

발간번호: 11-1480906-000008-10

2018~2020년

# 온실가스 감축 이행실적 평가

2021. 12.





---

# 2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가

---

2021. 12.

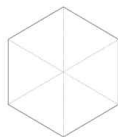
온실가스종합정보센터



# CONTENTS | 2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가

제1장 서론 .....	1
제2장 2020년 잠정배출량 산정 .....	9
제3장 국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 .....	17
제4장 전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 .....	25
제5장 산업 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 .....	43
제6장 건물·공공기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 .....	61
제7장 수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 .....	89
제8장 기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 .....	107
참고 국제 온실가스 감축과 기후변화 협상 동향 .....	149





# 제 1 장

## 서론





## 제1장 서론

### 1. 그간의 경과

#### ● 2018~2019년 온실가스 감축 이행실적 평가 시행

우리나라는 제2차 기후변화대응 기본계획(이하 제2차 기기본)의 중점 추진과제인 ‘신속하고 투명한 범부처 이행점검·평가 체계 구축’에 따라 2020년에 최초로 2018~2019년 국가 온실가스 감축 이행에 대한 평가를 시행하였다. 동 평가는 투명성, 적시성, 책임성, 그리고 환류의 4대 원칙에 따라 매년 국조실·환경부 공동주관으로 시행되며, 온실가스종합정보센터(이하 GIR) 총괄 하에 부문별 전문가들이 공동검토반을 구성하여 이행실적 평가 보고서를 작성한다.

2020년 작성된 「2018~19년 온실가스 감축 이행실적 평가」<sup>1)</sup> 보고서(이하 2020년 이행실적 보고서)는 당시 확정 발표된 2018년 배출량 실적과 2019년 잠정치로 기초로 하였다. 따라서 2020년의 이행평가에서는 2019년 잠정치에 대한 일부 불확실성과 2020년 온실가스 배출량 부재 등으로 인해 제1차 감축 이행기간에 대한 정확한 평가가 어려웠다. 그럼에도 불구하고 2018년과 2019년의 온실가스 배출량 통계를 이용하여 2개년에 대한 정량적인 평가를 처음 실시했다는 것은 그 자체로서 매우 의미가 있었다고 할 수 있다.

2018년 수정 확정된 「2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안」<sup>2)</sup>(이하 2030 로드맵 수정안)에 설정된 제1차 감축 이행기간(2018~2020년)의 감축 후 연평균 국가 온실가스 배출량 목표는 690.9백만톤 CO<sub>2</sub>eq.<sup>3)</sup>이다. 2018년과 2019년 2년간의 연평균 총배출량은 715.2백만톤으로 제1차 감축 이행기간 목표 배출량보다 3.5% 더 높게 나타났다. 2020년 이행실적 보고서에서는 국가 온실가스 배출이 기본적으로 인구 효과, 경제성장 효과(1인당 소득기준), 에너지집약도(에너지소비/GDP), 그리고 탄소집약도(톤/TOE) 등의 요인에 의하여 변화하는 것으로 가정하여, 이러한 요인들의 영향을 국가 단위, 그리고 부문 단위로 분석하였다. 이러한 온실가스 배출량 변화요인에 대한 분석은 향후 온실가스 감축정책에 있어서 특히 중요한 에너지 효율, 에너지원 구성의 변화를 파악하고 체계적으로 관리할 수 있는 대안을 마련하는데 기여할 수 있다.

1) GIR (2020) 2018~19년 온실가스 감축 이행실적 평가

2) 2021년 10월 27일 2030 NDC 상향안이 확정되어 2030년 온실가스 감축목표가 2018년 대비 40% 감축하는 것으로 수정되었다. 2030 로드맵 수정안에서는 국가 전체의 감축목표는 유지됐으나 국내 감축 수준을 상향했기 때문에 국내 감축목표는 총 2회에 걸쳐 수정되었다.

3) 이하 본문에서 특별한 언급이 없다면 온실가스 배출 및 흡수량은 모두 CO<sub>2</sub>eq.를 의미함

2020년 이행실적 보고서에서는 온실가스 배출량에 대한 평가뿐만 아니라 국가 전체와 주요 부문별로 온실가스 감축정책의 성과 및 현황을 파악할 수 있는 이행지표를 선정하고 그 추진 실적도 평가하였다. 국가 온실가스 감축 이행에 대한 양적 평가와 요인분해 분석, 그리고 목표지표와 이행지표에 대한 평가체제를 구축한 2020년 이행실적 보고서는 향후 국가 온실가스 감축목표 이행에 대한 평가의 기초를 확립하고 이를 최초로 시행하였다는 점에서 그 의의가 있다.

#### ● 2050년 탄소중립 선언과 「기후위기 대응을 위한 탄소중립녹색성장 기본법안」제정

2019년 말 발생해 전세계적으로 유행하고 있는 COVID-19로 인한 급격한 경기 침체, 그리고 가뭄, 홍수, 폭염, 흑한과 같은 광범위하고 심각한 기후변화의 부정적인 영향을 극복하기 위하여 ‘탄소중립·그린뉴딜’이 세계적으로 추진되고 있다. 우리나라도 COVID-19로 인한 심각한 경제불황을 타개하여 조속한 경기회복을 실현하고, 에너지 다소비, 온실가스 다배출 산업구조, 사회구조를 혁신적으로 변화시키기 위한 정책의 일환으로 2020년 10월 문재인 대통령의 국회 시정연설을 통해 2050 탄소중립을 선언하고 이에 따른 후속조치로 2050 탄소중립 추진전략<sup>4)</sup>을 발표하였다. 같은 해 12월에는 기후변화에 관한 파리협정에 따라 UNFCCC에 제출한 「지속가능한 녹색사회실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략」을 통해 ‘경제구조의 저탄소화’, ‘저탄소 산업생태계 조성’, ‘탄소중립사회로의 공정전환’의 3대 정책방향을 설정하였다. 또한 ‘에너지 전환 가속화’, ‘고탄소 산업구조 혁신’, ‘미래모빌리티로 전환’ 등 10대 중점과제를 선정하였다. 이에 더하여 탄소중립의 제도적 기반 강화를 위한 방안으로 ‘재정’, ‘녹색금융’, ‘R&D’, ‘국제 협력’ 등을 제시하였다.

2021년 5월 우리나라는 산업·경제·사회 모든 영역에서 탄소중립 사회로의 전환을 도모하기 위한 추진체계로서 대통령 직속 2050 탄소중립위원회를 설립하고<sup>5)</sup>, 2021년 8월 「기후위기 대응을 위한 탄소중립녹색성장 기본법안」<sup>6)</sup>(이하 탄소중립기본법)을 제정함으로써 2050년 탄소중립 목표설정과 이행을 위한 법적 기반을 확보하였다. 우리나라의 탄소중립기본법은 전세계에서 14번째로 2050 탄소중립 비전과 이행체계를 법제화한 것으로 국가 전략, 중장기 온실가스 감축목표, 그리고 기본계획 수립과 이행점검 등의 법정 절차를 체계화하였다. 특히 2030년 국가온실가스 감축목표와 관련하여 2017년 배출량 대비 24.4%를 감축한다는 기존 NDC 목표<sup>7)</sup>보다 강화된 수준인 2018년 배출량 대비 35% 이상을 ‘감축목표의 최소치’로서 법률에 명시하여 정부가 보다 강력한 정책 수립과 이행을 추진토록 권한과

4) 대한민국 정부 (2020) *지속가능한 녹색사회실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략*

5) 국조실 (2021) *김부겸 국무총리, 2050 탄소중립 대전환 향한 닷 올린다*

6) 국가법령정보센터 [시행 2022. 3. 25.] [법률 제18469호, 2021. 9. 24., 제정] *기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법안*

7) 2017년 대비 24.4% 감축은 2018년 대비 26.3%에 상응한다. 정부는 2018년 배출량이 배출정점을 기록하고 있음을 고려하여 기존 2017년 기준값을 2018년으로 조정하여 목표를 수립하였다.

의무를 부여하였다. 또한 국가 온실가스 감축목표 이행의 실행력 확보를 위해 국가 예산계획 수립 시 감축목표를 점검할 수 있도록 하는 온실가스감축인지 예산제도를 도입하였다. 그리고 현재 중앙정부 위주의 온실가스 감축정책을 중앙정부와 지방정부간 협력하는 체계로 전환하기 위하여 지역 온실가스 통계 구축, 탄소중립지원센터의 설립 등 지원기반을 강화하도록 규정하였다.

2050 탄소중립위원회는 정부부처가 기술작업반을 통해 마련한 탄소중립 시나리오 초안을 바탕으로 2050년 탄소중립 시나리오를 마련(2021.10)하였으며, 이와 함께 '2018년 대비 40%를 감축'하는 보다 상향된 2030년 국가 온실가스 감축목표(이하 2030 NDC 상향안)를 도출하였다.

#### 참고 1.1. 부문별 2030 온실가스 감축목표 NDC 상향 전후 비교

(단위: 백만톤)				
구분	부문	기준연도('18)	現 NDC ( '18년 比 감축률)	NDC 상향안 ( '18년 比 감축률)
배출량*		727.6	536.1 (△191.5, △26.3%)	436.6 (△291.0, △40.0%)
배출	전환	269.6	192.7 (△28.5%)	149.9 (△44.4%)
	산업	260.5	243.8 (△6.4%)	222.6 (△14.5%)
	건물	52.1	41.9 (△19.5%)	35.0 (△32.8%)
	수송	98.1	70.6 (△28.1%)	61.0 (△37.8%)
	농축수산	24.7	19.4 (△21.6%)	18.0 (△27.1%)
	폐기물	17.1	11.0 (△35.6%)	9.1 (△46.8%)
	수소	-	-	7.6
	기타(탈루 등)	5.6	5.2	3.9
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-22.1	-26.7
	CCUS	-	-10.3	-10.3
	국외 감축**	-	-16.2	-33.5

※ 상기 표의 배출량에 부문별 간접 배출량은 포함되어 있지 않음  
\* 기준연도('18) 배출량은 총배출량, '30년 배출량은 순배출량(총배출량 - 흡수·제거량)  
\*\* 국내 추가감축 수단을 발굴하기 위해 최대한 노력하되, 목표 달성을 위해 보충적인 수단으로 국외 감축 활용

출처: 환경부 보도자료 (2021) 2050 탄소중립을 위한 이정표 마련

● 해외 주요국의 이행실적 평가

유럽의 주요 국가들은 온실가스 감축정책의 이행점검에 관한 법률을 제정해 정기적으로 이행보고서를 작성·공표하고 있다. 영국의 기후변화위원회(Climate Change Committee, CCC)에서 매년 6월 작성하는 Meeting Carbon Budgets-Progress Report가 대표적이다. 해당 보고서에서는 경제, 전력, 건물, 산업, 수송, 농림, 자치정부 등 10개 부문을 대상으로 분야부문별 지표·목표, 정책 경로분석 등을 상세하게 다루고 있다.

참고 1.2. 유럽 국가들의 이행실적 평가

	EU	영국	독일	네덜란드	스웨덴
시작연도	2007년	2009년	2012년	2009년	2002년
발표시기	10개월 후	6개월 후	12개월 후	11개월 후	4개월 후
발표주체	유럽환경청	기후위원회	에너지경제부 환경부	통계청	환경청
평가부문	3개	10개	8개	20개(지표)	10개
법률근거	결정, 지침	기후변화법	재생에너지보급법 , 에너지산업법	환경관리법	정부기관의 환경관리에 관한 규제
법률조항	중간보고서 제출 의무	중간보고서 작성	보고서 제출의무	대중을 위한 환경보고서 작성의무	지표개발, 환경목표 평가의무
출처: 저자 작성					

독일의 환경부는 매년 상반기에 Klimaschutz in Zahlen을 발표하는데, 에너지, 산업, 수송, 가정, 농업, 폐기물 등 8개 부문에서의 온실가스 배출량 현황 및 정부계획(Climate Action)의 기여도를 평가한 내용을 담고 있다. 유럽에서는 개별 국가뿐만 아니라 연합체 차원에서도 이행보고서를 작성하며, 매년 10월 유럽 환경청을 통해 Trends and projections in Europe을 발표한다. 이 보고서는 탄소배출량, 재생에너지, 에너지효율 등의 3개 부문에 대한 EU 목표와 회원국의 배출경로, 현황 및 정책을 기술적으로 나열한 것이 특징이다.

그 외 별도의 이행실적 평가 보고서를 발표하지는 않으나, UNFCCC에 제출하는 국가 보고서를 통해 이행실적을 평가하는 국가들도 존재한다. 일본과 미국은 부속서 I 국가로서 온실가스 배출 감축의무를 부담하는 나라이며 격년 보고서(Biennial Report, BR)을 제출하고 있다. 미국은 제2차 BR을 2016년에 제출하였으며, 트럼프 대통령 부임 이전까지 평가가 진행되었다. 수송, 에너지, 산업공정, 농업, 산림 및 토지 이용, 폐기물 등 8개의 부문에서 평가를 진행하였다. 일본은 2019년 12월 제4차 BR을 제출하였으며, 산업, 가정, 상업 및 기타, 수송, 전환 5가지 부문에서 평가를 진행하고 있다.

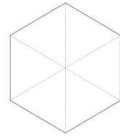
중국의 경우 감축의무를 부담하지 않는 비부속서 I 국가로서 격년 갱신 보고서(Biennial Updated Report, BUR)를 제출하고 있다. 2019년 6월 제출된 중국의 제2차 BUR은 국가 전체(1개 지표), 에너지 구조 최적화(7개 지표), 에너지 보존 및 에너지 효율성 증대(3개 지표) 3가지 부문의 11개 정책 지표의 효과를 평가하고 있다. 또한 특별행정구역인 홍콩과 마카오에 대해서는 별도로 평가를 진행하고 있는데, 홍콩에 대해서는 전체(1개 지표), 에너지 효율성 최대화(5개 지표), 폐기물 에너지화(3개 지표) 등 3가지 부문의 9개의 정책 지표의 효과를 평가하고 있으며, 마카오에 대해서는 5개의 정책 지표로 평가하고 있다.

## 2. 제1차 감축 이행기간(2018~2020) 온실가스 감축 이행실적 평가

제1차 감축 이행기간 감축 이행실적 평가보고서(이하 2021년 이행실적 보고서)는 우선 2018~2020년 평균 온실가스 배출량 실적과 목표를 비교하여 평가하였다. 그리고 부문별 이행평가는 제2차 기기본에서 규정한 전환, 산업, 건물, 수송, 농축산, 폐기물, 공공·기타, 흡수원 등 8대 부문과 향후 2050 탄소중립 이행에서 역할의 중요성이 점차 증대되는 탄소 포집·저장 및 활용(Carbon Capture, Utilization and Storage, CCUS) 부문을 추가해 총 9개 부문에 대하여 실시하였다.

2021년 이행실적 보고서는 2020년 배출량이 잠정치라는 한계가 있지만, 제1차 감축 이행기간 전체에 대한 온실가스 배출량 통계를 확보하여 작성하였다. GIR은 2019년부터 '잠정배출량' 개념을 통하여 확정치 발표에 소요되는 2년의 시차를 줄여 대상 연도 다음 해에 잠정배출량을 산정해 발표하고 있다. 2020년 이행실적 보고서에 사용된 2019년 잠정치(702.8백만톤)와 사후적으로 산정된 2019년 실적(701.4백만톤)의 차이를 살펴본 결과 0.20%의 상대적 오차를 기록해 잠정배출량이 매우 높은 수준의 정확성을 보인 것으로 나타났다. 이러한 판단에 근거하여 2021년 이행실적 보고서는 2020년 온실가스 배출량 잠정치를 사용하여 배출 목표와 실적, 그리고 2019년 대비 배출량 변화 등을 분석하였다. 또한, 앞에서 언급한 바와 같이 제1차 감축 이행기간에 대한 배출 목표와 실적의 차이를 인구, GDP 등의 전제조건을 활용하여 배출량 증감요인 별로 살펴보고 부문별 이행지표 달성 현황을 고려한 종합적인 평가 결과와 함께 제시하였다. 동 평가를 바탕으로 향후 2030년 우리나라 온실가스 감축목표 이행의 효과성<sup>8)</sup>을 담보하기 위한 정책 방향 또는 대안을 모색할 수 있을 것이다.

8) 참고로 2021년 이행실적 평가는 2021년 10월 확정된 2030 NDC 상향안 이전의 국가 목표 및 2030 로드맵 수정안을 토대로 진행하였는데, 이는 평가 대상 기간이 탄소중립기본법 제정 및 2030 NDC 상향안 수립 이전인 2020년까지이므로 2030 NDC 상향안에 따른 감축 노력은 2021년 이후부터 추진 예정이기 때문이다.



## 제 2 장

# 2020년 잠정배출량 산정





## 제2장 2020년 잠정배출량 산정

우리나라는 매년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Greenhouse Gas Inventory Report, NIR)를 통해 연도별·부문별·유형별 온실가스 배출 현황을 공표한다<sup>9)</sup>. 그러나 NIR은 국제적 작성 지침에 따라 2년 전 통계를 공표하므로, GIR에서는 2020년부터 NIR 발간 이전에 확정 통계보다 앞서 잠정 추계한 직전 연도의 잠정배출량을 공표하고 있다. 본 보고서에서 사용된 온실가스 배출량 실적 중 1990~2019년까지는 GIR이 확정 발표한 NIR 자료를, 그리고 2020년 온실가스 배출량은 잠정배출량<sup>10)</sup>을 기준으로 한다.

### ● 온실가스 총 배출량

2020년 우리나라의 온실가스 총배출량은 648.6백만톤으로, 1990년 대비 121.9% 증가, 전년 대비 7.5% 감소한 수치를 나타냈다. 부문별로 살펴보면 에너지 563.7백만톤, 산업공정 47.4백만톤, 농업 21.3백만톤, 폐기물 16.3백만톤으로 나타나, 에너지 부문의 배출량이 전체의 87%를 차지하고 있다. 1990년 이래로 우리나라의 온실가스 총배출량은 1998년 및 2014년을 제외하면 지속적으로 증가세를 나타내왔으나, 2018년을 정점으로 최근 2년간 온실가스 배출량이 연속으로 감소세를 나타내고 있다.

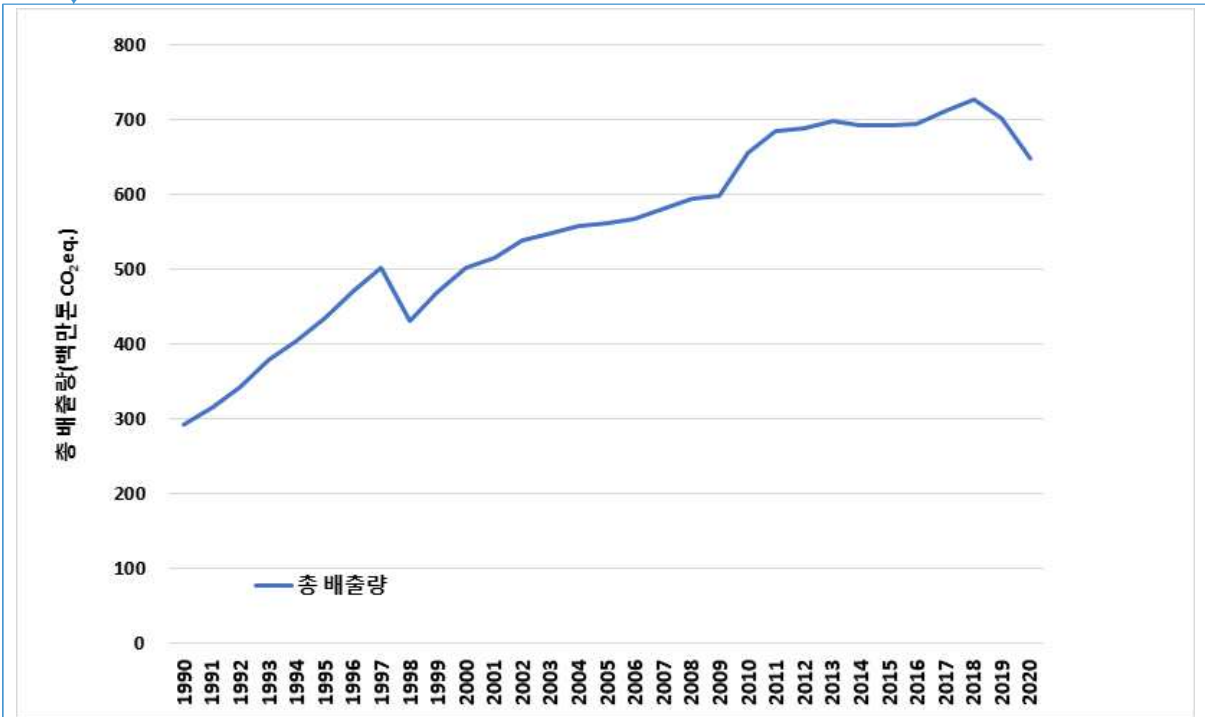
참고 2.1. 온실가스 총 배출량(1990~2020년)

분야	1990년	2000년	2010년	2018년	2019년	2020년	1990년 대비 2020년 증감률(%)	2019년 대비 2020년 증감률(%)
총 배출량 (백만톤)	292.2	502.8	656.1	727.0	701.4	648.6	121.9	-7.5
출처: GIR								

9) <http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36> (accessed: 2021.11.16.)

10) GIR 보도자료 (2021) 온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상

참고 2.2. 온실가스 총 배출량(1990~2020년)



출처: GIR

● 1인당 온실가스 배출량

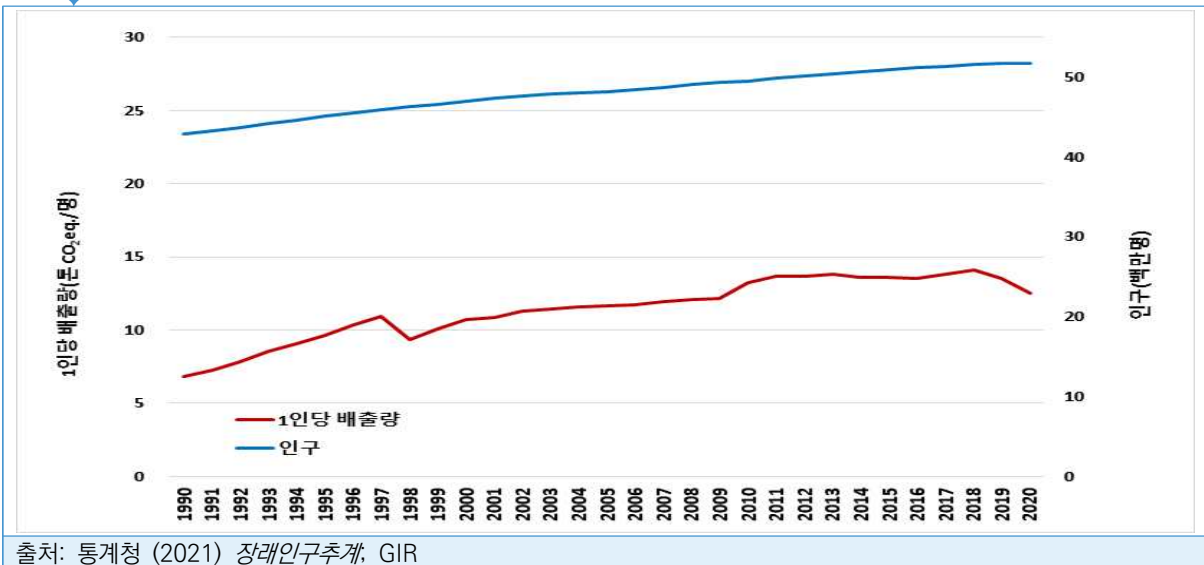
2020년 우리나라 인구는 51.8백만명이며, 온실가스 총배출량은 648.6백만톤으로, 1인당 온실가스 배출량은 12.5톤이다. 2020년 1인당 온실가스 배출량은 1990년 대비 83.7% 증가하였으며, 전년 대비 7.7% 감소하였다. 인구는 2020년에 1990년 대비 20.8%, 2019년 대비 0.1% 증가하여 증가 추세가 완만하게 낮아지고 있으며, 1인당 온실가스 배출량은 지속해서 증가하다가 최근 줄어드는 경향을 보이고 있다.

참고 2.3. 1인당 온실가스 배출량(1990~2020년)

분야	1990년	2000년	2010년	2018년	2019년	2020년	1990년 대비 2020년 증감률(%)	2019년 대비 2020년 증감률(%)
1인당 배출량 (톤 /명)	6.8	10.7	13.2	14.1	13.6	12.5	83.7	-7.7
인구(백만명)	42.9	47.0	49.6	51.6	51.7	51.8	20.8	0.1

출처: 통계청 (2021) 인구총조사, GIR

## 참고 2.4. 1인당 온실가스 배출량(1990~2020년)



## ● GDP당 온실가스 배출량

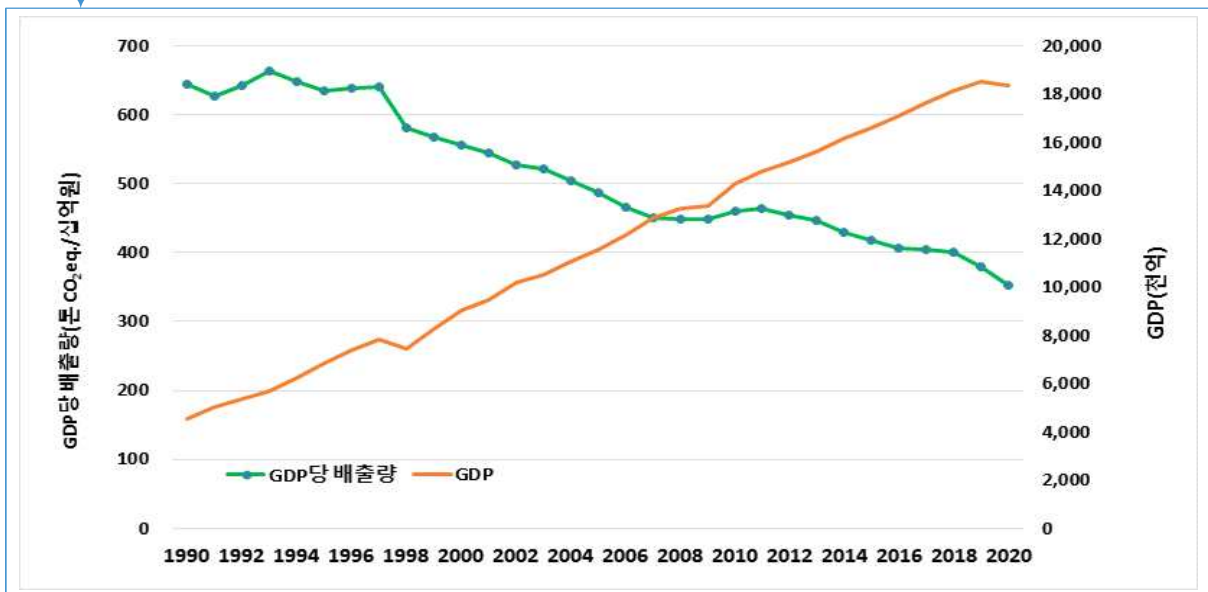
2020년 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량은 353.1톤/십억원이다. 이는 1990년 GDP당 배출량(643.5톤/십억원)보다 45.1% 감소된 수치이며, 2019년 GDP당 배출량(378.6톤/십억원)보다 6.7% 감소하여 지속적으로 낮아지는 추세를 보이고 있다. 2020년 GDP의 경우 1990년 대비로는 304.5%로 크게 증가하였지만, 2019년 대비로는 0.9% 감소하여 최근 COVID-19로 인한 경기 침체 상황을 여실히 보여 주고 있다. 다만, 단위 GDP에 대한 배출량이 크게 줄어들면서 국내총생산과 배출량간의 탈동조화가 더욱 뚜렷해졌음을 보여주고 있다.

## 참고 2.5. 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량(1990~2020년)

분야	1990년	2000년	2010년	2018년	2019년	2020년	1990년 대비 2020년 증감률(%)	2019년 대비 2020년 증감률(%)
GDP당 배출량 (톤/십억)	643.5	556.5	459.9	401.2	378.6	353.1	-45.1	-6.7
GDP(천억)	4,541	9,036	14,266	18,120	18,527	18,369	304.5	-0.9

출처: 한국은행 (2021) 실질 국내총생산(2015년 기준), GIR

**참고 2.6. 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량(1990~2020년)**



출처: 한국은행 (2021) *실질 국내총생산(2015년 기준)*, GIR

NIR 및 잠정배출량을 이용하여 제1차 감축 이행기간의 부문별 목표지표 달성 여부를 평가하려면, 이를 동일한 기준 아래에서 비교하기 위한 배출량 보정이 선행되어야 한다. NIR은 직접 배출량 기준으로 국가 배출량을 부문별로 구분하는데 반해, 2030 로드맵 수정안은 직접 배출량뿐만 아니라 열(스팀)과 전기 사용에 따른 간접 배출량도 포함하여 부문별 목표를 설정하기 때문이다. 따라서 NIR 실적을 2030 로드맵 수정안 부문에 맞춰 재분류하고, 이를 활용하여 목표지표 달성 여부를 파악하였다. 이때, 간접 배출량의 경우 전력·열 배출계수에 의한 차이를 함께 고려할 필요가 있다. 예컨대 전력 배출계수 실적치가 2030 로드맵 수정안에서 전망한 값보다 높을 경우, 같은 양의 전력을 사용하더라도 이에 따른 간접 배출량은 목표를 달성하지 못할 수도 있다. 이 경우에는 배출량 실적에 맞추어 2030 로드맵 수정안 목표 배출량을 보정하였다.

**참고 2.7. 제1차 감축 이행기간의 전력/열 배출계수(로드맵과 실적 차이)**

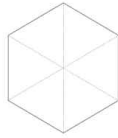
연도		2018년	2019년	2020년
전력 배출계수 (톤/TOE)	로드맵	5.5	5.2	5.0
	실적	5.8	5.4	4.9
	차이(%)	4.8	4.5	-2.9
열 배출계수 (톤/TOE)	로드맵	4.0	4.0	4.1
	실적	3.0	2.7	2.4
	차이(%)	-24.2	-32.5	-40.6

참고로, NIR이 연도별로 재계산될 경우 전력 및 열 생산에 따른 온실가스 배출량 실적이 산정 연도별로 달라질 수 있다. 따라서 2018년 및 2019년 전력·열 배출계수 실적 역시 산정 연도에 따라 차이가 있고, 결과적으로 이를 활용하여 보정한 부문별 목표 배출량도 산정 연도 별로 달라진다. 예컨대 산업 및 건물 부문의 경우 2020년 이행실적 보고서에서는 제1차 감축 이행기간의 목표를 각각 404.7백만톤, 145.7백만톤으로 설정하였으나, 본 보고서에서는 최신 전력·열 배출계수를 반영하여 이를 각각 399.3백만톤, 142.3백만톤으로 변경하였다.

**참고 2.8. 제1차 감축 이행기간의 전력/열 배출계수(산정 연도별 차이)**

연도 산정 연도	2018년			2019년			2020년
	2020년	2021년	차이(%)	2020년	2021년	차이(%)	2021년
전력 배출계수 (톤/TOE)	5.793	5.765	-0.473	5.463	5.408	-1.016	4.864
열 배출계수 (톤/TOE)	3.044	3.037	-0.228	2.398	2.723	13.566	2.419





# 제 3 장

## 국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과





## 제3장 국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

### 1. 목표지표 분석

2020년은 우리나라가 2030 로드맵 수정안의 제1차 감축 이행기간에 대한 목표 이행 여부를 최초로 확인하는 해이자 2030 로드맵 수정안 목표 연도를 10년 앞둔 해이다. 따라서 중장기 감축목표 달성을 위한 배출량 현황 파악의 중요성이 더욱 대두되는 시기이기도 하다. 이에 본 보고서는 국가 온실가스 총배출량 목표지표 분석을 통해 우리나라 온실가스 배출량 현황 파악을 시도한다. 2030 로드맵 수정안은 감축정책의 예측가능성 제고와 감축목표 이행관리 강화를 위해 3년 단위 온실가스 감축경로를 제시하고 있다. 이에 총괄 및 부문별 목표지표 분석은 2020년 단일 연도와 제1차 감축 이행기간인 2018~2020년에 대한 연평균 목표 대비 실적 비교를 통해 수행한다.

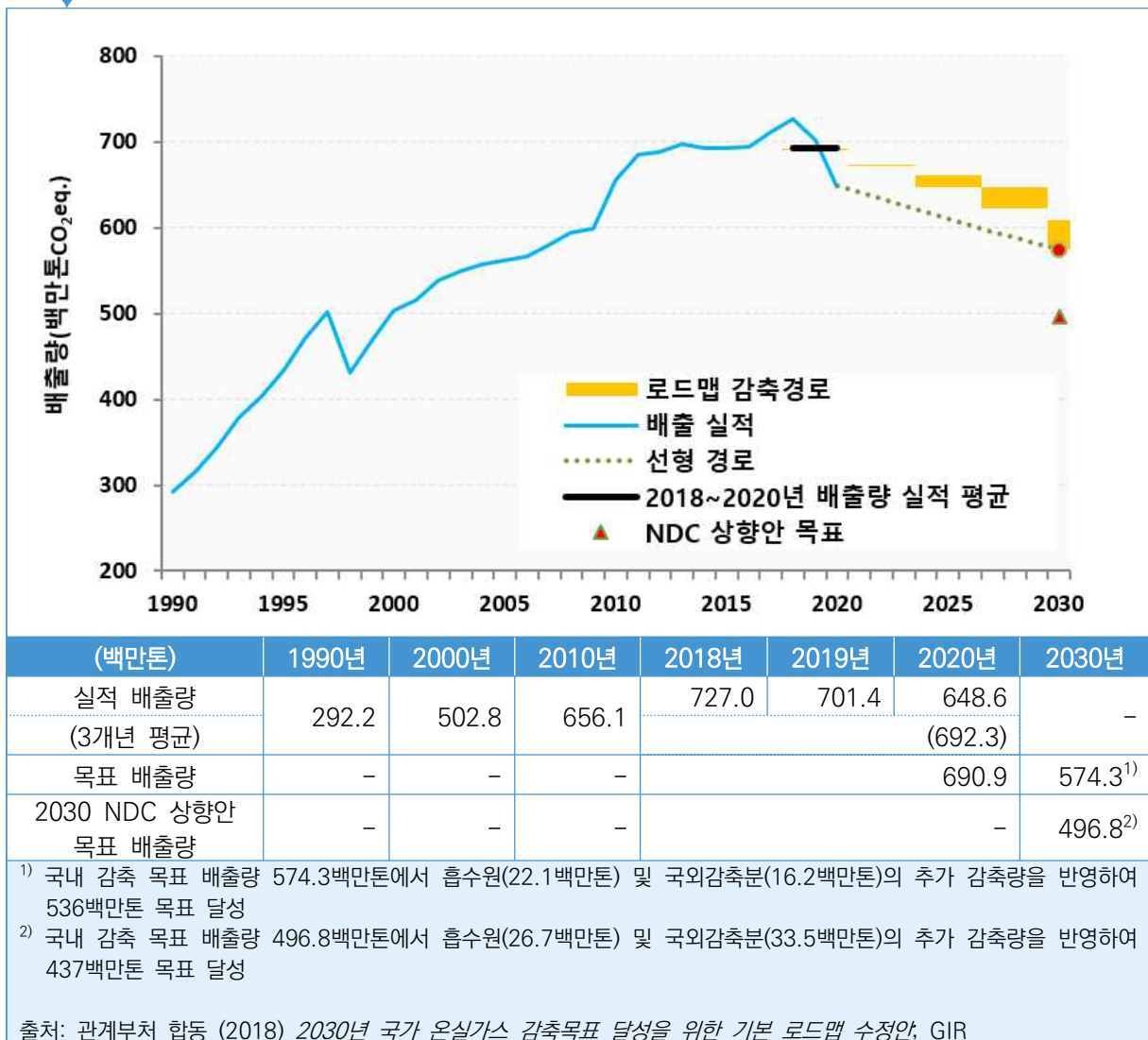
제2장에서 언급한 바와 같이, 2020년 우리나라의 온실가스 총배출량은 648.6백만톤으로, 제1차 감축 이행기간 연평균 목표인 690.9백만톤에 비해 6.1% 낮게 나타났다. 또한 온실가스 배출량이 정점을 찍었던 2018년에 비해 3.5% 줄어든 2019년에 이어, 2019년 대비 다시 7.5% 감소하여 연속해서 온실가스 배출이 줄어들었다. 이는 배출량 통계 집계를 시작한 1990년 이후 처음으로 2년 연속으로 배출량이 감소한 사례이다. 그러나 이러한 감소세를 근거로 향후 배출량 전망을 너무 낙관적으로만 접근하기는 어렵다. 2020년 온실가스 배출이 줄어든 요인들로는 미세먼지 대책에 따른 석탄발전 감소, 에너지 효율 개선 및 재생에너지 보급 확대 등 여러 가지가 있지만, COVID-19로 인한 생산량 감소가 주된 요인 중 하나이므로, COVID-19 이후 온실가스 배출이 다시 증가할 가능성이 있기 때문이다.<sup>11)</sup>

한편 제1차 감축 이행기간의 연평균 온실가스 배출량 실적은 692.3백만톤으로 동 기간 목표(690.9백만톤)를 0.2% 초과해 거의 달성한 것으로 평가된다. 물론 이러한 배경에는 정부의 정책이행 성과 이외에도, 앞서 언급한 바와 같이 COVID-19로 인한 영향을 배제할 수 없다. 제1차 감축 이행기간 연평균 온실가스 배출량은 2030년 국가 온실가스 배출량 목표 574.3백만톤<sup>12)</sup>에 비해 20.6%(118.0백만톤) 높은 수준이다. 아울러, 최근 온실가스 배출량 감소에는 정부정책 효과뿐만 아니라 COVID-19 등 비정상적인 상황으로 인한 감소 효과도 있다. 따라서, 2030년 감축목표 달성을 위한 보다 지속적이고 강화된 노력과 모니터링이 요구된다.

11) 환경부 보도자료 (2021) 온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상

12) 2030 NDC 상향안의 국가 목표는 436.6백만톤이며, 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량을 이와 비교할 경우에는 58.5% 높게 나타난다.

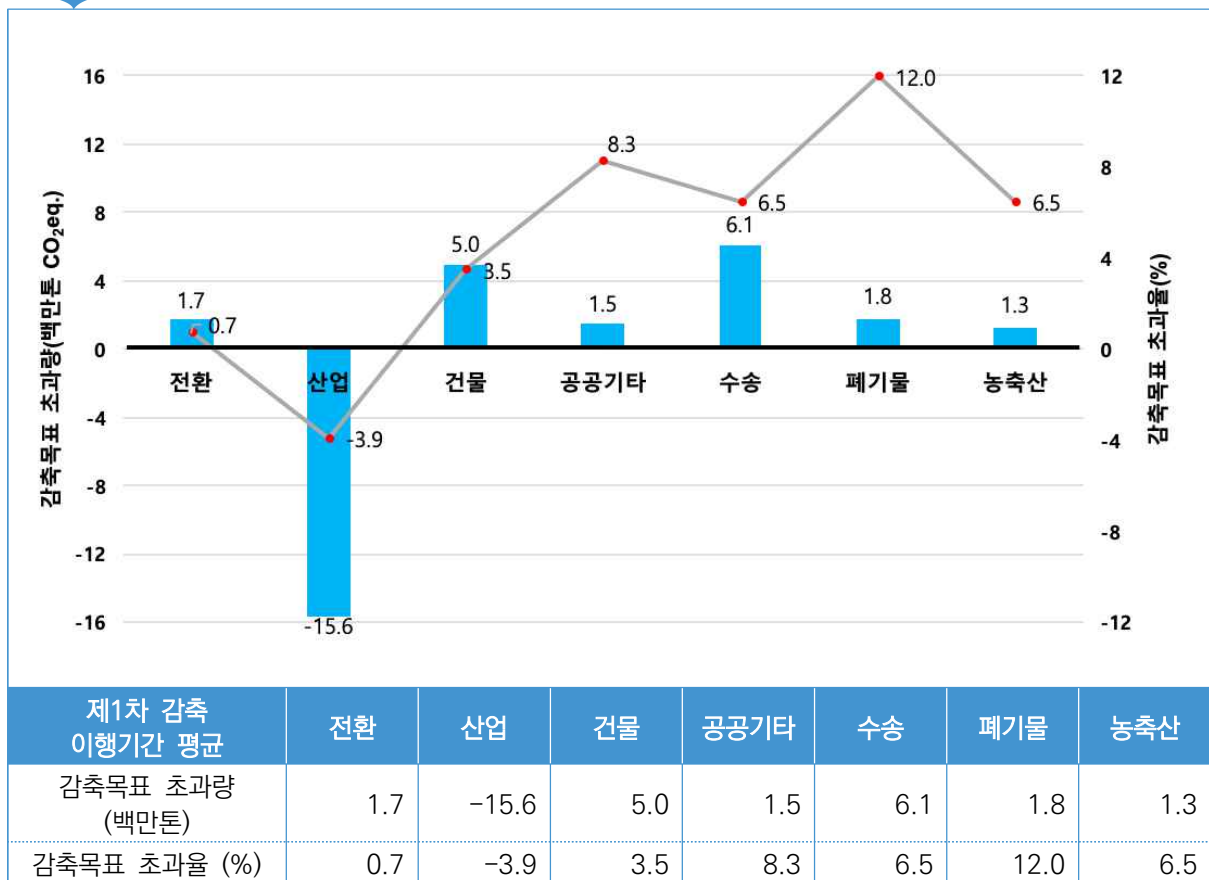
참고 3.1. 국가 전체 배출량 감축경로



최근 2년간 이어진 배출량 감소세에도 불구하고 3개년 목표를 0.2% 초과한 것은 2018년 국가 온실가스 배출량이 목표 대비 크게 초과하였고, 제1차 감축 이행기간 동안 산업을 제외한 전환, 건물, 수송 등 주요 부문에서 2030 로드맵 수정안 감축목표를 달성하지 못한 영향이 작용한 것으로 보인다.

제1차 감축 이행기간 중 부문별 온실가스 배출 실적을 살펴보면, 산업 부문에서 유일하게 3개년 목표보다 3.9%(15.6백만톤) 낮은 배출량을 달성했다. 한편, 목표 대비 배출량이 12.0%(1.8백만톤)를 초과한 폐기물 부문을 비롯하여 수송 부문은 목표 배출량의 6.5%(6.1백만톤), 공공기타 부문은 8.3%(1.5백만톤), 농축산 부문은 6.5%(1.3백만톤), 건물 부문은 3.5%(5.0백만톤), 전환 부문은 0.7%(1.7백만톤)를 각각 초과하였다. 부문별 감축목표 달성 및 미달성 요인 분석은 각각의 목표지표 분석에서 자세히 다루었다.

참고 3.2. 부문별 목표지표 달성도



지난 30년 동안 우리나라 온실가스 배출량 증가의 주요 원인은 에너지 소비량 증가 및 경제성장 효과였다. 따라서, 탄소집약도와 에너지집약도는 우리나라 배출량 현황을 파악하는데 좋은 지표가 될 수 있다. 탄소집약도는 에너지 소비량 대비 온실가스 배출량을 계산한 값으로, 고탄소 에너지 사용비율을 의미한다. 에너지집약도는 GDP 대비 에너지 소비량을 계산한 값으로 단위 부가가치를 창출 시 소비되는 에너지이며, 에너지가 소득창출에 얼마나 효율적으로 이용되는지를 보여주는 지표이다.

제1차 감축 이행기간 총에너지 소비량은 연평균 206.8백만 TOE로 2030 로드맵 수정안 목표에 비해 0.5% 높으며, 탄소집약도는 3.3톤/TOE로 목표보다 0.3% 낮게 나타났다. 이는 에너지 소비량이 목표보다 많아 온실가스 배출을 늘리는 요인이 된 반면, 저탄소 에너지원로의 개선을 보여주는 탄소집약도 감소로 온실가스 배출량을 일부 줄이는데 효과가 있었음을 의미한다. 한편 GDP 실적은 1,833.9조 원으로 전망 대비 1.7% 낮아졌지만, 에너지집약도는 전망보다 2.2% 높은 11.3TOE/억원으로 집계되어 온실가스 배출을 늘리는 요인으로 작용하였다.

## 참고 3.3. 국가 전체 목표지표 분석

목표지표		단위	제1차 감축 이행기간 평균 목표	제1차 감축 이행기간 평균 실적	차이
에너지 소비량		백만 TOE	205.9	206.8	0.5%
탄소	배출량	백만톤	690.9	692.3	0.2%
	집약도	톤/TOE	3.4	3.3	-0.3%
에너지	GDP	조원	1,865.7	1,833.9	-1.7%
	집약도	TOE/억원	11.0	11.3	2.2%

## 2. 요인분해 분석

## ● 분석 개요

우리나라의 온실가스 배출은 그간 전반적으로 경제성장과 함께 증가하는 추세를 보여 왔으나 2018년 정점에 도달한 이후 2년 연속으로 감소하는 등 제1차 감축 이행기간 중 매우 유의미한 변화를 나타내고 있다. 이러한 상황에서 온실가스 감축목표를 효과적이고 체계적으로 설정하고 이행하기 위해서는 우리나라 배출량 증감요인에 대한 이해가 선행되어야 한다. 이에 본 보고서는 배출량 증감요인 분해 분석을 통해 개별 요인들이 국가 배출량 증감에 미친 영향에 대하여 정량적으로 분석했다.

에너지 소비량 및 온실가스 배출량 증감요인 분해 분석 방법으로 흔히 IDA(Index Decomposition Analysis: 지수분해분석)가 사용된다. IDA는 간단한 데이터로도 분석이 가능해 비교적 데이터 수집 부담이 적다는 장점이 있으며<sup>13)</sup> 그중에서도 LMDI(Logarithmic Mean Divisia Index) 방법론은 설명되지 않는 잔차(殘差)가 결과에 남지 않고 계산이 간결해<sup>14)</sup> 가장 많이 사용된다. 본 보고서에서는 총 변화에 대한 변화량을 사용하는 가법적 방식의 LMDI 방법론을 적용하여 온실가스 배출량 실적의 증감요인에 대한 분해 분석을 시행한다. 요인분해 분석은 분석 대상에 따라 요인 설정이 상이하므로 자세한 구조식은 부문별 내용에서 다루도록 한다.

국가 온실가스 총배출량의 증감은 여러 요인들로 나누어 살펴볼 수 있지만, 본 보고서에서는 인구 효과, 경제성장 효과, 에너지집약도 효과, 탄소집약도 효과 4가지로 분해하여 분석한다. 첫째, 인구 효과는 인구 증감에 따른 배출증감 효과를 의미한다.<sup>15)</sup> 경제성장 효과는 1인당 소득 증감에

13) GIR (2016) 국가 온실가스 증감요인 분해분석 연구

14) 김수이, 정경화 (2011) LMDI 방법론을 이용한 국내 제조업의 온실가스 배출 요인분해분석

15) 우리나라를 비롯한 대부분의 국가들은 온실가스 감축을 위하여 인위적으로 소득을 줄이거나 인구 성장을 억제하는 정책을 추진하지 않는다. 따라서, 온실가스 감축정책 평가에서 경제성장 및 인구 효과를 낮추려는 시도는 거의 없으며, 결국 탄소집약도와 에너지집약도 관리를 통해 경제를 발전시키고 인구를 안정적으로 관리하면서도 온실가스를 줄이고자 하는 정책에 초점을 두고 있다.

따른 효과를, 에너지집약도 효과는 효율 개선이나 산업구조 변화 등 GDP 당 에너지 소비량 변화로 인한 증감효과를 의미하며, 탄소집약도 효과는 석탄, 석유, 천연가스, 원전 및 재생에너지 등 에너지원별 생산 및 소비행태 변화로 인한 온실가스 증감효과를 의미한다.

#### 참고 3.4. 국가 전체 요인분해 분석 구조식

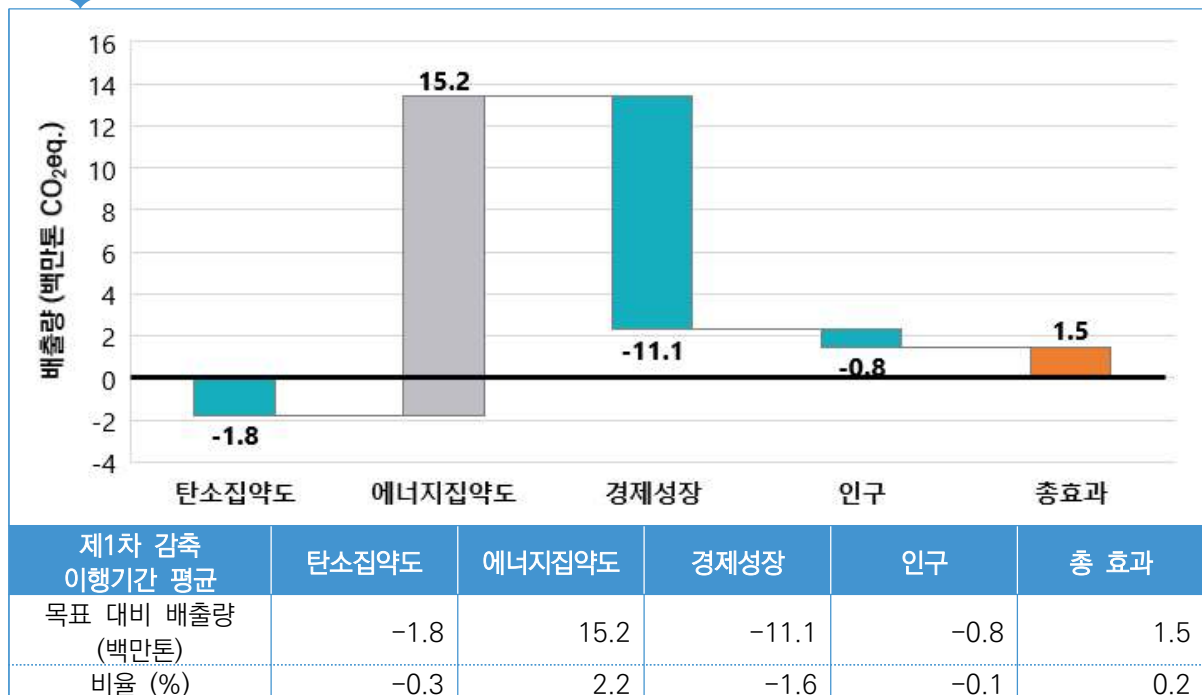
$$C = \left(\frac{C}{E}\right) \left(\frac{E}{Q}\right) \left(\frac{Q}{P}\right) P$$

$$= (\text{탄소집약도})(\text{에너지집약도})(\text{경제성장})(\text{인구})$$

*C*: 국가총 온실가스배출량  
*E*: 국가총 에너지 사용량  
*Q*: 국내총생산(GDP)  
*P*: 인구

전술한 목표지표 분석과 같이 온실가스 증감요인 분해분석에서도 제1차 감축 이행기간을 기준으로 연평균 배출량 목표 대비 실적을 사용한다.

#### 참고 3.6. 국가 전체 목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하였으나, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP는 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였다. 또한 에너지집약도와 탄소원단위는 기간 중 지속적인 감소세를 나타냄에 따라 국가 전체 배출량도 2018년 정점 도달 이후 2년 연속 감소하였다.

참고 3.5. 국가 전체 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015-2017년	2018-2020년
인구	천명	51,069	51,270	51,423	51,630	51,779	51,829	51,254	51,746
경제성장	십억원/천명	32.47	33.29	34.24	35.10	35.78	35.44	33.33	35.44
에너지집약도	천TOE/십억원	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.12	0.11
탄소집약도	천톤 CO <sub>2</sub> e/천TOE	3.51	3.42	3.42	3.45	3.34	3.24	3.45	3.35

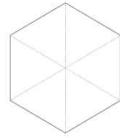
### ● 분석 결과

제1차 감축 이행기간 국가 온실가스 연평균 배출량 감소의 주된 요인은 경제성장 효과이며, 탄소집약도 효과와 인구 효과도 감소요인으로 작용하였다. 경제성장 효과는 목표 배출량의 1.6%인 11.1백만톤의 감소를 유발했는데, 이는 1인당 GDP가 당초 전망(36.0백만원/인) 대비 35.4백만원/인으로 줄어든 것에 기인한다. 한편 전력믹스 개선 등으로 인해 탄소집약도가 개선되어 배출량이 0.3%(1.8백만톤), 인구증가가 예상보다 적어 0.1%(0.8백만톤) 감소한 것으로 나타났다.

제1차 감축 이행기간 배출량은 같은 기간 목표를 0.2%(1.5백만톤) 초과했다. 배출량 실적 증가의 주요인은 에너지집약도 효과로 목표 배출량의 2.2%에 해당하는 15.2백만톤의 배출량 증가를 유발했다. 이는 단위 부가가치 생산에 소비된 에너지량이 2030 로드맵 수정안 전망보다 높아, 에너지 효율이 목표에 도달하지 못했음을 의미한다.

요인분해 분석 결과 에너지집약도 효과가 주된 증가요인으로 나타났으며, 이는 에너지 효율 향상을 위한 추가적인 노력이 필요한 것으로 해석할 수 있다. 한편 경제성장 효과, 인구 효과, 탄소집약도 효과는 감소요인으로 작용했다. 특히 2020년 이행실적 보고서에서 증가요인이었던 탄소집약도 효과가 올해 분석에서는 감소요인으로 전환되어 에너지집약도 효과를 상쇄하는 역할을 했다. 이는 2020년 에너지 소비량과 온실가스 배출량이 목표보다도 크게 낮아져 3개년 연평균 값을 낮춘 것에 기인한다. 그리고 2020년 온실가스 감축목표 달성에는 COVID-19의 영향과 함께 미세먼자기후변화 대응 정책에 따른 석탄 발전량 감소, 신재생 발전량 증가 등이 함께 기여한 것으로 추정된다<sup>16)</sup>.

16) 환경부 보도자료 (2021) 온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상



## 제 4 장

# 전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과





## 제4장 전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

### 1. 목표지표 분석

전환 부문은 일차에너지를 사용하여 전력 및 열에너지를 생산하는 분야이다. 전환 부문의 2020년 온실가스 배출량은 219.5백만톤으로 국가 총배출량의 33.8%를 차지한다. 전력과 열에너지를 생산 및 공급하는 부문의 특성상, 전환 부문 배출량은 전력믹스 뿐만 아니라 전력 및 열에너지 수요에 의해서도 영향을 받는다. 향후 탈탄소화를 위한 최종에너지의 전력화 확대에 따라 전력수요가 지속적으로 증가할 것으로 예상되므로, 탄소 중립을 달성하기 위해서는 전력믹스 개선과 더불어 적절한 수요관리가 동반되어야 한다. 전환 부문 배출량은 직접 및 공정 배출로 구성된다. 직접배출은 NIR의 공공 전기 및 열 생산(CRF17) Sector 1A1a)을, 공정배출<sup>18)</sup>은 석회석 및 백운석 소비(CRF Sector 2A3) 중 발전사의 탈황용 석회석 사용에 의한 배출량을 기준으로 산정되었다.

2020년 전환 부문의 온실가스 배출량은 219.5백만톤으로, 제1차 감축 이행기간의 목표인 244.2백만톤에 비해 10.1% 낮게 나타났다. 해당 이행기간 중 배출량 변화 추이를 살펴보면, 2018년 269.0백만톤, 2019년 249.3백만톤(2018년 대비 7.3% 감소), 2020년 219.5백만톤(2019년 대비 11.9% 감소)를 기록하였다. 1990년대부터 지속적으로 증가한 전환 부문의 배출량은 2010년 239.9백만톤에 도달한 후 등락을 거듭하며 정체되는 경향을 보이다가, 2016~2018년 기간 중 연평균 3.5%의 증가 추세를 나타냈다. 그러나 2019년 배출량은 1990년대 외환위기 이후 전력수요가 처음으로 감소하면서 2010~2016년 평균 배출량(246.0백만톤)과 유사수준을 나타냈다. 이후 2020년은 신재생에너지 확대, 석탄발전 축소, COVID-19로 인한 전력수요 감소 등의 요인에 의해 2010년 이후 가장 낮은 수준의 배출량을 기록했다. 향후 COVID-19 극복으로 인한 전력수요 증가가 일시적으로 배출량 증가로 이어질 수 있으나, 최근 신재생에너지 확대 및 석탄발전에 대한 규제 추세를 볼 때, 향후 배출량은 감소 추세를 유지할 것으로 보인다.

전환 부문 제1차 감축 이행기간 중 평균 온실가스 배출량은 245.9백만톤으로 목표인 244.2백만톤에 비해 0.7% 높게 나타났다. 동 기간 연평균 배출량은 1990년 배출량 36.6백만톤 대비 572.4% 증가한 수치이며<sup>19)</sup>, 2030년 목표 배출량 192.7백만톤<sup>20)</sup>에 비해서는 27.6% 높은 수준이다. 이에 따라 2030 로드맵 수정안 목표를 달성하기 위해서는 향후 10년

17) Common Reporting Form, 국가 온실가스 인벤토리의 배출·흡수 항목별로 활동자료, 배출계수 및 배출량 등을 포함한 공통보고양식

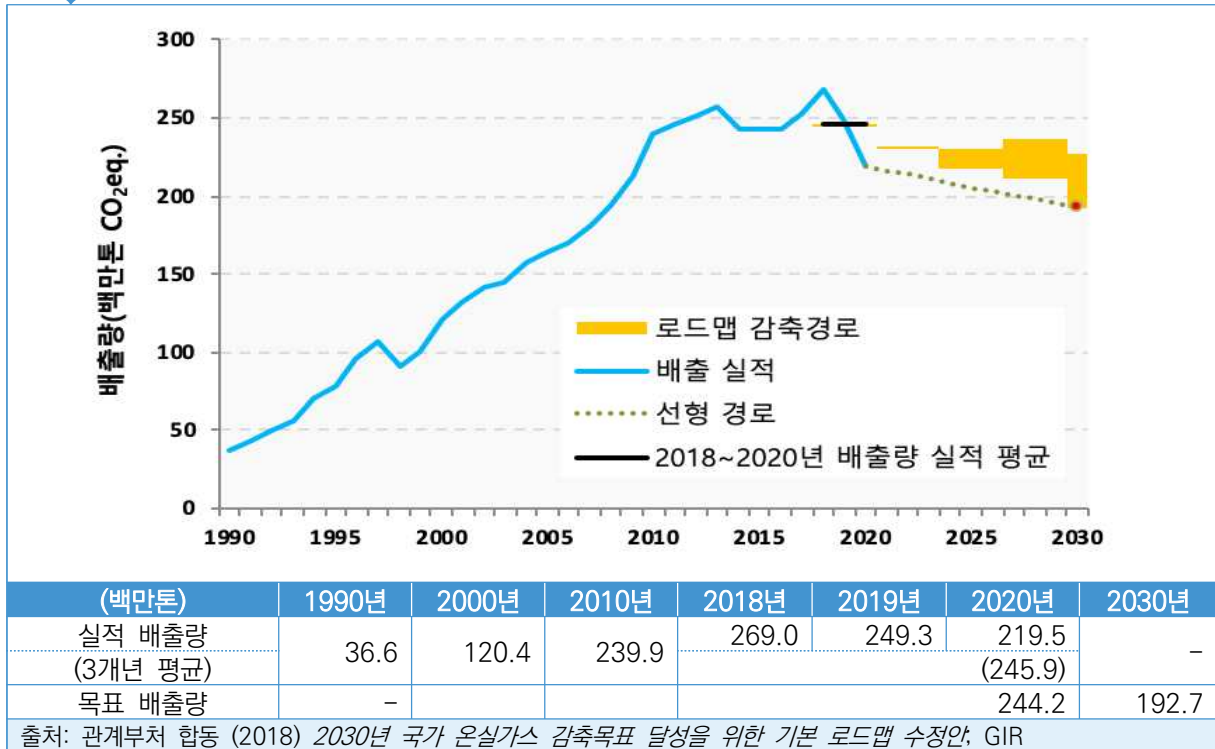
18) 전환 부문 배출량에서 공정배출 비중은 직접배출 대비 소량으로, 2020년 전환 부문 배출의 0.2%(0.4백만톤)임.

19) 우리나라가 배출량 통계를 최초로 실시한 연도인 1990년을 기준으로 비교함.

20) 2030 NDC 상향안의 전환부문 목표는 149.9백만톤이며, 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량을 이와 비교할 경우에는 64.0% 높게 나타난다.

간(2020~2030년) 배출량이 연평균 2.4% 감소해야 한다.

**참고 4.1. 전환 부문 배출량 감축경로**



제1차 감축 이행기간의 평균 전력수요는 518.7TWh로 목표인 522.9TWh보다 0.8% 줄었지만, 평균 탄소집약도는 5.3톤/TOE로 목표인 5.2톤/TOE에 비해 2.1% 늘어난 것으로 나타났다. 전력수요를 연도별로 살펴보면 2018년의 경우 목표수요를 2.5% 초과하였고, 2019년에는 목표 대비 0.6% 감소, 2020년은 목표 대비 4.2% 감소하여 3개년 평균값이 목표보다 0.8% 줄어들었다. 전력믹스를 나타내는 탄소집약도의 경우 2019, 2020년에 걸쳐 개선되는 흐름을 보였으나, 2018년과 2019년도의 탄소집약도는 목표치에 비해 각각 4.8%, 4.5% 높게 나타나, 3개년 평균으로는 5.3으로 목표를 달성하지 못하였다. 다만, 노후석탄발전설비 추가 퇴출 및 가동중단 강화 등에 따라 석탄발전량이 감소하면서 2020년에는 목표 대비 2.9% 낮은 탄소집약도를 달성하였다.

전환 부문 목표지표 분석								
배출량		백만톤	269.0	249.3	219.5	245.9	244.2	0.7%
소비량	전력	TWh	526.2	520.6	509.4	518.7	522.9	-0.8%
탄소집약도	전력	톤/TOE	5.8	5.4	4.9	5.3	5.2	2.1%

## 2. 이행지표 분석

참고 4.3. 전환 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① 전력믹스(%)									
- 석탄발전 비중	●	41.9 /43.1	●	40.4 /41.0	●	35.6 /40.1	●	39.3 /41.4	3년 평균
- 신재생에너지 비중	●	6.2 /6.7	●	6.5 /7.4	●	6.6 /8.1	●	6.4 /7.4	상동
② RPS 공급의무비율(%)									
	●	5.4 /5.0	●	6.4 /6.0	●	8.1/7	●	6.8 /6.0	상동
③ 재생에너지 보급(MW)									
	●	3,428 /1,737	●	4,356 /2,402	●	4,753 /2,462	●	4,179 /2,200	상동
정성지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부		
④ 석탄화력발전 축소	●		●		●		●		
⑤ 전력 수요관리효과	-		-		-		-		
⑥ 미활용 열에너지활용	-		-		-		-		

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

### ● 정량지표

#### ● 전력믹스

전력믹스의 이행지표는 석탄과 신재생의 발전비중이다. 본 보고서는 이행시점에서의 목표(21)를 기준으로 평가하기 위해 제8차 전력수급기본계획(이하 제8차 전기본)<sup>22)</sup>의 목표 비중을 채택하였다.

21) 제9차 전력수급기본계획이 공식적으로 발표된 시점은 2020년 12월로 제1차 감축 이행기간 이후라고 할 수 있다. 이에 제1차 감축 이행기간에 대한 평가는 제8차 전력수급기본계획의 목표를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단하여, 본 보고서에서는 제8차 전력수급기본계획을 기준으로 평가하였다.

〈 제8, 9차 전력수급기본계획 전력믹스(%) 목표 〉

구분	18년	19년	20년	21년	22년	23년	24년	25년	26년	27년	28년	29년	30년
8차	- 석탄	43.1	41.0	40.1	39.7			38.8			38.2		36.1
	- 신재생	6.7	7.4	8.1	9.7			13.2			17.1		20
9차	- 석탄	-	-	44.0	41.3			37.0			35.7		29.9
	- 신재생	-	-	7.5	10.2			15.2			18.9		20.8

22) 산업부 (2017) 산업부 공고 제2017-611호 제8차 전력수급기본계획(2017-2031)

## 참고 4.4. 전력믹스 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
합계(%)	100.0	-	100.0	-	100.0	-	100.0	-
- 원자력	23.4	-	25.9	-	29.0	-	-	-
- 석탄	41.9	43.1	40.4	41.0	35.6	40.1	39.3	41.4
- LNG	26.8	-	25.6	-	26.4	-	-	-
- 신재생	6.2	6.7	6.5	7.4	6.6	8.1	6.4	7.4
- 기타	1.7	-	1.6	-	2.4	-	-	-

출처: 한국전력공사(2019, 2020, 2021) 2019~2021년도판 한국전력통계

감축 이행기간 중 평균 실적은 39.3%로 3년 평균 목표인 41.4%를 2.1%p 초과 달성하였다. 특히, 2020년 석탄발전 비중 실적은 목표를 4.5%p 초과 달성하여, 제1차 감축 이행기간 목표 초과 달성에 크게 기여하였다. 이에 반해, 신재생에너지 발전비중 실적은 2018년 6.2%, 2019년 6.7%, 2020년 6.6%로 3년 연속 목표치를 달성하지 못했다. 신재생에너지 발전비중 실적의 3개년 평균은 6.4%인데, 이는 3년 평균 목표치 7.4%보다 1.0%p 낮은 수치이다. 3개년 평균 석탄발전 비중 실적이 목표를 초과달성했음에도 불구하고, 이행기간 전반에 걸친 낮은 신재생에너지 발전 비중은 이행기간 배출량 목표 미달성 요인으로 작용하였다. 즉, 감소한 석탄 발전량을 신재생에너지 발전량이 충분히 대체하지 못하면서, 다른 화력발전원인 LNG가 이를 대체 한 것으로 추정할 수 있다. 다만, 현 지표 상으로 석탄과 신재생에너지 외 발전원에 대한 발전목표가 드러나지 않으므로, 배출량 증감에 대한 명확한 분석을 위해서 LNG, 원자력, 기타 발전원의 발전목표를 함께 검토할 필요가 있다.

## • RPS 공급의무비율

RPS(Renewable Portfolio Standards) 제도는 발전사업자를 대상으로 한 신재생에너지 보급확대 정책 중 하나로, 신재생에너지 발전설비를 제외한 일정규모(500MW) 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급토록 하는 제도이다. 2021년 현재 기준 공급의무자는 한전 발전자회사 6사 포함 총 23개사이다. 지난 3년 연도별 공급의무비율 목표는 2018년 5%, 2019년 6%, 그리고 2020년 7%이다. RPS 실적은 2018년 5.2%, 2019년 6.4%, 그리고 2020년 8.1%로, 3년 연속 목표를 초과 달성하였다.

## 참고 4.5. RPS 공급의무비율 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
RPS비율(%)	5.4	5	6.4	6	8.1	7	6.8	6

출처: 한국에너지공단 신재생에너지센터  
\* (기준) 당해연도 의무량(이행연기량 제외) 중 이행량을 고려한 비율

### • 재생에너지 보급

재생에너지 발전설비 보급목표는 재생에너지 3020 이행계획<sup>23)</sup>에 따른 것으로, 자가용과 사업용 재생에너지를 모두 대상으로 한다. 재생에너지 3020 이행계획은 제8차 전기본<sup>24)</sup>에 반영되었으며, 이후 개정된 제9차 전기본<sup>25)</sup>에서 목표가 일부 조정, 상향되었다.

본 보고서는 제1차 감축 이행기간이 제9차 전기본의 발표 전에 진행된 점을 고려하여 제 8차 전기본의 목표에 기반하여 실적을 평가하였다. 제8차 전기본 상의 재생에너지 보급 목표는 2018년 1,737MW, 2019년 2,402MW, 그리고 2020년 2,463MW이다. 보급 실적은 2018년 3,428MW, 2019년 4,356MW, 그리고 2020년 4,753MW로 모두 목표에 비해 2배 가까운 실적을 달성하였으나, 재생에너지의 항목별로 편차가 크게 나타났다. 예를 들어, 태양광과 바이오의 보급 실적은 목표를 크게 상회하였지만, 풍력과 수력의 실적은 목표를 달성하지 못했다.

#### 참고 4.6. 재생에너지 보급 달성도 평가

구 분	재생에너지 보급실적(신규)							
	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
합계(MW)	3,428	1,737	4,356	2,402	4,753	2,462	4,179	2,200
- 태양광	2,367	1,423	3,789	1,632	4,126	1,643	3,427	1,566
- 풍력	161	200	191	650	242	700	198	517
- 수력	4	15	12	20	7	20	8	18
- 바이오	865	100	290	100	317	100	491	100
- 폐기물	30*	-	73	-	60	-	54	-
- 해양에너지	-	-	1	-	-	-	1	-

출처: 신재생에너지센터 (2019) 2018~2019년 신재생에너지 보급 통계  
신재생에너지센터 (2020) 신재생에너지센터 신재생에너지 보급사업 및 RPS사업 등록 실적(잠정치)  
2020년 확정치는 2021년 11월 신재생에너지 보급통계를 통해 발표 예정  
\* 재생에너지 범위 변경(비재생 폐기물 제외)에 따라 2018년 실적은 전년도 보고서 대비 축소됨

### • 종합 분석

RPS 공급의무비율과 재생에너지 발전설비 보급목표 모두 목표를 초과 달성했으나, 전력믹스 중 신재생에너지 발전비중 목표는 충족하지 못하였다. 이는 크게 3가지 원인 때문인 것으로 보인다. 첫째, RPS 제도에서 설정된 REC(Renewable Energy Certificate, 신재생에너지 공

23) 산업부 (2017) 재생에너지 3020 이행계획

24) 산업부 (2017) 산업부 공고 제2017-611호 제8차 전력수급기본계획(2017-2031)

25) 산업부 (2020) 산업부 공고 제2020-741호 제9차 전력수급기본계획(2020-2034)

급인증서) 가중치<sup>26)</sup>로 인해 주요 발전사의 RPS 달성과 실제 확보된 재생에너지 발전량은 차이가 있을 수 있다. 둘째, 재생에너지 발전설비 보급 실적은 자가용과 사업용을 합산하여 산정 하는데, 전력믹스 상의 신재생에너지 발전 비중은 사업용 설비의 발전실적에 한정하였다. 셋째, 전체 신재생에너지 설비 용량 중 상대적으로 이용률이 높은 풍력과 같은 발전원의 비중이 작다. 이러한 원인 외에도, 재생에너지 출력 삭감, 설비 고장으로 인한 이용률 저하 등 또한 신재생에너지 목표 발전량 미달성에 영향을 미쳤을 것으로 보인다.

● 정성지표

• 석탄화력발전 축소

앞서 살펴보았듯이 석탄화력 발전비중에 대해서는 정량적 목표를 달성하였다. 석탄화력 발전 축소와 관련된 세부 정성지표는 노후 석탄발전소 조기폐지, 미세먼지 계절관리제에 따른 석탄발전소 가동 중단과 상한 제약, 환경급전 등이 있다. 본 보고서에서는 석탄화력발전 폐지, 가동 중단 및 상한제약 추진 실적, 그리고 환경급전 관련 제도 수립과 진전사항 등에 대하여 평가한다.

노후 석탄발전 조기폐지는 가동 연수가 30년이 넘은 노후 석탄발전 10기를 2022년까지 단계적으로 폐지한다는 정책이다. 2017년부터 2021년 11월 현재까지 노후 석탄발전기 10기 중 8기가 폐지 완료되었으며, 남은 2기는 2021년 12월 추가 폐지 예정으로, 당초 계획대로 진행되고 있다.

26) RPS실적은 에너지원별 RPS 신재생에너지 공급인증서(REC) 가중치와 발전량에 의해 결정된다.

$$RPS\text{실적}(GWh) = \sum (\text{신재생에너지원별 REC가중치} \times \text{신재생에너지원별 발전량}(GWh))$$

REC가중치는 매 3년 마다 '신·재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합 의무화제도 관리·운영지침'에 개정 반영되며, 환경 및 경제산업적 측면인 정책성과 발전비용 및 피크기여도 등의 경제성을 고려하여 산정된다. 지난 7월 확정된 REC개편안은 균형있는 신재생에너지원 보급과 더불어 태양광과 풍력을 중심으로 한 신재생 전원 편성 의지가 반영되었다. 금번 개편안에서 제시한 대표 발전원의 REC 가중치는 다음 표와 같다.

〈 RPS제도 REC 가중치 개편안('21.7)의 REC가중치 〉

구분	태양광 (건축물 등 기존시설물 활용·소/중규모)	육상풍력	해상풍력 (기준 가중치)	수력	바이오 (미이용 산림바이오매스-혼소)
REC 가중치	1.5	1.2	2.5	1.5	1.5

## 참고 4.7. 노후 석탄발전기 폐지 현황

발전기명		설비용량 (MW)	가동기간	소재지	폐지일정	발전사
영동	1호기	125	44년	강원 강릉	2017년 7월 既 폐지	남동
	2호기	200	38년	강원 강릉	2019년 1월 既 폐지	
보령	1호기	500	34년	충남 보령	2020년 12월 既 폐지	중부
	2호기	500	33년	충남 보령	2020년 12월 既 폐지	
삼천포	1호기	560	34년	경남 고성	2021년 4월 既 폐지	남동
	2호기	560	34년	경남 고성	2021년 4월 既 폐지	
서천	1호기	200	34년	충남 서천	2017년 7월 既 폐지	중부
	2호기	200	33년	충남 서천	2017년 7월 既 폐지	
호남	1호기	250	45년	전남 여수	2021년 12월 예정	동서
	2호기	250	45년	전남 여수	2021년 12월 예정	

출처: 전력거래소, 월별 발전설비용량변경문서

석탄발전 가동 중단 및 상한 제약은 미세먼지 계절관리제 대책에 따라 노후 석탄발전기는 겨울철 및 봄철에 가동 중단하고, 나머지 가동되는 석탄발전기에 대해서는 계절관리제 기간중에 발전기 출력을 80% 이내로 제약한다는 내용이다. 이에 따라 2019년에 이어 2020년 12월부터 2021년 2월까지의 겨울철 동안 9~17기, 2020년 3월 봄철에는 19~28기가 가동 중단되었다.

2019~2020년에 걸친 석탄화력발전의 발전량 감소는 노후 석탄발전기 적기 폐지와 운영 중인 노후 석탄발전기의 봄철 가동 중단 및 상한제약 확대의 영향이 크게 작용했으며, 이는 제1차 감축 이행기간 전환 부문의 배출량 감소에도 크게 기여한 것으로 보인다. 다만, 2021~2022년에 걸쳐 총 4기(신서천1호기, 고성하이1,2호기, 강릉안인1호기 등 총 4기 4.1GW)의 석탄 화력발전소 준공 및 상업운전이 예정되어 있어, 단기적으로는 석탄발전량 및 신규 발전소 운전에 따른 배출량이 증가할 수 있다.

## 참고 4.8. 노후 석탄발전기 가동 중단 및 석탄발전 상한제약 시행 실적

구분	2019~2020년		2020~2021년	
	노후 석탄발전기 가동 중단 실적	석탄발전 상한제약 시행 실적	노후 석탄발전기 가동 중단 실적	석탄발전 상한제약 시행 실적
12월	8~12기	20~49기	12~17기	31~46기
1월	8~10기	45~49기	9~10기	0~47기
2월	9~15기	45~49기	10~16기	0~40기
3월	20~28기	30~37기	19~28기	30~37기

출처: 산업부 전력산업과/에너지효율과 제공 실적자료를 바탕으로 함

환경급전은 발전원가의 경제성을 기준으로 하는 경제급전과 달리, 경제성뿐만 아니라 온실가스, 미세먼지 등 환경영향을 종합적으로 고려하여 발전원을 가동하는 방식을 의미한다. 그간 환경급전을 시행하기 위한 논의가 진행되어 왔으며, 2022년부터 급전 순위 결정시에 배출권 비용을 반영하는 환경급전이 본격적으로 시행될 예정이다.

이와 더불어 전환부문 온실가스 감축을 위해 석탄발전 감축 등의 논의가 진행되어 왔으며, 환경부와 산업부의 협의를 통해 석탄발전량에 대한 상한제를 우선 적용하는 방식으로 결정되었다. 산업부는 석탄발전량 상한제 적용을 통해 석탄발전 총량을 제약하는 직접규제 방식으로 전환 부문 온실가스 감축목표를 달성할 계획이다. 이를 위해 2021년 석탄발전에 대한 자발적 상한제를 시행하고 석탄발전 상한제 도입을 위한 제도 설계 등을 준비하고 있으며, 2022년 이후에는 가격입찰제(Price Bidding Pool, PBP) 기반 선도시장을 시범운영하면서 석탄발전상한제를 점진적으로 도입할 계획이다.

상기 석탄발전 상한제가 도입되지 않을 경우에는 대안으로 배출권거래제도(Emission Trading Scheme, ETS)의 연계방안이 추진될 예정이다. ETS에서는 2021년~2023년에 우선 개별 BM<sup>27)</sup>을 적용하되 석탄발전 상한제 성과를 보고, 향후 통합 BM 적용을 결정하기로 하였다. ETS 제3차 계획기간(2021~2025) 배출권할당계획에서는 전환 부문에 배출권 비용을 반영하는 환경급전 도입을 고려하여 단계적으로 BM 수준을 강화하여 적용하도록 설정하고 있다. 2021~2023년에는 ETS 2차 계획기간(2018~2020) 대비 강화된 연료별 BM을 적용하고, 2024~2025년에는 석탄, LNG 등 전체에 대한 평균 배출효율 기준으로 단일 BM을 적용하되, 2023년 상반기까지는 석탄발전 총량제와 가격 입찰제 도입 시 2024년부터 강화된 원별 BM을 적용하도록 하였다.

27) Benchmark(배출효율 기준 할당방식): 업체의 기준기간 중 온실가스 배출량을 기준으로 할당량을 산정하는 GF(Grandfathering) 방식과 달리, 업체의 온실가스 배출효율(온실가스 배출량÷제품 생산·용역량 또는 열·연료 사용량)을 기준으로 할당량을 산정하는 방식



### • 전력 수요관리 효과

에너지공급자 효율향상 의무화제도(Energy Efficiency Resources Standard, EERS)는 에너지공급자에게 연도별 에너지 절감목표를 부여하고 이를 달성하기 위해 에너지공급자가 에너지 효율향상을 도모하는 투자 사업을 의무적으로 이행하는 제도이다. 전력믹스, RPS, 석탄화력 축소 등의 제도들이 주어진 수요 내에서 발전원의 배출량을 개선하는 수단이라면, EERS는 에너지공급자가 전력 및 열 수요를 직접적으로 일부 절감하는 수단이다. EERS의 목표는 공급자별로 전전연도의 연간 에너지판매량에 연도별 목표비율(%)을 곱하여 산정한다<sup>28)</sup>. 현재 한국전력공사, 한국가스공사, 한국지역난방공사를 대상으로 시범사업이 시행 중이며, 본 보고서는 한국전력공사를 대상으로 평가하였다.

EERS의 시범사업은 2018년도에 시작하여 2021년 현재까지 추진 중이다. 2021년 계획에 따르면 2022년에도 시범사업이 지속될 예정이다. 2020년 본 사업 시행을 위한 법제화에 대해 내부검토에 착수했으며, 현재는 법제화를 위한 공급자 의견수렴을 계획하고 있다. 시범사업은 아래의 표와 같은 절감목표를 설정·추진 중이나, 시범사업의 성격상 아직 이행이 의무화되어 있지 않아 정량적인 평가 내지 목표지표와의 연계 검토는 어려운 실정이다. 전력수요 관리의 중요성을 고려하여, EERS의 법제화 및 본격적인 사업 추진이 조속히 필요하며, 향후 법제화 과정에서는 EERS 목표를 합리적으로 수립하여 달성정도에 대한 명확한 평가가 가능하도록 추진해야한다.

**참고 4.9. 한전 EERS 에너지절감 의무 목표 비율**

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	~2031년
한국전력공사	0.15	0.2	0.2	0.2	2031년까지 1.0 목표

출처: 에너지공급자의 수요관리 투자사업 운영규정 개정안 별표 4(에너지공급자별 에너지절감 의무 목표 산정기준(제9조의2 관련))

### • 미활용 열에너지 활용

미활용 열에너지는 발전 배열, 산업 폐열, 신재생에너지 열원 등을 포함한다. 이러한 미활용 열에너지의 회수 및 수요처와의 연계는 열에너지의 효율적인 활용에 의한 배출량을 절감하는 효과가 있다. 2030 로드맵 수정안은 집단에너지 부문에서 미활용 에너지 회수 및 사업자간 열연계 활성화를 주요 감축수단으로 제시하고 있으나 구체적 목표는 설정하지 않았다. 관련 내용은 제3차 에너지기본계획(이하 3차 에기본)<sup>29)</sup>에서 확인할 수 있다. 3차 에기본은 현재 약 122만TOE 규모의 에너지가 미활용되고 있는 것으로 파악하고 있으며, 비전력 에너지, 특히 미활용 열의 사용 확대를 중점과제로 포함하였다.

28) 산업부 (2019) 산업부 고시 제2019-207호 에너지공급자의 수요관리 투자사업 운영규정

29) 산업부 (2019) 제3차 에너지기본계획

2020년에는 미활용 열에너지 이용 대상 열요금 인센티브 제공을 위해 '지역냉난방 열요금 산정기준 및 상한 지정고시' 개정(2020.4.22)<sup>30)</sup>과 함께 2020년 4월 1단계(고온열), 2단계(저온열) 국가열지도를 완성하였다. 이어 2021년까지 3단계(신재생 및 산업폐열) 국가열지도 구축으로 국가열지도 관련 모든 단계가 완료될 예정이다. 아직 본격적으로 활용되고 있지는 않으나, 활용을 위한 인프라 구축은 계획대로 진행되고 있다고 평가할 수 있다. 다만 향후 미활용 열에너지 이용 확대 정책이 실질적인 추진단계에 들어서고 나면, 미활용 열에너지 이용을 통한 온실가스 감축 목표의 수립과 실적을 통해 정책에 대한 정량적 평가가 진행될 수 있도록 하는 것이 바람직할 것이다. 미활용 열에너지 이용 관련 기초정책 수립 및 열지도 구축이 이뤄진 제1차 감축 이행기간 중의 열수요<sup>31)</sup>는 2018년 증가(9.9%), 2019년 감소(-1.3%)와 2020년 증가(0.4%)로 등락을 거듭하며, 3개년 간 연평균증가율은 2.9%를 기록했다.

### 3. 요인분해 분석

#### ● 분석 개요

전환 부문 온실가스 배출량 증감은 5가지 요인(생산 효과, 비율 효과, 발전효율 효과, 화력발전원 구성효과, 그리고 탄소집약도 효과)으로 나누어 분석할 수 있다. 첫째, 생산 효과는 전력 생산량의 증감에 의한 배출량 증감효과를 의미한다. 둘째, 비율 효과는 전체 전력 발전량에서 화석연료발전과 비화석연료발전이 차지하는 비율에 의한 배출량 증감효과를 의미한다. 셋째, 발전효율 효과는 단위 발전량을 생산하기 위해 필요한 열량(=필요열량/발전량, 통상적인 효율의 역수)으로 정의되는 발전효율 변화에 따른 배출량 증감효과를 의미한다. 넷째로 화력발전원 구성 효과는 화력발전을 구성하는 여러 에너지(석탄, 석유, 가스)의 사용량 증감으로 인한 배출량 증감효과를 뜻한다. 마지막으로 탄소집약도 효과는 에너지 사용량 대비 온실가스 배출량의 비율인 에너지원별 온실가스 배출계수 변화에 의한 배출량 증감효과를 의미한다.

30) 산업부 (2019) 산업부 고시 제2020-56호 지역냉난방 열요금 산정기준 및 상한 지정

31) 예경연 (2020) 2020 에너지통계연보 ; 예경연 (2021) 에너지통계월보 VOL.37-05

## 참고 4.10. 전환 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} \left( \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \right) \left( \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \left( \frac{E_i}{Q_i} \right) \left( \frac{Q_i}{Q} \right) Q$$

$$= \sum_{ij} (\text{탄소집약도})(\text{발전원 구성})(\text{발전효율})(\text{비율})(\text{생산})$$

$C$ : 전환부문 온실가스 배출량  
 $C_{ij}$ :  $i$ 의 에너지원  $j$ 의 배출량  
 $Q$ : 전력총 발전량  
 $Q_i$ :  $i$ 의 총 발전량  
 $E_i$ :  $i$ 의 연료사용량  
 $E_{ij}$ :  $i$ 의 에너지원  $j$ 의 연료사용량

$i = \{\text{화력발전, 신재생발전}\}$ ,  $1j = \{\text{석탄, 석유, 가스}\}$ ,  $2j = \{\text{신재생}\}$

출처: 노동운 (2018) 저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구(2/3) - 부문 및 업종별 온실가스 감축 실적 평가

● 분석 결과<sup>32)</sup>

전환 부문 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 해당 기간의 목표치 244.2백만톤 대비 1.7백만톤 초과하였다. 요인분해 결과, 배출량 실적이 목표를 초과한 주요인은 비율 효과로, 목표 배출량의 5.09%인 12.6백만톤의 배출량 증가를 유발하였다. 이는 해당 기간 평균 화력발전 실적 비중이 목표인 63.0% 대비 3.3%p 초과한 66.3%인 것에 기인한다.

배출량 실적 감소의 주요인은 생산 효과, 발전효율 효과 및 발전원 구성 효과이다. 생산 효과는 목표 배출량의 0.27%에 해당하는 0.7백만톤 감축에 기여했는데, 이는 총 발전량이 목표대비 133천TOE 감소하면서 발생하였다. 발전효율 효과<sup>33)</sup>는 목표 배출량의 0.80%인 2.0백만톤의 배출량 감축을 유발했으며, 이는 화력발전의 발전효율 개선에 기인한다<sup>34)</sup>. 화력발전 구성 효과는 목표 배출량의 3.33%인 8.3백만톤의 배출량 감축에 기여하였다. 이는 화력발전에서 사용되는 화석연료 중 배출계수가 가장 높은 석탄 연료 비중이 목표 대비 6%p 감소한 반면, 상대적으로 배출이 적은 가스 연료의 비중은 6%p 증가했기 때문이다.

탄소집약도 효과는 2030 로드맵 수정안 목표에서 전환 부문의 연료별 배출량이 제시되지 않았기 때문에, 탄소집약도 목표를 실적과 동일한 것으로 가정하여 분석하였다. 이러한 가

32) 2030 로드맵 수정안 목표에는 전환 부문의 연료별 배출량 및 에너지사용량이 제시되지 않았다. 이에 따라 목표-실적 간 비교를 위해 8차 전기본의 전력믹스 목표를 참고하였으며, 가스와 석유의 발전량의 경우 전력믹스의 비중이 제1차 감축 이행기간 평균 실적과 동일한 것으로 가정하였다.

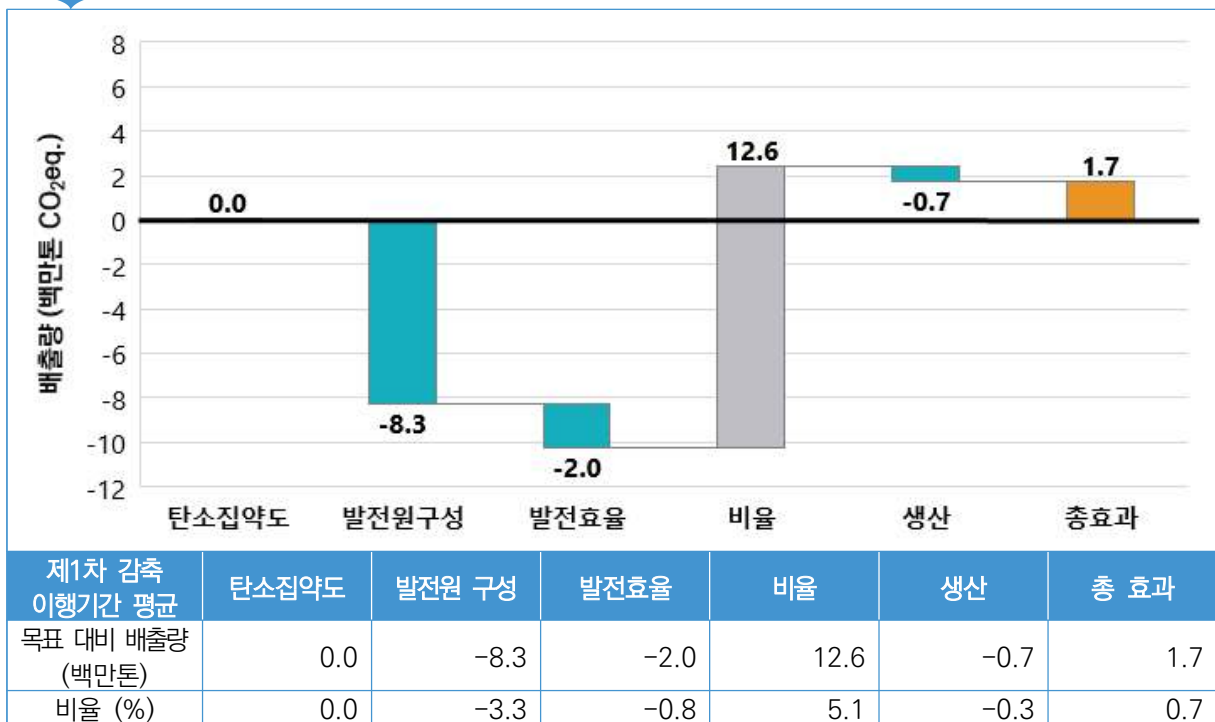
33) 일반적으로 발전효율은 발전량을 발전용 투입 에너지로 나눈 값을 의미하나, 본 분석에서는 그 역수를 대상으로 효과를 분석하였다. 따라서 일반적인 의미의 발전효율이 개선되면 본 분석에서는 오히려 발전효율 효과가 감소요인으로 작용한다.

34) 발전효율 개선도는 정량지표에 명시적으로 반영되어 있지 않으며, 이행지표로써 명시적인 반영 또한 어려움이 있다. 하지만 2030 로드맵 수정안 상에서는 감축수단의 일부로서 포함되어 있기 때문에, 본 평가에서 요인분해를 통해 해당 수단의 현황을 분석하였다.

정으로 인해 탄소집약도 효과로 인한 배출량 증감은 0을 나타낸다.

종합해 보면, 목표 배출량 대비 전환 부문 배출량 증감 중 가장 큰 영향 요인은 비율효과였다. 목표 대비 발전원 구성과 발전효율이 개선되고 전력 발전량이 감소하였으나, 비율 효과에 비해 영향이 크지 않은 것으로 나타났다. 그러므로 감축목표 달성을 위한 당면 과제는 비율효과의 온실가스 증가효과를 줄이는 것이다. 이를 위해서는 화력발전 대비 재생에너지의 비율을 더욱 높이는 동시에 화력발전 구성에서 저탄소 에너지원으로서의 전환을 지속적으로 추진하여야 한다.

**참고 4.11. 전환 부문 감축목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과**



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 생산, 비율, 발전효율, 탄소집약도 모두 지속적으로 감소함에 따라 전환 부문 배출량도 2018년 정점 도달 이후 2년 연속 감소한 것으로 나타났다.

**참고 4.12. 전환 부문 배출량 증감요인 연도별 추이**

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015~2017년	2018~2020년
생산	천TOE	45,408	46,470	47,595	49,067	48,314	47,477	46,491	48,286
비율	천TOE/천TOE	0.64	0.66	0.70	0.76	0.71	0.65	0.67	0.71
발전효율	천TOE/천TOE	2.68	2.73	2.81	3.05	2.85	2.61	2.74	2.84
구성	천TOE/천TOE	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
탄소집약도	천톤 CO <sub>2</sub> e/천TOE	3.13	3.07	3.09	3.04	3.01	2.90	3.10	2.98

## 4. 종합

전환 부문의 제1차 감축 이행기간 평균 온실가스 배출량은 245.9백만톤으로 목표인 244.2백만톤 대비 0.7% 높게 나타났다. 2020년 배출량(219.5백만톤)은 석탄발전설비 가동률 감소와 냉난방 수요 하락 및 COVID-19 영향, 자가용 발전설비 확대 등에 의한 전력 수요 감소 영향으로 제1차 감축 이행기간 목표보다 10.1% 낮게 나타났다. 그러나 2018, 2019년의 배출량이 각각 268.9, 249.3백만톤으로 목표치를 상회함에 따라 기간 전체적으로는 목표를 달성하지 못했다. 2018년 이후 노후석탄발전소 폐지 및 봄철 상한제약을 통한 석탄화력발전 축소로 2019년과 2020년 각각 전년 대비 -7.3%, -11.9% 수준의 연간 배출량 감소가 이뤄진 점은 긍정적이다. 그러나 전력 수요감소분을 제외한 대부분의 석탄발전량 감소분을 신재생에너지 발전보다는 원자력 또는 LNG가 대체<sup>35)</sup>하고 있으므로, 신재생에너지 발전량 확대를 위한 제도 검토와 신재생 발전 설비계획과 발전량 간의 연결성 강화가 필요하다.

3개년 평가결과 정량지표 중 전력믹스 목표는 석탄발전 비중에 대해 초과 달성하였으나, 신재생에너지 발전 비중에 대해서는 미달성하였다. RPS 공급의무비율과 재생에너지 보급은 초과 달성하여, 신재생에너지 발전 비중이 목표에 미달한 것과 상반되는 결과를 보였다. 지표 간 상충 되는 결과는 검토 결과 신재생에너지원별 REC 가중치와 이용률, 활용통계 간 기준 차이에서 비롯되었다. 현행 체계에서 설비량 지표와 발전량 지표 간 괴리를 보완하기 위해, 재생에너지 보급 달성도 평가지표에서 총량적 개념 외 재생에너지 원별 비중을 반영하거나 용량목표에 재생에너지별 실질 이용률을 원별 가중치로서 반영하는 것이 방안이 될 수 있다. 또한 현재 전력믹스 지표에는 사업용 발전량 및 전력구매계약을 통한 상용자가 발전량만이 반영되는데, 체계적인 정책추진 관리를 위해서는 증가하는 자가용 재생에너지 설비 발전량을 고려하는 것이 필요하다. 현재 자가용 설비의 발전량은 집계되지 못하므로, 단기적으로는 자가용 설비의 시간대별 이용률과 수율을 통한 간접 추정치를 활용하고, 장기적으로는 스마트 인버터와 같은 실시간 계측 및 계통안정화 지원설비의 보급을 통해 자가

35) 발전원별 발전량 변화를 살펴보면 신재생에너지 발전량의 전년대비 변화량은 2019, 2020년 각 0.8, 0.1GWh로 석탄 발전량의 전년대비 변화량인 -11.6, -31.1GWh 대비 미미한 수준이다. 2019, 2020년에 걸쳐 석탄과 반대로 발전량이 가장 크게 상승하여 석탄발전량 대체양상을 보였던 발전원은 원자력이었다. 이와 더불어 전력수요의 감소 또한 석탄발전량 감소에 기여한 것으로 나타났다. 한편, 다른 화력발전원인 가스 발전은 2019년 석탄발전량과 함께 감소함에 따라 석탄 발전 감소량을 대체했다고 보기는 어렵다. 다만, 2019년 배출량 목표를 달성하지 못한 것으로 미루어 보아 2030 로드맵 수정안 상에서 목표한 가스 발전량에 비해서는 더 많이 발전한 것으로 추정할 수 있다.

(단위 : GWh)

구분	총 발전량	원자력	석탄	가스	신재생	유류	양수	기타
2018	570.6	133.5	239.0	152.9	35.6	5.7	3.9	0.0
전년 대비 증감	17.1	-14.9	0.2	26.9	4.8	0.5	-0.3	0.0
2019	563.0	145.9	227.4	144.4	36.4	3.3	3.5	2.2
전년 대비 증감	-7.6	12.4	-11.6	-8.6	0.8	-2.4	-0.5	2.2
2020	552.2	160.2	196.3	145.9	36.5	2.3	3.3	7.7
전년 대비 증감	-10.9	14.3	-31.1	1.6	0.1	-1.0	-0.2	5.4

출처 : 한국전력공사 월별 전력통계속보, 연도별 한국전력통계

용 재생에너지 발전량을 집계하여 보다 정확한 통계량을 수집, 관리해야한다.

전환 부문의 정성지표인 석탄화력발전 축소 중 노후석탄발전소 폐지는 2017년 이후 차질 없이 진행되어 2021년 11월 현재까지 폐지계획 10기 중 8기가 폐지되었으며, 12월 중 호남 1,2호기 2기가 추가로 폐지될 예정이다. 봄철 노후 석탄 발전기 가동 중단 및 석탄발전 상한제약은 전년도에 이어 각 9~28기, 0~47기에 대하여 시행되었다. 환경급전은 가격입찰제를 기반으로 한 석탄발전량 상한제를 통해 이뤄질 예정이며, 2022년 시범운영을 목표로 한다. 최근 상향된 NDC 목표 달성을 위해서는 기존 9차 전기본에서 제시된 석탄발전량 목표보다 강화된 목표가 요구될 것이다. 석탄발전량 상한제만으로는 상향된 목표 달성이 어려운 경우, 강화된 원별 BM의 반영이 보다 조기에 적극 추진되어야 한다. 전력수요 관리를 위한 EERS는 2018년 이후 현재까지 시범사업 중이며, 2022년 이후 사업이 구체화 될 것으로 예상했으나 현재 법제화 추진 중으로 내년까지는 제도적 논의가 지속될 예정이다. 전환 부문에서 수요절감은 발전원의 변화와 함께 가장 중요한 감축수단 중 하나이므로, 현재 진행 중인 EERS의 법제화를 조속히 추진하여 그 제도적 효과를 구체화할 필요가 있다. 또한 EERS가 전력사업자가 사용하는 전력에 한정된다는 점에서 일반 전력사용자의 수요절감 유도제도를 이행지표에 반영하는 것을 고려해봄이 바람직하다. 현재 시행 중인 자발적 수요자원거래(Demand Response) 시장 참여용량이나 효율향상기기 보급지원 실적 등을 예로 들 수 있다. 미활용 열에너지 활용을 위한 1,2단계 국가열지도는 지난 2020년 4월 완성되었으며, 올해 3단계(신재생 및 산업폐열) 국가열지도 구축으로, 미활용 열에너지 활용을 위한 인프라 구축 첫 단계가 완료될 예정이다. 국가열지도 구축과 법제개정이 신속히 이뤄진 점은 고무적이라고 할 수 있다. 국가열지도 운영에 대한 에너지이용 합리화법 개정안의 시행과 함께 국가열지도가 적기에 활용될 수 있도록, 열 거래 제도 및 미활용 열 비즈니스 활성화 방안 등이 조기에 수립되는 것이 필요하다 또한 미활용 열 활용을 통한 열수요 감축량, 미활용 열 거래시장의 열 거래량 등을 수치화하여 지표에 포함, 국가열지도 및 관련 제도의 열수요 감축효과를 측정하고 이에 대한 환류체계를 만드는 것이 바람직하다.

전환 부문의 배출량 요인분해 결과, 제1차 감축 이행기간 배출량 실적이 목표 대비 높게 나타나는 데 가장 크게 기여한 요인은 총 발전량 중 화력발전량 비중을 나타내는 비율 효과(+5.09%)였다. 즉, 총 발전량 대비 화력발전량의 비중이 2030 로드맵 수정안에서 전제한 화력발전량 비중보다 높게 나타난 것이다. 이는 이행지표 중 석탄발전량 목표를 달성한 것과는 상반되는 결과로 보일 수 있다. 하지만 이와 같은 결과는 석탄 외 화력발전원인 LNG에 대한 발전량 목표가 부재한 데에서 비롯된다. 이는 이행지표 중 석탄발전량 목표를 달성한 것과는 상반되는 결과로 보일 수 있다. 하지만 이와 같은 결과는 석탄 외 화력발전원인 LNG에 대한 발전량 목표가 부재한 데에서 비롯된다. 전환 부문의 요인분해 분석과 이행지표 분석 결과를 종합하면, LNG가 2030 로드맵 수정안의 전망보다 높은 비중을 차지함에

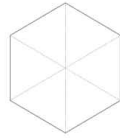
따라 전환 부문의 배출량도 목표를 초과한 것으로 추정된다. 요인분해 분석결과에서 화력 발전원 내 연료 구성을 나타내는 구성효과가 주요한 감소요인(-3.33%)으로 작용한 것이 이를 뒷받침한다. 즉, 화력발전원 연료구성인 석탄, LNG, 유류 중 배출계수가 높은 석탄발전 비중의 감소와 상대적으로 배출계수가 낮은 LNG 발전 비중 증가가 1차 감축 이행기간의 온실가스 배출량 감소에 주요한 역할을 했다. 한편, 총 발전량 중 신재생에너지 발전을 비롯한 무탄소 발전원의 발전량이 충분히 증가하지 못하여 화력발전량 비중이 목표보다 높게 나타난 것이 배출량 목표 미달성 원인으로 나타났다.

전환 부문은 신재생에너지 발전량 지표를 제외한 전 이행지표에서 목표 수준을 달성한 것으로 나타났다. 다만 이러한 감축노력에도 불구하고, 2018년의 높은 배출량으로 인해 제 1차 감축 이행기간의 평균 배출량은 0.7%의 근소한 차이로 목표를 달성하지 못했다. 배출량 요인분해 분석에 따르면 비울효과가 주요한 배출량 증가요인으로 작용했으며, 이행지표 중 유일하게 신재생에너지 발전 비중만이 목표를 미달한 것으로 나타났다. 이는 석탄발전량이 감소했음에도 불구하고 신재생에너지 발전량이 충분히 증가하지 못하여, 화력발전비중이 줄어들지 못했음을 의미한다. 재생에너지 보급용량은 목표를 초과 달성한 반면 재생에너지 발전량이 충분히 증가하지 못했는데, 이는 재생에너지원별 보급용량이 목표에 따라 균형있게 이뤄지지 못했기 때문으로 분석되었다. 풍력, 수력과 같이 태양광 대비 상대적으로 지역수용성이 낮으나 이용률이 상대적으로 높은 에너지원에 대한 투자가 부족하게 나타난 것이다. 재생에너지원별 보급목표 대비 부족한 전력원에 대한 미달 원인분석과 관련 보급정책 개선이 필요할 것으로 보인다.

2030 NDC 상향안에 따른 2030년 신재생에너지 발전목표비중은 기존 9차 전기본의 20.8%에서 30%로 상향되었다. 2050년 탄소중립 시나리오에 따른 2050년의 재생에너지 발전비중은 A안과 B안에서 무려 70.8%와 60.9%에 달한다. 이처럼 높은 재생에너지 비중을 감당하면서 전력공급 안정성을 확보하기 위해서는 전력계통에 대한 고강도 보강이 불가피하다. 전력계통 보강은 수년에 걸쳐 이뤄지는 중대한 사안인 만큼, 중장기적 관점에서 무탄소 전원의 보급뿐만 아니라 전력망에 대한 선제적 투자와 잉여 에너지의 저장 및 전환을 위해 유연성 자원 확충을 위한 정책수립이 필요하다.







# 제 5 장

## 산업 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과



## 제5장 산업 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

### 1. 목표지표 분석

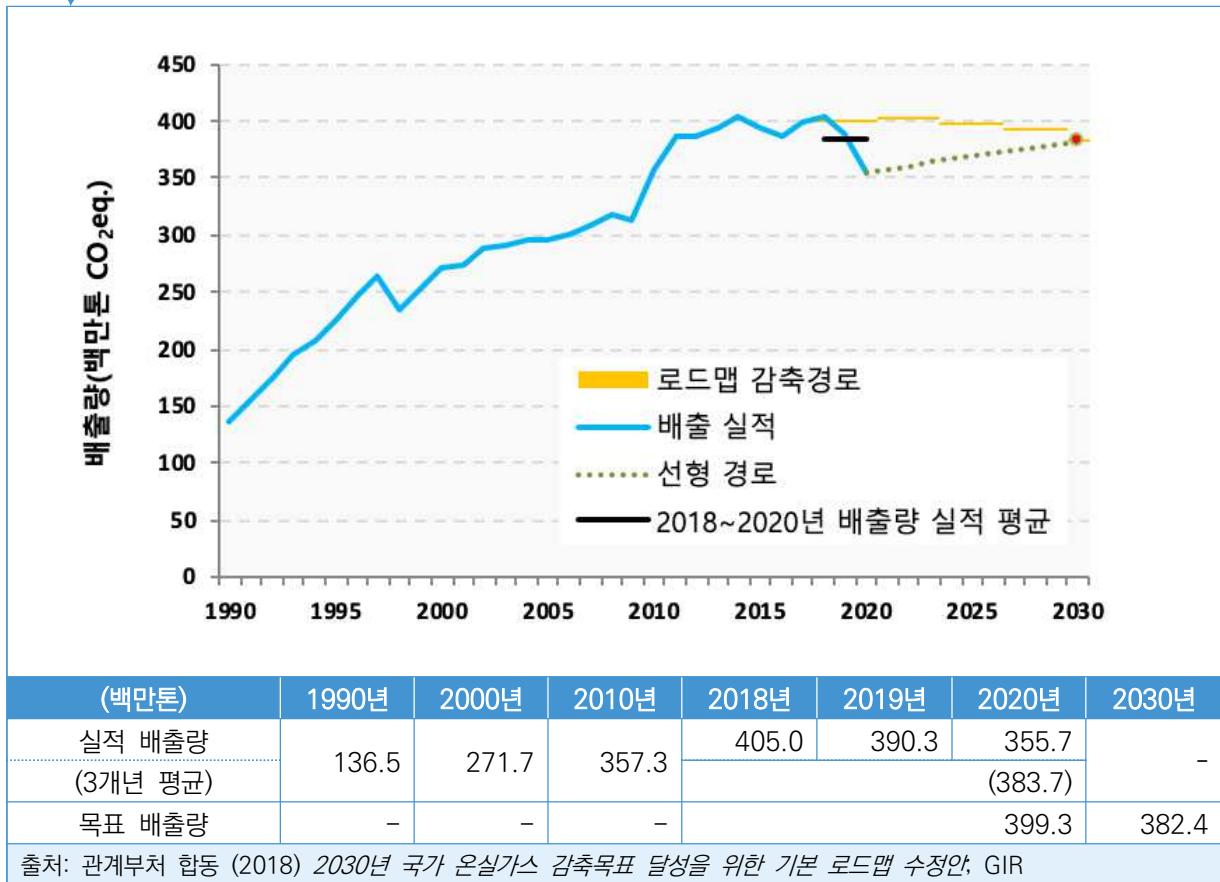
산업 부문은 2020년 잠정배출량 기준으로 국가 총배출량의 54.8%를 차지한다. 직접 배출량 비중이 55.2%로 가장 높고 간접 배출량(31.6%)과 공정 배출량(13.2%)이 나머지를 구성한다. 기술적으로는 효율개선이나 저탄소 에너지원 전환, 제품 및 공정 관련 신기술 개발 등이 주요 감축수단이며, 정책적으로는 ETS가 직접적이고 영향력이 높은 수단이다. 전 세계적인 2050 탄소중립 추진에 따라 산업 부문에서는 선도 기업 중심으로 자발적 탄소중립 선언이 이어지고 있으며, 이를 뒷받침하기 위한 업종별 주요 기술 발전과 새로운 감축수단 발굴을 위한 연구개발 등의 지원이 필요하다.

2020년 산업 부문 온실가스 배출량은 355.7백만톤으로, 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 목표인 399.3백만톤보다 10.9% 낮은 수치를 기록하였다. 최근 3년간 배출량 변화 추이를 살펴보면 2018년 배출량은 405.0백만톤이었으며, 2019년에는 390.3백만톤으로 2018년 대비 3.6% 감소하였고, 2020년에는 355.7백만톤으로 2019년 대비 8.9% 감소하였다. 1990년부터 2015년까지 산업 부문 온실가스 배출량은 지속적으로 늘어 2.9배 증가하였으나, 일시적인 보합세를 거쳐 2018년 이후 감소 추세로 전환된 것을 확인할 수 있다. 산업 부문은 COVID-19로 인한 생산활동 위축 등 여러 요인이 있겠으나, ETS 등 적극적인 정책 시행 또한 배출량 감소에 영향을 미친 것으로 평가된다.

산업 부문의 제1차 감축 이행기간 중 연평균 온실가스 배출량은 383.7백만톤으로 목표인 399.3백만톤에 비해 3.9% 낮은 수준으로 제1차 감축 이행기간 감축 목표를 달성하였다. 1990년도 배출량 136.5백만톤과 비교하면 181.1% 증가하였으나 2030년 산업 부문 목표 배출량 382.4백만톤<sup>36)</sup>보다 불과 0.3% 높은 수치이며, 2020년 단일년도 배출량만으로는 2030년 목표보다도 7.0% 낮은 수준이다.

36) 2030 NDC 상향안의 산업부문 목표는 222.6백만톤이다. 그러나 이는 간접 배출량을 포함하지 않은 수치이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.

**참고 5.1. 산업 부문 배출량 감축경로**



2018~2020년 산업 부문의 평균 에너지 소비량은 124.8백만 TOE로 관리목표인 127.0백만 TOE 보다 1.7% 낮은 수준을 나타냈으며, 탄소집약도는 3.07톤/TOE로 목표인 3.14톤/TOE 대비 2.2% 낮았다. 즉 산업 부문 에너지 소비량은 2030 로드맵 수정안 수립 시 예상한 것보다 감소하였고, 동시에 저탄소 에너지원으로 전환도 이루어져 감축 목표를 달성한 것으로 보인다.

**참고 5.2. 산업 부문 목표지표 분석**

목표지표	단위	제1차 감축 이행기간 평균 목표	제1차 감축 이행기간 평균 실적	차이
배출량	백만톤	399.3	383.7	-3.9%
에너지 소비량	백만 TOE	127.0	124.8	-1.7%
탄소집약도	톤/TOE	3.14	3.07	-2.2%

## 2. 이행지표 분석

참고 5.3. 산업 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대(누적)(개)	●	2 /2	●	4 /4	●	4 /4	●	4 /4	최근값
② 공장에너지관리시스템 보급 사업장수(누적)(개소)	●	15 /13	●	40 /40	●	52 /47	●	52 /520	상동
③ ETS 할당 감축률 (기준연도 배출량 대비, %)	●	2.1 /2.1	●	2.1 /2.1	●	2.1 /2.1	●	2.1 /2.1	3년 평균
④ ETS 유상할당 비율(%)	●	3 /3	●	3 /3	●	3 /3	●	3 /3	상동
⑤ ETS BM 할당 비율(%)	●	50 /50	●	50 /50	●	50 /50	●	50 /50	상동
⑥ ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%)	●	99.8 /95	●	99.8 /95	●	100 /95	●	99.9 /95	상동
⑦ 친환경 에너지 시설 설치 확대									
- 신재생에너지 시설 설치 확대 보급 면적(ha)	●	991 /991	●	1,019 /1,019	●	1,035 /1,039	●	1,035 /1,039	최근값
- 에너지절감 시설 설치 확대 보급면적(ha)	●	11,304 /11,304	●	12,066 /12,066	●	12,931 /12,616	●	12,931 /12,616	상동
⑧ 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화									
- 기관 장비 교체 어선(척수)	●	953 /953	●	1,624 /857	●	1,565 /814	●	1,381 /875	3년 평균
- 차세대 표준선형 개발보급 (척수)		-		-	●	6 /6	●	6 /6	상동
정성지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부		
⑨ 자발적 에너지효율목표제 협약	-	-	-	-	-	-	-	-	2020년 시범사업
⑩ 저탄소 연료 사용 확대 기반마련	-	-	-	-	-	-	-	-	신재생에너지 소비량 통계 부재
⑪ (철강) 수소환원제철 기술 도입	●	●	●	●	●	●	●	●	TRL기준 목표 달성
⑫ (석유화학) 기초유분 생산량 원단위 개선 (천톤 CO <sub>2</sub> eq./천톤)	-	-	-	-	●	-	-	-	2020년부터 계획 설정
⑬ (시멘트) 혼합재 비중 확대	-	-	-	-	-	-	-	-	목표 부재

● 100% 이상 달성    ● 80% 이상 달성    ● 80% 미만 달성

● 정량지표

• 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대

에너지소비효율등급제도는 에너지이용 합리화법에 따라 대상품목에 대한 에너지효율 등급 표시를 의무화하여 고효율 제품 생산, 기술개발 촉진 및 소비자의 에너지 절약제품 구매를 유도하는 제도이다. 현재는 일반 가전기기가 주요 대상이나, 2030년까지 산업용 에너지 다소비 기기를 대상으로 신규 품목을 8개까지 확대할 계획이다. 2030 로드맵 수정안에서는 산업 부문의 고효율 기기 확대를 주요 감축 수단으로 제시하고 있으며, 업종에 상관없이 생산 단계에서 공통으로 사용되는 기기(예. 전동기, 보일러, 펌프, 변압기 등)가 이에 포함된다.

2018년에는 변압기 및 삼상유도전동기, 2019년에는 공기압축기 및 냉동기를 대상품목으로 추가하여 연도별 목표를 달성하였다. 2020년에는 펌프, 송풍기 등 고효율인증 대상 품목을 효율등급제도로 이관 및 신규 대상품목에 대한 검토 계획을 수립하였다. 3개년 이행실적을 종합 평가할 때 해당 사업이 계획대로 이행되고 있다고 판단된다. 다만, 본 정책은 고효율 제품의 수요자에게 필요한 정보를 제공할 수는 있으나, 이를 통한 고효율 기기 보급 현황 및 직접적인 감축 효과를 파악하는 것에는 한계가 있다.

참고 5.4 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대 달성도 평가

구분	2018년		2019년		2020년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
에너지소비효율등급제도 대상품목 확대(누적)(개)	2	2	4	4	4	4	8

• 공장에너지관리시스템 보급 사업장수

공장에너지관리시스템(Factory Energy Management System, FEMS)은 공장의 생산·비생산 설비 통합관리를 통해 생산성과 에너지 효율을 극대화하는 시스템이다. 단순히 설비 고효율화가 아닌 운영 시스템 차원의 감축기술로 업종 특성에 관계없이 폭넓은 적용이 가능하다.

2030 로드맵 수정안에서는 FEMS 보급을 주요 감축 수단으로 제시하였다. 2030년 목표는 누적 FEMS 보급 사업장수를 520개로 확대하는 것이다. 2020년 FEMS 보급 사업장은 총 52개로 연도별 목표를 달성하였으며, 3개년 평균 목표도 초과 달성하였다. 다만, FEMS 보급으로 인한 각 사업장의 에너지 절감 및 온실가스 감축량을 파악하는 것에는 한계가 있다. 추후 국내 사업장 규모와 특성을 고려한 FEMS 보급 대상이 설정되어야 한다.

참고 5.5 공장에너지관리시스템 보급 사업장수 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
공장에너지관리시스템 보급 사업장수 (누적)(개소)	15	13	40	40	52	47	520

• 배출권거래제(Emission Trading Scheme, ETS)

ETS는 산업 부문의 온실가스 감축 이행을 위한 핵심 수단이다. ETS는 산업뿐만 아니라 전환, 수송, 건물, 폐기물, 공공 등 여러 부문을 포괄하며, ETS 제2차 할당계획<sup>37)</sup> 기준으로 산업 부문의 사전할당량(823,254천 KAU<sup>38)</sup>)이 전체 사전할당량(1,642,981천 KAU)의 50.1%를 차지한다. 제1차 감축 이행기간과 ETS 제2차 할당계획기간은 2018~2020년으로 동일하며, 지표 또한 동일하게 설정되었다. 정량지표로 ETS 할당 감축률(기준연도 배출량 대비, %), ETS 배출권 중 유상할당 비율(%) 및 BM 할당 비율(%), ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%)이 있으며, 해당지표 모두 목표를 달성하였다.

참고로 탄소중립기본법에 따르면 국가 전체와 각 부문에 대한 연도별 온실가스 감축 목표를 설정하여야 한다<sup>39)</sup>. 그러나 국가 배출권 할당계획은 제3차 계획기간(2021~2025년)부터 5년 단위로 수립된다<sup>40)</sup>. 따라서 중장기 국가 온실가스 감축목표와 ETS 할당계획기간의 괴리로 인해 문제가 발생할 수 있으므로 이에 대한 이행점검 평가기간 연계 방안이 필요하다.

37) 환경부 (2019) 공고 제2019-410호 온실가스 배출권거래제 제2차 계획기간 국가 배출권 할당계획 2단계 계획 변경사항

38) KAU(Korean Allowance Unit)은 할당배출권으로 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」제12조에 의거, 할당대상업체에 할당하는 배출권

39) 기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(법률 제18469호, 2021.9.24. 제정) 제8조(중장기 국가 온실가스 감축 목표 등)

40) 온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률(법률 제17104호, 2020.3.24. 일부개정) 제4조(배출권거래제 기본계획의 수립 등)

참고 5.6. 배출권거래제 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
ETS 할당 감축률(기준연도 배출량 대비, %)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	미정
ETS 유상할당 비율*(%)	3	3	3	3	3	3	3	3	10 이상
ETS BM 할당 비율(%)	50	50	50	50	50	50	50	50	75
ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%)	99.8	95	99.8	95	100	95	99.9	95	-

\* 제2차 계획기간에는 할당대상업체별로 할당되는 배출권의 100분의 97을 무상으로 할당한다.

ETS가 온실가스 감축에 기여한 실질적인 효과를 파악하기 위해서는 세밀한 연구가 필요하다. 다만 계획기간의 전체 할당량이 준수되었다면 배출허용한도(Cap)까지 배출량을 감축하는데 해당 제도가 기여했을 가능성에 대해 평가할 수 있다.

ETS 제2차 계획기간 Cap을 정하는 기준연도는 2014~2016년 3개년 평균이며, 산업 부문 ETS 대상 업체의 온실가스 배출량은 산업 부문 전체 배출량의 78.6%를 차지한다.<sup>41)</sup> 제1차 감축 이행기간에 해당하는 산업 부문의 평균 예상배출량(BAU)은 440.3백만톤이며, 2030 로드맵 수정안의 목표 배출량은 399.3백만톤이다. 산업 부문 중 ETS 대상 업체의 BAU는 440.3백만톤의 78.6%에 해당하는 345.9백만톤으로 추정하였다. 마찬가지로 산업 부문 ETS 대상 업체의 목표 배출량은 399.3백만톤의 78.6%에 해당하는 313.6백만톤으로 추정하였다.

ETS 제2차 계획기간 중 산업 부문 ETS의 평균 할당량은 309.6백만톤이다.<sup>42)</sup> 따라서 잠재요인이 전혀 없는 ‘다른 모든 조건이 동일한(ceteris paribus)’ 상황을 전제로, ETS가 제1차 감축 이행기간 BAU 대비 36.3백만톤, 목표 배출량 대비 4.1백만톤 감축에 기여했다고 추정할 수 있다. 산업 부문의 제1차 감축 이행기간의 연평균 온실가스 배출량 실적은 383.7백만톤으로 2030 로드맵 수정안의 배출량 목표인 399.3백만톤에 비해 15.6백만톤을 감축하였다. 이 중 ETS에 의한 감축 기여분(4.1백만톤)은 산업 부문 감축 실적의 26.3%에 해당하는 수치이다.

41) 관계부처 합동 (2017) 온실가스 배출권거래제 제2차 계획기간(2018년~2020년) 국가 배출권 할당계획(안)

42) 할당량은 최종 할당량을 기준으로 하였다. 2020년 자료 부재로 2018-2019 2년 평균치를 사용하였다. GIR (2018) 2018 배출권거래제 운영결과보고서; GIR (2019) 2019 배출권거래제 운영결과보고서



참고 5.7 ETS의 산업 부문 온실가스 감축 효과 추정 (2018~2020)

단 위	예상배출량 (BAU) (가)	목표배출량 (로드맵 수정안) (나)	할당량 (다)	BAU 대비 효과	목표 대비 효과
백만톤 (%)	345.9	313.6	309.6	36.3 (10.5%)	4.1 (1.2%)
* 산업 부문 중 ETS대상업체 (2018년 442개, 2019년 462개) 기준 * BAU 대비 효과 = (가-다)/가 * 목표 대비 효과 = (나-다)/나 * BAU, 감축 후 목표는 추정치  출처: GIR (2020) 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 관계부처 합동 (2018) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안; GIR (2019) 제2차 계획기간 2018 배출권거래제 운영결과보고서, GIR (2020) 제2차 계획기간 2019 배출권거래제 운영결과보고서.					

#### • 농축수산업 에너지 효율화

농축수산업의 경우, 지열, 목재펠릿 등 신재생에너지 시설과 보온덮개, 다겹보온커튼 등을 활용한 에너지 절감시설 확대를 이행 지표로 설정하였다. 2020년 기준 신재생에너지 시설은 1,035ha, 에너지 절감 시설은 12,931ha를 보급하였다. 모든 점검 지표에서 목표를 달성하였고, 특히 에너지 절감 시설 설치 확대는 초과 달성하였다.

해수부는 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화와 관련된 계량화 지표를 제시하였다. 구체적으로 기관·장비 교체는 기존 어선 대비 온실가스를 평균 5% 저감할 수 있고, 차세대 표준선형은 척당 7~10% 저감할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 산술적인 추정(척당 유류 절감량 × 톤당 탄소 배출량 × 지원 척수)을 통해 탄소배출 저감량도 이행점검 지표로 추가하였다.

연도별 노후기관·장비 교체 어선 척수는 이행기간 동안 목표를 모두 달성하였다. 특히, 2019년부터는 목표 대비 2배 가까운 실적을 나타냈는데, 이는 사업자에게 저효율 노후기관·장비·설비 대체 설치 비용의 60%를 지원하는 사업이 유효하게 작용했던 것으로 평가된다. 더불어, 어선원의 안전·복지 공간을 확보하고 조업 경비를 절감할 수 있는 표준어선 개발·보급을 통해 연근해어업의 생산 기반을 구축하고, 어업 경쟁력을 높이고 있다. 2020년 연근해 6개 업종의 시제선을 건조·보급하였고, 2021년에는 4개 업종에 대해 추가 개발·보급 중이다.

해당부처가 제시한 계량화 지표에 따르면, 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화 정책으로 매년 1.7천 톤 이상의 탄소배출 저감이 이루어질 것으로 예상되며, 이를 통해 2030년까지 수산 부문에서 약 20천 톤 정도의 감축이 전망된다.

**참고 5.8 농축수산 에너지 효율화 보급 달성도 평가**

구 분		2018년		2019년		2020년		최근값/3개년		2030년
		실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
친환경 에너지 시설 설치 확대	신재생에너지 시설 설치확대 보급면적(ha)	991	991	1,019	1,019	1,035	1,039	1,015	1,039	1,239
	에너지 절감 시설 설치확대 보급면적(ha)	11,304	11,304	12,066	12,066	12,931	12,616	12,100	12,616	18,116
친환경 어선 도입 및 에너지 효율화	기관·장비 교체 어선(척)	953	953	1,624	857	1,565	814	1,381	875	814
	차세대 표준선형 개발·보급(척)	-	-	-	-	6	6	6	6	-
	온실가스 감축량 (톤)*	1,813	1,555	1,722	1,700	1,722	1,700	1,752	1,652	1,700

\* 해당 부처에서 추가로 제안한 정량 지표 (3개년 실적, 목표는 2019~2020 2개년치)

● **정성지표**

• **자발적 에너지효율목표제 협약**

한국에너지공단(이하 에공단)은 에너지이용합리화법 제31조에 따라 연간 에너지사용량 2,000TOE 이상인 에너지다소비사업장을 대상으로 자발적 에너지효율목표제를 추진하고 있다. 사업장이 설비투자 혹은 공정개선 등의 자발적인 에너지효율 개선활동을 통해 에너지지원단위를 연간 1% 이상 개선 시 에공단은 우수사업장 인증 또는 에너지 진단 주기 연장 등의 인센티브를 지원한다. 2020, 2021년 시범사업을 추진하고, 2022년 이후 본 사업을 진행할 예정이다.

2020년 44개 에너지다소비사업장(31개 기업)을 대상으로 시범사업을 추진한 결과 참여사업장의 평균 에너지지원단위가 전년 대비 2.23% 개선되었다. 2021년 시범사업에서는 59개 사업장을 모집하였으며, 실질적인 에너지지원단위 개선 지원을 위한 기술지원단 구축·운영을 목표로 하고 있다. 현재는 시범사업 단계로 대상 사업장의 개수를 통해 달성도를 평가하고 있으며, 향후 본 사업 추진 시 절감 실적을 통해 평가하는 방안을 검토할 필요가 있다.

**참고 5.9. 자발적 에너지효율목표제 협약 달성도 평가**

추진 사항	달성 성과
· (2020년) 참여사업장 44개소 시범사업 추진	· 사업장 평균 에너지지원단위 개선율 2.23% 달성

• 저탄소 연료 사용 확대 기반 마련

산업 부문에서 소비되는 에너지원 중에서 상대적으로 온실가스 배출계수가 높은 석탄류, 석유류 등의 에너지를 가스류, 신재생에너지 등과 같은 저배출 에너지원으로 대체하게 될 경우 상당량의 온실가스를 감축할 수 있다. 2030 로드맵 수정안도 온실가스 저배출 연료 및 원료 대체를 주요 수단으로 제시하고 있다. 그러나 기존 에너지수급통계는 신재생에너지 생산량 조사결과를 기반으로 작성된 것으로 산업 부문에서 사용되는 신재생에너지 실적을 업종별로 파악하는데 한계가 있다.

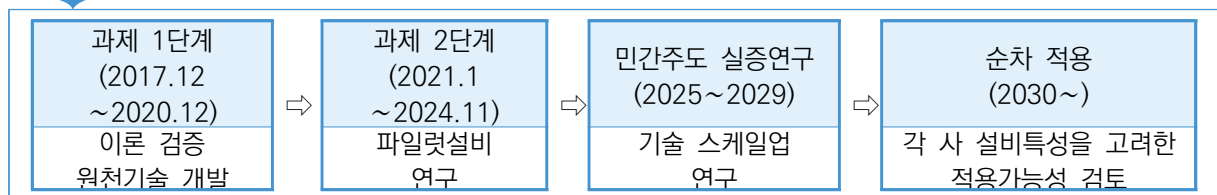
다만, 2015년 대비 2020년 산업 부문의 에너지원별 비중을 살펴보면 일부 연료 대체 흐름을 확인할 수 있다. 석유화학 업종에서는 LPG와 가스의 비중이 2배 이상 증가했고, 시멘트를 포함한 비금속 업종에서 높은 소비 비중을 나타내고 있는 유연탄의 경우도 지난 5년 사이 4% 정도 비중이 줄었다. 정유업종에서는 B-C유 사용이 급격히 줄어, 2015년 20%를 차지하던 비중이 2020년 13%까지 떨어졌다. 반면 전반적으로 산업 부문 신재생에너지 비중은 지난 5년 사이 5% 이상 증가했다. 향후 신재생에너지의 소비량을 보다 정확하게 파악하기 위해서는 신재생에너지보급통계 조사에 신재생에너지로 생산한 전기와 열의 판매처와 판매량을 추가해 그 결과를 에너지수급통계에 반영할 필요가 있다.

• (철강) 수소환원제철(수소활용 하이브리드 제철기술) 기술 도입

철강 업종은 대표적인 탄소집약형 업종으로 산업 부문 배출량의 31.2%(110.8백 만톤)를 차지한다. 환원제로 유연탄이 사용되는 공정 특성상 온실가스 감축을 위해서는 신기술·혁신기술 개발·보급 및 에너지 효율화 등을 통한 감축이 필요하다.

철강 업종의 대표적 혁신기술인 수소환원제철은 제철공정에서 이산화탄소를 대량 발생하는 유연탄 원료를 수소로 대체하여 철광석을 환원하는 기술로, 국내에서는 2017년부터 CO<sub>2</sub> 저감형 하이브리드 제철기술 개발을 위한 국가 R&D 사업이 진행 중이다. 2020년 연구실 규모(lab-scale) 수준에서 실제와 유사한 환경을 조성하여 기술의 안정성 등을 검증하였다. 2024년까지 파일럿 설비 연구를 진행할 계획이며, 현재 스케일 상향, 통합공정개발 등의 연구가 추진 중이다. 2025년부터는 민간 주도 실증연구를 추진하고 2030년부터는 각 사의 설비 특성을 고려한 적용 가능성을 검토하여 순차 적용하게 된다.

**참고 5.10. 수소환원제철(수소활용 하이브리드 제철기술) 기술 연구 추진 계획**



하이브리드 제철기술은 세 가지 핵심 기술(고로 기반 저감기술, 전기로 기반 저감기술, 수소증폭 기술) 개발을 포함하며 기술준비수준(Technology Readiness Level, TRL)으로 기술개발 단계를 평가한다. 2020년 현재 4단계 기술개발 수준으로 평가된다. 다만, 기술 개발 이후 실증화, 기존 고로에의 적용 등 수많은 불확실성이 존재하며 2030 로드맵 수정안에서도 이를 감안하여 추가 검토가 필요하다는 단서가 명시되어 있다. 따라서 기술 개발 진행 추이 및 여건 변화에 따라 해당 지표에 대한 논의를 지속할 필요가 있다.

참고 5.11. 수소환원제철(수소활용 하이브리드 제철기술) 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
·고로기반 CO <sub>2</sub> 저감형 Hybrid 제철기술 개발	TRL3	TRL3	TRL3	TRL3	TRL4	TRL4	달성	TRL4
·부생가스 기반 CO <sub>2</sub> 저감형 Hybrid 환원제철 증폭 및 개질 기술 개발	TRL3	TRL3	TRL4	TRL4	TRL4	TRL4	달성	TRL4
·전기로 기반 제철공정 CO <sub>2</sub> 저감기술 개발	TRL3	TRL3	TRL3	TRL3	TRL4	TRL4	달성	TRL4

\* TRL(Technology Readiness Level)은 핵심요소기술의 성숙도를 나타내는 객관적이고 일관성 있는 지표로 1989년 미국 NASA에서 처음 도입

출처: 에너지수요관리핵심기술개발(에특 5701-301) 중 '수소환원제철' 내역사업 ('17~'24).

• (석유화학) 기초유분 생산량 원단위 개선

석유화학 업종은 2020년 기준 산업 부문 배출량의 17.9%에 해당하는 63.5백만톤을 배출하는 주요 다배출 업종이다. 석유화학 업종 전체 배출량의 약 50%는 기초유분 생산 업체에서 발생하기 때문에, 기초유분 생산량 원단위 개선 시 상당한 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있다. 국내에서 기초유분을 생산하는 6개 업체(LG화학, 롯데케미칼, SK 종합화학, 여천NCC, 한화토탈, 대한유화)는 공정 개선, 에너지 효율 제고 등을 통해 원단위 개선을 진행 중이며 2018년과 2019년 기준 각각 0.644, 0.666 천톤 CO<sub>2</sub>eq./천톤의 생산량 원단위를 나타냈다.

2019년 생산량 원단위 약화의 주요 원인으로는 기초유분 생산업체 사업장 증설(1개 업체)과 기초유분 미생산업체 합병으로 인한 온실가스 배출량의 증가이다. 2020년 생산량 원단위는 0.680 천톤 CO<sub>2</sub>eq./천톤으로 당초 목표치인 0.641 천톤 CO<sub>2</sub>eq./천톤 보다 높은 것으로 나타났는데, 이는 COVID-19 영향으로 기초유분 수요가 감소하여 설비의 최적화 가동조건을 충족하지 못하면서 원단위가 상승했기 때문으로 추정된다. 장기적으로는 2030년까지 0.631천톤 CO<sub>2</sub>eq./천톤을 목표로 하고 있다.

한편, 국내 석유화학 업종은 공정 효율이 높은 편이므로 원단위 추가 개선의 여지가 많지 않고, 생산 공정·기술은 주로 해외 원천기술이기 때문에 신규 저감기술 개발·도입에 어려움이 있다. 그러나 석유화학 업종 역시 중장기적으로 혁신기술 개발을 통한 기존 공정의 효율 개선이 필요하다. 2020년에는 한국석유화학협회와 6개 기초유분 생산업체가 협력반을 구성해 생산량 원단위 개선 및 배출량 저감 방안 논의를 시작하였다. 2021년 2월에는 탄소중립 추진을 위한 민간 거버넌스로서 한국석유화학협회, 석유화학 나프타분해시설(Naphtha Cracking Center, NCC) 주요 업체 및 관련 전문가들로 구성된 석유화학 탄소제로위원회가 출범하였다. 동 위원회를 중심으로 추진 중인 '탄소중립을 위한 R&D 기획' 등 자발적인 이니셔티브를 지속적으로 확대 추진하여 2030년을 목표로 하는 업계의 자발적인 감축 로드맵 수립과 실천이 이행될 필요가 있다.

#### 참고 5.12. 기초유분 생산량 원단위 개선 달성도 평가

단위	2018년		2019년		2020년		3개년		2021년	2025년	2030년
	실적	계획	실적	계획	실적	계획	실적	계획	계획	계획	계획
천톤CO <sub>2</sub> eq./천톤	0.644	-	0.666	-	0.680	0.641	0.663	-	0.640	0.636	0.631

#### • (시멘트) 혼합재 비중 확대

시멘트 업종은 석회석을 사용하여 클링커를 제조하는 공정에서 다량의 CO<sub>2</sub>가 배출된다. 따라서 주원료인 석회석 사용을 줄이고 혼합재 비중을 높이면 온실가스 감축이 가능하다. 2030 로드맵 수정안에서 혼합재 비중 확대는 온실가스 저배출 연료 및 원료 대체 수단에 포함되며 구체적인 수단 및 목표가 제시되어 있지 않다. 다만, 2050 탄소중립 시나리오<sup>43)</sup>에 따르면 2050년까지 혼합재 비중 20%, 석회석 원료 대체율 12%를 목표로 한다.

2020년에는 시멘트 산업 탄소중립을 위한 R&D 과제를 기획하여 석회석 대체 순환자원 확대 기술, CCUS 활용 CO<sub>2</sub> 반응경화 시멘트 제조기술, 시멘트 혼합재 종류 및 함량증대 기술을 포함한 R&D 로드맵 초안을 마련하였다. 중장기적으로는 포틀랜드 시멘트의 혼합재 비율(현 10%, 석회석 5%, 고로슬래그, 포졸란 및 플라이애시 중 한 종류 5% 이내) 확대를 위한 혼합재 종류별, 비율별 세부안 검토

43) 2050 탄소중립위원회(2021) 2050 탄소중립 시나리오

및 친환경 시멘트 기술 개발을 계획하고 있다. 다만, 혼합재 비율 증가를 위해서는 KS 기준 개정이 반드시 수반되어야 하고, 혼합재 비중 확대 이행과정에서 현실적 한계와 다방면의 쟁점 검토가 병행되어야 한다. 현행 KS 기준은 혼합재 비중 한도를 10%이내로 정하고 있어, 이를 확대하기 위한 법령을 개정하기 위해서는 내구성 등 품질, 안전성 등 평가가 선행되어야 한다.

사용처가 제한적이기 때문에 슬래그 시멘트와 같은 저탄소 혼합시멘트 사용 확대는 단기적인 온실가스 감축 이행지표로는 한계가 있다. 하지만 현재 설정된 2050년 장기 목표와 병행하여 2030년 중단기 목표, 그리고 향후 10년간의 구체적인 이행점검 로드맵을 수립하여 이행실적 평가에 반영하는 것이 필요하다. 관련 R&D 과제를 현재 기획 중에 있는데, 2050 탄소중립 목표 이행과의 정합성을 종합적으로 분석하고, 추후 탄소중립 R&D 로드맵에 따른 TRL을 기준으로 하는 이행점검 방안도 고려할 필요가 있다.

**참고 5.13. 시멘트 혼합재 비중 확대 달성도 평가**

구 분	2020년		2021년	2050년
	실적	목표	목표	목표
시멘트 저탄소 기술개발	탄소중립 R&D 과제 기획	R&D 사업 기획	탄소중립 R&D 로드맵 작성	-
혼합재 비중	-	-	-	20%
석회석 원료 대체율	-	-	-	12%

### 3. 요인분해 분석

- 분석 개요

## 참고 5.14. 산업 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C = \sum_i C_i = \sum_i \left(\frac{C_i}{E_i}\right) \left(\frac{E_i}{Q_i}\right) \left(\frac{Q_i}{Q}\right) Q$$

$$= \sum_i (\text{탄소집약도})(\text{에너지집약도})(\text{산업구조})(\text{생산})$$

$C$ : 산업부문 온실가스배출량  
 $Q$ : 산업부문 부가가치  
 $Q_i$ : 업종( $i$ )별 부가가치  
 $E_i$ : 업종( $i$ )별 에너지사용량  
 $C_i$ : 업종( $i$ )별 온실가스배출량

$i$ : 업종(철강, 석유화학, 조립금속, 비금속, 기타 산업)

출처: 에너지경제연구원 (2017) 저탄소 정책의 온실가스 부문 평가지표 개발 및 저탄소 정책 수립방향 연구(2/3) - 부문 및 업종별 온실가스 감축 실적 평가

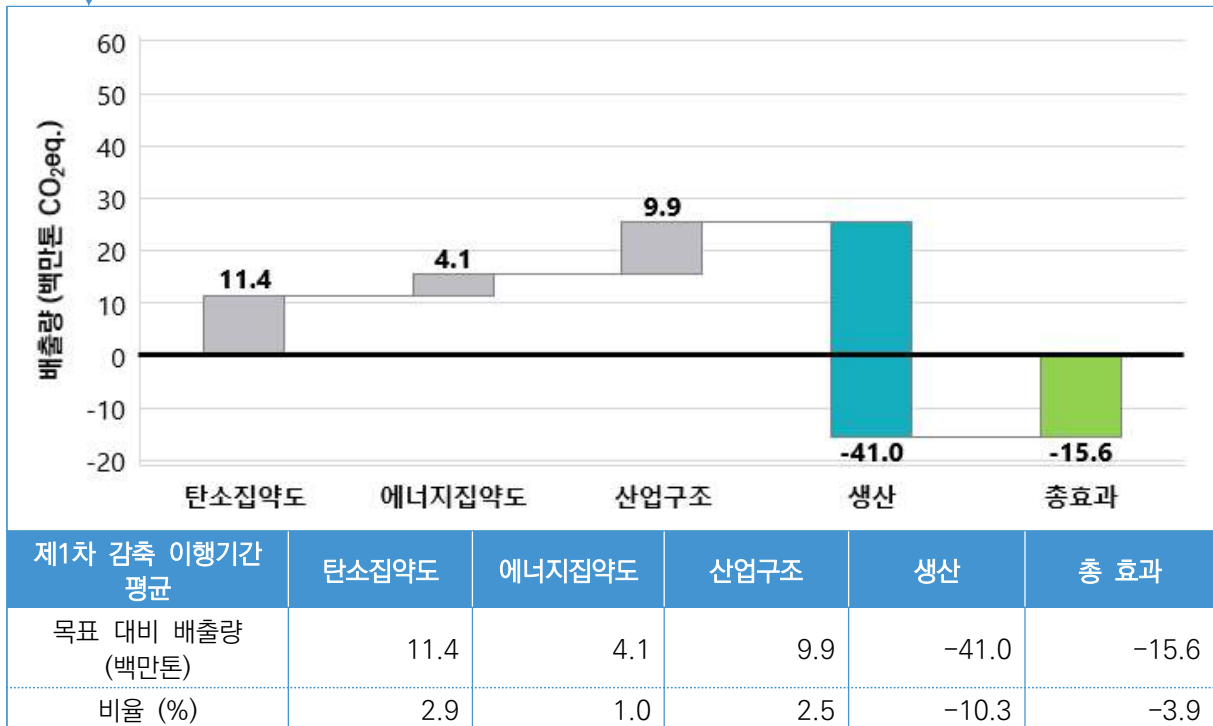
산업 부문의 온실가스 배출량 증감은 일반적으로 생산 효과, 산업구조 효과, 에너지집약도 효과, 탄소집약도 효과의 4대 요인으로 구분된다. 첫째, 생산 효과는 산업 부문의 부가가치 증감에 따른 배출량 증감효과를 의미한다. 둘째, 산업구조 효과는 산업 내 업종이 차지하는 부가가치 비중의 변화에 따른 것이다. 업종별 산출량이 동일해도 온실가스 다배출 업종의 비중이 커지면 산업 부문 전체 배출량이 증가하고, 반대로 저탄소 업종의 비중이 커지면 전체 배출량은 감소한다. 셋째, 에너지집약도 효과는 부가가치 생산에 필요한 에너지 사용량 증감에 따라 온실가스 배출 증감에 영향을 주는 것이다. 여기서 에너지집약도는 원단위 효율성과 같은 개념이다. 마지막으로 탄소집약도 효과는 에너지 사용량 대비 온실가스 배출의 비율인 탄소집약도 개선에 따른 배출량 변화이다. 탄소집약도는 저탄소 에너지원 전환 등에 따른 효과를 반영한다. 요인분해 분석에서 산업 부문의 에너지집약도 및 탄소집약도 효과는 업종별( $i$ ) 효과의 합산으로 계산된다.

#### ● 분석 결과

산업 부문 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 해당 기간 배출량 목표 평균치 399.3백만톤 대비 15.6백만톤 감소했다.

배출량 실적 감소 요인은 생산 효과가 가장 크다. 2018~2020년 산업 부문의 평균 부가가치는 2030 로드맵 수정안 예상 보다 10.0% 감소했다. 이로 인해 생산 효과는 목표 배출량의 10.3%에 해당하는 41.0백만톤의 배출량 감축을 가져왔다.

참고 5.15. 산업 부문 목표 대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



목표대비 배출량 실적 증가의 가장 큰 요인은 탄소집약도 효과이며, 산업구조 변화도 증가 요인으로 작용했다. 탄소집약도 효과는 목표 배출량의 2.9%에 해당하는 11.4백만톤의 배출량 증가를 가져왔다. 탄소집약도는 에너지소비량 대비 온실가스 배출량을 지칭한다. 제 1차 감축이행기간에 산업 부문의 탄소집약도는 2.2% 개선되었으나 업종별로는 차이가 컸다. 요인분해 분석에서 산업 부문 전체의 탄소집약도 효과는 업종별 탄소집약도 효과의 합으로 계산되는데 일부 업종의 탄소집약도가 로드맵 수정안에서 기대한 목표보다 높게 실현되었기 때문에 전체적으로 배출량 증가 효과를 보인 것으로 추정된다. 탄소집약도 효과는 에너지원 전환과 연계된 부분으로 이 효과에 대해서는 업종별 에너지원 변화에 대한 세밀한 분석이 요구된다. 요인분해 분석에 포함되지는 않았으나 산업 부문의 부가가치 대비 온실가스 배출량 역시 예상한 수준 대비 6.7% 높게 나타났다.

산업구조 효과는 목표 배출량의 2.5%인 9.9백만톤의 배출량 증가에 기여했다. 조립금속<sup>44)</sup> 업종의 부가가치 비중은 60.8%로 2030 로드맵 수정안 전망 대비 4.0%p 하락한 반면, 석유화학 업종은 15.5%로 전망 대비 3.4%p 상승했다. 산업 부문 부가가치 창출에서 석유화학 업종이 차지하는 비중이 2030 로드맵 수정안의 예상치보다 높았던 것이 산업구조 효과에 반영된 것으로 판단된다.

에너지집약도 효과는 목표 배출량의 1.0%인 4.1백만톤의 배출량 증가를 유발했다. 이는 업종별 에너지 효율이 2030 로드맵 수정안에서 예상한 수준보다 낮은 수준에서 실현되었기 때문으로 해석된다.

44) 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 기계, 조선



참고로 제1차 감축 이행기간에 에너지 소비량은 목표 대비 1.7% 낮았지만(참고 5.2), 산출된 부가가치 대비 소비된 에너지량을 지칭하는 에너지집약도는 예상한 수준보다 9.2% 높았다. 요인분해 분석에서 산업 부문 전체의 에너지집약도 효과는 업종별 에너지집약도 효과의 합산인데 철강 등 일부 업종에서 에너지집약도가 로드맵 수정안에서 기대한 목표보다 높게 실현된 것이 주된 이유일 것으로 추정된다.

분석 결과 목표 대비 산업 부문의 배출량 증감은 주로 생산 효과에 의해 결정되었다. 2030 로드맵 수정안 전망 대비 산업 부문의 부가가치 하락으로 배출량이 감소했으며, 이는 배출량 감소의 주요인으로 작용했다. 산업구조, 에너지집약도, 탄소집약도는 오히려 전망 수준에 미치지 못하여 배출 증가에 영향을 준 것으로 나타났다. 에너지집약도, 탄소집약도와 같은 내생적 요인을 통한 배출량 감축 방안에 대한 세밀한 진단과 개선책이 필요하다.

참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 산업 부문 부가가치를 나타내는 생산은 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였고, 에너지집약도와 탄소원단위는 기간 중 지속적인 감소세를 나타내어 산업 부문 배출량도 2018년 정점 도달 이후 2년 연속 감소한 것으로 나타났다.

참고 5.16. 산업 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015-2017년	2018-2020년
생산	십억원	480,902	492,536	510,742	526,888	532,040	527,746	494,747	528,881
산업구조	십억원/십억원	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
에너지집약도	천TOE/십억원	2.43	2.38	2.35	2.34	2.39	2.28	2.39	2.34
탄소집약도	천톤 CO <sub>2</sub> e/천TOE	3.26	3.15	3.15	3.18	3.06	2.98	3.19	3.07

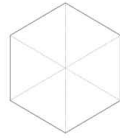
## 4. 종합

산업 부문의 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 383.7백만톤으로, 목표 배출량(399.3백만톤) 대비 약 3.9% 낮게 나타났다. 2020년 배출량은 355.7백만톤으로 전년 대비 8.9% 낮은 수치이다. COVID-19 장기화로 인한 경제 침체에 대한 우려 속에서도 배출량 실적이 목표 대비 낮게 나타난 것은 고무적으로 평가할 수 있다. 하지만, 2050 탄소중립 시나리오와 상향된 2030 국가 온실가스 감축 목표 달성을 위해서는 보다 적극적인 추진 방안이 요구된다. 2030 NDC 상향안에 따르면 산업 부문은 2030년까지 2018년 대비 14.5%를 감축해야 한다. 산업 부문에서 달성해야 하는 새로운 2030 NDC 상향안 목표는 222.6백만톤(간접배출 제외)으로 향후 10년간 33.4백만톤을 줄여야 한다. 이는 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량 실적(간접배출 제외)의 13.0%에 해당하는 수치이다.

현 시점에서 산업 부문의 이행지표 중 적용 범위가 가장 넓은 ETS 관련 지표는 모두 달성한 것으로 평가된다. 제1차 감축 이행기간 중 ETS가 산업 부문의 온실가스 감축에 기여한 효과는 목표대비 1.2%p, BAU대비 10.5%p로 파악된다. 2030 NDC 상향안에 상응하는 수준의 목표를 ETS 정책에 반영하여 지속적으로 추진할 경우, 산업 부문 온실가스 감축에 기여할 것으로 기대된다. 산업용 주요 기기의 고효율화 및 FEMS 보급, 자발적 에너지 목표 달성 추진 등을 통해 산업 현장 전반의 에너지 효율을 개선하는 것도 중요하다. 상기 수단들은 계획대로 진행되고 있는 것으로 평가된다. 다만, 정책 수단 집행이 실제로 온실가스 저감과 저탄소 전환에 어느 정도 기여하는지 계량화하는 방안을 마련할 필요가 있다. 친환경 여선 도입과 에너지 효율화 사업의 효과를 탄소배출량 저감량으로 환산하여 평가하고자 하는 지표가 좋은 시도이다. 향후에는 최근 발표된 2030 NDC 상향안을 반영하여 이행 지표를 지속적으로 갱신할 필요가 있다.

중·장기적으로는 주요 업종의 신기술 개발 혹은 원단위의 획기적인 개선이 요구된다. 예컨대 직접환원철-전기로 기반의 수소환원제철 기술 도입은 온실가스 최다배출 업종인 철강 분야의 배출량 감축에 크게 기여할 것으로 기대된다. 다만, 현행 기술개발 로드맵에 의존하지 않고 기술개발과 적용 시기를 앞당길 수 있도록 정부와 업계의 협력이 요구된다. 2030 NDC 상향안을 달성하기 위해서는 전기로 확대 등 철강 산업의 공정 전환에 있어 구체적이고 실행가능한 중단기적인 방안이 필요하기 때문이다. 석유화학 업종은 이미 공정 효율성이 매우 높아 기존 방식으로 원단위의 추가 개선 여지가 많지 않은 한계가 있다. 하지만 기존의 납사 원료를 기반으로 하는 생산설비와 공정을 대체할 수 있는 혁신기술을 보다 이른 시점에서 적용할 수 있는 방안 수립이 필요하다. 특히, 2030 NDC 상향안 달성을 위해서 석유화학 업종은 바이오 납사 등 원료 전환과 관련된 제품·공정 기술개발과 상용화에 대한 실천 가능한 단계별 추진 전략이 시급한 것으로 판단된다. 시멘트 업종의 혼합재 비중 확대는 현행 KS 기준상 확대 비중 제약, 수요처 확보 어려움 등의 한계가 있지만 중장기 목표를 가지고 기술개발 계획을 수립 중이다. 철강, 석유화학 업종과 마찬가지로 상향된 NDC 목표달성을 위한 시멘트 업종의 온실가스 감축 로드맵이 필요하다. 폐합성수지를 활용하는 방안을 포함한 연·원료 전환에 대한 향후 10년간의 구체적인 방안을 수립하고 이를 온실가스 이행점검에 반영할 필요가 있다.

업종별 감축 추진을 위해서는 미래 기술의 불확실성과 상용화 여부, 업계 현황 및 관련 법제도 개정 등에 대한 보다 세심한 검토가 요구된다. 고무적인 것은 철강, 석유화학, 시멘트 업종이 탄소중립에 동참을 선언하면서 이행을 위한 계획 수립을 시작한 점이다. 상향된 NDC가 주어진 상황에서 2050년 장기 목표에 경도되어 모호하고 상징적인 선언에 머무르지 않는 것이 중요하다. 실천 가능한 로드맵을 수립할 수 있도록 정부와 업계의 지속적인 협력이 필요한 시점이다. 업계는 전향적인 태도로 경쟁력 제고를 목적으로 하는 탄소중립 이행 방안을 자발적으로 수립해야 하며, 정부는 산업 부문의 탄소중립 이행을 촉진하고 지원할 수 있는 신규 정책 수단을 개발하고 이행 수단에 포함시키는 동시에 업계와의 지속적인 협의를 계속해 갈 것을 제언한다.



# 제 6 장

**건물·공공기타 부문 온실가스  
감축 이행점검·평가**



## 제6장 건물·공공기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가

### 1. 목표지표 분석

건물·공공기타 부문은 국가배출량의 약 24%<sup>45)</sup>를 차지하고 있으나 산업 부문과 달리 ETS 및 온실가스·에너지 목표관리제 등과 같은 감축 정책을 통한 관리가 어렵다는 특징이 있다. 가정 및 상업 부문의 온실가스 배출량은 기온 및 경제활동 수준 등의 외부변수에 의해 영향을 받고 있고, 공공기관은 신재생에너지 공급의무나 목표관리제를 통해 온실가스 배출량을 관리하고 있으나 공공기타 부문에서 차지하는 비중이 높지 않은 상황이다.

가정 및 상업 부문의 온실가스 배출은 주로 냉난방, 조명, 가전기기, 취사 등 에너지 사용에 따른 것이며 건물에너지 효율 강화와 고효율 기기 보급 등을 통해 배출량 감축을 추진하고 있다. 그러나 가구 소득이 증가할수록 TV, 에어컨 등 주요기기와 정수기, 공기청정기 등 웰빙 가전의 가구당 보급률이 확대<sup>46)</sup>되어 가전기기 사용 형태가 다양화되고 있다. 이에 정책적 수단을 통한 배출량 저감 수행뿐만 아니라 탄소포인트제도와 같은 경제적 유인수단을 통해 소비자 행태변화와 에너지절약을 실천하도록 하는 노력도 필요하다.

2030 로드맵 수정안은 건물 부문(가정, 상업)과 공공기타 부문을 별도로 분류하고 있으나, 본 보고서에서는 배출특성과 및 감축 수단의 유사함을 고려하여 두 부문을 같은 장에서 설명한다.

#### ● 건물 부문 목표지표 분석

건물 부문 온실가스 배출량은 2018년 158.1백만톤 대비 2019년에는 147.0백만톤으로 6.9% 감소하였고, 2020년에는 136.7백만톤으로 2019년 대비 7.0%가 감소하여 지난 3년간 배출량이 지속적으로 감소하고 있다.

건물 부문의 2020년 배출량 136.7백만톤은 제1차 감축 이행기간의 평균 배출량 목표인 142.3백만톤에 비해 3.9% 낮은 수치이다. 그러나, 3개년 평균 배출량은 147.3백만톤으로 목표보다 약 3.5%(5.0백만톤) 더 많이 배출되었는데, 이는 1990년도 배출량 74.3백만톤 대비 97.9% 증가한 수치이고, 2030년 건물 부문의 목표 배출량 132.7백만톤<sup>47)</sup>에 비해서는 10.8% 높

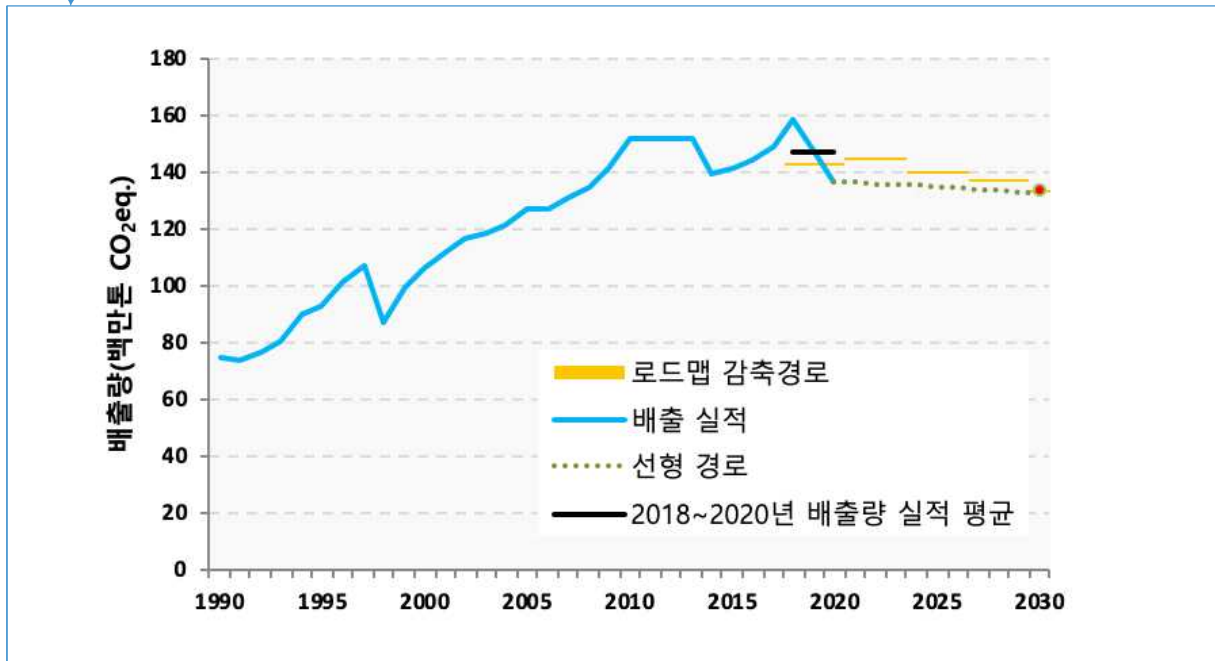
45) 2019년 건물 및 공공기타 부문의 직간접 온실가스 배출량 기준임

46) 전력거래소의 “2019 주택용 가전기기 보급현황 조사 (2020)”에 의하면 가전기기는 1인 가구의 증가로 인해 주방가전, 문화가전의 가구 보급률은 2013년 이후 약간 하락하고 있으나 소득이 증가할수록 가전기기의 종류와 공기청정기, 가습기 등 웰빙 가전기기 사용이 증가하는 것으로 나타나고 있다.

47) 2030 NDC 상향안의 건물부문 목표는 35.0백만톤이다. 그러나 이는 간접 배출량을 포함하지 않은 수치이며, 건물 및 공공기타 부문의 합계이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.

은 수준이다. 배출량은 현 3개년 평균 배출량 실적에서 2030 로드맵 수정안의 목표에 도달하기 위해 향후 10년간(2020~2030년) 연평균 1.04% 감소해야 한다. 과거 같은 기간(2010~2020년) 배출량이 연평균 1.0% 감소한 점을 고려하면 목표 달성을 위해 배출량 감소가 동일한 추세로 유지되어야 한다.

**참고 6.1. 건물 부문 배출량 감축경로**



(백만톤)	1990년	2000년	2010년	2018년	2019년	2020년	2030년
실적 배출량				158.1	147.0	136.7	-
(3개년 평균)	74.3	105.8	151.4	(147.3)			-
목표 배출량	-	-	-	142.3			132.7

출처: 관계부처 합동 (2018) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안, GIR

**● 공공기타 부문 목표지표 분석**

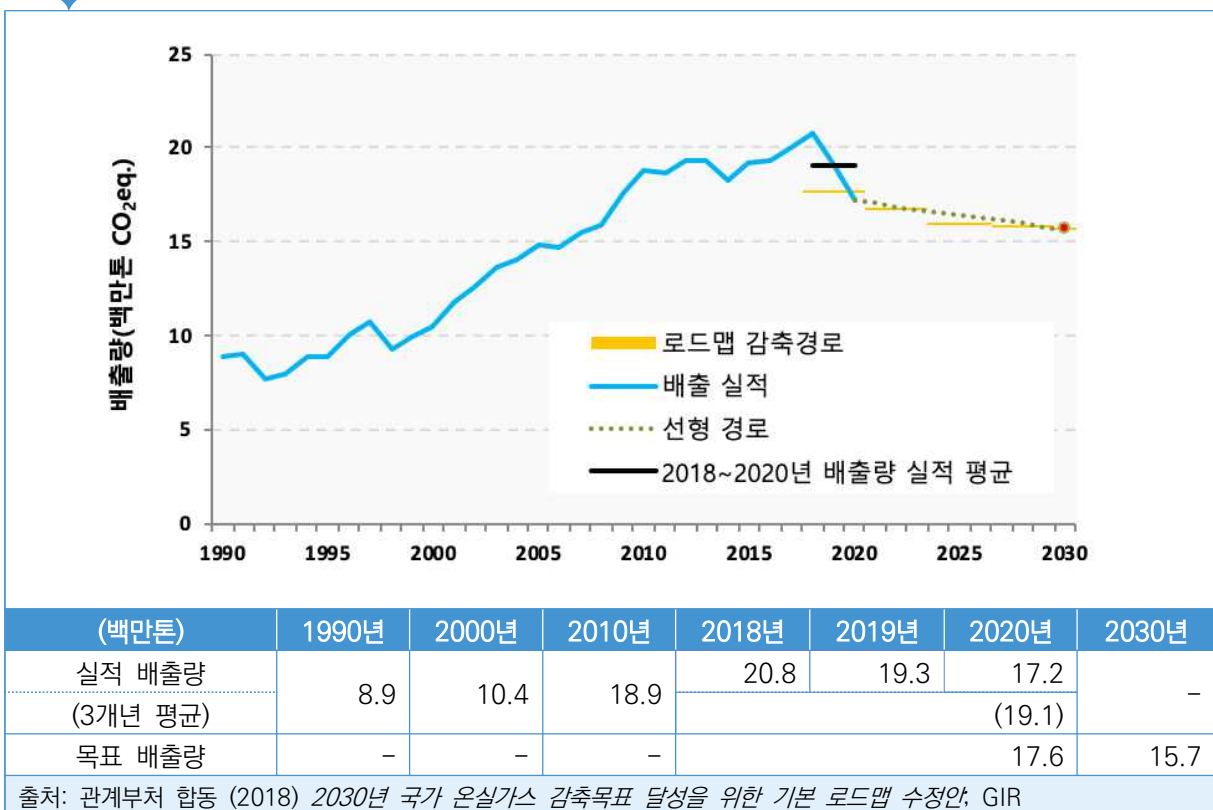
공공기타 부문 온실가스 배출량 역시 2018년 20.8백만톤, 2019년 19.3백만톤으로 약 7.6% 감소하였고, 2020년에는 17.2백만톤으로 2019년에 비해 10.6% 감소하여 3년 연속 배출량이 감소한 것을 확인할 수 있다. 즉 공공기타 부문의 2018년 대비 2020년 감축률은 17.5%로, 전환 부문(18.4%) 다음으로 높은 감축 실적을 나타냈다. 다만, 동 기간 감축 목표<sup>48)</sup>가 타 부문과 비교했을 때 가장 높아 목표를 미달한 것으로 보인다.

공공기타 부문 2020년 배출량은 제1차 감축 이행기간의 목표(17.6백만톤) 대비 2.4% 감소했다.

48) 2018년 대비 2020년 부문별 온실가스 감축률은 공공기타가 15.0%로 가장 높으며, 건물 부문(10.2%), 전환 부문(5.2%) 순으로 낮아진다. 또한 동기간 국가 전체 감축률은 2.4%이다.

그러나 제1차 감축 이행기간의 온실가스 배출량은 평균 19.1백만톤으로, 동 기간 목표와 비교하면 약 8.5%(1.5백만톤) 높다. 이는 1990년도 배출량 8.9백만톤 대비 113.4% 증가한 수치이고, 2030년 공공기타 부문 목표 배출량 15.7백만톤<sup>49)</sup>에 비해 21% 높다. 현재 실적에서 2030 로드맵 수정안 목표에 도달하기 위해서는 향후 10년간(2020~2030년) 공공기타 부문 배출량이 연평균 2%씩 감축되어야 한다. 과거 같은 기간(2010~2020년) 동안 공공기타 부문 배출량이 연평균 0.9% 감소하였음을 고려할 때, 배출량이 감소 추세로 전환되기 위한 추가적인 노력이 필요하다.

### 참고 6.2. 공공기타 부문 배출량 감축경로



### 참고 6.3. 건물 및 공공기타 부문 목표지표 분석

목표지표		단위	제1차 감축 이행기간 평균 목표	제1차 감축 이행기간 평균 실적	차이
건물	배출량	백만톤	142.3	147.3	3.5%
	에너지 소비량	백만 TOE	39.0	40.3	3.3%
	탄소집약도	톤/TOE	3.6	3.6	0.1%
공공기타	배출량	백만톤	17.6	19.1	8.5%
	에너지 소비량	백만 TOE	5.0	5.2	4.0%
	탄소집약도	톤/TOE	3.5	3.6	4.6%

49) 2030 NDC 상향안은 공공기타 부문을 별도로 구분하지 않고 건물부문에 포함시켜 목표를 설정하였다.

제1차 감축 이행기간 동안 건물과 공공기타 부문의 평균 에너지 소비량은 각각 40.3백만 TOE, 5.2백만 TOE로 목표보다 각각 3.3%, 4.0% 높다. 탄소집약도는 건물 부문의 경우 3.6톤/TOE로 목표에 근접하나, 공공기타 부문의 경우 3.6톤/TOE으로 목표 대비 4.6% 높아 저탄소 에너지원으로의 전환 노력이 더 필요하다.

## 2. 이행지표 분석

### ● 건물 부문

참고 6.4. 건물부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① 친환경주택 공급 (보급세대, 만호, 연간)	●	49 /40	●	41 /38.8	●	47 /36	●	46 /38	3년 평균
② 제로에너지 건축물 인증건수	●	30 /33	●	41 /35	●	507 /100	●	193 /56	상동
③ 그린리모델링 사업실적 (건수, 연간)	●	9,278 /2,711	●	11,428 /11,000	●	12,005 /12,000	●	10,904 /8,570	상동
④ 탄소포인트제 참여가구 (만가구)	-	-	-	-	●	311 /312	-	-	'18-'19년 실적·목표 동일
⑤ AMI 보급확대 (누적, 만호)	●	700 /1,180	●	848 /1,700	●	1,020 /2,250	●	1,020 /2,250	최근값/
⑤-1 한국전력공사 AMI 구축 사업 목표 (신규, 만호)	●	190 /190	●	148 /148	●	172 /172	●	170 /170	3년 평균
정성지표									
이행지표	2018년	2019년	2020년	3개년		비고			
	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부					
⑥ 제로에너지 건축물(민간) 확대	-	-	-	-		-2020년 BEMS 한국산업표준 제정 -2025년 민간 건축물 대상			
⑦-1 기존 건축물 에너지 성능 향상을 위한 도시재생사업 모델 발굴·제시 및 그린 리모델링 활성화 중장기 방안 수립·시행	-	-	-	-		그린뉴딜사업에 포함되어 추진 예정			
⑦-2 기존 건축물(15년 이상 노후 건축물) 그린 리모델링 추진	-	-	-	-		-공공 건축물 대상 -의무화 로드맵 수립			
⑧ 건물용도별 운영효율지표 개발	-	-	●	-		-2024년 상업용 건물 적용 예정			
⑨ 고효율 기기 보급 확대 등	-	●	●	-		15.8GWh (2019년), 127GWh (2020년) 절감효과 발생			
⑩ 고효율 조명기기 확산 (형광등 퇴출 등)	-	-	-	-		2020년 로드맵 수립			

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성



## ● 정량지표

### • 친환경주택 공급

정부는 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제 27조(보급사업)와 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정을 근거로 태양광, 태양열, 지열, 풍력 등 신재생에너지를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 보조 지원하는 사업을 추진하고 있다. 친환경 주택(그린홈)은 신재생에너지를 도입하고 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 억제하고, 온실가스 및 대기오염물질의 배출을 최소화하는 주택을 의미한다. 에공단은 주택 성능평가, 설계기준, 건축물 에너지 효율 등급 인증 등 친환경 주택의 에너지 효율을 평가하고 있으며, 아래의 3가지 조건 중 1개를 만족하는 경우를 친환경 주택으로 간주한다.

참고 6.5. 친환경주택 설계 조건

구분	친환경주택 성능평가	친환경주택 설계기준	건축물에너지 효율등급 인증
평가 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 단지 내 단위면적당 1차 에너지 소요량 또는 이산화탄소 배출량 절감률</li> <li>· 의무사항 이행 여부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 창호 및 벽체, 현관문 단열 등 시방기준 만족</li> <li>· 의무사항 이행 여부</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 건축물 에너지효율등급 인증 취득</li> <li>· 의무사항(일부) 이행 여부</li> </ul>
평가 기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전용면적 관계없이 표준주택 대비 60% 이상 절감</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 창호·벽체·발코니 외측창의 단열, 열원설비, 고단열·고기밀·강재문, 창면적비, 외기에 직접 면하는 창의 기밀성능, 조명밀도, 신재생에너지설비 설치항목별 기준 만족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 건축물 에너지효율등급 1+등급 이상 취득</li> </ul>

친환경 주택 공급은 건축물에 필요한 에너지부하를 최소화하여 에너지 효율개선을 유도하는 사업으로, 현재 목표 대비 실적으로 달성률을 평가하고 있다. 2018년 목표 및 실적은 각각 40, 49만 호로 목표 대비 9만 호 초과 달성하였다. 2019년 및 2020년 목표는 각각 38.8, 36만 호이며, 실적은 각각 41, 47만 호로 지난 3년 모두 목표를 달성하였다. 3개년 목표 대비 실적을 단순 평균하였을 때 달성률은 120%이다.

그러나 보급 목표가 전체 공급량의 일부분만 차지하는 경우, 보급 목표를 달성하더라도 실제 온실가스 감축 효과가 크지 않기 때문에 전체 신축 주택건물 중 친환경주택의 비중 등으로 평가하는 것이 바람직하다.

**참고 6.6. 친환경 주택 공급 달성도 평가**

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
친환경 주택 공급 수 (보급세대, 만호, 연간)	49	40	41	38.8	47	36	45.7	38.3

• 제로에너지 건축물 인증건수

2017년 1월 최초로 시범 도입된 제로에너지 건축물 인증 제도<sup>50)</sup>는 건축물에 필요한 에너지 부하를 낮추고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소비를 최소화하는 녹색건축물을 대상으로, 에너지 자립률에 따라 1~5등급의 인증을 부여하는 제도이다. 녹색건축물 조성지원법 제17조 및 동법 시행령 제12조를 근거로 추진하고 있다. 제로에너지 건축물 인증등급을 부여받기 위해서는 우선 건축물 에너지효율등급이 1++ 이상, 신·재생에너지를 활용한 에너지 자립률은 최소 20% 이상이어야 한다. 또한 건물에너지관리시스템 또는 원격검침 전자식 계량기가 설치되어야 한다. 제로에너지 건축물 인증 유효기간은 인증받은 날부터 해당 건축물에 대한 1++등급 이상의 건축물 에너지효율등급 인증 유효기간 만료일까지이다. 본 제도는 2025년부터 일정 규모 이상 민간 부문에 의무 적용되기 때문에 실적과 효과는 2025년부터 구체화될 것으로 전망된다.

**참고 6.7. 제로에너지 건축물 인증 기준 세부 사항**

- 제로에너지 건축물 인증 기준
  - 건축물 에너지효율등급 1++ 이상
  - 에너지자립률 20% 이상
  - BEMS 또는 원격검침전자식 계량기 설치

· 제로에너지건축물 인증등급

ZEB 등급	1등급	2등급	3등급	4등급	5등급
에너지 자립률(%)	100% 이상	80% 이상 ~ 100% 미만	60% 이상 ~ 80% 미만	40% 이상 ~ 60% 미만	20% 이상 ~ 40% 미만

본 지표는 1차년도 신축 건축물들의 용도별 인증건수를 확인할 수 없으므로 가정 및 상업으로 구분되던 하위 목표를 삭제하고, 용도구분 없이 합산된 '인증건수'로 정량지표를 단일화하였다. 참고로 2020년 이행실적 보고서에서 예비인증은 본 인증의 사전 단계 특성이므로 지표를 본 인증으로 단순화하는 것이 바람직하다는 지적이 있었으나, 2020년 이행실적 보고서와 동일하게 본 인증, 예비인증을 합산한 값을 실적치로 간주하였다.

50) 제로에너지건축물 의무화 로드맵(안)에 의하면 2020년 공공 부문 연면적 1천㎡이상, 2023년 공공 부문 5백㎡이상, 2025년 민간 부문 1천㎡이상 및 공동주택 30세대 이상, 2030년 민간 부문 5백㎡이상에 대해 의무 적용할 예정이다.

목표 및 실적을 연도별로 살펴보면 2018년 목표는 33건, 실적은 30건으로 목표 대비 실적이 3건 적어 목표에 근접하였고, 2019년의 목표는 35건, 실적은 41건으로 목표 대비 실적이 6건 초과하여 연간 목표를 달성하였으며, 2020년에는 목표 100건을 407건 초과한 507건을 달성하여 연간 목표를 충분히 달성하였다.

제로에너지 건축물 인증은 실적 및 달성률이 점차 증가하였으며 특히 2020년에 매우 높은 달성률을 보였다. 이는 지표의 이행이 준수하게 진행되고 있음을 의미하며, 3개년 달성률을 단순평균으로 구했을 때 238%로 나타났다. 그러나, 보급 목표가 전체 건물에서 차지하는 비중이 낮거나 과도한 에너지 소비행태가 발생하게 되면 실제 온실가스 감축 효과는 크지 않을 수 있다. 따라서, 2030년 및 2050년 중장기 감축목표 달성 기여도를 높이기 위한 보급 목표량에 대해 향후 지속적인 모니터링 및 추가적인 검토가 필요하다.

#### 참고 6.8. 제로에너지 건축물 인증 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	
건물 (전체)	건수(건)	30	33	41	35	507	100	192.7	56
	면적(m <sup>2</sup> )	317,033	-	572,351	-	2,719,269	-	1,202,884.3	-
주거용 (가정)	건수(건)	1	-	4	-	8	-	4.3	-
	면적(m <sup>2</sup> )	3,857	-	322,352	-	162,588	-	162,932.3	-
주거용 외 (상업)	건수(건)	29	-	37	-	499	-	188.3	-
	면적(m <sup>2</sup> )	313,178	-	249,998	-	2,556,680	-	1,039,952	-

#### • 그린리모델링 사업실적

그린리모델링은 단열보완, 기밀성 강화 등을 통해 기존 건축물의 에너지 성능 및 효율을 개선하는 사업이다. 현재 국토부와 한국토지주택공사가 민간 건축물의 에너지 성능개선 촉진을 위해 공사비 대출 이자 일부를 보조해주고 있으며, 이 과정에서 에너지 성능 평가 프로그램으로 산출한 에너지 성능 개선 비율 또는 창호 에너지 소비 효율등급에 따라 차등화된 이자 지원율을 적용하여 사업의 실효성을 높인다.

그린리모델링 사업추진 실적은, 2018, 2019 및 2020년 각각 9,278건, 11,428건, 12,005건이고, 목표는 2,711건, 11,000건, 12,000건으로 3년 모두 목표를 초과 달성하였다. 특히 2020년에 공공 건축물 그린 리모델링(834동)과 민간건축물 그린리모델링 이자지원(12,005건)을 통해 온실가스(약 8만톤) 감축에 기여한 것으로 추정된다. 3년간의 평균 목표 달성률은 127%로 나타났다. 2020년 기준 신축 건축물 대비 노후 건축물의 비중이 높다<sup>51)</sup>는 점을 고려할 때, 향후 그린 리모델링 사업이 지속적으로 추진되면 상당한 감축 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

51) 세우터 통계 기준으로 전체 건물 면적 대비 노후화 15년 된 건물의 비중은 약 61.2%로 나타남

**참고 6.9. 그린리모델링 사업 달성도 평가**

구 분		2018년		2019년		2020년		3개년	
		실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
건물 (전체)	건수(건)	9,278	2,711	11,428	11,000	12,005	12,000	10,904	8,570
	면적(m <sup>2</sup> )	1,297,953	-	1,959,363	-	2,111,381	-	1,789,566	-
가정	건수(건)	9,277	-	11,425	-	12,004	-	10,902	-
	면적(m <sup>2</sup> )	1,262,411	-	1,951,238	-	2,111,006	-	1,774,885	-
상업	건수(건)	1	-	3	-	1	-	2	-
	면적(m <sup>2</sup> )	35,542	-	8,125	-	375	-	14,681	-

• 탄소포인트제 참여가구

탄소포인트제는 가정, 상업시설, 아파트 단지 등에서 전기, 상수도, 도시가스의 사용량을 절감하면 감축률에 따라 탄소 포인트를 부여하여 인센티브를 받을 수 있도록 하는 범국민 온실가스 감축 실천 프로그램이다. 제1차 감축 이행기간의 실적을 살펴보면 가정에서 각각 287만, 299만, 310만 가구가 참여했고, 단지에서 참여 건수는 각각 7,894건, 8,587건, 9,777건이다. 동 지표에 대한 목표는 가정에 대해서만 제시되어 있으며, 2018년 및 2019년 목표와 실적이 일치한다. 2020년의 목표와 실적은 각각 312만 가구, 310만 가구로 나타났으나, 단지에서의 참여 실적(9,777단지)을 함께 고려할 경우 거의 달성한 것으로 판단된다.

**참고 6.10. 탄소포인트제 참여대상 및 인센티브 지급 기준**

구분	내용	
개인	참여대상	· 가정의 세대주(세대 구성원) 또는 학교, 상업시설 등의 실제 사용자
	인센티브 지급기준	· 온실가스 절감률에 따라 반기 1회(6월, 12월) 지급
단지	참여대상	· 150세대 이상의 아파트 단지 및 학교, 일반 건물의 공용부분(가로등 및 산업용 전력 등)을 관리하는 아파트 관리사무소, 학교장, 건물 관리자(지자체의 여건에 따라 단지 규모 조정 가능)
	인센티브 지급기준	· 단지별 평가결과에 따라 연 1회 지급 * 온실가스 절감률이 5% 이상인 단지를 대상으로, 온실가스 절감률과 개인 참여율을 60:40의 비율로 평가하여 지급

· (탄소포인트 산정)  
온실가스 감축대상 에너지 항목(전기, 상수도, 도시가스)별로 정산 시점으로부터 과거 2년간 월별 평균사용량(기준사용량)과 현재사용량을 비교하여 절감 비율에 따라 에너지 항목별로 탄소포인트를 부여

· (인센티브 종류)  
현금, 상품권, 쓰레기 종량제 봉투, 그린카드 포인트(그린카드 소지자에 한함) 등으로 지자체가 시행하는 유형 중 선택하여 지급

참고 6.11. 탄소포인트제 참여 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
가정(만가구)	287	287	299	299	310	312	298.7	299.3
단지(단지 수)	7,894	-	8,587	-	9,777	-	8,752.7	-

서울시에서는 에코 마일리지라는 별도의 명칭으로 정책을 추진하고 있으며, 탄소포인트제 참여 실적에 합산된다. 한국환경공단에 따르면, 2021년 7월 기준으로 서울시를 제외한 전체 참여 가구는 약 203만 가구이며, 이는 총 가구수의 11.67%를 차지한다. 특히, 광주에서 가구의 60%가 참여하여 가장 높은 참여율을 보였고, 제주에서는 약 40%가 참여하여 두 번째로 높은 참여율을 나타냈다.

- AMI 보급확대

AMI(Advanced Metering Infrastructure, AMI)는 유·무선 통신을 이용하여 실시간 에너지 사용량 관리를 위한 핵심 인프라로, 양방향 통신 기반의 디지털 계량기와 기타 전기사용 정보 전달 및 제어 장치로 구성되어 있다. AMI는 실시간으로 전력가격 및 사용정보를 전달하여 소비자에게는 수요반응을, 공급자에게는 수요예측과 부하관리를 가능하게 한다.

참고 6.12. AMI 보급 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		최근값	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
AMI 보급확대 (누적, 만호)	700	1,180	848	1,700	1,020	2,250	1,020	2,250

한국전력공사는 2010년부터 AMI 보급을 꾸준히 확대하여 당초 2020년까지 2,250만 호 누적보급을 목표로 추진하였으나, 2018, 2019 및 2020년 목표 달성률은 각각 59%, 50%, 45%에 불과하여 계획 대비 잘 이행되지 않은 것으로 나타났다. 이는 감사원 지적, 특허분쟁, 보안모뎀 개발 등으로 사업 추진이 약 6년간 지연되었기 때문으로 판단된다. 그러나 2020년부터 AMI 구축 사업이 그린뉴딜 사업에 포함됨에 따라, 이를 반영하여 2024년을 목표로 하는 한국전력공사 AMI 구축사업 실적을 신규 지표로 추가하였다. AMI 보급 확대와 더불어, 소비자의 행태 개선을 위한 교육 및 인센티브 제도 등 소비자가 참여할 수 있는 제도를 마련한다면 지속적인 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있을 것이다.

참고 6.13. 한국전력공사 AMI 구축사업 목표 및 실적(만호)

구분	2018년	2019년	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년
목표	190	148	172	230	333	333	334
목표 (누적)	700	848	1,020	1,250	1,583	1,916	2,250
실적	190	148	172	-			
실적 (누적)	700	848	1,020	-			

### ● 정성지표

#### • 제로에너지 건축물(민간) 확대

본 지표는 제로에너지 건축물 인증 조건(원격검침 전자식 계량기 또는 BEMS 설치) 중 일부인 건물 에너지관리시스템(Building Energy Management System, BEMS)의 보급 확대를 위한 지표로서 제로에너지 건축물 인증건수(정량지표)와 별도로 평가하였다.

제로에너지 건축물 인증을 위해서는 BEMS 또는 원격검침전자식 계량기가 설치되어야 한다. BEMS는 건물의 쾌적한 실내환경 유지 및 효율적인 에너지관리를 위하여 에너지 사용 내역을 실시간으로 제공하는 통합된 시스템이다. 2019년 발표된 제로에너지건축 단계적 의무화를 위한 세부로드맵에 따르면 2025년부터 1,000m<sup>2</sup> 이상 민간 건축물 및 30세대 이상 공동주택을 대상으로 의무화하는 것을 목표로 하고 있다. 제1차 감축 이행기간에는 해당 사항이 없으나, 중장기적으로 관련 제도 추진 현황 점검이 요구된다.

2020년에 산업부는 BEMS 한국산업표준(KS F 1800-2) 제정을 통해 BEMS 운영 전주기에 걸쳐 데이터 관리체계를 단계별로 표준화하였다<sup>52)</sup>. 향후에는 BEMS 보급 건수 혹은 면적을 목표로 설정하고 정량지표화 하는 것을 고려해볼 수 있으나, 아직까지 BEMS 설치 신고 의무가 없어 정확한 실적을 파악하는데 한계가 있다. 참고로 기존 BEMS 사업에는 HEMS 보급도 포함되었으나, 투자비 대비 에너지 절감 효과성을 고려할 때 대형 신축 공공기관을 대상으로 하는 BEMS를 우선적으로 보급하는 것이 필요하다.

참고로, 건물 유형별 신재생에너지 설비 보급을 제로에너지 건축물 확대와 연계하여 검토한다면 보다 상세한 현황 파악이 가능하다. 그러나 산업부는 제로에너지 건축물의 경우 고성능 패시브 설계를 전제로 하므로 반드시 신재생에너지 설비 용량이 증가하는 것은 아니며, 건축주 역시 경제성을 주로 고려하여 에너지 자립률 달성이 용이한 신재생 에너지를 선택하기 때문에 이를 유형별로 나눠 연도

52) 산업부(2021), “건물 에너지 소비, 데이터로 똑똑하게 관리한다!”

별 보급목표를 수립하는 것은 불가능하다는 입장을 나타낸 바 있다. 또한 전환 부문의 신재생에너지 보급 실적 관련 지표와의 중복성 문제, 가정·상업 및 공공 부문 간 구분 문제 등의 이유로 지표로서의 적절성에 의문을 제기하여 본 보고서에서는 이를 별도로 고려하지 않는다.

#### 참고 6.14. BEMS KS(KS F 1800-2) 세부 내용

구분	항목	주요 내용
데이터 수집	관제점 선정	· 건물전체, 주요설비, 주요공간별 비용효과적인 데이터 수집방법 · 상호운용성을 갖는 통신프로토콜 사용
	관제점 정보관리	· 수집되는 데이터의 속성 파악을 위한 정보 구성 및 관제점 정보목록(관제점 일람표) 작성방법
	태그 생성 및 관리	· 시스템 간 데이터 호환 및 효과적인 데이터 활용을 위한 데이터의 이름(태그) 생성 및 관리 방법
데이터 분석	데이터 분류 및 구성	· 데이터 분류(기준정보, 운영정보, 통계분석정보) · 에너지소비량, 에너지성능, 등 통계분석정보의 신뢰성 확보
	데이터 관리	· 데이터 수집(15분 이하) 및 보관주기(3~5년) · 건물운영자에게 정보제공에 필요한 데이터베이스 기능
데이터 활용	에너지효율 개선조치	· 수집된 데이터 분석을 통해 운전 설정값 및 스케줄 변경, 설비 유지보수, 설비운전 최적화 등 지속적인 효율개선 조치 시행
	에너지절감량 산출	· BEMS 도입 전후의 객관적인 에너지절감성과 파악을 위한 에너지절감량 산출 및 결과보고 방법 * 베이스라인(BEMS에 따른 에너지절감효과를 배제한 기준 에너지사용량) 모델 수립

출처: 산업부 (2021) *건물 에너지 소비, 데이터로 똑똑하게 관리한다!*

#### 참고 6.15. BEMS 설치확인 실적

구분	공공건물	민간건물	합계
2018년	6	3	9
2019년	27	3	30
2020년	39	1	40

출처: 한국에너지공단 (2021) *에너지 편람*

- 기존 건축물을 대상으로 한 도시재생사업 모델 발굴·제시 및 그린 리모델링 연계 추진

도시재생사업은 주거환경의 노후화 등으로 쇠퇴하는 도시를 지역 역량 강화, 새로운 기능 도입·창출 및 지역자원 활용 등을 통해 경제적·사회적·물리적·환경적으로 활성화하는 사업이다. 동 사업은 친환경적 에너지전환 정책 부응, 미세먼지·광열비 저감 등 거주환경개선 및 건축산업 육성에 효과적이기 때문에 그린리모델링과 연계하여 추진되고 있다.

2020년에는 취약계층 이용 노후 공공건축물(어린이집, 의료시설, 보건소) 그린 리모델링 약 1천 동 시행 및 공공건축물 그린 리모델링 의무화 로드맵 수립이 계획되었고, 2021년에는 어린이, 노약자 등 취약계층 이용 공공건축물 약 2천 동에 대해 국비 약 4천억 원을 지원(총사업비 6,830억 원)해 그린리모델

링 약 1천동 시행을 목표로 하고 있다. 2018년부터 2019년까지는 추진사항이 없으나, 2020년에는 사업대상 834건을 선정하여 그린 리모델링을 추진하였다.

이 중 개보수가 시급한 건축물 약 1천 동에 대해 3차 추경(2020년)으로 우선 추진(3.4천억 원)할 계획을 제시하였으나, 2020년에 821건(동)에 대한 사업을 추진하여 2020년 계획을 달성하지 못하였다. 2021년에도 3.4천억 원을 투입하여 약 1천 동에 대해 추가로 사업을 추진할 계획이다. 현재 민간 건축물에 대해서는 구체적인 목표가 없기 때문에 평가하기가 어렵다. 장기적으로 그린 리모델링은 우리나라의 전체 건축물이 일정 수준 이상의 열효율을 갖추어 에너지 낭비를 줄이고 온실가스를 줄이고자 하는 정책이므로, 민간 건축물에 대해서도 대대적으로 확대해 나가야 한다. 공공건축물에 대한 성과를 민간 건축물(가정·상업 건물)까지 확산하기 위해서는 전국의 건축물에 대한 현황 조사를 거쳐 정부가 설정한 건물부문의 감축목표에 맞게 중장기적인 그린 리모델링 목표 및 대상을 설정하고, 민간의 참여를 높이기 위한 이차지원사업 확대 등 인센티브를 갖추어 나가야 할 것이다.

#### • 건물용도별 운영효율지표 개발

정부는 3차 에기본에 따라 2022년부터 공공건물, 2024년부터 3천m<sup>2</sup> 이상의 상업용 건물을 대상으로 에너지효율평가 체계를 도입할 계획이며, 제2차 녹색건축물 기본계획(2019.12.)에 따라 건축물의 에너지 효율적 운영·관리체계 구축을 위해 기존 건축물의 에너지 사용 수준을 상호 비교 평가할 수 있는 용도별 운영 효율지표를 개발하고 있다.

에공단은 건물 에너지효율평가 적용 기반 마련을 위해 에너지데이터 분석센터에서 기후조건, 건축물 현황, 용도별 운영특성 등 영향인자를 조사하고 에너지 사용량 및 영향인자 간의 통계분석을 통해 주요 건물유형에 대한 효율지표개발을 순차적으로 진행하고 있다. 또한 개발된 지표를 활용하여 2019년 기존 건축물의 에너지 운영효율 수준을 평가할 수 있는 온라인플랫폼을 구축하는 등 성과를 확산시키기 위한 기반을 마련하였다. 2020년에는 온라인 플랫폼을 활용한 ‘교육시설 에너지관리 시범사업’을 추진하여 건물에너지 효율평가 및 관리 플랫폼을 고도화하는 계획을 제시하였다. 이에 따라, 병원 및 교육시설에 대한 지표를 활용하여 에너지 운영효율 분석보고서를 제공하고, 우수건물을 선정하여 포상하는 등 행태개선을 유도하였다. 또한, 시범사업 대상 및 기반확대를 위해 업무시설유형에 대한 운영효율 분석지표개발을 추진하였다. 중장기적으로는 에너지총조사 주기(3년)에 맞추어 건물 유형별 신규지표를 개발하고 기존지표를 개선하여 단계별 평가 대상을 확대할 계획이다.

#### • 고효율기기 보급 확대 등

본 지표는 고효율 가전제품 보급을 확대함으로써 에너지 절감 및 온실가스 감축에 기여하는 건물부문의 대표적인 감축 정책수단이다. 2019년에 효율등급 표시대상 가전 10개 품목(냉장고, 김치냉장고, 에어컨, 세탁기, 냉온수기, 전기밥솥, 진공청소기, 공기청정기, TV, 제습기) 중 최상위 등급 제품을 으뜸



효율 가전으로 선정하고, 소비자에게 구매가의 일정 비율(10%)을 환급해주었다. 그 결과 4,500가구(4인 기준) 1년 전력 사용량에 해당하는 15.8GWh의 에너지 절감효과를 내었다.

2020년 환급 규모의 한도는 개인별 30만원이며, 지원 품목은 의류 건조기를 추가한 11개 품목을 대상으로 약 33,800가구(4인 기준) 1년 전력 사용량에 해당하는 127GWh의 에너지 절감효과를 내어 2019년보다 큰 성과를 내었다.

전기냉장고, 김치냉장고, 가정용 가스 보일러, 멀티전기히트펌프 시스템, 전기세탁기, 전기 냉온수기, 전기 밥솥은 3년 동안 1등급 제품이 차지하는 비중이 꾸준히 증가하였다. 특히, 멀티 전기히트펌프 시스템, 김치냉장고의 3~5등급 판매율의 합이 10% 이하로 나타나 동 제품의 고효율기기 보급이 원활하게 진행되고 있다. 또한, 전기냉장고, 공기청정기, 컨버터 내장형 LED 램프, 전기밥솥은 4~5등급 제품 판매율이 10% 이하(전기냉장고 '19년 제외)로 나타나 동 제품의 고효율 기기 보급이 준수하게 이루어진 것으로 판단된다. 반면 가정용 가스보일러는 여전히 4등급 제품이 차지하는 비중이 높지만, 친환경 보일러 지원 정책 시행으로 1등급 제품의 판매율이 점점 증가하고 있는 것을 미루어 보아 보일러 지원 정책에 대한 소비자의 참여를 유도하고 있는 것으로 보인다.

- 고효율 조명기기 확산(형광등 퇴출 등)

산업부는 고효율 조명기기 확산을 위해 효율이 저조한 형광등의 시장퇴출을 2028년까지 단계적으로 추진할 계획이다. 백열전구의 경우, 용량별로 2단계(2012년 70W이상~150W미만, 2014년 25W이상~70W미만)에 걸쳐 최저소비효율기준을 20lm/W로 상향 조정하여 시장에서 퇴출을 유도하였다. 형광등의 경우 최저소비효율기준 상향 관련 연구용역을 2020년에 완료하였으며, 해당 업계 및 전문가 의견 수렴절차를 거쳐 형광등 최저소비효율기준 상향 관련 로드맵 수립 및 효율관리기자재 운용규정(산업부 고시) 개정(안)<sup>53)</sup>을 마련하였다.

- 공공기타 부문

참고 6.16. 공공기타 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	

53) 산업부 고시 제2020-225호(2020.12)

① LED 조명 누적 보급률(%)	실내	●	82.3 /80	●	86.8 /80	●	94.7 /100	●	94.7 /100	최근값
	실외		31.2 /-		42.9 /-		56.2 /-		56.2 /-	'30년 100% 목표/ 최근값
② 신재생에너지 공급의무비율(%)		●	24.6 /24	●	26.8 /27	●	30.7 /30	●	27.4 /27	3년 평균
③ 공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률(%)		●	19.6 /26	●	23.5 /28	●	30.3 /30	●	24.5 /28	상동
④ 공공기관 저공해차 의무구매·임차 비율(%)		-	-	-	-	●	78.3 /100	-	-	- '19년 수도권 목표달성 - '20년 100% 목표

**정성지표**

이행지표	2018년	2019년	2020년	3개년	
	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	비고
⑤ 제로에너지 건축물(공공) 확대	●	●	●	●	-
⑥ 건물(공공) 에너지 효율 평가기반 마련	-	-	-	-	-
⑦ 공공 부문 목표관리제 대상 확대	-	-	●	●	-2019년 123만톤(23.5%) 감축 -2020년 2030 목표 상향 조정

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

● **정량지표**

공공기타 부문의 경우 대부분의 온실가스 감축이 공공용 건물에서 추진되므로 건물 부문의 주요 감축 수단이 공공 부문에도 공통적으로 적용된다. 따라서 본 장에서는 건물 부문과 중복되는 내용은 생략하고, 일부 차이가 있거나 특이사항이 존재하는 부분에 대해서만 서술하기로 한다.

• LED 조명 누적 보급률

2011년 발표된 ‘LED조명 2060’ 계획<sup>54)</sup>은 2020년까지 국가 전체 LED 조명 비중을 60%까지 확대하며, 공공기관은 100% 달성한다는 목표를 제시하고 있다. 공공 부문이 온실가스 감축을 선도한다는 차원에서 공공 건물을 대상으로 LED조명 보급이 조기 시행되고 있다. 실내용 조명의 LED 누적 보급률을 목표와 비교해보면, 2018 및 2019년 모두 목표를 초과 달성하였으나, 2020년 실적은 94.7%로 나타나 목표인 100%에 미달하였다.

가로등과 같은 실외용 조명은 연도별이 아닌 2030년 100%보급을 목표로 제시하고 있다. 각 지자체

54) 산업부 (2011) 녹색조명사회 실현을 위한“LED조명 2060계획” 제시

체 및 한국도로공사의 실적 자료를 수집한 결과(일부 지자체 및 시설공단 제외), 2018년과 2019년, 2020년의 실적치는 각각 31.2%, 42.9%, 56.2%로 나타났다. LED 누적 보급률(실내·외)의 3개년 평균 달성률은 각각 87.9%(실내)과 43.3%(실외)로 나타나며, 2018년부터 2020년까지 지속적으로 증가하고 있어 적절히 이행된 것으로 평가된다.

#### 참고 6.17. LED 조명 보급 달성도 평가

누적 보급률(%)	2018년		2019년		2020년		최근값	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
실내	82.3	80	86.8	80	94.7	100	94.7	100
실외	31.2	-	42.9	-	56.2	-	56.2	-

#### • 신재생에너지 공급의무비율

신재생에너지법 제12조에 따르면, 공공기관에서 건축물을 신축, 증축 또는 개축하는 경우, 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치해야 한다. 제1차 감축 이행기간 목표 및 실적을 살펴보면, 2018년 및 2020년의 목표는 각각 24%, 30%이고 실적은 각각 24.6%, 30.7%로 목표를 초과 달성하였고, 2019년 목표는 27%, 실적은 26.8%를 달성하여 목표에 근접하였다. 3개년 단순평균 달성률은 101%로 목표 달성을 위해 정책실행이 지속적으로 추진되고 있는 것으로 판단된다. 또한, 공공기관 신재생에너지 설비 설치의 이행 근거가 법령에 명시된 제도이므로 2030년까지도 안정적으로 추진되어 온실가스 감축에 꾸준히 기여할 것으로 기대된다.

#### 참고 6.18. 신재생에너지 공급의무비율 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
공급의무비율(%)	24.6	24	26.8	27	30.7	30	27.4	27

#### • 공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률

본 지표를 통해 제1차 감축 이행기간 공공 부문 전체 및 대상기관 유형별로 세분화된 온실가스 감축률 실적을 확인할 수 있다. 본 감축률은 2007년~2009년 평균배출량을 기준으로 산정하나, 시설의 신설·증설·폐쇄 등을 반영하여 매년 기준배출량이 조정된다. 공공부문 전체를 기준으로 2018년 및 2019년에 목표를 달성하지 못했으며, 특히 국·공립대학의 감축 실적이 가장 낮았고 중앙행정기관 및 시도 교육청이 그 뒤를 이었다. 2020년에는 목표를 초과 달성하였으며, 시도 교육청, 지방공사 및 지방공단, 국립대학병원 및 치과병원의 감축 실적이 증가하였다. 반면 2020년 감축률은 30.3%로 목표를 초과 달성하였다. 그럼에도 국·공립대학의 감축 실적이 전년 대비 낮아진 점으로 미루어 보아, 국·공립대학을 대상으로 추가적인 관리가 필요하다.

**참고 6.19. 공공 부문 목표관리제 내실화 달성도 평가**

공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률(%)	2018년		2019년		2020년		3개년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
전체	19.6	26	23.5	28	30.3	30	24.5	28.0
- 중앙행정기관 등	14.9	-	17.7	-	20.9	-	17.8	-
- 광역지방자치단체	23.3	-	28.1	-	34.7	-	28.7	-
- 공공기관	22.1	-	25.6	-	30.3	-	26.0	-
- 지방공사 및 지방공단	15.4	-	20.9	-	40.0	-	25.4	-
- 국립대학병원 및 치과병원	17.8	-	22.5	-	34.1	-	24.8	-
- 국·공립대학	7.9	-	8.9	-	7.4	-	8.1	-
- 시도 교육청	13.3	-	14.8	-	24.1	-	17.4	-

• 공공기관 저공해차 의무구매·임차 비율<sup>55)</sup>

대기환경보전법 및 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률에 따라, 산업부와 환경부는 공공 부문 저공해차 의무구매제를 통합 운영하고 있으며 이행은 각 공공기관이 담당하고 있다. 본 정책은 초기 수도권 지역에서 시행하였으나, 2020년부터 전국으로 확대 시행하고 있으므로 2018년 및 2019년에 대한 목표와 실적은 존재하지 않는다. 2020년 실적은 78.3%로 목표인 100%에 미치지 못하였다. 그러나 산업부<sup>56)</sup>에 따르면 2020년 저공해차 의무구매 비율(100%)을 달성한 기관은 국가기관 30개, 지자체 139개, 공공기관 253개 등 422개 기관(69%)으로 나타났다. 2021년 전기차 및 수소차 구매계획은 4,431대(78.4%)로 2020년 구매실적인 1,806 대에 비해 2배 이상 증가하여 공공 부문의 저공해차 전환이 가속화될 것으로 판단된다.

**참고 6.20. 공공기관 저공해차 보급**

구 분	2018년		2019년		2020년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표
공공기관 저공해차의무 구매·임차 비율(%)	-	-	-	-	78.3	100

● 정성지표

• 제로에너지 건축물(공공) 확대

공공 부문 제로에너지 건축물 확대는 적용 시기 혹은 규모에 차이가 있으나, 개념적으로 건물 부문과 동일하다. 세부적으로는 제로에너지 건축물 인증 및 BEMS 보급을 검토해볼 수 있는데, 제로에너

55) 감축 주체와 이행 주체 부처가 상이하여 추후 수정 보완 예정

56) 산업부 보도자료 (2021), 2050 탄소중립 위해 공공 부문부터 전기·수소차 전환 선도

지 건축 인증의 경우 2020년 연면적 1천m<sup>2</sup> 이상 공공건축물을 대상으로 제로에너지 건축 의무화를 최초 시행하였고 예비인증 건수 실적이 목표대비 494% 초과 달성하였다. BEMS의 경우, 산업부 고시에 따라 공공기관이 연면적 1만m<sup>2</sup> 이상의 건축물을 신축 또는 별동으로 증축할 경우 BEMS를 구축·운영하여야 하고, 에공단으로부터 BEMS 설치 확인을 받아야 한다. 또한, BEMS 설치 확인을 받은 건축물은 5년 이내에 운영 성과 확인을 받도록 하는 의무화 제도가 도입<sup>57)</sup>되었다. 이를 위해 BEMS 설치확인 제도를 운영하고 기술가이드 개발, 전문인력 양성, 기술교류회 운영 등 BEMS의 품질 확보 및 시장 확대를 위한 기반을 마련하고 있다.

#### • 건물(공공) 에너지효율평가 기반마련

3차 에기본을 근거로 기후 조건, 건축물 현황, 용도별 운영 특성 등의 영향인자 조사 및 에너지사용량과 영향인자 간 통계분석을 통해 효율지표를 개발하고 있다. 2020 에너지 편람<sup>58)</sup>에 따르면, 2019년에 의료시설 에너지관리 지원사업을 추진하였고, 2020년에는 교육시설을 대상으로 시범 추진하여 148개 교육시설의 에너지 운영 효율 분석 보고서를 제공하였다. 또한, 우수건물 포상 등을 통해 민간 중소기업 건축물까지 에너지관리 확대와 효율 개선을 유도할 계획이다.

동 지표는 2022년부터 공공건축물을 대상으로 에너지효율평가를 선도적으로 적용하는 것을 목표로 하고 있다. 현재 건물 유형별 운영효율 지표를 개발하여 추진하고 있으며, 중장기적으로는 에너지총조사 주기(3년)에 맞추어 건물 유형별 신규지표개발 및 기존지표 개선을 통해 단계별 평가 대상을 확대하여 검토할 예정이다.

#### • 공공 부문 목표관리제 대상 확대

그간 공공 부문 온실가스·에너지 목표관리제는 중앙행정기관, 지자체 등 872개 평가대상 기관에 대해 2020년까지 기준배출량(2007~2009년 연평균 배출량) 대비 30% 감축을 목표로 시행되어 왔다. 이와 관련하여 최근 환경부는 2030년까지 2017년 대비 37.5% 감축하는 상향된 목표를 설정하고, RE100 활용 및 외부감축사업 활성화(10%→ 20%) 등의 내용을 신규로 추가하였다<sup>59)</sup>.

### 3. 요인분해 분석

#### ● 분석 개요

57) 산업부 (2020) 산업부 고시 제2020-97호 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정 개정

58) 2020 한국에너지공단 에너지 편람

59) 환경부 보도자료(2020) 2030년 공공부문 온실가스 배출량, 2017년 대비 37.5% 감축

건물·공공기타 부문의 온실가스 배출량 증감요인은 일반적으로 인구 효과, 경제성장 효과, 산업구조 효과, 에너지집약도 효과, 탄소집약도 효과로 구분된다. 첫째, 인구 효과는 인구 변화에 따른 건물·공공기타 부문의 배출량 증감 효과를 의미한다. 둘째, 경제성장 효과는 1인당 GDP, 즉 1인당 소득 변화에 따른 증감 효과를 의미한다. 셋째, 산업구조 효과는 GDP 대비 건물 및 공공기타 부문의 부가가치<sup>60)</sup> 비중의 변화에 대한 증감 효과를 의미한다. 넷째, 에너지집약도 효과는 단위 부가가치 생산에 필요한 에너지사용을 반영한다. 마지막으로 탄소집약도 효과는 에너지사용량 대비 온실가스 배출의 비율 변화에 따른 배출량 변화이다.

#### 참고 6.21. 건물 및 공공기타 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C_i = \left(\frac{C_i}{E_i}\right) \left(\frac{E_i}{Q_i}\right) \left(\frac{Q_i}{Q}\right) \left(\frac{Q}{P}\right) P$$

$$= (\text{탄소집약도})(\text{에너지집약도})(\text{산업구조})(\text{경제성장효과})(\text{인구효과})$$

$C_i$  : 건물 또는 공공기타 부문 온실가스 배출량  
 $E_i$  : 건물 또는 공공기타 부문 에너지사용량  
 $Q_i$  : 건물 또는 공공기타 부문 부가가치  
 $Q$  : 국내총생산(GDP)  
 $P$  : 인구

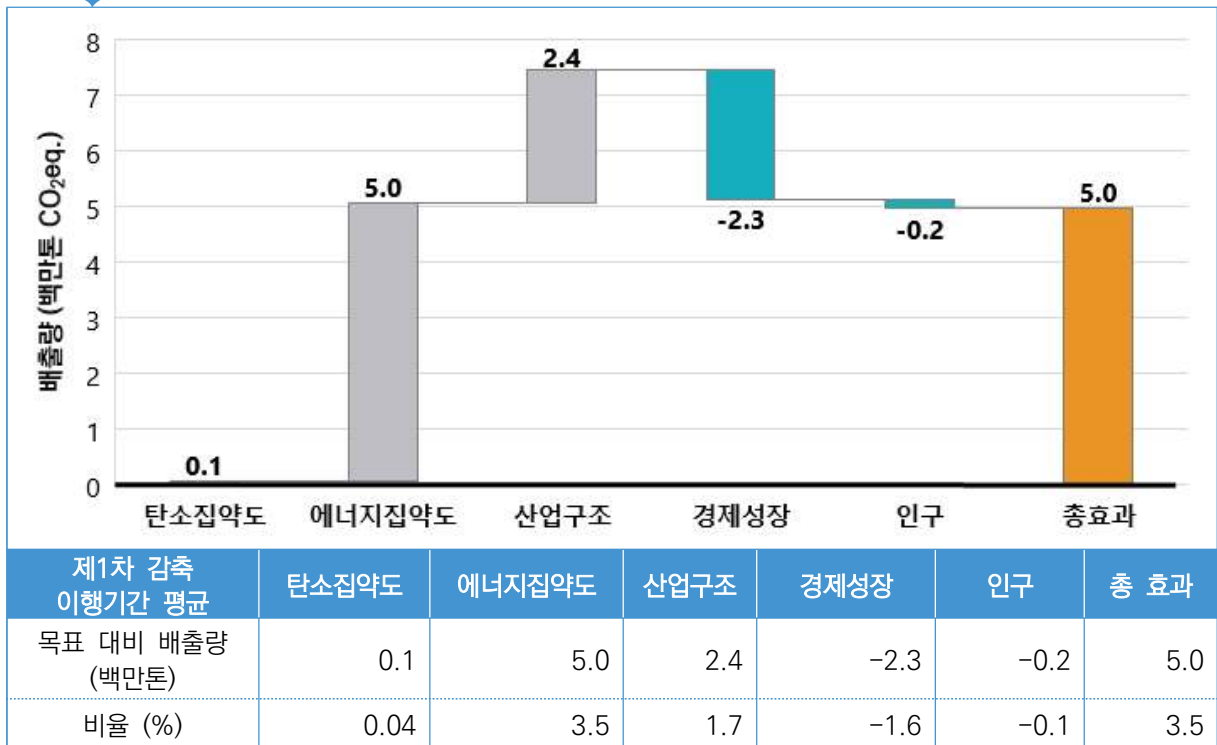
#### ● 건물 부문 분석 결과

제1차 감축 이행기간 동안 건물 부문의 평균 배출량은 147.3백만톤으로 나타나, 목표인 142.3백만톤을 5.0백만톤 초과하였다. 배출량 실적 증가요인은 에너지집약도와 산업구조이지만, 배출량 실적 감소요인으로 경제성장 효과와 인구효과가 작용하였다. 경제성장 효과로 목표 배출량보다 1.6% 낮은 2.3백만톤 감소하였는데, 2020년 COVID-19로 인한 실질 경제성장의 하락 때문의 배출량 감축을 가져왔다. 인구 효과는 목표 배출량의 0.1%인 0.2백만톤의 배출량 감소에 기여했다.

에너지집약도 효과는 목표 배출량보다 3.5% 높은 5백만톤 배출 증가를 유발하였다. 산업구조 효과는 건물 부문의 국가 GDP 부가가치 비중이 전망보다 커짐에 따라 목표 배출량의 1.7% 높은 2.4백만톤의 배출량이 추가 배출되었다. 탄소집약도는 목표 배출량 대비 0.1백만톤 증가에 그쳐 동기간 저탄소 에너지 정책목표에 접근하였다.

60) 건물 부문은 가정용과 상업용으로 구분되며, 가정용은 주거서비스, 부동산서비스업, 상업용은 도소매업, 음식 및 숙박업, 운수 및 보관, 금융 및 보험, 기계장비, 출판서비스, 영화, 방송, 통신, 정보서비스, 광고, 연구기관, 사업관련전문서비스, 사업관련서비스이다. 공공 및 기타 부문은 공공행정 및 국방, 교육, 의료 및 보건, 사회복지, 문화서비스, 오락서비스, 위생서비스, 대개인서비스, 사회단체이다.(국민계정 경제활동별 부가가치 기준)

참고 6.22. 건물 부문 목표 대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구 및 GDP 당 건물 부문 부가가치를 나타내는 산업구조는 기간 중 지속적으로 증가하였으나, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP는 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였다. 탄소원단위는 지속적인 감소세를 나타냈으며, 에너지집약도는 2019년에 감소 후 큰 변동을 보이지 않는다.

참고 6.23. 건물 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015~2017년	2018~2020년
인구	천명	51,069	51,269	51,422	51,629	51,779	51,829	51,253	51,745
경제성장	십억원/천명	32.47	33.29	34.24	35.10	35.78	35.44	33.33	35.44
산업구조	십억원/십억원	0.4215	0.4210	0.4182	0.4211	0.4231	0.4234	0.4202	0.4225
에너지집약도	천TOE/십억원	0.0529	0.0538	0.0540	0.0541	0.0510	0.0513	0.0536	0.0521
탄소원단위	천톤 CO <sub>2e</sub> /천TOE	3.82	3.73	3.74	3.83	3.68	3.43	3.76	3.65

#### ● 요인분해 추가 분석 결과

**참고 6.24. 건물 용도별 배출량 요인분해 분석 모형**

$$C_i = \sum_j \left(\frac{C_{ij}}{E_{ij}}\right) \left(\frac{E_{ij}}{E_i}\right) \left(\frac{E_i}{S_i}\right) \left(\frac{S_i}{HCDD}\right) HCDD$$

= (탄소집약도)(에너지구성비)(면적당에너지)(냉난방도일당면적)(냉난방도일)

- $C_i$  : 용도별 온실가스 배출량
- $C_{ij}$  : 용도별 에너지원 온실가스 배출량
- $E_{ij}$  : 용도별 에너지원
- $E_i$  : 용도별 에너지사용
- $S_i$  : 용도별 면적
- $HCDD$  : 냉방도일과 난방도일의 합

- $i$  : 용도별 시설
- $j$  : 전기, 도시가스, 지역난방

건물 부문의 온실가스 배출 추이를 보다 상세하게 검토하기 위해, 본 보고서는 건물 용도별 배출량 증감요인을 추가로 분석하였다. 다만, 관련 자료 확보의 한계로 동 분석은 2030 로드맵 수정안 대비 증감이 아닌 2019년 대비 2020년 배출 실적 간의 차이를 대상으로 한다. 주요 증감요인은 다음과 같다. 첫째, 냉난방도일 효과는 18.3 °C 기준<sup>61)</sup>의 냉난방도일수 증감에 따른 배출량 증감을 의미한다. 둘째, 냉난방도일당면적 효과는 단위 냉방도일과 난방도일의 합 대비 건물면적 변화에 따른 배출량 변화를 나타낸다. 셋째, 면적당에너지 효과는 단위 면적당 에너지사용량을 나타내며 건물 에너지효율에 따른 배출량 증감을 의미한다. 넷째, 에너지구성비 효과는 건물 부문 에너지 형태의 비중으로 에너지사용 형태변화에 따른 에너지비중 변화 효과를 의미한다. 마지막, 탄소집약도 효과는 에너지원별 탄소 배출계수를 나타낸다.

2021년 국토부가 발표한 ‘2020년 건물에너지사용량통계’<sup>62)63)</sup>를 활용하여 분석한 결과, 2019년 대비 2020년의 건물 부문 온실가스배출량은 10.4백만톤 감소하였다. 특히 탄소집약도 효과<sup>64)</sup>가 8.7백만톤의 배출량 감소에 기여했는데, 이는 2020년 전력배출계수가 크게 하락하였기 때문이다. 2020년 주택용 전기소비는 7.3백만TOE으로 근린생활시설의 3.6백만TOE, 상업시설의 4.2백만TOE 보다 많음에 따라 주택용의 탄소집약도 효과에 의한 감소량이 타 부문보다 크게 나타나고 있다. 2020년 전체 열에너지소비<sup>65)</sup>는 총 2.4백만TOE로

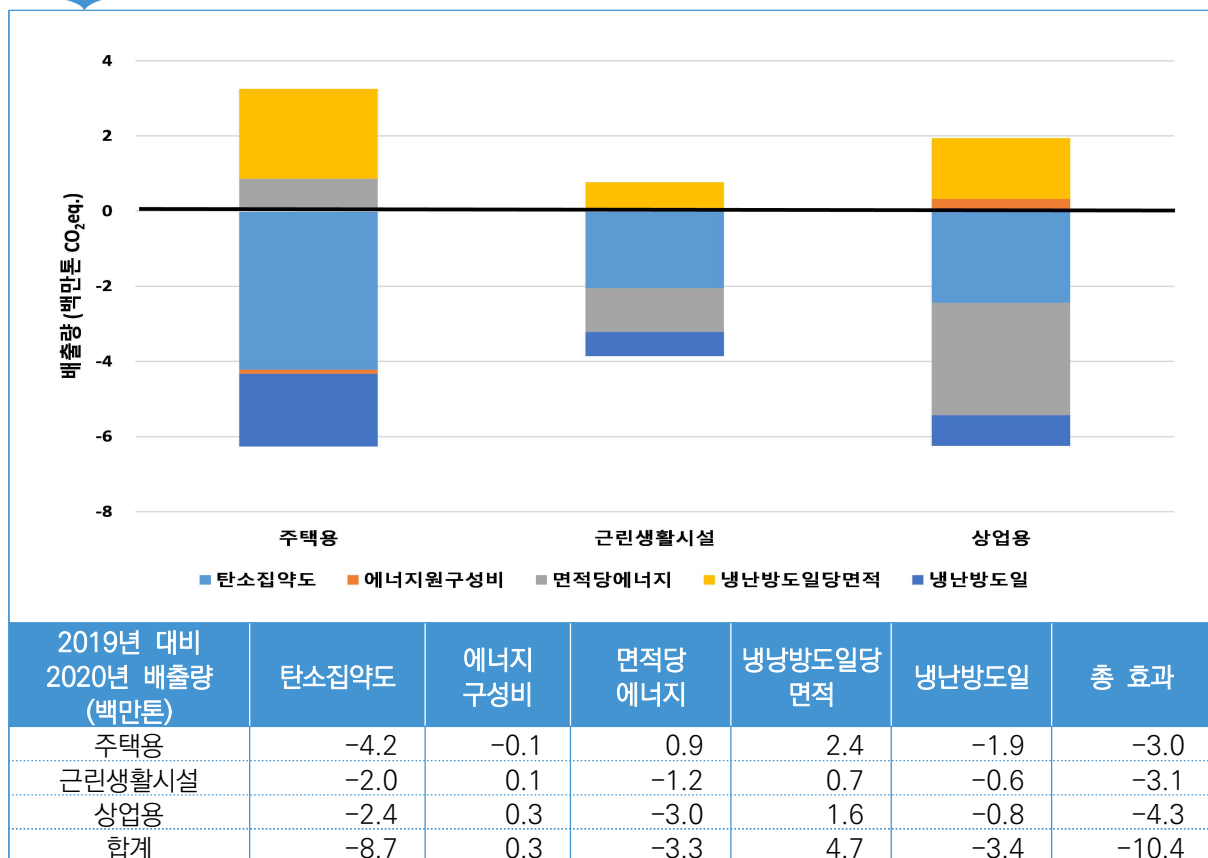
61) 대한설비공학회에서 ASHRAE(미국공기조화냉동공학회) 기준인 18.3 °C(균형점온도)를 제시  
 62) 표본 대상 건물에너지 사용총량(2020년 기준 33.2백만 TOE)은 국가 건물(가정/상업) 부문의 에너지 사용 총량(2020년 기준 39.9백만 TOE)과 일치하지 않는다.  
 63) ‘2020년 건물에너지사용량통계’에 의하면 통계에 의하면 2020년 주택용 에너지사용량은 건물전체의 59%인 19.8백만TOE를 소비하여 근린생활시설 4.7백만TOE와 상업시설 6.3백만TOE보다 4~5배 많았다.  
 64) 건물 부문 제1차 감축 이행기간 평균 탄소집약도 효과는 에너지원별 탄소집약도와 에너지원 비중의 가중치 합인 3년 평균으로 목표 대비 배출량 증감을 나타내는 것이며, 여기서 분석한 탄소집약도 효과는 전년 대비 에너지원별 탄소배출 계수 변화에 따른 배출량 증감이다.  
 65) 2020년 열에너지 수요는 2.4백만TOE이며 주택용이 2.1백만TOE으로 (근린생활시설 0.02백만TOE, 상업용 0.27백만TOE) 수요의 대부분을 차지하였다.



전년대비 0.07백만TOE 증가하였으나 탄소배출계수가 전년대비 0.1톤 CO<sub>2</sub>eq./TOE<sup>66)</sup> 개선됨에 따라 열에너지 부분에서 0.2백만톤 CO<sub>2</sub>eq. 탄소집약도 효과 감소에 기여하였다.

면적당에너지 효과는 2019년 대비 3.08백만톤의 배출량 감소에 기여하였는데 특히 상업용 시설에서 감소량이 많았다. 상업용 시설의 경우 건물에너지의 효율 개선과 COVID-19에 따른 영업시간 단축이 에너지 사용량 감소의 주 원인으로 보인다. 반면 주택용 면적당 에너지 효과는 0.86백만톤 증가하였는데, 이는 COVID-19에 따른 재택근무 확대와 초중고 등교일수 감소에 따른 주택용 에너지 수요 증가에 기인한 것이다. 냉난방도일 효과는 2020년에 전년대비 온화한 날씨가 지속되어 3.74백만톤의 감소요인으로 작용하였다. 용도별 비교에서 주택용 시설은 절대량에 있어 온실가스 배출 감소량이 가장 컸으나, 에너지 수요와 비교하면 근린생활시설과 상업용 시설이 상대적으로 감소 폭이 컸다.

참고 6.25. 2019년 대비 2020년 건물 용도별 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



#### ● 공공기타 부문 분석 결과

공공기타 부문 제1차 감축 이행기간 동안 평균 배출량 실적은 19.1백만톤으로, 목표인 17.6백만톤

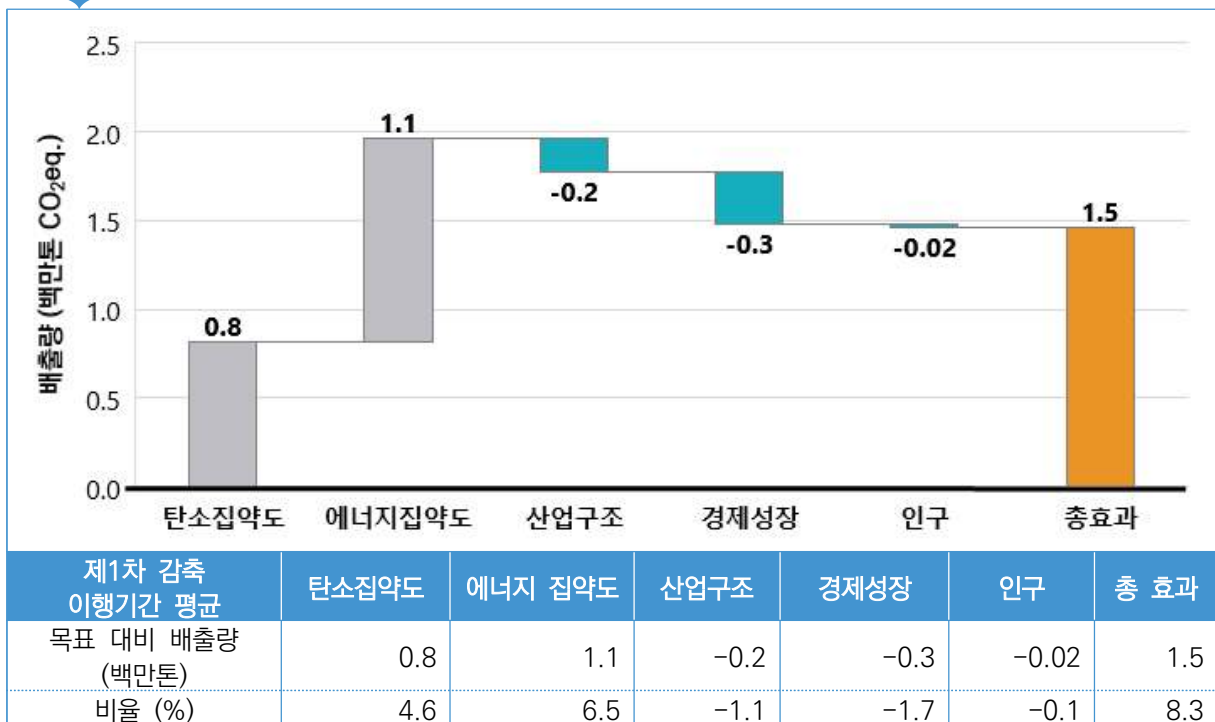
66) 2020년 열에너지의 탄소배출계수는 2.6톤CO<sub>2</sub>eq./TOE으로 전년도 2.7톤CO<sub>2</sub>eq./TOE보다 감소하였다.

을 1.5백만톤 초과하였다. 주요 증가요인은 탄소집약도와 에너지집약도이다. 탄소집약도는 목표 배출량의 4.6%인 0.8백만톤, 에너지집약도는 목표 배출량의 6.5%인 1.1백만톤의 배출량 증가를 유발하였다.

공공기타 부문의 정량지표가 저공해차 의무구매·임차 비율을 제외하고는 목표에 도달하였다. 그럼에도 불구하고 탄소집약도 효과와 에너지집약도 효과가 배출 증가의 요인으로 나타난 것은 감축 대상기관에 포함되지 않는 공공기타 부문의 온실가스 배출 저감 실적이 충분하지 않았던 것으로 판단된다.

경제성장 효과는 목표 배출량의 1.7%인 0.3백만톤의 배출량 감소에 기여하였는데, 건물 부문과 같이 2020년 COVID-19로 인한 실질 경제성장 감소가 원인이다. 산업구조 효과는 공공 부문의 국가 GDP 부가가치 비중이 전망보다 작아짐에 따라 목표 배출량의 1.1% 낮은 0.2백만톤의 배출량이 감소되었고 인구 효과로 목표 배출량의 0.1%인 0.02백만톤이 감소하였다.

참고 6.26. 공공기타 부문 목표 대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하였으나, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP와 GDP당 공공기타 부문 부가가치를 나타내는 산업구조는 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였다. 또한 에너지집약도와 탄소원단위는 2018년 이후 지속적인 감소세를 나타냄에 따라 공공기타 부문 배출량은 2018년 정점 도달 이후 2년 연속 감소하였다.

참고 6.27. 공공 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015~2017년	2018~2020년
인구	천명	51,069	51,269	51,422	51,629	51,779	51,829	51,253	51,745
경제성장	십억원/천명	32.47	33.29	34.24	35.10	35.78	35.44	33.33	35.44
산업구조	십억원/십억원	0.1844	0.1854	0.1849	0.1865	0.1905	0.1895	0.1849	0.1888
에너지집약도	천TOE/십억원	0.0163	0.0161	0.0163	0.0160	0.0148	0.0146	0.0163	0.0152
탄소집약도	천톤 CO <sub>2</sub> e/천TOE	3.85	3.79	3.75	3.85	3.68	3.38	3.80	3.63

### ● 기온 효과

건물·공공기타 부문의 온실가스 배출량은 기상조건의 영향을 크게 받는다. 특정 연도의 여름철 기온이 평년 수준보다 높으면 냉방수요가 증가하고, 반대로 평년보다 기온이 낮으면 난방수요가 증가하게 된다. 기온에 따른 배출량 영향은 냉난방도일수로 표현되는 예전의 기온추세와 당해 연도 기온 간의 차이로 발생하는 에너지 수요 변화를 온실가스 배출량으로 전환<sup>67)</sup>하여 계산할 수 있다.

2018년은 예외적으로 하절기에 폭염이 지속<sup>68)</sup>되어 냉방수요가 증가하였고 예년<sup>69)</sup> 대비 기온이 상승하여 건물 부문은 4.27백만톤, 공공기타 부문 0.84백만톤의 온실가스 추가 배출이 발생한 것으로 추정되었다.

반면, 2019년은 예년보다 냉난방도일이 117도일<sup>70)</sup> 감소함에 따라 건물 부문은 0.87백만톤, 공공기타 부문은 0.23백만톤 적게 배출되고, 2020년은 8월 평균 기온이 평년 동월 기온보다 1.4 °C 높음에도 불구하고 동절기 온화한 날씨로 지속적으로 건물 부문은 2.8백만톤, 공공기타 부문은 0.57백만톤 적게 배출된 것으로 보인다.

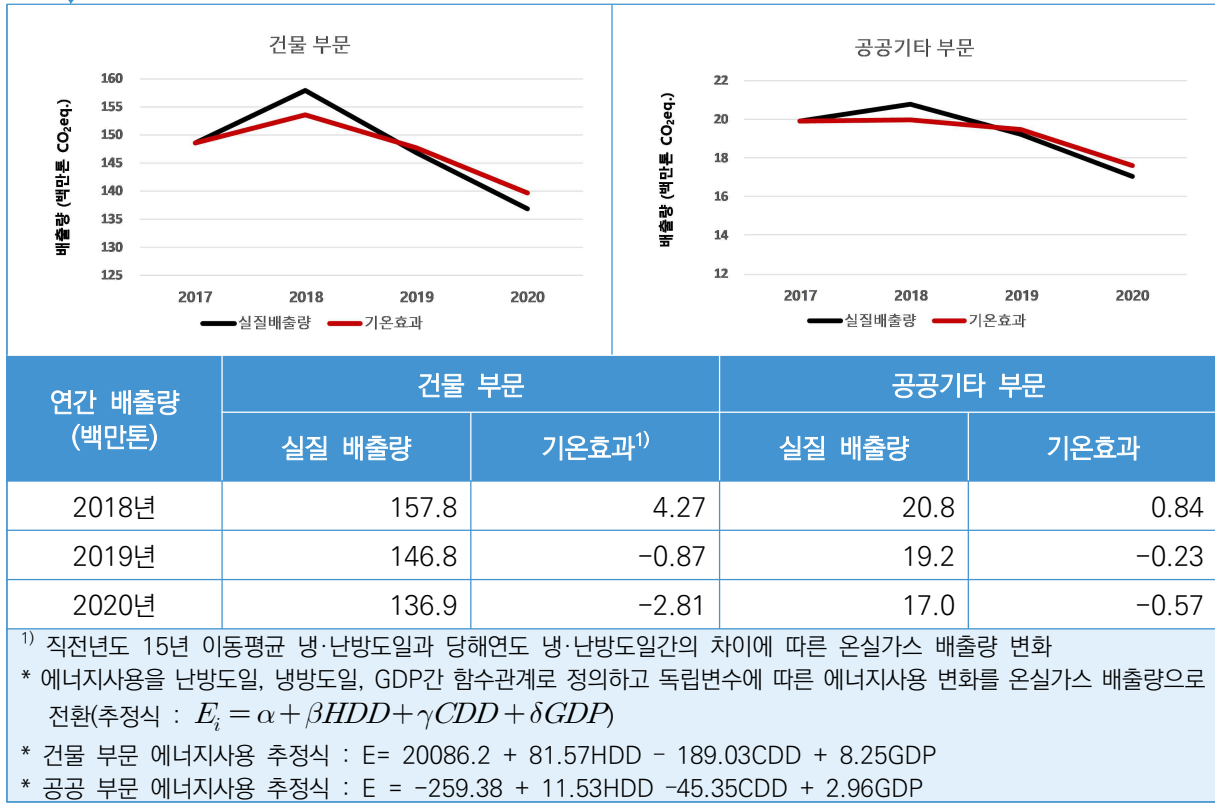
67) 냉난방도일수로 예전의 기온추세와 당해 연도 기온 간의 차이로 발생하는 에너지 수요 변화를 추정하며, 추정 식은 참고 6.27.에 작성함.

68) 2018년 7월과 8월 평균기온은 27.7°C와 28.8°C로 1985~2015년간 35년 월별 평균기온보다 2.8°C와 3°C가 높았고, 2018년 냉난방도일은 3,649도일로 직전년도 15년 이동평균 3,398도일보다 251도일 많았다.

69) 예년 기온은 기온 변화추세를 반영하여 직전 연도의 15년 이동평균 냉방도일과 난방도일로 가정하였다.

70) 2019년 냉난방도일은 3,317도일로 직전년도 15년 이동평균인 3,434도일보다 117도일 적으며, 2020년은 3,218도일로 직전년도 15년 이동평균인 3,443도일보다 224도일 적었다.

참고 6.28. 건물 및 공공기타 부문 기온에 의한 온실가스 배출량



## 4. 종합

### ● 건물 부문

건물 부문 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 147.3백만톤으로, 목표 배출량(142.3백만톤)을 3.5%(5.0백만톤) 초과하였다. 건물 부문의 이행지표는 주로 건물의 에너지효율 개선이나 제로에너지 건축물을 통한 탄소집약도 개선을 추구하는 것이며, 요인분해분석을 통해 이들 지표 성과를 평가할 수 있다. 분석 결과 목표 대비 배출량 증가의 주 요인이 에너지집약도로 나타남에 따라 에너지효율 개선 노력이 충분하지 않은 것으로 평가된다.

정량지표의 경우, 건축물의 에너지효율 개선을 위한 친환경주택 공급, 제로에너지건축물 인증, 그린 리모델링은 목표를 초과하거나 진행 중인 것으로 나타났다. 많은 지표가 목표에 도달하였음에도 계획보다 초과 배출된 것을 고려하면, 현재의 지표가 건물 부문 온실가스 배출량 평가에 어느 정도 대표성이 있는지에 대한 검토가 필요하다. 실제로 현재 진행 중인 건축물 효율화 사업은 실적 건수 위주로 지표가 설정되어 있으며, 사업 대상이 전체 건축물<sup>71)</sup>에서 차지하는 비중이 극히 작다. 향후 15년 이상 노후화된 건물에 대한 그린리모델링 실적 비율이나 신규 건축물에 대한 친환경건축물 또는 제로에너지건축물 비율 등 감축목표 달성에 실질적으로 얼마나 기여하는지를 파악할 수 있는 정량지표를 도입할 필요가 있다. 또한 2030 NDC 상향안에 따르면, 2018년 대비 2030년 배출량 32.8% 감축을 위해 건축물의 에너지효율 향상, 저탄소·청정에너지 보급이 확대될 계획이다. 이를 위해서는 현재 추진되고 있는 친환경주택공급, 제로에너지건축물, 그린리모델링 목표도 상향이 필요하다.

전체 건축물 중 20년 이상 노후 건축물(동수)은 주거용 65.7%와 상업용 55.1%를 차지하고 있는 점을 고려하면, 기존 건물에 대한 에너지효율 개선 정책 강화가 필요하다. 계획 중인 민간 부문의 제로에너지건축물 의무화는 대상 확대 및 조기 시행방안을 검토할 수 있으며, 현재 가전기거나 자동차에 도입하고 있는 에너지소비효율등급 표시제도를 건축물에 도입하여 저효율 건물에 대해서는 시정명령을 할 수 있는 제도마련이 필요하다. 현재의 대출금 이자 일부 지원제도는 개선비용 부담을 직접 줄여 주는 데는 한계가 있는바, 건물주에게 효율 개선 유도를 위해 경비 인정을 통한 감세 등 다양한 유인책 마련에 대해서도 검토할 필요가 있다. 또한, 에너지 소비행태 변화는 정성지표를 통한 목표관리에 한계가 존재하므로 탄소포인트제와 같은 경제적 유인책 마련도 요구된다.

정성지표는 기존 건축물에 대한 리모델링이나 에너지효율 개선, 고효율 기기 보급 등의 주요 지표로 구성되어 있으며, 정량지표와 같이 기존 계획대로 추진 중인 것으로 판단된다. 다만, 지표 간 온실가스 감축 기여 효과가 상당한 차이가 존재함에도 동등한 평가지표로 사용하고 있다. “그린 리모델링 활성

71) 국토교통부 보도자료 (2021) 전국 건축물 총 7,275,266동 / 39억 6천만㎡

화 중장기 방안 수립·시행”의 경우 “기존 건축물 그린 리모델링 추진”에 포함되기 때문에 하부 지표로 구성하는 것도 검토할 수 있다. 또한, 각 지표의 온실가스 감축 기여도는 제로에너지 건축과 그린 리모델링 등에 대해 제한적으로 평가하고 있는데, 타 지표에 대해서도 감축 기여도를 산정하고 이를 토대로 정책 효과 및 우선순위를 판단할 필요가 있다.

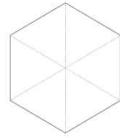
## ● 공공기타 부문

공공기타 부문 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 19.1백만톤으로, 목표 배출량 17.6백만톤을 1.5백만톤 초과하였다. 공공기타 부문의 이행지표는 공공기관의 에너지목표관리제, LED 조명 보급을 통한 건물에너지효율 개선과 신재생에너지공급의무 및 저공해차 의무구매·임차를 통한 탄소집약도 개선을 추진하는 것이며, 요인분해분석을 통해 이들 지표 성과를 평가할 수 있다. 분석 결과 탄소집약도와 에너지집약도가 배출량 증가의 요인으로 나타나 전반적으로 공공기타 부문의 이행 노력이 충분하지 않은 것으로 평가된다.

정성지표 성과는 대체로 계획목표에 근접한 수준이다. 다만 공공기관 저공해차 보급은 2020년 최초 시행하였으나 목표를 달성하지 못했고, 공공 부문 목표관리 내실화는 2020년 목표를 달성하였으나 중앙행정기관 등 미진한 기관에 대한 관리가 필요하다.

이행지표는 목표에 근접한 실적을 달성하였음에도 불구하고, 요인분해분석 결과 에너지집약도와 탄소집약도는 전망보다 높게 나타났다. 현재의 정성지표는 공공 부문의 온실가스 감축 추진 의지를 나타내는 대표적인 감축 수단이나 모든 정책수단과 대상기관이 포함되지 않은 것을 고려하면 대상기관 확대 및 범위의 구체화가 필요하다. 예컨대 지역 특성을 고려한 광역 및 기초 지자체 차원의 온실가스 이행방안을 수립하거나, 현재 시행되고 있는 목표관리제도 외 공공건물에 대한 에너지소비효율등급 표시제도를 도입하고 최저소비효율 기준을 단계적으로 상향하여 미달하는 공공기관에 대해서 시설개선을 명할 수 있는 제도마련 등을 검토해볼 수 있다.

제로에너지 건축물 확대, 건물에너지 효율평가 기반마련은 건물 부문과 동일한 개념이나, 소관 부처가 산업부와 국토부로 이원화되어 있으므로 부처 특성에 맞게 세부 평가지표를 구분하는 것이 필요하다. 추가로, 15년 이상 노후 공공시설 대비 친환경에너지건물 또는 제로에너지건물 비율이나 그린리모델링 진행 비율 등을 도입하는 것도 고려할 수 있다. 아울러 현재 공공기타 부문은 건물의 범주에서 포함되어 다루어지고 있으나, 공공기타의 영역은 건물 외적인 부문이 크므로 공공기타의 구성에 대한 명확한 분류 작업과 세부 분류별 체계적인 이행 관리가 필요하다.



## 제 7 장

# 수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과





## 제7장 수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

### 1. 목표지표 분석

수송 부문은 도로, 철도, 항공, 해운으로 구성되어 있으며, 2020년 기준 국가 총배출량의 14.9%를 차지하고 있다. 2018년과 2019년 비중은 각각 13.7%, 14.6%으로, 소폭이지만 꾸준히 상승하고 있는 추세이다.

수송 부문은 모든 국민의 일상생활과 직접적으로 관련되어 있어 배출량을 국가 정책의 단기목표로 설정하고, 달성하는 것은 매우 어렵다. 우리나라의 핵심 기후변화 정책이라고 할 수 있는 ETS에는 항공업체만 포함되어 있고 수송 부문 배출량의 대부분을 차지하는 도로 부문에는 ETS 대상 업체가 없으며, 온실가스·에너지 목표관리제에도 대규모 버스회사와 물류업체만 포함되어 있다. 이와 같이 정부의 직접적인 관리가 가능한 수송부문 정책은 극히 일부에 불과하며, 보조금 같은 인센티브 제공이나 민간의 자발적인 감축 노력에 의존할 수 밖에 없는 실정이다. 물론 미세먼지 통제를 위한 계절관리제 기간 중 5등급 차량에 대한 통행금지 등의 강제방법도 있으나, 온실가스 관리의 측면에서는 그 역할이 제한될 수 밖에 없다. 또한 수송 수요는 다른 경제활동에 파생적으로 발생하는 경우가 많고, 현재 화석연료 기반 차량의 대체에는 오랜 시간이 걸리기 때문에 수송 부문의 온실가스 감축은 특히 도전적인 과제이다.

2020년 수송 부문 온실가스 배출량은 96.9백만톤으로 제1차 감축 이행기간의 평균 배출량 목표였던 93.6백만톤보다 3.6% 높은 수치를 기록했다. 최근 3년간 배출량 변화 추이를 살펴보면, 2018년 99.6백만톤에서 2019년 102.3백만톤으로 2019년에는 전년도에 비해 2.8% 증가한 반면, 2020년에는 2019년보다 5.3% 감소하였다. 그나마 2020년에 수송부문에서 배출량이 감소한 이유는 COVID-19로 인한 일시적 현상으로 보이며, 지난 30년 동안 수송 부문의 온실가스는 꾸준한 증가 추세를 유지하고 있다. 수송 부문 감축 정책이 아직은 실질적인 효과를 거두지 못한 채 기존의 추세가 지속되고 있는 것으로 해석된다.

수송 부문 제1차 감축 이행기간 동안 평균 온실가스 배출량은 99.6백만톤으로, 1990년도 배출량 35.9백만톤 대비 177.4% 증가한 수치이며, 2030년 수송 부문 감축에 따른 목표 배출량 74.4백만톤<sup>72)</sup> 대비 33.9% 크다. 즉, 현 평균 배출량 실적에서 2030 로드맵 수정안 목표에 도달하기 위해서는 향후 10년간(2020~2030년) 수송 부문 배출량이 연평균 2.4%

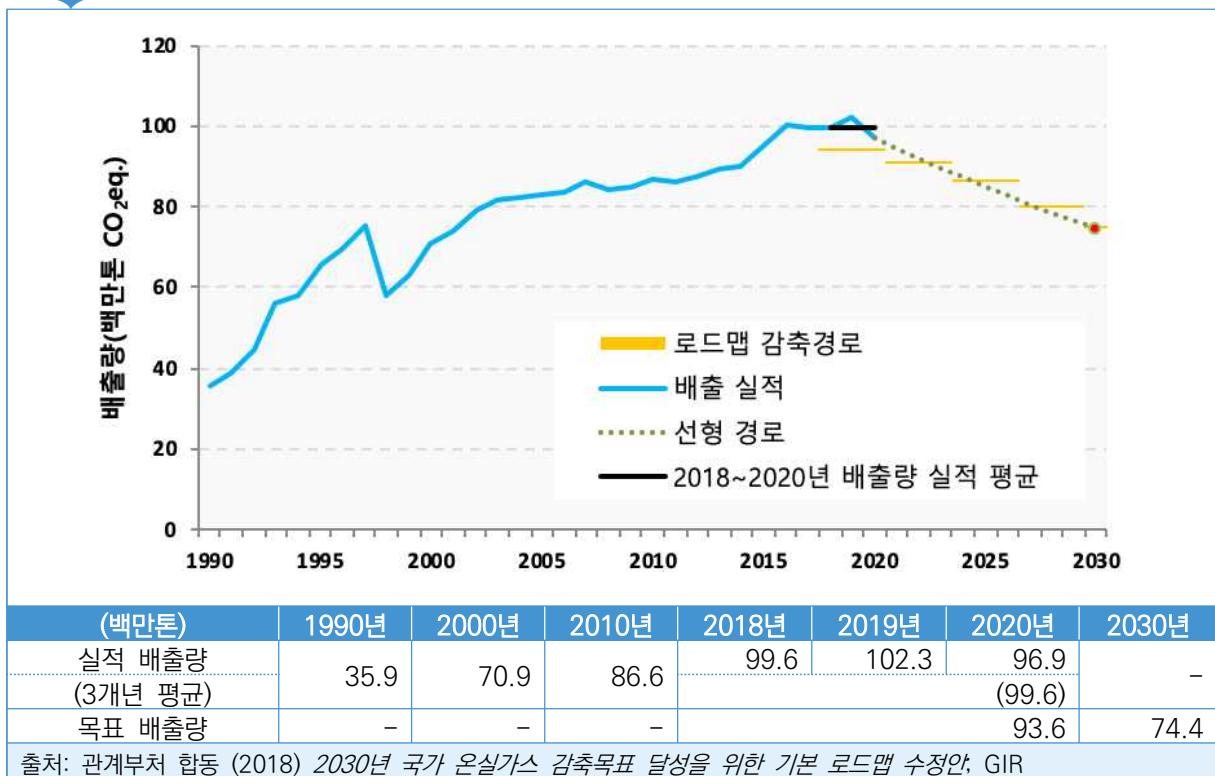
72) 2030 NDC 상향안의 수송부문 목표는 61.0백만톤이다. 그러나 이는 간접 배출량을 포함하지 않은 수치이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.

씩 감축되어야 한다. 과거 같은 기간(2010~2020년) 수송 부문 배출량의 연평균 증가율이 1.0% 임을 고려할 때, 현재의 배출량을 감소 추세로 전환하기 위해서는 각별한 관리가 요구된다. 배출량 추이를 살펴보면, 1990년부터 상승세를 지속하다가 1997년 외환위기 때 큰 폭으로 하락하였으나 2001년부터는 다시 상승세를 보였다.

제1차 감축 이행기간 수송 부문 목표지표는 연평균 93.6백만톤이다. 동기간 연평균 배출량 실적은 목표지표 대비 약 6.5% 높으며, 이는 3개년 평균 배출량 목표를 달성하기 위해 6.1백만톤의 추가적인 감축이 필요함을 의미한다.

수송 부문 배출량은 직접 및 간접배출로 구성된다. 직접배출은 NIR의 수송을 기준으로 산정되었고, 간접배출은 전환 부문 배출량과 수송 부문이 당해연도 전력수요에서 차지하는 비중의 곱으로 산정되었다.

참고 7.1. 수송 부문 배출량 감축경로



제1차 감축 이행기간 동안 수송 부문 평균 에너지 소비량은 36.2백만 TOE로 목표 대비 4.6% 높으며, 탄소집약도는 TOE당 2.8톤으로 목표 대비 1.7% 높게 나타나 무공해차 비중 및 대중교통 이용 확대 등을 통한 저탄소 에너지원으로서의 개선이 시급한 것으로 나타났다.

## 참고 7.2. 수송 부문 목표지표 분석

목표지표	단위	제1차 감축 이행기간 평균 목표	제1차 감축 이행기간 평균 실적	차이
배출량	백만톤	93.6	99.6	6.5%
에너지 소비량	백만 TOE	34.6	36.2	4.6%
탄소집약도	톤/TOE	2.7	2.8	1.7%

출처: 관계부처 합동 (2018) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안, GIR

## 2. 이행지표 분석

## 참고 7.3. 수송 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표										
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고	
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표		
① 전기차(승용) 누적 보급대수 (만대)	●	5.7 /2.7	●	9.0 /4.2	●	13.7 /6.5	●	13.7 /6.5	최근값	
② 수소차(승용) 누적 보급대수 (만대)	●	0.09 /0.07	●	0.51 /0.47	●	1.0868 /1.01	●	1.0868 /1.01	상동	
③ 하이브리드차 (승용) 누적 보급대수(만대)	●	41.7 /6	●	52.1 /51.6	-	69.1 /-	●	69.1 /-	'20년 목표 부재/ 상동	
④ 전기 승합·화물차 누적 보급대수(만대)	●	0.03 /(버스 0.01)	●	0.20 /(버스 0.06 화물 0.1)	●	1.7 /(버스 0.065 화물 0.1)	●	1.7 /(버스 0.065 화물 0.1)	상동	
⑤ 수소 승합·화물차 누적 보급대수(만대)	-	0.0002 /-	-	0.0017 /-	●	(버스 0.008) /0.0077	-	(버스 0.008) /0.0077	'18-'19 년 목표 부재/ 상동	
⑥ 자동차 평균 연비 개선	승용 (km/L)	●	17.24 /17.47	●	17.12 /17.7	●	17.14 /17.14	●	17.17 /17.44	3년 평균
	소형 승합· 화물 (km/L)	●	12.29 /15.44	●	12.36 /15.97	●	15.27 /15.27	●	13.31 /15.56	상동
⑦ 바이오디젤 혼합비율(%)	●	3.03 /3.0	●	3.03 /3.0	●	3.02 /3.0	●	3.027 /3.0	상동	
⑧ 지능형교통시스템 (ITS) 구축도로(km)	-	15,712 /15,712	-	16,112 /16,112	-	18,035 /18,035	-	16,620 /16,620	'18-'20년 목표·실적 동일/최근 값	

⑨ 철도망 연장(km)	-	4,261.1 /4,261.1	-	4,274.2 /4,274.2	-	- /4,310.0	-	4,267.7 /4,281.8	'18-'19 년 목표·실적 동일, '20년 실적 부재/최근 값	
⑩ 자전거도로 연장 (km)	●	23,000 /22,400	-	- /22,60	-	- /22,80	-	23,000 /22,600	'19-'20 년 실적 부재/최근 값	
⑪ 에코드라이브 교육 이수자 수(명)	●	1,986 /2,000	●	2,176 /2,000	●	1,134 /2,000	●	1,765 /2,000	상동	
⑫ 도로→철도 전환 화물수송량(만톤)	-	237 /237	-	211 /211	-	166 /166	-	205 /205	'18-'20년 목표·실적 동일	
⑬ 도로→해운 전환 화물수송량(만톤)	-	262 /262	-	248 /248	●	262 /121	-	257 /210	'18-'19 년 목표·실적 동일	
⑭ 항공기 효율개선율 (%)	●	0.89 /1	●	0.92 /1	●	0.85 /1	●	0.89 /1	-	
⑮ 대중교통 분담율(%)	●	32.7 /34.2	-	- /34.5	-	- /34.9	-	32.7 /34.5	'19-'20 년 실적 부재	
<b>정성지표</b>										
<b>이행지표</b>		<b>2018년</b>		<b>2019년</b>		<b>2020년</b>		<b>3개년</b>		
		달성 여부		달성 여부		달성 여부		달성 여부		<b>비고</b>
⑯ 중·대형차 평균연비 제도 도입		-		-		-		-		'20년 고시 개정 및 연비시험 프로그램 (HES) 고도화
⑰ (신규선박) 친환경 관공선 대체 건 조, 육상전원 공급장치 (AMP) 확대	⑰-① (신규선박) LNG 추진선박 도입	-		-		●		-		14척 대체시기 확정 및 6척 대체건조 예산 확보
	⑰-② 육상전원 공급장치 (AMP) 확대	-		-		●		-		2개 항만 3개 선석 AMP 설치
⑱ (기존선박) 노후선 폐선 및 대체 건조		●		●		●		●		폐선 및 대체건조 목표 미달성
⑲ 친환경 물류 사업 확대		●		●		●		●		무시동 히터 및 에어컨 보급목표 달성

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

## ● 정량지표

### • 저공해차 보급 - 전기차, 수소차, 하이브리드차

저공해차 보급은 수송 부문의 주요 감축 수단으로, 승용차(전기차, 수소차, 하이브리드차) 및 승합·화물차(전기차, 수소차)를 대상으로 정량지표가 설정되었다. 동 지표는 제2차 기기본의 2030년 감축목표 달성을 위한 정책 중 ‘친환경차보급 및 연비개선’과 밀접히 관련되어 있고, 목표지표와의 연관성도 매우 높다.

승용 부문 전기차는 제1차 감축 이행기간 동안 모두 목표 대비 2배 이상의 보급 실적을 달성하였다. 수소차는 3개년 모두 목표를 달성하였으나 전기차보다는 낮은 달성률을 보이고 있다. 하이브리드차는 제1차 감축 이행기간 동안 목표를 달성하였으나, 2021년부터는 구매보조금이 지급되지 않음에 따라 평가 대상에서 제외(2020년 하이브리드차 목표 부재)되었다.

승합·화물차 부문의 전기차는 제1차 감축 이행기간 동안 목표를 모두 달성하였다. 특히 2020년은 큰 폭으로 목표를 초과하여 3년 평균 목표 대비 485% 달성률을 나타냈다. 수소차는 현재 상용화 단계로 목표대비 실적이 낮지만 꾸준한 증가세를 보이고 있다.

참고 7.4. 저공해차 보급 달성도 평가

누적 보급대수 (만대)	2018년		2019년		2020년		최근값		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
전기차 (승용)	5.7	2.7	9.0	4.2	13.7	6.5	13.7	6.5	247.5
수소차 (승용)	0.09	0.07	0.51	0.47	1.0868	1.01	1.0868	1.01	82
하이브리드차 (승용)	41.7	6	52.1	51.6	69.1	-	69.1	-	400
전기차 (승합·화물)	0.03	버스 0.01	0.20	버스 0.06 화물 0.1	1.7	버스 0.065 화물 0.1	1.7	버스 0.065 화물 0.1	버스 2.5 화물 50
수소차 (승합·화물)	0.0002	-	0.0017	-	0.0077	버스 0.008	0.0077	버스 0.008	버스 2 화물 1

출처: 환경부

• 자동차 평균연비 개선

차량의 연비는 도로 부문 배출량에 가장 큰 영향을 미치는 요소이기 때문에, 자동차 평균 연비 개선은 핵심적인 정량 지표 중 하나로 평가된다. 자동차 평균연비 개선 정량 지표는 승용차와 소형 승합·화물차(승차인원 15인승 이하, 총 중량 3.5톤 미만)만을 대상으로 하였다. 현재 중·대형차를 대상으로 하는 평균연비제도가 도입될 예정이므로 추후 모든 차종을 대상으로 평균 연비 개선 평가가 가능할 것으로 예상된다. 현재는 이를 보완하기 위해 중·대형차 평균연비 제도 도입을 정성 지표로 설정하였다. 제1차 감축 이행기간 동안 승용차의 경우, 평균 연비(크레딧 적용)의 2018~2019년 목표 대비 실적은 각각 99%, 97%로 다소 미흡한 수준이지만 2020년은 100% 달성하여 3년 평균 99%의 달성률을 보이고 있다. 소형 승합·화물차 또한 목표 달성 실적이 2018-2019년 각각 80%, 77%이지만, 2020년은 100% 달성하여 3년 평균 달성률은 86% 수준인 것으로 나타났다.

참고 7.5. 자동차 평균연비 개선 달성도 평가

평균연비(km/L)		2018년		2019년		2020년		최근값		2030년 <sup>73)</sup>
		실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
승용차	크레딧 적용	17.24	17.47	17.12	17.70	17.14	17.14	17.14	17.14	33.1
	크레딧 미적용	16.23		15.98		16.61		16.61		
소형 승합·화물차	크레딧 적용	12.29	15.44	12.36	15.97	15.27	15.27	15.27	15.27	17.3
	크레딧 미적용	12.29		12.28		13.43		13.43		
온실가스 배출량(g/km)		2018년		2019년		2020년		최근값		2030년
		실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
승용차	크레딧 적용	136.27	138.61	134.71	131.01	135.96	135.96	135.96	135.96	70
	크레딧 미적용	141.62		141.03		140.23		140.23		
소형 승합·화물차	크레딧 적용	208.77	167.6	205.16	166.62	166.34	166.34	166.34	166.34	146
	크레딧 미적용	208.93		205.95		189.17		189.17		

출처: 환경부

• 바이오디젤 혼합비율

73) 환경부 보도자료 (2020) 2021~2030년 자동차 온실가스·연비 기준 행정예고

2006년 온실가스 감축 촉진을 위한 수단으로 경유에 바이오디젤 0.5%를 혼합하여 사용하는 자율규제가 도입되었고, 2013년 신재생에너지 연료 혼합의무화제도(Renewable Fuel Standards, RFS)가 도입되어 경유에 일정 비율의 바이오디젤을 혼합하여 공급하는 것이 의무화되었다. RFS는 2015년부터 시행되었으며 3년마다 연도별 혼합 의무비율을 재검토하고 있다. 이에 따라 2015년 2.5%로 시작한 바이오디젤 혼합비율은 2018년 3.0%로 증가하였고, 2020년까지 동일하게 3.0%를 유지하여 목표를 모두 달성하였다.

2020년 산업부는 2021년 이후부터 2030년까지 바이오디젤 사용 확대를 위한 정부안을 마련하여 관련 업계와 협의하였으며, 그 결과 2021년 6월 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 시행령(신재생에너지법)’ 개정안이 의결되었다. 이 개정안에 따르면, 바이오디젤 혼합비율이 기존 3%에서 3.5%로 상향되며, 3년 단위 0.5%p씩 단계적으로 올려 2030년에는 5.0%까지 확대된다.

#### 참고 7.6. 바이오연료 혼합 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
바이오디젤 혼합비율(%)	3.03	3.0	3.03	3.0	3.02	3.0	3.027	3.0	5.0 (2020년)
출처: 산업부									

#### • 대중교통망 구축 등

수송 부문 온실가스 감축은 정보통신기술을 이용한 이동시간 최소화, 단위당 배출량을 줄이기 위한 대중교통으로의 전환 및 저탄소 운송수단 확산을 통해서도 가능하다. 제2차 기기본도 2030년 감축목표 달성을 위한 정책 중 하나로 ‘대중교통 확대’를 제시하고 있다.

지능형 교통체계(Intelligent Transport System, ITS)는 교통에 첨단기술을 융합하여 관리체계를 자동화, 최적화함으로써 교통수단의 효율을 개선하는 것을 의미한다. 다만 해당 지표의 2018-2020년 목표와 실적이 동일하여 달성도 평가에서 제외되었다. 향후 적절한 수준의 목표 설정이 요구된다.

철도 운송은 다른 운송수단에 비해 온실가스 배출 원단위가 비교적 낮아 철도망 연장을 통하여 온실가스 감축에 기여할 수 있다. 철도망 연장 정량지표의 2018-2019년 목표와 실적은 ITS 지표의 경우와 같이 목표가 미설정되어 판단하기 어렵고, 2020년은 현재 실적이 집계 중이므로 평가하기 어렵다. 따라서 실질적으로 평가 가능한 지표로의 변경이 필요하다.

비동력·무탄소 교통수단은 승용차 운행을 줄임으로써 수송 부문 온실가스 감축에 기여할 수 있다. 자전거 이용 확대가 그 중 하나라고 할 수 있는데, 이에 관한 이행지표로 ‘자전거도로 연장’을 고려하고 있다. 해당 지표의 실적을 살펴보면, 2018년은 3% 초과 달성하였고, 2019-2020년의 실적치는 집계 중이므로 달성 여부를 판단하기 어렵다. 한편, 해당 이행지표와 목표지표와의 연관성은 낮은 것으로 판단된다. 자전거 사용 환경 개선이 자가용 자동차의 운행 횟수 감소를 유인할 수 있다는 점에서 감축잠재량이 발생할 여지는 있지만, 우리나라 기상 조건이나 평균적인 출퇴근 패턴을 고려하면 자전거도로 연장이 유의미한 수준으로 자동차 수요를 감소시키는 어렵기 때문이다. 실제 서울시의 경우, 통근·통학시 자전거를 이용하는 비중은 2018년 2.7% 2019년 2.3%, 2020년 2.5%로<sup>74)</sup> 아직 이용률이 높지 않고, 변화폭 역시 미미하다. 추가로 도심지역 자전거도로 관련 인프라는 이미 어느 정도 완비된 상태이므로, 향후 자전거도로 연장 자체가 대중교통으로의 추가전환을 유도하는 것에는 한계가 있을 것으로 예상된다.

에코드라이브 교육 이수자의 경우에는 2018년에는 99%로 목표 달성에 다소 미흡한 수준이었고, 2019년 9% 초과 달성했으나 2020년에는 57% 수준으로 하락하여 목표를 달성하지 못하였다. 이는 COVID-19 확산으로 인하여 군부대, 지자체 등에 계획된 ‘에코드라이브 체험교육’이 취소되었기 때문이다. 해당 지표 또한 운행습관 개선을 통하여 연료 소비를 감소시킬 수 있는 효과는 존재하나, 감축잠재량이 낮아 목표지표와의 연관성은 ‘자전거도로 연장’처럼 높지 않을 것으로 판단된다. 따라서 해당 이행지표는 보조지표로 활용하는 방안을 검토해 볼 필요가 있다.

물류 수송에서는 도로 수송화물을 철도·연안 해운 수송 중심의 친환경 녹색 물류 체계로 바꾸는 수단 전환(Modal Shift) 수단이 있다. 해당 지표 중 철도 전환은 2018-2020년 목표와 실적이 일치하여 감축 이행실적을 평가하기에는 한계가 있다. 다만, 철도 부문의 경우 COVID-19로 인한 화물 운송량 감소와 7~8월 집중호우로 인한 태백선 등 일부노선 열차 운행 중단이 해당 감축수단의 성과에 영향을 미쳤을 것으로 예상된다. 해운 전환 부문의 화물수송량은 2020년 목표를 117% 초과 달성하였다(2018~2019년은 목표·실적 동일). 이는 COVID-19에 따른 경기침체 영향을 고려하여 목표를 하향 설정한 것으로 보이며, 화물수송량은 이전년도 수준을 상회하여 유지되었다.

항공기 효율 개선율은 국내 항공기만을 대상으로 하며, 매년 동일한 1% 개선을 정량목표로 설정하였다. 제1차 감축 이행기간 동안 실적은 85-92%, 3년 평균 89%로 목표 달성에는 다소 못 미치는 수준인데, 이는 COVID-19의 영향으로 인한 항공사의 운영상 어려움에 따른 연료효율 개선 활동 부진에서 기인한 것으로 판단된다. 실제 2020년 국내 운항은 172,383편으로 2019년 운항 195,349편 대비 11.8% 감소하였다<sup>75)</sup>.

74) 서울 열린데이터광장(data.seoul.go.kr)



대중교통 분담율은 개인 차량의 운행을 감소시켜 교통 수요관리를 강화하는 수단으로, 수송 부문 전체 배출량에 큰 영향을 미칠 수 있는 핵심적인 지표이다. 다만, 대중교통 분담율을 산출하는데 2년간의 조사와 조정기간이 필요하므로 실적 부재의 문제가 있어 2019-2020년의 경우에는 평가가 불가능하다. 시기적절한 평가를 위해 대중교통 수단별 이용객수 등 대체지표 설정이 필요한 것으로 판단된다.

참고 7.7. 대중교통망 구축 등 달성도 평가

구분	2018년		2019년		2020년		최근값/3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
지능형교통시스템(ITS) 구축도로(km)	15,712	15,712	16,112	16,112	18,035	18,035	18,035	18,035	25,915 (2022년)
철도망 연장(km)	4,261.1	4,261.1	4,274.2	4,274.2	-	4,310.0	-	4,310.0	5,909
자전거 도로 연장(km)	23,000	22,400	-	22,600	-	22,800	-	22,800	24,800
에코드라이브 교육 이수자 수(명)	1,986	2,000	2,176	2,000	1,134	2,000	1,134	2,000	2,000
도로→철도 전환 화물 수송량(만톤)	237	237	211	211	166	166	205	205	211
도로→해운 전환 화물 수송량(만톤)	262	262	248	248	262	121	257	210	120
항공기 효율개선율(%)	0.89	1	0.92	1	0.85	1	0.89	1	1
대중교통 분담율(%)	32.7	34.2	-	34.5	-	34.9	32.7	34.5	35.2 (2021년)

출처: 국토부, 해수부

## ● 정성지표

- 중·대형차 평균연비 제도 도입

2021년 11월 현재 중·대형차는 평균 연비 제도 관리대상에 포함되어 있지 않으며, 제도 도입 및 고도화를 추진 중에 있다. 공동 주관부처인 환경부와 산업부는 평균연비기준 적용 대상을 현행 경소형차에서 중대형차로 확대하기 위한 고시개정을 목표로, 지난 2019년 10월 한국형 중·대형차 연비측정 시뮬레이션 프로그램(HES, Heavy-duty vehicle Emission simulator)을 개발하여 제작사에 배포하였으며 업계의 의견을 수렴하였다. 2020년도에는 중대형차 평균연비도입을 위한 협의회 회의를 개최(1월, 11월)하였고, 2020년 12월 환경부는 중·대형차 온실가스 기준을 공표하였다. 2021년에는 중·대형차의 실질적 온실가스 감축을 위해 관계부처 등으로 구성된 협의체 운영을 통해 구체적 이행방안을 논의 중에 있다

75) 국토교통부, 한국항공학회 (2021) 항공시장동향 제103호

해당 지침에 따르면, 중·대형 상용차 제작사는 국내에 판매되는 차량에 대해 2021년부터 2022년까지 기준값 대비 2023년에는 2.0%, 2024년에는 4.5%, 2025년에는 7.5%의 온실가스를 감축하는 것을 목표로 해야 한다. 중·대형 상용차는 전체 차량의 약 3.5%를 차지하나(2020.11, 국토부 통계누리 기준), 온실가스 배출량은 약 22.5%로 적극적인 온실가스 감축이 요구된다. 해당 제도가 효과적으로 이행된다면 수송 부문 온실가스 감축에 크게 기여할 것으로 예상된다. 따라서 부처간 협의체를 보다 적극적으로 운영하고 이행방안을 수립·실천하여 해당 제도를 조속히 도입할 필요가 있다.

- (신규 선박) 친환경 관공선 대체건조, 육상전원공급장치(AMP) 확대

해운 부문에서는 신규선박에 대하여 LNG 추진선박 도입 및 육상전원공급장치(Alternative Maritime Power, AMP) 확대 지표를 설정하였다. 친환경 선박 대체건조는 「친환경선박법」 제13조에 따라 해수부 관공선 중 선종별 선박규모 및 운항특성 등을 고려하였다. 이에 따라 2030년까지 관공선 143척을 100% 친환경 선박으로 전환한다는 목표를 수립하였고, 본 목표를 달성하기 위해 2020년에는 8척의 친환경 선박 대체건조 목표를 제시하였으며 실적 8척으로 목표를 달성하였다. 추가로 14척의 대체시기를 확정하였고, 이 중 6척에 대한 대체건조 예산(설계비 31억)을 추경으로 확보하였다.

**참고 7.8. 친환경 관공선 대체건조 목표 및 실적**

구분	2020년	2021년	2022년	2023년	2024년	2025년
목표(척)	8	9	8	3	2	1
실적(척)	8	-	-	-	-	-

\* 목표·실적은 착공일을 기준으로 함  
출처: 해수부

AMP는 선박의 항만 정박 시 육상의 전기를 공급하여 접안 중인 선박의 미세먼지 및 온실가스 저감에 기여할 수 있다. 2019년 말 3개 항만의 8개 선석(부산항 4, 인천항 2, 광양항 2)에 AMP를 설치하여 시범운영 중이며, 추가로 7개 항만의 13개 선석(부산항 4, 인천항 1, 광양항 1, 평택·당진항 2, 목포항 1, 포항항 2, 제주항 2)에 AMP를 설치하는 것이 2020년 목표였다. 그러나, 실제로는 2개 항만의 3개 선석(평택·당진항 2, 광양항 1)에 AMP 설치를 완료하였다. 이는 COVID-19로 인한 자재수급 지연 및 부두이용자와 시설이용에 따른 요구사항 협의기간 소요로 공사가 지연되었기 때문이다.

## 참고 7.9. AMP 확대 목표

AMP 보급(대)		2020년	2021년	2025년	2030년
목표	착수	43	10	131	74
실적	착수	38	-	-	-
	준공	11	-	-	-

출처: 해수부

- (기존선박) 노후선 폐선 및 대체건조

해수부는 국정과제 중 하나인 ‘해운·조선 상생을 통한 해운강국 건설’에서 친환경 선박의 건조기술 개발과 대체 보조금 지급 목표를 제시하였다. 이에 따라 20년 이상 선령의 노후선을 해체 또는 매각하고 친환경 선박으로 대체건조하는 사업자에게 보조금(신조선가의 약 10%)을 지급하고 있다. 해당 지표의 목표는 에너지효율 등급이 평균 이하인 선박을 대상으로 2022년까지 50척 규모의 대체건조 지원하는 것이다.

2018년과 2019년도 각각 7척, 8척의 노후선이 대체건조되어 목표를 달성하였지만, 2020년은 목표(8척) 대비 추가 실적(6척)으로 달성하지 못하였다. 다만, 국정과제 상 목표치(2022년까지 50척) 내에서 수요에 따라 연도별 실적은 변경 가능한 사항이므로, 2020년까지의 목표치 21척(2019년 2척 초과 달성분 포함)은 달성하였다.

## 참고 7.10. 노후선 폐선 및 대체건조 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2021년		2022년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표
노후선 폐선 및 대체건조(척)	7	7	8	6	6	8	7	7	-	10	-	19

출처: 해수부

현행 이행지표 구조 하에서는 노후선 폐선 및 대체건조 관련 지표가 정성지표로 분류되어 있는데, 목표와 실적 모두 수치로 명확히 제시되어 있기 때문에 정량지표로의 변경 필요성이 지적되고 있다. 이행점검 초기에는 선박의 대체건조 주기(평균수명 20-30년) 및 건조기간(설계부터 진수까지 1-2년 소요) 등 선박의 특성에 따른 불확실성 때문에 정성지표로 평가하지만, 향후 정량지표로 전환할 예정이다.

- 친환경 물류 사업 확대

물류 수송의 정성지표에는 친환경 물류 지원 사업과 3자 물류 확대 등이 있다. 친환경 물

류 지원사업은 환경친화적인 물류 활동을 촉진하기 위하여 물류기업 및 화주기업을 대상으로 추진하는 에너지 효율화 지원 사업이며, 국토부는 해당지표를 달성하기 위해 친환경 물류 지원 사업 참여 기업에게 2020년까지 BAU 대비 1-2%의 온실가스 감축 목표를 설정하는 것을 권고하였다.

친환경 물류사업을 위한 수단으로는 무시동 히터와 무시동 에어컨이 있다. 연도별 실적을 살펴보면, 무시동 히터는 2018년 실적이 목표 달성에 다소 미흡하였지만 2019과 2020년 두 해는 모두 목표를 초과 달성하였고, 무시동 에어컨은 3개년 모두 목표를 초과 달성하였다. 종합적으로 무시동 히터와 에어컨을 통한 친환경 물류사업 확대는 3개년 평균 23%를 초과 달성하였다.

3자 물류는 화주기업과 물류기업 간 협업하여 물류 진단 및 개선안 수립 등 컨설팅 지원을 통해 전문 물류 서비스 활용을 유도하는 수단이다. 2025년까지 전문 물류기업 이용률 73.6% 달성 목표를 설정하였으며 컨설팅을 통한 3자 물류로의 전환 추진을 계획하고 있다.

**참고 7.11. 친환경 물류 사업 확대 달성도 평가**

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
무시동 히터(대)	1,559	1,855	3,191	2,130 (추경 500)	1,926	1,630	2,225	1,872	5,660
무시동 에어컨(대)	1,145	730	1,430	1,360 (추경 1,000)	672	360	1,082	817	3,650

출처: 국토부

### 3. 요인분해 분석

● 분석 개요

수송 부문의 온실가스 배출량 증감은 일반적으로 인구, 경제성장, 에너지집약도, 수단전환, 에너지믹스 및 탄소집약도 효과의 6가지 요인을 고려하여 분석한다. 하나씩 살펴보면, 첫째, 인구 효과는 인구변화에 따른 수송 부문의 배출량 증감 효과를 의미한다. 둘째, 경제성장 효과는 1인당 GDP, 즉 1인당 소득 증가에 따른 배출량 변화를 나타낸다. 셋째, 에너지집약도 효과는 GDP 단위당 수송 부문의 에너지 소비량, 즉 동일한 부가가치를 생산하는

데 필요한 에너지 크기에 따른 배출량 증감 효과를 의미한다.<sup>76)</sup> 넷째, 수단전환 효과는 수송 부문 전체 에너지 중 수송수단  $i$ 의 비중 변화에 따른 배출량 증감 효과를 의미한다. 다섯째, 에너지믹스 효과는 수송수단  $i$ 에서 연료형태  $j$ 의 비중 변화에 따른 배출량 증감 효과를 나타낸다. 마지막으로 탄소집약도 효과는 저탄소 에너지원 전환 등 에너지 효율 변화에 따른 효과를 반영한다.

#### 참고 7.12. 수송 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C = \sum_{ij} C_{ij} = \sum_{ij} \left( \frac{C_{ij}}{E_{ij}} \right) \left( \frac{E_{ij}}{E_i} \right) \left( \frac{E_i}{E} \right) \left( \frac{E}{G} \right) \left( \frac{G}{P} \right) P$$

$$= \sum_{ij} (\text{탄소집약도}) (\text{에너지믹스}) (\text{수단전환}) (\text{에너지집약도}) (\text{경제성장}) (\text{인구})$$

$C$ : 수송 부문 온실가스 배출량

$P$ : 인구

$G$ : 국내총생산(GDP)

$E$ : 수송 부문 에너지 소비

$E_i$ : 수송수단( $i$ )의 에너지 소비

$E_{ij}$ : 수송수단( $i$ )의 연료형태( $j$ )별 소비량

$C_{ij}$ : 수송수단( $i$ )의 연료형태( $j$ )소비로 인한 온실가스 배출량

$i$ : 수송수단 형태(항공, 도로, 철도, 해운)

$j$ : 연료형태(석탄, 석유, 가스, 신재생, 전력)

2030 로드맵 수정안에서는 수송 수단별 목표 배출량을 제시하지 않았기 때문에 수송 수단의 전환효과를 분리할 수 없다. 이에 따라 본 요인분해 분석에서는 수단전환 효과를 제외한 5가지 요인만을 고려한다.

#### ● 분석 결과

수송 부문 제1차 감축 이행기간 동안의 평균 배출량 실적은 목표 평균치 93.6백만톤 대비 6.0백만톤 초과하였다.

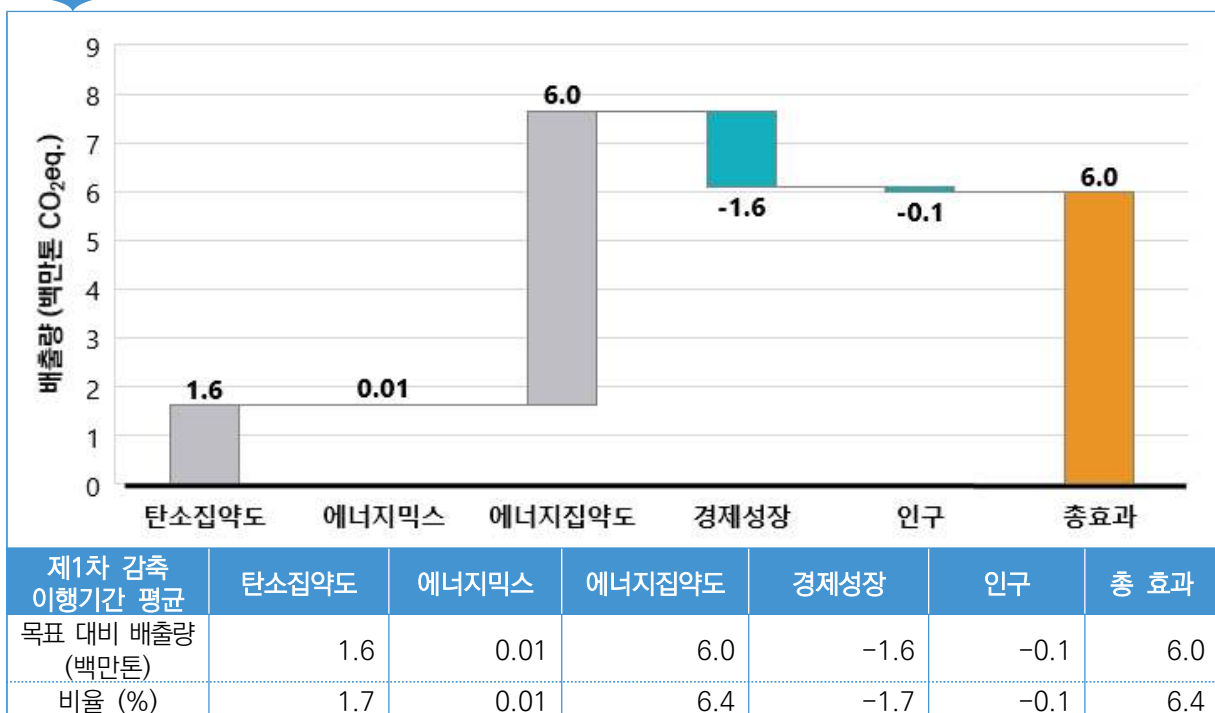
배출량 실적 감소의 주요인은 경제성장 효과이며, 인구 효과가 소폭의 감소 요인으로 작용하였다. 2030 로드맵 수정안 전망 대비 1인당 GDP가 1.6% 낮아 경제성장 효과는 목표 배출량의 1.7%인 1.6백만톤의 배출량 감소를 유발했다. 실제 평균 인구가 2030 로드맵 수정안의 전망과 약 0.1% 정도 근소한 차이이므로, 인구 효과는 목표 배출량의 0.1%인 0.1백만톤 수준의 낮은 배출량 감소를 유발하였다.

76) 산업구조에 따라 동일한 GDP를 산출하기 위하여 필요한 수송 부문 에너지는 일반적으로 차이가 난다. 수송 부문 에너지집약도가 감소한다는 것은 산업구조가 수송서비스를 덜 필요로 하는 방향으로 변화한다는 것이며, 가령, 중공업의 축소, 수송기기의 저탄소화 또는 재택근무 확산이 원인이 될 수 있다.

배출량 실적 증가의 주요인은 에너지집약도 효과이며, 탄소집약도 효과 또한 증가 요인으로 작용했다. 제1차 감축 이행기간의 평균 에너지집약도가 2030 로드맵 수정안 전망보다 높게 나타남에 따라, 에너지집약도 효과는 목표 배출량의 6.4%에 해당하는 6.0백만톤의 초과 배출이 발생하였다. 탄소집약도 효과는 목표 배출량의 1.7%인 1.6백만톤의 배출량 증가를 유발했는데, 석유류 내 탄소집약도가 높은 경우<sup>77)</sup>의 소비 비중이 2030 로드맵 수정안 전망보다 4%p 높기 때문이다. 에너지믹스의 영향은 미미한 것으로 확인되었다.

분석 결과 목표 대비 수송 부문 배출량 증감 요인 중 에너지집약도 효과가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 실제 에너지집약도가 2030 로드맵 수정안 전망보다 높게 나타나 목표 대비 배출량이 증가했는데, 이는 GDP 1단위 생산을 위해 수송 부문에서 소비한 에너지가 전망 대비 높았다는 것으로, 목표 달성을 위해서는 에너지 효율 개선이 반드시 이루어져야 함을 시사한다.

참고 7.13. 수송 부문 목표 대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하였으나, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP는 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였다. 탄소원단위는 기간 중 감소세를 나타내었으며, 에너지집약도는 2019년에 소폭 증가하였으나 2020년에는 다시 감소하였다.

77) 휘발유, 경유, 중유의 배출계수는 각각 2.68 톤/TOE, 2.88 톤/TOE, 3.04 톤/TOE이며, 2030 로드맵 수정안에서 산정된 2018~2020년 석유류 내 평균 에너지 소비 비중은 각각 29%, 55%, 1%인 반면, 실제 비중은 29%, 59%, 1% 였다.

참고 7.14. 수송 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015~2017년	2018~2020년
인구	천명	51,069	51,269	51,422	51,629	51,779	51,829	51,253	51,745
경제성장	십억원/천명	32.47	33.29	34.24	35.10	35.78	35.44	33.33	35.44
에너지집약도	천TOE/십억원	0.0205	0.0208	0.0203	0.0198	0.0199	0.0191	0.021	0.020
에너지믹스	천TOE/천TOE	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
탄소집약도	천톤 CO <sub>2e</sub> /천TOE	2.821	2.835	2.810	2.786	2.782	2.783	2.822	2.784

#### 4. 종합

수송 부문 제1차 감축 이행기간 동안 평균 배출량 실적은 99.6백만톤으로, 목표 배출량(93.6백만톤) 대비 약 6.4%를 초과하였다. 2030 로드맵 수정안에서 고려되지 않았던 사회적 거리두기라는 예상하지 못했던 외부요인은 재택근무의 확산, 대중교통 운행 축소, 그리고 대외 활동 감소 등을 통하여 수송 수요를 줄이는 방향으로 작동했을 것으로 판단된다. 이러한 2020년 배출량의 강력한 수요 감소에도 불구하고, 제1차 감축 이행기간 배출량 실적이 목표보다 높게 나타난 것은 에너지집약도 효과 때문이었다. 즉, 소득 1단위 대비 수송 부문 배출량이 2030 로드맵 수정안 전망을 상회하였는데 이는 해당 기간의 수송수요가 당초 전망보다 높았던 것에서 기인한 것이다. 높은 에너지 집약도는 우리나라 경제의 구조적인 문제로서 이를 낮추려는 적극적인 노력을 하지 않는다면, 향후에도 COVID-19 이전의 상승세가 다시 나타날 것으로 예상된다.

인구 및 경제성장은 이전만큼의 높은 증가 속도를 보이지는 않을 것으로 예상되는 바, 중장기적으로 수송 수요는 보합세를 보일 것이다. 다만, 인구 및 소득 증가에 따른 수송 수요 증가는 어느 정도 불가피한 측면이 있어 감축에는 한계가 있다. 따라서 온실가스 감축목표를 달성하기 위해서는 에너지집약도 및 탄소집약도 개선에 집중해야 하며, 이러한 개선 활동은 특히 도로 부문을 중심으로 이루어질 필요가 있다. 2020년 기준 수송 전체 배출량에서 도로 부문이 차지하는 비중은 약 96%로 절대적이고, 긴 내구연한과 신기술 적용에 드는 비용이 큰 비도로(철도·해운·항공) 부문에 비해 감축효과가 크고, 달성이 상대적으로 용이하기 때문이다.

다른 부문과 마찬가지로, 수송 부문의 온실가스 감축은 공급과 수요의 양쪽 측면 모두에서 이루어져야 한다. 즉, 수송 서비스 공급자는 수송 단위당 온실가스 배출량을, 사용자는 소비량을 동시에 줄여야 지속적인 감축이 가능하다. 이러한 측면에서 「2050 탄소중립」 추진전략은 수요·공급의 중·장기적 방향성을 적절히 수립한 것으로 판단된다. 해당 전략은 수송 부문과 관련하여 ▲ 도로의 탄소배출량이 절대적이므로 내연기관차의 친환경차 전환이

필수적이며, ▲ 대중교통 활성화를 병행하여 자가용 이용수요를 억제하고, 국제 환경규제 등에 대비하여 친환경 선박 전환 가속화가 필요하다는 진단 하에 ① 내연기관차의 친환경차 전환을 가속화하고, ② 대중교통·철도·선박 등 모빌리티 전반에 대한 혁신을 추진하겠다는 ‘미래 모빌리티로 전환’을 10대 정책 과제 중 하나로 선정하였다.

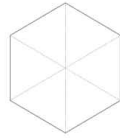
이러한 방향성은 2021년 8월 발표된 『2050 탄소중립 시나리오 초안』에도 담겨있다. 해당 시나리오 초안에서는 ▲전기·수소차 등 무공해 차량 보급 확대 ▲ 대중교통 확대 등 수송 수요관리 강화 ▲ 친환경 철도·해운·항공 전환을 핵심 수송 부문 감축 정책으로 제시하였는 바, 수송 부문 온실가스 감축을 위한 우리나라 정부의 정책 방향은 어느 정도 확정된 것으로 봐도 큰 무리가 없는 것으로 평가된다.

다만, 현 이행지표 체계 하에서 무공해 차량 확대 및 철도·해운 전환 관련 지표에 비하여 수송 수요관리와 관련된 지표의 비중은 그 중요성에 비하여 상대적으로 낮다. 수송 수요관리와 관련된 지표로는 ‘자전거도로 연장’, ‘에코드라이브 교육 이수자’, 그리고 ‘대중교통 분담율’이 있는데, 앞의 두 지표는 실질적인 감축과 관련성이 높지 않아 보이며, 세 번째 지표는 매우 중요하나 집계까지 2년의 기간이 소요된다. 따라서, 수요관리의 중요성을 고려하여 관련 지표를 추가·검토할 필요가 있다. 예를 들면, 최근 스마트워크와 재택근무 확산은 수송 수요를 감소시켰고, 향후 이러한 추세가 지속될 것으로 전망되므로, 평가 가능성을 검토하여 이와 관련된 지표를 도입할 수도 있을 것이다.

수송 수요의 상당수가 다른 경제활동의 파생 수요라는 점에서, 그리고 정부가 국민의 행위를 직접적으로 간섭할 수 없다는 점에서 수요관리에 대한 이행지표 개발 및 평가는 상대적으로 제약되어 있다. 하지만, 수요관리가 가진 감축 잠재량을 고려한다면, 이와 관련된 이행지표를 보강할 필요성은 충분하다. 가령, 여객이나 화물 자동차의 디지털 운행기록 장치나 교통카드와 같은 빅데이터를 기반으로 한 수요관리 지표 생산을 적극적으로 검토해볼 수 있다.

2020년과 2021년은 COVID-19라는 미증유의 사건이 세계 경제를 뒤흔들었으며, 그 파장은 지속될 것으로 예상된다. 향후 각국 정부는 COVID-19로 인한 경기침체에서의 회복을 정책적 우선순위에 둘 것이므로, 이에 따른 수송수요의 증가는 온실가스 배출로 이어질 가능성이 상당히 높다. 2020년 수송 부문 배출량의 감소가 COVID-19에 의한 일시적인 현상이 되지 않기 위해서는 탄소중립 추진전략에서 수립한 정책 방향을 실질적으로 이행하는 단계로 넘어가야 한다.





# 제 8 장

## 기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과



## 제8장 기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

### 폐기물

#### 1. 목표지표 분석

폐기물 부문은 국가 총배출량의 2.5%를 차지하며(2020년 잠정배출량 기준)<sup>78)</sup> 온실가스 배출원은 폐기물매립, 소각, 하·폐수처리, 기타(고형폐기물 생물학적 처리)로 구분된다. 제1차 감축 이행기간 배출원별 배출량을 살펴보면 매립이 46%(7.7백만톤), 소각이 39%(6.7백만톤)로 전체 배출량의 대부분을 차지한다<sup>79)</sup>. 폐기물매립과 하·폐수처리 과정에서는 메탄이 주로 배출되며, 소각 과정에서는 대부분 이산화탄소로 배출된다. 2030 로드맵 수정안에서는 폐기물 부문의 주요 감축수단으로 폐기물 감량 및 재활용 확대를 제시하고 있다. 특히 온라인 쇼핑 및 배달문화가 활성화됨에 따라 생활폐기물 발생량 증가<sup>80)</sup>가 이어지고 있어 폐기물 감량을 위한 추가적인 정책이 필요하다. 폐기물 부문 온실가스 배출량은 1990년부터 꾸준히 증가하여 2001년 19.7백만톤으로 최고치를 기록하였다. 이후, 감소세로 전환되었지만 2010년부터는 증감을 반복하고 있다.

2020년 폐기물 부문 온실가스 배출량은 16.3백만톤으로 제1차 감축 이행 기간 평균 온실가스 배출량 목표인 15.1백만톤보다 8.0% 높은 수치를 기록했다. 최근 3년간 배출량 변화 추이를 살펴보면, 2018년 온실가스 배출량은 17.5백만톤이었으며, 2019년에는 16.9백만톤으로, 전년도 대비 3.6% 감소하였고, 2020년에도 감소추세가 이어져 2019년 대비 3.5% 감소한 16.3백만톤을 나타냈다. 이러한 지속적인 감소세에도 불구하고, 폐기물 부문의 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량은 16.9백만톤으로 목표인 15.1백만톤보다 12.0% 높게 나타났다. 이는 1990년 배출량 10.4백만톤에 비해 62.7% 증가한 수치이며, 2030년 목표 배출량 11.0백만톤<sup>81)</sup>과 비교해도 53.9% 높은 수준이다. 따라서 2030 로드맵 수정안 목표 달성을 위해서는 향후 10년간 폐기물 부문 온실가스 배출량을 매년 4.2%가량 낮춰야 한다.

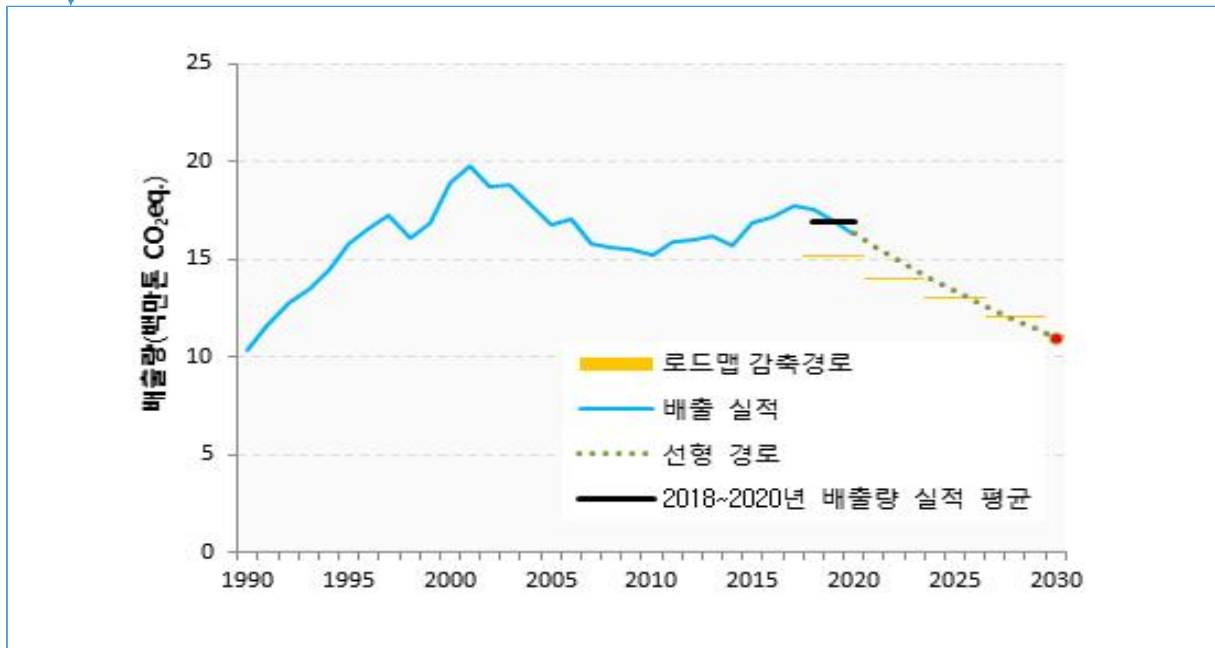
78) 2020년 잠정배출량 기준 국가 온실가스 배출량 648.6백만톤 CO<sub>2</sub>eq. 폐기물 부문 온실가스 배출량 16.3백만톤 CO<sub>2</sub>eq. (GIR, 2021)

79) 제1차 감축 이행기간 폐기물 부문 평균 온실가스 배출량 16.9백만톤 CO<sub>2</sub>eq. 폐기물매립 평균 온실가스 배출량 7.7백만톤 CO<sub>2</sub>eq., 폐기물소각 평균 온실가스 배출량 6.7백만톤 CO<sub>2</sub>eq. (GIR, 2021)

80) 대한민국 정부 (2020) *지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략*

81) 2030 NDC 상향안의 폐기물 부문 목표는 9.1백만톤이며, 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량을 이와 비교할 경우에는 86.0% 높게 나타난다.

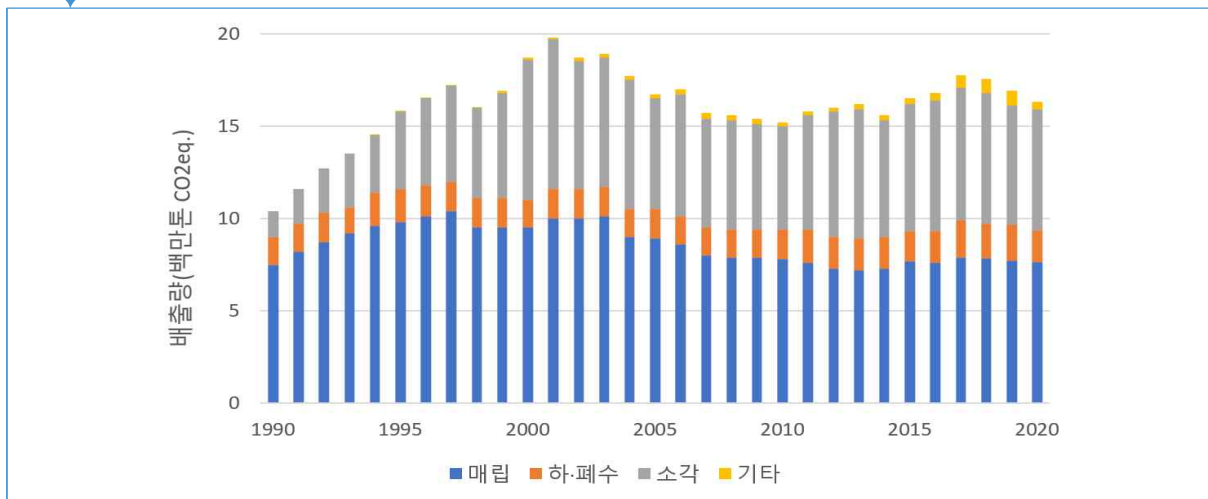
**참고 8.1. 폐기물 부문 배출량 감축경로**



(백만톤)	1990년	2000년	2010년	2018년	2019년	2020년	2030년
실적 배출량 (3개년 평균)	10.4	18.9	15.2	17.5	16.9	16.3 (16.9)	-
목표 배출량	-	-	-	-	-	15.1	11.0

출처: 관계부처 합동 (2018) 2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안, GIR

**참고 8.2. 폐기물 부문 배출원별 배출 실적**



출처: GIR (2020) 국가 온실가스 인벤토리 보고서, GIR

## 2. 이행지표 분석

참고 8.3. 폐기물부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표										
이행지표		2018년		2019년		2020년		3개년		비고
		달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① 폐기물 종류별 감량률·재활용률(%)										
생활 폐기물	감량률	-	-	●	-23.7 /2.5	-	-	-	-	실적 부재
	재활용률	●	62 /64	●	59.7 /66	-	-	-	-	
사업장 폐기물	감량률	-	-	●	-25.9 /3	-	-	-	-	실적 부재
	재활용률	●	81.6 /85	●	82.6 /86	-	-	-	-	
지정 폐기물	감량률	-	-	●	-22.3 /3	-	-	-	-	실적 부재
	재활용률	●	60 /62	●	62.5 /63	-	-	-	-	
건설 폐기물	감량률	-	-	-	-	-	-	-	-	목표·실적 부재
	재활용률	98.3 /-	-	-	98.9 /-	-	-	-	-	
② EPR 재활용량(천톤)										
	종이팩	●	16 /22	●	14 /22	-	-	●	15 /22	3년 평균/'20년 제외 평균
	유리병	●	271 /314	●	270 /305	-	-	●	271 /310	상동
	금속캔	●	172 /152	●	168 /158	-	-	●	170 /155	상동
	플라스틱류	●	880 /682	●	875 /724	-	-	●	878 /703	상동
③ 매립지 메탄가스 회수량(만톤)										
	매립지 메탄가스 회수량(만톤)	●	10.1 /9.4	●	10.0 /8.1	-	-	●	10.0 /8.8	상동
④ 생활폐기물 분리배출시설 확대(수)										
	생활폐기물 분리배출시설 확대(수)	●	172 /168	●	172 /172	●	198 /172	●	181 /171	상동
정성지표										
이행지표		2018년		2019년		2020년		3개년		비고
		달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부			
⑤	폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도 도입	-	-	-	-	●	●	●	-	-
⑥	폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수	●	●	●	●	●	●	●	-	-
⑦	재활용 제품 공공 구매 활성화	-	-	●	●	●	●	-	-	-

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

● 정량지표

2030 로드맵 수정안은 폐기물 감량화 및 재활용 확대를 통해 4.2백만톤, 매립지 메탄가스 회수를 통해 0.5백만톤의 감축을 목표로 하고 있다. 동 보고서는 폐기물 감량화 및 재활용 확대와 관련하여 3가지, 매립지 메탄가스 회수와 관련하여 1가지 정량지표를 설정했다.

• 폐기물 종류별 감량률·재활용률

폐기물 감량률 및 재활용률은 생활폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물, 건설폐기물<sup>82)</sup>로 구분하여 각각의 목표를 제시하고 있다. 감량률의 경우, 2030 로드맵 수정안에 목표가 2019년부터 명시되어 있으며 2018년 목표는 제시되어 있지 않다. 2019년 실적 확인 결과, 점검이 가능한 3가지 종류의 폐기물 모두 감량률 목표를 달성하지 못했다.

재활용률의 경우, 2018년 및 2019년 모두 목표에 미달하였다. 다만, 사업장폐기물과 지정폐기물은 2019년에 2018년 대비 각각 1.0%p와 2.5%p 개선된 실적을 나타냈다.

2020년에 대해서는 감량률과 재활용률의 실적을 확인할 수 없어 점검과 평가가 어렵다. 다만 앞선 2개년의 추이를 고려하면, 2020년의 감량률 및 재활용률 역시 목표 달성이 어려울 것으로 보인다. 또한, 온라인 쇼핑과 배달문화가 활성화되면서 폐기물 감량률에 대한 목표 달성은 더욱 어려워진 상황이다.

참고 8.4 폐기물 종류별 감량률·재활용률

구 분		2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
		실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
생활 폐기물	감량률(%)	-	-	-23.7	2.5	-	4.6	-	-	10
	재활용률(%)	62.0	64	59.7	66	-	68	-	-	81
사업장 폐기물	감량률(%)	-	-	-25.9	3	-	5.2	-	-	11
	재활용률(%)	81.6	85	82.6	86	-	87	-	-	92
지정 폐기물	감량률(%)	-	-	-22.3	3	-	5	-	-	10
	재활용률(%)	60.0	62	62.5	63	-	63	-	-	66
건설 폐기물	감량률(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	10
	재활용률(%)	98.3	-	98.9	-	-	-	-	-	99

82) 건설폐기물은 목표가 2028년부터 설정되어있어 제1차 감축 이행기간에 대한 점검이 불가능하다.

### • EPR 재활용량

생산자책임재활용(Extended Producer Responsibility, EPR)제도는 제품 생산자에게 일정량의 재활용 의무를 부여하여 제품 사용 후 발생하는 폐기물의 재활용까지 생산자의 책임으로 범위를 확대하는 제도로, 폐기물 종류별 감량률 및 재활용률 제고를 위한 하위 지표의 성격을 띤다. 동 제도는 재활용 대상 폐기물을 14가지 종류로 구분하였으나 본 보고서에서는 세부 항목을 종이팩, 유리병, 금속캔, 플라스틱류 총 4가지로 다시 분류하여 실적과 목표를 확인하였다. 현재까지 2020년의 실적과 목표는 확인되지 않기 때문에 2018~2019년 실적을 평가하면 금속캔과 플라스틱류는 목표를 초과 달성하였다. 하지만 종이팩과 유리병의 경우 목표에 미달하였으며, 특히 종이팩 재활용의 2년간 실적은 각각 목표의 71%, 65% 수준에 불과하였다.

참고 8.5. EPR 재활용량

구분	2018년		2019년		2020년		2개년 (2018~2019년)			2030년	
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	비고	목표	
EPR 재활용 량(톤)	종이팩	15,773	22,122	13,994	21,575	-	-	14,884	21,849	2년 평균	25,465
	유리병	271,260	313,717	269,921	305,484	-	-	270,591	309,601	2년 평균	336,457
	금속캔	172,140	151,686	168,317	157,776	-	-	170,229	154,731	2년 평균	161,611
	플라스틱 류	880,155	681,662	875,477	724,417	-	-	877,816	703,040	2년 평균	817,387

### • 매립지 메탄가스 회수량

폐기물 매립지에서 발생하는 메탄가스는 회수하면 발전 연료로 이용이 가능하다. 2030 로드맵 수정안은 메탄가스 회수를 통해 2030년 전망 대비 0.5백만톤의 온실가스 감축을 목표로 하고 있다. 현 시점에서 2020년의 메탄가스 회수량 실적을 확인할 수 없으므로 평가 가능한 이전 실적을 확인해 보면, 2018년은 10.1만 톤이 회수되어 목표인 9.4만 톤을 달성하였고 2019년은 10.0만 톤이 회수되어 목표를 8.1만 톤 초과달성했다.

제1차 자원순환 기본계획<sup>83)</sup>과 2030 로드맵 수정안에 나타난 우리나라 폐기물 부문 온실가스 저감 정책의 추진 방향은, 폐기물 감량 및 재활용 확대로 폐기물의 최종 처분량을 감소시키는 것이다. 폐기물의 매립지 최종 처분량이 감소하면 매립지 메탄가스 회수량 역시 감소할

83) 관계부처 합동 (2018) 제1차 자원순환기본계획

가능성이 크다. 성공적인 온실가스 저감 정책에 의해 동 이행지표 실적은 악화하는 모순이 발생하는 것이다. 반대로 정책이 실패할 경우에는 매립지 메탄가스 회수량이 오히려 증가할 가능성이 크다. 향후 해당 지표는 폐기물 부문의 온실가스 저감 정책의 추진 방향을 고려하여 수정될 필요가 있다. 다만, 매립지 메탄가스의 경우 매립 이후 약 40년간 지속적으로 배출되고, 국가 감축목표 산정 시 메탄 회수량 감소가 일정 부분 고려되어있어 여전히 목표지표로서 의미가 있다. 따라서 매립지에서 발생하는 메탄 발생량 대비 회수율을 보조 지표로 설정한다면 동 이행지표를 보완할 수 있을 것이다.

**참고 8.6. 매립지 메탄가스 관련 정량지표 달성도 평가**

구 분	2018년		2019년		2020년		2개년 (2018~2019년)			2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	비고	목표
매립지 메탄가스 회수량(만톤)	10.1	9.4	10.0	8.1	-	6.4	10.0	8.8	2년 평균	5.4

• 생활폐기물 분리배출시설 확대

생활폐기물 분리배출시설의 확대는 폐기물의 수집·운반·처분 등 처리 과정에서 발생하는 온실가스를 감축하고 재활용률을 높이는 데 도움이 된다. 해당 지표는 제1차 감축 이행 기간에 안정적으로 목표를 초과 달성하였다. 특히, 2020년의 생활폐기물 분리배출시설 확대 수는 198개로 목표를 15% 초과하였다.

**참고 8.7. 생활폐기물 분리배출시설 확대**

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년			2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	비고	목표
생활폐기물 분리배출시설 확대(수)	172	168	172	172	198	172	181	171	3년 평균	172

● 정성지표

• 폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도 도입

폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도는 정부가 직접 사업자별로 자원순환 이행목표를 설정하고 관리하는 제도이다. 적용 대상은 한국표준산업분류의 중분류 기준 18개 업종에서 최근 3년간 연평균 지정폐기물 100톤 이상 또는 지정외 폐기물 1,000톤 이상 배출한



사업장이다. 대상 사업장의 자원순환 목표는 자원순환기본법 제14조1항에서 규정한 최종처분율 및 순환이용률 기준에 따라 설정된다. 평가에 따라 이행실적이 우수한 대상자에게는 행정적·기술적·재정적 우대 조치를 제공하고, 반대로 이행실적이 미흡한 대상자에 대하여는 미달성 목표를 다음 연도에 가산 후, 기술 진단·지도가 이루어진다. 실적자료, 이행계획, 이행실적 제출 등을 미이행한 경우는 업체명 공개 조치가 뒤따른다.

#### 참고 8.8. 자원순환 성과 관리제도 운영 일정

T-2	T-1		T	T+1
대상자 선정	실적 제출	목표부여	이행계획 제출	목표 이행
				실적 평가 및 후속 조치

자원순환 성과관리 제도는 목표 이행 대상인 T년도를 기준으로 대상자 선정(T-2년도), 실적 제출, 목표부여, 이행계획 제출(T-1년도), 목표 이행(T년도), 실적 평가 및 후속 조치(T+1년도) 순으로 운영된다.

동 제도는 2018년 시작되어 시행 초기 단계에 있으며, 현재는 안정적 제도 도입을 위한 정책들이 이루어지고 있다. 2019년에는 폐기물 종류별로만 구분·적용되던 잔재물 배출계수를 재활용 유형별로 세분화하였고, 기업의 제도 수용성을 제고하기 위해 15개 사업장을 대상으로 기술진단 시범사업이 시행되었다. 또한 2020년에는 자원순환 성과관리대상자의 자원순환목표 설정(2021), 자원순환 성과관리대상자 확정·공고(2022), 그리고 시범사업으로 폐합성수지 다량배출사업장(30개소)에 대한 기술진단·지도가 시행되었다.

2021년에는 운영 일정에 따라 2022년 대상 사업장의 목표 설정과 2020년 이행실적에 대한 평가가 이루어질 예정이다. 중장기적으로는 제도의 연속성 및 일관성 확보를 위해 5년 단위의 연차별 자원순환 목표를 설정할 계획이다. 동 제도는 폐기물의 감량률과 재활용률을 제고할 수 있는 정책으로, 장기적으로 온실가스 저감에 긍정적 영향을 미칠 것으로 기대된다.

#### • 폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수

폐기물처분부담금제도는 소각 또는 매립의 방법으로 폐기물을 처분하는 처리의무자(지자체 및 사업장폐기물배출자)에게 부담금을 부과하는 제도이다. 이를 통해 폐기물 소각 및 매립을 최소화하고 재활용을 촉진하여 자원의 선순환을 유도한다. 부담금은 폐기물 처분량, 부과율, 산정지수를 곱하여 계산된다. 납부의무자는 매년 3월 말까지 전년도 소각·매립량에 대해 폐기물처리부담금 정기신고를 하고 징수기관은 4월 말에 납부통지를 한다. 그리고 매년 5월 20일에 부담금 부과·징수가 이루어진다.

동 제도는 자원순환기본법에 따라 2018년에 도입되었다. 도입 첫해에는 정기신고 없이

수시신고를 통해 1,800곳의 사업장에 대하여 39억원 규모의 폐기물처리부담금을 부과하였다. 이듬해인 2019년에는 건설폐기물을 대상으로 첫 정기신고가 이루어졌으며, 2020년 폐기물처리부담금은 약 18억원이 징수되었다. 2020년 4월에는 자원순환기본법 시행령 개정에 따른 폐기물처분부담금 감면 등을 다룬 가이드라인이 배포되었다. 2021년에는 자원순환기본법 시행령 개정에 따른 시·도 징수비용 차등 교부와 폐기물처분부담금 운영 성과평가가 계획되어있다. 해당 제도는 외부성으로 인한 사회적 비용을 가격에 내재화하여 이를 교정하는 시장 원리에 기반한 정책으로, 자원순환기본법 제21조를 근거로 시행 중이다. 향후 지속적인 운영 성과 평가와 함께 부담금의 실효성 강화 등에 대한 제도 개선이 필요하다.

#### • 재활용 제품 공공 구매 활성화

지자체 및 공공기관 등 공공수요처에서는 재활용제품의 신규 수요 창출을 위해 공공 구매 활성화 시범사업을 추진하고 있다. 동 제도는 수요 확대를 통해 재활용률을 올리기 위한 제도로 온실가스 저감 목표를 달성하는데 간접적인 영향을 미친다.

2019년에는 폐기물(폐비닐)로 제조한 재활용제품(가로수보호판)을 사용하는 지역순환형 재활용제품 시범사업 협약이 환경부와 성남시 사이에 체결(2019.12.)되어 분당선 서현역 북측에 59개, 남측에 80개의 가로수 보호판이 설치되었다. 2020년에는 제도 개선 연구 용역(필름류 제품·포장재 재생원료, 재활용제품 사용현황 분석 및 판로확대 제도화 방안 연구) 및 지역순환형 재활용제품 구매 시범사업 MOU 체결(2020.6.) 등이 이루어졌다. 2021년에는 연구용역 결과를 바탕으로 중장기적인 재활용제품 공공구매 활성화 방안을 마련할 계획이다.

참고로, 동 제도는 2005년부터 시행 중인 녹색제품 공공분야 의무구매제도의 우수 재활용제품과 중복될 가능성이 있으므로, 두 제도가 상호보완적인 역할을 할 수 있도록 제도 개선이 필요하다.

### 3. 요인분해 분석

#### ● 분석 개요

폐기물 부문 온실가스 배출량 증감은 인구 효과, 경제성장 효과, 탄소원단위 효과로 구분된다. 첫째, 인구 효과는 인구 변화에 따른 배출량 증감을 의미한다. 둘째, 경제성장 효과는 1인당 GDP(국내총생산)에 따른 배출량 증감을 의미한다. 마지막으로 탄소원단위 효과는 GDP당 배출량 변화에 따른 배출량 증감을 나타낸다.

## 참고 8.9. 폐기물 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C_i = \left(\frac{C_i}{Q}\right) \left(\frac{Q}{P}\right) P$$

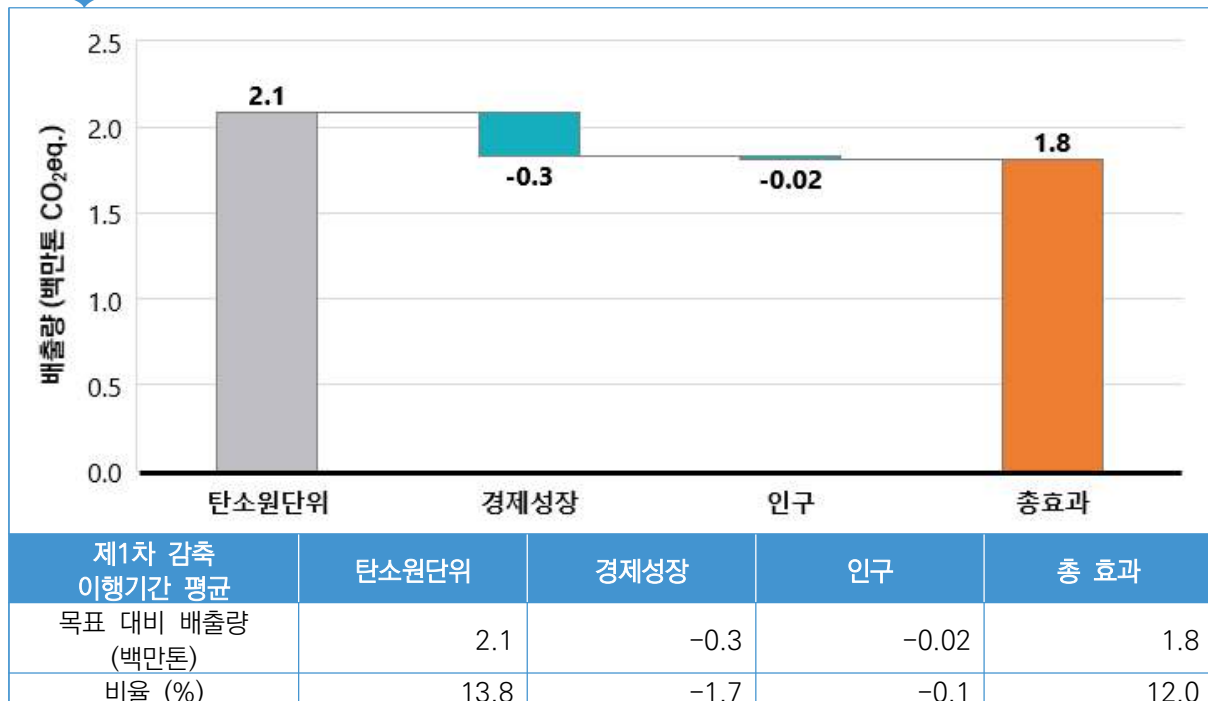
$$= (\text{탄소원단위})(\text{경제성장})(\text{인구})$$

$C_i$ : 폐기물 부문 온실가스배출량  
 $Q$ : 국내총생산(GDP)  
 $P$ : 인구

## ● 분석 결과

제1차 감축 이행기간 폐기물 부문 연평균 총배출량 실적은 동 기간 목표인 15.1백만톤을 1.8백만톤 초과하였다. 배출량 실적 증가 요인은 탄소 원단위 효과이며 인구 효과와 경제성장 효과는 배출량 실적 감소 요인으로 작용하였다. 전망 대비 탄소원단위의 악화는 목표 배출량의 13.8%에 해당하는 연평균 배출량 2.1백만톤의 배출량 증가를 야기하였다. 배출량 실적은 전망보다 높게 나타난 반면, GDP 실적이 전망에 미치지 못한 것이 탄소원단위 효과가 커진 원인으로 분석된다.

## 참고 8.10. 폐기물 부문 목표대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



인구와 경제 성장률은 전망치를 하회하여 각각 목표 배출량의 0.1%, 1.7%에 해당하는 0.02백만톤, 0.3백만톤의 배출량 감소를 야기하였다. 경제성장 효과는 산출 기준이 되는 인구와 GDP 실적 모두 2030 로드맵 수정안의 전망을 밑돌았지만, 인구 전망과 실적 간 차이보다 GDP 전망과 실적 간 차이가 더 크기 때문에 배출량 감소요인으로 작용했다.

참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하였으며, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP는 2019년에 전년 대비 증가하였지만 2020년에는 소폭 감소하였다. 한편, 탄소 원단위는 2017년 이후 지속적으로 감소하였다.

**참고 8.11. 폐기물 부문 배출량 증감요인 연도별 추이**

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015~2017년	2018~2020년
인구	천명	51,069	51,270	51,423	51,630	51,779	51,829	51,254	51,746
경제성장	십억원/천명	32.47	33.29	34.24	35.10	35.78	35.44	33.33	35.44
탄소원단위	천톤 CO <sub>2</sub> e/십억원	0.0102	0.0100	0.0101	0.0097	0.0091	0.0089	0.0101	0.0092

● **요인분해 추가 분석**

**참고 8.12. 폐기물 부문 배출량 요인분해 추가 분석**

$$C_i = \left(\frac{C_i}{W}\right) \left(\frac{W}{G}\right) \left(\frac{G}{Q}\right) \left(\frac{Q}{P}\right) P$$

$$= (\text{온실가스발생})(\text{폐기물처리})(\text{폐기물발생})(\text{경제성장})(\text{인구})$$

*C<sub>i</sub>*: 폐기물 부문 온실가스배출량  
*W*: 폐기물비재활용처리량  
*G*: 폐기물발생량  
*Q*: 국내총생산(GDP)  
*P*: 인구

상기의 요인분해 분석에는 폐기물 부문 온실가스 감축 정책의 성과를 반영하는 요인들이 포함되지 않았다는 한계가 존재한다. 따라서 본 보고서에서는 폐기물 부문 온실가스 감축 정책 효과에 대한 분석이 가능하도록 추가적으로 요인분해 분석을 구성하였다.

인구 효과와 경제성장 효과의 정의와 산정은 기존 모형과 같으며, 추가된 요인은 폐기물발생 효과, 폐기물처리 효과, 온실가스발생 효과이다. 폐기물발생 효과는 GDP 대비 폐기물 발생량이 온실가스 배출량 증감에 미치는 영향을 나타낸다. 폐기물발생 효과를 통해서는 폐기물 감량의 영향을 확인할 수 있다. 폐기물처리 효과는 재활용 확대 정책의 영향을 확인할 수 있다. 우리나라의 폐기물 처리방식은 매립, 소각, 재활용, 기타 등으로 구분되며<sup>84)</sup>, 본 보고서에서는 재활용을 제외한 매립, 소각, 기타의 방법으로 처리된 폐기물을 비재활용 처리량으로

84) 환경부 (2020) 전국폐기물 발생 및 처리현황

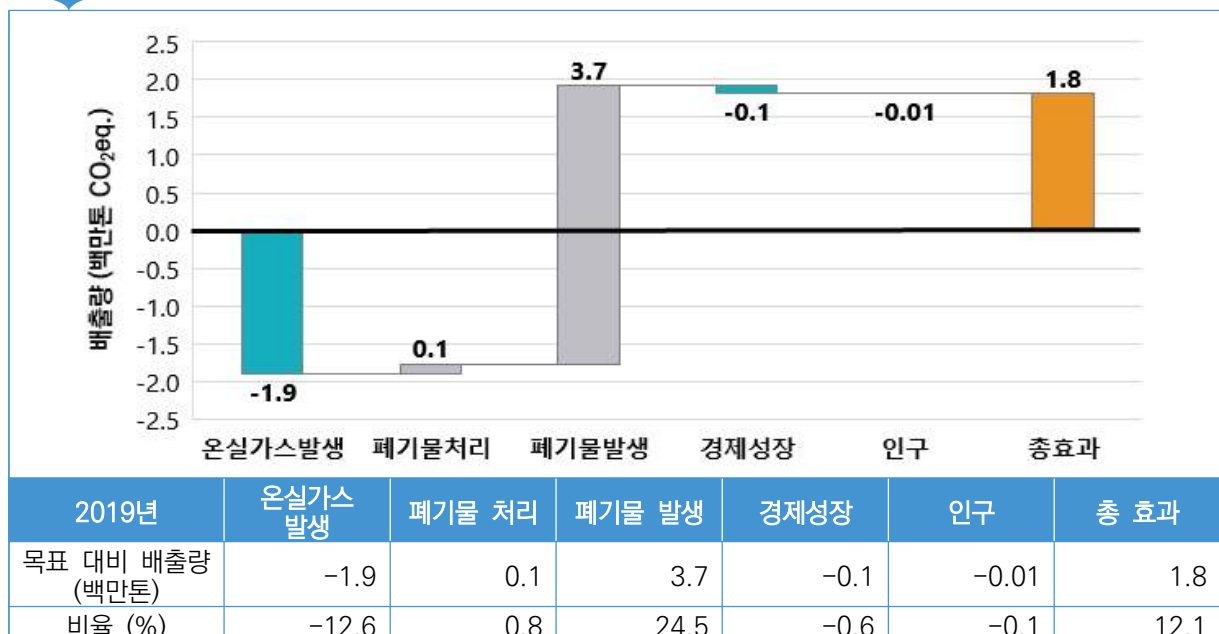
산정하였다. 폐기물처리 효과는 폐기물 발생량 대비 비재활용 처리량으로 계산한다. 마지막으로, 온실가스발생 효과는 폐기물 비재활용 처리량 대비 폐기물 부문 총 온실가스 배출량으로 계산한다.

### ● 요인분해 추가 분석 결과

자료 취득의 한계로 동 분석은 제1차 감축 이행 기간 중 감량률 및 재활용률의 목표와 실적을 모두 확인할 수 있는 2019년을 대상으로 하였다. 또한 4가지 폐기물 종류(생활폐기물, 사업장폐기물, 건설폐기물, 지정폐기물<sup>85)</sup>) 중 제1차 감축 이행 기간 목표가 존재하지 않는 건설폐기물은 분석에서 제외하였다.

2019년 폐기물 부문 배출량 실적(16.9백만톤)은 2030 로드맵 수정안 목표 (15.1백만톤)를 1.8백만톤 초과하였다. 분석 결과, 인구 효과, 경제성장 효과, 온실가스발생 효과는 배출량 감소 요인이었고, 폐기물발생 효과와 폐기물처리 효과는 배출량 증가 요인이었다. 인구 효과와 경제성장 효과는 모두 전망치보다 낮게 나타나 각각 0.01백만톤, 0.1백만톤의 배출량 감소를 야기하였다. 온실가스발생 효과는 1.9백만톤의 배출량 감소를 야기하였다. 이는 온실가스 배출량 실적은 목표 대비 12.1% 초과한 반면, 폐기물 비재활용 처리량 실적(23,308 천톤<sup>86)</sup>은 목표(18,472천톤<sup>87)</sup>)를 26.2% 초과하였기 때문이다.

참고 8.13. 2019년 폐기물 부문 목표대비 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



85) 지정폐기물에서 의료폐기물은 제외되었다.

86) 생활계폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물(의료폐기물 제외) 발생량 중 소각, 매립, 기타의 방법을 통한 폐기물 처리량의 총계를 뜻한다.

87) 생활계폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물(의료폐기물 제외) 발생량 중 해당 연도 목표 재활용률(폐기물 종류별 발생량 × 목표 재활용률)을 제외한 폐기물 처리량의 총계를 뜻한다.

폐기물발생 효과는 3.7백만톤으로 온실가스 배출량 증가의 가장 큰 요인으로 작용하였다. 폐기물처리 효과 역시 감량률과 재활용률 실적이 목표에 미치지 못함에 따라 0.1백만톤의 배출량 증가로 이어졌다. 폐기물 감량률이 목표에 미치지 못한 원인으로 1인 가구를 포함한 가구 수의 증가, 생활 양식 변화에 따른 택배 증가 등을 추측할 수 있다. 실제 2018년 대비 2019년에 인구는 0.3% 증가한 반면 가구 수는 1.9% 증가하였다.

다만, 본 보고서에서는 폐기물의 종류와 처리 방법에 따른 차이를 반영하지 않았기 때문에 자료 확보와 개별 목표의 설정이 이루어진다면 보다 정확한 분석이 가능할 것이다.

#### 4. 종합

폐기물 부문의 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량 실적은 16.9백만톤으로 목표인 15.1백만톤 대비 12.0% 더 높게 나타났다. 요인분해 분석 결과, 인구 효과와 경제성장 효과가 배출량 감소에 일부 기여했으나 전망보다 높은 탄소원단위 효과가 배출량 증가를 야기하였다. 다만, 위의 요인들은 폐기물 부문 정책의 성과를 반영하는데 한계가 있다.

폐기물 감량률 및 재활용률을 포함한 2019년 요인분해 분석 결과에서는 인구 효과, 경제성장 효과, 온실가스발생 효과가 배출량 감소의 요인으로 작용하였다. 반면 폐기물발생 효과와 폐기물처리 효과는 배출량 증가의 요인으로 나타났다. 분석 결과, 폐기물 부문 정책의 핵심인 폐기물 감량과 재활용이 원활히 이루어지지 않고 있다는 점을 파악하였다.

폐기물 부문에 설정된 4개의 정량 이행지표 중 제1차 감축 이행기간 목표와 실적이 모두 확인되어 평가가 가능한 것은 '생활폐기물 분리배출시설 확대'이고, 해당 지표는 제1차 감축 이행 기간 모두 목표를 달성하였다. 다른 정량 이행지표의 경우, 통계 발간 시기와 이행점검 기간이 일치하지 않아, 확인 가능한 수준에 한하여 분석을 진행하였다. 폐기물 감량률은 2019년, 재활용률은 2018년 및 2019년 모두 목표를 달성하지 못했다. EPR 재활용량의 경우, 2018년과 2019년 플라스틱류와 금속캔은 목표를 달성한 반면 유리병과 종이팩은 목표를 달성하지 못하였다. 매립지 메탄가스 회수량의 2018년 및 2019년 목표는 달성된 것으로 나타났다. 하지만 해당 이행지표는 폐기물 감량 및 재활용 확대의 성과와 반대의 결과를 나타낼 수 있다는 점에서 유의할 필요가 있다.

정성지표 중, 폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도는 대상자 선정에서 실적 평가 및 후속 조치까지 4년에 걸쳐 이루어진다. 동 제도는 2018년 도입 이후 4년 차에 접어들어 안정적으로 시행되고 있다. 폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수 역시 안정적으로 시행되어

2020년 약 19억원을 징수하였다. 재활용 제품 공공구매 활성화의 경우, 2019년 시범사업이 이루어졌고, 2020년에는 관련 연구 용역이 진행되었다. 도입과 추진을 목표로 하였던 정성평가 대상 정책들은 현재 안정적으로 추진되고 있으며, 보다 객관적인 점검 및 평가를 위해 정량지표화를 고려할 필요가 있다.

폐기물 부문의 온실가스 배출량이 목표를 달성하지 못한 것은 폐기물의 감량과 재활용 확대가 계획보다 미진하기 때문으로 보인다. 이와 같은 상황에서 2030 NDC 상향에 따라 폐기물 부문은 기존 목표 11.0백만톤 대비 1.9백만톤을 추가적으로 감축해야 한다. 따라서 폐기물 감량과 재활용 확대를 위해 보다 효과적인 정책을 추진할 필요가 있으며, 특히 1인 가구 증가와 생활 양식 변화에 따른 생활폐기물 발생 증가에 대한 대책 마련이 시급하다.

참고로 현재 폐기물 부문은 비에너지 배출량만 포함하며, 에너지 소비에 의한 직접 및 간접 배출량은 포함하지 않는다. 따라서 매립지 회수 메탄가스 등 바이오가스를 활용한 에너지 사용과 산업 부문 폐기물 재활용에 따른 에너지 저감의 온실가스 감축 효과는 폐기물 부문의 성과에 반영되지 않는다. 이처럼 감축 실적에 직접적으로 포함되지 않지만 타 부문의 온실가스 감축에 간접적으로 기여하는 효과도 존재한다는 점을 인식할 필요는 있다.

## 농축산

### 1. 목표지표 분석

농축산 부문은 2020년 잠정배출량 기준 국가 총배출량의 3.3%를 차지하며<sup>88)</sup>, 비이산화탄소 계열 온실가스인 메탄, 아산화질소 등이 주로 배출된다. 농축산 부문 온실가스 배출은 주로 식량 생산과정에서 발생하는 만큼 배출을 완전히 제거하기 어렵다는 특징을 가지고 있어<sup>89)</sup> 기술 발전을 통한 배출량 감축이 요구된다. 2030 로드맵 수정안에서는 정책사업을 통한 농축산 부문 감축수단을 제시하고 있으나, 현재로서는 감축정책과 조치에 대한 농가 수용성이 낮아 실효성 제고를 위한 노력이 필요하다.

2020년 농축산 부문 온실가스 배출량은 21.3백만톤으로 2030 로드맵 수정안의 제1차 감축 이행기간 연평균 배출량 목표인 19.8백만톤보다 7.2% 높은 수치를 기록했다. 최근 3년간의 배출량 변화 추이를 살펴보면, 2018년에는 21.1백만톤이 배출되었으며, 2019년에는 21.0백만톤으로 2018년 대비 0.8% 감소하였고, 2020년에는 2019년 대비 1.4% 증가해 지난 30년간 완만하게 증감을 반복하는 추세를 확인할 수 있다.

농축산 부문의 제1차 감축 이행기간의 연평균 온실가스 배출량은 21.1백만톤으로 1990년도 배출량 21.1백만톤을 0.03% 초과했으며, 2030 로드맵 수정안의 연평균 배출량 목표인 19.8백만톤 대비 6.5% 높은 수준으로 나타나 감축목표를 달성하지 못했다. 제1차 감축 이행기간 배출량 실적은 2030년 목표 배출량 19.0백만톤<sup>90)</sup> 보다 10.9% 높은 수준이다. 즉, 농축산 부문이 2030 로드맵 수정안 목표에 도달하기 위해서는 향후 10년간 (2020~2030) 연평균 1.1% 이상씩 온실가스를 감축해야 한다. 과거 같은 기간 (2010~2020년) 농축산 부문 배출량 연평균 감소율이 0.5%이고 제1차 감축 이행기간 동안 연평균 감소율이 0.3%인 것을 고려할 때, 감소율을 높일 수 있는 보다 확실한 감축 노력이 요구된다.

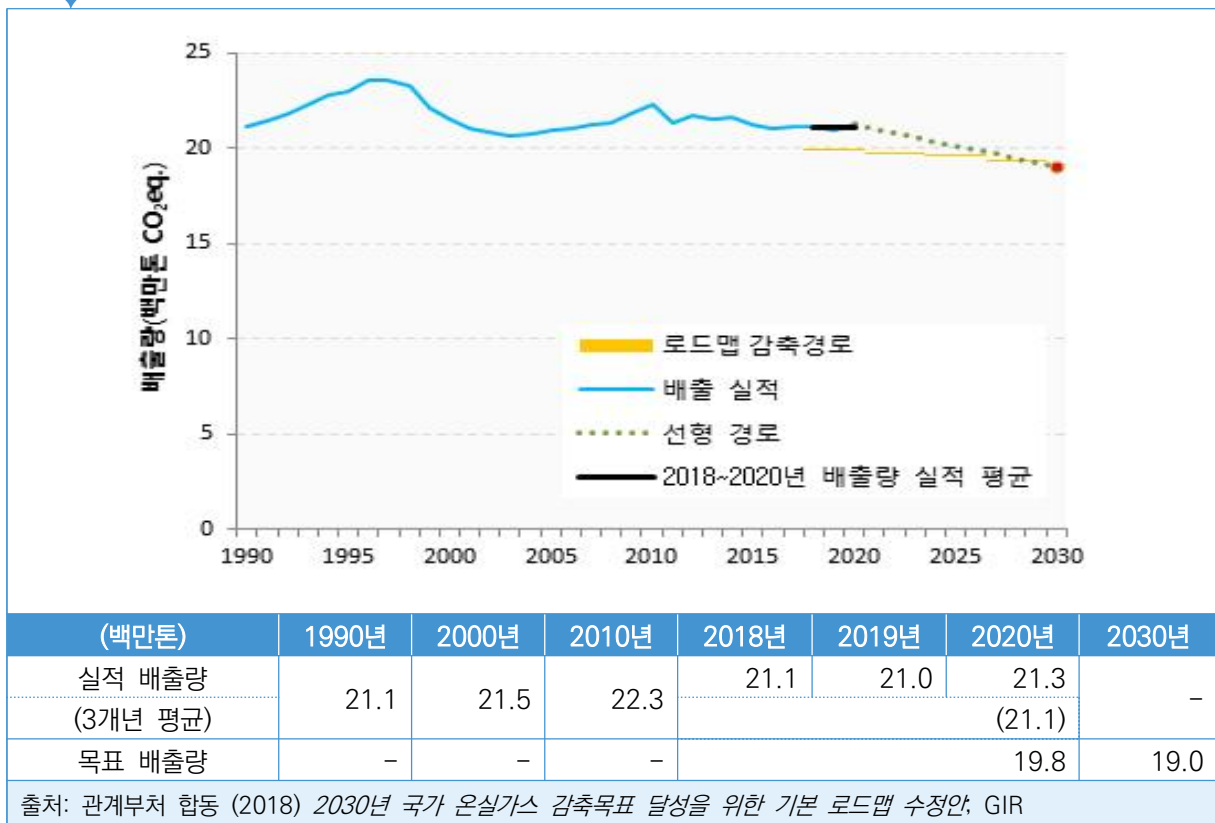
88) 2020년 잠정배출량 기준 국가 온실가스 배출량 648.6백만톤 CO<sub>2</sub>eq., 농축산 부문 온실가스 배출량 21.3백만톤 CO<sub>2</sub>eq.로 계산한다.

89) 대한민국 정부 (2020) *지속가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략*

90) 2030 NDC 상향안의 농축수산 부문 목표는 18.0백만톤이다. 그러나 이는 에너지 소비에 의한 직접 배출량을 포함한 수치이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.



참고 8.14. 농축산 부문 배출량 감축경로



## 2. 이행지표 분석

참고 8.15. 농축산 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① 논 중간낙수 면적 비율 (%)	●	87.3 /88.2	●	87.0 /89.1	-	- /90	●	87.2 /88.7 <sup>1)</sup>	3년 평균/2020년 실적 부재
② 논물 얹게대기 면적비율 (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	상동/2025년부터 추진
③ 가축분뇨 자원순환 촉진 공동자원화 시설(개소)	●	82 /82	●	83 /83	●	84 /84	●	83 /83	3년 평균
④ 양질조사료, 저메탄사료 공급(천톤)	●	1,915 /1,910	●	1,938 /1,930	●	1,988 /1,950	●	1,947 /1,930	3년 평균/저메탄 사료 공급 '25년부터 추진

정성지표						
이행지표	2018년	2019년	2020년	3개년		비고
				달성 여부	달성 여부 <sup>2)</sup>	
⑤ 스마트 농업 확대	스마트팜 확산 (혁신밸리 조성)	-	-	●	●	
	스마트 축사 확대	-	-	●	●	'19년 누적 2,390호, '20년 1,073호 보급

<sup>1)</sup> 2020년 실적 부재로 인해 2018~2019년 평균으로 계산  
<sup>2)</sup> 2020년 실적만 존재하므로 해당년도 달성 여부로 판단

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

### ● 정량지표

#### ● 농업 부문

농축산 부문의 정량 지표는 농업 관련 지표 2개와 축산 관련 지표 2개로 구성되어 있다. 농업 관련 지표는 논 중간낙수 면적비율 및 논물 얹게대기 면적비율이다. 논 중간낙수 면적 비율의 경우 2020년 농림어업총조사에 대한 세부 자료가 아직 공표되지 않아 해당년도 실

적 산정에 어려움이 있다. 해당 지표의 2018~2019년 2개년 평균은 목표 88.7%, 실적 87.2%로 1.5%p의 차이로 달성하지 못하였다. 논물 알개대기 면적비율의 경우도 2025년부터 추진될 예정이므로 목표와 실적이 존재하지 않는다.

온실가스 배출량 산정 시 벼재배 기간 중 물관리 방법에 따라 배출량에 차이가 발생하는데, 상시담수 대비 중간낙수 방식은 0.83~0.49의 보정계수가 적용된다.<sup>91)</sup> 따라서 중간낙수 면적비율이 증가하면 자연스럽게 온실가스 배출량도 감소한다. 또한 농촌진흥청에 따르면 상시담수 후 자연 소모(토양 중 침수와 증발)로 토양 바닥에 실금이 보였을 때 논물을 2~5cm 깊이로 알개 대면, 상시담수를 지속했을 때보다 온실가스 배출량이 63.0% 감소하고, 중간낙수에 비해서도 50.6% 가량 감소하는 것으로 나타났다<sup>92)</sup>. 따라서 중간낙수 및 논물 알개대기 면적이 확대되면 농업 부문 온실가스 배출의 상당량을 감축할 수 있다. 그러나 2015년 이후 중간낙수의 비율은 84~87% 수준으로 큰 변동이 없는 상황이다<sup>93)</sup>. 2030 로드맵 수정안은 2030년까지 중간낙수 면적 비율을 97%까지 확대하겠다는 목표를 제시하고 있는데, 현실적으로 이를 달성하기 어렵다면 감축목표 달성을 위한 대안을 마련할 필요가 있다.

참고 8.16. 농축산 부문 농업 관련 정량지표 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		2개년 (2018~2019년)		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
논 중간낙수 면적비율(%) <sup>94)</sup>	87.3	88.2	87.0	89.1	-	90	87.2	88.7	97
논물 알개대기 면적비율(%)	-	-	-	-	-	-	-	-	10

#### • 축산 부문

축산의 경우 가축에서 발생한 분뇨의 처리를 통해 온실가스 배출량을 사후적으로 줄이거나, 선제적 조치를 취하여 배출량 자체를 줄이는 방식이 있다. 사후적 감축 방식의 경우 가축분뇨를 활용하여 바이오가스, 고체연료 등 에너지 자원을 생산, 공급하는 시설을 확대하는 수단을 고려할 수 있다. 사전적 감축 방식에는 양질조사료 공급을 통한 증체 효과 및 저메탄사료 공급을 통한 장내발효개선 등이 있다. 농식품부, 농진청은 공동자원화 시설 및 양질조사료 보급량을 정량지표로 설정하였다. 2020년 이행실적 보고서에서는 과제명 및 목표

91) GIR (2019) 국가 온실가스 인벤토리 보고서

92) 농촌진흥청 농업기술길잡이 (2018) 기후변화대응 식량작물 안정 생산기술

93) GIR (2019) 국가 온실가스 인벤토리 보고서

94) 농림어업조사·농림어업총조사(통계청)을 근거하여 농촌진흥청에서 '논 중간낙수 면적비율' 산정

치가 가축분뇨 에너지화 시설로 되어 있었으나, 2030 로드맵 수정안에서 가축분뇨 자원화·에너지화 시설이 모두 감축 수단으로 포함되어 있으므로, 본 보고서에서는 이 두 가지 개념을 포함하는 공동자원화 시설로 변경하였다. 양질조사료 보급량의 경우 기존에는 총량기준의 목표치로 달성률을 평가하였으나, 2021년 3월에 조사료 수급통계 산출방법이 개선됨에 따라, 시설 기준 목표치를 평가하는 것으로 수정하였다. 제1차 감축 이행기간의 실적을 보면, 가축분뇨 자원순환 촉진 지표에서 공동자원화 시설을 2018년에 82개소, 2019년에 83개소, 2020년에 84개소로 매년 1개소를 늘려서 운영하여 목표를 달성하였다. 그러나 향후 이러한 개소 수의 평가보다는 실질적인 가축분뇨의 처리량으로 평가가 이루어져야 할 것이다. 양질조사료 보급량은 2018년에 1,915천톤, 2018년에 1,938천톤, 2020년에 1,988천톤을 보급하여 제1차 감축 이행기간 개별 연도 모두 목표를 100% 이상 초과 달성하였다.

축산 부문 온실가스 배출량 산정 시 가축분뇨 처리 부문에서 시설의 처리 방법(퇴비화, 액비화, 기타)에 따라 아산화질소 배출계수는 달라진다. 또한 각 처리시설의 이용비율은 가축분뇨처리 부문의 아산화질소의 배출량 산정 시 이용된다.<sup>95)</sup> 이처럼 공동자원화 시설의 증가는 가축분뇨 처리 방법에 변화를 가져오고, 각 시설의 이용 비율에 변화를 주어 축산 부문의 온실가스 배출량에 영향을 미친다. 그러나 메탄 배출량의 산정방식의 경우 가축 분뇨 처리 방법에 따른 영향을 받지 않기에, 향후 계산방식에 이러한 효과를 포함시킬 필요가 있다.

가축이 섭취하는 사료의 종류는 장내발효 및 가축분뇨 처리 부문의 메탄 배출량에 변화를 가져온다. 그러나 직접적으로 축산 부문에서 메탄 배출량 계산 시 사료의 종류에 따른 배출계수는 포함되지 않으므로<sup>96)</sup>, 양질조사료 보급을 확대하더라도 이에 따른 온실가스 감축 효과를 파악하기 어렵다. 따라서 향후 축산 부문의 온실가스 배출량 계산에 있어서 이러한 효과가 포함될 수 있도록 해야 할 것이다. 앞서 살펴본 목표 지표 분석 내용에 의하면, 농축산 부문은 온실가스 배출량이 제1차 감축 이행기간에 목표를 6.5% 초과하였다. 이는 축산 관련 정량지표의 동기간 목표 달성률이 100% 이상인 것과 대조되며, 더욱 적극적인 정량지표 목표의 조정이 필요함을 나타낸다. 또한 각 정량지표에 대해 온실가스 배출량과의 직접적인 연계성을 높이는 방안을 강구해야 한다.

95) GIR (2019) 국가 온실가스 인벤토리 보고서

96) GIR (2019) 국가 온실가스 인벤토리 보고서

참고 8.17. 농축산 부문 축산 관련 정량지표 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
가축분뇨 자원순환 촉진 공동자원화 시설(개소) <sup>97)</sup>	82	82	83	83	84	84	83	83	119
양질조사료, 저메탄사료 공급 양질조사료 보급량(천톤) <sup>98)</sup>	1,915	1,910	1,938	1,930	1,988	1,950	1,947	1,930	2,169

## ● 정성지표

### • 스마트 농업 확대

스마트팜은 사물인터넷, 빅데이터 등을 활용하여 최적의 생육환경을 자동으로 제어하는 농장이다. 정부는 지난 2018년 스마트팜 확산 방안<sup>99)</sup>을 마련하고, 이에 따라 2022년까지 스마트팜 확산의 거점으로서 전국에 스마트팜 혁신밸리 4개소 조성을 목표로 관련 사업을 추진 중이다. 2018년에 1차 지역(전북 김제, 경북 상주), 2019년에 2차 지역(전남 고흥, 경남 밀양)을 각각 선정하였고, 2020년에 1차 지역 핵심시설의 공사와 2차 지역 기반 및 핵심시설 공사를 착수하여 추진하였다. 그에 따라 2021년에는 1차 지역의 공사를 연내 완공하고, 2차 지역의 핵심시설 공사를 계속 추진할 예정이다. 본 이행지표는 연도별로 정부 계획이 충실히 이행 중인 것으로 판단된다. 다만, 계획대로 스마트팜이 보급되더라도 이에 따른 온실가스 감축 기여도를 반영할 수 있는 방법론 혹은 지표가 함께 개발되지 않아 그 효과를 산정하는데 한계가 있다.

스마트 축사는 축사에 통신, 센서, CCTV, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 로봇, 인공지능(AI) 등의 정보통신기술을 융·복합하여 축사의 환경과 가축을 원격·자동으로 관리하여 노동력이 절감되고 생산성이 향상된 농장이다. 농식품부와 농진청은 100대 국정과제<sup>100)</sup> 중 하나인 '지속가능한 농식품 산업 기반 조성'에 따라 2022년까지 축산농가 5,000호를 대상으로 스마트 농업을 위한 정보통신기술 장비 보급을 목표로 설정했다. 2019년에 누적 2,390호의 스마트 축사가 보급되었고, 2020년에 축산농가에 스마트축사 1,073호를 신규 보급하였으며, 농가의 사양 관리 컨설팅을 통해 사료의 적정투입을 유도하여 온실가스 배출의 저감을 도모하였다. 그러나 이러한 사료의 적정량 투입 등에 의한 온실가스 배출량의 감축 효

97) 농식품부 축산환경자원과

98) 사육두수·재배면적(통계청·마사회) 수입물량(관세청·수입신고기관) 통계자료를 근거하여 농식품부 축산환경자원과에서 산정

99) 관계부처 합동 (2018) 스마트팜 확산 방안

100) 국무총리 정부업무평가위원회 (2017) 100대 국정과제  
([https://www.evaluation.go.kr/psec/np/np\\_2\\_1\\_2.jsp#page4](https://www.evaluation.go.kr/psec/np/np_2_1_2.jsp#page4))

과를 알 수 있는 인벤토리 산정방법이 아직 없으므로, 향후 이를 개발할 필요가 있다. 2021년에는 축산농가 1,200호에 스마트축사를 보급하고, 중장기적으로는 각종 ICT 장비에서 발생하는 데이터를 수집하는 빅데이터 플랫폼을 구축하여, 데이터 분석을 통한 농장별 사양·질병·경영관리가 가능한 환경을 조성하는 것이 목표이다.

스마트팜과 스마트 축사는 농축산의 전체적인 시스템 성능향상에 따라 생산성에 영향을 미치지만, 온실가스 감축효과와의 인과관계는 아직 명확하지 않다. 오히려 냉난방 등의 전력 사용량이 높아져 온실가스 배출이 증가할 가능성도 배제할 수 없다. 이러한 배출량 저감 효과는 정량적으로 산정이 불가능하므로, 향후 스마트팜 및 스마트 축사의 증가가 온실가스 배출량에 미치는 영향에 대한 산정 방법을 개발할 필요성이 있다. 예를 들어, 스마트팜의 전력 효율화를 통한 에너지 사용량 감소를 파악하면 이를 통해 온실가스 감축량을 산정할 수 있을 것이다.

### 3. 요인분해 분석

#### ● 분석 개요

#### 참고 8.18. 농축산 부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$C_i = \left(\frac{C_i}{Q_i}\right) \left(\frac{Q_i}{P}\right) P$$

$$= (\text{탄소원단위})(\text{경제성장})(\text{인구})$$

$C_i$ : 농축산 부문 온실가스배출량

$Q_i$ : 농축산 부문 부가가치

$P$ : 인구

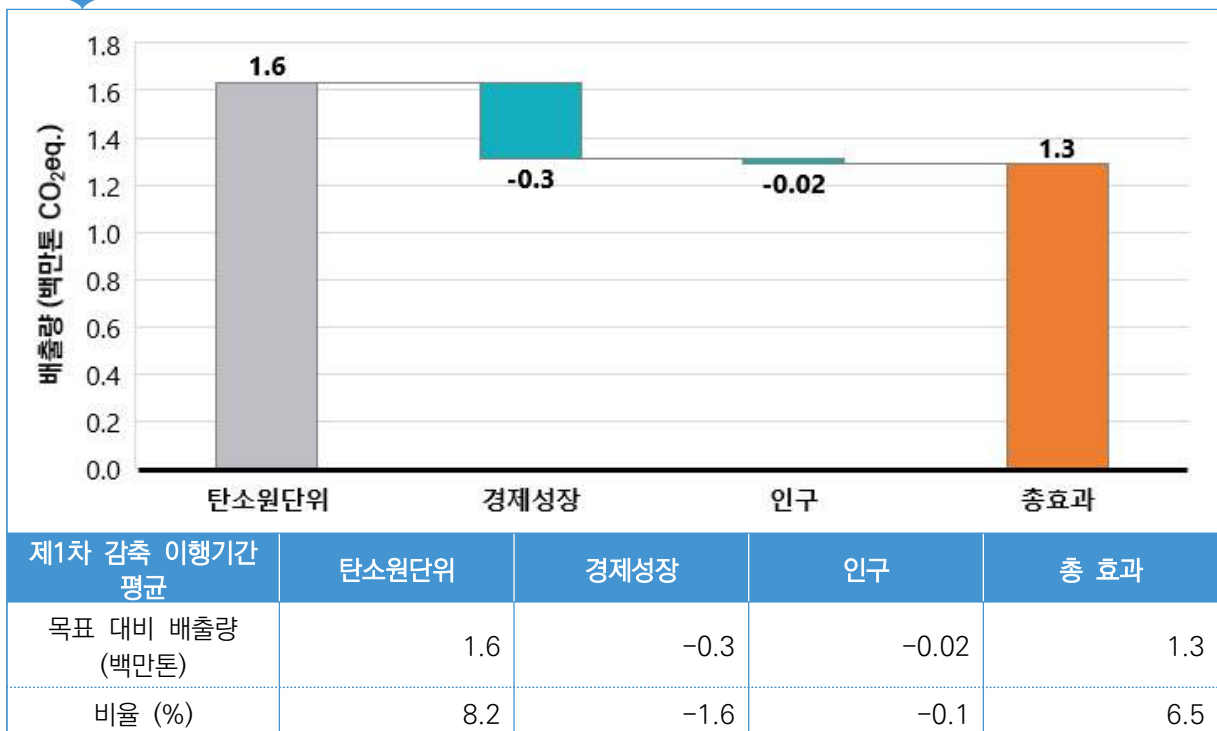
농축산 부문 온실가스 배출량 증감요인은 인구 효과, 경제성장 효과, 탄소원단위 효과 3가지로 분해하여 분석할 수 있다. 인구 효과는 인구증감에 따른 온실가스 배출량 변화 효과를 의미하며, 경제성장 효과는 1인당 부가가치 변화가 배출량에 미치는 효과를 의미한다. 탄소원단위 효과는 농축산 부문 부가가치<sup>101)</sup> 대비 온실가스 배출량 증감에 따른 효과로 농축산 생산과정의 온실가스 배출 효율을 나타낸다.

101) 농축산 부문 부가가치로 한국은행 경제통계의 '농림어업' 항목 실질 부가가치 값을 이용해 계산했다.

## ● 분석 결과

농축산 부문 제1차 감축 이행기간 온실가스 배출량 실적은 동기간 목표 평균치 19.8백만톤 대비 1.3백만톤 초과했다. 경제성장(0.3백만톤, 1.6%)과 인구(0.02백만톤, 0.1%) 효과 요인이 탄소원단위 효과를 일부 상쇄했지만, 결과적으로는 목표 대비 6.5%(1.3백만톤)의 배출량 증가를 가져왔다. 전망 대비 부가가치 실적은 낮은 반면 배출량은 증가함에 따라, 탄소원단위 효과가 1.6백만톤(목표 대비 8.2%)의 배출량 증가에 기여한 것으로 나타났다. 이는 농축산 부문의 온실가스 배출 원단위 개선이 필요한 것으로 해석할 수 있다. 현재 농축산 부문 감축방안으로 제시되고 있는 친환경 농업, 가축분뇨 자원순환 확대 등과 더불어 농민들의 탄소 감축 참여 제도와 유인책이 부족한 현실<sup>102)</sup>을 반영한 적극적인 감축 노력이 수행되어야 한다.

참고 8.19. 농축산 부문 목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



참고로, 상기 분석에서 비교한 요인들의 제1차 감축 이행기간 중 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하였으나, 경제성장을 나타내는 1인당 GDP와 탄소원단위는 증감을 반복하고 있다.

102) 농어업어촌특별위원회 (2021) 탄소중립을 위한 농업분야 주요과제

참고 8.20. 농축산 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

구분	단위	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	2020년	2015-2017년	2018-2020년
인구	천명	51,069	51,270	51,423	51,630	51,779	51,829	51,254	51,746
경제성장	십억원/천명	0.71	0.67	0.68	0.68	0.70	0.67	0.69	0.68
탄소원단위	천톤 CO <sub>2</sub> e/십억원	0.59	0.61	0.61	0.60	0.58	0.61	0.60	0.60

## 4. 종합

농축산 부문의 제1차 감축 이행기간 평균 배출량 실적은 21.1백만톤으로 목표 배출량(19.8백만톤) 대비 약 6.5% 높게 나타났다. 요인분해 분석에 따르면 부가가치 대비 온실가스 배출량 증감에 따른 탄소원단위 효과가 배출량 증가에 가장 큰 영향을 주었다.

이행지표 분석 결과, 농업의 경우 2020년 통계가 확정되지 않아 논 물관리 지표 달성 여부를 확인할 수 없으나 그간의 추이를 보면 2030년 목표 달성은 쉽지 않을 전망이다. 목표 달성이 어려운 이유로는 수리 불안전답, 간척지, 논 등 중간낙수 불가능한 지역 존재, 논물 관리에 대한 농업인의 인식부족 등이 있다. 이에 대한 조치로 농식품부와 농진청은 논벼 2주 이상 중간낙수 확대를 위한 포스터 및 카드뉴스 제작 등 홍보를 강화하였다. 또한 농업 기후변화대응과정(농촌인적자원개발센터)을 2021년에 1회(30명)에서 2022년에 2회(60명)로 늘리는 등 탄소 감축 지도전문가 양성 및 전문 교육과정을 확대할 계획이다. 다만 관련 교육과정들은 아직 소규모에 그쳐, 향후 이러한 프로그램들의 홍보를 강화하여 탄소중립을 위한 논 물관리의 중요성에 대한 교육 및 인식을 더욱 확산시킬 필요가 있다.

축산은 사료 공급 관련 수단과 분뇨 처리 관련 지표 모두 목표를 달성하였다. 다만, 분뇨 처리 시설의 경우 현행 지표는 단순히 개소수만을 점검·평가하게 되어 있는데, 이를 설치 규모 혹은 분뇨 발생량 대비 처리용량 확대 등의 실질적인 내용으로 보완할 필요가 있다. 또한 분뇨 처리 시설의 약취 등 지역주민의 민원으로 인해 일부 사업자의 포기 사례가 발생하기도 하여 이로 인해 향후 지속적인 목표 달성이 어려울 수 있다. 농식품부와 농진청은 기존 시설을 증축하고 바이오가스 연계시설의 설치 등으로 가축분뇨 자원화(에너지화)의 확대를 추진할 계획이나, 향후 이러한 정책들을 더욱 구체화하여 명확한 평가가 이루어질 수 있도록 해야 한다.

요인분해 분석 결과와 이행지표의 정책 간에 연관성을 살펴보면, 먼저 농업 부문에서 중간낙수, 논물 알계대기와 같은 농업 방식의 변화로 인해 농작물 생산 대비 배출량 감축으로 이어질 수 있다. 또한 축산 부문에서는 공동 자원화 시설의 증가로 인한 가축 분뇨의 자원화, 양질조사료 보급량을 확대를 통한 가축의 메탄 배출 감소도 사육두수 대비 배출량 감축



에 영향을 미칠 것이다. 마지막으로 스마트 농업 확대를 통해 스마트팜, 스마트 축사가 증가한다면 전력 소비량 감소 등으로 인해 농축산 부문 생산 대비 간접 배출의 감소 효과가 있을 것이다. 그러나 앞서 살펴보았듯이 이러한 효과들에 대해 정량적인 평가를 위해서는, 가장 우선적으로 이러한 정책 노력들과 온실가스 감축량의 정량적인 산정방안 마련이 필요하다. 특히 축산 부문과 스마트 농업 확대 지표의 경우 온실가스 배출량과의 정량적인 연계성을 찾기 힘들다. 또한 현재 축산 부문과 스마트 농업 확대의 이행지표 달성도는 높은 데 비해 탄소원단위 효과가 배출량 증가에 많은 영향을 주었으므로, 향후 이러한 이행지표의 목표를 강화할 필요가 있다.

농축산 부문에서는 2030 NDC 상향안을 달성하기 위해, 논물 관리방식 개선, 비료사용 저감 등의 저탄소 영농법과 저메탄 사료 공급의 확대, 가축분뇨 질소저감 등을 추진하여 각각 2018년 대비 2030년 배출량을 27.1% 감축할 계획이다. 주로 불특정 다수의 소규모 농가 위주로 구성되어 있는 농축산 부문은 이들 개별 농가에서 저탄소 농축산 기술을 확보하여 적용하는 것은 현실적으로 쉽지 않다. 그럼에도 대부분의 온실가스가 이들로부터 배출되므로, 개별 농가의 감축 활동을 돕는 정책이 더욱 활성화되어야 한다. 또한 사전적으로 시범사업을 수행할 수 있는 제도를 확대하거나, 기업과의 연계를 통한 감축 방안도 함께 모색해야 한다. 현재 추진 중인 스마트 농업 확대는 이러한 측면에서 효과적인 대안이 될 수 있다. 관련 계획을 상세히 검토하여 차년도 점검·평가 시 현재 이행지표를 구체화하는 것을 고려할 필요가 있다.

## 흡수원

### 1. 목표지표 분석

흡수원은 대기 중 탄소를 흡수해 온실가스 배출량을 상쇄하는 역할을 한다. 흡수원 대부분이 산림정책과 연관되어 있으며, 특히 우리나라는 OECD 국가 중 국토면적 대비 산림비율이 4위<sup>103)</sup>를 차지할 정도로 산림의 비중이 높아 산림흡수원 활용에 비교적 유리하다. 2030 로드맵 수정안에서도 산림흡수원의 유지 및 증진정책 강화에 기반한 2030년 흡수량 목표(22.1백만톤)를 제시하고 있다.

그러나 2030 로드맵 수정안은 흡수원 부문의 연도별 목표를 제시하고 있지 않으며, 흡수원 부문의 잠정배출량 및 흡수량도 현재 산정되지 않고 있어 목표지표 대비 실적 비교분석이 불가능하다. 따라서 흡수원 부문에 대해서는 목표지표 분석을 수행하지 않는다. 흡수원 확보가 탄소중립 달성의 중요한 수단인 만큼 목표 및 이행관리를 위한 잠정치와 실적 산정이 빠른 시일 내에 수행되어야 할 것이다.

### 2. 이행지표 분석

참고 8.21. 흡수원 부문 이행지표 분석 결과 요약

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
<b>산림</b>									
① 조림 면적(천 ha)	●	23.1 /22	●	23.4 /22	●	23.2 /23	●	23.2 /22.3	3년 평균
② 숲가꾸기 추진 면적 (천 ha)	●	213 /209	●	186 /166	●	229 /217	●	209 /197	상등/ 산림 기본법, 숲가꾸기 5개년 추진계획 기반
③ 생활권 도시숲 조성 면적(천 ha)	●	47 /47	●	48 /48	●	54 /48	●	49.7 /47.7	최근값
④ 산림바이오매스 (목재펠릿) 생산량(천톤)	●	187 /100	●	243 /210	●	331 /267	●	254 /192	3년 평균

103) 산림청 (2016) *산림기본통계*

기타									
⑤ 바다숲 조성(천 ha)	●	18.36 /18.36	●	21.49 /21.49	●	24.26 /24.26	●	21.37 /21.37	최근값
⑥ 갯벌식생(km <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	3년 평균/ 2024년부터 추진
⑦ 해양보호구역 지정(km)	●	1,777 /1,777	●	1,780 /1,780	●	1,784 /1,784	●	1,780 /1,780	3년 평균
⑧ 습지보호지역 면적(천 ha)	●	12.2 /12.2	●	12.9 /12.9	●	13.2 /13.2	●	12.8 /12.8	상동
⑨ 댐·하천 생태공간 면적(천 ha)	●	0.24 /0.24	●	0.25 /0.25	●	0.24 /0.24	●	0.24 /0.24	상동
⑩ 댐 부유물 활용 Biochar 생산량(천톤)	●	1.77 /1.77	●	1.77 /1.77	●	1.77 /1.77	●	1.77 /1.77	상동
정성지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부		달성 여부		달성 여부		달성 여부 <sup>1)</sup>		
산림									
⑪ 경제림단지 조성 여부	-	-	-	-	●	●	●	●	산림자원 의 조성 및 관리에 관한 법률 기반
⑫ 산림경영계획 수립면적 제고를 위한 지원 확대	-	-	-	-	●	●	●	●	2017년 조세특례 제한법 개정
⑬ 국산목재 이용기반 조성	-	-	-	-	●	●	●	●	-
<sup>1)</sup> 2020년 실적만 존재하므로 해당년도 달성 여부로 판단									

● 100% 이상 달성    ● 80% 이상 달성    ● 80% 미만 달성

## ● 정량지표

흡수원 부문의 정량지표는 산림(산림경영면적 확대 및 바이오매스 생산)과 기타(자연생태기반 흡수원)로 구분된다. 산림청은 조림 면적, 숲가꾸기 추진 면적, 생활권 도시숲 조성 면적 각각에 대해 연도별 목표 및 실적을 제시하였다. 확인 결과, 2020년 조림면적은 목표가 23천 ha, 실적이 23.2천 ha로 0.9% 초과 달성하였고, 숲가꾸기 추진면적은 목표가 217천 ha, 실적이 229천 ha로 5.5% 초과 달성하였다. 생활권 도시숲 조성 면적 역시 목표(48천 ha) 대비 실적(54천 ha)이 12.5% 초과 달성하여, 3가지 지표 모두 3개년 연속으로 목표를 달성하였다. 산림바이오매스 생산량은 2020년 목표를 24% 초과 달성하였고, 3개년 평균 목표는 31.9% 초과 달성하였다. 바다숲 조성의 경우 2020년에 24.26 천ha의 누적 면적을 조성하였고, 3개년 평균 목표를 100% 달성하였다. 기타 자연생태기반 흡수원 해당 지표에 대한 목표도 모두 달성하였다.

#### • 조림 면적

조림 면적이란, 산주, 국가 또는 지자체가 산림 내 목재생산 및 소득, 경관 목적 등으로 나무를 심은 면적을 의미한다. 여기서 조림이란 종자를 뿌리거나 나무를 심어 산림을 형성하는 것을 의미하며, 경제림 조성 외에도 큰나무조림, 밀원수림조성, 산불피해지 복구 및 예방, 미세먼지저감조림 등을 포함한다. 이러한 조림 면적의 증가는 온실가스 흡수량 증가로 이어진다.

#### • 숲가꾸기 추진 면적

산림의 다양한 편익 기능 최적 발휘를 위해 제4단계 숲가꾸기 5개년 추진계획(2019~2023년)<sup>104)</sup>이 이행 중이다. 이에 따라 연간 22만 ha 내외의 기능별 숲가꾸기 추진(계획기간 110만 ha)을 목표로 제시하였다. 그간 산림청은 국민 삶의 질 개선 등을 위한 생활권 숲가꾸기 확대, 산림자원 조성 기반의 조기 구축을 위한 조림지 사후관리 사업 확대를 추진해온 결과, 2019년에 조림지사후관리 129천 ha, 경제림가꾸기 11천 ha, 공익림가꾸기 46천 ha 등의 실적을 나타냈다. 2020년에는 조림지사후관리(풀베기, 덩굴제거 등) 159천 ha, 경제림가꾸기(우량목재 생산을 위한 숲아베기 등) 24천 ha, 공익림가꾸기(미세먼지 저감, 수자원 함양 등 공익가치 제고) 46천 ha 등 총 229천 ha의 숲가꾸기를 추진하였다. 2021~2023년 기간에는 누적 703.5천 ha의 숲가꾸기를 목표로 하고 있다. 본 지표는 산림기본법을 근거로 수립된 5개년 계획을 바탕으로 진행 중이므로 향후에도 지속적인 추진이 가능하며, 유형별 숲가꾸기 면적 등을 활용한 세분화된 정량지표화도 가능할 전망이다.

#### • 생활권 도시숲 조성 면적

도시숲이란 공원, 명상숲, 산림공원 등 도시에서 국민의 보건·휴양 증진 및 정서함양과 체험활동 등을 위하여 조성·관리하는 산림 및 수목을 말한다. 도시숲 조성은 미활용 국·공유지를 이용하여 도시생태계의 건강성을 유지하고 국민의 삶의 질 향상에 기여하고 있다. 우리나라는 급격한 도시화로 인하여 전체 인구의 약 90%가 도시지역에 거주하고 있는 반면, 생활권 주변에서 누릴 수 있는 도시숲은 크게 부족한 실정이다. 산림청<sup>105)</sup>에 따르면, 2019년 기준 1인당 생활권 도시숲 면적은 전국 평균 11.51㎡로, 세계보건기구 WHO 권장 최소기준(9㎡/인)을 초과하였으나, 특·광역시외의 경우 1인당 생활권 도시숲 면적이 평균 12.17㎡로 런던(27㎡), 뉴욕(23㎡) 등 선진도시와 많은 차이를 보이고 있다. 환경부와 한국환경산업기술원<sup>106)</sup>에 따르면, 도시숲 관리를 통한 온실가스 감축의 효용성을 높이기 위해서는 시민참여가 매우 중요하다. 향후 도시숲의 육성 및 보호 사업 관련 모니터링, 정책수립

104) 산림청 (2018.12.) 제4단계 숲가꾸기 5개년 추진계획(2019~2023)

105) [www.forest.go.kr/kfswweb/](http://www.forest.go.kr/kfswweb/)

106) 환경부, 한국환경산업기술원 (2020) 도시숲을 이용한 온실가스 감축 사업

시 자문 등에 시민 참여를 확대하여, 온실가스 감축 체험, 숲 체험교실, 생태교실 등 다양한 프로그램을 개발하여 제공함으로써 시민 인식 제고와 참여를 유도할 필요가 있다.

#### • 산림바이오매스(목재펠릿) 생산량

목재펠릿이란 숲가꾸기 산물 등을 파쇄·건조·압축하여 만든 목재연료로서, 기후변화협약에서 온실가스 배출이 없는 것으로 인정된 바이오매스<sup>107)</sup>이다. 또한 다른 목재연료보다 안정성, 친환경성, 운송·보관이 용이하다. 산림바이오매스는 온실가스를 흡수한다기 보다는 에너지공급원으로 타 부문의 에너지 대체에 기여하고 있으므로 향후 산림바이오매스의 생산량 증가에 따른 온실가스 배출 감축 기여도의 산정을 통해 전환 부문에서 정량적인 평가가 이루어져야 한다.

#### • 바다숲 조성

바다숲은 바다 밑의 큰 바닷말(다시마 등 해조류)이나 해초류(잘피 등 종자식물류)가 무리지어 살고있는 해역을 의미하며, 태양광을 이용한 광합성 작용으로 이산화탄소를 흡수하는 역할을 한다. 관련 연구에 따르면<sup>108)</sup>, 해조류는 광합성을 할 때 육상에서 같은 면적의 열대림이 저장하는 탄소량에 비해 1~2배 가량을 저장할 수 있어 이산화탄소 저감에 유용하다. 동해 연근해의 바다숲을 대상으로 실시한 조사에서는 바다숲 1ha가 연간 3.37톤을 흡수하는 것으로 나타나 2030년 목표인 54,000 ha의 바다숲을 조성할 경우 연간 18만톤을 흡수할 것으로 추산됐다.<sup>109)</sup> 단, 바다숲 흡수량의 추정치는 국내 일부해역(포항)에서 제한적으로 진행되어, 감축 사업의 일환으로 인정받기 위해서는 전국적인 바다숲의 탄소 흡수능력 추정치 분석 등 추가적인 연구가 필요하다.

바다숲 조성 외에도 갯벌식생, 해양보호구역 지정, 습지보호지역 면적, 댐·하천 생태공간 면적, 댐 부유물 활용 Biochar 생산량 각각에 대해 연도별 실적을 평가하였다. 확인 결과, 갯벌식생은 2024년부터 사업이 시작되어 아직 평가가 불가능한 실정이다. 해양보호구역 지정은 1,784 km<sup>2</sup>의 누적 면적을, 습지보호지역 면적은 13.2천 ha의 누적 면적을 지정하였다. 댐·하천 생태공간 면적은 연간 0.24천 ha를 추가하였고, 댐 부유물 활용 Biochar 생산량은 연간 1.77천톤을 추가 생산하여 갯벌 식생을 제외한 모든 지표가 3개년 평균 목표의 100%를 달성하였다.

107) [www.forest.go.kr/kfsweb/](http://www.forest.go.kr/kfsweb/)

108) 포항공대(2019) *바다숲 탄소흡수력 조사*

109) 2021.05.11. *[기획]바다숲 조성사업, 성과와 과제는*

(<https://www.aflnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=210595>)

• 갯벌식생

갯벌식생 복원은 저탄소 녹색성장, 탄소중립 사회로의 이행을 위해 갯벌생태계의 건강성 회복 및 다년생 염생식물, 잘피 등 해초류 군락지를 조성하는 것을 의미한다. 단위면적(km<sup>2</sup>)당 갯벌은 연간 약 198톤, 염생식물은 연간 약 334톤을 흡수한다. 해수부는 2003년부터 5년 주기로 갯벌 면적을 조사하고 있는데, 이에 따르면 2018년 갯벌 면적은 2,482.0 km<sup>2</sup>로, 2013년보다 5.2 km<sup>2</sup> 감소하였다.<sup>110)</sup> 지난 조사에서 2013년 갯벌 면적이 2008년보다 2.2 km<sup>2</sup> 감소한 것에 비하면 감소폭이 확대되었다.

이처럼 갯벌 식생이 점차 감소하고 있는 가운데, 해수부는 탄소흡수원 확대 및 대규모 염생식물 군락지 조성을 위해 2021년 하반기에 2022년도 예산확보를 추진하고 갯벌식생 조림사업 후보지(3개소)를 공모 및 사업대상지를 선정할 계획이다. 중장기적으로는 2050년까지 해양분야 온실가스 23만톤 흡수<sup>111)</sup>를 위해 2024년부터 매년 염습지 조성면적을 15~25 km<sup>2</sup> 복원(사업대상지 1개소당 약 5 km<sup>2</sup>)하기로 목표를 설정하였고, 2030년까지 105 km<sup>2</sup> 복원을 추진 중이다. 전체 갯벌면적(2,482 km<sup>2</sup>) 중 어업면허 허가 등 염생식물 식재가 불가능한 구역을 제외하고, 유휴 갯벌지역(약 660 km<sup>2</sup>)을 대상으로 2050년까지 식생복원 목표를 설정하였다.

**참고 8.22. 갯벌식생 복원사업**

<b>총 사업비</b>	300억원(2~3개소) / 국비 70% 지원
<b>사업기간</b>	2022~2025년(약 3~4개년)
<b>사업내용</b>	다년생 염생식물 및 잘피등 해초류 군락지 조성 갯벌식생 복원사업을 통한 온실가스(5,005톤/년) 및 탄소저감 효과뿐 아니라 식생복원 사업지를 생태관광자원으로 활용하여 지역경제 활성화에 기여
<b>사업효과</b>	
<b>출처:</b>	해수부

110) 해양수산부 (2019.6.) 2018년 전국갯벌면적조사 결과 발표

111) 탄소중립시나리오 흡수원분과

갯벌식생 복원사업은 2022년 신규사업으로, 2021년까지 추진실적이 없고 사업 기간(3~4개년)을 감안하여 2024년부터 조성목표를 반영한다. 따라서 본 지표는 향후 염습지 조성면적을 정량지표로 하여 2024년부터 본격적인 평가가 가능해질 것이다.

#### • 해양보호구역 지정

해양보호구역(해양생태계, 해양경관, 해양생물, 연안습지보호지역)을 지정하여 개발을 억제하고 비식생 갯벌, 대륙붕 등의 보전을 도모한다. 현재 매년 지속적인 신규 해양보호구역 확대를 추진 중이며, 2020년에 해양보호구역 30개소(1,784 km<sup>2</sup>) 지정을 완료하였다. 또한 2021년에는 1개소를 추가 지정하여 총 31개소의 해양보호구역을 지정할 계획이다. 중장기적으로는 제5차 해양환경종합계획(2021~2030년)<sup>112)</sup>의 목표인 2030년까지 해양보호구역 지정 면적 17,201 km<sup>2</sup> 달성을 위해 추진 중이다.

#### • 습지보호지역 면적

습지 생태계의 보전과 체계적 관리를 위해 생물다양성이 풍부한 지역 등 생태계가 우수한 지역을 습지보호지역으로 지정하여 탄소흡수원을 확대하였고, 보호지역 내 사유지 매입, 훼손지 복원사업 등을 추진하여 탄소 흡수량을 개선하였다. 2020년에는 광주광역시 장록습지, 철원군 용양보를 습지보호지역으로 신규 지정<sup>1)</sup>하여 총 27개소(130.3km<sup>2</sup>) 지정을 완료하였다. 2021년에는 1개소를 추가 지정하는 등 매년 일정 면적 이상의 습지보호지역을 지정하여 사유지 매입, 훼손지 복원사업 등을 지속적으로 추진할 계획이다. 2022년에는 제4차 습지 보전기본계획(2023~2027)을 수립하여 중장기 습지보호지역 확대 목표를 설정할 계획이다.

또한, 환경부는 습지생태계의 탄소흡수저장량을 정량적으로 평가할 수 있도록 배출·흡수계수를 개발하고, 탄소흡수를 고려한 습지생태계(습지보호지역 포함)를 조성·복원할 수 있는 기술 개발을 추진하고 있다. 2021년에는 사업을 기획하고 2022년 예산에 반영하여 ‘습지생태계 가치평가 및 탄소흡수 가치증진 기술개발사업(R&D)’(2022~2026, 5개년)을 추진할 계획이다.

#### • 댐·하천 생태공간 면적 및 댐 부유물 활용 Biochar 생산량

댐 생태공간의 경우, 한국수자원공사가 관할하고 있는 37개 댐의 홍수터 특성을 고려하여 댐 유역의 생태계 복원사업을 추진하고 댐 유역의 홍수터 수변생태벨트를 조성하여 탄소흡수원을 조성할 계획이다. 2020년에는 대청댐 홍수터의 수변생태벨트 시범사업을 실시(62,425

112) 해양수산부 (2021. 1.) 제5차 해양환경 종합계획(2021~2030)



m<sup>2</sup>)<sup>113)</sup>하였다. 2021년에는 댐유역 생태계 복원 시범사업을 설계하고, 댐유역 생태계복원 기본구상 및 중장기계획을 수립(37개댐)<sup>114)</sup>하였다. 2023년까지는 총 14개 댐 홍수터의 통합형 수변생태벨트 조성·관리방안 용역을 추진할 계획이다. 중장기적으로는 댐 저수구역 생태 건강성 회복을 위한 댐유역 생태계 복원사업(약 1.8 km<sup>2</sup> 예상, 2021~2025년) 및 통합형 수변생태벨트(약 1.86 km<sup>2</sup> 예상) 조성사업을 계획 중이다.

댐부유물을 활용한 바이오매스 등 신규 흡수원의 생산을 위한 예산 반영 및 사업화도 진행 예정이다. 댐부유물을 활용한 Biochar 생산량의 경우, 간접적인 온실가스의 흡수원으로써 향후 토양의 탄소고정을 돕는다. 다만 Biochar는 수세기에 걸쳐 매년 소량이 광물화되기 때문에 온실가스 흡수량 계산 시에 있어서 다른 부문에 일반적으로 적용되는 탄소축적변화 산정방법론(획득손실법, 축적차이법 등)을 적용할 수 없다.<sup>115)</sup> 따라서 이러한 특성을 가진 Biochar는 추가된 Biochar의 총량이 광물성 토양의 변화에 영향을 미친 기여도를 추정하는 하향식 방법으로 온실가스 흡수량을 계산하거나 기존에 연구된 논문자료를 적용하여 흡수량을 계산해야 한다.

하천 생태의 경우 수변구역에 탄소흡수가 가능한 생태구역을 조성할 계획이다. 4대강 하천 수변구역의 매수토지를 활용한 흡수원을 조성하는 것을 목표로 하고 있다. 2020년까지 28.1 km<sup>2</sup>의 수변구역 매수토지에 녹지 조성을 추진하였으며, 2021년은 4대강 매수토지 녹지조성(2.4 km<sup>2</sup>)을 계획 중이다. 중장기적으로는 추가적인 사업 추진을 통해 저류지를 활용한 녹지를 강화하고, 활용도가 낮은 하천을 친수공원으로 활용하고, 보 개방에 따라 증가되는 수변공간의 생태를 복원하는 등의 내용으로 사업 실행을 구체화할 계획이다.

향후에는 정량지표의 대부분이 ha로 표기 되어있는 만큼 km<sup>2</sup>로 나타낸 지표를 ha로 통일하는 것이 바람직할 것으로 보인다. 또한 기타 흡수원 정량지표의 경우 2030 로드맵 수정안 상 목표나 수단으로 포함되지 않은 상태이기 때문에 향후 별도의 평가 항목으로 정리할 필요가 있다. ‘댐 부유물 활용 Biochar 생산량’ 지표의 경우, Biochar 생산 자체를 흡수원으로 보기 어려우므로 향후 토양공급량 등의 대체 지표를 설정하는 방안도 검토가 필요하다.

113) 한국수자원공사 (2020. 12. 4.) *댐 홍수터, 주민참여형 생태공간으로 탈바꿈*

114) 환경부, 한국수자원공사 (2021. 5. 4.) *댐 저수구역 생태가치 향상을 위한 복원사업 추진*

115) 2021.08. *2050 탄소중립 실현을 위한 자연기반해법 포럼*, 이소영 국회의원, 환경부 공동주최



참고 8.23. 흡수원 부문 정량지표 달성도 평가

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년/최근값		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
<b>산림<sup>116)</sup></b>									
조림 면적 (천 ha)	23.1	22	23.4	22	23.2	23	23.2	22.3	30
숲가꾸기 추진 면적 (천 ha)	213	209	186	166	229	217	209	197	246
생활권 도시숲 조성 면적(천 ha)	47	47	48	48	54	48	54	48	60
산림바이오매스 (목재펠릿) 생산량(천톤)	187	100	243	210	331	267	254	192	1,360
<b>기타</b>									
바다숲 조성(ha)	18,360	18,360	21,490	21,490	24,258	24,258	24,258	24,258	54,000
갯벌식생(km <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	-	-	105
해양보호구역 지정 (km <sup>2</sup> )	1,777	1,777	1,780	1,780	1,784	1,784	1,780	1,780	17,201 <sup>1)</sup>
습지보호지역 면적 (천 ha)	12.2	12.2	12.9	12.9	13.2	13.2	12.8	12.8	17.7
댐·하천 생태공간 면적 (천 ha) (연간)	0.24	0.24	0.25	0.25	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25
댐 부유물 활용 Biochar 생산량 (천톤) (연간)	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77	1.77
1) 제5차 해양환경종합계획 목표									

## ● 정성지표

2030 로드맵 수정안에 따르면 2030년 산림 흡수량 22.1백만톤의 95.8%에 해당하는 21.17백만톤이 경제림단지 조성, 탄소 선순환 산림경영을 통해 달성될 계획이다. 탄소 선순환 산림경영에는 탄소흡수량을 고려한 산림경영계획 수립과 임도망 구축, 조림수종의 탄소 흡수력 증진, 다층혼효림 조성 및 기능별 숲 가꾸기 등이 포함된다. 흡수원 부문의 정성지표도 이와 관련된 내용에 초점을 맞추고 있다.

### • 경제림단지 조성 여부

정부는 2005년 경영 여건이 우수한 집단화된 산림 450개 단지 292만 ha를 경제림육성단지로

116) 산림청, 임업통계연보

최초 신규 지정하였다. 2016년에는 단지 지정 후 10년 이상 경과에 따른 사업불가 지역을 제척하거나, 임도시설 등 실제 경영 가능지역의 추가를 통해 경제림육성단지를 387개 단지 234만 ha로 재편했다.

2020년에는 경제림육성단지를 거점으로 산림자원순환경제 구축을 위해 적정규모 재편 및 차등지원 등 관리방안 마련을 목적으로 경제림육성단지 재편·지원방안 마련 연구용역(2020, 산림경영정보학회)을 진행하였다. 그에 따라 경제림육성단지 234만 ha를 중점관리구역과 일반관리구역으로 나누어 관리하는 방안을 마련하였다.

2021~2022년에는 본격적으로 임지생산력 및 임도 등 경영여건과 임상(인공림분포) 등이 상대적으로 우수한 중점관리구역과 일반관리구역으로 재편하여 경제림의 탄소흡수능력을 강화하고 산림경영을 활성화할 계획이다. 중장기적으로는 2035년에 18.5 m/ha의 임도 확충을 목표로 하고 있고<sup>117)</sup> 산림경영기반시설 구축을 통한 경제림육성단지 사업에 집중하는 등 재정투자의 효율성을 증대시킬 전망이다. 또한 집약경영을 위한 면적의 최적화 및 집중투자로 목재생산과 단기소득임산물의 복합육성으로 지역산업화를 추진할 계획이다.

경제림육성단지는 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 근거하여 지정·관리되므로 안정적인 제도적 기반하에 지속적인 추진이 가능할 전망이다. 그러나 경제림육성단지가 고정 면적으로 이미 조성되어 있으므로 장기적인 이행지표로 활용하기에는 어려움이 있다. 산림청에서는 현재 영급 구조 개선<sup>118)</sup> 등의 고정된 면적 내의 흡수량 증가 사업을 진행 중이므로 이러한 실질적인 산림경영 면적을 지표로 대체하는 것이 대안이 될 수 있다.

#### • 산림경영계획 수립면적 제고를 위한 지원 확대

산림경영계획 수립 시 세제지원 혜택을 제공할 경우, 계획적인 산림경영을 통해 탄소흡수원으로 산림 기능을 강화할 수 있다. 실제로 정부는 임업인의 장기 산림경영을 유도하기 위해 2017년 조세특례제한법에 자경산지에 대한 양도소득세의 감면조항(제69조익4) 119)을 신설한 바가 있다.

2020년에는 자경산지 양도소득세 일몰 연장을 건의하고 증여세 감면을 신규로 건의하는 등 조세감면 건의서 및 평가서 제출을 완료하였다. 이에 대해 구체적으로 살펴보면, 먼저 임업인 육성 및 산림경영 활성화를 위해 산림임업분야 협단체가 참여하는 양도소득세, 증여세, 법인세, 소득세 등에 대한 세제를 발굴하고, 혜택 확대를 위한 세제 개선을 위해 TF팀을

117) 산림청 (2020.12.) *K-Forest 추진계획 - 한국형 산림뉴딜 전략('20년~'30년)* -

118) 산림청 (2020.12.) *탄소흡수원 증진 종합계획 시행을 위한 2021년 연차별 실행계획*

119) 국가법령정보센터, [시행 2021. 7. 1.]법률 제17926호, 2021. 3. 16., 일부개정] *조세특례제한법*

운영하였다. 또한 임업용 면세유 교부대상 임업기계 확대, 부가가치세 영세율 임업용 기자재 확대 등 신규 조세지출 개선사항 5건을 기재부행안부에 제출하였다. 마지막으로 ‘그루가 알려주는 임업인을 위한 세금혜택’<sup>120)</sup>이라는 책자를 제작하여 소속기관, 협단체, 지자체에 배부하여 임업분야 세금혜택 홍보를 진행하였다.

2021년에는 임업용 면세유 부가가치세 면제, 자경산지 양도소득분 개인지방소득세 감면 등 국세·지방세 일몰 연장 13건에 대해 2023~2024년까지 일몰 연장을 완료할 계획이다. 이에 대해 신규 발굴한 조세지출 건의서 및 일몰 연장 평가서를 각각 국세는 기획재정부에, 지방세는 행안부에 제출할 계획이다. 중장기적으로는 임업인 및 산림임업 단체 등에 대한 체계적인 수요조사 및 간담회, 홍보 강화를 통해 임업인을 육성하고, 산림경영 활성화를 도모하는 등 산림경영계획 수립 시 받을 수 있는 혜택에 대한 홍보를 강화할 계획이다.

#### 참고 8.24. 자경산지 양도소득세 감면조항

근거법령	조세특례제한법 제69조의4
지원목적	임업인의 장기 산림경영 유도
지원대상	산림경영계획인가를 받아 10년 이상 보전산지를 경영한 산지소재지 거주자
지원내용	경영기간에 따라 10/100~50/100 감면 • 10년 이상 ~ 20년 미만 : 10% 감면 • 20년 이상 ~ 30년 미만 : 20% 감면 • 30년 이상 ~ 40년 미만 : 30% 감면 • 40년 이상 ~ 50년 미만 : 40% 감면 • 50년 이상 : 50% 감면
출처: 국가법령정보센터, [시행 2018. 1. 1.][법률 제15227호, 2017. 12. 19., 일부개정] 조세특례제한법	

#### • 국산목재 이용기반 조성

2030 로드맵 수정안은 국산목재 이력관리 및 제재목 생산 확대, 탄소저장 기간이 긴 제재목 가공기술 개발 등을 통한 탄소저장 효과 증진으로 2030년에 0.9백만톤의 흡수량을 확보하는 것을 목표로 한다.

지역생산 목재를 이용해 목재특화거리를 조성하고, 목조주택, 생활SOC 목조건축 등을 통한 지역일자리 창출과 친환경 목재도시 조성 및 목조건축 확대 지원을 목표로 제시하였다. 그간 목재도시 모델 개발 및 시범사업, 목조건축전문서비스 지원, 목조건축(국가·민간)의 설계·시공 DB 구축, 건축자재의 표준화 및 표준품셈 마련 등을 진행하였으며, 2020년에는 목재산업 활성화를 위한 규제개선 및 신수요 창출을 추진하였다. 구체적인 내용을 살펴보면 다음과 같다. 공공목조건축 품질 확보를 위한 ‘목조건축서비스 자문단’<sup>121)</sup>을 운영하였으며, 고품질 국산

120) 산림청 (2020) 그루가 알려주는 임업인을 위한 세금혜택

목조주택 표준설계도(8종)를 보급하였다. 또한 도시재생 뉴딜사업 가이드라인<sup>122)</sup>에 '목재친화형 목재도시' 항목을 반영하고 산림청 소속기관 및 산하기관의 신축에는 목조건축을 반영하도록 하였다. 「건축물의 구조기준 등에 관한 규칙」과 「건축구조기준」의 개정<sup>123)</sup>을 통해 목조건축물의 높이 18M 이하, 규모 연면적 3,000 m<sup>2</sup>이하 규정을 폐지하여 목조건축의 장애 요인을 제거함에 따라 목조주택에서 고층 목조건축물 시장이 확대되었다.

2021년에는 목재산업 활성화를 위한 공공목조건축의 지속적인 지원(목조건축 서비스 자문단 등)을 추진하고, 목재친화형 목재도시 조성사업에 대한 지방자치단체 수요조사를 실시할 예정이다. 또한 목재산업단지(2개소), 목재산업시설 현대화(13개소), 국산목재 활용 촉진사업(2개소)을 추진할 계획이다. 목재친화도시 중장기 계획 수립을 목표로 목재친화도시 조성 공간 정립, 목재친화도시 탄소흡수원 및 저장량에 대한 정량적 가치 산출, 국내 여건 분석, 정부 주요 정책 연계방안 제시 등도 포함한다. 목재친화도시 중장기 계획 결과를 반영해 '22년부터 목재친화도시 5개소(총사업비 250억원, 국비 50%)를 조성할 예정이다.

수확된 목재제품(Harvested Wood Products)은 기후변화협약에서 인정하는 탄소저장고로 국산목재의 이용 확대는 탄소저장량을 증진하기 위한 수단이다. 이에 따라, 본 지표는 국산목재 이용기반 조성에서 출발하여 본연의 목적에 맞도록 국산목재 이용실적 등으로 점차 구체화할 필요가 있다. 현재 관련 추진 사업이 점차 구체화되고 있으므로, 향후 사업 추진 현황(개소 수) 등에 대해 정량적으로 평가가 가능할 것이다.

### 3. 요인분해 분석

목표지표가 존재하지 않으므로 요인분해 분석도 수행하지 않는다.

121) 산림청 (2020. 4. 2.) 목조건축 신축시 전문가 자문으로 튼튼하고 아름답게

122) 국토교통부 (2021. 2. 22.) '21년 도시재생 뉴딜사업 신청 가이드라인

123) 국토교통부 (2020. 8. 20.) 건축물의 구조기준 등에 관한 규칙 일부개정령(안) 입법예고

## 4. 종합

흡수원 부문 중 산림 부문의 경우, 주요 감축 수단들의 3개년 평균 목표가 100% 이상 달성된 것으로 확인되었다. 대부분 관련 법령 및 단계별 추진계획을 근거로 하여 진행되므로 향후에도 안정적으로 이행될 것으로 기대된다. 산림경영계획 수립은 경영 기간에 따라 세제지원 혜택을 제공하여 임업인의 중·장기적인 산림경영을 유도할 전망이다. 숲가꾸기 추진 면적도 제4단계 숲가꾸기 5개년 추진계획에 따라 안정적인 이행이 가능하다. 산림 부문 외에 기타 흡수원 부문의 자연생태기반 흡수원(담, 하천 등)의 신규 발굴이 진행 중으로, 향후 사업 전략의 구체화 및 예산 반영을 통한 실행력의 확보가 필요해 보인다.

흡수원 부문은 현행 지표 체계를 유지하되, 감축수단별로 흡수량 확대에 기여하는 정도를 확인할 수 있는 내용을 추가해야 한다. 현재는 산림에서 조림 및 도시숲 면적확대와 숲가꾸기 추진 면적을 기준으로 이행지표 달성여부를 평가하고 있다. 국제적으로 흡수량을 인정받을 수 있는 산림면적은 산림경영이 이루어지고 있는 면적에 해당하는 바, 이에 맞는 정량지표를 추가한다면 점검·평가의 실효성을 더욱 높일 수 있을 것이다. 정성지표 중 국산목재 이용기반 조성은 이용실적 등으로 점차 구체화한다면 보다 체계적인 점검·평가를 수행할 수 있을 것이다.

강화된 NDC 목표 달성을 위해, 흡수원 부문은 산림 생태복원, 도시숲 등 신규조림 확대, 연안 및 내륙 습지 신규 조성 등으로 흡수원을 확보하여 총 26.7백만톤 을 흡수하고자 한다. 이를 위해 기존 산림 부문의 정책 강화와 더불어 기타 부문의 신규 자연생태기반 흡수원을 지속해서 발굴해 나가는 것이 필요할 것이다.

**CCUS**

**1. 목표지표 분석**

2030 로드맵 수정안은 CCUS 기술개발 및 상용화를 통한 2030년 감축잠재량(10.3백만 톤)만을 제시하며, 연도별 감축량을 제시하고 있지 않다. 따라서 제1차 감축 이행기간 중 CCUS에 대한 목표지표 분석은 수행하지 않는다.

**2. 이행지표 분석**

**참고 8.25. CCUS 부문 이행지표 분석 결과 요약**

정량지표									
이행지표	2018년		2019년		2020년		3개년		비고
	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	달성 여부	실적 /목표	
① CO <sub>2</sub> 포집 후 저장(톤)	●	100 /100	●	100 /100	●	100 /100	●	100 /100	
정성지표									
이행지표	2018년	2019년	2020년	3개년		비고			
	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부	달성 여부				
② CCUS 기술혁신 기반 구축	-	-	-	-	-	산정방법론 확립 필요			

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

CCUS는 국조실 총괄 하에 과기정통부(원천기술확보), 산업부(실증 및 상용화), 해수부(저장소 및 안전성), 환경부(환경기술 및 제도개선) 등 관계부처가 역할 분담 및 협력을 통해 추진하고 있다. 기술개발의 경우 CCS는 산업부, CCU는 과기정통부를 중심으로 추진 중이다. 2030년까지 CCS는 발전(LNG 포함, 대규모) 혹은 산업용 중소규모 포집플랜트를 대상으로 단계적으로 실증을 거쳐 온실가스 4백만톤을 감축하고, CCU는 포집된 CO<sub>2</sub>를 활용하여 CO, 메탄올, 초산, 포름산, 시멘트, 탄산칼슘 등의 생산을 통해 온실가스 6.3백만톤을 감축하는 것을 목표로 하고 있다.

참고로, 현재 우리나라 NIR은 IPCC 1996 가이드라인을 기반으로 작성되므로, 만약 CCUS를 통한 감축실적이 존재하더라도 이를 NIR에 반영하는데 한계가 있다. IPCC 2006 가이드라인을 본격적으로 적용하게 되면 CCS를 통한 감축량은 반영할 수 있으나, CCU로

인한 효과는 여전히 산정방법론이 명확하지 않다. 그러므로 CCU를 감축 수단으로 사용하려는 해외 다른 국가와의 협력을 통해 국제적으로 통용될 수 있는 산출 방법론을 확립하는 것이 급선무일 것이다. 이러한 사유로 제2차 기기본도 CCUS 기술 활용에 따른 탄소감축량 검증방법 및 활용방안 수립을 주요 과제로 언급하였다.

### ● 정량지표

정량지표로 제시된 CO<sub>2</sub> 포집 저장량의 경우, 제1차 감축 이행기간은 아직 초기 단계이므로 목표와 실적 모두 현재까지 누적 100톤 규모이다. 그간 산업부의 집중적인 기술 투자로 포집 분야에서는 세계 최고 수준의 습식 및 건식 포집기술(습식 10,000 시간 장기연속운전, 건식 장기연속운전 1,500 시간 성공)을 확보한 것으로 판단된다. 또한 전 세계에서는 3번째로 해상 CO<sub>2</sub> 주입공 시추 및 주입시스템을 완공하고 중소규모 해상 CO<sub>2</sub> 지중저장 실증으로 100톤 CO<sub>2</sub> 저장을 완료하였다.

참고로, 현재 2030년 목표가 306만톤으로 설정되었는데, 이는 2020년 이행실적 보고서, 2030 로드맵 수정안, NDC 상향안에 공통적으로 제시된 2030년 CCS 감축목표인 400만톤보다 낮은 수치이다. 관계부처는 이를 감안하여 2030년 이행지표 목표를 수정할 필요가 있다.

#### 참고 8.26. CCS 부문 이행지표 분석 결과 요약

구 분	2018년		2019년		2020년		3개년		2030년
	실적	목표	실적	목표	실적	목표	실적	목표	목표
CO <sub>2</sub> 포집 후 저장(톤)	100	100	100	100	100	100	100	100	306만*

\* 목표산출기준: 기후기금 온실가스 감축에 미치는 효과 8-2 기준

### ● 정성지표

CCUS 기술개발 및 상용화는 범정부 차원에서 추진되는 프로젝트이며 복수의 부문에 영향을 주기 때문에 국가 차원의 별도 온실가스 감축의 개념으로 인식하는 것이 타당하다. 따라서 2030 로드맵 수정안은 CCUS 기술개발 및 상용화를 별도의 부문으로 설정하고 이를 통한 감축잠재량을 전환, 산업 등의 유관 부문이 아닌 국가 전체 배출량 차원으로 반영하고 있다.

그간 CCUS 관련 정부 계획으로 기후변화대응 기술 확보로드맵(Climature Technology Roadmap, CTR)<sup>124)</sup>과 탄소자원화 발전전략<sup>125)</sup>이 발표되었다. CTR은 주요 내용 중의 하나로 탄소자원화를 포함하며 부생가스 전환, CO<sub>2</sub> 전환, CO<sub>2</sub> 광물화의 3가지 기술에 대한

상세한 분석을 제시하였다. 그러나 CTR은 기술확보 로드맵으로, 실제 현장에서의 적용보다는 R&D 관점에서의 내용이 주를 이루고 있고 연차별 정량 목표가 부재하여 이행지표화에는 한계가 있다. 반면 탄소자원화 발전전략은 탄소전환 실증, 탄소광물 실증, 전략 플랫폼 구축의 3가지 기술에 대해 기간별로 구체적 목표를 제시하고 있으므로 참고할 만하다. 다만, 탄소자원화 발전전략은 부생가스 전환 및 CO<sub>2</sub> 광물화를 통해 2030년 25백만톤의 온실가스를 감축할 것으로 전망하고 있는 반면 2030 로드맵 수정안 목표는 6.3백만톤으로 약 1/4 수준에 불과하여 정합성이 떨어진다는 문제가 있다. 이는 탄소자원화 발전전략이 부생가스, 유기성 폐기물 등의 폐탄소원 활용을 포함하는 반면 2030 로드맵 수정안의 CCU 목표는 CO<sub>2</sub>만을 대상으로 하여 정확히 대응되지 않기 때문이다.

이후 2019년 제3차 녹색성장보고서<sup>126)</sup>에서 CCUS 추진계획이 발표되었으며, 2021년에 「CCU 기술혁신 로드맵」<sup>127)</sup>을 통해 이산화탄소 포집, 전환 부분의 추진전략이 구체화 되었다. 정부는 동 로드맵을 기반으로 CCU 기술 조기 상용화 및 기술 고도화를 위하여 과기정통부와 산업부 간 협업을 통하여 신규사업을 발굴 및 기획할 예정이다. 중장기적으로 2025년까지 선진국 대비 90%의 기술경쟁력 확보, 2030년까지 화학전환 10개, 광물화 4개로 총 14개의 CCU 제품 상용화, 2040년까지 기존 시장가 수준의 100% 가격경쟁력 확보를 목표로 한다. 또한 포집된 CO<sub>2</sub>를 원료로 하는 혁신적인 CCU 원천기술 지속 발굴, CCUS 응용 및 실증기술 개발 강화, CO<sub>2</sub> 전환기술의 온실가스 감축 방법론 개발 등이 계획되어 있다. 2022~2024년에는 CCU 기술의 조기 상용화를 위한 기술개발 지원 및 해양 지중저장 자립화를 위한 기술개발을 지원할 예정이다.

구체적인 추진 현황에 대해 살펴보면 다음과 같다. 현재 다부처 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화 기반구축 사업(2021~2023)<sup>128)</sup>을 추진하고 있다. 산업부는 2020년에는 CO<sub>2</sub> 포집 및 활용을 위한 실증 기술개발을 위해 가스발전/스팀생산 설비 연소 중 CO<sub>2</sub> 포집 및 활용을 위한 기술개발사업(2020~2024)<sup>129)</sup>을 신규 추진하였으며, 2021~2025년 동안 온실가스 저감 효과가 큰 주요 다배출 산업(시멘트, 석유화학, LNG 등)의 CCU 실증과 CCS 고도화 지원을 위해 2021년부터 Net-Zero 수요관리 사업(2021~2024년)을 신규 추진하였다.<sup>130)</sup> 과기정통부에서는 CCS의 경우 대량배출원에서 배출되는 CO<sub>2</sub>를 포집 및 처리하는 핵심원천기술을 개발하는 Korea CCS 2020 사업을 2020년까지 추진하였고, CCU의 경

124) 미래창조과학부 외 (2016) *기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(안)*, 국가과학기술심의회 운영위원회 보고사항

125) 미래창조과학부 보도자료 (2016) 정부 「탄소자원화 국가전략프로젝트 실증 로드맵」 발표

126) 관계부처 합동 (2019) *제3차 녹색성장 5개년 계획*

127) 관계부처 합동 (2021.) *CCU 기술혁신 로드맵*

128) 과학기술정보통신부 (2020) 「다부처 대규모 CCS통합실증 및 CCU 상용화 기반구축」 2021년도 시행계획(안)

129) 산업부 (2020) *2020년 가스 발전/스팀생산 설비 연소중 CO<sub>2</sub> 포집·활용 기술개발사업 신규지원 대상과제 공고*

130) 산업부 (2021) *'21년 'Net-Zero 수요관리사업' 신규 R&D 과제 공고*



우 현재 차세대 탄소자원화 핵심 기술개발, 탄소자원화 기술 고도화 등의 R&D 사업을 연구실 규모로 진행 중이다. 두 사업은 각각 저비용·고수율·친환경 탄소자원화 원천기술 개발 및 탄소자원화 기술 실증을 통한 온실가스 감축/산업 생태계 조성을 목표로 한다. 특히 2020년에는 CO<sub>2</sub>를 활용하여 화학원료 등 유용물질을 생산하는 Carbon to X 기술개발 사업(2020~2024)<sup>131)</sup>을 시작하였다. 2021년부터는 관계부처(산업부, 과기정통부, 해수부, 환경부) 간 협력을 통해 CO<sub>2</sub> 다배출 산업의 CO<sub>2</sub> 감축을 위한 직접 처리 기술개발(2021~2024)에 착수할 예정이다. 그러나 현 시점에서는 대다수의 기술이 R&D 추진 단계로, 실질적인 점검·평가를 위한 지표는 정량적 혹은 정성적 형태 어느 쪽으로도 확인이 어렵다.

#### 참고 8.27. CCU 기술 기반 탄소순환 미래사회



CCS 관련 법으로는 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」이 있다. 동법 제10조에 의하면, CO<sub>2</sub> 스트림(이산화탄소가 대량으로 발생하는 시설 등으로부터 포집과정을 거쳐 고압으로 액화된 이산화탄소)의 해양지중저장이 가능하다<sup>132)</sup>. CCU에 대한 법제화는 아직 추진되지 못했으나, CCU 기술 기반 사업 수행을 위해서는 규제 개선이 필요한 상황이다. 폐기물로 구분되어 있는 이산화탄소 스트림의 활용 촉진을 위해서 폐기물처리업 이외에 활용이 가능하도록 하고, 사업장 내 이산화탄소 포집·처리 시설이 있는 업체의 경우 폐기물처리

131) 과학기술정보통신부 (2020) 유용물질 생산을 위한 Carbon to X 기술개발사업 신규과제 공모

132) 해양수산부 (2020. 12.) 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법

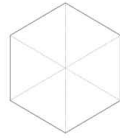
업이 가능하도록 하는 등의 특례 부여가 필요하다. 또한 석유화학원료를 대체하기 위해서는 석유 및 석유대체연료 사업법에서 석유대체원료로 이산화탄소 전환 제품 사용을 허가하는 법안 추진이 필요하다. 기술개발과 관련해서는 「기후변화대응 기술개발 촉진법」이 2021. 4월 제정되어 같은 해 10월부터 시행되고 있다.

### 3. 요인분해 분석

목표지표가 존재하지 않으므로 요인분해 분석도 수행하지 않는다.

### 4. 종합

CCUS 부문은 통계 산정방법론이 확정되지 않았고, 기술 수준 역시 현재 원천기술 개발 혹은 소규모 실증 등의 초기 단계이므로 현 시점에서 구체적인 점검·평가에는 한계가 있다. 그러나 CCUS 기술은 2030년 목표 달성분만 아니라 장기적 관점에서의 탈탄소화를 위한 핵심 수단이므로 면밀한 점검·평가를 지속적으로 추진해야 한다. 최근 정부는 2030 감축목표 달성에 기여하고, 나아가 탄소중립 실현을 위한 핵심 기술개발 및 CCU 상용화를 추진하기 위해 2021년 상반기에 관계부처 합동 CCU 기술혁신 로드맵을 발표하였다. 이에 따른 체계적 기술개발 및 상용화된 R&D와 다양한 제도적 지원을 통해 CCU를 확대하고, 다부처 공동사업을 통해 대용량 저장소를 확보하기 위한 노력이 필요하다.



참고

**국제 온실가스 감축과 기후변화  
협상 동향**

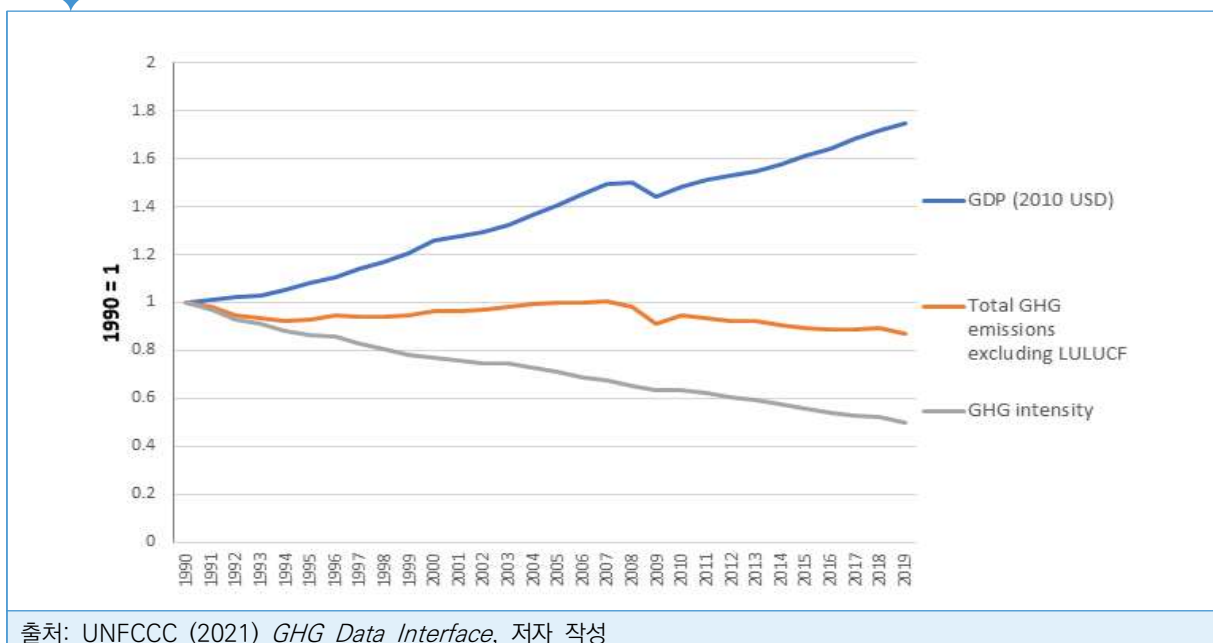


## 국제 온실가스 감축과 기후변화 협상 동향

### 1. 국제 온실가스 배출량 추이

기후변화에 대처하기 위해 각 나라들은 협력적으로 여러 가지 노력을 기울여 왔다. 1992년 기후변화협약(UNFCCC) 채택을 시작으로, 1997년 채택된 교토의정서에서는 부속서 I 국가로 분류되는 38개 선진국들이 감축의무를 가지게 되면서 본격적인 감축노력을 시작하였다. 개도국들에게는 구속력 있는 감축의무가 없었던 교토체제의 한계점을 보완하기 위해 2015년에 파리협정이 채택되었으며, 197개 당사국들이 감축의무를 스스로 결정하는 국가 결정기여(Nationally Determined Contribution) 제출을 합의함으로써 기후변화에 신속하게 대응하기 위한 발판을 마련하였다.

참고 9.1. 부속서 I 국가의 배출량, 경제성장, 배출집약도 추이

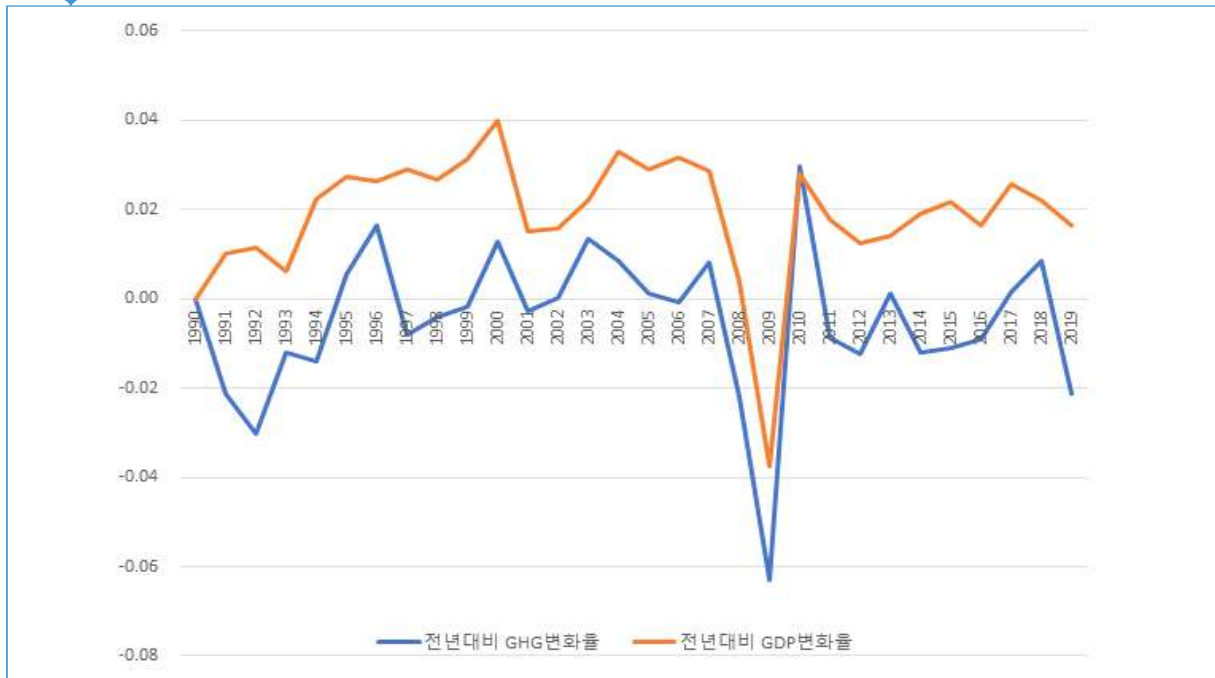


신기후체제 이전, 실질적인 감축의무가 있었던 부속서 I 국가들의 온실가스 배출 및 경제 성장 추이는 <참고 9.1.>과 같다. 2019년 부속서 I 국가들의 온실가스 배출량은 1990년 대비 86% 수준으로 감소했고, 2018년 배출량 대비 약 2% 감소했다. 경제성장 대비 온실가스 배출량을 나타내는 배출집약도는 1990년 대비 2000년에 75% 수준, 2010년에 62% 수준, 2019년에 49% 수준을 나타내며 지속적으로 감소하고 있다.

전년 대비 온실가스 배출량 및 GDP 변화율 추이는 <참고 9.2.>와 같다. 온실가스 배출

량 변화율과 GDP 변화율은 거의 유사한 움직임을 보이다 2010년을 기점으로 확연히 달라진다.

**참고 9.2. 부속세 국가의 전년대비 온실가스배출량 변화율, GDP 변화율**



출처: UNFCCC (2021) GHG Data Interface, 저자 작성

주요국 온실가스 배출량 동향을 살펴보면, 2019년 EU의 온실가스 배출량은 1990년 대비 72% 수준으로 감소했고, 2018년 대비 약 4% 감소하였다. 배출집약도는 1990년 대비 2000년에 73% 수준, 2010년에 59% 수준, 2019년에 43% 수준을 나타내며, 경제성장 대비 배출량 감소가 가속화된 현상을 볼 수 있다.

2019년 미국의 온실가스 배출량은 1990년 대비 102% 수준으로 증가했고, 2018년 대비 약 2% 감소하였다. 배출집약도는 1990년 대비 2000년에 81% 수준, 2010년에 65% 수준, 2019년에 50% 수준을 나타내며, 경제성장이 온실가스 배출량보다 빠른 증가 속도를 보이고 있다.

2019년 일본의 온실가스 배출량은 1990년 대비 95% 수준으로 감소했고, 2018년 대비 약 3% 감소했다. 배출집약도는 1990년 대비 2000년에 95% 수준, 2010년에 85% 수준, 2019년에 72% 수준을 나타내며 EU, 미국에 비해 상대적으로 높은 배출집약도 수준을 유지하고 있다.

2018년 중국의 온실가스 배출량은 1990년 대비 383% 수준으로 증가하였으며, 2018년 중국의 GDP 또한 1990년 대비 1000%이상 증가한 값을 나타낸다. 이는 2016년 부속서 I 국가 배출량 대비 75% 수준이다.<sup>133)</sup>

## 2. 감축 목표 관련 기후변화 협상 동향

### ● 국가결정기여(NDC)

2021년부터 본격적으로 시행되는 신기후체제인 파리협정에서 각 당사국은 자발적인 NDC 제출을 통해 감축목표를 상향식(bottom-up)으로 제시한다. 이때 NDC를 갱신하여 제출할 경우에는 파리협정 제4조 3항<sup>134)</sup>에서 언급하는 바와 같이 이전 NDC 보다 진전 (progression)되고 최대 수준의 의욕을 반영해야 한다.

결정문 1/CP.21 제23항<sup>135)</sup>에 따라, 파리협정체제하 모든 당사국들은 2020년까지 NDC 를 신규 제출 및 갱신해야 하지만, COVID-19의 영향으로 2020년 11월 개최 예정이었던 COP26이 2021년 11월로 연기됨에 따라 UNFCCC에서는 2021년 2월까지의 초기 단계와 COP26 이전의 최종 단계의 NDC 제출을 요구했다.

현재(2021.08.25. 기준)까지 197개 당사국 중 192개 국가가 1차 NDC를 갱신하거나 2차 NDC를 제출하였다.

**참고 9.3. 파리협정 당사국 NDC 신규 제출 및 갱신 현황(2021.11.25. 기준)**

구 분	국 가
1차 NDC 제출 당사국(181)	아프가니스탄, 알바니아, 알제리, 안도라, 앙골라, 안티가바부다, 아르메니아, 호주, 오스트리아, 아제르바이잔, 바하마, 바레인, 방글라데시, 바베이도스, 벨라루스, 벨기에, 벨리즈, 베냉, 볼리비아, 보스니아헤르체고비나, 보츠와나, 브라질, 브루나이, 불가리아, 브루키나파소, 브룬디, 카보베르데, 캄보디아, 카메룬, 캐나다, 중앙아프리카공화국, 차드, 칠레, 중국, 콜롬비아, 코모로, 콩고, 룩셈부르크, 코스타리카, 크로아티아, 쿠바, 사이프러스, 체코, 코트디부아르, 북한, 콩고민주공화국, 덴마크, 지부티, 도미니카연방,

133) 중국을 제외한 국가들은 UNFCCC GHG Data Interface 데이터를 사용하였으나, 중국의 배출량 데이터는 비균형적으로 구성되어 있으므로 Climate Watch에서 제공하는 중국의 온실가스 배출량 데이터를 사용하였다. GDP 자료는 UNFCCC GHG Data Interface의 데이터를 사용하였다.

134) 파리협정 제4조 제3항, "Each Party's successive nationally determined contribution will represent a progression beyond the Party's then current nationally determined contribution and reflect its highest possible ambition, reflecting its common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances."

135) 결정문 1/CP.21 제23항 "Requests those Parties whose intended nationally determined contribution pursuant to decision 1/CP.20 contains a time frame up to 2025 to communicate by 2020 a new nationally determined contribution and to do so every five years thereafter pursuant to Article 4, paragraph 9, of the Agreement;"

	<p>도미니카공화국, 에콰도르, 이집트, 엘살바도르, 적도기니, 에리트레아, 에스토니아, 에스와티니, 에티오피아, 유럽연합, 피지, 핀란드, 프랑스, 가봉, 조지아, 독일, 가나, 그리스, 과테말라, 기니, 기니비사우, 가이아나, 아이티, 온두라스, 헝가리, 아이슬란드, 인도, 인도네시아, 이라크, 아일랜드, 이스라엘, 이탈리아, 자메이카, 일본, 요르단, 카자흐스탄, 케냐, 키리바시, 쿠웨이트, 키르기스스탄, 라오스, 라트비아, 레바논, 레소토, 라이베리아, 리히텐슈타인, 리투아니아, 룩셈부르크, 마다가스카르, 말라위, 말레이시아, 몰디브, 말리, 몰타, 모리타니, 모리셔스, 멕시코, 미크로네시아, 모나코, 몽골, 몬테네그로, 모로코, 모잠비크, 미얀마, 나미비아, 나우루, 네덜란드, 뉴질랜드, 니카라과, 니제르, 나이지리아, 니우에, 노르웨이, 오만, 파키스탄, 팔라우, 파나마, 파라과이, 페루, 필리핀, 폴란드, 포르투갈, 카타르, 대한민국, 몰도바, 루마니아, 러시아, 르완다, 세인트키츠네비스, 세인트루시아, 세인트빈센트그레나딘, 산마리노, 상투메프린시페, 사우디아라비아, 세네갈, 세르비아, 세이셸, 시에라리온, 싱가포르, 슬로바키아, 슬로베니아, 솔로몬제도, 소말리아, 남아프리카공화국, 스페인, 스리랑카, 팔레스타인, 수단, 스웨덴, 스위스, 시리아, 타지키스탄, 태국, 북마케도니아, 동티모르, 토고, 트리니다드토바고, 튀니지, 터키, 투르크메니스탄, 투발루, 우간다, 우크라이나, 영국, 탄자니아, 미국, 우루과이, 우즈베키스탄, 바누아투, 베네수엘라, 베트남, 잠비아, 짐바브웨</p>
<p>2차 NDC 제출 당사국(13)</p>	<p>아르헨티나, 부탄, 잠비아, 그레나다, 마셜제도, 네팔, 오만, 파푸아뉴기니, 사모아, 남수단, 수리남, 통가, 아랍에미리트</p>
<p>* 2차 NDC 분류 기준이 상이하여 UNFCCC NDC 등록부 분류체계를 따름.</p>	
<p>출처: UNFCCC (2021) <i>NDC interim Registry</i>, 저자 작성</p>	

● 장기저탄소발전전략(LT-LEDS)과 탄소중립(Net-zero)

IPCC는 2018년 8월, 지구온난화 1.5 °C 특별보고서(IPCC Special Report on Global Warming of 1.5 °C(IPCC-SR1.5), 이하 특별보고서)를 발표했다. 특별보고서에서는 전 지구적 평균 온도 상승폭을 산업화 이전 수준 대비 1.5 °C로 제한하기 위한 온실가스 배출 경로와 1.5 °C수준일 때의 기후 영향 등을 분석하고 있다. IPCC가 보고서를 통해 2030년까지 전 세계가 온실가스 배출량을 적어도 45% 줄이고 2050년까지 넷제로(Net-zero)<sup>136)</sup> 선언을 해야 한다고 권고함에 따라, 많은 국가들은 넷제로 목표를 수립 중에 있다.

넷제로 목표 설정의 필요성은 파리협정 제4조에도 명시되어 있다. 파리협정 제4조 1항에 따르면, 당사국들은 금세기 하반기에 온실가스 배출원에 의한 인위적 배출과 흡수원에 의한 제거 간에 균형을 달성할 수 있도록 한다.<sup>137)</sup> 또한 파리협정 제4조 19항<sup>138)</sup>에 따라, 당

136) 넷제로란 온실가스 배출량과 흡수량이 같아 순(Net) 배출량이 0이 되는 상태를 의미한다.  
 137) 파리협정 제4조 제3항, “In order to achieve the long-term temperature goal set out in Article 2, Parties aim to reach global peaking of greenhouse gas emissions as soon as possible, recognizing that peaking will take longer for developing country Parties, and to undertake rapid reductions thereafter in accordance with best available science, so as to achieve a balance between anthropogenic emissions by sources and removals by sinks of greenhouse gases in the second half of this century, on the basis of



사국들은 장기 저탄소 발전전략(LT-LEDS: Long-term low greenhouse gas Emission Development Strategies)을 수립 및 제출하고, 결정문 1/CP.21 제35항<sup>139)</sup>에 따라 2020년 까지 LT-LEDS를 제출하도록 권고되었다. 그러나 COVID-19의 영향으로 NDC 제출 및 갱신에 대한 일정이 미뤄지면서, 현재까지도 계속적으로 NDC에 관한 보고가 이루어지고 있다.

현재(2021.11.25.기준)까지 UNFCCC사무국에 LT-LEDS를 제출한 당사국은 총 46개 당사국이다.

**참고 9.4. 장기 저탄소 발전전략(LT-LEDS) 제출 현황 (2021.11.25. 기준)**

<b>LT-LEDS 제출 당사국(46)</b>	콜롬비아, 몰타, 통가, 안도라, 북마케도니아, 뉴질랜드, 칠레, 룩셈부르크, 네팔, 태국, 호주, 아이슬란드, 중국, 헝가리, 슬로베니아, 인도네시아, 과테말라, 프랑스, 스위스, 덴마크, 대한민국, 오스트리아, 네덜란드, 스웨덴, 스페인, 벨기에, 라트비아, 노르웨이, 핀란드, 남아프리카공화국, 싱가포르, 슬로바키아, 유럽연합, 코스타리카, 포르투갈, 일본, 피지, 마셜제도, 우크라이나, 영국, 체코, 독일, 베냉, 미국, 멕시코, 캐나다
출처: UNFCCC (2021) ( <a href="https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies">https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies</a> ), 저자 작성	

**참고 9.5. 장기 저탄소 발전전략(LT-LEDS)**

국가	Net-zero 목표 연도	Net-zero 목표 LEDS 포함 여부
캐나다	목표연도: 2050년	포함
멕시코	x	미포함
미국	목표연도: 2050년	포함
베냉	x	미포함
독일	목표연도: 2050년	포함
체코	목표연도: 2050년	포함
영국	x	미포함
우크라이나	목표연도: 2050년, 2060년(늦어도)	포함
마셜제도	목표연도: 2050년	포함
피지	목표연도: 2050년	포함
일본	목표연도: 금세기 후반	포함
포르투갈	목표연도: 2050년	포함
코스타리카	목표연도: 2050년	포함

equity, and in the context of sustainable development and efforts to eradicate poverty.”

138) 파리협정 제4조 제19항, “All Parties should strive to formulate and communicate long-term low greenhouse gas emission development strategies, mindful of Article 2 taking into account their common but differentiated responsibilities and respective capabilities, in the light of different national circumstances.”

139) 당사국총회 결정문, Decision 1/CP.21, 35항, “Invites Parties to communicate, by 2020 to the secretariat mid-century, long-term low greenhouse gas emission development strategies in accordance with Article 4, paragraph 19, of the Agreement, and requests the secretariat to publish on the UNFCCC website Parties low greenhouse gas emission development strategies as communicated.”

유럽연합	목표연도: 2050년	포함
슬로바키아	목표연도: 2050년	포함
싱가폴	목표연도: 금세기 후반	포함
남아프리카공화국	목표연도: 2050년	포함
핀란드	목표연도: 2035년	포함
노르웨이	목표연도: 2050년	포함
라트비아	목표연도: 2050년	포함
벨기에	목표연도: 2050년	포함
스페인	목표연도: 2050년	포함
스웨덴	목표연도: 2045년	포함
네덜란드	목표연도: 2050년	포함
오스트리아	목표연도: 2050년	포함
대한민국	목표연도: 2050년	포함
덴마크	목표연도: 2050년	포함
스위스	목표연도: 2050년(스위스)	포함
프랑스	목표연도: 2050년	포함
과테말라	x	미포함
인도네시아	목표연도: 2060년	포함
슬로베니아	목표연도: 2050년	포함
헝가리	목표연도: 2050년	포함
중국	목표연도: 2060년	포함
아이슬란드	목표연도: 2040년	포함
호주	목표연도: 2050년	포함
태국	목표연도: 2050년	미포함
네팔	목표연도: 2045년	포함
룩셈부르크	목표연도: 2050년	포함
칠레	목표연도: 2050년	포함
뉴질랜드	목표연도: 2050년	포함
북케마니아	x	미포함
안도라	목표연도: 2050년	포함
통가	목표연도: 2050년	포함
몰타	목표연도: 2050년	포함
콜롬비아	목표연도: 2050년	포함

\* 위 표는 UNFCCC에 LT-LEDS를 공식 제출한 당사국만을 대상으로 함.

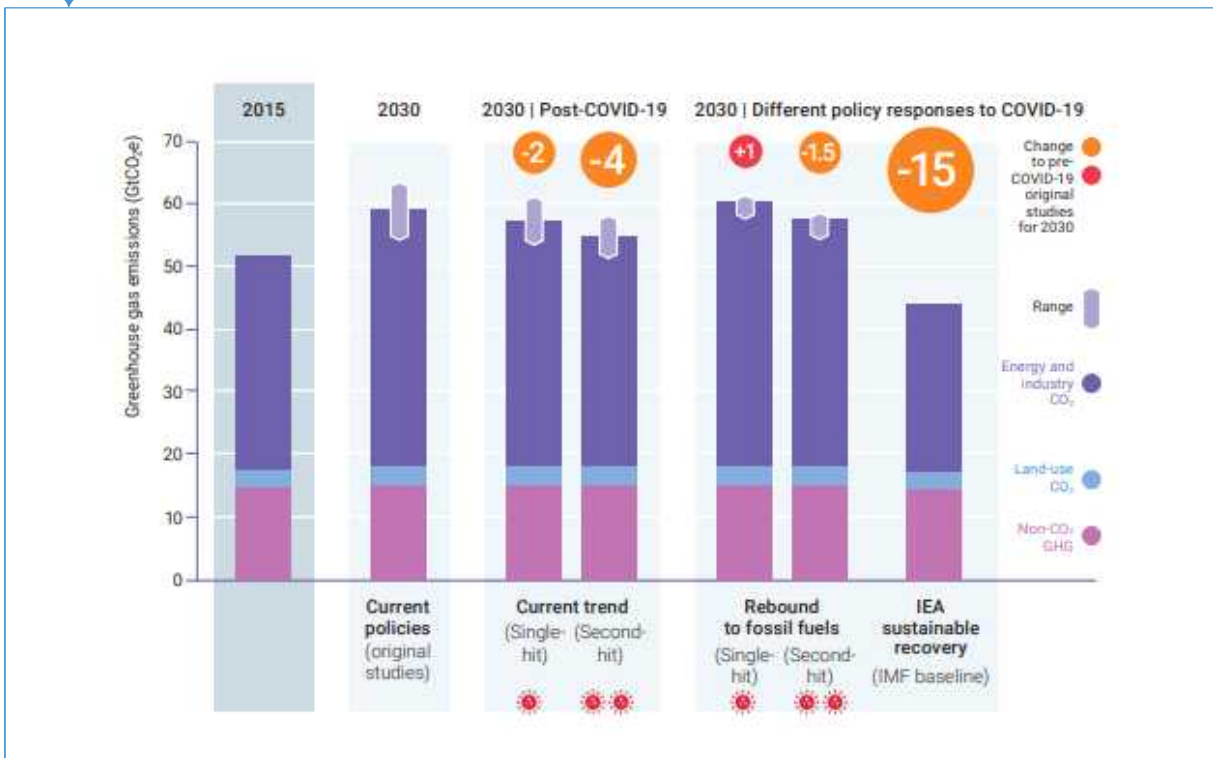
출처: UNFCCC (2021) (<https://unfccc.int/process/the-paris-agreement/long-term-strategies>), 저자 작성

유엔환경계획(UNEP)은 2020년 배출격차보고서(Emission Gap Report)를 통해 COVID-19의 영향으로 2020년 세계 온실가스 배출량이 감소할 것으로 예상되지만, 지구 평균 기온 2 °C 상승 억제 목표는 달성하기 어려운 것으로 발표하였다. 향후 배출 격차를 줄이기 위해서는 COVID-19로 인한 피해를 회복하는 과정에서 저탄소 사회로의 전환이 필요함을 더불어 강조하였다. UNEP에 따르면 COVID-19의 영향으로 2020년의 CO<sub>2</sub> 배출량은 2019년에 비해 약 7% 저감될 것으로 예상되지만, non-CO<sub>2</sub> 배출량이 크게 영향을 받지 않아 전체 온실가스 배출량 저감에는 큰 영향을 미치지 않으며, 대기 중 온실가스의 농도 역시 계속 증가하고 있다. 또한, COVID-19로 인한 경기성장의 둔화로 2030년까지 온실가스 배출량이 2-4 Gt 줄어든 것으로 보지만, 전 세계 배출량 감소는 일시적이고 단기적인

것이기에 강력한 탈탄소를 추진하지 않는 한 2030년까지 배출량 저감에는 큰 영향을 미치지 않을 전망이다.

현 정책 수준(COVID-19 이전 정책 시나리오 기준) 하 2030년 온실가스 배출량은 59 Gt으로 추정되나, 2 °C 온도상승 억제 목표 달성시 2030년 배출량 추정치는 41 Gt, 1.5 °C 목표 달성시 배출량 추정치는 25 Gt이다. 무조건부 NDC가 모두 이행될 경우 2 °C 온도상승 억제 목표 달성 시나리오와의 배출량 격차는 15 Gt, 1.5 °C 온도상승 억제 목표 달성 시나리오와의 배출량격차는 32 Gt이다. 현재 NDC는 파리협약 달성을 위해 충분하지 않고, 현 상황이 유지될 경우 세기 말까지 적어도 3 °C 상승할 것으로 예상된다. 최근 발표된 넷제로(Net-zero) 배출이 이를 0.3 °C 줄일 수 있을 것으로 예상되므로, 넷제로 달성을 위한 강력한 단기 정책 및 파리 기후변화협약을 고려한 장기적 전략을 세워 NDC를 세우거나 업데이트할 필요가 있다.

**참고 9.6. COVID-19 관련 시나리오별 전 세계 온실가스 배출량**



출처: UNEP (2020) *Emission Gap Report 2020*

2020 유엔환경계획 배출량보고서의 결과는 파리협정 온도상승 억제 목표를 달성하기 위해서는 현 수준보다 훨씬 더 의욕적인 수준의 목표가 필요함을 시사한다. 동 보고서는 배출 격차를 메우고 지속적으로 온실가스 배출을 저감하기 위해 이동·주거·식량 등과 관련된 생활방식의 변화가 이루어져야함을 강조한다. 전 세계 이산화탄소 배출량의 5%를 차지하는

국내외 운송 및 항공 부문은 향후 증가할 것으로 예상되는데 국제 운송 및 항공 분야는 NDC에 포함되지 않으며, 2050년 IPCC 1.5 °C 상승 시나리오에 따라 현재의 추세를 볼 때 CO<sub>2</sub> 배출량의 60~220%를 소비할 것으로 전망한다. 그러나 이에 관한 정책 프레임워크가 약하며, 기술·운항·연료사용에 대한 단기적인 대책이 아닌 장기적인 대책으로 탄소 배출을 줄이는 노력이 필요하다.

### 별첨 2030 로드맵 수정안과 국가 온실가스 배출량 매칭표

2030 로드맵 수정안 분류		국가 온실가스 인벤토리 보고서(NIR) 분류	
		직접배출	공정배출 및 비에너지
전환	발전	1A1a. 공공전기 및 열 생산	2A3. 석회석 및 백운석 소비
	집단에너지		
산업	철강	1A2a. 철강	2A3. 석회석 및 백운석 소비 2C1. 철강생산
	석유화학	1A2c. 화학	2B. 화학산업 2E. 할로카본 및 육불화황 생산
	디스플레이	1A2fii. 조립금속	2F7. 반도체 및 액정표시장치 제조
	전기전자	1A2fii. 조립금속	2F8. 충전기기 2F9. 기타(잠재배출량)
	반도체	1A2fii. 조립금속	2F7. 반도체 및 액정표시장치 제조
	자동차	1A2fii. 조립금속	2F9. 기타(잠재배출량)
	시멘트	1A2fi. 비금속	2A1. 시멘트 생산
	기계	1A2fii. 조립금속	-
	정유	1A1b. 석유정제	-
	농림어업	1A4c. 농업/임업/어업	-
	섬유	1A2fv. 섬유 및 가죽	-
	유리	1A2fi. 비금속	-
	산업단지	1A1c. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업	-
	기타제조	1A2fvi. 기타제조	2A4. 소다회 생산 및 소비
	비철금속	1A2b. 비철금속	2C4. 마그네슘 생산의 SF <sub>6</sub> 소비
	조선	1A2fii. 조립금속	-
	음식료품	1A2e. 식음료품 가공 및 담배 제조	-
	제지	1A2d. 펄프, 제지 및 인쇄	-
	건설업	1A2fiv. 건설	-
	요업	1A2fi. 비금속	-
	광업	1A1c. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업	2A2. 석회 생산
	목재	1A2fiii. 나무 및 목재	-
건물	가정	1A4b. 가정	-
	상업	1A4a. 상업/공공	-
수송	도로	1A3b. 도로수송	-
		1A3e. 기타수송	
	철도	1A3c. 철도	
	해운	1A3d. 해운	
	항공	1A3a. 민간항공	
공공기타	1A4a. 상업/공공		-
	1A5. 미분류		
농축산	-	CRF 4. 농업	
폐기물	-	CRF 6. 폐기물	
기타	탈루 등	1B. 탈루	-
		1A1c. 고체연료 제조 및 기타 에너지 산업	

## 관련기관 및 참여자

「2018~20년 온실가스 감축 이행실적 평가」보고서는 아래와 같은 참여자들의 협력 및 공동연구를 통해 발간되었다(가나다 순).

김동련	신안산대학교	김대욱	온실가스종합정보센터
김석태	국립수산과학원	김영환	국립산림과학원
김정원	온실가스종합정보센터	김학영	온실가스종합정보센터
김형건	강원대학교	남연우	한국해양교통안전공단
민희경	한국환경공단	박강훈	한국에너지공단
박상준	한국교통연구원	박용철	온실가스종합정보센터
박준홍	국립환경과학원	박창원	숙명여자대학교
방정연	온실가스종합정보센터	방종철	온실가스종합정보센터
복영진	온실가스종합정보센터	서흥원	온실가스종합정보센터
송주화	한국환경공단	신영수	온실가스종합정보센터
안영환	숙명여자대학교	안중기	온실가스종합정보센터
유기형	한국건설기술연구원	유승직	숙명여자대학교
유정식	연세대학교	윤영중	온실가스종합정보센터
이민경	온실가스종합정보센터	이상준	에너지경제연구원
이수열	전남대학교	이숙희	해양환경공단
이슬기	온실가스종합정보센터	이상훈	국립생태원
이영지	온실가스종합정보센터	이재윤	산업연구원
이지웅	부경대학교	이지유	온실가스종합정보센터
이창우	온실가스종합정보센터	이현화	온실가스종합정보센터
임영아	한국농촌경제연구원	전기원	화학연구원
정학균	한국농촌경제연구원	최은정	농촌진흥청 국립농업과학원
최형욱	온실가스종합정보센터	한승희	한국에너지공단
한정민	온실가스종합정보센터	홍대웅	한국환경공단
홍지혜	온실가스종합정보센터		

「2018~20년 온실가스 감축 이행실적 평가」보고서는 제2차 기후변화대응 기본계획에 따라 국조실 및 환경부 주관으로 다음과 같은 정부 부처의 협력으로 발간되었다(가나다 순).

과학기술정보통신부(과기정통부)	국립농업과학원	국립산림과학원
국무조정실(국조실)	국토교통부(국토부)	농림축산식품부(농식품부)
농촌진흥청	산림청	산업통상자원부(산업부)
해양수산부(해수부)	행정안전부(행안부)	환경부

## 2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가

발행일	2021년 12월
펴낸이	온실가스종합정보센터장
펴낸곳	온실가스종합정보센터 (28166) 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명로 210, 오송스퀘어 빌딩 3층 대표전화 043-714-7563, FAX 043-714-7570
홈페이지	<a href="http://www.gir.go.kr">http://www.gir.go.kr</a>

〈비매품〉

이 책을 무단 전재 또는 복제 행위 시 저작권법에 따라 처벌을 받게 됩니다.  
오류 발견 시 연락주시십시오.

**온실가스종합정보센터**