

K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵과 정책 제언

2022.06.29

녹색에너지전략연구소
임현지 연구원

목 차

I / K-Map 개요

II / K-Map 건물부문 탄소중립 로드맵

III / 정책 제언



I . K-Map 개요



1. K-MAP 개요

연구 목적

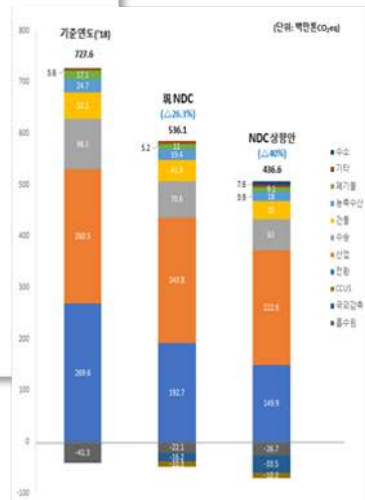
매우 불충분하다 평가받는 대한민국 NDC 2030 온실가스 감축 목표

- 감축 수준뿐 아니라, 감축 경로와 투자 편익 분석 부재 등 보완 요소 존재

2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상황안

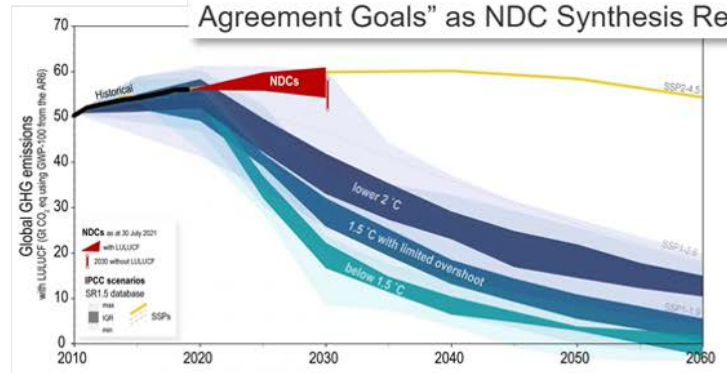
2021. 10. 18

관계부처 합동



탄소 감축 선언 잇따랐지만... 전세계 2030 온실가스 못 줄인다

"Climate Commitments Not On Track to Meet Paris Agreement Goals" as NDC Synthesis Report is Published

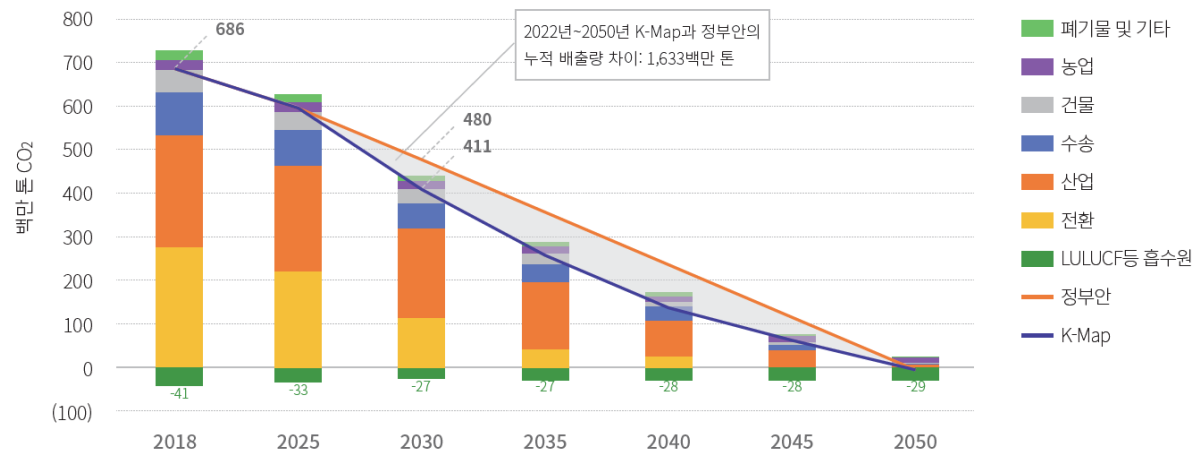
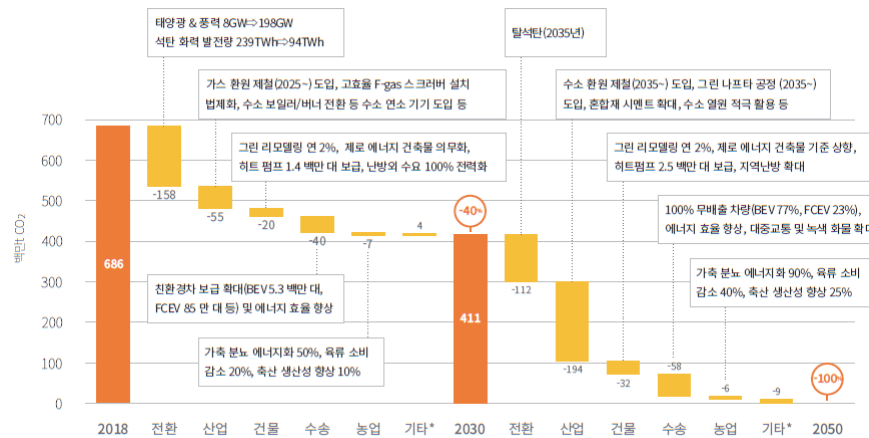


SOUTH KOREA OVERALL RATING
HIGHLY INSUFFICIENT

1. K-MAP 개요

정부안의 기본 가정을 준용하여, 보다 야심찬 'K-Map' 시나리오 마련

- 2030년 40% 감축('18년 대비), 2050년까지 정부안 대비 16.3억톤의 누적 온실가스 배출 감축



II. K-Map 건물부문 탄소중립 로드맵

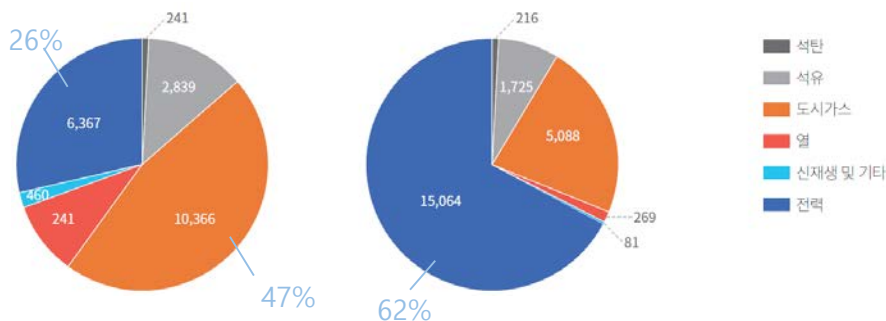


2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

1) 현황

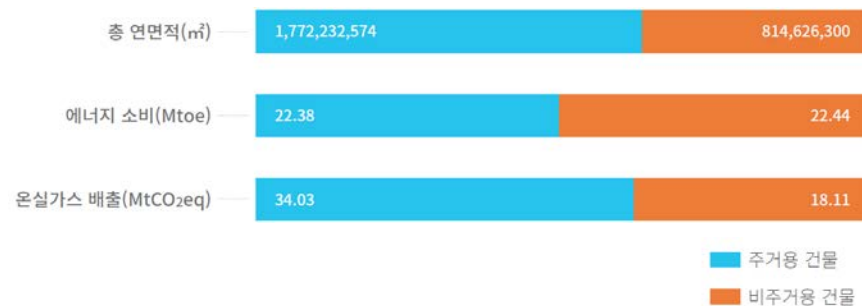
연면적, 에너지 사용, 온실가스 배출 현황

- 우리나라 건축물은 약 719만 동, 총 연면적은 37억 5천만㎡로 지속적인 증가 추세
 - 주거용 건물: 아파트(61.5%), 단독 주택(28.6%), 저층형 공동주택(9.9%)
 - 비주거용 건물: 상업용 건물(41.1%), 공업용(20.3%), 문교 사회용(17.1%), 기타(21.5%)
- 건물부문 총 에너지 사용량(2018)은 44.8백만 TOE, 총 온실가스 배출량(2018)은 52.1백만 톤 (7%)
- 2018년 기준, 전력(43.9%), 도시가스(31.4%), 석유(14.4%), 열(5.7%), 신재생(3.7%), 석탄(0.9%) 순으로 구성



[주거용(좌) 및 비주거용(우) 건축물의 에너지 사용량(2018) (단위: 천TOE)]

출처: 에너지경제연구원(2014; 2020; 2021) 재가공, GESI, Own analysis



[건물 용도별 연면적, 에너지 사용량, 온실가스 배출량 현황(2018)]

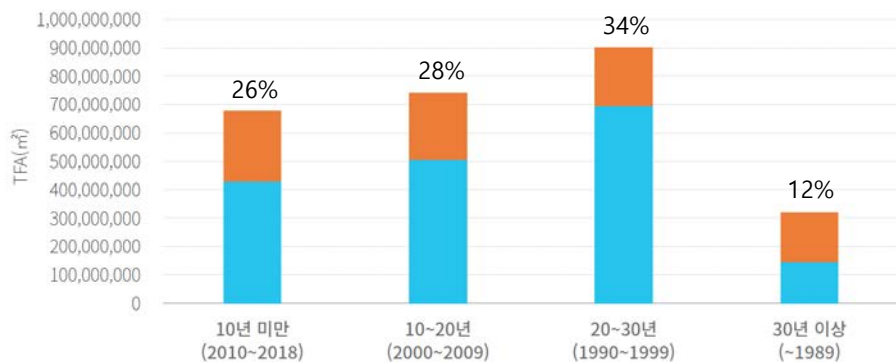
출처: 국토교통부(2019), 에너지경제연구원(2014; 2020; 2021) 재가공, GESI, Own analysis

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

1) 현황

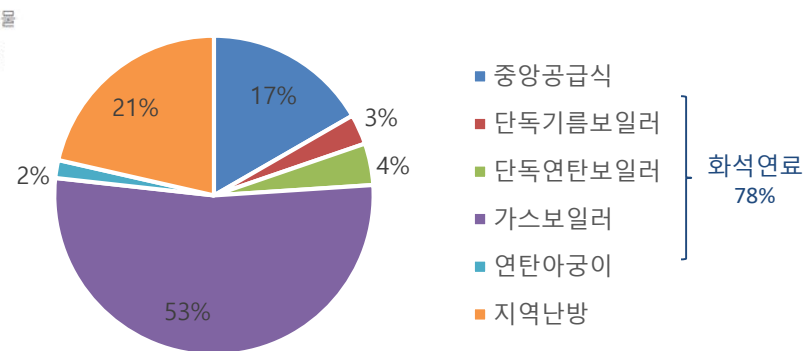
주요 온실가스 배출 요인 : 에너지 저효율 건물(단열 성능↓)과 난방용 화석 연료

- 정부는 2010년부터 지속적으로 건축물 단열 기준 강화, 그 결과 30년 전 건축물 대비 신축 건축물의 난방 에너지 사용량 31%~43% 감축됨
- 2018년 기준, 2010년 이전 건축된 건축물이 74%, 30년 이상 된 노후 건축물도 12% 차지
- 건물 부문 에너지 절반 이상이 난방 용도로 사용, 화석 연료 비중 높음



[건축 연한별 연면적 현황(2018)]

출처: 국토교통부(2019a), 김유민 외(2018) 재가공



[아파트 난방 방식 현황(2018)(%)]

출처: 국토교통부(2020)

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

2) 방법론

건물 부문 K-Map 시나리오 방법론



2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

2) 방법론

주거용 건물 총 연면적 : 지속적 증가 전망

- 1인당 GDP 증가, 총 가구 수 증가에 따른 인당 연면적 지속적 증가
- OECD 평균 1인당 주거용 연면적: 2013년 40.5㎡ → 2050년 48.2㎡ (IEA, 2016)

[주거용 건물 연면적 전망(2018-2050)]

	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
인구수(백만 명)	51.6	51.9	51.9	51.6	50.9	49.6	47.7
인당 연면적(㎡/인)	34.3	36.5	37.7	38.2	39.0	40.1	41.9
총 연면적(백만㎡)	1,772	1,894	1,957	1,969	1,984	1,989	2,001

비주거용 건물 총 연면적 : 지속적 감소 전망

- 경제활동 인구 비율: 2018년 66.6% → 2050년 80%, 생산 연령 인구(15~64세): 2018년 37.5백만 명 → 2050년 24.5백만 명

[비주거용 건물 연면적 전망(2018-2050)]

	2018	2025	2030	2035	2040	2045	2050
경제 활동 인구수(백만 명)	25.0	24.1	23.1	22.4	21.2	20.5	19.6
경제 활동 인구 인당 연면적(㎡/인)	32.6	34	35	36	37	38	39
총 연면적(백만㎡)	815	818	809	805	786	778	764

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

2) 방법론

건축물 연한에 따른 분류

- 주거용 건물의 경우, 건축 연한에 따라 용도별로 연면적 분류
- 건축물 연한에 따른 연면적 당 에너지 소비량 산출

[건축물 연한별 연면적 및 에너지 소비량]

건축 연도	건물 연면적 (㎡)			에너지 소비량 (kWh/㎡)		
	단독주택	아파트	저층아파트	단독주택	아파트	저층아파트
-1979	10,000	50	0	180.4	150.7	189.2
1980-1984	44,000	18,829	4,500	175.1	145.4	183.9
1985-1989	44,000	18,829	4,500	175.1	145.4	183.9
1990-1994	102,477	212,877	31,644	169.8	139.6	178.3
1995-1999	102,477	212,877	31,644	169.8	139.6	178.3
2000-2004	47,496	179,713	25,553	164	134	173.4
2005-2009	47,496	179,713	25,553	164	134	173.4
2010-2014	55,448	170,009	28,604	150	123	165
2015-2018	53,395	97,373	23,177	150	123	165

출처: 김유민 외(2018), 국토교통부(2019) 재가공, GESI Own analysis

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

3) 시나리오 적용

주요 감축 수단

- 아래 네 가지 주요 수단 적용
- 국민의 행동 양식 변화는 최소화, 기술적으로 가능한 최대치를 적용

에너지 원	2030	2050
그린 리모델링	2%/년	2%/년
제로에너지건축물 기준	주거용: 1++ 등급(90kWh/m ²) 상업용: 1+ 등급(200kWh/m ²)	주거용: 1+++ 등급(60kWh/m ²) 상업용: 1++ 등급(100kWh/m ²)
난방 연료 전환	신규 가스보일러 설치 금지(2025~)	기존 가스보일러를 히트 펌프와 지역난방으로 점진적 교체
전력화 및 기기 에너지 효율 개선	난방 외 에너지 수요 전력화	기기 에너지 효율 개선

[[참고] 정부안과 K-Map, BAU 시나리오의 주요 감축 수단 비교]

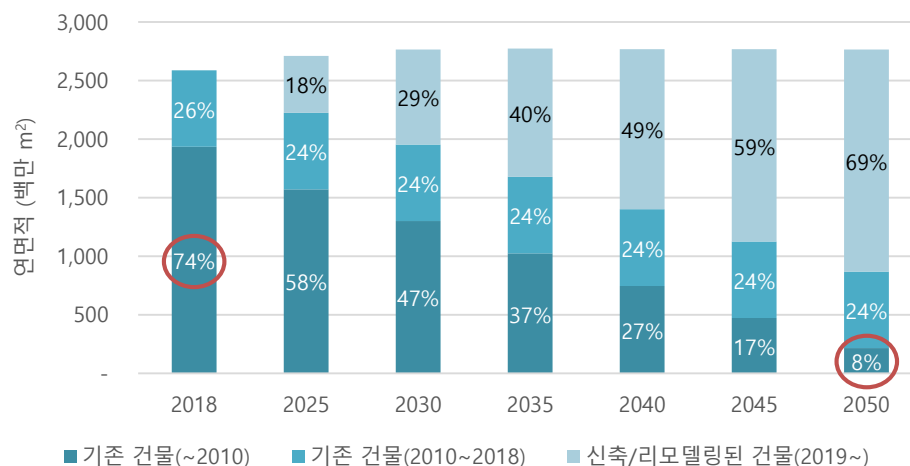
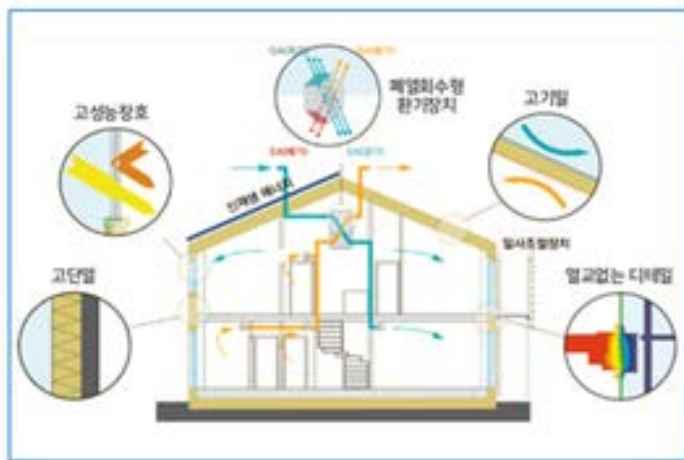
주요 감축 수단	정부안	K-Map 시나리오
건물 에너지 효율향상	- 제로에너지건축물 보급(신축) : 2050년까지 신규 100% - 그린리모델링 달성(기축) : 에너지효율등급 가정 1++, 상업 1+	○ (강화)
고효율기기 보급	에너지소비효율 강화 및 표시제도 확대 : 30~32% 에너지 절감	○ (준용)
스마트에너지 관리	에너지 이용 최적제어 통합 관리시스템(BEMS 등) 보급 확대 : 2~5% 에너지 절감	△
행태개선 강화	기후환경비용 반영, 국민의 자발적 동참으로 추가 감축 : 최종에너지 4~8% 절감	X
난방연료 전환	X	○ (신규 적용)

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

3) 시나리오 적용

A. 그린 리모델링 연간 2% 추진

- ‘그린 리모델링’이란 노후한 건축물의 단열, 설비 등 성능을 개선하여 에너지 효율을 향상시킴으로써 온실가스 배출을 줄일 수 있도록 건축물을 개량하는 것 (외벽, 창호 개선, 일사조절장치 설치 등)
- 연간 0.4% (현재 멸실률) → 연간 2% 그린 리모델링 가속화
 - 유럽 연합은 민간 건축물 연 2% 대, 공공 건축물 연 3%까지 리노베이션 확대할 계획(EU Renovation Wave, 2020; Fit for 55, 2021)
 - IEA(2021)는 2050 탄소중립 달성을 위해, 2030년까지 연 2.5%의 리트로핏이 필요하다고 강조
- 리모델링은 노후 건축물부터 진행, 대상은 아파트(50%→80%), 단독 주택(40%→10%), 저층형 공동주택(10%)
- 그린 리모델링 효과로 2050년 노후 건물 연면적 감소(74% → 8%), 2018년 이후 리모델링/신축된 건물이 69%를 차지할 전망



[그린 리모델링에 따른 건축 연한별 연면적 전망 (2018~2050)]

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

3) 시나리오 적용

B. 제로에너지건축물 기준 적용

- ‘제로에너지건축물’이란 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하고, 재생에너지를 활용하여 에너지 소요량을 최소화하는 건축물
 - K-Map 시나리오에서는 신축 혹은 리모델링된 건물 모두 제로에너지건축물 기준을 충족하며, 점차 에너지 성능이 개선될 것
 - 모든 신축 주거용 건물은 2019년부터 제로에너지건축물 기준 충족, 비주거용 건물은 2036년부터 충족
 - (참고) 노원에너지제로주택 2018년 연평균 에너지 소비량은 53.47kWh/m²

[제로에너지건축물 인증 기준]

에너지효율등급 1++이상* 충족
*주거용:90kWh/m²·년 미만,
비주거용:140kWh/ m²·년 미만

에너지자립률* 20% 이상 충족
* 단위면적당 1차에너지 소비량 대비
1차에너지 생산량

건물에너지 모니터링 시스템* 설치
* BEMS 또는 원격전자식검침기

[신축 건축물의 연면적당 에너지 수요 (단위: kWh/m²)]

건축 연도	주거용 건물			비주거용 건물
	단독 주택	아파트	저층형 공동주택	
현재(2018)	150	123	165	300
2019-2025	90	90	90	200
2026-2030	85	85	85	180
2031-2035	80	80	80	160
2036-2040	70	70	70	140
2041-2045	60	60	60	120
2046-2050	60	60	60	100



2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

3) 시나리오 적용

C. 난방 연료 전환

- 2025년부터 신규 가스보일러 설치 금지, 히트 펌프와 지역난방으로 대체
- 히트 펌프는 높은 효율 (COP 3~5), 지역난방은 유연성 자원 활용의 장점이 있음
- 기존 건축물에 대해서는 점진적 교체 (2025년 20% → 2050년 100%)
- 그 결과, 2050년 건물 부문 난방용 에너지는 탄소배출 제로 달성

[신규 건축물의 난방 방식]

	히트 펌프	지역난방
단독 주택	90%	10%
아파트	70%	30%
저층형 공동주택	80%	20%
비주거용 건물	80%	20%

[히트 펌프 설치 규모(2019~2050)]

(단위: 대)	2019 ~ 2025	2026 ~ 2030	2031 ~ 2035	2036 ~ 2040	2041 ~ 2045	2046 ~ 2050	계
단독 주택	493,234	502,372	472,085	817,240	825,703	282,841	3,393,475
아파트	5,809	4,888	6,963	6,464	7,122	2,145	33,391
저층형 공동주택	5,810	8,509	9,452	11,735	13,184	3,592	52,282
비주거용 건물	7,675	23,725	16,861	19,183	13,588	12,104	93,137

D. 전력화 및 기기 효율 개선

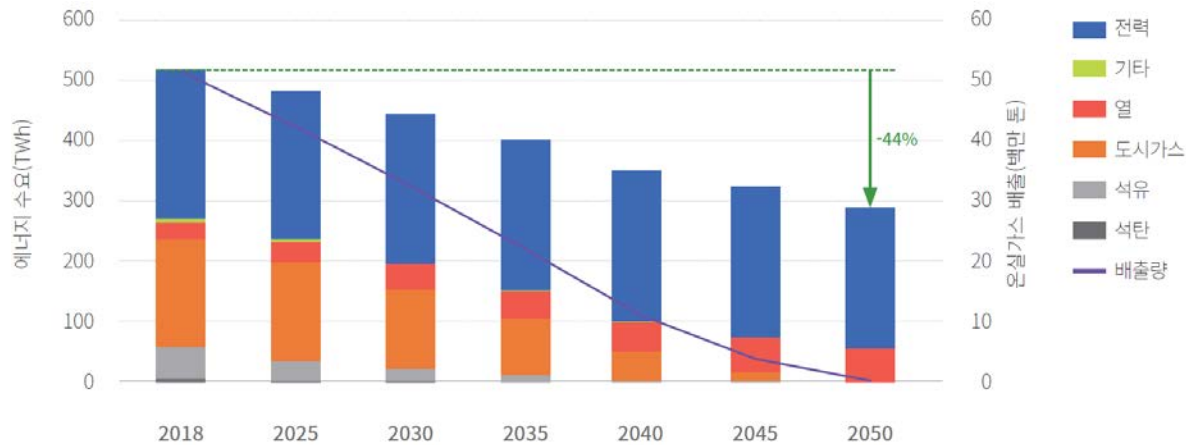
- 취사, 조명, 전자 기기 등 난방 이외의 모든 에너지 수요는 100% 전력화
- 기기 별로 최대 효율 개선 적용 (5~50%)

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

4) 시나리오 결과

시나리오 결과

- 에너지 수요 : 521TWh (2018) → 448TWh (2030) → 292TWh (2050) ('18년 대비 44% 감축)
- 에너지 믹스 : 화석연료는 모두 전력화 또는 지역난방으로 전환, 2050년 전력(82%)과 열(18%)로 구성
- 온실가스 : 52.1백만 톤(2018) → 32.3백만 톤(2030) → 탄소 중립(2050) 달성



[건물 부문 에너지 수요 및 온실가스 배출 전망(2018-2050)]

[(참고) 정부안과 K-Map 시나리오 비교]

건축 연도		정부안	K-Map	비고
에너지 수요		36백만 TOE	25백만 TOE	30% 감축
온실가스 배출량	2030년	35백만톤	32.3백만톤	2.7백만톤 추가 감축
	2050년	6.2백만톤	0	난방 탈탄소화(도시가스x)로 탄소중립 달성
	2022~2050년 누적 (BAU 추정)	1,348백만톤	600백만톤	748백만톤 추가 감축

2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

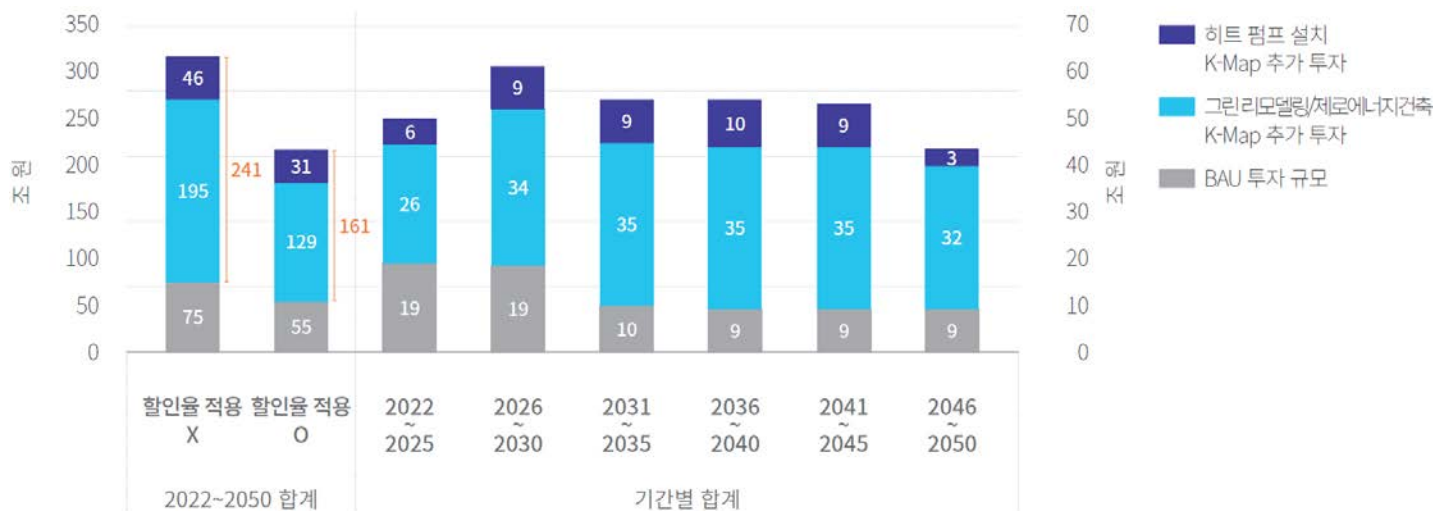
5) 투자 비용 및 편익 분석

BAU 대비 K-Map 추가 투자 비용은 241조 원, 연간 8조 3천억원 수준

(1) 그린 리모델링 및 제로에너지건축: 일반 건축물 대비 5~15%의 추가 공사비 발생(국토교통부, 2021) → 195조 원 (연간 6.7조원)

- 주거용 건물: 기본형 건축비(176 만 원 /㎡)의 10%, 비주거용 건물: 표준 건축비(112만 원/㎡)의 10%

(2) 히트 펌프 설치: 가스보일러 설치 비용과의 차액(덴마크 에너지청(2021) 가격 전망 활용) → 46조 원 (연간 1.6조원)



[건물 부문 탄소 중립 이행 투자 규모 추이]

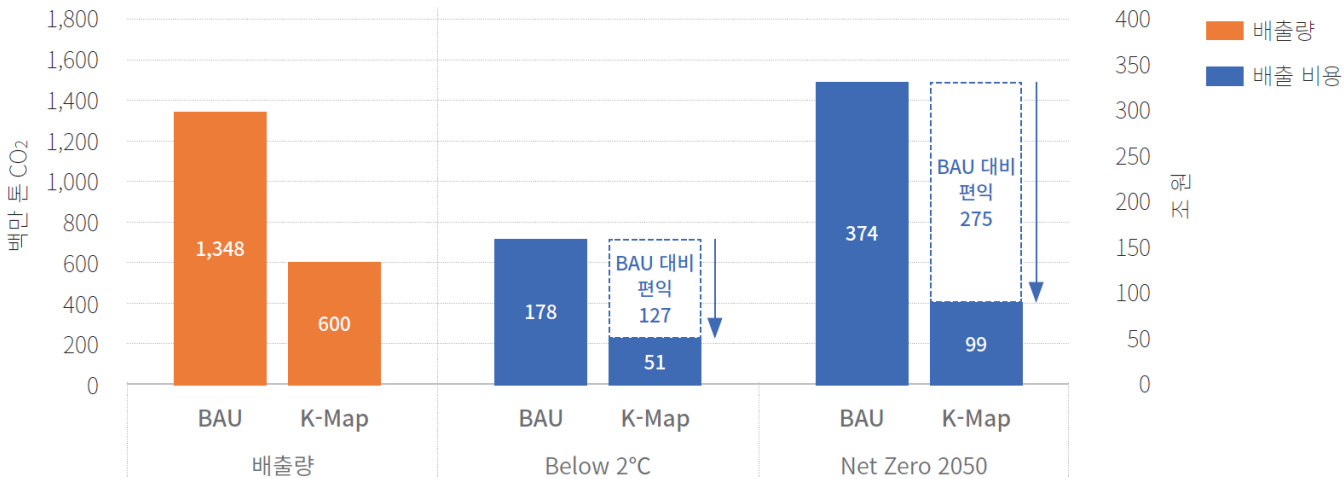
2. K-MAP 건물부문 탄소중립 로드맵

5) 투자 비용 및 편익 분석

온실가스 배출 저감에 따른 편익 127조~275조 원, 질적 편익도 기대

- K-Map에서는 2050년까지 BAU 대비 748백만 톤의 온실가스 감소, NGFS(2020) 한국 온실가스 가격 전망에 따른 편익은 127조~275조 원
- 주거 환경 개선으로 인한 국민들의 삶의 질 향상, 여름철 전력 수요 폭등 현상 완화, 기후 변화 적응 등 다양한 정성적 편익 발생

	2018	2030	2040	2050	2018 ~2030 연평균	2030 ~2050 연평균
NGFS의 'Below 2°C Scenario' 온실가스 가격 전망(US\$2010/t CO ₂ e)	20	109	135	266	7	8
NGFS의 'Net Zero 2050 Scenario' 온실가스 가격 전망(US\$2010/t CO ₂ e)	20	140	260	718	10	29



[건물 부문 온실가스 배출 저감에 따른 편익]

Ⅲ. 정책 제언



3. 정책 제언

1) K-Map 정책 제언

A. 그린 리모델링 가속화 및 제로에너지건축물 확대

- 연 2% 수준까지 그린 리모델링을 가속화하기 위해서는 사회적으로 수용가능한 정부의 로드맵과 지원책이 필요
 - 그린 리모델링 확대 목표와 로드맵이 부재, 리모델링을 유도하기 위한 규제 혹은 지원책 부족
 - 현행 정부의 '20~'25년 그린 리모델링 투자비(한국판 뉴딜)는 3조 원으로, '22~'25년 K-Map에서 분석한 2% 달성을 위한 투자비(44.7조 원)의 6.7%에 불과함
- 신축 건물에 대해서는 제로에너지건축물 의무화 시기를 앞당기고, nZEB(nearly Zero-Energy Building)* 기준 설정 고려
 - * nZEB는 에너지 성능이 매우 높은 건물을 의미

B. 난방 연료의 탈탄소화에 대한 사회적 논의 필요

- 정부안과 K-Map 시나리오의 가장 큰 차이점이자 건물 부문 탄소중립을 가능하게 한 핵심 요인은 난방 연료의 탈탄소화
 - IEA(2021)는 '25년부터 화석 연료 보일러 설치 금지 및 히트 펌프·지역난방 확대 제시, 독일은 '25년부터 재생에너지 난방 65% 달성, 영국은 '35년부터 가스보일러 설치 금지 발표
- 히트 펌프 설치 보조금 지원 및 경제성을 확보하기 위한 시장 지원 정책 필요
 - K-Map 연구에 따르면 히트 펌프 설치에 연간 1조 6천억원 추가 투입 필요
 - 영국은 Boiler Upgrade Scheme('22~'25) 도입, 7천 3백억 원 규모의 히트 펌프 교체 보조금 지원 (가구당 810만원)

3. 정책 제언

2) 그린 리모델링 확대를 위한 정책 제언

우리나라 기축 건축물의 주요 탄소 감축 제도

구분	제도	주요 내용
인증 및 인센티브	건축물에너지효율등급인증	건물의 설계도서를 통하여 난방, 냉방, 급탕 등 에너지소요량과 이산화탄소 발생량을 평가하여 에너지성능에 따라 10개 등급(1+++~7)으로 인증
	녹색건축 인증	건축물의 전 생애(Life Cycle)를 대상으로 환경에 영향을 미치는 요소에 대한 평가를 통하여 대상 건축물의 환경성능을 인증
의무화	건물에너지 성능정보공개제도	300세대 이상 공동주택, 3천㎡ 이상 업무시설, 건축물에너지효율등급 또는 제로에너지건축물 인증을 받은 건물은 건물에너지 성능정보를 공개해야 하는 제도, 부동산 거래시 에너지평가서 확인 가능
보조금 지원	공공 그린리모델링 지원사업	국공립어린이집, 보건소, 공공의료시설 등 취약계층이 이용하는 노후 공공건축물(준공 후 10년 이상 경과)의 그린리모델링 사업비 일부 지원 (' 21년 예산 : 5.9천억원)
	민간 그린리모델링 이차지원 사업	에너지 성능개선을 위한 리모델링을 실행 중인 모든 유형의 민간사업에 대한 이차 지원 사업 (' 21년 예산 : 3.4천억원, 주택유형별 최대 2천~5천만원 지원)
	에너지공단 ESCO (Energy Service Company) 사업	에너지절약전문기업(ESCO)이 기술, 자금 등을 제공하고 투자시설에서 발생하는 에너지절감액으로 투자비를 회수하는 사업 (' 21년 예산 : 3.1천억원)
	서울시 BRP (Building Retrofit Project) 사업	단열개선, 고효율기기 등 에너지절약설비 교체 시 장기저리(1.45%) 용자 지원사업 (' 21년 예산 : 75억원)

3. 정책 제언

2) 그린 리모델링 확대를 위한 정책 제언

정책 제언① : 그린 리모델링 로드맵 수립 및 적절한 규제 제도 도입 검토

A. 최저에너지성능제도(MEPS; Minimum Energy Performance Standard)

- EU는 '25년부터 판매/임대용 건물에 EPC(Energy Performance Certificates) 의무화(A~G 등급)
- EPBD 2021(Energy Performance of Buildings Directive)에서 '27년까지 모든 건물 EPC F등급 이상, '30년까지 E등급 이상, '50년까지 B등급 접근 목표 수립
- 개별 국가는 강력한 규제 조치 도입 (영국: F,G등급 임대 금지/ 프랑스: F,G등급 그린리모델링 의무화)

B. 건축물 에너지/온실가스 총량제 (Building Energy and Emissions Limits)

- 미국 뉴욕시는 그린뉴딜의 일부로 LOCAL LAW 97(LL97)을 시행
- 건물 온실가스 배출량 '30년까지 40%, '50년까지 80% 감축 목표 수립
- 대상 : 대규모 건물(25,000ft² 이상 (약 2,300m²) 또는 동일 구역에 위치한/동일 관리자가 소유한 건물의 총 연면적이 50,000ft² 이상)
- '25년부터 대상 건물은 연간 온실가스 배출 보고서를 제출해야 하며, 미이행시 벌금 부과

3. 정책 제언

2) 그린 리모델링 확대를 위한 정책 제언

정책 제언② : 그린 리모델링 지원 제도 개선

- 현행 우리나라 그린 리모델링 지원 제도는 이자 지원 형태로 활발히 활용되지 못함
- 한편, 해외에서는 그린 리모델링을 위한 직접 대출, 보조금 지원, 바우처 제공 등 적극적인 지원 제도가 운영되고 있음
- 특히, 리모델링 비용 부담이 개별 집주인이 아닌 건물에 귀속되도록 하는 방식도 활용됨 (영국, 미국)

국가	제도	주요 내용
미국	Property Assessed Clean Energy(PACE)	- 주택에너지 성능 개선을 위한 설비 설치비용 대출 프로그램 - 채무는 장기간(5~20년)에 걸쳐 건물 소유주의 재산세에 부과하여 상환
영국	Green Deal	- 에너지 사용료의 절감을 통해 차후에 비용을 되갚는 25년 분할상환 정책(초기투자비 경감) - 채무자가 아닌 건물에 귀속되는 대출방식
	Green Homes Grant	- 가정용 에너지 효율 개선을 위한 바우처 지원 프로그램 - 개선비용의 최대 2/3 지원(최대 5,000 파운드)
독일	KfW Efficiency House	- 기축 노후주택의 에너지 성능등급을 평가하여(에너지평가사 현장방문 조사), 공적금융기관 KfW가 그린리모델링 보조금 및 저리융자 인센티브 제공(25~40%, 30,000~48,000유로)
프랑스	Habiter Mieux Sérénité	- 주거용 건물에 대해 전문 컨설턴트와 동행하여 주택 성능 진단 및 그린 리모델링 비용 산정 - 소득 수준과 가구수에 따라 차등 지원(20,000~60,000 유로)

출처: 박기현(2021)

감사합니다