

용도지역별 건축물 에너지 성능 규제 차등 방안

김승남 부연구위원

요약

- 국토교통부는 2025년까지 신축건축물의 제로에너지 의무화를 목표로 하고 있으나, 이 목표의 타당성에 대해서는 검증이 필요한 상황임
- 건축물 에너지 소비량 정보를 활용하여 분석한 결과 최대 에너지 감축률은 용도지역에 따라 큰 차이를 보이며, 특히 제1종 전용주거지역을 제외한 모든 지역에서 제로에너지 건축이 불가능한 것으로 나타남
- 따라서 신축건축물 에너지 성능 규제 목표 설정에 있어 용도지역에 따른 차등화가 필요

정책제안

- 규제의 타당성과 효율성 제고를 위해 본고에서 제시한 에너지 성능 규제 개선(안)을 바탕으로 건물 용도 별 · 용도지역별 에너지 성능 차등 규제를 도입하는 것이 바람직함
- 본고의 온실가스 감축효과 시뮬레이션 분석 결과를 바탕으로 주거용과 비주거용 건물 부문의 온실가스 감축 목표를 재조정할 필요가 있음
- 장기적으로는 에너지 소비 및 온실가스 배출량 관리를 건물 단위에서 토지 단위 관리로 전환하고, 에너지의 면적(面的) 활용을 촉진하는 제도적 장치를 마련해야 함

1 건축물 에너지 성능 규제의 한계 및 개선 필요성

■ 제로에너지 건축 패러다임과 신축건축물 에너지 성능 규제 강화 계획

- 인구 증가 둔화로 건물 신축이 감소함에 따라, 신축건물 부문에 할당된 국가 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해서는 보다 강화된 수준의 에너지 성능 규제가 필요
- 이에 따라 패시브 건축 수준을 넘어 신재생에너지 생산을 통한 넷 제로에너지(Net Zero Energy) 건축이 녹색건축 분야의 새로운 패러다임으로 등장
 - 국토교통부에서도 건축물 에너지 성능 규제를 단계적으로 강화해, 2025년까지 모든 건물의 에너지 성능을 제로에너지 수준으로 규제하는 계획을 발표함

신축건축물 에너지 성능 규제 강화 목표

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

자료: 국토교통부(2013); 대한민국정부(2014); 산업통상자원부(2014)

■ 제로에너지 건축의 가능성과 현행 규제의 문제점

- 제로에너지 건축은 과연 가능한 것인가?
 - 많은 실험 건축물들을 통해 확인되었듯, 제로에너지 건축은 더 이상 기술적으로 불가능하지 않음. 그러나 이것이 일반적인 건축규제로 확대·적용되었을 경우에 사회·경제적으로 평등하고 합리적이며 달성 가능한 목표가 될 수 있는지는 의문임
 - 따라서 과연 이 정책 목표가 실현 가능한 것인지, 그렇지 않다면 바람직한 대안은 무엇인지에 대해 고민해 볼 필요가 있음
- 현행 에너지 성능 규제는 주거용과 비주거용 단 두 유형으로 구분되어 있으며, 건축행위의 유형과 강도를 결정하는 용도지역제도를 고려하지 않고 있음
 - 동일한 용도의 건축물이라 할지라도 해당 건물이 위치한 용도지역의 규제수준(용적률 및 건폐율 등)에 따라 에너지 성능 규제 달성의 난이도가 달라지며 심지어 특정 용도지역에서는 애초에 달성이 불가능할 수 있기 때문에, 이는 필연적으로 규제의 형평성과 효율성을 떨어뜨리는 과잉 규제가 될 수밖에 없음

■ 용도지역제도를 고려한 건축물 에너지 성능 규제의 필요성

- 건물에 대한 적정 규제 수준을 결정하기 위해서는 그에 앞서 건축행위(개발 유형 및 강도)를 규제하는 용도지역제에 대한 검토가 필요하며, 이를 통해 현행 제도 내에서

해당 건축규제가 타당한지에 대한 사전적 합의가 필요

- 국가의 용도지역지구제와 지자체에서 정한 용도별 토지이용 규제 수준은 각 개별 필지에 대한 성격과 가치를 고려해 그에 적합한 허용 용도와 개발 강도를 규정한 것으로, 이를 근거로 건축물 에너지 성능 규제 수준을 결정하는 것은 모든 건물 유형에 동일한 규제 수준을 적용하는 것에 비해 합리적이고 효율적인 방법이라 할 수 있음
- 이에 본고에서는 건물 용도별 · 규제 수준별 에너지 소비 특성 및 영향요인 분석을 통해 건물 유형별 이론적 최대 에너지 감축률을 도출하고, 이를 바탕으로 용도지역별 신축건축물의 에너지 성능 규제 차등화 방안을 제시함

2 건물 유형별 최대 에너지 감축률 분석

■ 연구 대상 및 자료

- 연구 대상: 서울특별시 건축물
- 연구 자료: 건물 유형별(건물 용도 및 규제 수준별) 최대 에너지 감축률을 파악하기 위해 다음의 다섯 자료를 통합하여 활용함

분석 자료의 개요

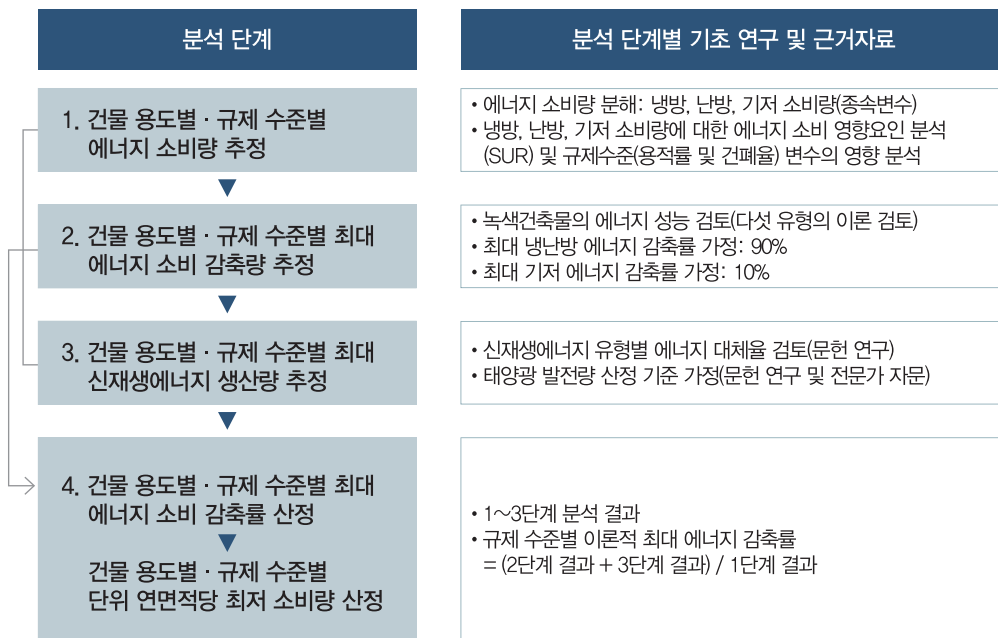
| 자료명 | 출처 | 작성연도 | 건 수(서울시 기준) |
|----------------|-----------------|------|--------------------------------|
| 건축행정정보(건축물 대장) | 건축행정시스템 세움터 | 2012 | 653,044 |
| 건축물 에너지 소비량 자료 | 건축물 에너지 통합관리시스템 | 2012 | 653,044 |
| GIS 기반 용도지역지구도 | 한국토지정보시스템 | 2013 | • 용도지역: 5,910 • 용도지구: 3,166 |
| GIS 기반 연속지적도 | 한국토지정보시스템 | 2013 | 990,900 |
| GIS 기반 건물형상도 | 통계청 통계지리 정보서비스 | 2012 | 767,437 |

- 분석 대상의 한정: 자료의 한계로 인해 6개 대표 용도지역에 위치한 건물 중 ‘표제부만 존재하며 한 필지에 하나의 건물만 존재하는 경우’로 분석 대상을 한정함
 - 총괄 표제부가 존재하는 경우를 제외한 이유는 표제부와 총괄 표제부의 기재 정보가 일치하지 않는 경우가 많기 때문임
 - 한 필지에 두 개 이상의 건물이 존재하는 경우를 제외한 이유는 현재 활용 가능한 자료만으로는 단일 필지에 위치한 복수 건축물의 건폐면적 정보를 정확히 확인하는 것이 불가능하기 때문임

■ 분석 방법 및 절차

• 기본 가정 및 분석 조건

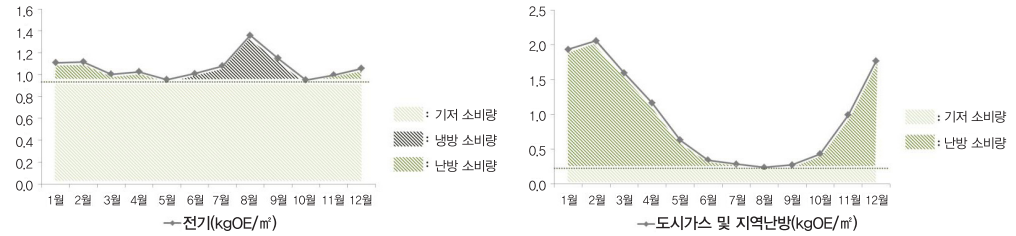
- 규제 수준 유형화: 기존 용도지역의 규제 수준을 고려해 용적률은 0~0.5부터 8.0 이상까지 총 12개 급간으로, 건폐율은 0~0.1부터 0.9~1.0까지 총 10개 급간으로 구분
- 규제 수준별 결과 값 표현 방식: Excel의 조건부 서식 기능을 활용해 10단계 색조로 표현함. 붉은색 계열로 색이 더 진해질수록 에너지 소비량이 크며, 초록색 계열로 색이 더 진해질수록 에너지 소비량이 적은 유형임을 의미함. 결과 표에서 동일한 기준으로 평가되는 집단을 구분하기 위해, 각 집단의 경계를 굵은 실선으로 구획함
- 대지면적 조건: 주거용 건물의 경우 100㎡, 200㎡, 400㎡를, 비주거용 건물의 경우 250㎡, 500㎡, 1,000㎡를 대지면적으로 가정하고 총 여섯 유형에 대해 분석을 시행했으나, 편의상 대지면적 200㎡ 규모 주거용 건물을 중심으로 결과를 제시



분석 방법 및 절차

• 1단계 분석: 건물 용도별 · 규제 수준별 에너지 소비량 추정

- 기저 및 냉난방 에너지 소비량 분해: 건축물의 에너지원별 · 월별 소비량을 바탕으로 유형별 건축물의 에너지 소비량을 기저, 냉방, 난방 에너지로 분해함
- 기저, 냉방, 난방 에너지 소비 영향요인 분석 모형 구축: 세 종속변수의 오차항 간 상관관계를 고려해 분석하는 SUR 모형을 적용
- SUR 모형 분석 결과를 바탕으로, 건물 용도별 · 규제 수준별 에너지 소비량 추정



에너지 소비량 분해의 개요(예시: 주거용 건축물)

- 2단계 분석: 건물 용도별 · 규제 수준별 최대 에너지 소비 감축량 추정
 - 최대 에너지 감축률 가정: 녹색건축물의 에너지 감축 성능에 대한 이론 연구를 바탕으로 냉난방 에너지와 기저 에너지의 최대 감축률을 각각 90%와 10%로 가정
 - 이 가정과 1단계 결과를 바탕으로 최대 에너지 소비 감축량 추정

- 3단계 분석: 건물 용도별 · 규제 수준별 최대 신재생에너지 생산량 추정

- 신재생에너지 유형별 에너지 대체효과 검토: 태양광 발전 선정
- 문헌 연구와 전문가 자문을 통해 태양광 발전량 산정의 구체적 기준 가정
- 태양광 발전량 및 에너지 대체율 산정

태양광 발전량 산정 기준

| 지표 | 가정치 | 단위 |
|------------------|-----|----|
| 옥상 면적 활용비 | 80 | % |
| 설치각 | 15 | 도 |
| 1kWp 패널 설치 필요 면적 | 8 | ㎡ |
| 일평균 발전 시간 | 3.4 | 시간 |
| 발전일 수 | 365 | 일 |
| 에너지 손실률 | 2 | % |

- 4단계 분석: 건물 용도별 · 규제 수준별 최대 에너지 소비 감축률 산정
 - 1~3단계에서 도출된 결과를 바탕으로, 이론적 감축률을 다음과 같이 산정

$$\text{규제 수준별 이론적 에너지 감축률} = \frac{\text{에너지 감축 가능량} + \text{신재생에너지 생산 가능량}}{\text{에너지 소비량}}$$

- 또한, 상기한 결과를 활용하여 단위 연면적당 최저 소비량 산정

■ 단계별 분석 결과

토지이용규제 수준이 건물 용도별 연면적당 에너지 소비량에 미치는 영향(SUR 모형 분석 결과)

| 모형 유형 및 주요 검증변수 | | 단위 연면적당 소비량 | | | 주요 결과 및 함의 |
|-----------------|------|-------------|----|----|--|
| | | 기저 | 난방 | 난방 | |
| 주거용 | 용적률 | - | - | - | • 형태적 측면에서 낮고 넓은 건축물이 높고 가는 건축물에 비해 에너지 소비가 큼 • 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 적음 |
| | 건폐율 | + | + | + | |
| | 대지면적 | - | - | - | |
| 비주거용 | 용적률 | + | - | - | • 비주거용 기저소비량의 경우 건물 형태보다는 행위 유형 및 강도와 밀접한 관련이 있음 • 대지규모가 클수록 연면적당 에너지 소비 적음 |
| | 건폐율 | + | + | + | |
| | 대지면적 | - | - | - | |

단계별 분석표 종합(예시: 대지면적 200㎡ 규모의 주거용 건축물)

분석 단계

분석 결과

1단계

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | 3.69 | 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 | 7.58 | 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 |
| 4.0~6.0 | 14.10 | 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 |

에너지 소비량(TOE/year)

2단계

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | 0.88 | 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 | 4.69 | 6.28 | 7.67 | 9.05 | 10.44 | 11.83 |

에너지감축 가능량(TOE/year)

3단계

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | | | | | |
| 0.5~1.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 1.0~1.2 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 1.2~1.5 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 1.5~2.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 2.0~2.5 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 2.5~3.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 3.0~4.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 4.0~5.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 5.0~6.0 | 0.29 | 0.87 | 1.45 | 2.03 | 2.61 | 3.19 | 3.76 | 4.34 | 4.92 | 5.50 |
| 6.0~8.0 | 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 |

태양광 에너지 생산 가능량(TOE/year)

4단계

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | 75.69 | 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 | 56.26 | 59.82 | 62.94 | 65.75 | 68.23 | 70.47 | 72.46 | 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 | 23.08 | 24.92 | 26.29 | 27.41 | 28.16 | 28.51 | 28.66 | 28.72 | 28.77 |
| 8.0~ | 17.23 | 20.99 | 24.24 | 26.66 | 28.64 | 31.36 | 33.88 | 36.19 | 38.27 | 40.12 |

총 에너지 감축률(%)

—

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | 54.18 | 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 | 53.15 | 53.36 | 53.54 | 53.70 | 53.85 | 53.99 | 54.12 |
| 1.2~1.5 | 51.89 | 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 | 50.45 | 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 | 44.15 | 45.07 | 45.84 | 46.53 | 47.13 | 47.67 | 48.16 |
| 5.0~6.0 | 33.93 | 36.27 | 38.19 | 39.78 | 41.15 | 42.29 | 43.29 | 44.17 | 44.94 | 45.63 |
| 6.0~8.0 | 16.88 | 22.43 | 26.65 | 29.96 | 32.62 | 34.81 | 36.65 | 38.20 | 39.54 | 40.71 |
| 8.0~ | 15.18 | 15.16 | 15.16 | 19.42 | 23.91 | 27.44 | 30.30 | 32.65 | 34.63 | 36.32 |

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | 56.80 | 89.38 | 124.65 | 153.14 | | | | | |
| 0.5~1.0 | 7.24 | 20.59 | 32.57 | 43.58 | 53.19 | 62.13 | 70.32 | 77.83 | 84.77 | 91.18 |
| 1.0~1.2 | 5.13 | 14.55 | 22.95 | 30.52 | 37.38 | 43.54 | 49.27 | 54.47 | 59.26 | 63.69 |
| 1.2~1.5 | 4.30 | 12.15 | 19.15 | 25.44 | 31.22 | 36.26 | 40.95 | 45.14 | 48.18 | 52.81 |
| 1.5~2.0 | 3.47 | 9.78 | 15.38 | 20.38 | 24.88 | 28.95 | 32.64 | 35.91 | 39.10 | 41.93 |
| 2.0~2.5 | 2.68 | 8.04 | 12.60 | 16.61 | 20.24 | 23.49 | 26.49 | 29.17 | 31.61 | 33.88 |
| 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 | 1.64 | 4.53 | 7.02 | 9.04 | 10.76 | 12.26 | 13.59 | 14.79 | 15.87 | 16.86 |
| 6.0~8.0 | 1.18 | 3.45 | 5.27 | 7.13 | 8.93 | 10.55 | 12.05 | 13.46 | 14.76 | 15.92 |
| 8.0~ | 1.09 | 3.63 | 5.08 | 7.14 | 9.24 | 11.48 | 13.85 | 15.67 | 17.33 | 18.90 |

태양광의 에너지 대체율(%)

| 용적률 | 건폐율 급간 | | | | | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 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 | -25.76 | -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 | 1.93 | 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 | 10.05 | 9.47 | 8.80 | 8.31 | 8.12 | 8.94 | 8.76 | 8.58 | 8.40 |
| 4.0~5.0 | 9.30 | 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 | 8.86 | 9.07 | 9.19 | 9.31 | 9.43 | 9.55 | 9.67 | 9.79 |
| 6.0~8.0 | 7.16 | 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 |

단위 연면적당 최저 소비량(kgOE/㎡)

- 1단계: 건물 용도별 · 규제 수준별 에너지 소비량 추정 결과
 - SUR 모형 분석의 주요 결과와 함의를 정리하면 위의 표와 같음
 - 이를 바탕으로 건물 용도별 · 규제 수준별 에너지 소비량을 추정한 결과 용적률과 건폐율이 높아질수록 에너지 소비량이 증가하는 양상을 보임
- 2단계: 건물 용도별 · 규제 수준별 최대 에너지 소비 감축량 및 감축률 추정 결과
 - 용적률과 건폐율이 높은 건축물일수록 최대 에너지 감축량이 큰 것으로 나타남
 - 규제 수준에 따라 전체 에너지에서 냉난방 및 기저 에너지가 차지하는 비율이 상이하기 때문에, 규제 수준별 최대 에너지 감축률은 15%에서 55%까지 차이를 보임
 - 용적률이 높아지거나 건폐율이 낮아질수록 최대 에너지 소비 감축률은 낮아져, 용적률이 600% 이상이며 건폐율이 40% 미만인 유형에서는 냉난방 에너지 소비를 90% 감축한다고 해도 총 에너지 소비 감축률이 10%대에 불과한 것으로 나타남
- 3단계: 건물 용도별 · 규제 수준별 신재생에너지 생산량 및 에너지 대체율 추정 결과

- 대지면적이 동일할 때, 태양광 발전량은 건폐율(즉, 옥상 면적)과 정비레함
- 최대 에너지 대체율은 규제 수준별로 2%에서 154%까지 큰 차이를 보였으며, 용적률이 50% 이하이며 건폐율이 30% 이상인 경우에만 건축물의 모든 에너지를 대체 가능함
- 4단계: 건물 용도별 · 규제 수준별 최대 에너지 소비 감축률 산정 결과
 - 태양광 발전을 고려해 산정한 이론적 최대 에너지 감축률은 규제 수준별로 17%에서 208%까지 큰 편차를 보였으며, 용적률이 증가할수록 그 값이 급격하게 감소하는 반면, 건폐율이 증가할수록 증가하는 경향이 나타남
 - 주거용 건축물의 용적률이 150% 이상이 될 경우 건폐율에 상관없이 이론적으로 제로에너지 달성이 불가능하며, 용적률이 150% 이내인 경우에도 건폐율이 50% 이상인 경우에 한해 제로에너지가 가능함. 이 결과는 건축물에 대한 에너지 규제 수준이 용도지역(용적률과 건폐율 규제 수준)에 따라 차등화되어야 함을 시사함
 - 규제 수준별 단위 연면적당 최소 에너지 소비량은 $-37\text{kgOE}/\text{m}^2$ 에서 $11\text{kgOE}/\text{m}^2$ 까지 나타남

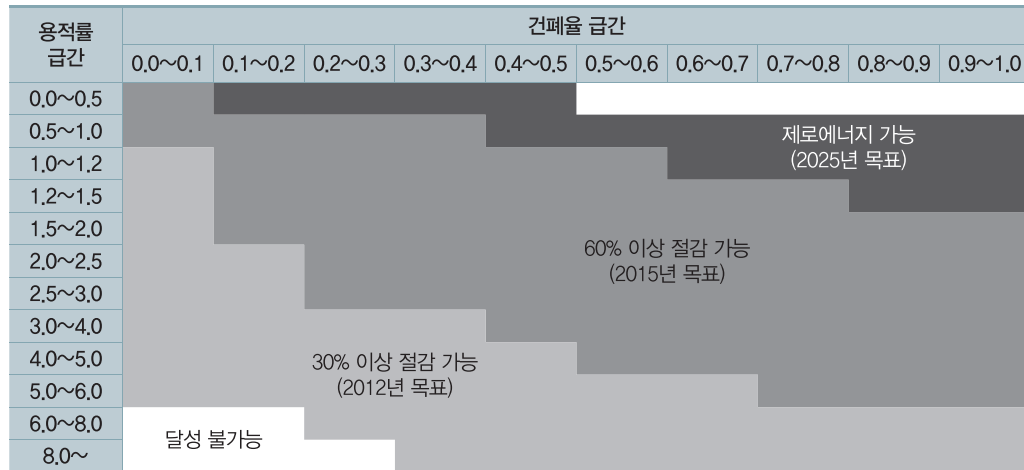
규제 수준별 이론적 온실가스 감축률 분석 종합(예시: 대지면적 200㎡ 규모의 주거용 건축물)

| 분석 단계 | | 에너지 소비량 범위 | 온실가스 배출량 범위 | 주요 결과 및 함의 |
|-------|----------------|--------------------------|--|--|
| 1단계 | 에너지 소비량 | 1.40~32.56 (TOE/year) | 2.90~67.40 (TCO ₂ eq/year) | • 건물의 총 에너지 소비량은 용적률 및 건폐율과 비례하여 증가 |
| 2단계 | 에너지 감축 가능량 | 0.76~13.66 (TOE/year) | 1.60~28.74 (TCO ₂ eq/year) | • 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 |
| 3단계 | 태양광 에너지 생산 가능량 | 0.29~5.50 (TOE/year) | — | • 건폐율과 정비레 • 용적률에 따른 차이는 없음 |
| | 태양광의 에너지 대체율 | 1.94~153.14 (%) | — | • 일반적인 건물의 에너지 대체율은 20~30%로 기존 이론과 유사 • 건폐율과 비례, 용적률과 반비례 |
| 4단계 | 총 에너지 감축률 | 17.25~207.86 (%) | 16.78~203.80 (%) | • 에너지 감축률과 태양광 에너지 대체율의 조합 • 건폐율과 비례, 용적률과 반비례 |
| | 단위 연면적당 최저 소비량 | -36.71~10.95 (kgOE/㎡) | -73.13~22.22 (kgCO ₂ eq/㎡) | • 용적률이 낮고 건폐율이 높은 일부 유형에서만 제로에너지 가능 • 사선방향으로 저효율 건축물 집중 |

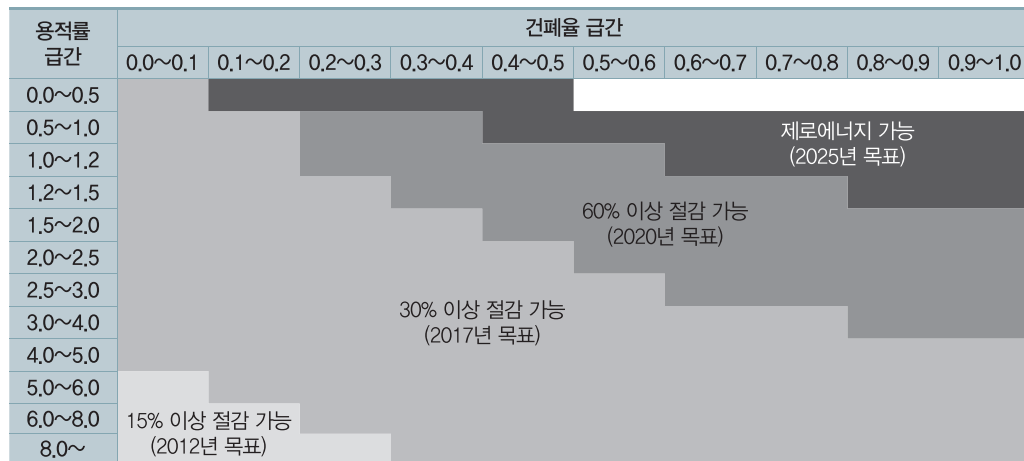
■ 분석 결과 요약

- 이처럼 규제 수준에 따라 건축물의 이론적 최대 에너지 감축률은 달라지며, 이는 용도지역에 따라 에너지 감축 목표 달성 가능성과 난이도가 달라짐을 의미함
 - 이에 따라 특정 용도지역 및 규제 수준에서는 목표 달성이 애초에 불가능해지는 경우도 발생하게 됨
- 이 분석 결과를 바탕으로 주거용과 비주거용 건축물의 용적률 · 건폐율 급간별 에너지 성능 강화 목표의 달성 가능성을 도식화하면 아래의 표와 같음

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



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



- 개별 건물 단위의 에너지 성능개선 및 신재생에너지 도입만으로는 제1종 전용주거 지역을 제외한 모든 용도지역에서 2025년을 목표로 하고 있는 제로에너지의 달성이 현실적으로 불가능함
 - 이는 에너지 기술이나 신재생에너지 설비의 경제성을 전혀 고려치 않고 건물 형태(규제 수준)에 따른 냉난방 및 기저 에너지 분담률과 태양광 발전 가능량 산정 결과, 그리고 에너지 유형별 최대 감축률 가정치를 바탕으로 산정한 값이므로, 향후 녹색건축 기술이 발전된다 하더라도 규제 수준이 변하지 않는 한 크게 달라지지 않는 값임
- 따라서 모든 건축물에 대한 일괄적 규제는 바람직하지 않으며, 건축물 유형에 따른 차등 규제를 마련할 필요가 있음
 - 이에 3장에서는 지금까지의 분석 결과를 바탕으로 신축건축물 에너지 성능 규제 목표 개선(안)과 적용 효과를 제시함

3 용도지역제도를 고려한 신축건축물 에너지 성능 규제 개선(안)

■ 용도지역별 신축건축물 에너지 성능 규제 개선(안)

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 주거 | | | | | | |
| 0.4~0.5 | | | 1종일반주거 | | 2종 일반 주거 | 준주거 | 일반상업 | | | | | |
| 0.5~0.6 | | | | | | | | | | | | |
| 0.6~0.7 | | | | | | | | | | | | |

용도지역별 신축건축물의 에너지 성능 규제 목표 개선(안) 도출 과정

| 건물 용도 | 용도지역 | 용도지역규제 | | 평균 소비량 (kgOE/㎡) | 전형적 건축물 가정 | | 전형적 건축물 | |
|-------------|--------|--------------|--------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|-----------------------|
| | | 허용 용적률(%) | 허용 건폐율(%) | | 용적률 급간(%) | 건폐율 급간(%) | 에너지 감축률(%) | 에너지 소비 허용량(kgOE/㎡) |
| 주거용 건축물 | 1종전용주거 | 100 | 50 | 20.11 | 50~100 | 30~50 | 97~107 | -2.33~0.89 |
| | 1종일반주거 | 150 | 60 | 25.44 | 100~150 | 40~60 | 84~97 | 0.96~4.95 |
| | 2종일반주거 | 200 | 60 | 27.43 | 150~200 | 40~60 | 77~81 | 5.86~6.87 |
| | 3종일반주거 | 250 | 50 | 26.77 | 200~250 | 30~50 | 67~71 | 8.15~8.80 |
| | 준주거 | 250 | 60 | 26.13 | 200~250 | 40~60 | 71~75 | 7.51~8.80 |
| | 일반상업 | 800 | 60 | 22.14 | 250~800 | 40~60 | 45~71 | 8.60~9.40 |
| 비주거용 건축물 | 1종전용주거 | 100 | 50 | 26.81 | 50~100 | 30~50 | 91~105 | -1.36~2.22 |
| | 1종일반주거 | 150 | 60 | 33.43 | 100~150 | 40~60 | 74~93 | 1.84~6.41 |
| | 2종일반주거 | 200 | 60 | 31.73 | 150~200 | 40~60 | 65~71 | 7.27~8.65 |
| | 3종일반주거 | 250 | 50 | 33.67 | 200~250 | 30~50 | 53~58 | 10.34~11.36 |
| | 준주거 | 250 | 60 | 28.66 | 200~250 | 40~60 | 58~63 | 9.33~10.34 |
| | 일반상업 | 800 | 60 | 35.91 | 250~ | 40~60 | 34~58 | 10.66~14.97 |

건물 용도별 · 용도지역별 신축건축물 성능 규제 개선(안) 종합

| 구분 | | 기존 건물의 에너지 소비 원단위*(kgOE/㎡/year) | | 에너지 감축목표(%)** | | 신축건물의 에너지 소비 허용량 (kgOE/㎡/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 |

*2012년 1월 1일 이전 준공 건축물의 평균값을 의미하며, 본 분석에서 표준건축물의 역할을 함

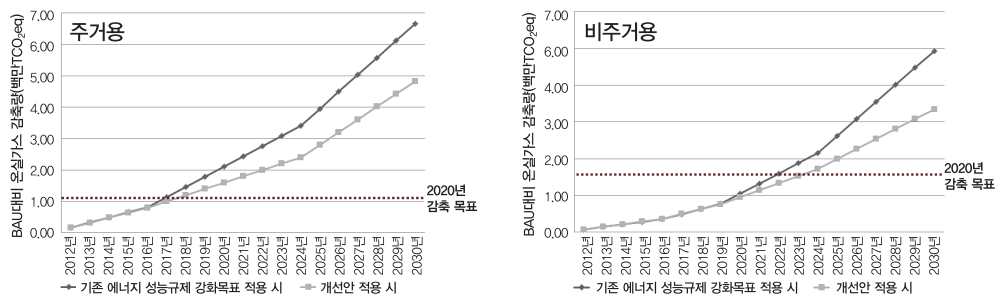
**에너지 감축목표는 신재생 에너지 생산을 통한 에너지 소비 대체율을 포함한 값을 의미함

자료(기존 규제목표): 국토교통부(2013); 대한민국정부(2014); 산업통상자원부(2014)

- 주거용 및 비주거용 신축건축물에 대한 에너지 성능 규제 목표 개선(안) 도출과정과 최종 결과를 나타내면 위의 표와 같음
 - 기본 가정: 용도지역 외의 용도지구 및 구역은 지정되지 않은 것으로 가정함(즉, 용적률 및 건폐율의 최대 허용 기준은 반드시 준수). 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. 에너지 감축률 목표는 2011년 12월 31일 이전 준공 건축물이 2012년 한 해 동안 평균적으로 소비한 에너지를 기준 값으로 함
- 에너지 감축목표를 주거용 건축물의 경우 용도지역에 따라 60%에서 100%사이로, 비주거용의 경우는 50%에서 100%사이로 차등 적용할 것을 제안함
 - 이 값은 특별한 목표 시점을 갖지 않으며, 시점에 상관없이 이론적으로 감축 가능한 최종적인 감축률을 의미함. 따라서 이 값은 정부의 2025년 목표 감축률인 제로에너지와 비교해서 보는 것이 바람직함
- 또한, 용도지역별 차등 목표 달성을 위한 에너지 소비 허용량을 별도로 제시함
 - 주거용의 경우 $0\text{kgOE}/\text{m}^2/\text{year}$ 에서 $9\text{kgOE}/\text{m}^2/\text{year}$, 비주거용의 경우 $0\text{kgOE}/\text{m}^2/\text{year}$ 에서 $18\text{kgOE}/\text{m}^2/\text{year}$ 정도로 나타남

■ 용도지역별 신축건축물 에너지 성능 규제 개선(안)의 온실가스 감축효과

- 신축건축물 에너지 성능 규제 개선(안)의 효과 검증을 위해 2030년까지의 온실가스 감축효과를 시뮬레이션 분석함
 - 용도지역별 단위 면적당 온실가스 배출량: 에너지 소비량 자료를 활용해 직접 산정
 - 향후 신축 허가 연면적 가정: 최근 7년 평균값을 적용
 - 연차별 개선 목표 가정: 2025년을 최종 시점으로 하여 단계적으로 증가
 - 서울시의 온실가스 감축목표: 제1차 녹색건축물 기본계획의 감축목표 할당량 적용



신축건축물 에너지 성능 규제 개선(안)의 온실가스 감축효과 시뮬레이션 결과

- 분석 결과, 주거용과 비주거용 모두 기존 계획에 비해 온실가스 감축량이 감소함
- 주거용의 경우, 2020년 온실가스 감축목표 달성 가능
 - 기존 계획 대비 개선(안) 적용 시 2017년 이후부터 온실가스 감축량이 점차 감소하는 것으로 나타나지만 2020년 온실가스 감축목표의 달성은 가능한 것으로 나타남
 - 따라서 주거용의 경우, 실현 불가능한 목표를 제시하며 무리한 규제를 가하는 것보다는 본고에서 제시한 것 보다 현실적인 목표로 수정하는 것이 바람직함
- 비주거용의 경우, 2020년 온실가스 감축목표 달성 불가능
 - 기존 목표와 개선 목표 적용 시 모두 2020년 온실가스 감축목표의 달성은 불가능함
 - 시뮬레이션 결과에 따르면, 2020년 온실가스 감축목표의 달성은 기존 목표를 유지할 경우 2024년경, 개선 목표를 적용할 경우 2026년경에나 가능함
 - 이는 최근 감소 추세를 보이는 비주거용 신축허가 추이에 비해 과도한 감축목표가 비주거 부문에 할당되었다는 사실을 의미. 결과적으로 최근의 신축 허가 추이를 고려해 비주거용 신축건물 부문에 할당된 감축목표를 낮추어 수정하는 것이 바람직함
- 주거용과 비주거용을 종합할 경우, 2020년 온실가스 감축목표의 96% 달성 가능

4 결론 및 시사점

■ 용도지역제도를 고려한 신축건축물 에너지 성능 차등 규제 도입

- 2025년을 목표로 하고 있는 정부의 신축건축물 제로에너지화 계획은 현실과 큰 괴리를 보이고 있으며, 특히 용도지역과 그에 따른 규제 수준에 따라 목표 달성의 난이도 또한 크게 달라짐
- 따라서 정부의 제로에너지 의무화 목표는 건물 유형, 입지, 지역 특성, 토지 가치 등을 고려치 않아 토지이용의 효율성을 저해하는 일괄적 규제이자, 특정 용도지역에서는 이론적으로 달성이 불가능한 과잉규제라 할 수 있음
- 그에 반해 본고에서 제시한 개선(안)은 건물 용도별 · 규제 수준별 이론적 최대 에너지 감축률에 대한 실증분석을 바탕으로 도출한 것으로 기존 규제 계획에 비해 합리적이며 실현 가능성이 높은 규제가 될 수 있음
 - 이 개선(안)을 적용한다면 서울시에 할당된 온실가스 감축목표의 96% 이상을 달성

할 수 있는 것으로 나타나, 온실가스 감축목표에도 효율적으로 대응 가능함

- 개선(안)을 바탕으로 건물 용도별 · 용도지역별 에너지 성능 차등 규제를 도입하는 것이 바람직함
 - 시뮬레이션 분석 결과를 바탕으로, 주거용과 비주거용 건물 부문에 할당된 온실가스 감축목표를 현실적으로 재조정할 필요가 있음

■ 건물 단위 관리에서, 토지 단위 관리로

- 본고는 개별 건물 단위의 성능 개선과 신재생에너지 도입만으로는 대부분의 용도지역에서 제로에너지 달성이 난망하다는 사실을 실증적으로 입증함
- 이는 건축물이 입지한 대지(on-site)에서의 노력만으로는 제로에너지 건축이나 온실가스 감축목표 달성에 한계가 있으므로, 신재생에너지 생산과 미이용 에너지의 공유 및 거래와 같은 대지 외부(off-site)에서의 노력이 필요하다는 사실을 의미
 - 따라서 신재생에너지 생산설비 등 에너지의 면적(面的) 활용 증대를 촉진하는 제도적 장치가 요구됨. 이를 위해, 일본의 저탄소 도시 만들기 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 있음. 또한 밴쿠버시와 같이 용도지역 변경 시 신재생에너지 생산시설의 도입을 의무화하거나, 지구단위계획 수립 등으로 용적률 상승 시 그로 인해 증가한 에너지 소비량에 해당하는 만큼 신재생에너지 생산을 의무화할 수 있음
- 따라서 건물부문의 에너지 소비량이나 온실가스 배출량 관리 정책은 장기적으로 건물에 대한 규제(개별 성능에 대한 규제)에서 토지이용에 대한 규제(집단 성능에 대한 규제)로 전환될 필요가 있음
 - 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 바람직함

김승남 부연구위원 (031-478-9605, snkim@auri.re.kr)

