된다. 따라서 결과표에서도 건폐율이 높을수록 태양광 발전 생산량이 높아지는 경향이 뚜렷하게 확인되었으며, 동일한 건폐율 급간 내에서 용적률 급간별 생산량 차이는 나타나지 않았다.

[표 4-54] 용적률-건폐율 급간별 건축물 태양광 에너지 생산량 (단위: TOE/year)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	0.29	0.87	1.45	2.03	2.61					
중략	0.29	0.87	1.45	2.03	2.61	3.19	3.76	4.34	4.92	5.50
8.0~	0.29	0.87	1.45	2.03	2.61	3.19	3.76	4.34	4.92	5.50

규제수준별 ‘태양광 발전에 의한 에너지 충당률’은 최소 2%에서 최대 265%까지 큰 폭의 편차를 보였다(표 4-55). 이 값은 옥상 면적 대비 총 연면적(건물 규모)이 작을수록 커질 수밖에 없는데, 용적률 50% 이내의 건축물 중 건폐율이 30% 이상이 되면 태양광 발전만으로 건축물에 필요한 모든 에너지를 충당할 수 있게 된다. 가장 일반적인 건물 형태인 건폐율 40~60%, 용적률 150~250% 급간의 충당률은 20~30% 정도로 앞서 2장 3절의 이론적 검토를 통해 도출한 값과 거의 유사한 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 가정과 분석 결과는 기존 이론과 대체로 부합한다고 볼 수 있다.

[표 4-55] 용적률-건폐율 급간별 건축물 태양광 발전에 의한 에너지 충당률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	20.69	58.90	93.38	124.65	153.14					
0.5~1.0	7.25	20.59	32.57	43.38	53.19	62.13	70.32	77.83	84.77	91.18
1.0~1.2	5.13	14.53	22.95	30.52	37.36	43.59	49.27	54.47	59.26	63.69
1.2~1.5	4.30	12.15	19.15	25.44	31.12	36.26	40.95	45.24	49.18	52.81
1.5~2.0	3.47	9.78	15.38	20.38	24.88	28.95	32.64	36.01	39.10	41.93
2.0~2.5	2.86	8.04	12.60	16.66	20.28	23.54	26.49	29.17	31.61	33.85
2.5~3.0	2.49	6.98	10.90	14.36	17.43	20.18	22.66	24.90	26.93	28.79
3.0~4.0	2.17	6.03	9.36	12.26	14.82	17.08	19.10	20.92	22.56	24.04
4.0~5.0	1.97	5.41	8.31	10.79	12.94	14.81	16.46	17.93	19.24	20.41
5.0~6.0	1.94	5.23	7.92	10.16	12.06	13.69	15.10	16.33	17.42	18.39
6.0~8.0	2.18	5.65	8.27	10.33	11.99	13.35	14.49	15.46	16.29	17.02
8.0~	2.09	5.83	9.08	11.24	12.74	13.92	14.88	15.67	16.33	16.90

5) 태양광 발전을 고려한 건물용도별·규제수준별 에너지 및 온실가스 감축률 산정

□ 산정 방법

본 소절에서는 지금까지 분석한 내용을 종합해 앞서 가정한 6개 유형(주거용: 대지면적 $100m^2$, $200m^2$, $400m^2$; 비주거용: 대지면적 $250m^2$, $500m^2$, $1,000m^2$)에 대한 온실가스 감축률을 분석한다. 다만, 지면관계상 모든 결과를 제시하기 어렵고 각 유형의 결과 차이가 무시할 수 있는 수준으로 작게 나타나, 본문에서는 각 용도의 대표 유형(주거용: $200m^2$, 비주거용: $500m^2$)에 대한 결과만을 제시하였다. 건물용도별·규제수준별 이론적 감축률은 지금까지 산정한 결과를 바탕으로 식 (3)과 같이 산정할 수 있다.

$$\text{규제수준별 이론적 온실가스 감축률} = \frac{\text{에너지 감축 가능량} + \text{신재생에너지 생산 가능량}}{\text{에너지 소비량}} \dots\dots (3)$$

□ 주거용 건축물의 이론적 에너지 및 온실가스 감축률 산정 결과(대지면적 $200m^2$)

상기한 바와 같이 대지면적 $100m^2$, $200m^2$, $400m^2$ 를 가정한 세 유형의 주거용 건축물에 대한 규제수준별 이론적 에너지 감축률 산정 결과는 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 그럼에도 불구하고, 회귀분석의 특성 상 회귀계수를 활용한 추정치는 대입되는 변수의 값이 평균에서 멀어질수록 추정치에 대한 신뢰도가 낮아지므로, 대지면적 평균값($205m^2$)과 가장 가까운 $200m^2$ 를 적용하여 산출된 결과를 중심으로 결과를 해석하는 것이 바람직하다. 이 모형을 기준으로 주요 분석결과를 살펴보면 다음과 같다.

우선, 주거용 건축물의 경우 용적률과 건폐율 조건에 따라서 약 17%~320% 사이의 에너지 및 온실가스 감축률 값을 보여주었다(표 4-56 및 4-57). 그러나 용적률 50% 미만 구간에서 50%보다 큰 건폐율은 존재할 수 없으므로(표의 공백 부분), 태양광 발전을 고려해 산정한 주거용 건축물의 이론적 최대 에너지(온실가스) 감축률은 약 200% 정도로 볼 수 있다.

다음으로, 용적률이 증가할수록 에너지 소비 감축률이 급격하게 감소하는 반면, 건폐율이 증가할수록 에너지 소비 감축률이 증가하는 경향이 나타났다. 이에 따라, 본 연구의 조건 하에서는 주거용 건축물의 용적률이 150% 이상이 될 경우 건폐율에 상관없이 이론적으로 제로에너지가 달성이 불가능하며, 용적률이 150% 이내인 경우에도 건폐율이 50% 이상인 경우에 한해 제로에너지가 가능한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 건축물에

대한 에너지 규제 수준이 용도지역에 따라, 즉 용적률과 건폐율 규제 수준에 따라 차등화 되어야 함을 시사한다.

[표 4-56] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 에너지 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	74.86	113.22	147.85	179.25	207.86					
0.5~1.0	60.43	73.99	86.17	97.16	107.13	116.22	124.54	132.19	139.24	145.75
1.0~1.2	57.56	67.23	75.89	83.68	90.72	97.12	102.97	108.33	113.26	117.80
1.2~1.5	56.15	64.32	71.60	78.14	84.04	89.39	94.26	98.72	102.82	106.59
1.5~2.0	54.34	61.03	66.97	72.28	77.06	81.37	85.29	88.86	92.13	95.14
2.0~2.5	52.37	58.04	63.04	67.48	71.44	75.01	78.24	81.17	83.85	86.30
2.5~3.0	50.46	55.57	60.03	63.98	67.48	70.61	73.43	75.98	78.30	80.42
3.0~4.0	47.41	52.15	56.25	59.82	62.96	65.75	68.23	70.47	72.48	74.31
4.0~5.0	42.50	47.36	51.47	54.97	58.00	60.65	62.99	65.06	66.91	68.57
5.0~6.0	35.87	41.50	46.11	49.95	53.19	55.98	58.39	60.50	62.36	64.01
6.0~8.0	19.05	28.08	34.92	40.29	44.61	48.16	51.14	53.66	55.84	57.72
8.0~	17.25	20.99	24.24	30.66	36.64	41.36	45.18	48.32	50.97	53.22

[표 4-57] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	75.25	112.33	145.80	176.15	203.80					
0.5~1.0	61.24	74.36	86.14	96.77	106.42	115.21	123.26	130.66	137.48	143.78
1.0~1.2	58.41	67.78	76.16	83.70	90.52	96.72	102.38	107.57	112.34	116.74
1.2~1.5	57.01	64.92	71.98	78.31	84.03	89.21	93.94	98.26	102.23	105.89
1.5~2.0	55.19	61.68	67.45	72.60	77.23	81.42	85.22	88.69	91.86	94.78
2.0~2.5	53.18	58.70	63.56	67.88	71.74	75.21	78.35	81.20	83.80	86.18
2.5~3.0	51.23	56.21	60.57	64.41	67.82	70.88	73.63	76.12	78.38	80.44
3.0~4.0	48.09	52.73	56.75	60.25	63.32	66.05	68.49	70.67	72.65	74.44
4.0~5.0	43.01	47.81	51.86	55.32	58.31	60.93	63.23	65.28	67.10	68.75
5.0~6.0	36.12	41.73	46.32	50.15	53.38	56.15	58.56	60.66	62.51	64.16
6.0~8.0	18.64	27.76	34.68	40.11	44.47	48.07	51.07	53.63	55.82	57.73
8.0~	16.78	20.40	23.53	30.05	36.15	40.96	44.85	48.07	50.76	53.06

□ 비주거용 건축물의 이론적 에너지 및 온실가스 감축률 산정 결과(대지면적 500㎡)

비주거용 건축물의 경우도 대지면적에 따른 차이는 크지 않았다. 마찬가지로 평균 (497㎡)과 가까운 500㎡ 규모를 적용한 분석결과를 중심으로 결과를 해석한다.

비주거용 건축물의 경우 이론적 에너지 및 온실가스 감축률이 용적률과 건폐율 조건에 따라서 약 24%~244% 사이의 값을 보여주었다(표 4-58 및 4-59). 따라서 태양광 발

전을 고려하여 산정한 비주거용 건축물의 이론적 최대 에너지(온실가스) 감축률은 약 244% 정도로 볼 수 있다. 반면, 용적률이 800% 이상이며, 건폐율이 10% 이하인 유형의 경우에는 이론적 감축률이 25% 수준에 머물렀다.

[표 4-58] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 에너지 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	59.87	109.57	156.59	201.16	243.46					
0.5~1.0	42.25	59.36	75.55	90.88	105.44	119.26	132.41	144.93	156.88	168.28
1.0~1.2	39.10	51.04	62.34	73.03	83.18	92.82	101.98	110.71	119.03	126.97
1.2~1.5	37.71	47.61	56.96	65.82	74.22	82.20	89.79	97.02	103.90	110.48
1.5~2.0	36.12	43.96	51.38	58.40	65.05	71.37	77.38	83.09	88.54	93.74
2.0~2.5	34.66	40.98	46.94	52.59	57.94	63.02	67.85	72.44	76.82	81.00
2.5~3.0	33.49	38.84	43.89	48.68	53.21	57.51	61.59	65.48	69.18	72.71
3.0~4.0	31.99	36.42	40.61	44.57	48.32	51.88	55.26	58.47	61.53	64.44
4.0~5.0	30.21	33.92	37.43	40.74	43.87	46.84	49.65	52.33	54.88	57.30
5.0~6.0	28.54	31.82	34.90	37.82	40.57	43.18	45.66	48.01	50.25	52.38
6.0~8.0	26.10	28.99	31.71	34.27	36.69	38.98	41.15	43.21	45.17	47.03
8.0~	24.47	27.20	29.77	32.19	34.48	36.64	38.68	40.62	42.46	44.21

[표 4-59] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 (단위: %)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	58.47	106.51	151.98	195.07	235.96					
0.5~1.0	41.42	57.98	73.65	88.49	102.58	115.96	128.68	140.80	152.36	163.40
1.0~1.2	38.37	49.93	60.87	71.23	81.06	90.39	99.27	107.73	115.78	123.48
1.2~1.5	37.01	46.60	55.67	64.25	72.40	80.13	87.48	94.49	101.16	107.53
1.5~2.0	35.46	43.07	50.26	57.06	63.52	69.65	75.47	81.02	86.31	91.35
2.0~2.5	34.03	40.16	45.95	51.43	56.63	61.56	66.25	70.71	74.96	79.02
2.5~3.0	32.87	38.07	42.99	47.63	52.04	56.22	60.19	63.96	67.56	70.99
3.0~4.0	31.39	35.71	39.78	43.64	47.29	50.75	54.04	57.17	60.14	62.98
4.0~5.0	29.63	33.25	36.67	39.89	42.95	45.84	48.59	51.20	53.68	56.05
5.0~6.0	27.97	31.17	34.18	37.03	39.72	42.27	44.69	46.99	49.17	51.25
6.0~8.0	25.54	28.36	31.03	33.54	35.91	38.15	40.28	42.29	44.21	46.03
8.0~	23.91	26.59	29.11	31.49	33.73	35.85	37.85	39.76	41.56	43.28

비주거용 건축물에서도 용적률이 증가할수록 에너지 소비 감축률이 급격하게 감소하는 반면, 건폐율이 증가할수록 에너지 소비 감축률이 증가하는 경향이 나타났다. 이에 따라, 주거용 건축물과 마찬가지로 용적률이 150% 이상이 될 경우 건폐율에 상관없이 이론적으로 제로에너지가 불가능해졌으며, 용적률이 150% 이내인 경우에도 건폐율이 대체로

50% 이상인 경우에만 제로에너지가 가능했다. 이러한 결과는 건축물에 대한 에너지 규제 수준이 용도지역에 따라서 다양화될 필요가 있다는 점을 다시 한 번 보여준다.

주거용 건축물과 비주거용 건축물에 대한 결과를 비교해보면 다음과 같다. 우선 용적률·건폐율 급간에 따른 최대·최소 에너지 소비 감축률은 비주거용 건축물이 주거용 건축물보다 크게 나타났다. 하지만 이런 경향은 건폐율이 매우 낮고 용적률이 매우 높거나 건폐율이 매우 높고 용적률이 매우 낮은 조건에서만 그러하며, 대부분의 경우 주거용 건축물의 에너지 소비 감축률이 높은 것으로 분석되었다. 즉, 비주거용 건축물의 에너지 소비 감축률이 낮은 반면, 규제수준에 따른 편차는 주거용에 비해 훨씬 크다는 점을 알 수 있다. 따라서 에너지 소비 규제수준을 정함에 있어서 건축물의 용도에 대한 고려도 반드시 필요하다고 볼 수 있다.

온실가스 배출량은 기본적으로 에너지 소비량을 바탕으로 산정된 값이므로, 에너지 소비량 감축률 분석결과와 매우 흡사한 양상을 보였다. 즉, 용적률이 높아지고 건폐율이 낮아질수록 이론적 온실가스 감축률이 낮아지는 것으로 나타났다. 대지면적에 따른 차이는 거의 나타나지 않았으며, 주거용 건축물이 비주거용 건축물보다 대부분의 경우 온실가스 감축률이 높은 것으로 나타났다. 결과적으로 온실가스 배출량을 기준으로 규제를 할 경우에도, 용도지역과 건물용도에 따른 차이를 고려할 필요가 있다.

6) 태양광 발전을 고려한 건물용도별·규제수준별 단위면적당 최저 에너지 소비량 및 온실가스 배출량 산정

① 산정 방법

본 소절에서는 건물용도별·규제수준별 단위면적당 이론적 최저 에너지 소비량 및 온실가스 배출량을 산정한다. 이때, 이론적 최저 에너지 소비량은 앞서 산정한 규제수준별 이론적 에너지 소비량 추정 값에서 이론적 에너지 감축 가능량과 신재생에너지 생산 가능량을 뺀 값을 의미한다. 이를 연면적과 대지면적으로 나누어 각각 단위 연면적 및 단위 대지면적당 이론적 최저 에너지 소비량을 산정한다. 또한, 최저 온실가스 배출량은 최저 에너지 소비량을 기존의 에너지원별 소비량 비중을 고려해 전기, 도시가스, 지역난방으로 나눈 후, 각각에 대해 온실가스 배출계수를 곱하여 합산함으로써 산정한다.

② 단위 연면적당 최저 에너지 소비량 및 온실가스 배출량

□ 주거용 건축물의 단위 연면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량(대지면적 200m²)

[표 4-60] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 에너지 소비량 (단위: kgOE/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	7.04	-3.90	-14.84	-25.78	-36.71					
0.5~1.0	10.53	7.32	4.10	0.89	-2.33	-5.55	-8.76	-11.98	-15.19	-18.41
1.0~1.2	10.89	8.90	6.92	4.93	2.94	0.96	-1.03	-3.02	-5.01	-6.99
1.2~1.5	10.95	9.45	7.95	6.45	4.95	3.45	1.95	0.45	-1.04	-2.54
1.5~2.0	10.90	9.89	8.88	7.87	6.87	5.86	4.85	3.84	2.83	1.82
2.0~2.5	10.72	10.08	9.44	8.80	8.15	7.51	6.87	6.23	5.59	4.95
2.5~3.0	10.47	10.06	9.65	9.25	8.84	8.43	8.03	7.62	7.21	6.80
3.0~4.0	10.03	9.85	9.67	9.49	9.31	9.12	8.94	8.76	8.58	8.40
4.0~5.0	9.39	9.39	9.40	9.40	9.40	9.40	9.41	9.41	9.41	9.41
5.0~6.0	8.72	8.84	8.96	9.07	9.19	9.31	9.43	9.55	9.67	9.79
6.0~8.0	7.67	7.91	8.14	8.37	8.60	8.83	9.07	9.30	9.53	9.76
8.0~	7.16	7.36	7.55	7.82	8.10	8.39	8.67	8.95	9.24	9.52

[표 4-61] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 온실가스 배출량 (단위: kgCO₂eq/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	14.34	-7.53	-29.40	-51.27	-73.13					
0.5~1.0	21.35	14.93	8.51	2.08	-4.34	-10.76	-17.19	-23.61	-30.03	-36.46
1.0~1.2	22.09	18.12	14.15	10.19	6.22	2.26	-1.71	-5.68	-9.64	-13.61
1.2~1.5	22.22	19.23	16.24	13.25	10.26	7.26	4.27	1.28	-1.71	-4.70
1.5~2.0	22.15	20.14	18.12	16.11	14.10	12.09	10.08	8.07	6.06	4.05
2.0~2.5	21.81	20.53	19.26	17.98	16.71	15.43	14.15	12.88	11.60	10.33
2.5~3.0	21.33	20.53	19.72	18.91	18.10	17.30	16.49	15.68	14.88	14.07
3.0~4.0	20.50	20.14	19.79	19.43	19.08	18.72	18.36	18.01	17.65	17.30
4.0~5.0	19.27	19.28	19.29	19.30	19.32	19.33	19.34	19.35	19.36	19.37
5.0~6.0	17.97	18.22	18.46	18.71	18.95	19.20	19.45	19.69	19.94	20.18
6.0~8.0	15.96	16.43	16.91	17.38	17.85	18.32	18.79	19.26	19.73	20.21
8.0~	14.90	15.34	15.78	16.33	16.90	17.48	18.05	18.62	19.20	19.77

앞서 제시한 분석결과와 마찬가지로 대지면적에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다. 따라서 여기서도 대지면적 200m²를 가정한 분석결과를 중심으로 논의를 진행한다. 지금까지의 분석결과와 마찬가지로 냉난방에너지 절감 및 태양광 발전 적용 시 건축물의 단위 연면적당 최소 에너지 소비량 및 온실가스 배출량은 건축물의 용도와 행위규제 수준에 따라 큰 차이를 보였다. 연간 단위 연면적당 최소 에너지 소비량의 경우 유형에 따라 -37~11kgOE/m²까지 나타났으며, 온실가스 배출량은 -73~22kgCO₂eq/m²로 나타났다(표

4-60 및 4-61). 앞서 에너지 및 온실가스 감축률의 경우는 용적률이 높고 건폐율이 낮을 수록 작게 나타났으나, 에너지 소비량 및 온실가스 배출량은 이와 다른 경향을 보이기 때문에 최종 소비량이 감축률 결과와 정확히 일치하는 경향을 보이지는 않았다. 전반적으로 용적률이 낮고 건폐율이 높은 일부 유형에서 제로에너지가 가능한 것으로 나타났으며, 건폐율과 용적률이 모두 낮은 유형에서부터 모두 높은 유형까지 사선으로 에너지 효율이 낮은 건축물 유형이 집중되는 양상을 보였다. 이러한 결과는 향후 건축물 에너지 성능규제를 개선하는데 활용 가능할 것이다.

□ 비주거용 건축물의 단위 연면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량(대지면적 500m²)

[표 4-62] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 에너지 소비량 (단위: kgOE/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	9.08	-2.23	-13.54	-24.84	-36.15					
0.5~1.0	12.98	9.40	5.81	2.22	-1.36	-4.95	-8.53	-12.12	-15.71	-19.29
1.0~1.2	13.63	11.27	8.91	6.55	4.20	1.84	-0.52	-2.88	-5.24	-7.59
1.2~1.5	13.89	12.02	10.15	8.28	6.41	4.54	2.67	0.80	-1.07	-2.94
1.5~2.0	14.17	12.79	11.41	10.03	8.65	7.27	5.89	4.51	3.13	1.75
2.0~2.5	14.39	13.38	12.37	11.36	10.34	9.33	8.32	7.31	6.30	5.28
2.5~3.0	14.55	13.77	12.99	12.22	11.44	10.66	9.88	9.10	8.32	7.55
3.0~4.0	14.72	14.17	13.62	13.07	12.51	11.96	11.41	10.86	10.30	9.75
4.0~5.0	14.90	14.53	14.16	13.79	13.42	13.05	12.68	12.32	11.95	11.58
5.0~6.0	15.04	14.78	14.53	14.28	14.03	13.78	13.53	13.27	13.02	12.77
6.0~8.0	15.21	15.07	14.94	14.80	14.66	14.52	14.38	14.24	14.10	13.96
8.0~	15.32	15.23	15.15	15.06	14.97	14.89	14.80	14.71	14.62	14.54

[표 4-63] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 연면적당 최저 온실가스 배출량 (단위: kgCO₂eq/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	19.45	-3.14	-25.73	-48.33	-70.92					
0.5~1.0	27.26	20.11	12.96	5.81	-1.34	-8.48	-15.63	-22.78	-29.93	-37.08
1.0~1.2	28.55	23.85	19.16	14.47	9.78	5.09	0.40	-4.30	-8.99	-13.68
1.2~1.5	29.07	25.36	21.64	17.92	14.21	10.49	6.77	3.06	-0.66	-4.38
1.5~2.0	29.63	26.89	24.16	21.42	18.69	15.95	13.21	10.48	7.74	5.01
2.0~2.5	30.08	28.08	26.08	24.08	22.08	20.08	18.08	16.08	14.08	12.07
2.5~3.0	30.40	28.86	27.33	25.80	24.27	22.73	21.20	19.67	18.14	16.60
3.0~4.0	30.74	29.66	28.58	27.50	26.42	25.34	24.26	23.18	22.09	21.01
4.0~5.0	31.09	30.38	29.66	28.95	28.24	27.52	26.81	26.10	25.38	24.67
5.0~6.0	31.37	30.89	30.41	29.93	29.45	28.98	28.50	28.02	27.54	27.06
6.0~8.0	31.73	31.48	31.22	30.97	30.72	30.46	30.21	29.95	29.70	29.45
8.0~	31.95	31.80	31.65	31.50	31.35	31.20	31.04	30.89	30.74	30.59

비주거용 건축물은 대지면적 $500m^2$ 를 가정한 분석결과를 중심으로 논의를 진행한다. 비주거용 건축물의 단위 연면적당 이론적 최소 에너지 소비량은 유형에 따라 $-36\sim 15kgOE/m^2$ 까지 나타났으며, 온실가스 배출량은 $-71\sim 32kgCO_2eq/m^2$ 로 나타났다(표 4-62 및 4-63). 전반적인 경향은 앞서 살펴본 주거용 건축물과는 다소 달랐다. 즉, 용적률이 증가하고 건폐율이 감소할수록 단위면적당 효율이 낮아지는 경향이 주거용 건축물에 비해 더욱 두드러지게 나타났다. 이는 앞서 기술통계 분석을 통해 살펴본 건물용도별·규제수준별 단위 연면적당 에너지 소비특성과 일치한다.

② 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량 및 온실가스 배출량

□ 주거용 건축물의 단위 대지면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량(대지면적 $200m^2$)

대지면적당 에너지 소비량은 토지이용의 강도(즉, 개발밀도)를 나타내는 용적률과 직접적인 연관이 있다. 즉, 대지면적당 에너지 소비량은 용적률에 비례하여 증가할 수밖에 없다. 따라서 이 분석의 핵심은 두 변수의 경향성을 확인하는 것이라기보다는 실제로 용적률 급간별 단위 대지면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량이 어느 정도가 되며, 동일한 급간 내에서도 건폐율에 따라서 편차가 어느 정도로 발생하는지를 파악하는 것이라 할 수 있다. 예를 들어, 3종 일반주거 지역의 한계 용적률이 포함된 200~250% 구간에서 주거용 건축물의 단위 대지면적당 에너지 소비량과 온실가스 배출량은 각각 $18\sim 24kgOE/m^2$ 및 $37\sim 49kgCO_2eq/m^2$ 정도이며, 같은 용도지역의 상업용 건축물의 경우에는 각각 $23\sim 32kgOE/m^2$ 및 $49\sim 68kgCO_2eq/m^2$ 정도로 나타난다(표 4-64 및 4-65). 이를 바탕으로 각 건물용도별·용도지역별 온실가스 배출량 허용 기준을 도출할 수 있다. 이에 대한 자세한 설명은 다음절에서 별도로 다루도록 하겠다.

한편, 건폐율에 따른 차이는 용적률 400~500% 구간을 전후로 다르게 나타났다. 이 구간 전으로는 동일 급간 내에서 건폐율이 증가할수록 최저 에너지 소비량이 감소한 반면, 이 구간 후로는 오히려 증가하는 모습을 보였다. 이는 단위 대지면적당 소비량이 단순히 개발밀도 뿐만 아니라 건물 규모 및 형태에 따라서도 변화할 수 있음을 의미한다. 즉, 용적률 400~500% 이하에서는 낮고 넓은 건축물의 효율이 좋지만, 그 이상에서는 높고 가는 건축물의 효율이 좋다고 볼 수 있다.

[표 4-64] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량 (단위: kgOE/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	1.76	-0.98	-3.71	-6.44	-9.18					
0.5~1.0	7.90	5.49	3.08	0.66	-1.75	-4.16	-6.57	-8.98	-11.39	-13.80
1.0~1.2	11.98	9.79	7.61	5.42	3.24	1.05	-1.13	-3.32	-5.51	-7.69
1.2~1.5	14.78	12.76	10.73	8.71	6.69	4.66	2.64	0.61	-1.41	-3.43
1.5~2.0	19.08	17.31	15.55	13.78	12.02	10.25	8.48	6.72	4.95	3.19
2.0~2.5	24.12	22.67	21.23	19.79	18.35	16.90	15.46	14.02	12.58	11.13
2.5~3.0	28.79	27.67	26.55	25.43	24.31	23.19	22.07	20.95	19.83	18.71
3.0~4.0	35.11	34.48	33.84	33.21	32.57	31.94	31.30	30.67	30.03	29.39
4.0~5.0	42.26	42.27	42.28	42.29	42.30	42.31	42.32	42.33	42.34	42.35
5.0~6.0	47.94	48.60	49.25	49.91	50.57	51.22	51.88	52.54	53.19	53.85
6.0~8.0	53.71	55.34	56.96	58.59	60.21	61.84	63.46	65.09	66.71	68.34
8.0~	57.26	58.85	60.44	62.54	64.81	67.08	69.35	71.63	73.90	76.17

[표 4-65] 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 온실가스 배출량 (단위: kgCO₂eq/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	3.58	-1.88	-7.35	-12.82	-18.28					
0.5~1.0	16.02	11.20	6.38	1.56	-3.26	-8.07	-12.89	-17.71	-22.53	-27.34
1.0~1.2	24.30	19.93	15.57	11.21	6.84	2.48	-1.88	-6.25	-10.61	-14.97
1.2~1.5	30.00	25.96	21.92	17.88	13.85	9.81	5.77	1.73	-2.31	-6.35
1.5~2.0	38.76	35.24	31.72	28.20	24.68	21.16	17.64	14.12	10.60	7.09
2.0~2.5	49.07	46.20	43.33	40.46	37.59	34.72	31.85	28.98	26.11	23.24
2.5~3.0	58.67	56.45	54.23	52.01	49.79	47.57	45.35	43.13	40.91	38.69
3.0~4.0	71.75	70.50	69.25	68.01	66.76	65.52	64.27	63.02	61.78	60.53
4.0~5.0	86.71	86.76	86.82	86.87	86.92	86.97	87.03	87.08	87.13	87.19
5.0~6.0	98.84	100.20	101.55	102.90	104.25	105.60	106.95	108.31	109.66	111.01
6.0~8.0	111.74	115.04	118.34	121.64	124.94	128.24	131.54	134.84	138.14	141.44
8.0~	119.19	122.73	126.27	130.60	135.20	139.80	144.40	149.00	153.60	158.20

□ 비주거용 건축물의 단위 대지면적당 에너지 소비량 및 온실가스 배출량(대지면적 500m²)

비주거용 건축물의 대지면적당 이론적 최소 에너지 소비량과 온실가스 배출량은 유형에 따라 각각 -14~123kgOE/m²와 -27~256kgCO₂eq/m²로 나타났다(표 4-66 및 4-67).

전반적인 경향은 앞서 살펴본 주거용 건축물과 다소 상이했다. 용적률이 증가할수록 대지면적당 소비량이 증가하는 경향은 동일하게 나타났으나, 동일한 용적률 급간 내에서 건폐율에 따른 변화는 모든 급간에서 건폐율이 감소할수록 에너지 소비량이 증가하는 모습을 보였다. 이에 따라, 비주거용 건축물의 경우 건폐율이 낮고 용적률이 높을수록 이론적 최저 에너지 소비량이 더욱 크게 나타났다.

[표 4-66] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량 (단위: kgOE/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	2.27	-0.56	-3.38	-6.21	-9.04					
0.5~1.0	9.74	7.05	4.36	1.67	-1.02	-3.71	-6.40	-9.09	-11.78	-14.47
1.0~1.2	14.99	12.40	9.80	7.21	4.61	2.02	-0.57	-3.17	-5.76	-8.35
1.2~1.5	18.75	16.23	13.70	11.18	8.65	6.13	3.60	1.08	-1.45	-3.97
1.5~2.0	24.79	22.38	19.96	17.55	15.13	12.72	10.30	7.89	5.48	3.06
2.0~2.5	32.38	30.10	27.83	25.55	23.27	21.00	18.72	16.44	14.16	11.89
2.5~3.0	40.01	37.87	35.73	33.59	31.45	29.31	27.17	25.03	22.89	20.75
3.0~4.0	51.53	49.60	47.66	45.73	43.80	41.86	39.93	38.00	36.06	34.13
4.0~5.0	67.03	65.37	63.72	62.06	60.40	58.74	57.08	55.42	53.76	52.10
5.0~6.0	82.70	81.31	79.93	78.55	77.16	75.78	74.39	73.01	71.63	70.24
6.0~8.0	106.50	105.52	104.55	103.58	102.61	101.64	100.67	99.70	98.72	97.75
8.0~	122.56	121.87	121.17	120.48	119.78	119.08	118.39	117.69	116.99	116.30

[표 4-67] 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 최저 온실가스 배출량 (단위: kgCO₂eq/m²)

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0
0.0~0.5	4.86	-0.78	-6.43	-12.08	-17.73					
0.5~1.0	20.44	15.08	9.72	4.36	-1.00	-6.36	-11.72	-17.09	-22.45	-27.81
1.0~1.2	31.40	26.24	21.08	15.92	10.76	5.60	0.43	-4.73	-9.89	-15.05
1.2~1.5	39.25	34.23	29.21	24.20	19.18	14.16	9.15	4.13	-0.89	-5.91
1.5~2.0	51.85	47.06	42.28	37.49	32.70	27.91	23.12	18.34	13.55	8.76
2.0~2.5	67.68	63.18	58.68	54.18	49.67	45.17	40.67	36.17	31.67	27.17
2.5~3.0	83.59	79.37	75.16	70.94	66.73	62.52	58.30	54.09	49.87	45.66
3.0~4.0	107.60	103.82	100.04	96.25	92.47	88.68	84.90	81.11	77.33	73.55
4.0~5.0	139.91	136.70	133.49	130.28	127.07	123.86	120.65	117.44	114.23	111.02
5.0~6.0	172.55	169.91	167.28	164.64	162.00	159.37	156.73	154.09	151.45	148.82
6.0~8.0	222.12	220.34	218.57	216.79	215.01	213.24	211.46	209.68	207.91	206.13
8.0~	255.58	254.37	253.17	251.97	250.76	249.56	248.36	247.16	245.95	244.75

7) 소결: 신축건축물 에너지 성능규제 목표 개선(4장 4절) 및 용도지역별 온실가스 배출 성능기준(4장 5절)의 필요성

지금까지 살펴본 규제수준별 에너지 및 온실가스 감축률 분석결과를 요약하면 표 4-68 및 4-69와 같다. 이를 바탕으로 용적률과 건폐율 급간에 따른 주요 에너지 소비 특성을 요약하면 표 4-70과 같다. 우선, 용적률과 건폐율이 높을수록 건축물의 총 에너지 소비량과 에너지 감축 가능량이 크게 나타난 것은 당연한 결과라 할 수 있다. 하나의 값이 동일할 때, 다른 하나가 증가할 경우 건물의 총 연면적이 증가할 수밖에 없기 때문이다.

[표 4-68] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합

분석 단계	에너지 소비량 범위 (TOE/year)	온실가스 배출량 범위 (TCO ₂ eq/year)	색조변화 (에너지 기준)	주요 결과 및 함의
에너지 소비량	1.40~32.56	2.90~67.40		• 건물의 총 에너지 소비량은 용적률 및 건폐율과 비례하여 증가
에너지 감축 가능량	0.76~13.66	1.60~28.74		• 용적률 및 건폐율과 비례하여 감축 가능량 증가 • 용적률 500% 이상 구간은 예외
에너지 감축률	15.16~54.58 (%)	14.74~55.68 (%)		• 감축률 범위 기존 이론과 유사 • 용적률이 낮아질수록, 건폐율이 높아질수록 감축률 증가
태양광 에너지 생산 가능량	0.29~5.50 (TOE/year)	-		• 건폐율과 정비례 • 용적률에 따른 차이는 없음
태양광의 에너지 총당률	1.94~153.14 (%)	-		• 일반적인 건물의 에너지 총당률은 20~30%로 기존 이론과 유사 • 건폐율과 비례, 용적률과 반비례
총 에너지 감축률	17.25~207.86 (%)	16.78~203.80 (%)		• 에너지 감축률과 태양광 에너지 총당률의 조합은 용적률과 반비례, 건폐율과 비례
단위 연면적당 최저 소비량	-36.71~10.95 (kgOE/m ²)	-73.13~22.22 (kgCO ₂ eq/m ²)		• 용적률이 낮고 건폐율이 높은 일부 유형에서만 제로에너지 가능 • 사선방향으로 저효율 건축물 집중
단위 대지면적당 최저 소비량	-9.18~76.17 (kgOE/m ²)	-18.28~158.20 (kgCO ₂ eq/m ²)		• 용적률에 비례하여 증가 • 용적률 400% 이하에서는 건폐율과 반비례, 이상에서는 비례

[표 4-69] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합

분석 단계	에너지 소비량 범위	온실가스 배출량 범위	색조변화 (에너지 기준)	주요 결과 및 함의
총 에너지 감축률	24.47~243.46 (%)	23.91~235.96 (%)		• 건폐율과 비례, 용적률과 반비례 • 평균적인 감축률은 주거용보다 작지만, 편차가 큼
단위 연면적당 최저 소비량	-36.15~15.32 (kgOE/m ²)	-70.92~31.95 (kgCO ₂ eq/m ²)		• 제로에너지 구간은 주거용과 유사 • 용적률과 비례, 건폐율과 반비례 • 용적률의 영향이 보다 분명함
단위 대지면적당 최저 소비량	-9.04~122.56 (kgOE/m ²)	-17.73~255.58 (kgCO ₂ eq/m ²)		• 주거용에 비해 단위대지면적당 소비량 큼 • 용적률과 비례, 건폐율과 반비례

[표 4-70] 용적률 및 건폐율과 에너지 소비 특성의 관계 종합

에너지 소비 특성		용적률과의 관계		건폐율과의 관계	
		주거용	비주거용	주거용	비주거용
4장 2절	단위 연면적당 소비량	-	+	+	+
	단위 대지면적당 소비량	+	+	+	
4장 3절	에너지 소비량	+	+	+	+
	에너지 감축 가능량	+	+	+	+
	에너지 감축률	-	-	+	+
	태양광 에너지 생산 가능량			+	+
	태양광 발전의 에너지 총당률	-	-	+	+
	총 에너지 감축률	-	-	+	+
	단위 연면적당 최저 소비량	+ / -	+	+ / -	-
단위 대지면적당 최저 소비량	+	+	+ / -	-	

주: '+' 와 '-' 는 각각 비례 관계와 반비례 관계를 의미

[표 4-71] 주거용 건축물의 용적률·건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성

용적률 급간	건폐율 급간										
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	30% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
0.5~1.0											
1.0~1.2	30% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
1.2~1.5											
1.5~2.0	30% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
2.0~2.5											
2.5~3.0	30% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
3.0~4.0											
4.0~5.0	30% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
5.0~6.0											
6.0~8.0	달성 불가능					60% 이상 절감 가능 (2015년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
8.0~											

[표 4-72] 비주거용 건축물의 용적률·건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성

용적률 급간	건폐율 급간										
	0.0~0.1	0.1~0.2	0.2~0.3	0.3~0.4	0.4~0.5	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0	
0.0~0.5	30% 이상 절감 가능 (2017년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
0.5~1.0											
1.0~1.2	30% 이상 절감 가능 (2017년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
1.2~1.5											
1.5~2.0	30% 이상 절감 가능 (2017년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
2.0~2.5											
2.5~3.0	30% 이상 절감 가능 (2017년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
3.0~4.0											
4.0~5.0	30% 이상 절감 가능 (2017년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
5.0~6.0											
6.0~8.0	15% 이상 절감 가능 (2012년 목표)					60% 이상 절감 가능 (2020년 목표)					제로에너지 가능 (2025년 목표)
8.0~											

다음으로, 용적률이 큰 건축물일수록 에너지 소비 감축률, 태양광 에너지 생산량 및 총당량, 태양광 발전을 고려한 총 에너지 감축률이 낮은 것으로 나타난 반면, 건폐율의 경우에는 정반대의 관계를 보였다. 또한, 단위 연면적당 소비량과 이론적 최저 소비량도 건물용도 및 규제 유형(용적률 및 건폐율)에 따라 다르게 나타났다. 이는 토지이용규제 수준에 따라 이론적 최대 감축수준이 다를 것을 뜻한다. 또한, 한편으로는 용도지역이나 그에 따른 규제수준에 따라 에너지 감축목표 달성 가능성과 난이도가 달라짐을 의미한다. 이에 따라, 특정 용도지역 및 규제수준에서는 목표 달성이 애초에 불가능해지는 경우도 발생하게 된다. 앞서 도출한 건물용도별·규제수준별 이론적 에너지 감축률 추정치를 토대로, 주거용 및 비주거용 신축건축물의 ‘규제수준(용적률·건폐율)에 따른 에너지 성능규제 강화 목표의 달성 가능성’을 도식화하면 표 4-71 및 4-72와 같다.

표에서 확인할 수 있듯이, 2025년을 목표 시점으로 하고 있는 신축 건축물의 제로 에너지화는 용도지역별 규제수준과 건축물의 형태에 따라 그 가능성이 크게 다르게 나타나고 있다. 이 결과는 에너지 감축기술이나 신재생에너지 설비의 경제성 등을 전혀 고려치 않고 건물형태(규제 수준)에 따른 냉난방 및 기저 에너지 분담률과 태양광 발전 가능량 산정결과, 그리고 에너지 유형별 최대 감축률 가정치를 바탕으로 산정한 값이므로, 향후 녹색건축기술이 발전된다 하더라도 규제수준이 변하지 않는 한 크게 달라지지는 않는다고 볼 수 있다. 따라서 모든 건축물에 대한 일괄적 규제는 바람직하지 않으며, 건축물 유형에 따른 차등 규제를 마련할 필요가 있다. 특히, 본 연구 결과에 따르면 허용 용적률이 높은 용도지역일수록 에너지 및 온실가스 감축률 기준을 하향하는 것이 바람직하다. 이에 4장 4절에서는 지금까지의 분석결과를 바탕으로 신축건축물 에너지 성능규제 목표 개선안과 적용효과를 제시한다.

마지막으로, 단위 대지면적당 소비량 및 최저 소비량은 용도에 관계없이 항상 용적률과 정비례 관계를 보였으며, 건폐율의 영향은 상대적으로 미미했다. 이는 용적률이 증가할수록 단위토지에서의 개발밀도와 행위 집중도가 높아질 수밖에 없기 때문에 당연한 결과라 할 수 있다. 따라서 단위 대지면적당 최저 에너지 소비량(즉, 온실가스 배출 성능기준)은 토지이용의 강도 및 성능을 관리하는 새로운 지표로 활용될 수 있다. 특히, 허용 용적률이 높은 지역일수록 에너지 소비 및 온실가스 배출 성능기준이 용적률과 비례하여 높게 설정될 필요가 있다. 이에 대해서는 4장 5절을 통해 자세히 논하도록 하겠다.

4. 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안 마련 및 효과 검증

1) 건물용도별·용도지역별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안 마련

□ 기본 가정 및 작성기준

앞서 도출한 건물용도별·규제수준별 이론적 에너지 감축률(태양광 발전 포함) 결과를 바탕으로, 각 용도지역별 규제수준에 해당하는 적정 에너지 감축률을 도출한다. 이때, 각 용도지역에서 허용 가능한 규제수준의 영역은 앞서 제시한 그림 4-14과 같이 표현되나, 경제성 등을 고려해 실제로 건설되는 건축물의 대부분은 그보다는 훨씬 좁은 영역에 포함될 것이다. 따라서 여기서는 앞서 살펴본 용도지역별 건축물 수와 평균 용적률 및 건폐율 정보(표 4-6, 4-7, 4-8)를 활용해, 각 용도지역에서 건축되는 일반적인 건축물의 형태, 즉 건폐율 및 용적률 허용(실현) 범위를 재설정했다. 이를 위한 기본 가정은 다음과 같다.

- 용도지역 외의 용도지구 및 구역은 지정되지 않은 것으로 가정함(즉, 용적률 및 건폐율의 최대 허용 기준은 반드시 준수)⁵³⁾
- 건축행위 시 허용 범위 내에서 용적률을 극대화하려는 기제가 작용할 것이므로, 용적률의 범위는 각 용도지역의 최대 허용 수준까지 포함하는 것으로 가정
- 건폐율의 범위는 최대 허용 수준이 포함되는 급간과 그 이전 급간으로 가정
 - 일반적으로 아파트를 제외한 모든 건축물 유형에서 건폐율을 극대화하려는 기제가 발견(아파트는 데이터 정제 기준에 의해 대부분 분석 대상에서 제외됨)
 - 또한, 상기한 이론적 에너지 감축률 분석결과에 따르면 건폐율이 감소할수록 이론적 감축률이 감소함. 따라서 건폐율이 높은 급간만을 포함하더라도, 에너지 감축률(에너지 감축 목표)을 충분히 높게 책정할 수 있음

위의 가정을 토대로 도출한 표준 건축물의 용적률 및 건폐율 급간 가정은 표 4-73과 같다. 이는 주거용과 비주거용 건축물에 대해 동일하게 적용된다. 이 해당 영역에 포함되는 규제수준의 이론적 감축률과 단위 연면적당 에너지 소비량을 바탕으로 용도지역별 규제수준 목표를 설정한다. 최종적으로, 에너지 소비 허용 기준은 용도지역별 평균 소비량에 에너지 감축목표(절감률)를 곱해 산정한다. 앞서 산정한 용도지역별 평균 에너지 소

53) 물론 용도지구 및 용도구역 지정 상황에 따라 용도지역별 토지이용규제 수준이 달라질 수 있으나, 기초적인 용도지역별 에너지 감축 목표는 이러한 규제가 없는 일반적인 상태에서 수립하는 것이 바람직하다. 여기서는 이러한 추가적인 규제가 없는 상태에서의 용도지역별 이론적 에너지 감축률을 바탕으로 용도지역별 감축 목표를 설정하는 것이므로 용도지역에 따른 규제 외에 다른 규제 상황은 고려하지 않았다.

비량은 2011년 12월 31일 이전에 완공된 건축물만을 대상으로 산정된 값이므로, 에너지 감축목표(절감률)의 비교 대상(기준)으로 활용할 수 있다.

[표 4-73] 용도지역별 표준 건축물의 용적률 및 건폐율 급간 가정(주거용, 비주거용 동일)

건폐율 급간	용적률 급간											
	0.0 ~0.5	0.5 ~1.0	1.0 ~1.2	1.2 ~1.5	1.5 ~2.0	2.0 ~2.5	2.5 ~3.0	3.0 ~4.0	4.0 ~5.0	5.0 ~6.0	6.0 ~8.0	8.0~
0.2~0.3												
0.3~0.4		1종전용 주거				3종 일반 준 주거						
0.4~0.5			1종일반주거		2종일반 주거		일반상업					
0.5~0.6												
0.6~0.7												

□ 용도지역별 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안

[표 4-74] 용도지역별 주거용 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안

	용도지역규제		평균 소비량 (kgOE/m ²)	전형적 건축물 가정		전형적 건축물의:		성능규제 개선안	
	허용 용적률 (%)	허용 건폐율 (%)		용적률 급간(%)	건폐율 급간(%)	에너지 감축률 (%)	에너지 소비 허용량 (kgOE/m ²)	에너지 감축목표 (%)	에너지 소비 허용기준 (kgOE/m ²)
1종전용주거	~100	~50	20.11	50~100	30~50	97~107	-2.33~0.89	100	0
1종일반주거	~150	~60	25.44	100~150	40~60	84~97	0.96~4.95	90	2.54
2종일반주거	~200	~60	27.43	150~200	40~60	77~81	5.86~6.87	80	5.49
3종일반주거	~250	~50	26.77	200~250	30~50	67~71	8.15~8.80	70	8.03
준주거	~250	~60	26.13	200~250	40~60	71~75	7.51~8.80	75	6.53
일반상업	~800	~60	22.14	250~800	40~60	45~71	8.60~9.40	60	8.86

[표 4-75] 용도지역별 비주거용 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안

	용도지역규제		평균 소비량 (kgOE/m ²)	전형적 건축물 가정		전형적 건축물의:		성능규제 개선안	
	허용 용적률 (%)	허용 건폐율 (%)		용적률 급간(%)	건폐율 급간(%)	에너지 감축률 (%)	에너지 소비 허용량 (kgOE/m ²)	에너지 감축목표 (%)	에너지 소비 허용기준 (kgOE/m ²)
1종전용주거	~100	~50	26.81	50~100	30~50	91~105	-1.36~2.22	100	0
1종일반주거	~150	~60	33.43	100~150	40~60	74~93	1.84~6.41	85	5.01
2종일반주거	~200	~60	31.73	150~200	40~60	65~71	7.27~8.65	70	9.52
3종일반주거	~250	~50	33.67	200~250	30~50	53~58	10.34~11.36	55	15.15
준주거	~250	~60	28.66	200~250	40~60	58~63	9.33~10.34	60	11.46
일반상업	~800	~60	35.91	250~	40~60	34~58	10.66~14.97	50	17.96

주거용 및 비주거용 신축건축물에 대한 에너지 성능규제 목표 개선안 도출과정과 최종 결과를 나타내면 표 4-74 및 4-75와 같다. 여기서 도출된 에너지 감축률 목표는 2011

년 12월 31일 이전 준공 건축물(‘기존 건축물’이라 가정함)이 2012년 한 해 동안 평균적으로 소비한 에너지를 기준 값으로 한다. 또한 이 값은 특별한 목표 시점을 갖지 않으며, 시점에 상관없이 이론적으로 감축 가능한 최종적인 감축률을 의미한다. 따라서 이 값은 정부의 2025년 목표 감축률인 제로에너지와 비교해서 보는 것이 바람직하다.

앞서 살펴본 바와 같이, 신축 건축물의 제로에너지화는 주거용과 비주거용 모두 1종 전용주거지역에서만 가능하며, 나머지 유형의 경우 건물용도와 용도지역 유형에 따라 최소 50%에서 최대 90% 정도까지만 감축이 가능한 것으로 나타나고 있다. 따라서 건물용도와 용도지역 유형에 따라 차등화된 목표를 적용하는 것이 바람직하다.

한편, 정부의 기존 목표에서는 특별한 비교 기준이 없어 각 시점의 에너지 절감률에 해당하는 적정 허용 소비량에 대한 기준이 제공되지 않았다. 그러나 본 연구에서 도출한 개선안에서는 규제 강화 이전 시점인 2012년 1월 1일 이전 준공 건축물을 비교 기준으로 하여, 건물용도별·용도지역별 신축건축물의 에너지 소비 허용량을 제시하였다(표 4-76). 그 값은 0에서 18kgOE/m²/year 사이로 나타나고 있으며, 주거용보다는 비주거용의 허용 소비량이 더 크다. 건물용도별·용도지역별 신축건축물 성능규제 개선(안)을 종합 정리하면 표 4-76과 같다.

[표 4-76] 건물용도별·용도지역별 신축건축물 성능규제 개선안 종합

구분		기존 건물의 에너지 소비 원단위* (kgOE/m ² /year)		에너지 감축목표(%)**		신축건물의 에너지 소비 허용량(kgOE/m ² /year)	
		주거용	비주거용	주거용	비주거용	주거용	비주거용
기존 규제 목표	2012년	비교 기준 없음		30	15	기준 없음	
	2015년			60	30		
	2020년			-	60		
	2025년			제로에너지	제로에너지		
개선안	1종전용주거지역	20.11	26.81	100	100	0.00	0.00
	1종일반주거지역	25.44	33.43	90	85	2.54	5.01
	2종일반주거지역	27.43	31.73	80	70	5.49	9.52
	3종일반주거지역	26.77	33.67	70	55	8.03	15.15
	준주거지역	26.13	28.66	75	60	6.53	11.46
	일반상업지역	22.14	35.91	60	50	8.86	17.96

주: *2012년 1월 1일 이전 준공 건축물의 평균값을 의미하며, 본 분석에서 표준건축물의 역할을 함

**에너지 감축목표는 신재생 에너지 생산을 통한 에너지 소비 대체율을 포함한 값을 의미함

기존 규제목표의 출처: 국토교통부(2013b); 대한민국정부(2014); 산업통상자원부(2014)

2) 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안의 정책효과 검증

□ 정책효과 검증의 개요

여기서는 기존 성능규제 목표와 본 연구에서 제시한 개선안의 정책효과(온실가스 감축효과)를 비교하고, 주거 및 비주거용 신축 건축물 부문에 할당된 온실가스 감축목표 달성 여부를 검증한다. 정책효과 검증 기간은 2012년부터 2030년까지로 가정하며, 세부적인 가정 및 시뮬레이션 결과는 다음과 같다.

□ 단위면적당 온실가스 배출량 가정

단위면적당 온실가스 배출량은 앞서 제시한 기술통계 분석 결과(표 4-13)를 활용해 가정했다. 다만, 앞서 제시한 분석에서 관측치 부족으로 분석결과를 제시하지 못한 용도지역의 경우에는 건폐율 및 용적률 규제 수준을 고려하여 가장 유사한 용도지역과 같은 값으로 가정했다. 구체적인 가정은 표 4-77과 같다.

[표 4-77] 단위면적당 온실가스 배출량 가정

(단위: kgCO₂eq/m²)

	주거용	비주거용
전체	56.55	66.54
제1종전용주거지역	42.06	56.71
제2종전용주거지역	53.10	68.40
제1종일반주거지역	53.10	68.40
제2종일반주거지역	57.21	65.26
제3종일반주거지역	55.88	68.76
준주거지역	54.20	58.74
중심상업지역	45.37	73.44
일반상업지역	45.37	73.44
근린상업지역	45.37	73.44
유통상업지역	-	73.44
준공업지역	54.20	58.74
자연녹지지역	53.10	68.40

주: 관측치가 부족한 용도지역의 온실가스 배출량은 다음과 같이 가정함

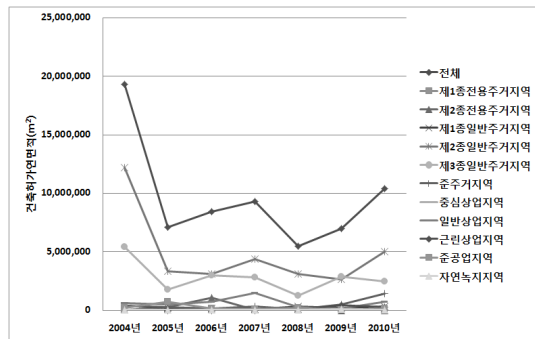
- 제2종전용주거지역 및 자연녹지지역: 제1종일반주거지역과 동일한 것으로 가정
- 모든 상업지역: 일반상업지역과 동일한 것으로 가정
- 준공업지역: 준주거지역과 동일한 것으로 가정

□ 향후 신축 허가 연면적 가정

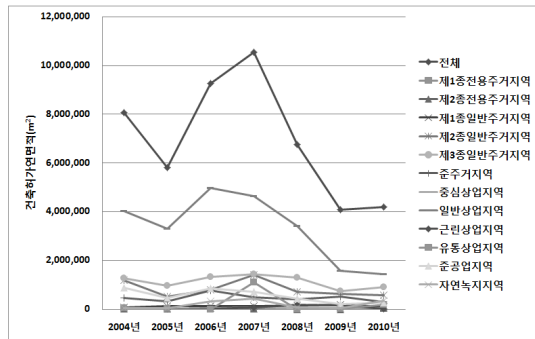
향후 신축건축물 허가 물량은 기존의 용도지역별·건물용도별 건축허가 추이 분석을 바탕으로 가정했다(그림 4-17 및 4-18). 이때, 정책효과 검증기간(2012-2030년) 내에 신

축된 건물이 동일 기간 내 폐쇄·멸실되는 것은 가정하지 않았다. 기존 건축허가 추이 분석은 중세분화가 이루어진 2004년부터 2010년까지로 한정했다. 정책효과 검증기간이 2012년부터이므로 2011년까지 분석에 포함하는 것이 바람직하나, 2011년의 경우 건축물 대장상에 용도지역 오·미기입이 다수 발견되어 분석 대상에서 제외했다.

분석 결과, 주거용의 경우 더블유(W)자 형태를 보였으며, 비주거용의 경우는 2007년 이후 신축허가가 감소하는 추세를 보였다. 두 유형 모두 7년 평균값과 최근 3년 평균값을 향후 신축허가 물량으로 가정하였다(표 4-78).



[그림 4-17] 용도지역≠주거용 신축허가 추이



[그림 4-18] 용도지역별 비주거용 신축허가 추이

[표 4-78] 연평균 건축허가 연면적 가정치

	연평균 건축허가 연면적 가정(m ²)			
	최근 7년(2004-2010) 평균 가정		최근 3년(2008-2010) 평균 가정	
	주거용	비주거용	주거용	비주거용
전체	9,581,419	6,965,121	7,637,100	5,016,307
제1종전용주거지역	32,106	12,741	23,645	12,569
제2종전용주거지역	208,717	17,796	25,468	13,863
제1종일반주거지역	248,351	128,119	298,227	144,583
제2종일반주거지역	4,817,998	830,412	3,584,505	630,902
제3종일반주거지역	2,795,999	1,134,240	2,189,581	986,879
준주거지역	455,862	464,735	686,204	403,516
중심상업지역	507	31,804	0	37,264
일반상업지역	646,131	3,338,165	389,192	2,138,131
근린상업지역	121,245	77,928	273,703	120,282
유통상업지역	0	193,781	0	68,233
준공업지역	223,777	546,562	121,070	301,853
자연녹지지역	30,725	188,839	45,504	158,232

□ 단계별 개선 목표의 가정

시기별 에너지 절감 목표에 대한 가정은 표 4-79와 같다. 먼저, 첫 열의 값은 주거

용과 비주거용으로만 구분되어 있었던 기존의 단계별 에너지 절감 목표를 의미한다. 다음 열부터 제시된 용도지역별 목표에서 첫 번째 시기(2012-2016)는 이미 2012년부터 단열성능 기준이 강화되어 적용되고 있으므로 국가 목표를 따르는 것으로 가정했다. 최종 시기(2025-2030)의 목표는 본 연구를 통해 도출한 이론적 감축률을 적용했다(표 4-76). 중간 시기(2017-2024)의 감축률 목표는 첫 번째 시기와 마지막 시기 목표의 중앙값을 고려해 가정했다⁵⁴⁾. 분석에서 제외된 용도지역에 대해서는 위의 단위면적당 온실가스 배출량 가정(표 4-77)과 동일한 방식으로 목표를 가정했다.

[표 4-79] 용도지역별단계별 개선 목표 가정

	시기별 감축률 목표: 주거용			시기별 감축률 목표: 비주거용			
	2012-2016	2017-2024	2025-2030	2012-2016	2017-2019	2020-2024	2025-2030
전체(기존 목표)	0.30	0.60	1.00	0.15	0.30	0.60	1.00
제1종전용주거지역	0.30	0.50	1.00	0.15	0.50	0.75	1.00
제2종전용주거지역	0.30	0.45	0.90	0.15	0.40	0.60	0.85
제1종일반주거지역	0.30	0.45	0.90	0.15	0.40	0.60	0.85
제2종일반주거지역	0.30	0.40	0.80	0.15	0.35	0.50	0.70
제3종일반주거지역	0.30	0.35	0.70	0.15	0.25	0.40	0.55
준주거지역	0.30	0.35	0.75	0.15	0.30	0.45	0.60
중심상업지역	0.30	0.30	0.60	0.15	0.25	0.35	0.50
일반상업지역	0.30	0.30	0.60	0.15	0.25	0.35	0.50
근린상업지역	0.30	0.30	0.60	0.15	0.25	0.35	0.50
유통상업지역	-	-	-	0.15	0.25	0.35	0.50
준공업지역	0.30	0.35	0.75	0.15	0.30	0.45	0.60
자연녹지지역	0.30	0.45	0.90	0.15	0.40	0.60	0.85

□ 녹색건축물 기본계획에 의한 서울시의 온실가스 감축 할당량

[표 4-80] 국가 및 서울시의 2020년 온실가스 감축목표

	국가 감축목표 (백만TCO ₂ eq)		국가 부문별 비율		서울시 감축목표 (백만TCO ₂ eq)	
	주거	비주거용	주거용	비주거용	주거용	비주거용
신축 건축물	4.66	7.41	19.73%	30.33%	1.02	1.63
기존 건축물	14.11	9.79	59.74%	40.07%	3.10	2.15
행태개선	4.85	7.23	20.53%	29.59%	1.07	1.59
합	23.62	24.43	100.00%	100.00%	5.19	5.36

출처: 국토교통부(2013b)를 참고하여 재작성

녹색건축물 기본계획(국토교통부, 2013b)에 제시된 서울시의 온실가스 감축 할당량

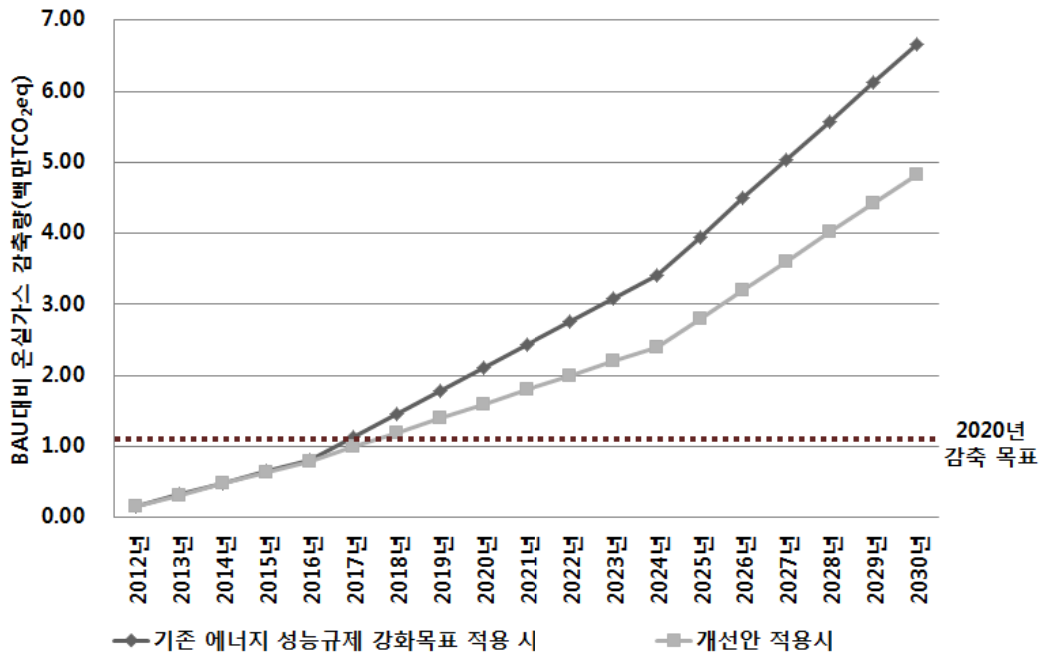
54) 주거용의 경우 2017년 이후부터는 중앙값으로, 비주거용의 경우 2017년부터는 중앙값, 2020년부터는 2017년과 최종값의 평균값으로 가정했다.

은 표 4-80과 같다. 주거와 비주거용 내에서 각 세부 부문별 목표는 국가 목표의 부문간 할당 비율을 고려해 가정했다.

□ 정책효과 검증 시뮬레이션 결과

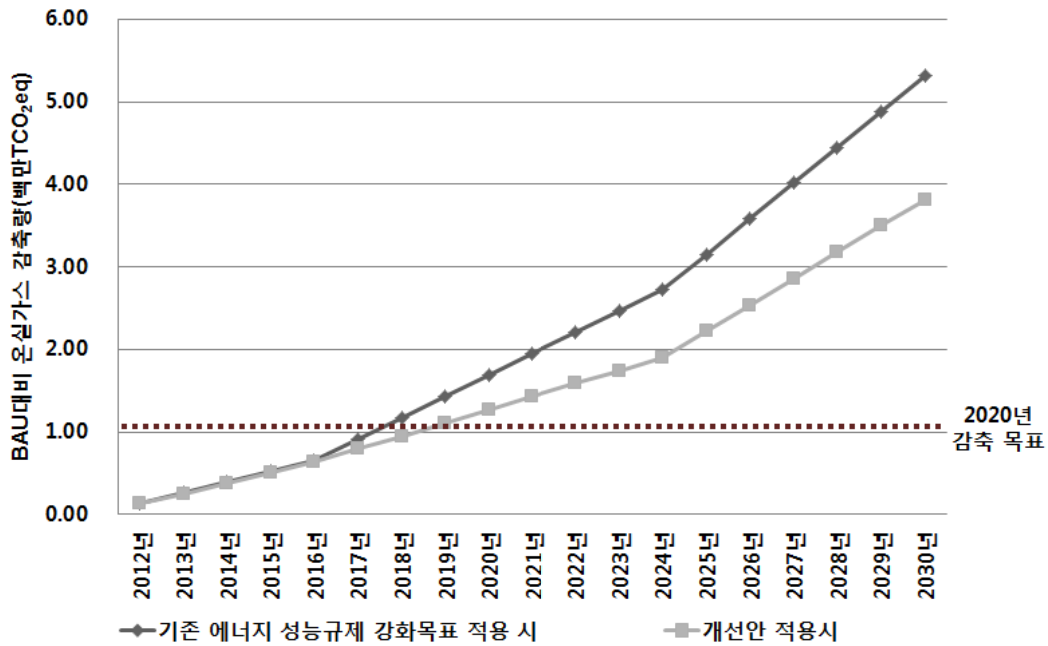
[표 4-81] 주거용 건축물(최근 7년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과(단위: 백만TCO₂eq)

	2015년	2020년	2025년	2030년
기존 목표 적용시 감축량	650,214	2,113,195	3,955,468	6,664,693
개선안 적용시 감축량	636,986	1,598,717	2,804,285	4,819,705
제1종전용주거지역	1,620	4,726	8,777	15,529
제2종전용주거지역	13,300	36,574	66,498	116,371
제1종일반주거지역	15,825	43,519	79,125	138,469
제2종일반주거지역	330,789	854,538	1,516,117	2,618,747
제3종일반주거지역	187,479	453,074	781,162	1,327,975
준주거지역	29,650	71,654	124,776	217,431
중심상업지역	28	62	104	173
일반상업지역	35,181	79,158	131,930	219,884
근린상업지역	6,602	14,854	24,757	41,261
준공업지역	14,555	35,174	61,251	106,734
자연녹지지역	1,958	5,384	9,789	17,131
서울시 감축할당량(2020년)		1,023,937		
달성률: 기존 목표 적용시		206.38%		
달성률: 개선안 적용시		156.13%		



[표 4-82] 주거용 건축물(최근 3년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과(단위: 백만TCO₂eq)

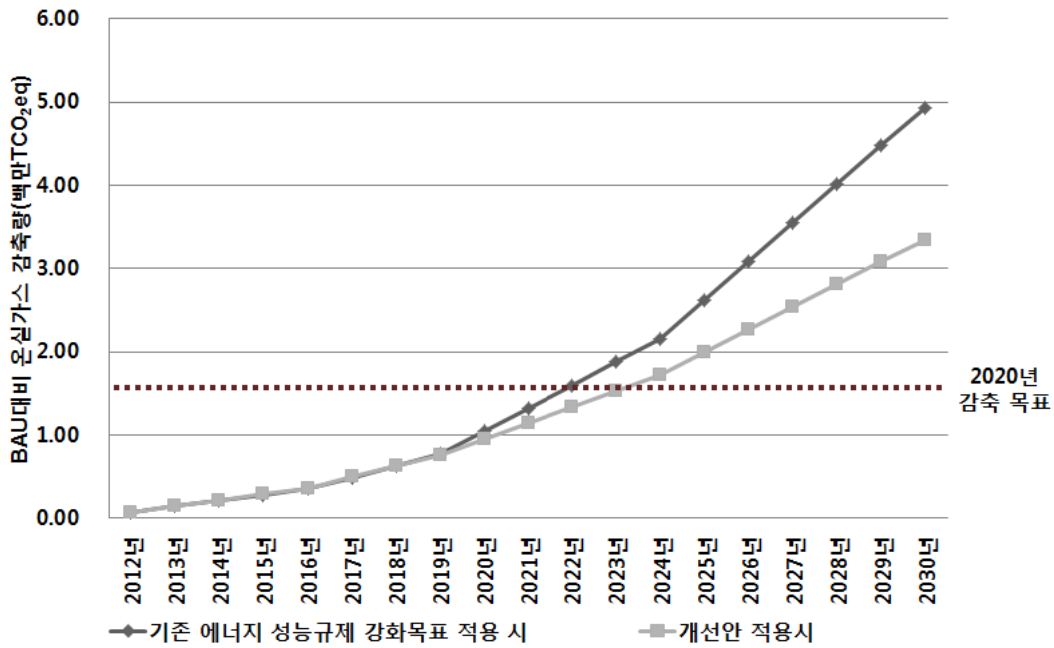
	2015년	2020년	2025년	2030년
기존 목표 적용시 감축량	518,269	1,684,373	3,152,801	5,312,254
개선안 적용시 감축량	506,237	1,266,846	2,220,109	3,816,172
제1종전용주거지역	1,193	3,481	6,464	11,436
제2종전용주거지역	1,623	4,463	8,114	14,200
제1종일반주거지역	19,003	52,259	95,016	166,278
제2종일반주거지역	246,101	635,761	1,127,964	1,948,301
제3종일반주거지역	146,817	354,808	611,737	1,039,954
준주거지역	44,631	107,859	187,824	327,297
중심상업지역	0	0	0	0
일반상업지역	21,191	47,680	79,467	132,446
근린상업지역	14,903	33,532	55,886	93,144
준공업지역	7,875	19,030	33,139	57,747
자연녹지지역	2,900	7,974	14,498	25,371
서울시 감축할당량(2020년)		1,023,937		
달성률: 기존 목표 적용시		164.50%		
달성률: 개선안 적용시		123.72%		



주거용과 비주거용 건축물에 대해 신축건물 물량을 최근 7년 평균과 3년 평균을 적용한 네 유형의 시뮬레이션 결과는 각각 표 4-81, 4-82, 4-83, 4-84와 같다. 주거용의 경우, 2017년까지는 기존 에너지 성능규제 강화목표를 적용한 결과와 개선안을 적용한 결과에 큰 차이가 발견되지 않았다. 2017년 이후부터 개선안 적용시의 온실가스 감축량이

[표 4-83] 비주거용 건축물(최근 7년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과(단위: 백만TCO₂eq)

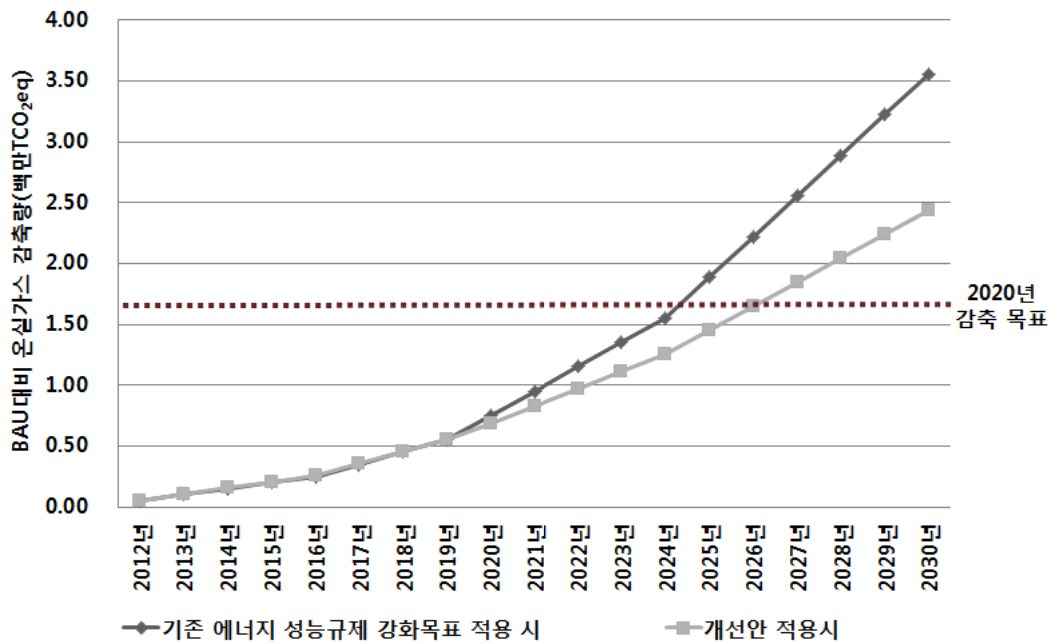
	2015년	2020년	2025년	2030년
기존 목표 적용시 감축량	278,063	1,042,736	2,618,426	4,935,617
개선안 적용시 감축량	289,577	952,856	1,994,826	3,346,659
제1종전용주거지역	434	2,168	5,058	8,670
제2종전용주거지역	730	3,104	7,060	12,233
제1종일반주거지역	5,258	22,345	50,824	88,066
제2종일반주거지역	32,514	124,639	270,953	460,621
제3종일반주거지역	46,793	148,178	315,854	530,323
준주거지역	16,378	57,324	122,838	204,730
중심상업지역	1,401	4,321	8,758	14,597
일반상업지역	147,085	453,511	919,278	1,532,130
근린상업지역	3,434	10,587	21,460	35,767
유통상업지역	8,538	26,326	53,364	88,940
준공업지역	19,262	67,418	144,466	240,777
자연녹지지역	7,750	32,935	74,912	129,805
서울시 감축할당량(2020년)		1,625,772		
달성률: 기존 목표 적용시		64.14%		
달성률: 개선 목표 적용시		58.61%		



점차 감소했지만, 그림에도 불구하고 국가에서 정한 2020년 온실가스 감축목표의 달성은 가능한 것으로 나타났다. 따라서 주거용의 경우, 본 연구에서 제시한 단계별 감축목표를 적용한다하더라도 국가 온실가스 감축목표를 달성하는 데 있어 큰 문제가 되지는 않을 것

[표 4-84] 비주거용 건축물(최근 3년 평균 가정)에 대한 정책효과 검증 시뮬레이션 결과(단위: 백만TCO₂eq)

	2015년	2020년	2025년	2030년
기존 목표 적용시 감축량	200,262	750,983	1,885,801	3,554,651
개선안 적용시 감축량	207,856	689,149	1,448,714	2,433,319
제1종전용주거지역	428	2,138	4,990	8,554
제2종전용주거지역	569	2,418	5,499	9,529
제1종일반주거지역	5,933	25,217	57,356	99,384
제2종일반주거지역	24,703	94,694	205,856	349,955
제3종일반주거지역	40,714	128,927	274,818	461,423
준주거지역	14,221	49,773	106,657	177,761
중심상업지역	1,642	5,063	10,262	17,103
일반상업지역	94,209	290,478	588,807	981,346
근린상업지역	5,300	16,341	33,124	55,206
유통상업지역	3,006	9,270	18,790	31,317
준공업지역	10,638	37,233	79,785	132,975
자연녹지지역	6,493	27,597	62,770	108,766
서울시 감축할당량(2020년)		1,625,772		
달성률: 기존 목표 적용시		46.19%		
달성률: 개선안 적용시		42.39%		



으로 보인다. 즉, 현실적으로 불가능한 목표를 제시하며 무리한 규제를 가하는 것보다는 보다 현실적인 목표로 수정하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

비주거용의 경우도 2017년까지는 큰 차이를 보이지 않았으나, 기존 목표와 개선 목

표 적용 시 모두 2020년 국가 온실가스 감축목표의 달성은 불가능한 것으로 나타났다. 상기한 시뮬레이션 결과에 따르면, 국가 온실가스 감축목표의 달성은 기존 목표를 유지할 경우 2024년경, 개선 목표를 적용할 경우 2026년경에나 가능하다. 이는 최근 비주거용 신축허가가 뚜렷한 감소 추세를 보이고 있다는 점을 감안할 때, 애초에 신축 추이에 비해 과도한 감축목표가 비주거 부문에 할당되었다는 사실을 의미한다. 반대로, 개별 건축물 단위의 에너지 성능 강화 목표가 낮게 설정되어 있어 이러한 결과가 나타났을 것이라고 추측할 수도 있겠으나, 국가 목표가 이미 본 연구에서 제시한 이론적 감축률에 비해 작지 않게 설정되어 있기 때문에 문제의 원인을 이 점에서 찾는 것은 적절치 않다고 판단된다. 결과적으로, 현실적인 신축허가 추이를 고려해 비주거용 신축건물 부문에 할당된 감축목표를 경감하는 것이 바람직할 것이다.

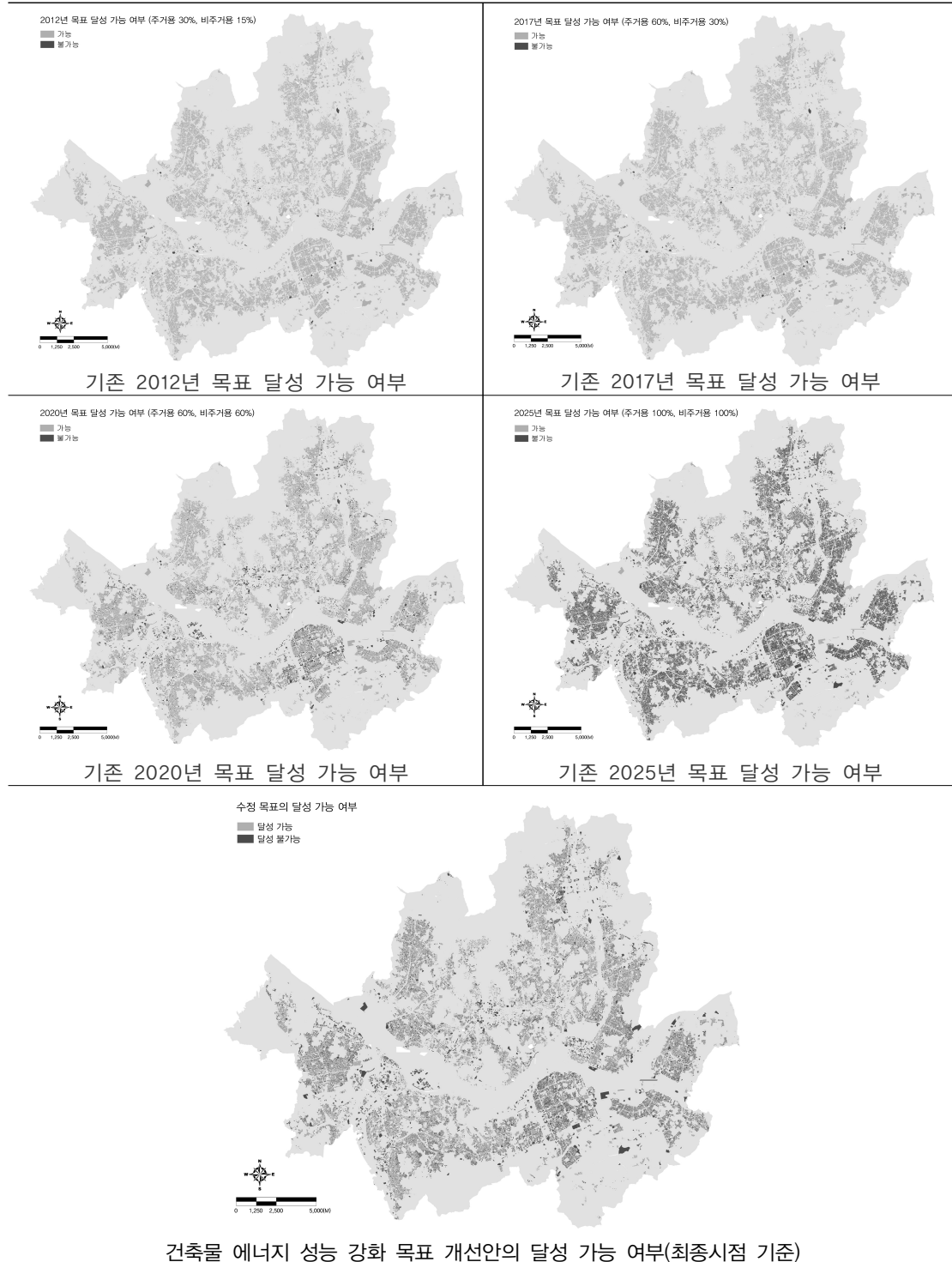
한편, 이 결과는 건축물이 입지한 필지(on-site)에서의 노력만으로는 온실가스 감축 목표 달성에 한계가 있으므로, 신재생에너지 생산과 미이용 에너지의 공유 및 거래와 같은 필지 외부(off-site)에서의 노력이 필요하다는 사실을 다시 한 번 상기시키는 결과라 할 수 있다.

□ 용도지역별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안의 적용성 검토

여기서는 서울시의 실제 건물 및 필지 정보를 바탕으로 본 연구를 통해 제시한 신축 건축물 에너지 성능규제 개선안의 적용성을 검토한다. 이를 위해, 앞서 설명한 일련의 방법론을 적용해 실제 개별 필지의 이론적 에너지 감축률을 산정한 후, 이를 바탕으로 기존 에너지 성능 강화 목표와 개선 목표의 달성 가능성을 도식화했다(표 4-85). 이를 통해, 기존 목표의 경우 시기별로 목표 수준이 강화될수록 목표 달성이 불가능한 필지가 점차 증가함을 쉽게 파악할 수 있다. 특히, 제로에너지를 목표로 하는 2025년의 경우, 대부분의 건물에서 목표 달성이 불가능한 것으로 확인되었다.

반면, 개선안을 적용할 경우, 목표달성이 가능한 필지가 크게 증가함을 확인할 수 있다. 즉, 기존 규제 목표에 비해 본 연구에서 제안한 목표가 실제 도시에서의 적용성이 훨씬 양호하다고 볼 수 있다. 그러나 이 경우에도 목표 달성이 불가능한 필지가 여전히 많아, 본 연구에서 제시한 개선 목표 역시 실제로 적용되기까지는 개선이 필요할 것으로 보인다.

[표 4-85] 개별 필지별 시기별 기존 목표 및 수정 목표 달성 가능 여부



5. 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준 마련 및 효과 검증

1) 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준 마련

□ 기본 가정 및 작성기준

[표 4-86] 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 온실가스 소비량(kgCO₂/m²)

용적률 급간		건폐율 급간									
		0,0 ~0,1	0,1 ~0,2	0,2 ~0,3	0,3 ~0,4	0,4 ~0,5	0,5 ~0,6	0,6 ~0,7	0,7 ~0,8	0,8 ~0,9	0,9 ~1,0
	0,0~0,5	3,58	-1,88	-7,35	-12,82	-18,28					
1종전용	0,5~1,0	16,02	11,20	6,38	1,56	-3,26	-8,07	-12,89	-17,71	-22,53	-27,34
	1,0~1,2	24,30	19,93	15,57	11,21	6,84	2,48	-1,88	-6,25	-10,61	-14,97
1종일반	1,2~1,5	30,00	25,96	21,92	17,88	13,85	9,81	5,77	1,73	-2,31	-6,35
2종일반	1,5~2,0	38,76	35,24	31,72	28,20	24,68	21,16	17,64	14,12	10,60	7,09
3종일반준주거	2,0~2,5	49,07	46,20	43,33	40,46	37,59	34,72	31,85	28,98	26,11	23,24
	2,5~3,0	58,67	56,45	54,23	52,01	49,79	47,57	45,35	43,13	40,91	38,69
	3,0~4,0	71,75	70,50	69,25	68,01	66,76	65,52	64,27	63,02	61,78	60,53
	4,0~5,0	86,71	86,76	86,82	86,87	86,92	86,97	87,03	87,08	87,13	87,19
	5,0~6,0	98,84	100,20	101,55	102,90	104,25	105,60	106,95	108,31	109,66	111,01
일반상업	6,0~8,0	111,74	115,04	118,34	121,64	124,94	128,24	131,54	134,84	138,14	141,44
	8,0~	119,19	122,73	126,27	130,60	135,20	139,80	144,40	149,00	153,60	158,20

[표 4-87] 대지면적 500㎡ 규모 비주거용 건축물의 규제수준별 단위 대지면적당 온실가스 소비량(kgCO₂/m²)

용적률 급간		건폐율 급간									
		0,0 ~0,1	0,1 ~0,2	0,2 ~0,3	0,3 ~0,4	0,4 ~0,5	0,5 ~0,6	0,6 ~0,7	0,7 ~0,8	0,8 ~0,9	0,9 ~1,0
	0,0~0,5	4,86	-0,78	-6,43	-12,08	-17,73					
1종전용	0,5~1,0	20,44	15,08	9,72	4,36	-1,00	-6,36	-11,72	-17,09	-22,45	-27,81
	1,0~1,2	31,40	26,24	21,08	15,92	10,76	5,60	0,43	-4,73	-9,89	-15,05
1종일반	1,2~1,5	39,25	34,23	29,21	24,20	19,18	14,16	9,15	4,13	-0,89	-5,91
2종일반	1,5~2,0	51,85	47,06	42,28	37,49	32,70	27,91	23,12	18,34	13,55	8,76
3종일반준주거	2,0~2,5	67,68	63,18	58,68	54,18	49,67	45,17	40,67	36,17	31,67	27,17
	2,5~3,0	83,59	79,37	75,16	70,94	66,73	62,52	58,30	54,09	49,87	45,66
	3,0~4,0	107,60	103,82	100,04	96,25	92,47	88,68	84,90	81,11	77,33	73,55
	4,0~5,0	139,91	136,70	133,49	130,28	127,07	123,86	120,65	117,44	114,23	111,02
	5,0~6,0	172,55	169,91	167,28	164,64	162,00	159,37	156,73	154,09	151,45	148,82
일반상업	6,0~8,0	222,12	220,34	218,57	216,79	215,01	213,24	211,46	209,68	207,91	206,13
	8,0~	255,58	254,37	253,17	251,97	250,76	249,56	248,36	247,16	245,95	244,75

용도지역별 온실가스 배출 성능기준은 성능기반 용도지역제 도입을 위한 기초 자료로서, 앞서 도출한 건물용도별·규제수준별 단위 대지면적당 이론적 최저 온실가스 배출량 산정 결과를 바탕으로 작성한다. 앞서 살펴본 바와 같이 동일한 용도지역 내에서도 용적률과 건폐율 급간에 따라 대지면적당 배출량은 큰 차이를 보이기 때문에, 이 결과를 바탕

으로 온실가스 배출 성능기준을 마련하기 위한 별도의 기준이 필요하다. 우선, 용적률 측면에서는 밀도규제의 성격을 띠는 단위 대지면적당 배출량이 용도지역별 최대 허용 용적률과 비례하므로, 앞서 규제수준별로 도출한 값에서 각 용도지역의 최대 허용 용적률이 포함된 급간에서의 단위 대지면적당 이론적 최저 온실가스 배출량을 성능기준의 기초 자료로 활용할 수 있다. 이때, 동일한 용적률 급간에 있다 할지라도 건폐율에 따라서 태양광 에너지 생산량이 달라지므로, 대지면적당 배출량은 하나의 값이 아닌 구간 값으로 도출된다. 따라서 각 용도지역별 최종 성능기준은 최대 허용 용적률 급간 내에서 용도지역별 건폐율 허용 구간 내에 포함된 이론적 최저 배출량 중 가장 큰 값과 가장 가까운 5의 배수로 결정했다(표 4-86 및 4-87). 이때 동일한 용적률 급간 내에서 가장 큰 값을 선택한 이유는 이 기준이 각 용도지역의 최대 허용 한계치(즉, 초과해서는 안 되는 값)를 의미하기 때문이다. 온실가스 배출 성능기준 산정 과정과 결과는 표 4-88과 같다.

□ 용도지역별 온실가스 배출 성능기준

[표 4-88] 용도지역별 온실가스 배출 성능기준

용도지역 구분	현행 밀도규제 (용적률 기준)	최대 허용기준에 해당하는 용적률 급간	해당 급간에서의 건폐율 변화에 따른 단위 면적당 온실가스 배출량 (kgCO ₂ eq/m ² /year)		용도지역별 단위 대지면적당 온실가스 배출 성능기준 (kgCO ₂ eq/m ² /year)		
			주거용	비주거용	주거용	비주거용	단일기준
1중전용주거지역	~100%	50~100%	-3.26~16.02	-1.00~20.44	15	20	20
1중일반주거지역	~150%	120~150%	9.81~30.00	14.16~39.25	30	40	40
2중일반주거지역	~200%	150~200%	21.16~38.76	27.91~51.85	40	50	50
3중일반주거지역	~250%	200~250%	37.59~49.07	49.67~67.68	50	60	60
준주거지역	~250%	200~250%	34.72~49.07	45.17~67.68	50	60	60
일반상업지역	~800%	600~800%	111.74~128.24	213.24~222.12	130	220	220

표 4-88과 같이 온실가스 배출 성능기준은 전반적으로 현행 밀도규제인 용적률 상한 기준과 비례하는 모습을 보이거나, 건물용도 및 용도지역에 따라서는 15~220 kgCO₂eq/m²/year까지 큰 차이를 보였다⁵⁵⁾. 건물용도에 따라서도 큰 차이를 보이거나, 본래 용도지역별 용적률 및 건폐율 규제는 건물용도와는 무관하게 설정되므로, 이와 동일한 방식으로 단일 기준을 활용할 경우에는 보다 큰 값을 갖는 비주거용 건축물의 성능기준을 최대 온실가스 배출 허용 한계치로 활용하는 것이 바람직하다. 또한, 정책적 필요성에 따라 최대 허용 한계치를 구간 값으로 제시하거나 세부용도별로 세분화하여 제시할 수 있다.

55) 이 결과는 최영국 외(2008, p.209)에서 제시한 건축물 용도별 필지면적당 온실가스 배출 원단위 값과 큰 차이를 보이지 않는다.

2) 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준의 정책효과 검증

□ 정책효과 검증의 개요

여기서는 앞서 제시한 용도지역별 건물부문 온실가스 배출 성능기준의 정책효과를 검증한다. 이를 통해, 이 기준을 적용할 경우 서울시의 건물부문 온실가스 총량이 어느 정도로 유지될 수 있는지 예측 가능하며, 그 값을 현재의 배출량이나 미래의 온실가스 배출 예측치 및 감축 목표 등과 비교함으로써 본 연구에서 제시한 성능기준의 적정성을 가늠해볼 수 있다. 비교 대상이 되는 배출량 값은 표 4-89와 같다. 또한, 개발밀도(용적률)와 대지면적당 에너지 소비량(온실가스 배출량)의 관계를 바탕으로, 만약 이 기준이 개발 밀도 규제의 대안으로 활용될 경우 나타날 건축행위 변화에 대한 논의를 진행한다.

[표 4-89] 정책효과 검증을 위한 비교 기준

시점	내용	값	출처
2007년	서울시 전체건물의 온실가스 배출량	28.86백만TCO ₂ eq	온실가스종합정보센터 외 6개 부처(2011)를 활용해 추정
2012년	서울시 전체건물의 온실가스 배출량*	26.71백만TCO ₂ eq	국가건물에너지통합관리 시스템의 에너지 소비량 정보를 활용해 산정
2020년	서울시 전체건물의 온실가스 배출 예측치	40.17백만TCO ₂ eq	국가건물에너지통합관리 시스템의 에너지 소비량 정보를 활용해 산정

주: *이 값의 경우, 다른 두 값과는 다른 기준에 의해 예측된 것으로서, 건물 에너지 소비량 집계가 누락된 건물에 의해 다소 과소 추정된 것으로 판단됨

[표 4-90] 용도지역별 온실가스 배출 허용량 예측치

	면적(m ²)	면적당 배출 허용기준 (kgCO ₂ eq/m ² /year)	온실가스 배출 허용량 (TCO ₂ eq/year)
제1종전용주거지역	4,809,634	20	96,193
제2종전용주거지역	805,272	40	32,211
제1종일반주거지역	68,039,729	40	2,721,589
제2종일반주거지역	141,970,782	50	7,098,539
제3종일반주거지역	99,141,179	60	5,948,471
준주거지역	13,041,724	60	782,503
일반상업지역	23,125,751	220	5,087,665
근린상업지역	814,071	220	179,096
유통상업지역	1,539,111	220	338,605
중심상업지역	358,677	220	78,909
준공업지역	21,025,112	60	1,261,507
보전녹지지역	72,603	40	2,904
생산녹지지역	1,057,624	40	42,305
자연녹지지역	234,623,949	40	9,384,958
합계	610,425,218		33,055,454

□ 용도지역별 온실가스 배출 성능기준 적용시 온실가스 배출량 예측치

현재 서울시의 용도지역 지정 현황을 바탕으로 본 연구에서 제시한 용도지역별 배출 성능기준을 적용할 경우, 서울시의 온실가스 배출량을 33.06백만TCO₂eq 이하로 유지할 수 있는 것으로 나타났다(표 4-90). 이 값은 보수적인 추정을 위해 주거용 건물에 대해서도 비주거용 건물의 기준을 적용한 것으로서, 건물용도별 세분화 기준을 적용할 경우에는 보다 작은 범위 내에서 관리가 가능하다.

이 결과는 2007년 온실가스 배출량보다는 약 14% 가량 큰 값이지만, 2020년 온실가스 배출 예측치에 비해서는 18% 가량 작은 값이다. 또한, 이 값을 환산할 경우, 본 연구에서 제시한 성능기준을 적용하는 것만으로도 건물부문에 할당된 2020년 온실가스 감축목표의 66% 가량을 달성할 수 있다는 사실을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 제시하는 용도지역별 온실가스 배출 성능기준은 온실가스 배출량 관리정책으로서 상당한 실효성을 갖는다고 볼 수 있다.

□ 온실가스 배출 성능기준(변화)에 따른 개발밀도 변화 예측 시뮬레이션

표 4-91은 용도지역별 온실가스 배출 성능기준에 맞춰 건축 가능한 규제수준의 범위를 도식화한 것이다. 이 분석은 만약 온실가스 배출 허용량을 유일한 밀도 규제 수단(지표)으로 활용할 경우, 건축물의 개발밀도(용적률)가 어느 정도까지 증가할 수 있는지에 대한 추론의 근거를 제공한다. 예를 들어, 제1종전용주거지역의 경우 본래 허용 용적률 한계 기준은 100%이나, 건폐율을 증가시키므로써 용적률이 100~200%인 범위에서도 해당 용도지역의 온실가스 배출 성능기준인 20kgCO₂eq/m²/year 이하로 배출량 관리가 가능하다는 사실을 파악할 수 있다. 이는 용적률 규제가 온실가스 배출량 규제로 대체될 경우, 제1종전용주거지역에서 용적률이 최대 200% 정도인 건축물까지 지어질 수 있음을 의미한다. 여기서, 만약 건폐율 규제만이라도 현재 수준으로 유지된다고 가정할 경우에는 용적률 150% 선까지 건축이 가능한 것으로 파악할 수 있다. 이와 같은 방법을 적용할 경우, 제1종일반주거지역에서는 용적률 250%까지의 건축이 가능해지며(건폐율 기준이 있는 경우 200%까지), 제2종일반주거지역에서는 용적률 300%까지도 가능해진다(건폐율 기준이 있는 경우 250%까지). 또한, 제3종일반주거지역과 준주거지역에서는 최대 300%까지 용적률 실현이 가능해진다(건폐율 기준이 있는 경우 250%까지). 마지막으로, 일반상업지역에서는

최대 800%까지 가능한 것으로 나타났으며, 그 이상에 대해서는 규제수준을 보다 세분화한 분석이 필요할 것으로 보인다.

[표 4-91] 용도지역별 온실가스 배출 성능기준에 맞춰 건축 가능한 규제수준(용적률 및 건폐율)의 범위

용적률 급간	건폐율 급간									
	0.0 ~0.1	0.1 ~0.2	0.2 ~0.3	0.3 ~0.4	0.4 ~0.5	0.5 ~0.6	0.6 ~0.7	0.7 ~0.8	0.8 ~0.9	0.9 ~1.0
1종전용	20kgCO ₂ eq 이하					20kgCO ₂ eq 이하				
1종일반	40이하				20kgCO ₂ eq 이하					
2종일반	60이하		50이하			20kgCO ₂ eq 이하				
3종일반준주거	60이하		60이하			50이하		40이하		
	2.5~3.0		60이하			50이하		40이하		
	3.0~4.0		60이하			50이하		40이하		
	4.0~5.0		60이하			50이하		40이하		
	5.0~6.0		60이하			50이하		40이하		
일반상업	6.0~8.0		60이하			50이하		40이하		
	8.0~		220kgCO ₂ eq 초과			220kgCO ₂ eq 초과		220kgCO ₂ eq 초과		

- 200이하 : 1종전용주거지역의 배출성능 기준(200이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(용적률 및 건폐율)
- 400이하 : 1종일반주거지역의 배출성능 기준(400이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 500이하 : 2종일반주거지역의 배출성능 기준(500이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 600이하 : 3종일반준주거지역의 배출성능 기준(600이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
- 2200이하 : 일반상업지역의 배출성능 기준(2200이하)에 맞춰 건축 가능한 형태의 범위(위의 범위 포함)
-: 건폐율 50% 경계선(1종전용주거지역, 3종일반주거지역)
- · —: 건폐율 60% 경계선(1종일반주거지역, 2종일반주거지역, 준주거지역, 일반상업지역)

이와 같은 분석결과로 미루어 보건데, 용적률 기준을 온실가스 배출량 성능기준으로 대체할 경우 평균적으로 한 두 단계의 용적률 상승이 실현될 수 있을 것으로 판단된다. 이때, 표 4-91을 도출하는 과정에서 기준으로 삼은 일련의 분석결과들은 본 연구의 여러 가정에 의해 용도지역제의 전면 개정과 같은 큰 변화가 생기지 않는 이상 크게 변하지 않는 값이다. 따라서 본 연구의 조건 하에서는 온실가스 감축률의 변화가 건축물의 형태 변화를 통해서만 가능하기 때문에, 건폐율을 상향 조정하더라도 일정 수준의 온실가스 배출 허용량 기준 내에서는 건축물의 용적률 증가가 급격하게 나타나지 못한다고 볼 수 있다. 즉, 제로에너지 시험 건축물과 같이 특정 건축물에 최첨단 기술과 형태 변화 유도를 집약하는 등의 예외 상황은 분명 발생할 수 있겠지만, 일반적인 상황에서는 용적률 규제를 온실가스 배출 성능규제로 대체하더라도 개발밀도 상승효과가 급격하게 나타나지는 않을 것

이라고 예측할 수 있다.

지금까지 설명한 용적률과 온실가스 배출량의 관계를 보다 일반화하여 살펴보면, 녹색건축 인증에 의한 용적률 인센티브를 온실가스 배출량으로 환산하여 나타낼 수 있다. 가장 흔한 형태인 건폐율 50~60% 급간을 기준으로 두 변수의 관계를 파악해보면, 용적률 10% 상승 시 주거용 건축물의 경우 약 $2.3\text{kgCO}_2/m^2/\text{year}$, 비주거용의 경우 약 $3.5\text{kgCO}_2/m^2/\text{year}$ 정도의 온실가스 배출량이 증가함을 알 수 있다. 따라서 녹색건축 인증에 의한 용적률 인센티브(12%로 가정)의 효과를 단위 대지면적당 연간 약 $3\text{kgCO}_2/m^2$ (약 $0.81\text{kgOE}/m^2$) 내외의 온실가스 배출량으로 치환할 수 있다.

제5장 결론

1. 연구 결과의 요약
2. 정책 제언: 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 방안
3. 연구의 의의 및 향후 과제

1. 연구 결과의 요약

본 연구에서는 건물부문의 온실가스 배출량 관리를 위한 성능기반 토지이용규제 정책의 기본 방향을 제시하기 위해, 건물용도별·용도지역별 온실가스 배출특성 및 영향요인 분석을 통해 신축건축물의 이론적 온실가스 감축률과 용도지역별 적정 배출기준(성능기준)을 도출했다. 이를 바탕으로 도출된 정책적 함의를 제시하기에 앞서, 본 연구에서 수행한 (1)관련 이론 및 문헌연구, (2)국내외 정책 및 제도 사례연구, (3)에너지 소비량 자료를 활용한 실증연구 등의 주요 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

먼저 2장에서는 녹색건축 관련 정책동향과 기초 이론을 살펴보았다. 1절에서는 건물부문 온실가스 감축정책의 주요 내용을 살펴보고 도시계획적 접근의 필요성을 제시했으며, 2절에서는 성능기반 용도지역제를 비롯해 토지이용제도를 통한 건축물 성능규제의 기본 개념과 국내 현황을 살펴보았다. 마지막으로 3절에서는 기존 연구결과를 바탕으로 녹색건축물의 온실가스 감축성능을 검토했으며, 그 결과 에너지 수요 절감효과와 신재생에너지 생산효과를 종합한 녹색건축물의 온실가스 감축 수준은 최대 50~80% 정도일 것으로 예측되었다.

3장에서는 건물부문의 온실가스 감축을 위한 세계 각국의 토지이용제도와 각종 지원제도를 살펴보았다(3장 6절 참고). 먼저, 1절에서는 건물부문 온실가스 감축을 위한 토지

이용규제 및 규제완화(인센티브)에 대한 사례연구를 통해, 용적률 인센티브의 실현을 위한 제도 개선 방향을 제시했다. 다음으로 2절에서는 건물부문 온실가스 감축 및 면적(面的) 관리를 위한 도시계획 제도 및 지침으로서, 일본의 저탄소 도시계획 체계와 저탄소 도시계획 가이드라인을 살펴보았다. 국내에서도 건물 단위의 정책만으로 온실가스 감축목표의 달성이 쉽지 않은 상황이므로, 도시계획을 통한 건물부문 온실가스 관리 방안에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다. 3절에서는 녹색건축 및 녹색도시계획을 활성화하기 위한 각종 지원제도를 살펴보았다. 마지막으로 4절에서는 온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제에 대한 함의를 얻고자, 과거 미국과 호주에서 적용되었던 성능기반 용도지역제의 운영 방식과 절차를 살펴보았다. 그 결과 성능기반 용도지역제는 기존 용도지역제의 틀 내에서 적용하는 것이 바람직하다는 사실을 확인했다. 이를 바탕으로 다음절(5장 2절)에서는 용도지역규제를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 방안을 제안한다.

본 연구의 핵심이라 할 수 있는 4장에서는 용도지역별 건축물 온실가스 배출 특성 분석과 이론적 온실가스 감축률 분석을 바탕으로 건물용도별 신축건축물 에너지 성능규제 개선안과 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 제시했다. 1절에서는 건축물 에너지 자료 등 분석을 위해 필요한 각종 자료의 통합 및 정제 과정을 설명했다. 2절에서는 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률 분석을 위한 예비 과정으로서, 건물용도별·규제수준별 에너지 소비 특성 및 영향요인을 분석했다. 3절에서는 위의 결과를 바탕으로 건물용도별·규제수준별 이론적 온실가스 감축률을 분석했다. 그 결과, 개별 건물 단위의 에너지 성능개선 및 신재생에너지 도입만으로는 제1종전용주거지역을 제외한 모든 용도지역에서 2025년을 목표로 하고 있는 제로에너지의 달성이 현실적으로 불가능한 것으로 나타났다. 이는 제로에너지를 목표로 하는 신축건축물 에너지 성능규제가 기존 토지이용규제의 다양성을 고려하지 않은 일괄적 규제이자, 특정 용도지역에서는 이론적으로 달성이 불가능한 과잉규제가 될 수 있음을 의미한다. “토지 가치와 성격을 고려하지 않은 일괄적 규제는 필연적으로 경제적 효율성을 저해하는 과잉 규제가 될 수밖에 없기 때문이다”(김승남, 2014, p.67). 따라서 4절에서는 보다 현실성 있는 신축건축물 에너지 성능규제 개선안을 마련하고 그 효과를 검증했다. 마지막으로 5절에서는 장기적으로 추진 가능한 정책대안으로서 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 마련하고 그 효과를 검증했다. 상기한 국내외 정책 사례연구와 실증분석 결과를 바탕으로 도출된 정책적 함의는 다음 절에서 보다 자세히 논하도록 한다.

2. 정책 제언: 용도지역제도를 고려한 건물부문 온실가스 배출량 관리 방안

1) 건물부문 온실가스 배출량 관리 정책의 기본 방향

건물부문의 온실가스 배출량 관리는 (1)개별적 접근 → (2)일반적 접근 → (3)지역별 차등화의 순으로 적용되는 것이 바람직하다. 용도지역별 온실가스 배출 성능기준이 마련된다 할지라도, 이러한 정책이 도입되기까지는 오랜 기간의 논의와 사회적 합의가 필요하다. 따라서 일반적 접근에 앞서 기존의 용도지구제와 지구단위계획 등을 통해 시도할 수 있는 개별적 접근 방식을 우선적으로 고려할 수 있다. 다음으로는 적용 대상의 확대를 위해 모든 건축물과 토지에 대해 일반적으로 적용되는 에너지 성능 및 온실가스 배출 기준과 관리 제도를 마련할 필요가 있다. 이는 크게 건축물 단위의 접근, 토지(필지) 단위의 접근, 지원제도 차원의 접근 등으로 구분할 수 있다. 최종적으로는 동일한 건물용도와 용도지역 내에서도 주변의 토지이용이나 자연환경(일사량 등) 등의 외부 여건을 고려해 일반적 규제를 차등적으로 적용할 수 있는 제도적 기반을 마련해야 할 것이다.

2) 개별적 접근: 지구단위 건축물 성능 개선을 위한 제도 마련

□ 온실가스 배출 집중 지역의 계획적 관리를 위한 지구단위계획 지정 유형 신설

본 연구의 4장 2절을 통해 확인된 온실가스 배출(에너지 소비) 집중 지역의 경우, 지구단위계획 제도를 통해 지구 단위의 건축물 에너지 성능 개선계획을 수립하도록 할 수 있다. 이는 건물 신축 및 증개축을 비롯해 토지에서 일어날 수 있는 모든 개발행위의 유형과 강도를 관리함으로써 건축물 에너지 절감에 장애가 되거나 소비를 조장하는 토지이용을 규제하는 목적을 갖는다. 이를 위해, 2012년 4월 지구단위계획 수립지침 개정 시 ‘복합용도개발’, ‘유희지 및 이전적지개발’, ‘용도지구대체’ 등의 지정유형을 신설한 것과 같이, ‘지구 에너지 성능개선’과 같은 새로운 지정 유형의 도입을 고려할 수 있다. 이 유형으로 지정된 지구단위계획 구역 내에서는 에너지 성능이 낮은 노후 건축물의 신축이나 증개축 또는 신재생에너지 생산 및 에너지 감축 설비 도입을 조건으로 토지이용규제를 완화하도록 할 수 있다. 이는 미국 포트 콜린스(Fort Collins) 시의 토지개발지침 시스템과 같은 초기 성능기반 용도지역제가 계획단위개발(PUD)을 대상으로 운영되었던 것과 유사한 맥락이다.

□ 건물에너지 집중관리 지구의 도입 및 입지규제 최소지구와의 연계

모든 토지에 일반적으로 적용되는 용도지역제의 경우, 제도 개선을 위한 합의와 개정 작업에 많은 시간과 노력이 소요된다. 그에 반해, 특정 목적을 달성하기 위해 일부 지역에 한정적으로 지정되는 용도지구의 경우 상대적으로 신규 도입이 용이하다. 실제로, 3장 5절에서 소개한 해외의 성능기반 용도지역제도를 살펴보더라도, 국내의 용도‘지구’제도와 유사한 중복지역지구제(Overlay Zoning)의 형태로 운영되고 있는 사례가 많았다. 따라서 기존 용도지구제도에 ‘건물에너지 집중관리 지구’를 새로운 지구 유형으로 도입함으로써, 에너지 소비 및 온실가스 배출 집중 지역을 효율적으로 관리하는 정책 방안을 고려할 수 있다. 이 지구는 에너지 소비가 최소화되는 형태로 토지이용과 건축물에 대한 행위규제를 강화하거나 완화하기 위한 제도적 장치로 활용될 수 있다. 이러한 접근은 새로운 용도지역을 설정하지 않고 기존 용도지역의 경계나 규제로부터의 구속을 최소화하면서 특정 규제를 필요한 지역에 한하여 효과적으로 적용할 수 있다는 장점이 있다.

새로운 지구 도입이 여의치 않을 경우, 최근 국토교통부에서 도입 추진 중인 ‘입지규제 최소지구’와의 연계를 통해 건축물의 온실가스 감축을 유도하는 방안을 고려할 수 있다. 이 제도에 의해 지구로 지정될 경우, 기존의 획일적 입지규제에서 벗어나 건축물 층수(높이), 용적률, 기반시설 설치기준 등을 완화 또는 배제할 수 있다(국토교통부, 2014). 따라서 지구 지정을 조건으로 해당 지구 내 신축건물의 에너지 성능기준을 강화하거나 기존건물의 그린리모델링 시행을 의무화함으로써, 온실가스 배출 집중 지역을 효과적으로 관리할 수 있다(김승남, 2014). 본래 이 제도는 도심 내 쇠퇴 지역을 복합용도 지역으로 개발하기 위한 목적으로 도입되었으나(국토교통부, 2014), 제1차 녹색건축물 기본계획에서는 이를 녹색건축 활성화 방안의 하나로 활용할 것을 제안하였다(국토교통부, 2013b). 또한, 이 제도는 특정 요건을 만족할 경우 주거단지에 모든 유형의 주거형태를 포함할 수 있도록 허용한 미국 벅스 카운티(Bucks County)의 성능기준 획지구역(Performance Standard Subdivision) 제도와의 매우 유사하다.

이처럼 성능기반 용도지역제의 도입에 앞서 ‘용도지구’ 수준에서 온실가스 배출량을 관리하거나 성능기준을 채택하는 방안을 고려해볼 수 있다. ‘건물에너지 집중관리 지구’가 온실가스 감축(관리)을 위해 특정 건축행위 규제를 강화하거나 완화하는 수준이라면, ‘입지규제 최소지구’는 특정 성능 기준을 만족할 경우 그 외의 토지이용규제를 더욱 적극적

으로 완화하거나 전면 배제하는 형태라고 볼 수 있다. 특히, 후자의 경우 용도지역처럼 모든 토지에 일반적으로 적용되는 것은 아니지만, 국내에서 시행 중인 제도 중 성능기반 용도지역제의 개념을 현행 용도지역지구제도(이 경우, 용도지구)와 연계하여 도입한 유일한 사례로서, 가장 진보적인 형태의 성능기반 토지이용규제라 할 수 있다. 그러나 4장의 실증분석을 통해서도 밝혔듯이, 이와 같은 개별적 접근(온실가스 배출량이 큰 특정 지구에 대한 관리)만으로는 감축목표 달성이 불가능하므로, 모든 건물 및 토지에 대한 전반적 성능(효율) 개선을 목표로 하는 일반적 규제의 운영이 병행될 필요가 있다.

3) 건축물 단위의 일반적 접근:

용도지역을 고려한 신축건축물 에너지 성능 규제 및 인센티브 기준 마련

□ 용도지역을 고려한 신축건축물 에너지 성능 차등규제 도입(기존 규제 강화 계획의 수정)

모든 건물 및 토지에 적용되는 일반적인 규제로서는 신축건축물 에너지 성능규제의 개선을 가장 우선적으로 고려할 수 있다. 본 연구에서 밝힌 바와 같이, 기존 규제는 용도지역에 따라 그 달성 가능성과 난이도가 달라진다. 따라서 4장 4절의 연구결과를 바탕으로 용도지역별 차등 규제를 마련하고 연도별 감축 목표를 현실화할 필요가 있다.

□ 용도지역을 고려한 건축물 인증제도의 용적률 인센티브 차등화 기준 마련

용도지역에 따라 에너지나 온실가스 감축의 난이도가 달라짐에도 불구하고, 현재 시행 중인 건축물 인증제도의 경우 용도지역과 무관하게 동일한 용적률 인센티브(최대 12%)를 부여하고 있다. 따라서 4장 4절의 ‘용도지역별 신축건축물의 에너지 성능규제 목표 개선안’과 4장 5절의 ‘온실가스 배출 성능기준(변화)에 따른 개발밀도 변화 예측 시뮬레이션’ 결과를 바탕으로 차등화된 인센티브 기준을 마련할 필요가 있다. 예를 들어, 주거용 건축물의 경우 녹색건축 인증에 의한 용적률 인센티브(12%로 가정)의 효과를 약 $0.6\text{kgOE}/\text{m}^2$ 로 치환할 수 있으므로, 표 4-74의 용도지역별 성능규제 개선안과 실제 성능의 차를 바탕으로 용적률 인센티브의 수준을 결정할 수 있다. 그러나 각 용도지역별로 용적률 인센티브의 적정 범위와 최대 수준을 결정하기 위해서는 보다 심층적인 연구가 뒤따라야 할 것으로 보인다.

4) 토지(필지) 단위의 일반적 접근:

온실가스 배출량 기반의 토지이용 성능규제 도입을 위한 제도 기반 마련

□ 용도지역별 온실가스 배출 성능기준의 개발 및 시범적용

2장에서 설명했듯이, 토지단위의 온실가스 배출 관리는 건물 단위 접근에 비해 다양한 장점을 갖는다(표 2-10 참고). 또한, 본 연구에서 밝혔듯 개별 건물 단위의 에너지 성능 개선과 신재생에너지 도입만으로는 대부분의 용도지역에서 제로에너지 달성이 난망한 것이 현실이다. 따라서 건물부문의 온실가스 배출량 관리 정책은 장기적으로 건물에 대한 규제(개별 성능에 대한 규제)에서 토지이용에 대한 규제(집단 성능에 대한 규제)로 전환될 필요가 있다. 또한, 이러한 접근은 광역적 지역 단위의 총량 규제나 일부 사업체에 대한 개별 규제에 머물러서는 안 되며, 모든 토지에 대해 필지단위로 적용되는 일반적 규제의 형태가 되는 것이 바람직하다.

즉, 앞으로의 온실가스 배출량 관리 정책은 기존 용도지역제의 틀 내에서 용도지역별 온실가스 배출 성능기준을 도입하여 이를 관리하는 형태로 운영되어야 할 것이다. 이를 위해 4장 5절에서 제시한 성능기준(표 4-88)이 활용될 수 있다. 그러나 이 기준은 자료의 한계로 서울지역의 6개 용도지역에 한정하여 작성된 것으로서, 이를 바로 현실에 적용하기에는 많은 한계가 있다. 따라서 이와 같은 성능기준을 지속적으로 개발하고 시범 적용함으로써, 보다 적합한 기준을 찾아 나가야 할 것이다. 향후 용도지역별 성능기준이 확정될 경우, 특정 도시의 온실가스 배출 허용기준을 만족하기 위한 용도지역의 배분 및 배치 등을 결정하기 위한 용도로도 활용될 수 있다.

□ 성능기준 이행을 위한 신재생 에너지 생산 의무화 및 에너지의 면적(面的) 활용 제도 마련

용도지역별 온실가스 배출 성능기준이 적용될 경우, 특정 토지에서의 온실가스 배출 성능은 건축물의 에너지 소비에 따른 온실가스 배출량에 녹지에 의한 온실가스 흡수량과 신재생 에너지 생산 및 에너지의 면적 활용을 통해 감축한 온실가스 절감량을 뺀으로써 산정가능하다. 즉, 토지단위로 설정되는 성능기준을 준수하기 위해서는 신재생에너지 발전설비 도입, 건물 간 에너지 유통을 통한 미이용 에너지의 활용, 녹지 확보 등 건축물 외부에서의 노력이 더욱 적극적으로 요구된다. 따라서 용도지역별 성능기준의 원활한 운영을 위해서는 에너지의 면적(面的) 활용 증대를 위한 제도 마련이 병행되어야 한다.

이를 위해, 일본의 저탄소 도시만들기 가이드라인과 같이, ‘저탄소 녹색도시 조성을 위한 도시·군 계획 수립지침’과 ‘지구단위계획 수립지침’ 등에 신재생에너지 생산설비의 확충과 에너지의 면적 활용에 대한 권고 및 의무 규정을 포함하여 도시계획 및 지구단위계획 수립 시 이를 따르도록 유도할 필요가 있다. 예를 들어, 밴쿠버시와 같이 용도지역 변경 시 신재생에너지 생산시설을 의무화할 수 있다. 또한, 지구단위계획 수립 시 통상 용적률이 상향되는데, 이로 인해 온실가스 배출량이 증가하는 양에 해당하는 만큼 신재생에너지 생산 시설을 의무화할 수 있다.

에너지의 면적 활용을 위한 제도도 필요하다. 일본의 경우, 「저탄소 도시 만들기 가이드라인」을 통해, 다양한 유형의 에너지의 면적 활용 방안을 권장하고 있다. 그러나 아직까지 국내에서는 에너지의 면적 활용이나 미이용 에너지의 활용 등을 권장하는 계획이나 규정이 마련되어 있지 않다. 이와 같은 방안들은 제2차 녹색건축물 기본계획 등의 국가 계획을 통해 정책적, 제도적, 기술적으로 구체화될 필요가 있다.

□ 성능기준 이행에 따른 인센티브 및 페널티 기준 마련

온실가스 배출량이라는 하나의 지표로 모든 토지이용 행위를 규제할 수는 없으며, 입지에 따라서는 온실가스 배출 허용량을 넘더라도 보다 높은 밀도의 개발이 필요할 수 있다. 따라서 온실가스 배출 성능기준이 효과적으로 작동하기 위해서는 성능기반 규제와 기존의 밀도기반 규제의 적절한 공존을 위한 제도적 장치가 필요하다. 두 규제의 병행 방식은 크게 기존 제도와 신규 제도를 모두 준수하도록 하는 경우와, 둘 중 하나 이상을 준수하도록 하는 경우로 구분된다. 전자가 규제강화의 효과를 갖는다면, 후자는 규제완화의 역할을 할 것이다.

이때, 어느 방식으로 두 규제가 공존하게 되더라도, 성능기준의 효율적 운영을 위해서는 이것의 이행 여부에 따른 인센티브와 페널티가 부여(부과)되어야 한다. 신축건물의 경우, 온실가스 배출 예상치를 근거로 용적률 허용 기준을 일정 범위 내에서 조정하는 방법을 선택할 수 있다. 성능기준을 만족하는 경우에는 용적률, 건폐율, 높이 기준 제한을 일정 범위 내에서 완화함과 동시에 허용 건축물 용도도 다양화(용도복합 장려)할 수 있다. 성능기준을 만족하지 못하는 경우에는 반대로 용적률, 건폐율 제한을 강화해 배출량 감축을 강제할 수 있다. 그러나 이 경우 실제 배출량이 예상치와 달라질 경우, 이미 높게 허

가해진 용적률로 인해 문제가 야기될 수 있다. 따라서 예상한 성능기준이 지켜지지 않았을 경우의 조치 수단으로서, 미국 알링턴 카운티(Arlington County)에서 적용하고 있는 ‘녹색건축 이행강제를 위한 보증금 제도’나 ‘그린빌딩 펀드’가 마련될 필요가 있다.

기존건물의 경우도 연 단위 온실가스 배출량 실측치를 근거로 페널티와 인센티브를 부여할 수 있다. 하지만 이 경우에는 인센티브의 도구로 용적률과 같은 건축형태 조정요소를 활용하는 데 한계가 있다. 따라서 용적률 등의 용도규제 완화 외에 별도의 인센티브 및 페널티 도구가 필요하다. 이와 같은 이유에서 성능기준의 이행을 위해서는 필지단위의 온실가스 배출량 거래제도가 반드시 필요하다. 이는 신축건물에 대해서도 마찬가지다.

5) 일반적 지원 제도 차원의 접근:

온실가스 배출량 관리 정책의 효율적 운영 및 지원을 위한 제도 기반 마련

□ 필지단위의 일반적 온실가스 배출량 거래제도 마련

장기적으로 용도지역별 신축건축물 에너지 성능규제와 온실가스 배출 성능기준이 효율적으로 운영되기 위해서는 이를 뒷받침하기 위한 제도적 기반 마련이 선행되어야 한다. 대표적으로, 필지단위의 일반적 온실가스 배출량 거래제도가 마련될 필요가 있다. 필지단위로 성능기준을 적용할 경우, 각 필지에 할당된 기준치를 준수하기 위해 필지 외부 지역에서 생산된 에너지를 구입해야만 하는 상황이 빈번하게 발생할 것이다. 또한, 토지가치가 높은 지역에서는 페널티를 감수하고서라도 필요로 하는 에너지 소비를 줄이지 않을 수 있는데, 이 경우 앞서 설명한 바와 같이 기존 건물에 대해서는 페널티 규정이 명확치 않다. 온실가스 배출량 거래제도는 배출권 할당량을 거래할 수 있는 창구와 도구를 제공함으로써, 이러한 문제를 효과적으로 보완해줄 수 있다.

국내 배출량 거래제도는 온실가스 배출량이 큰 특정 업체만을 대상으로 적용될 예정이다. 그러나 상기한 상황에서는 모든 유형의 토지에 적용할 수 있는 필지단위의 일반적 온실가스 배출량 거래제도가 마련될 필요가 있다. 아직까지 일본 외에는 개별 건물이나 필지 단위로 배출권 거래제가 활성화 되고 있지는 않으나(김승남, 2014), 국가건물에너지 통합관리 시스템이 완성되는 시점부터는 전 국토를 대상으로도 이 제도를 확대해 나갈 수 있을 것으로 기대된다.

□ 온실가스 배출량 기반의 개발권 이양제도(TDR)에 대한 연구 확대

2015년부터 온실가스 배출권 거래제도가 시행될 예정이다. 따라서 여기에 현재 녹색 건축 인증에 대해 부여되고 있는 용적률 인센티브 제도가 온실가스 배출 성능기준에 따라 일반적으로 확대될 경우, 온실가스 배출량 기반의 개발권 이양제도가 반드시 필요하게 된다. 이는 배출권 거래제에 의해 온실가스 배출량이 자유롭게 거래될 수 있으며, 동시에 용적률 인센티브 제도에 의해 온실가스 배출량이 개발권을 의미하는 용적률과 치환될 수 있기 때문이다. 즉, 2015년부터 사실상의 개발권 이양제도 환경이 마련됨을 의미한다.

개발권 이양제도는 그동안 경직된 토지이용제도와 여러 가지 사회·경제·정치적 여건상 국내 도입이 불가능한 제도였으나, 토지이용의 유연성이 크게 확대되는 성능기반 용도지역제가 도입될 경우 온실가스를 매개로 이 제도의 실현가능성이 크게 높아질 수 있다. 따라서 성능기반 용도지역제 도입을 위한 연구와 함께 온실가스 배출량 기반의 개발권 이양제도(TDR)에 대한 연구와 도입 논의가 재점화될 필요가 있다.

□ 국가 건물부문 온실가스 감축목표의 검토 및 조정

마지막으로, 상기한 제도들의 적절한 운영을 위해서는 그에 앞서 적절한 목표가 수립되어야 한다. 이러한 측면에서, 신축건축물 부문에 할당된 국가 온실가스 감축목표를 재조정할 필요가 있다. 본 연구에서 확인한 바와 같이, 해당 목표는 최근의 신축건축물 인허가 감소 추세를 반영하지 못한 상태에서 수립되어, 비주거용 신축건축물에 지나치게 높은 감축 목표를 할당하고 있다. 따라서 주거용과 비주거용 건물의 신축허가 추이를 반영하여 관련 목표를 조정해야 할 것이다.

6) 지역별 차등화: 지역 여건을 고려한 차등 기준 마련

최종적으로는 지역적 조건을 고려한 차등 기준 마련이 필요하다. 이는 지역적 조건에 의해 근원적으로 에너지 부하가 낮거나 온실가스 흡수 요소가 많은 경우 상대적으로 용이하게 배출량 규제를 준수할 수 있기 때문이다. 광역 지자체 또는 기초 지자체의 여건에 따라 기준을 적용할 수 있도록 온실가스 배출 성능기준의 범위를 설정하고, 차등 기준을 제시할 필요가 있다.

3. 연구의 의의 및 향후 과제

1) 연구의 의의 및 기대효과

□ 학술적 의의 및 기대효과

학술적 측면에서 본 연구는 국가 건물에너지 통합관리 시스템을 통해 구축한 개별 건축물 단위 에너지 소비량 자료를 활용해 건물 특성별 에너지 소비(온실가스 배출) 특성 및 영향요인을 실증적으로 분석했다는 점에서 의의가 있다. 이는 기존에 시도된 바 없는 대표본을 활용한 실증분석 결과로서, 관련된 이론적 논의와 초기 실증연구 결과의 일반화를 위한 근거자료로서 활용도가 클 것으로 기대된다. 아울러 본 연구에서는 아직까지 신뢰성 검증이 완전히 이루어지지 않은 건축물 에너지 자료의 적정 처리방법(유효 분석자료 샘플링 방법)과 활용방안을 제시했다. 이를 바탕으로 건축물의 에너지 소비 특성과 영향요인을 분석하는 관련 연구들이 더욱 활성화될 것으로 기대된다.

□ 정책적 의의 및 기대효과

본 연구는 다양한 측면의 정책적 의의를 갖는다. 우선, 본 연구에서는 건물용도별 규제수준별 이론적 온실가스 감축률 산정을 통해 현행 건축물 에너지 성능규제의 문제를 확인하고, 이에 대한 대안으로서 용도지역별 차등 규제 방안을 제시했다. 이는 향후 예정되어 있던 건축물 에너지 성능규제 강화 계획이 규제의 형평성 측면에서 한계를 드러낼 수 밖에 없으며, 더 나아가 시장경제의 효율성을 저해하는 과잉규제가 될 수 있음을 실증적으로 증명한 것이다. 따라서 본 연구에서 제시한 개선안을 채택함으로써 녹색건축 정책의 현실성(형평성)과 효율성을 제고할 수 있을 것으로 기대된다.

또한, 본 연구에서는 지구단위계획 및 용도지구를 활용한 온실가스 배출량 관리 방안, 이론적 온실가스 감축률을 고려한 건축물 인증제도의 용적률 인센티브 차등화 방안, 용도지역별 온실가스 배출 성능기준 등을 제시했으며, 관련 제도의 효율적 운영을 위해 성능기준 이행에 따른 인센티브 및 페널티 기준, 필지단위의 온실가스 배출량 거래제도, 온실가스 배출량 기반의 개발권 이양제도 등과 같은 지원제도의 필요성을 제안했다. 이는 향후 도시계획 및 토지이용 관리 제도가 국가 온실가스 감축목표에 대응하는 방향으로 개편(보완)되는데 있어 정책 및 제도 수립의 기본 방향으로 활용될 것이라 기대된다.

2) 연구의 한계 및 향후 과제

본 연구가 갖는 학술적·정책적 의의에도 불구하고, 본 연구는 다음과 같은 다양한 한계를 갖는다. 우선, 용적률 및 건폐율 차이에 따른 온실가스 배출 변화(회귀계수)를 파악하기 위해 적용한 SUR 모형의 경우, 모형의 설명력이 낮고 일부 통제변수의 영향이 이론적으로 예상되는 것과 반대의 부호를 보이는 등의 문제를 보였다. 이는 자료의 한계로 인해, 에너지 소비량을 결정하는 주요 요인인 건축물별 상주인구 및 이용행태(이용강도)가 모형에 반영되지 못했기 때문인 것으로 판단된다. 이러한 한계는 향후 연구에서 상주인구를 파악할 수 있는 최소단위인 집계구별 분석을 적용함으로써 보완할 수 있으리라 생각한다.

또한, 본 연구는 건축물의 용도를 주거 및 비주거용으로만 구분하여, 세부 용도별 특성을 분석하지 못한 한계를 갖는다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 용도지역별 분석을 도입해 기존 규제에 비해서는 훨씬 세분화된 규제 목표를 제안했다. 건물용도를 세분화할 경우 더욱 정확한 규제안을 도출할 수 있겠지만, 이는 지나치게 과도하고 경직된 규제를 야기할 가능성을 내포하고 있다. 따라서 건물용도별로 세분화된 분석결과와 정책 대안은 목표로 하는 규제 강도에 대한 합의를 토대로 마련하는 것이 바람직하다.

마지막으로, 본 연구의 모든 분석결과는 일부 용도지역과 단일 필지 내에 두 동 이상의 건물이 입지한 필지를 제외한 상태에서 도출한 것이라는 한계를 지닌다. 이 중 전자는 본 연구의 자료정제 조건에 따라 서울시의 일부 용도지역에서 관측치가 충분치 않게 됨으로써 발생한 문제로서, 향후 분석 대상을 전국 단위로 확대함으로써 보완할 수 있을 것이라 생각된다. 또한, 후자는 아직까지 개별 건축물의 공간좌표화가 완전히 이루어지지 않은 것에 기인한 것으로서, 향후 한국토지정보시스템(KLIS)에서 구축 중인 건물통합정보의 정밀도가 개선될 경우 이를 활용해 보완 가능할 것으로 판단된다.

이와 같은 한계로 인해, 본 연구를 통해 도출된 실증분석 결과에는 다소 간의 오차가 있을 수 있다. 따라서 이를 토대로 제시한 두 정책 제안 역시 상기한 자료에 대한 보완을 통해 지속적으로 검증될 필요가 있다. 또한, 향후 연구에서는 두 정책 제안의 구체적인 실효성과 실현방안에 대한 보다 구체적인 논의가 이루어질 수 있기를 바란다.

참고문헌

- 강식·김재령(2002), 「용도지구 지정 및 운영방안에 관한 연구」, 경기개발연구원.
- 고재경(2013), “COP19 협상 결과 및 시사점”, 「GRI 정책이슈」, 경기개발연구원.
- 고재경·김희선(2008), 「경기도 온실가스 저감을 위한 건물에너지 관리방안 연구」, 경기개발연구원.
- 국무총리실(2008), 「기후변화대응 종합기본계획」, 국무총리실 기후변화대책기획단.
- 국토교통부(2013a), “건축물 에너지 효율 등급 인증제도 운영규정”, 국토교통부 보도자료. 9월 1일자.
- 국토교통부(2013b), 「제1차 녹색건축물 기본계획」, 국토교통부.
- 국토교통부(2014), “입지규제 최소화지구 도입”, 국토교통부 보도자료. 2월 19일자.
- 국토연구원(N/A), “세계 도시 사례”, 「세계도시정보」,
https://ubin.krihs.re.kr/ubin/wurban/world_city_instance.php. (2014.5.3.)
- 국토해양부 녹색건축과(2012), 「2012 업무계획」, 국토해양부 내부자료.
- 국토해양부(2012), 「국가건물에너지 통합관리시스템구축(3차)사업추진현황보고」, 비공식 출판물.
- 권현주·차기욱·전규엽·홍원화(2012), “도시 내 주거 건축물의 입지조건에 따른 에너지소비량에 관한 연구”, 「한국생태환경건축학회 춘계학술발표대회 논문집」, v.12(1), pp.81-84.
- 기획재정부(2014), 「배출권거래제 기본계획」, 기획재정부.
- 김다화·김용가·이태원·문상만·안길찬(2011), “국내 소형건축물의 에너지 소비특성 분석”, 「대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집」, pp.664-667.
- 김명수·박정은·최영국·심우배·임은선·이문완·정진규·왕광익·서연미(2009), 「기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(Ⅱ)」, 국토연구원.
- 김민경(2013), “주요국 건물에너지의 정책사례와 시사점”, 「에너지포커스」, v.10(4), pp.55-74.
- 김민경·임희지(2010), 「세계 주요도시의 제로에너지타운 정책비교 연구」, 서울연구원.
- 김승남(2014), “녹색건축 활성화 정책의 현황과 과제”, 「건축과 도시공간」, v.14, pp.64-68.
- 김승남·오성훈(2014), 「지역녹색건축물 조성계획 수립지침 마련 연구」, 건축도시공간연구소.

- 김승남·유광흠(2014), “친환경건축물인증제 및 건축물에너지효율등급제의 에너지 및 탄소저감 효과 분석: 서울시 공동주택 단지를 중심으로”, 「도시설계」, v.15(2), pp.81-102.
- 김승민(2012), 「공공업무시설의 제로에미션 계획에 관한 연구」, 중앙대학교 석사학위 논문.
- 김인수(2010), 「세계 주요국의 에너지 효율 정책사례」, 에너지관리공단.
- 김정호(1994), 「한국의 토지이용규제」, 한국경제연구원.
- 김현일(2004), 「공동주택을 위한 태양광발전시스템의 적용성에 관한 연구」, 인하대학교 석사학위 논문.
- 녹색성장위원회(2009), 「녹색성장 국가전략」, 녹색성장위원회.
- 대한민국정부(2014), 「제2차 녹색성장 5개년 계획」, 대한민국정부.
- 대한국토도시계획학회(2008), 「토지이용계획론」, 서울: 보성각.
- 박정규·박정로·오중근·김재준(2013), “건물/설비시스템 요소와 에너지 소비량의 상관분석을 통한 업무용 건축물의 친환경 계획요소에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집」, v.29(1), pp.287-296.
- 산업통상자원부(2014), 「제2차 에너지기본계획」, 산업통상자원부.
- 서울특별시 도시계획국(N/A), “용도지역제”, 「서울도시계획포털」,
http://urban.seoul.go.kr/4DUPIS/wordsearch/content_word.do?iword_no=1010,
(2014.5.7.)
- 서정렬(2011), “도시재생으로서 복합개발 활성화를 위한 용도지역제 개선방안”, 「한국문화공간건축학회 논문집」, v.33, pp.43-50.
- 송용진(2010), “美 에너지부, ‘솔라 아메리카 시티’로 태양에너지 보급 활성화(상)”, 「산업경제 엿보기」, <http://all-it.kr/120107448898>.(2014.06.24.)
- 신지혜·이희정(2013), “복합용도개발에 따른 주변지역 건축물 용도변화 특성에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집」, v.29(1), pp.49-59.
- 신태형·구자훈(2012), “특별계획구역의 구역지정 및 지침특성에 관한 고찰: 2000년 이후 수립된 서울특별시 사례를 중심으로”, 「도시설계」, v.13(6), pp.119-135.
- 안건혁·김승남·이한울·김희철·양승호·박혜라·복진주·유지현·신은진·황지현(2010), 「에너지 절약형 건축도시개발 기술연구」, 서울: (주)한샘, 서울대학교 산학협력단.
- 안건혁·원종준·김승남·양승호·예태곤·이훈·황지현·김민혜·박혜라(2011), 「지속가능한 신도시 계획을 위한 도시지속가능성 평가기준 수립 연구」, 서울: GS건설.
- 에너지관리공단(2014), “건축인증제도 인증건물리스트”, 「에너지관리공단 건물에너지절약사업」,
http://www.kemco.or.kr/building/v2/bbs.asp?bid=builcert_list&sk=&kc=0&kt=&ks=&op=0&act=list&cp=1,(2014.6.9.)
- 에너지관리공단(N/A), “목표관리제 안내”, 「산업발전부문 온실가스에너지 목표관리제」,
<http://www.greencompany.or.kr/introduce/info.aspx>.(2014.6.9.)

- 에너지경제연구원(2005), 「2005년도 에너지총조사 보고서」, 에너지경제연구원.
- 에너지경제연구원(2012), 「2012년도 에너지총조사 보고서」, 에너지경제연구원.
- 에너지경제연구원(2013), 「2012 에너지통계 연보」, 에너지경제연구원.
- 오니시 다카시(2013), 「저탄소도시」, 서항석 외 역, 서울: 한올아카데미.
- 오성훈·성은영(2012), 「녹색건축물 기본계획 수립을 위한 사례연구」, 건축도시공간연구소.
- 오성훈·조상규·이상만·김승남·성은영·김원경·김신성·정영선(2013), 「제1차 녹색건축물 기본계획 수립연구」, 국토교통부.
- 온실가스종합정보센터 외 6개 부처(2011), “2020년 저탄소 녹색사회 구현을 위한 로드맵”, 정부 부처 합동 보도자료. 7월 12일자.
- 왕광익·이영아·김명수·심우배·유선철·박정은(2009), 「기후변화에 대비한 도시계획적 대응방안 연구」, 국토해양부.
- 왕광익·최영국·서태성·이문완·박정은·차정우·노경식·민경주(2010), 「기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(Ⅲ)」, 국토연구원.
- 원두환(2012), “고령화가 가정부문 에너지 소비량에 미치는 영향 분석: 전력수요를 중심으로”, 「자원환경경제연구」, v.21(2), pp.341-369.
- 유병권(2011), “기후온난화 방지와 녹색건축”, 「대한건축사협회지」, 2011년 11월호, p.10.
- 유광흠·조상규·오성훈·성은영(2009), 「친환경 근린개발을 위한 도시설계 기법연구」, 건축도시공간연구소.
- 유광흠·진현영·유현석·심숙연(2010), 「친환경 근린개발 평가인증체계의 개발 및 적용방안 (Ⅰ)」, 건축도시공간연구소.
- 유광흠·오주형·신민중·유현석·심숙연(2011), 「친환경 근린개발 평가인증체계의 개발 및 적용방안 (Ⅱ)」, 건축도시공간연구소.
- 유광흠·서선영(2012), 「도시공간개선사업의 저탄소 계획요소 적용에 관한 연구」, 건축도시공간연구소.
- 윤혜정·장남중(2010), 「도시계획체계 유연화방안 연구」, 국토교통부.
- 이강국·홍원화(2006), “도시에너지 소비의 공간시간적 특성 분석”, 「대한건축학회 논문집」, v.22(9), pp.291-298.
- 이강화·이하삭·양재혁(2010), “건축재료의 이산화탄소 배출원단위 변화추이연구”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, v.10(5), pp.123-129.
- 이강화·채창우(2008), “공동주택의 라이프사이클 에너지와 이산화탄소 추정에 관한 연구”, 「한국주거학회 논문집」, v.19(4), pp.89-96.
- 이민석·임강륜·성은영(2011), 「녹색건축물 활성화를 위한 제도 기반 구축 방안 연구」, 건축도시공간연구소.
- 이상엽·강만옥·채여라·고석진(2012), 「온실가스 목표관리제와의 연계를 고려한 국내 배출권거래제

- 세부운영방안 연구」, 한국환경정책평가연구원.
- 이성용·안정근(2012), 「지구단위계획 문제점과 개선방안 보고서」, 제주발전연구원.
- 이수진·송승영·김성임·허갑수·진현호(2012), “공동주택에서의 신재생에너지 적용에 따른 에너지 성능 분석”, 「대한건축학회 추계학술발표대회논문집」, v.32(2), pp.251-252.
- 이정형·조승연(2011), “도시디자인 규제수법으로서 형태기반코드(FBCs, Form-Based Codes)에 관한 연구: 미국 밀워키시 비어라인 “B” 프로젝트를 중심으로”, 「도시설계」, v.12(3), pp.77-90.
- 이철용·강승진(2010), 「온실가스·에너지 목표관리제와 온실가스 감축 관련 제도 간의 연계성 분석 연구」, 산업통상자원부.
- 이충국·서승직(2012), “국내 에너지다소비건물의 용도별지역별 온실가스 배출원단위분석 연구”, 「한국태양에너지학회논문집」, v.32(3), pp.162-169.
- 이호진·김서훈·정재욱·장철용·송규동(2013), “에너지 성능지표 기계부문 항목에 따른 업무용 건물의 에너지 절감율 분석”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, v.13(4), pp.49-54.
- 일본 국토교통성(2010), 「저탄소도시 만들기 가이드라인」, 일본 국토교통성 [in Japanese].
- 일본 자원에너지청(N/A), “에너지의 면적(面的) 활용에 관한 지원 제도”, 「일본 경제산업성 자원에너지청 홈페이지」,
<http://www.enecho.meti.go.jp/policy/dhc/hpver1/page3.html>. (2014.7.12.)
- 임유경·진현영(2011), 「건축의 품격 향상을 위한 건축물 형태규제 개선방안 연구」, 건축도시공간연구소.
- 장철용(2011), 「건물에너지 절약에 대한 기술」, 한국에너지기술연구원.
- 정기택·윤성만·문해준·여옥현(2012), “데이터마이닝을 이용한 건물 에너지 사용량 패턴 분석에 대한 연구”, 「한국생태환경건축학회 논문집」, v.12(2), pp.77-82.
- 정영선(2013), 「국가 건물부문 온실가스 감축전략 분석 연구」, 한국건설기술연구원.
- 정종관·정동화·장창석(2010), 「충남의 온실가스 배출권 거래제도 도입 방안」, 충남발전연구원.
- 정지성(2013), “군 건설사업의 토양환경성 증진방안에 관한 연구”, 인천대학교 대학원 석사학위 논문.
- 정창현·김지영·김석기·김태연·이승복(2009), “서울 주거부문 에너지 소비량 저감 전략에 따른 효과 분석”, 「대한건축학회 논문집」, v.25(11), pp.323-331.
- 정철모(1999), “도시계획구역내 용도지역제의 개선방안에 관한 연구”, 「한국지역개발학회지」, v.11(1), pp.117-127.
- 조상규(2010), “국내의 건축물 온실가스 배출 현황과 관련 정책 동향”, 「Auri Brief」, v.25, 건축도시공간연구소.
- 조상규·김영현(2013), 「녹색건축 정책수립을 위한 건축물 온실가스 배출량 통계 구축 및 분석 연구」, 건축도시공간연구소.
- 조상규·김영현·김승남·성은영·김신성·윤호산·정소운·이효진(2014), 「충청남도 녹색건축물 조성계획」, 충청남도.

- 조상규·이진민(2010), 「저탄소 에너지절약형 공동주택 디자인을 위한 정책방향 연구」, 건축도시공간연구소.
- 조성훈·안형준·김연아·박창영·최창호(2013), “공동주택의 건물에너지효율등급 예측을 위한 간이계산식에 관한 연구”, 「한국건축친환경설비학회논문집」, v.7(1), pp.1-7.
- 조항문·진상한·김민경(2009), 「저탄소 사회를 향한 서울시 건물에너지 저감전략」, 서울연구원.
- 채미옥·진정수·손학기·송하승·권태정·구형수·안영아·이은마·심재현(2009), 「선진적 국토관리를 위한 용도지역제 개선과 손익조정제도 도입방안 연구(I)」, 국토연구원.
- 최영국·정진규·심우배·이문원·임은선·김명수·왕광익·서연마·박정은(2008), 「기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(I)」, 국토연구원.
- 최윤경·이재엽·조영수(2009), “도심 활성화를 위한 복합용도개발의 계획방법에 관한 연구”, 「대한건축학회 논문집」 v.25(12), pp.183-190.
- 태성호·우지환·노승준·신성우(2010), “공동주택의 전 생애주기 이산화탄소(LCCO₂) 간이평가 기법 개발에 관한 연구”, 「대한건축학회논문집 계획계」, v.26(8), pp.37-44.
- 한국기후변화대응연구센터(2012), 「탄소배출권거래제도의 이해」, 한국기후변화대응연구센터.
- 한국섬유산업연합회(2012), 「온실가스·에너지 목표관리제 및 배출권 거래제에 대한 이해」.
- 한국화학융합시험연구원(N/A), “온실가스·에너지 목표관리제란?”, 「온실가스 검증센터」, <http://www.ktr.or.kr/ghg/energy/intro.php>.(2014.7.5.)
- 한국환경공단(N/Aa), “기후변화대책”, 「기후변화 홍보포털」, http://www.gihoo.or.kr/portal/2013_Portal/measure/international.jsp.(2014.7.5.)
- 한국환경공단(N/Ab), “사업장 대기오염물질 총량관리제도란?”, 「대기총량 관리 시스템」, <https://www.n-sky.or.kr/total.html>.(2014.7.5.)
- 환경관리공단(2008), 「해외 지방자치단체 기후변화 대응사례집」, 환경관리공단.
- 환경부(2009), 「수도권 사업장 대기오염물질 총량관리제 업무편람」, 환경부.
- 환경부(2014a), “국가온실가스 감축 2020년 로드맵 마련”, 환경부 보도자료. 1월 28일자.
- 환경부(2014b), 「전략환경영향평가 업무 매뉴얼」, 환경부.
- 황유나(2011), “건축물 전문 ‘온실가스·에너지 목표관리’ 대응 MRV 시스템(ES-MRV 출시)”, 「에코시안 솔루션 소개」, v.86, pp.1-5.
- American Planning Association(2007), *Panning and Urban Design Standards*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- American Planning Association(N/A), “Flexible Zoning Techniques”, 「American Planning Association」, <https://www.planning.org/divisions/planningandlaw/propertytopics.htm>.(2014.6.19.)
- Arata, Y.(N/A), “Tokyo Cap-and-Trade: Drive for a Low Carbon City”, unpublished presentation.

- Arlington County(2009), *Green Building Density Incentive Policy for Site Plan Projects*, Arlington County, Virginia.
- Arlington County(2012), *Green Building Density Incentive Policy for Site Plan Projects*, Arlington County, Virginia.
- Arlington County Government(N/A), “Arlington’s Green Building Story”, 「AIRE」, <http://freshaireva.us/2012/04/arlington-green-building-story/>.(2014.5.7.)
- ASH Center(N/A), “Land Development Guidance System”, 「Ash Center for Democratic Governance and Innovation, Harvard Kennedy School」, <http://www.innovations.harvard.edu/land-development-guidance-system>.(2014.7.5.)
- Atherton Shire Council(2004), *Atherton Shire Planning Scheme*, <http://www.trc.qld.gov.au/sites/all/files/Atherton%20Shire%20Planning%20Scheme.pdf>.(2014.7.5.)
- BIR Research Group(2011), 「저탄소녹색성장의 비전 탄소배출권의 현황과 전망」, Business Information Research.
- Bucks County Planning Commission(1996), *Performance Zoning Model Ordinance, Bucks County, Pennsylvania*, <http://www.smartcommunities.ncat.org/codes/bucks.shtml>.(2014.6.6)
- Buscher, G. and Green, M.(2005), “The Evolution of the Law of Land use and Regulation in Massachusetts”, cited in Hirt(2012).
- C40 Cities(N/A), “Seattle Sets the Standards for Green Buildings”, 「C40 Cities」, http://www.c40.org/case_studies/seattle-sets-the-standards-for-green-buildings.(2014.8.2.)
- Carbon Zone Ltd.(N/A), “The Carbon Reduction Commitment Energy Efficiency Scheme”, 「carbonzone」, <http://www.carbonreductioncommitment.co.uk/>.(2014.7.5.)
- Carmona, M., Heath, T., Tiesdell, S. and Oc, T.(2003), *Public Places – Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*, Oxford: Architectural Press.
- Center for Climate and Energy Solutions(2014), *California Cap and Trade Program Summary*.
- City of Boston(2000), *Boston Zoning Code, Article 27*.
- City of Boston(N/A), “Green Buildings”, 「City of Boston」, <http://www.cityofboston.gov/eos/buildings>.(2014.4.10.)
- City of Cambridge(N/A), “Green Building Standards for Large Development/LEED”, 「Community Development Department, City of Cambridge, Massachusetts」, <http://www.cambridgema.gov/cdd/projects/planning/greenbuildings.aspx>.(2014.4.10.)
- City of Fort Collins(1982), *The Code of the City of Fort Collins*, <http://citydocs.fcgov.com/>.(2014.6.5.)
- City of New York(N/Aa) “Zone Green text amendment – approved”, 「Department of

- Planning, City of New York],
<http://www.nyc.gov/html/dcp/html/greenbuildings/index.shtml>.(2014.8.10.)
- City of New York(N/Ab), *Zone Green text amendment handout*, Department of Planning,
 City of New York.
- City of Seattle(N/A), “Leading with conservation and renewable energy”, 「Seattle.gov」,
<http://www.seattle.gov/environment/buildings-and-energy>.(2014.8.1.)
- City of Shelbyville(2004), *Chapter 3 Performance Zoning, Zoning Ordinance*, City of
 Shelbyville, Indiana, http://www.cityofshelbyvillein.com/Portals/0/ZC_03.pdf.
 (2014.7.5.)
- City of Vancouver(2014), *Green Building Policy for ReZoning*, City of Vancouver.
- City of Vancouver(N/A), “Updated green zoning policies”, 「City of Vancouver」
<http://vancouver.ca/home-property-development/sustainable-zoning-landing.aspx>.
 (2014.4.10.)
- DC Office of Planning(2008), *Zoning Best Practices*, https://www.communicationsmgr.com/projects/1355/docs/Zoning_BPs_whole.pdf.(2014.7.5.)
- Duany, A., Plater-Zyberk, E. and Speck, J.(2001), *Suburban Nation: The rise of sprawl and the decline of the American dream*, New York: North Point Pr..
- Ealing Council(N/A), “Complying with planning policy”, 「Ealing Council」,
http://www.ealing.gov.uk/info/1004/planning_policy/600/complying_with_planning_policy.(2014.7.5.)
- Eggers, W.(1990), “Land Use Reform through Performance Zoning”, *Policy Insight*, Los Angeles, CA: Reason Foundation,
<http://reason.org/files/a064e51d24491f84f63b02f97040b4ac.pdf>.(2014.7.10.)
- Enkvist, P., Naucler, T. and Rosander, J.(2007), “A cost curve for greenhouse gas reduction”, *McKinsey Quarterly*, 2007 Number 1, pp.35-45.
- Environment Agency(2013), *Guidance for CRC Energy Efficiency Scheme: Assessing Qualification and Registering for Phase 2*, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/298090/LIT_7674_097b66.pdf.(2014.4.10.)
- Fate, D. and Tiger, S(N/A), *Solar America Cities Accelerating Solar on a Local Level*, U.S. Department of Energy Solar Energy Technologies Program,
http://www.epa.gov/region6/6sf/pdf/files/lrb2g_fate.pdf.(2014.7.10.)
- Gearity, M.(2006), *The Merton Rule*. University of Bath,
http://www.jmarshall.org.uk/PhDs/M_Gearity/m_gearity.html.(2014.8.15.)
- Gujarati, D. N.(2003), *Basic Econometrics*, 4th International ed., Boston: McGraw Hill.
- HDR Engineering, Inc.(2010), *City of Seattle Code Review: Final Gap Analysis Report*,
<http://www.seattle.gov/Documents/Departments/OSE/COS-Solar-Code-Gap-Analysis>.

- pdf.(2014.6.15.)
- Hirt, S.(2012), “Mixed use by default: how the Europeans (don't) zone”, *Journal of Planning Literature*, v.27(4), pp.375–393.
- Hoover, A.(2011), “Understanding California's Cap-and-Trade Regulations”, *Association of Corporate Counsel*, <http://www.acc.com/legalresources/quickcounsel/UCCTR.cfm?makepdf=1>.(2014.6.15.)
- Houser, T.(2009), “The economics of energy efficiency in buildings”, *Peterson Institute for International Economics Policy Brief*, Aug. 2009, pp.1–13.
- ICAX(N/A), “The Merton Rule”, 「ICAX」, http://www.icax.co.uk/The_Merton_Rule.html.(2014.9.9.)
- IETA(2012), “Summary of Final Rules for California's Cap-and-Trade Program”, http://www.ieta.org/assets/US-WG/ieta_summary_of_california_ct_regulations.pdf.(2014.6.15.)
- Ihlanfeldt, K. R.(2004), “Exclusionary land-use regulations within suburban communities: a review of the evidence and policy prescriptions”, *Urban Studies*, v.41(2), pp.261–283.
- IPCC, 「기후변화 2007 종합보고서」, 기상청 역(2008), 서울: 기상청.
- Jaffe, M(1993), *Performance Zoning: A Reassessment*, Land Use Law, Chicago: APA.
- Kaneko, M.(2014), “Tokyo's Carbon Market for Office Buildings Is All ‘Cap’ and Not Much ‘Trade’”, 「The Atlantic Monthly Group」, <http://www.citylab.com/politics/2014/03/tokyos-carbon-market-office-buildings-all-cap-and-not-much-trade/8607/#>.(2014.6.15.)
- Krier, L.(1984), ““Critiques” and “Urban Components””, in Larice, M. and E. McDonald(2007) (eds), *The Urban Design Reader*, New York: Routledge, pp.231–250.
- Krier, L.(1990), “Urban components”, in Papadakis, A. and H. Watson(1990)(eds), *New Classicism: Omnibus Edition*, London: Academy Editions, pp.96–211.
- Kendig, L. and White, M.(2014), *Comparing Four Zoning Forms, Euclidian, Conditional, Form-Based, and Performance*, APA National, <http://www.kendigkeast.com/wp-content/uploads/2012/03/Comparison-of-4-Forms-of-Zoning-Kendig-White-APA-National-2014.pdf>.(2014.6.15.)
- Ko, Y.(2013), “Urban Form and Residential Energy Use”, *Journal of Planning Literature*, v.28(4), pp.327–351.
- Massachusetts Nonpoint Source Pollution Management(N/A), *Zoning and Land Use Controls: Adapted from Pollution Prevention/Good Housekeeping for Municipal Operations (USEPA)*, <http://projects.geosyntec.com/NPSManual/Fact%20Sheets/Zoning%20&%20Land%20Use%20Controls.pdf>.(2014.6.15.)
- McDonald, M. S.(2013), “Exploring The Potential For Performance Zoning Within The

- Practice Of Marine Spatial Planning”, Master`s Thesis, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia, http://dalspace.library.dal.ca/bitstream/handle/10222/37031/Macdonald,%20S%20-%20Graduate_Project2013.pdf?sequence=1. (2014.6.15.)
- Merton Council(N/A), “The Merton Rule”, 「Merton Council」, <http://www.merton.gov.uk/environment/planning/planningpolicy/mertonrule.htm>. (2014.9.10.)
- Nam, Y. and Choi, K.(2010) “Spatial Patterns of Neighbourhood Outcomes: The Effect of Place-Based Social Capital”, presented at Urban Affairs Association 40th Conference, March 10 – 13, 2010, Sheraton Waikiki Hotel, Honolulu, Hawaii.
- National Renewable Energy Laboratory(2008), *Solar America Initiative, U.S. Department of Energy, Energy Efficiency and Renewable Energy*, Fact Sheet, March 2008. <http://www.nrel.gov/docs/fy08osti/43008.pdf>. (2014.4.15.)
- Nishida, Y.(2013), *Stakeholder Engagement: Case in Tokyo Cap-and-Trade*, Partnership for Market Readiness Workshop Stakeholder Engagement and Communication.
- OECD/IEA(2012), *Key World Energy Statistics 2012*, France: Stedi Media.
- OECD/IEA(2013), *Energy Balances of OECD Countries 2013*, France: Stedi Media.
- Ohm, B. W.(1999), *Guide to Community Planning in Wisconsin, 3.3 Performance Zoning*, Land Information & Computer Graphics Facility, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, http://www.lic.wisc.edu/shapingdane/resources/planning/library/book/chapter06/chap6_3-3.htm. (2014.4.15.)
- Ottensmann, J.R.(2005), “Market-Based Exchanges of Rights within a System of Performance Zoning, School of Public and Environmental Affairs, Indiana University, <http://www-pam.usc.edu/volume1/v1i1a4print.html>. (2014.8.2.)
- Parolek, D. G., K. Parolek and P. C. Crawford(2008), *Form-Based Codes: A Guide for Planners, Urban Designers, Municipalities, and Developers*, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Plan Re:Code(2014), “Types of Zoning Codes”, 「Plan Re:Code」 <http://recode.la/updates/news/types-zoning-codes>. (2014.8.2.)
- Putnam, R.(2000), *Bowling Alone: The Collapse and Revival of American Community*, New York: Simon and Schuster.
- Richmond Regional Planning District Commission(2001), *Applications of Performance Zoning for Industrial Uses in Hanover County: A Technical Assistance Project*, Richmond, Virginia, http://www.richmondregional.org/Publications/Reports_and_Documents/Planning/Hanover/Hanover_Industrial_Zoning.pdf. (2014.8.2.)
- Ross, B. and Rhees, S. S.(2010), “Solar Energy and Land-Use Regulation”, *Zoning Practice*, November, pp.1-7.
- Rudolph, S. and Kawakatsu, T(2012), “Tokyo’s Greenhouse Gas Emissions Trading Scheme: A

- Model for Sustainable Megacity Carbon Markets?”, *Joint Discussion Paper Series in Economics*, Faculty of Business Administration and Economics, http://www.uni-marburg.de/fb02/makro/forschung/magkspapers/index_html%28magks%29.(2014.8.2.)
- Schaffner, P. and Waxman, J.(2009), *Green Zoning: Creating Sustainable Communities Through Incentives Zoning*, Harvard Kennedy School.
- Soble, J. (2010), “Tokyo introduces cap-and-trade scheme”, 「The Financial Times Ltd 2015」, <http://www.ft.com/intl/cms/s/0/0961abe6-41fe-11df-865a-00144feabdc0.html#axzz3cLXK2n78>.(2014.5.2.)
- Talen, E. (2013), “Zoning for and against sprawl: the case for form-based codes”, *Journal of Urban Design*, v.18(2), pp.175-200.
- The National Estuarine Research Reserve(N/A), “Land Use Module: planning and zoning tool”, 「The National Estuarine Research Reserve」, <http://nerrs.noaa.gov/doc/siteprofile/acebasin/html/modules/landuse/lmplanzn.htm>, (2014.7.8.)
- Tokyo Metropolitan Government(2013), “동경 탄소 배출권 거래제”, 보도자료. 2월 14일자 [in Japanese].
- Tokyo Metropolitan Government(N/A), “Tokyo`s Green Building and Cap-and-Trade Programs”, RIO+20 Conference.
- U.S. Department of Energy(2008), *The Department of Energy’s Solar America Initiative*, U.S. DOE Solar Energy Technologies Program, <http://web.ornl.gov/sci/solarsummit/presentations/DOEHQsolar.pdf>.(2014.8.2.)
- ULI(2003), *Mixed-use Development Handbook*, D.C.: Urban Land Institute.
- University of Wisconsin-Eau Claire(N/A), “Performance Zoning”, 「University of Wisconsin-Eau Claire」, <http://www.uwec.edu/geography/Ivogeler/w270/Performance%20Zoning.htm>.(2014.8.22.)
- USGBC(2009), *Summary of Government LEED Incentives*, <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs2021.pdf>.(2014.7.30.)
- UK DOE(N/A), “CRC - Energy Efficiency Scheme”, 「UK DOE」, http://www.doeni.gov.uk/index/protect_the_environment/climate_change/crc.htm.(2014.7.31.)
- UK Government(2014), “CRC Energy Efficiency Scheme: qualification and registration”, 「GOV.UK」, <https://www.gov.uk/crc-energy-efficiency-scheme-qualification-and-registration>.(2014.5.30.)
- Wikipedia(N/A), “The Merton Rule”, 「Wikipedia」, http://en.wikipedia.org/wiki/The_Merton_Rule.(2014.4.24.)

Kim, Seung-Nam
Cho, Sang Kyu
Kim, Young Hyun

1. Introduction

Is net-zero energy building possible? As we learn from the existing experimental approaches, it is no longer technically unattainable. However, would it still be feasible if we set a target for all buildings to become net-zero in their energy use? Can this regulation be a socioeconomically fair, reasonable, and achievable goal? Considering a recent target set by the government, which aims to achieve net-zero energy of all buildings by 2025, there is a strong need to identify whether such a goal is practical, and if not, explore alternatives that may bring along other possibilities. Against this backdrop, this study aims to analyze the theoretical threshold of greenhouse gases (GHG) reduction rate of newly constructed buildings and revise building energy performance regulation and GHG emission performance standard by Use Area.

2. Policy and Literature Review

Chapter 2 reviews existing policies on green buildings and theoretical backgrounds that are relevant to this topic. Firstly, Section 1 reviews strategies of GHG reduction policies and limitations at the architectural level, and argues for the necessity of approaches at the urban planning-level. Section 2 suggests basic concepts and the current status of ‘building energy performance regulation through land use regulation’ including performance zoning. It also proposes a need for land use

performance regulations based on GHG emissions of individual buildings. Lastly, in order to estimate GHG reduction performance of green buildings in general, Section 3 reviews existing literature and systems in five ways. The result suggests that maximum GHG reduction rate could range between 50% and 80%, including the energy demand substitution effects of new and renewable energy generation.

3. Case Study on GHG Reduction Policies and Systems through Land Use Regulations

Chapter 3 investigates land use systems and supporting systems for GHG reduction of building sector in the developed world. Section 1 examines land use regulations and deregulation that target GHG reduction of the building sector and suggests future strategies for system improvement. Next, Section 2 reviews low-carbon urban planning system and guideline of Japan for area-wide GHG management of the building sector. As the current GHG reduction goals are restricted to approaches at the architectural level in Korea, those at urban planning-level are integral. Section 3 studies various supporting systems that promote green building and green urban planning through administrative or financial supports. Lastly, Section 4 explores the essence of performance zoning that were adopted in the U.S. and Australia. The findings suggest that the introduction of performance zoning may play a significant role in the existing zoning system.

4. Characteristics of GHG Emission and Performance Standards by Use Area

Chapter 4 explores building energy performance regulation and GHG emission performance standard by Use Area by analyzing theoretical thresholds of GHG reduction rates of newly constructed buildings. Firstly, Section 1 runs through major methods and data used in this research. Section 2 examines energy consumption characteristics and their determinants by building use and level of zoning regulation by analyzing Building Energy Data (UNBE).

Based on the findings from Section 2, Section 3 analyzes theoretical

thresholds of GHG reduction rates of newly constructed buildings by building use and level of zoning regulation. The results suggest that it is impossible to achieve the net-zero energy goal in all Use Areas except class 1 exclusive residential area. Accordingly, Section 4 suggests a regulation level that is practically reachable by building use and Use Area. It also provides test results on GHG reduction impacts. Simulation shows that the revised regulations, developed in this study, are applicable enough to achieve national GHG goal for the residential building sector, while less so for the commercial building sector. We conclude that an off-site approach is also essential to achieve the national GHG goals, which include new and renewable energy generation and sharing of unused energy.

Lastly, Section 5 establishes a GHG emission performance standard by Use Area as a longer policy alternative. The performance standards for each Use Area range from 15 to 220kgCO₂eq/m²/year. Simulation shows that 66% of total GHG emission can be reduced by 2020 solely through this performance standard.

5. Conclusion

Chapter 5 summarizes implications for future GHG management policy, as follows. Firstly, the government should revise a building energy performance regulation for newly constructed buildings. Second, the government should adopt the GHG emission performance as a new instrument in zoning regulation. Finally, to efficiently manage the two systems suggested above, various supporting systems need to be established as a long-term goal, including incentive systems for successful reduction of GHG, penalty (such as enforcement fine) for failure to achieve their goals, and GHG emission trading system.

Keywords : Greenhouse Gases (GHG), Building Energy, Green Building, Zoning Regulation

부록1. 온실가스 배출량 및 석유환산톤 산정 기준

1. 국가 건물에너지 통합관리시스템의 온실가스 배출 등가계수
2. 국가 건물에너지 통합관리시스템의 석유환산톤 산출계수(에너지열량 환산기준)

1. 국가 건물에너지 통합관리시스템의 온실가스 배출 등가계수

[표 부록1-1] 온실가스 배출 등가계수

연료	용도 (적용대상)	단위	자릿 수	2008	2009	2010	2011	2012	2013	
전기 (소비)	생활 전기	MWh	3	0.469	0.472	0.471	0.460	0.460	0.460	
	취사용 중양난방용 중양난방 온수	Nm ³	6							0.002249
도시 가스		TJ	3							56,236
	지역난방, 지역난방 온수	MWh	4	0.0786	0.0860	0.0937	0.1076	0.1076	0.1076	
지역 난방		m ³	6	0.001074	0.001175	0.001281	0.001471	0.001410	0.001410	
		Mcal	8	0.00009139	0.00009995	0.00010898	0.00012514	0.00012514	0.00012514	
		ton	6	0.001074	0.001175	0.001281	0.001471	0.001471	0.001471	
		L	9	0.000001074	0.000001175	0.000001281	0.000001471	0.000001471	0.000001471	

주: 전기는 소비단 계수를 기준으로 함. 도시가스는 IPCC 기본배출계수 적용. 지역난방은 한국지역난방공사(수도권 연계지사) 배출계수를 대푯값으로 적용

출처: 국가 건물에너지 통합시스템 구축사업단에서 제공한 DB 시스템 적용지침서(국토해양부, 2012)를 발췌 정리함

2. 국가 건물에너지 통합관리시스템의 석유환산톤 산출계수(에너지열량 환산기준)

[표 부록1-2] 에너지원별 석유환산톤 산출 적용식 및 적용계수

구분	단위	적용식	적용계수	
전기	kWh	발전단	$1\text{kWh} \times (2,110 \times 10^{-7})\text{TOE/kWh} =$	0.000211
		소비단	$1\text{kWh} \times (2,300 \times 10^{-7})\text{TOE/kWh} =$	0.000230
		소비단 최종 에너지	$1\text{kWh} \times (860 \times 10^{-7})\text{TOE/kWh} =$	0.000086
도시 가스	Nm ³	2011년 12월 이전	$1\text{Nm}^3 \times (1,055 \times 10^{-3})\text{TOE/Nm}^3 =$	0.001055
		2012년 1월 이후	$1\text{Nm}^3 \times (1,043 \times 10^{-3})\text{TOE/Nm}^3 =$	0.001043
	MJ	$1\text{MJ} \times (0,2388 \times 10^{-3})\text{TOE/MJ} =$	0.00002388	
	m ³	$1\text{m}^3 \times (11757.2 \times 10^{-7})\text{TOE/m}^3 =$	0.00117572	
지역 난방	Gcal	$1\text{Gcal} \times (1,000,000 \times 10^{-7})\text{TOE/Gcal} =$	0.1	
	Mcal	$1\text{Mcal} \times (1,000 \times 10^{-7})\text{TOE/Mcal} =$	0.0001	
	Kcal	$1\text{Kcal} \times (1,000 \times 10^{-7})\text{TOE/Kcal} =$	0.0000001	
	kWh	소비단	$1\text{kWh} \times (2,150 \times 10^{-7})\text{TOE/kWh} =$	0.000215
		소비단 최종 에너지	$1\text{kWh} \times (860 \times 10^{-7})\text{TOE/kWh} =$	0.000086
온수	m ³	$1\text{m}^3 \times (40,508 \times 10^{-7})\text{TOE/m}^3 =$	0.0040508	
	ton	$1\text{ton} \times (40,508 \times 10^{-7})\text{TOE/ton} =$	0.0040508	
	L	$1\text{L} \times (40,508 \times 10^{-7})\text{TOE/L} =$	0.0000040508	

주: 전기와 도시가스의 경우 음영의 기준을 따름

출처: 국가 건물에너지 통합시스템 구축사업단에서 제공한 DB 시스템 적용지침서(국토해양부, 2012)를 발췌 정리함

부록2. 건물용도별·용도지역별 표준 건축물의 온실가스 감축률 분석 종합표

- | | |
|------------------|--------------------|
| 1. 제1종전용주거지역-주거용 | 7. 제1종전용주거지역-비주거용 |
| 2. 제1종일반주거지역-주거용 | 8. 제1종일반주거지역-비주거용 |
| 3. 제2종일반주거지역-주거용 | 9. 제2종일반주거지역-비주거용 |
| 4. 제3종일반주거지역-주거용 | 10. 제3종일반주거지역-비주거용 |
| 5. 준주거지역-주거용 | 11. 준주거지역-비주거용 |
| 6. 일반상업지역-주거용 | 12. 일반상업지역-비주거용 |

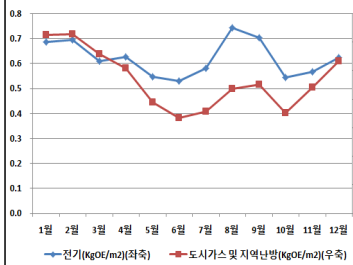
제1종전용주거지역: 주거용

[용적을 제한: ≤100% | 건폐율 제한: ≤50%]

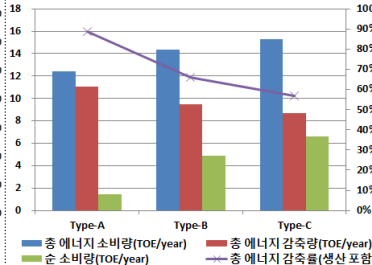
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²) 유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적을 100% / 연면적 400m²)

전기	기저 소비량	5,565	Type-A	Type-B	Type-C			
	냉방 소비량	0,867						
	난방 소비량	1,026						
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	35,358	적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	33.3%	적용 건폐율	25.0%
	난방 소비량	20,792		건폐면적(m ²)	200.0	건폐면적(m ²)	133.2	건폐면적(m ²)
합계	기저 소비량	40,923	층수	2	층수	3	층수	4
	냉방 소비량	0,867	높이(m)	6	높이(m)	9	높이(m)	12
	난방 소비량	21,817	합		63.607			
관측치 수		73						

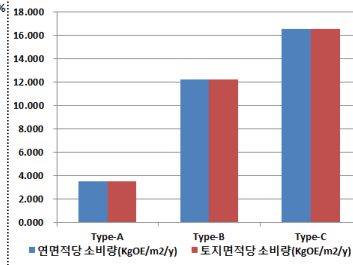
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	12,451	14,357	15,304	26,620	30,694	32,718
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	6,620	8,121	8,867	14,134	17,339	18,932
전기 기저	0,900	1,104	1,206	1,800	2,209	2,412
도시가스 기저	5,720	7,017	7,662	12,334	15,130	16,520
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	0,408	0,409	0,410	0,815	0,818	0,819
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	5,423	5,826	6,027	11,654	12,520	12,951
전기 난방	0,255	0,274	0,283	0,510	0,548	0,567
도시가스 난방	5,168	5,552	5,743	11,144	11,973	12,384
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	1,460	1,683	1,794	2,919	3,366	3,588
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	10,991	12,673	13,509	23,701	27,328	29,130
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축률(온실가스 감축량)	5,248	5,612	5,793	11,223	12,005	12,393
냉방(전기) 에너지 감축률(온실가스 감축량)	0,367	0,368	0,369	0,734	0,736	0,737
난방 에너지 감축률(온실가스 감축량)	4,881	5,244	5,424	10,489	11,268	11,656
전기 난방	0,229	0,247	0,255	0,459	0,493	0,510
도시가스 난방	4,652	4,997	5,169	10,030	10,775	11,146
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	42.1%	39.1%	37.9%	42.2%	39.1%	37.9%
전기 감축률	40.9%	36.5%	34.8%	40.9%	36.5%	34.8%
도시가스 및 지역난방 감축률	42.3%	39.4%	38.3%	42.3%	39.4%	38.3%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	5,792	3,857	2,896	11,584	7,715	5,792
에너지 총당률(온실가스 감축률)	46.5%	26.9%	18.9%	43.5%	25.1%	17.7%
순 소비량(순 배출량)	1,411	4,887	6,615	3,814	10,975	14,534
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	3,529	12,219	16,538	9,534	27,436	36,334
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	3,529	12,219	16,538	9,534	27,436	36,334
총 감축률(태양광E 생산 포함)	88.7%	66.0%	56.8%	85.7%	64.2%	55.6%

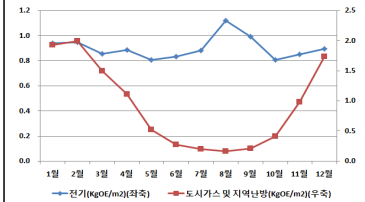
제1종일반주거지역: 주거용

[용적률 기준: ≤150% | 건폐율 기준: ≤60%]

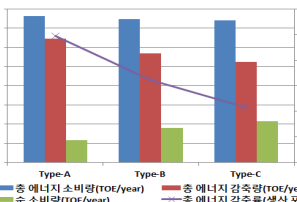
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²) 유형별 기본 가정(공동 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 150% / 연면적 600m²)

전기	기저 소비량	9,147	Type-A	Type-B	Type-C	
	냉방 소비량	0,865				
	난방 소비량	0,795				
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	1,785	적용 건폐율	50.0%	37.5%	30.0%
	난방 소비량	9,232		적용 건폐율	37.5%	30.0%
합계	기저 소비량	10,932	건폐면적(m ²)	200.0	150.0	120.0
	냉방 소비량	0,865	층수	3	4	5
	난방 소비량	10,026	높이(m)	9	12	15
	합	21,824				
관측치 수		1246				

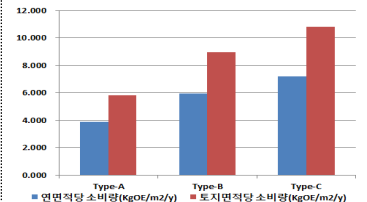
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

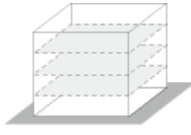
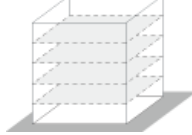

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	15,220	14,960	14,803	31,642	31,100	30,774
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	7,325	7,139	7,027	14,837	14,460	14,234
전기 기저	6,129	5,973	5,880	12,258	11,946	11,759
도시가스 기저	1,196	1,166	1,148	2,579	2,514	2,474
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	0,624	0,614	0,608	1,248	1,229	1,217
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	7,271	7,206	7,168	15,588	15,450	15,366
전기 난방	0,576	0,571	0,568	1,153	1,142	1,136
도시가스 난방	6,695	6,635	6,599	14,436	14,307	14,230
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	7,537	7,408	7,330	15,074	14,816	14,661
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	7,683	7,552	7,473	16,568	16,284	16,114
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	7,106	7,039	6,998	15,153	15,011	14,925
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	0,562	0,553	0,548	1,124	1,106	1,095
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	6,544	6,486	6,451	14,029	13,905	13,830
전기 난방	0,519	0,514	0,511	1,037	1,028	1,023
도시가스 난방	6,025	5,972	5,939	12,992	12,877	12,807
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	46.7%	47.1%	47.3%	47.9%	48.3%	48.5%
전기 감축률	14.3%	14.4%	14.4%	14.3%	14.4%	14.4%
도시가스 및 지역난방 감축률	78.4%	79.1%	79.5%	78.4%	79.1%	79.5%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	5,792	4,344	3,475	11,584	8,688	6,950
에너지 총당률(온실가스 감축률)	38.1%	29.0%	23.5%	36.6%	27.9%	22.6%
순 소비량(순 배출량)	2,323	3,577	4,330	4,905	7,401	8,899
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	3,872	5,962	7,216	8,175	12,336	14,832
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	5,807	8,943	10,824	12,263	18,503	22,248
총 감축률(태양광E 생산 포함)	84.7%	76.1%	70.8%	84.5%	76.2%	71.1%

제2종일반주거지역: 주거용 [용적률 기준: ≤200% | 건폐율 기준: ≤60%]

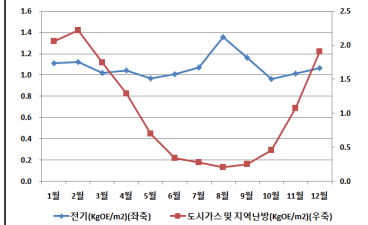
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	10,947
	냉방 소비량	1,052
	난방 소비량	0,904
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	2,173
	난방 소비량	10,358
합계	기저 소비량	13,119
	냉방 소비량	1,052
	난방 소비량	11,262
	합	25,433
관측치 수		14068

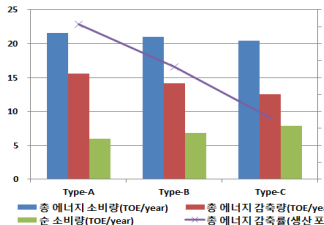
유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 200% / 연면적 800m²)

Type-A		Type-B		Type-C	
					
적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	40.0%	적용 건폐율	28.6%
건폐면적(m ²)	200.0	건폐면적(m ²)	160.0	건폐면적(m ²)	114.3
층수	4	층수	5	층수	7
높이(m)	12	높이(m)	15	높이(m)	21

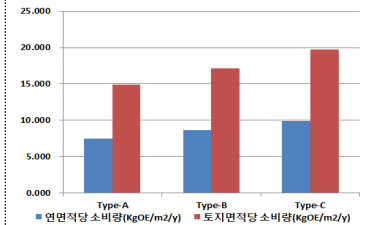
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



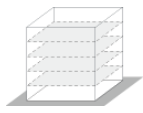
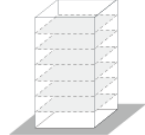
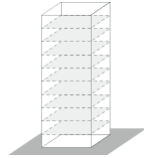
유형별 단위면적당 에너지 성능기준

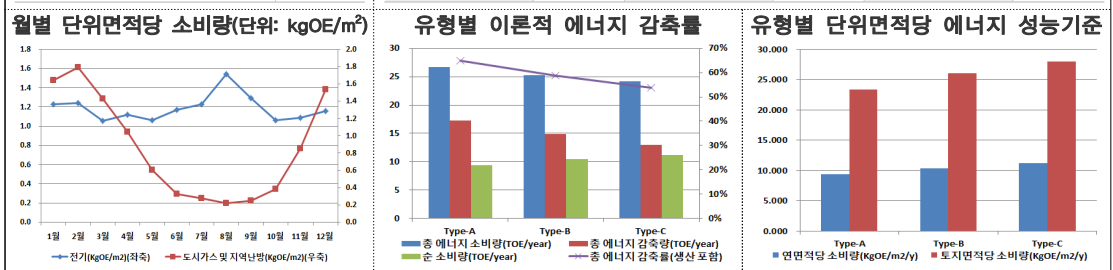


[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	21,513	20,992	20,398	44,635	43,556	42,322
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	10,675	10,453	10,199	21,619	21,169	20,654
전기 기저	8,908	8,722	8,510	17,815	17,444	17,020
도시가스 기저	1,760	1,723	1,681	3,795	3,715	3,625
지역난방 기저	0,008	0,008	0,008	0,010	0,010	0,009
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	0,875	0,840	0,801	1,749	1,681	1,602
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	9,963	9,699	9,397	21,317	20,753	20,108
전기 난방	0,800	0,778	0,754	1,599	1,557	1,508
도시가스 난방	9,121	8,880	8,604	19,668	19,147	18,552
지역난방	0,042	0,041	0,040	0,050	0,049	0,048
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	10,914	10,650	10,348	21,827	21,299	20,696
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	10,551	10,295	10,004	22,750	22,200	21,571
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,049	0,047	0,046	0,058	0,057	0,055
총 에너지 감축률(온실가스 감축률)	9,754	9,485	9,179	20,760	20,190	19,539
냉방(전기) 에너지 감축률(온실가스 감축률)	0,787	0,756	0,721	1,574	1,513	1,442
난방 에너지 감축률(온실가스 감축률)	8,966	8,729	8,458	19,186	18,678	18,097
전기 난방	0,720	0,701	0,679	1,439	1,401	1,358
도시가스 난방	8,209	7,992	7,743	17,701	17,232	16,697
지역난방	0,038	0,037	0,036	0,045	0,044	0,043
에너지 감축률(온실가스 감축률)	45.3%	45.2%	45.0%	46.5%	46.4%	46.2%
전기 감축률	13.8%	13.7%	13.5%	13.8%	13.7%	13.5%
도시가스 및 지역난방 감축률	77.8%	77.6%	77.4%	77.8%	77.6%	77.4%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축률)	5,792	4,633	3,310	11,584	9,267	6,619
에너지 총당률(온실가스 감축률)	26.9%	22.1%	16.2%	26.0%	21.3%	15.6%
순 소비량(순 배출량)	5,967	6,874	7,909	12,292	14,099	16,163
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	7,459	8,592	9,886	15,365	17,623	20,204
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	14,918	17,184	19,773	30,730	35,246	40,408
총 감축률(태양광E 생산 포함)	72.3%	67.3%	61.2%	72.5%	67.6%	61.8%

제3종일반주거지역: 주거용 [용적률 기준: ≤250% | 건폐율 기준: ≤50%]

단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m ²)			유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 400m ² / 적용 용적률 250% / 연면적 1,000m ²)					
			Type-A		Type-B		Type-C	
전기	기저 소비량	11,994						
	냉방 소비량	1,353						
	난방 소비량	0,896						
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	2,216						
	난방 소비량	8,143						
합계	기저 소비량	14,210	적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	35.7%	적용 건폐율	25.0%
	냉방 소비량	1,353	건폐면적(m ²)	200.0	건폐면적(m ²)	142.9	건폐면적(m ²)	100.0
	난방 소비량	9,038	층수	5	층수	7	층수	10
	합	24,601	높이(m)	15	높이(m)	21	높이(m)	30
관측치 수		1842						



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]						
	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	26,635	25,234	24,184	55,005	52,112	49,942
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	13,859	13,357	12,979	28,053	27,035	26,272
전기 기저	11,698	11,273	10,955	23,396	22,547	21,910
도시가스 기저	2,158	2,080	2,021	4,653	4,484	4,358
지역난방 기저	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004	0,004
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	1,260	1,262	1,263	2,520	2,524	2,526
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	11,516	10,616	9,941	24,636	22,711	21,267
전기 난방	1,141	1,052	0,985	2,282	2,104	1,970
도시가스 난방	10,357	9,548	8,941	22,333	20,587	19,279
지역난방	0,018	0,016	0,015	0,021	0,019	0,018
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	15,420	14,609	14,000	30,840	29,218	28,001
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	11,196	10,608	10,166	24,143	22,873	21,920
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,019	0,018	0,017	0,023	0,022	0,021
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	11,498	10,690	10,084	24,441	22,711	21,414
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	1,134	1,136	1,137	2,268	2,271	2,274
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	10,364	9,554	8,947	22,173	20,440	19,140
전기 난방	1,027	0,947	0,887	2,054	1,894	1,773
도시가스 난방	9,321	8,593	8,047	20,099	18,529	17,351
지역난방	0,016	0,015	0,014	0,019	0,018	0,016
에너지 감축률(온실가스 감축률)	43.2%	42.4%	41.7%	44.4%	43.6%	42.9%
전기 감축률	14.0%	14.3%	14.5%	14.0%	14.3%	14.5%
도시가스 및 지역난방 감축률	83.3%	81.0%	79.2%	83.3%	81.0%	79.2%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	5,792	4,137	2,896	11,584	8,274	5,792
에너지 총당률(온실가스 감축률)	21.7%	16.4%	12.0%	21.1%	15.9%	11.6%
순 소비량(순 배출량)	9,345	10,407	11,204	18,981	21,127	22,736
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	9,345	10,407	11,204	18,981	21,127	22,736
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	23,363	26,018	28,010	47,453	52,817	56,840
총 감축률(태양광E 생산 포함)	64.9%	58.8%	53.7%	65.5%	59.5%	54.5%

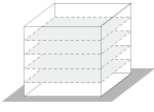
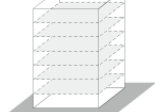
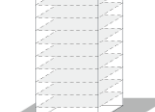
준주거지역: 주거용

[용적률 기준: ≤250% | 건폐율 기준: ≤60%]

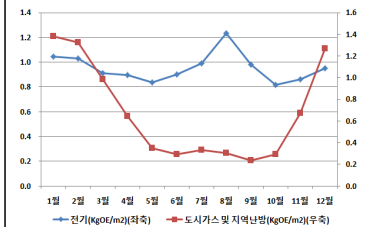
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	9.609
	냉방 소비량	0.959
	난방 소비량	0.892
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	2.194
	난방 소비량	5.885
	기저 소비량	11.803
합계	냉방 소비량	0.959
	난방 소비량	6.777
	합	19.539
	관측치 수	168

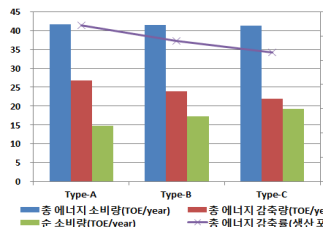
유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 600m² / 적용 용적률 250% / 연면적 1,500m²)

Type-A		Type-B		Type-C	
					
적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	35.7%	적용 건폐율	25.0%
건폐면적(m ²)	300.0	건폐면적(m ²)	214.3	건폐면적(m ²)	150.0
층수	5	층수	7	층수	10
높이(m)	15	높이(m)	21	높이(m)	30

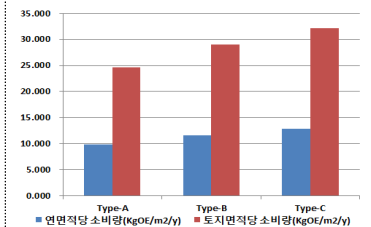
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

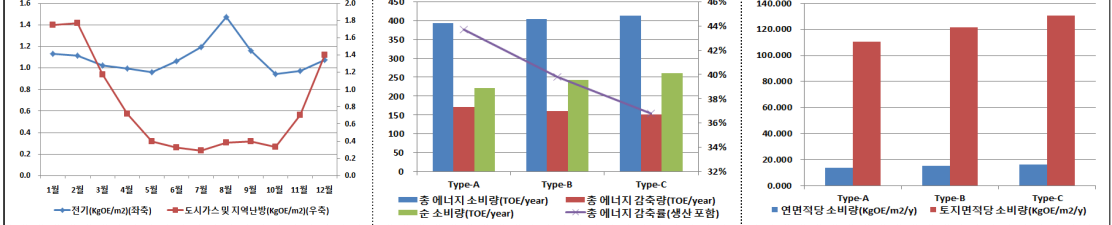
	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	41.629	41.379	41.192	83.326	82.826	82.451
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	21.455	21.609	21.725	42.925	43.234	43.465
전기 기저	17.466	17.592	17.686	34.932	35.183	35.371
도시가스 기저	3.354	3.378	3.396	7.232	7.284	7.322
지역난방 기저	0.635	0.640	0.643	0.762	0.767	0.771
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	1.776	1.814	1.843	3.553	3.629	3.686
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	18.398	17.956	17.625	36.858	35.973	35.309
전기 난방	2.422	2.364	2.320	4.843	4.727	4.640
도시가스 난방	13.433	13.110	12.868	28.965	28.269	27.748
지역난방	2.543	2.482	2.437	3.050	2.977	2.922
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	24.416	24.269	24.160	48.832	48.539	48.319
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	14.473	14.386	14.321	31.207	31.020	30.880
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	2.740	2.724	2.712	3.286	3.267	3.252
총 에너지 감축률(온실가스 감축률)	18.157	17.793	17.521	36.370	35.642	35.096
냉방(전기) 에너지 감축률(온실가스 감축률)	1.599	1.633	1.659	3.197	3.266	3.317
난방 에너지 감축률(온실가스 감축률)	16.558	16.160	15.862	33.173	32.376	31.779
전기 난방	2.179	2.127	2.088	4.359	4.254	4.176
도시가스 난방	12.090	11.799	11.581	26.068	25.442	24.973
지역난방	2.289	2.234	2.193	2.745	2.679	2.630
에너지 감축률(온실가스 감축률)	43.6%	43.0%	42.5%	43.6%	43.0%	42.6%
전기 감축률	15.5%	15.5%	15.5%	15.5%	15.5%	15.5%
도시가스 및 지역난방 감축률	83.5%	82.0%	80.9%	83.5%	82.0%	80.9%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축률)	8,688	6,205	4,344	17,375	12,411	8,688
에너지 총당률(온실가스 감축률)	20.9%	15.0%	10.5%	20.9%	15.0%	10.5%
순 소비량(순 배출량)	14,785	17,381	19,328	29,580	34,773	38,668
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	9,856	11,587	12,885	19,720	23,182	25,779
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	24,641	28,968	32,213	49,301	57,955	64,446
총 감축률(태양광E 생산 포함)	64.5%	58.0%	53.1%	64.5%	58.0%	53.1%

일반상업지역: 주거용 [용적률 기준: ≤800% | 건폐율 기준: ≤60%]

단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²) 유형별 기본 가정(공동 사창: 대지면적 2,000m² / 적용 용적률 800% / 연면적 16,000m²)

전기	기저 소비량	11,106	Type-A	Type-B	Type-C			
	냉방 소비량	1,236						
	난방 소비량	0,764						
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	2,521	적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	40.0%	적용 건폐율	32.0%
	난방 소비량	7,109						
합계	기저 소비량	13,628						
	냉방 소비량	1,236	층수	16	층수	20	층수	25
	난방 소비량	7,874	높이(m)	64	높이(m)	80	높이(m)	100
합		22,737						
관측치 수		46						

월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²) **유형별 이론적 에너지 감축률** **유형별 단위면적당 에너지 성능기준**



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ e/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	393,009	404,020	412,829	753,160	774,262	791,144
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	234,366	251,189	264,648	460,173	493,205	519,631
전기 기저	191,005	204,716	215,684	382,009	409,431	431,369
도시가스 기저	27,337	29,299	30,869	58,946	63,177	66,562
지역난방 기저	16,024	17,175	18,095	19,217	20,597	21,700
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	22,935	25,523	27,593	45,870	51,045	55,186
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	135,708	127,308	120,589	247,229	231,927	219,685
전기 난방	13,174	12,358	11,706	26,347	24,716	23,412
도시가스 난방	77,251	72,470	68,645	166,576	156,265	148,017
지역난방	45,283	42,480	40,238	54,306	50,945	48,256
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	226,544	232,892	237,970	453,088	465,783	475,939
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	104,947	107,887	110,240	226,295	232,635	237,708
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	61,518	63,241	64,620	73,776	75,843	77,497
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	142,779	137,548	133,363	263,789	254,675	247,383
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	20,641	22,970	24,833	41,283	45,941	49,667
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	122,137	114,578	108,530	222,506	208,734	197,716
전기 난방	11,856	11,122	10,535	23,713	22,245	21,071
도시가스 난방	69,526	65,223	61,780	149,918	140,639	133,215
지역난방	40,755	38,232	36,214	48,876	45,851	43,430
에너지 감축률(온실가스 감축률)	36.3%	34.0%	32.3%	35.0%	32.9%	31.3%
전기 감축률	14.3%	14.6%	14.9%	14.3%	14.6%	14.9%
도시가스 및 지역난방 감축률	66.2%	60.5%	56.0%	66.2%	60.5%	56.0%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	28,959	23,167	18,534	57,918	46,334	37,067
에너지 총당량(온실가스 감축률)	7.4%	5.7%	4.5%	7.7%	6.0%	4.7%
순 소비량(순 배출량)	221,271	243,305	260,933	431,453	473,253	506,693
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	13,829	15,207	16,308	26,966	29,578	31,668
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	110,636	121,653	130,466	215,726	236,626	253,346
총 감축률(태양광E 생산 포함)	43.7%	39.8%	36.8%	42.7%	38.9%	36.0%

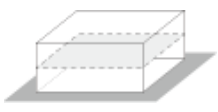


제1종전용주거지역: 비주거용

[용적률 기준: ≤100% | 건폐율 기준: ≤50%]

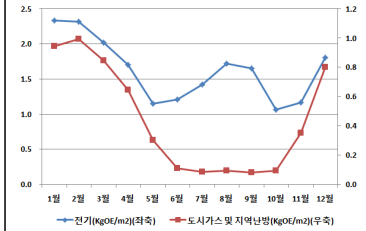
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	11,466
	냉방 소비량	2,483
	난방 소비량	5,615
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	0,543
	난방 소비량	4,802
합계	기저 소비량	12,009
	냉방 소비량	2,483
	난방 소비량	10,417
	합	24,908
관측치 수		23

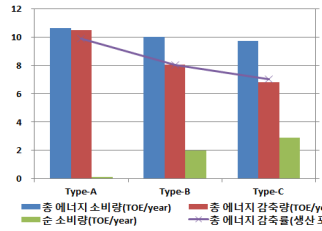
유형별 기본 가정(공동 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 100% / 연면적 400m²)

	Type-A	Type-B	Type-C
			
적용 건폐율	50.0%	33.3%	25.0%
건폐면적(m ²)	200.0	133.2	100.0
층수	2	3	4
높이(m)	6	9	12

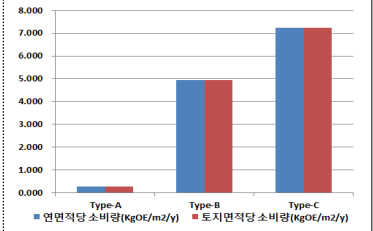
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



【유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과】

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	10,606	10,018	9,726	21,567	20,371	19,777
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	5,376	5,364	5,359	10,790	10,767	10,755
전기 기저	5,133	5,122	5,116	10,266	10,244	10,233
도시가스 기저	0,243	0,242	0,242	0,524	0,523	0,522
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	1,018	0,869	0,795	2,036	1,738	1,589
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	4,212	3,785	3,572	8,727	7,842	7,402
전기 난방	2,270	2,040	1,926	4,540	4,080	3,851
도시가스 난방	1,941	1,745	1,647	4,186	3,762	3,551
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	8,330	7,868	7,639	16,660	15,737	15,278
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	2,276	2,149	2,087	4,907	4,635	4,500
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축률(온실가스 감축률)	4,706	4,188	3,930	9,686	8,621	8,092
냉방(전기) 에너지 감축률(온실가스 감축률)	0,916	0,782	0,715	1,832	1,564	1,430
난방 에너지 감축률(온실가스 감축률)	3,790	3,406	3,215	7,854	7,058	6,662
전기 난방	2,043	1,836	1,733	4,086	3,672	3,466
도시가스 난방	1,747	1,570	1,482	3,768	3,386	3,196
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	44.4%	41.8%	40.4%	44.9%	42.3%	40.9%
전기 감축률	35.5%	33.3%	32.1%	35.5%	33.3%	32.1%
도시가스 및 지역난방 감축률	76.8%	73.0%	71.0%	76.8%	73.0%	71.0%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축률)	5,792	3,857	2,896	11,584	7,715	5,792
에너지 총당량(온실가스 감축률)	54.6%	38.5%	29.8%	53.7%	37.9%	29.3%
순 소비량(순 배출량)	0,107	1,972	2,899	0,297	4,035	5,893
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	0,268	4,931	7,248	0,743	10,088	14,733
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	0,268	4,931	7,248	0,743	10,088	14,733
총 감축률(태양광E 생산 포함)	99.0%	80.3%	70.2%	98.6%	80.2%	70.2%

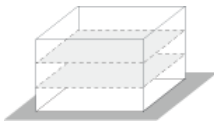
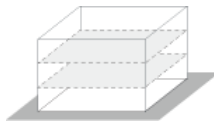
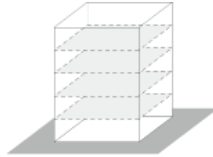
제1종일반주거지역: 비주거용

[용적률 기준: ≤150% | 건폐율 기준: ≤60%]

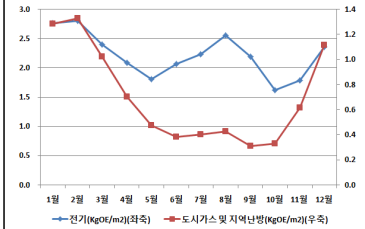
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	18,035
	냉방 소비량	3,459
	난방 소비량	5,187
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	2,529
	난방 소비량	5,874
합계	기저 소비량	20,563
	냉방 소비량	3,459
	난방 소비량	11,061
	합	35,084
관측치 수		332

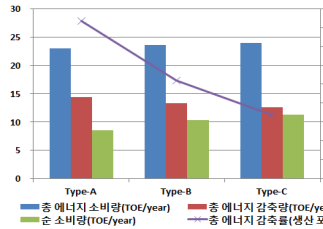
유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 150% / 연면적 600m²)

Type-A		Type-B		Type-C	
					
적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	37.5%	적용 건폐율	30.0%
건폐면적(m ²)	200.0	건폐면적(m ²)	150.0	건폐면적(m ²)	120.0
층수	3	층수	4	층수	5
높이(m)	9	높이(m)	12	높이(m)	15

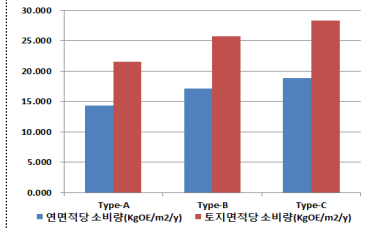
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	23,024	23,610	23,962	46,910	48,105	48,822
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	13,431	13,647	13,777	27,119	27,556	27,818
전기 기저	11,779	11,969	12,082	23,558	23,937	24,165
도시가스 기저	1,652	1,678	1,694	3,561	3,619	3,653
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	2,000	2,041	2,066	4,000	4,082	4,131
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	7,593	7,923	8,120	15,817	16,503	16,915
전기 난방	3,561	3,715	3,808	7,121	7,430	7,616
도시가스 난방	4,033	4,208	4,313	8,696	9,073	9,299
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	17,509	17,955	18,223	35,019	35,911	36,446
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	5,514	5,655	5,739	11,891	12,194	12,375
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	8,634	8,967	9,167	17,835	18,526	18,941
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	1,800	1,837	1,859	3,600	3,674	3,718
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	6,834	7,130	7,308	14,235	14,853	15,223
전기 난방	3,205	3,344	3,427	6,409	6,687	6,854
도시가스 난방	3,629	3,787	3,881	7,826	8,165	8,369
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	37.5%	38.0%	38.3%	38.0%	38.5%	38.8%
전기 감축률	28.6%	28.9%	29.0%	28.6%	28.9%	29.0%
도시가스 및 지역난방 감축률	65.8%	67.0%	67.6%	65.8%	67.0%	67.6%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	5,792	4,344	3,475	11,584	8,688	6,950
에너지 총당률(온실가스 감축률)	25.2%	18.4%	14.5%	24.7%	18.1%	14.2%
순 소비량(순 배출량)	8,598	10,299	11,320	17,491	20,891	22,930
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	14,330	17,166	18,867	29,151	34,818	38,217
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	21,495	25,748	28,300	43,727	52,226	57,326
총 감축률(태양광E 생산 포함)	62.7%	56.4%	52.8%	62.7%	56.6%	53.0%

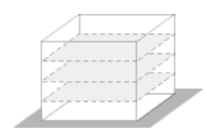
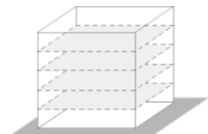

제2종일반주거지역: 비주거용

[용적률 기준: ≤200% | 건폐율 기준: ≤60%]

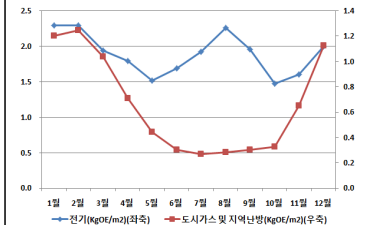
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	16,455
	냉방 소비량	2,589
	난방 소비량	3,694
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	1,988
	난방 소비량	5,915
합계	기저 소비량	18,443
	냉방 소비량	2,589
	난방 소비량	9,609
	합	30,641
관측치 수		3453

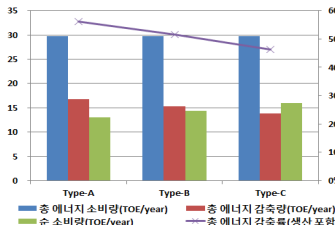
유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 200% / 연면적 800m²)

Type-A		Type-B		Type-C	
					
적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율	40.0%	적용 건폐율	28.6%
건폐면적(m ²)	200.0	건폐면적(m ²)	160.0	건폐면적(m ²)	114.3
층수	4	층수	5	층수	7
높이(m)	12	높이(m)	15	높이(m)	21

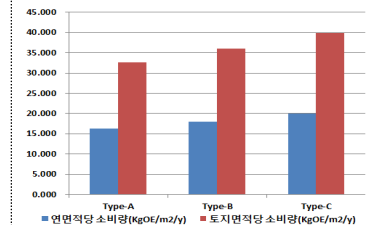
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	29,793	29,760	29,723	60,786	60,720	60,644
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	17,663	17,863	18,091	35,623	36,026	36,487
전기 기저	15,759	15,937	16,141	31,518	31,874	32,281
도시가스 기저	1,904	1,926	1,950	4,106	4,152	4,205
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	2,544	2,584	2,629	5,088	5,168	5,259
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	9,586	9,314	9,003	20,094	19,523	18,872
전기 난방	3,685	3,580	3,461	7,370	7,161	6,922
도시가스 난방	5,901	5,733	5,542	12,723	12,362	11,950
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	22,108	22,084	22,057	44,217	44,169	44,114
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	7,684	7,676	7,666	16,569	16,551	16,531
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축률(온실가스 감축률)	10,917	10,708	10,469	22,663	22,222	21,717
냉방(전기) 에너지 감축률(온실가스 감축률)	2,290	2,325	2,366	4,579	4,651	4,733
난방 에너지 감축률(온실가스 감축률)	8,627	8,382	8,103	18,084	17,571	16,985
전기 난방	3,317	3,222	3,115	6,633	6,445	6,230
도시가스 난방	5,311	5,160	4,988	11,451	11,126	10,755
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	36.6%	36.0%	35.2%	37.3%	36.6%	35.8%
전기 감축률	25.4%	25.1%	24.9%	25.4%	25.1%	24.9%
도시가스 및 지역난방 감축률	69.1%	67.2%	65.1%	69.1%	67.2%	65.1%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축률)	5,792	4,633	3,310	11,584	9,267	6,619
에너지 총당률(온실가스 감축률)	19.4%	15.6%	11.1%	19.1%	15.3%	10.9%
순 소비량(순 배출량)	13,084	14,419	15,945	26,539	29,231	32,308
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	16,355	18,024	19,931	33,174	36,539	40,385
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	32,710	36,047	39,861	66,348	73,078	80,769
총 감축률(태양광E 생산 포함)	56.1%	51.5%	46.4%	56.3%	51.9%	46.7%

제3종일반주거지역: 비주거용

[용적률 기준: ≤250% | 건폐율 기준: ≤50%]

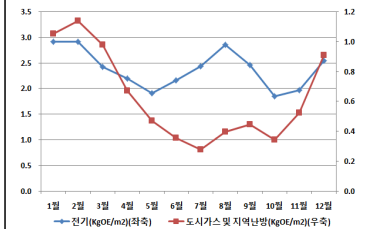
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²)

전기	기저 소비량	20,473
	냉방 소비량	3,440
	난방 소비량	4,728
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	1,966
	난방 소비량	5,603
합계	기저 소비량	22,438
	냉방 소비량	3,440
	난방 소비량	10,330
	합	36,209
관측치 수		1728

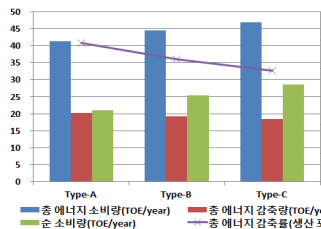
유형별 기본 가정(공동 사항: 대지면적 400m² / 적용 용적률 250% / 연면적 1,000m²)

	Type-A	Type-B	Type-C
적용 건폐율	50.0%	35.7%	25.0%
건폐면적(m ²)	200.0	142.9	100.0
층수	5	7	10
높이(m)	15	21	30

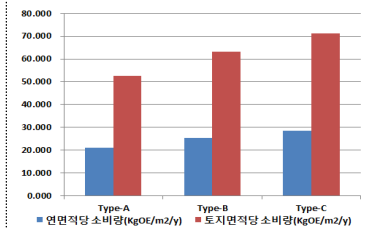
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

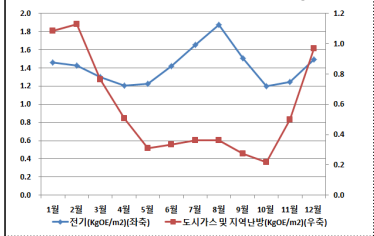
	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	41,304	44,480	46,862	83,888	90,338	95,176
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	25,235	27,759	29,652	50,798	55,879	59,690
전기 기저	23,024	25,328	27,055	46,049	50,655	54,110
도시가스 기저	2,192	2,411	2,576	4,727	5,199	5,554
지역난방 기저	0,019	0,020	0,022	0,022	0,025	0,026
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	4,016	4,638	5,104	8,032	9,276	10,209
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	12,053	12,083	12,105	25,075	25,137	25,184
전기 난방	5,516	5,530	5,540	11,032	11,059	11,080
도시가스 난방	6,482	6,498	6,510	13,977	14,011	14,037
지역난방	0,055	0,055	0,055	0,066	0,066	0,066
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	32,671	35,183	37,067	65,342	70,366	74,134
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	8,561	9,219	9,713	18,459	19,879	20,943
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,073	0,078	0,082	0,087	0,094	0,099
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	14,462	15,049	15,489	29,796	30,972	31,853
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	3,615	4,174	4,594	7,229	8,348	9,188
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	10,848	10,875	10,895	22,567	22,623	22,665
전기 난방	4,964	4,977	4,986	9,929	9,954	9,972
도시가스 난방	5,834	5,848	5,859	12,579	12,610	12,634
지역난방	0,050	0,050	0,050	0,059	0,060	0,060
에너지 감축률(온실가스 감축률)	35.0%	33.8%	33.1%	35.5%	34.3%	33.5%
전기 감축률	26.3%	26.0%	25.8%	26.3%	26.0%	25.8%
도시가스 및 지역난방 감축률	68.1%	63.4%	60.3%	68.1%	63.4%	60.3%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	5,792	4,137	2,896	11,584	8,274	5,792
에너지 총당률(온실가스 감축률)	14.0%	9.3%	6.2%	13.8%	9.2%	6.1%
순 소비량(순 배출량)	21,050	25,294	28,478	42,508	51,093	57,531
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	21,050	25,294	28,478	42,508	51,093	57,531
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	52,626	63,236	71,194	106,270	127,732	143,828
총 감축률(태양광E 생산 포함)	49.0%	43.1%	39.2%	49.3%	43.4%	39.6%

준주거지역: 비주거용 [용적률 기준: ≤250% | 건폐율 기준: ≤60%]

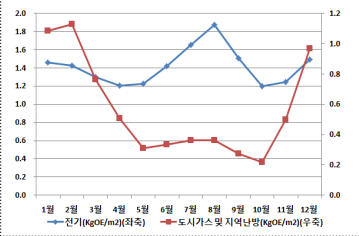
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²) 유형별 기본 가정(공통 사항: 대지면적 700m² / 적용 용적률 250% / 연면적 1,750m²)

전기	기저 소비량	13,098	Type-A	Type-B	Type-C
	냉방 소비량	2,324			
	난방 소비량	1,576			
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	1,652	적용 건폐율	50.0%	적용 건폐율
	난방 소비량	5,160			
합계	기저 소비량	14,751			
	냉방 소비량	2,324			
	난방 소비량	6,737			
합		23,811	층수	5	7
관측치 수		123	높이(m)	15	21
			높이(m)		30

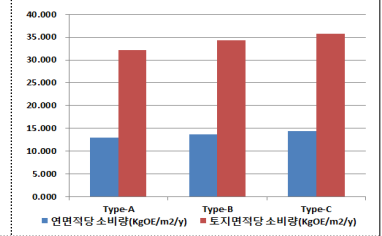
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

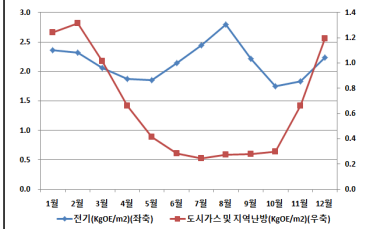
	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ eq/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	54,714	53,517	52,620	111,874	109,428	107,593
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	30,238	28,746	27,626	61,006	57,994	55,736
전기 기저	26,851	25,526	24,531	53,702	51,051	49,063
도시가스 기저	3,387	3,220	3,095	7,304	6,943	6,673
지역난방 기저	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	4,095	4,083	4,074	8,190	8,166	8,148
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	20,381	20,689	20,920	43,201	43,855	44,345
전기 난방	4,769	4,841	4,895	9,537	9,682	9,790
도시가스 난방	15,612	15,848	16,025	33,664	34,173	34,555
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	39,059	38,205	37,565	78,119	76,410	75,129
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	15,654	15,312	15,055	33,755	33,017	32,464
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	22,028	22,295	22,495	46,252	46,818	47,243
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	3,685	3,675	3,666	7,371	7,349	7,333
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	18,342	18,620	18,828	38,881	39,469	39,911
전기 난방	4,292	4,357	4,405	8,583	8,713	8,811
도시가스 난방	14,051	14,263	14,423	30,297	30,756	31,100
지역난방	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
에너지 감축률(온실가스 감축률)	40.3%	41.7%	42.7%	41.3%	42.8%	43.9%
전기 감축률	20.4%	21.0%	21.5%	20.4%	21.0%	21.5%
도시가스 및 지역난방 감축률	89.8%	93.2%	95.8%	89.8%	93.2%	95.8%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	10,136	7,240	5,068	20,271	14,479	10,136
에너지 총당률(온실가스 감축률)	18.5%	13.5%	9.6%	18.1%	13.2%	9.4%
순 소비량(순 배출량)	22,550	23,983	25,058	45,351	48,130	50,214
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	12,886	13,705	14,319	25,915	27,503	28,694
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	32,215	34,261	35,797	64,787	68,757	71,734
총 감축률(태양광E 생산 포함)	58.8%	55.2%	52.4%	59.5%	56.0%	53.3%

일반상업지역: 비주거용 [용적률 기준: ≤800% | 건폐율 기준: ≤60%]

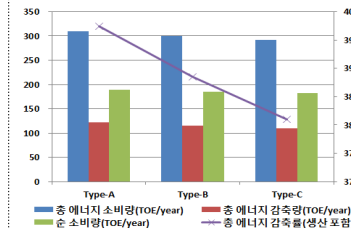
단위면적당 에너지 소비량(단위: kgOE/m²) 유형별 기본 가정(공동 사용: 대지면적 1,000m² / 적용 용적률 800% / 연면적 8,000m²)

전기	기저 소비량	20,032	Type-A	Type-B	Type-C	
	냉방 소비량	3,195				
	난방 소비량	2,670				
도시가스 + 지역난방	기저 소비량	1,620	적용 건폐율	50.0%	40.0%	32.0%
	난방 소비량	6,254		적용 건폐율	50.0%	40.0%
합계	기저 소비량	21,653	건폐면적(m ²)	500.0	400.0	320.0
	냉방 소비량	3,195	층수	16	20	25
	난방 소비량	8,924	높이(m)	64	80	100
합		33,772				
관측치 수		168				

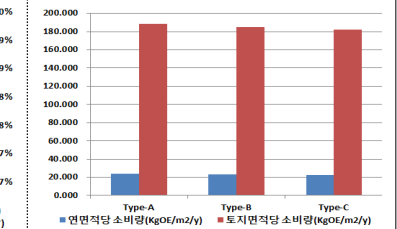
월별 단위면적당 소비량(단위: kgOE/m²)



유형별 이론적 에너지 감축률



유형별 단위면적당 에너지 성능기준



[유형별 이론적 온실가스 감축률 및 단위면적당 성능기준 산정결과]

	에너지 (TOE/year)			온실가스(TCO ₂ e/year)		
	Type-A	Type-B	Type-C	Type-A	Type-B	Type-C
총 에너지 소비량(온실가스 배출량)	310,092	300,158	292,210	619,013	599,182	583,318
총 기저 소비량(온실가스 배출량)	190,991	185,130	180,442	381,751	370,036	360,665
전기 기저	176,698	171,276	166,938	353,396	342,552	333,876
도시가스 기저	11,717	11,358	11,070	25,266	24,490	23,870
지역난방 기저	2,576	2,497	2,434	3,089	2,994	2,919
총 냉방(전기) 소비량(온실가스 배출량)	29,580	28,450	27,547	59,159	56,901	55,094
총 난방 소비량(온실가스 배출량)	89,521	86,577	84,222	178,027	172,172	167,487
전기 난방	26,784	25,903	25,198	53,567	51,805	50,396
도시가스 난방	51,431	49,740	48,386	110,900	107,253	104,335
지역난방	11,307	10,935	10,637	13,560	13,114	12,757
총 전기 소비량(온실가스 배출량)	237,791	230,173	224,079	475,582	460,346	448,157
총 도시가스 소비량(온실가스 배출량)	59,271	57,372	55,853	127,805	123,710	120,435
총 지역난방 소비량(온실가스 배출량)	13,030	12,613	12,279	15,627	15,126	14,725
총 에너지 감축량(온실가스 감축량)	107,191	103,525	100,592	213,467	206,165	200,323
냉방(전기) 에너지 감축량(온실가스 감축량)	26,622	25,605	24,792	53,243	51,211	49,585
난방 에너지 감축량(온실가스 감축량)	80,569	77,919	75,799	160,224	154,954	150,739
전기 난방	24,105	23,312	22,678	48,210	46,625	45,356
도시가스 난방	46,288	44,766	43,548	99,810	96,527	93,901
지역난방	10,176	9,841	9,574	12,204	11,802	11,481
에너지 감축률(온실가스 감축률)	34.6%	34.5%	34.4%	34.5%	34.4%	34.3%
전기 감축률	21.3%	21.3%	21.2%	21.3%	21.3%	21.2%
도시가스 및 지역난방 감축률	78.1%	78.0%	78.0%	78.1%	78.0%	78.0%
태양광 에너지 생산량(온실가스 감축량)	14,479	11,584	9,267	28,959	23,167	18,534
에너지 총당률(온실가스 감축률)	4.7%	3.9%	3.2%	4.7%	3.9%	3.2%
순 소비량(순 배출량)	188,422	185,050	182,352	376,587	369,850	364,461
연면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	23,553	23,131	22,794	47,073	46,231	45,558
대지면적 1천 m ² 당 소비량(배출량)	188,422	185,050	182,352	376,587	369,850	364,461
총 감축률(태양광E 생산 포함)	39.2%	38.3%	37.6%	39.2%	38.3%	37.5%