

발간번호: 11-1480906-000008-10

2021년 온실가스 감축 이행실적 평가

2022. 12.

온실가스종합정보센터

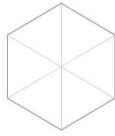
2021년 온실가스 감축 이행실적 평가

2022. 12.

온실가스종합정보센터

CONTENTS | 2021년 온실가스 감축 이행실적 평가

| | |
|--------------------------------------|-----|
| 제1장 서론 | 1 |
| 제2장 2021년 잠정배출량 산정 | 9 |
| 제3장 국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 | 19 |
| 제4장 전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 | 31 |
| 제5장 산업 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 | 49 |
| 제6장 건물·공공기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 | 69 |
| 제7장 수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 | 107 |
| 제8장 기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과 | 129 |
| 참고 국제 온실가스 감축과 해외 이행점검 현황 | 181 |



제 1 장

서론

제1장 서론

1. 그간의 경과

● 2018~2020년 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. 2021년에는「2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안」¹⁾(이하 2030 로드맵 수정안)에 설정된 제1차 감축 이행기간(2018~2020년)의 국가 온실가스 감축 이행평가를 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 2021년 이행실적 평가 보고서를 작성하였다.

2020년 작성된 「2018~2019년 온실가스 감축 이행실적 평가」²⁾ 보고서(이하 2020년 이행실적 보고서)는 당시 확정 발표된 2018년 배출량 실적과 2019년 잠정치를 기초로 하였다. 2021년에 작성된 「2018~2020년 온실가스 감축 이행실적 평가」³⁾ 보고서(이하 2021년 이행실적 보고서)는 제1차 감축 이행기간(2018~2020년)의 연평균 배출량 목표와 2018년, 2019년의 배출량 실적과 2020년 잠정 배출량을 기초로 작성하였다.

국가 온실가스 배출량은 온실가스 감축정책, 그리고 신기술에 대한 투자 등과 같은 감축 노력 뿐만 아니라 경기변동, 인구, 그리고 국제유가 등과 같은 감축 정책효과와 무관한 대내외 요인에 의하여 영향을 받을 수 있다. 2020년부터 실시한 우리나라 온실가스 이행점검은 이러한 정책 외적인 요인과 정책효과를 반영한 요인으로 구분하여 온실가스 감축 이행과 성과를 평가하기 위해 요인분해 분석을 수행하였다. 요인분해 분석은 온실가스 배출량에 영향을 미치는 인구 효과, 경제성장 효과(GDP/인구), 에너지집약도(에너지소비량/GDP), 그리고 탄소집약도(온실가스배출량/에너지소비량) 등을 요인으로 설정해 온실가스 배출량 변화를 설명할 수 있다. 이러한 요인들은 정책효과를 반영하는 내부적 요인과 상대적으로 정책효과와 관련성이 떨어진 외부적 요인으로 구분할 수 있다. 에너지집약도, 탄소

1) 2021년 10월 27일 2030 NDC 상향안이 확정되어 2030년 온실가스 감축목표가 2018년 대비 40% 감축하는 것으로 수정되었다. 2030 로드맵 수정안에서는 국가 전체의 감축목표는 유지했으나 국내 감축 수준을 상향했기 때문에 국내 감축목표는 총 2회에 걸쳐 수정되었다.

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

3) GIR (2021) 2018~20년 온실가스 감축 이행실적 평가

집약도 등의 요인은 정책에 의하여 변화할 수 있는 내부적 요인이며 인구 효과와 경제성장 효과는 온실가스 감축 정책과는 상대적으로 관련성이 낮은 외부적 요인이다. 이러한 온실가스 배출량 변화요인에 대한 체계적·지속적인 분석은 중요하다. 온실가스 감축정책에 있어 에너지 효율과 에너지원 구성의 변화는 특히 중요하며 이에 대한 정책의 실질적인 효과를 일관성 있게 체계적으로 평가하는 기반을 제공하는 측면에서 의의를 찾을 수 있다. 이러한 분석의 틀은 국가 단위 분석 뿐만 아니라 부문별 특성을 반영하여 부문별로도 적용하였다.

2. 2030년 국가 온실가스 감축목표 상향과 이행평가

참고 1.1. 부문별 2030 온실가스 감축목표 NDC 상향 전후 비교

(단위: 백만톤)

| 구분 | 부문 | 기준연도('18) | 現 NDC('18.7) ('18년 比 감축률) | NDC 상향안('21.10) ('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 |
| | 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: 관계부처 합동 (2021) 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안

2020년 우리나라는 2050년까지 탄소중립을 실현하겠다는 장기 비전을 제시하였다. 특히 2021년은 1기 탄소중립위원회(이하 탄중위), 2022년은 2기 탄소중립녹색성장위원회(이하 탄녹위)를 발족하였다. 특히 2021년에는 2030년 및 2050년 감축목표를 설정하였다는 점

에서 온실가스 감축에 대한 정부의지 및 이와 관련된 중요한 방향성을 제시하였다. 또한, 2050년 탄소중립목표 이행과정에 있어 중간 목표 시점인 2030년의 국가 온실가스 감축목표를 <참고 1-1>에서와 같이 2018년 배출량 대비 26.3%에서 40%로 대폭 상향하여 기후변화협약 사무국에 제출하였다.

2030 NDC 상향안에 관하여 2022년 말 현 정부는 연도별, 부문별 온실가스 감축 목표 검토 및 이행경로를 설정하고 있으며, 2023년 3월 말까지 확정 발표할 예정이다. 이를 근거로 2020년 이후의 온실가스 감축 성과에 대한 평가를 시행하는 것이 적절할 것이다. 하지만 2030년까지의 새로운 국가 온실가스 감축이행 경로가 2023년 3월에 발표되는 경우 감축경로의 시작연도는 실질적으로 2023년 이후로 설정될 것으로 예상된다. 따라서 2023년 확정 발표되는 새로운 연도별, 부문별 온실가스 감축이행 경로에 따라 정책 강화, 신규 투자 및 지원, 관련 예산 및 정책 계획 등이 준비되어야 한다. 이러한 이유로 실질적으로 정책의 효과가 발생하고 발생한 효과를 평가하기 위해서는 일정 기간의 시차가 불가피하다.

2030 NDC 상향안에 따른 2021년 목표는 부재중이므로 현재 국가 및 민간부문의 2021년 감축목표 이행은 2018년에 발표된 2030 로드맵 수정안에 근거하여 시행될 수 밖에 없다. 따라서 본 보고서는 2021년의 국가 온실가스 감축목표 이행에 관한 평가(목표지표, 이행지표분석, 요인분해분석)를 2030 로드맵 수정안에 기반하여 평가하고 있다.

3. 국제사회 이행평가 동향 2022년 이행평가

제24차 유엔기후변화협약 당사국총회('18.12월)에서 채택된 투명성체계 이행규칙 (Modalities, Procedures and Guidelines, MPGs)(Annex, Decision 18/CMA.1)에 따라 우리나라는 NDC 이행·달성 진전·추적 정보를 포함한 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report, 이하 BTR)를 2024년부터 2년마다 제출해야 한다.

이러한 2024년 제1차 BTR 제출에 앞서 MPGs 제3장의 내용 및 형식을 고려하여 BTR과 연계할 수 있는 이행점검 개편(안) 마련이 필요하다. MPGs 부속서에서 제시하는 BTR 포함 항목은 아래와 같다.

참고 1.2. MPGs 부속서 10항

| 구분 | 내용 |
|-----|--|
| 10항 | (a) 온실가스 배출·흡수량을 포함한 국가 인벤토리 보고서 제출 필요(shall) |
| | (b) NDC 이행·달성 진전·추적 정보 제출 필요(shall) |
| | (d) 선진국은 파리협정 제13조 제9항에 따라 개도국에 대한 지원 정보 제공 필요(shall), 기타 당사국은 제공 권고(should) |

출처: UNFCCC (2018)

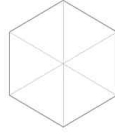
<참고 1-2>에서 제시하고 있는 바와 같이 BTR에는 기존의 국가 온실가스 인벤토리 보고서, 국가보고서와의 차이는 단순한 온실가스 배출량 통계 제출의 의미를 뛰어넘어 2030년 국가 온실가스 감축목표 이행에 관한 진전 사항을 추적할 수 있는 정보를 제출해야 하는 것이다. 그리고 2021년 영국의 글래스고우(Glasgow)에서 개최된 26차 당사국 총회에서는 관련 진전 사항을 보고하기 위한 공통보고양식(Common Table Format, 이하 CTF)에 합의하면서 파리협정 하 강화된 투명성체계 이행을 위한 준비를 마쳤다. 2030년의 감축목표 상황과 이행력 제고를 위한 '감축작업 프로그램'을 운영하기로 합의하고 운영 방식에 대한 구체적인 내용을 2022년 11월에 개최되는 제27차 기후변화협약 당사국 총회까지 확정하기로 하였다.

제27차 당사국 총회에서는 감축작업 프로그램을 2023년부터 운영하기로 하였으며, 매년 최소 2회 이상의 워크숍을 개최하여 국가 또는 IPCC 온실가스 배출량 작성을 위한 부문 및 제6차 IPCC 평가보고서의 기후변화완화 보고서의 부문 등에 대한 감축 성과와 목표 상황 등에 대하여 논의하기로 하였다. 그리고 2022년 3월에 발표된 IPCC 제6차 평가보고서의 기후변화완화 보고서에서는 이전의 보고서와는 달리 2019년 현재 전지구적으로 이행되고

있는 온실가스 감축정책과 조치 수준으로는 각국이 제시하고 있는 2030년의 감축목표를 달성할 수 없다는 “이행격차(implementation gap)”라는 새로운 개념을 제시하며, 감축목표 설정뿐만 아니라 설정된 목표 이행의 중요성을 강조하고 있다.

이처럼 국제사회는 2030년 전 세계적으로 제시하고 있는 감축목표가 지구의 온도상승을 1.5℃ 이내로 억제하기에는 상당히 부족할 뿐만 아니라, 이러한 부족한 목표조차도 달성가능성이 낮다는 문제의식하에 2030년까지 온실가스 감축목표 이행평가에 더 많은 국제사회의 집중 논의가 예상된다. 따라서 우리나라의 온실가스 감축목표 이행에 대한 평가는 그동안 요인분해분석이라는 방법론과 부문별 목표지표 및 이행지표를 확정하고 체계화하는 과정을 거쳤다.

2022년 이행평가는 앞에서 설명한 바와 같이 상향된 2030년 국가 온실가스 감축목표와 일관성을 갖는 2021년의 국가 온실가스 감축목표가 확정되지 않았고, 실질적으로 2021년의 온실가스 감축 정책과 조치, 혹은 노력은 2030 로드맵 수정안에 근거하여 이행되었으므로 2030 로드맵 수정안을 기준으로 평가하고 있다. 2021년 온실가스 감축목표 이행에 대한 평가는 국가 단위 평가뿐만 아니라 전환, 산업, 건물(가정, 상업, 공공·기타), 수송, 농축산, 폐기물 등 부문 단위로도 진행한다. 그리고 2021년 이행실적 평가보고서의 목표지표, 이행지표 등을 기준으로 지표 분석도 병행하고 있다.



제 2 장

2021년 잠정배출량 산정

제2장 2021년 잠정배출량 산정

우리나라는 매년 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Greenhouse Gas Inventory Report, 이하 NIR)를 통해 연도별·부문별·유형별 온실가스 배출 현황을 공표한다⁴⁾. 본 보고서에서는 1990년부터 2020년까지 GIR이 확정 발표한 NIR 자료를 기준으로 하며 2021년은 잠정배출량⁵⁾을 기준으로 한다.

참고 2.1. 온실가스 잠정배출량 산정 개요

NIR은 정확하고 신뢰할 수 있는 국가 온실가스 배출 통계를 제공하지만, 발간 시점 2년 전까지의 실적만 포함하므로 최신 배출량 파악에 한계가 있다. 이에 GIR은 2020년부터 전년도 잠정배출량을 산정하고 있다. 분야별 잠정배출량 산정 방법 개요는 아래와 같다.

- 에너지 분야
 - (산정방법) 현행 국가 온실가스 인벤토리 산정 방법을 준용하여 전 부문 산정
 - (활동자료) 에너지 통계 월보(이하 월보)의 연간 증감률을 활용하여 추정
- 산업공정 분야
 - (산정방법) 현행 국가 온실가스 인벤토리 산정 방법을 준용하여 전 부문 산정
 - (활동자료) ① 해당연도(T) 국가 통계* 및 명세서(2A, 2B5, 2C, 2F(잠재), 2F7)
 - ② 최신연도 인벤토리 동일 값**(2B2~2B4, 2F8)
 - * 석유화학 수급 통계, 수출입통계 등 국가 인벤토리 산정 활동자료
 - ** 인벤토리 초안(T-1)
- 농업 분야
 - (산정방법) 현행 국가 온실가스 인벤토리 산정 방법을 준용하여 전 부문 산정
 - (활동자료) ① 해당연도(T) 국가 통계*(4A 일부)
 - ② 전년도(T-1) 국가 통계**(4A 일부, 4B~C)
 - ③ 최신연도 인벤토리 동일 값*** (4D, 4F)
 - * 분기별 가축 사육두수(가축 동향 조사)
 - ** 연간 가축 사육두수, 식량작물 재배면적(농림축산식품 통계연보, 농업면적조사)
 - *** 인벤토리 초안(T-1)
- 폐기물 분야
 - (산정방법) 현행 국가 온실가스 인벤토리 산정 방법을 준용하여 전 부문 산정
 - (활동자료) ① 해당연도(T) 국가 통계(인구, 업종별 GDP)를 활용하여 추정(6A, 6C) ② 최신연도 인벤토리 동일 값*(6B, 6D)
 - * 인벤토리 초안(T-1)

상기 방법론을 통해 산정한 2019년과 2020년 잠정배출량을 각 연도별 NIR과 비교해본 결과는 아래 <참고2-2>와 같다.

4) <http://www.gir.go.kr/home/index.do?menuId=36> (accessed: 2022.11.23.)

5) 보도자료(2022.6.28.) 2021년 국가 온실가스 배출량, 6억 7,960만톤 예상 - 온실가스종합정보센터, 2021년 국가 온실가스 잠정배출량 공개 -

참고 2.2.

연도별 잠정배출량 및 NIR 배출량 차이

| 연도/부문 (배출량: 백만톤) | | 2020 보도자료 (잠정배출량) | 2021 보도자료 (잠정배출량) | 2021 NIR (확정배출량) | 2022 NIR (확정배출량) |
|---------------------|-------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 2019 | 총 배출량 | 702.8 | 699.5 | 701.1 | 701.2 |
| | 에너지 | 611.2 | 611.2 | 612.0 | 612.1 |
| | 산업공정 | 53.6 | 51.0 | 51.5 | 51.7 |
| | 농업 | 21.0 | 21.0 | 21.2 | 21.0 |
| | 폐기물 | 17.0 | 16.3 | 16.4 | 16.5 |
| 2020 | 총 배출량 | | 648.6 | | 656.2 |
| | 에너지 | | 563.7 | | 570.4 |
| | 산업공정 | | 47.4 | | 48.1 |
| | 농업 | | 21.3 | | 21.1 |
| | 폐기물 | | 16.3 | | 16.7 |

출처: GIR

2020년 보도자료에 따른 2019년 잠정배출량과 2021년 NIR에 따른 2019년 확정배출량의 차이는 다음과 같다. 국가 총 배출량 기준 -0.2%의 오차가 나타났다. 부문별로는 에너지가 0.1%, 산업공정이 -3.9%, 농업이 1.0%, 폐기물이 -3.5%로 나타났다. 2021년 보도자료에 따른 2020년 잠정배출량과 2022년 NIR에 따른 2020년 확정배출량을 비교해보면, 국가 총 배출량 기준 1.2%로 나타났으며 부문별로는 에너지가 1.2%, 산업공정이 1.5%, 농업이 -0.9%, 폐기물이 2.5%로 나타났다.

● 온실가스 총배출량

2021년 우리나라의 온실가스 총배출량은 1990년 대비 132.7%, 전년 대비 3.6% 증가한 679.6백만톤으로 나타났다. 1990년 이후로 우리나라의 온실가스 총배출량은 1998년, 2014년, 2019년, 그리고 COVID-19 영향으로 생산과 소비가 급감한 2020년을 제외하고 지속적으로 증가하였다. 2018년 온실가스 총배출량 727.0백만톤을 정점으로 2019년 701.2백만톤, 2020년 656.2백만톤으로 감소하였다가 2021년 679.6백만톤으로 소폭 증가

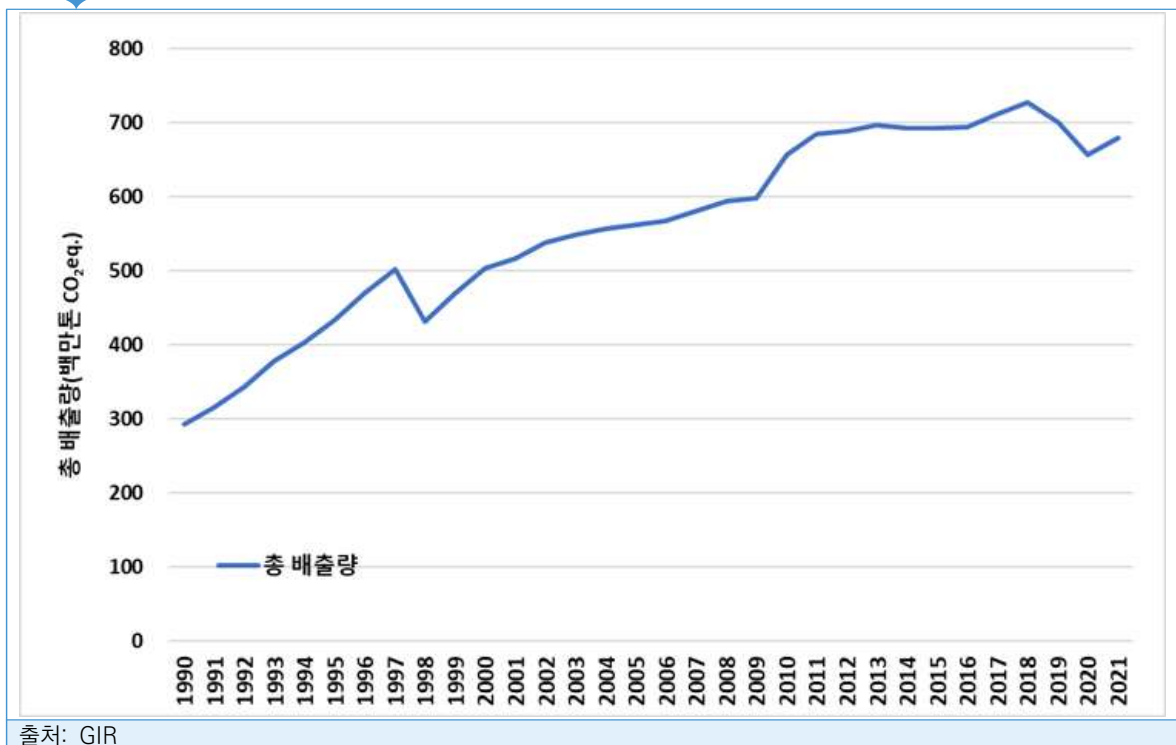
하였다. 부문별 배출량 비중을 살펴보면 에너지 591.0백만톤(87.0%), 산업공정 50.6백만톤(7.4%), 농업 21.2백만톤(3.1%), 폐기물 16.8백만톤(2.5%)으로 나타났다.

참고 2.3. 온실가스 총 배출량(1990~2021년)

| 분야 | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 1990년 대비 2021년 증감률(%) | 2020년 대비 2021년 증감률(%) |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------------|-----------------------------|
| 총 배출량 (백만톤) | 292.1 | 502.7 | 656.1 | 727.0 | 701.2 | 656.2 | 679.6 | 132.7 | 3.6 |

출처: GIR

참고 2.4. 온실가스 총 배출량(1990~2021년)



● 1인당 온실가스 배출량

2021년 우리나라 인구는 51.7백만명, 온실가스 총 배출량은 679.6 백만톤으로 1인당 온실가스 배출량은 13.1톤으로 나타났다. 과거 실적과 비교하자면 이는 1990년 대비 92.7% 증가하였고 전년 대비 3.7% 증가하였다.

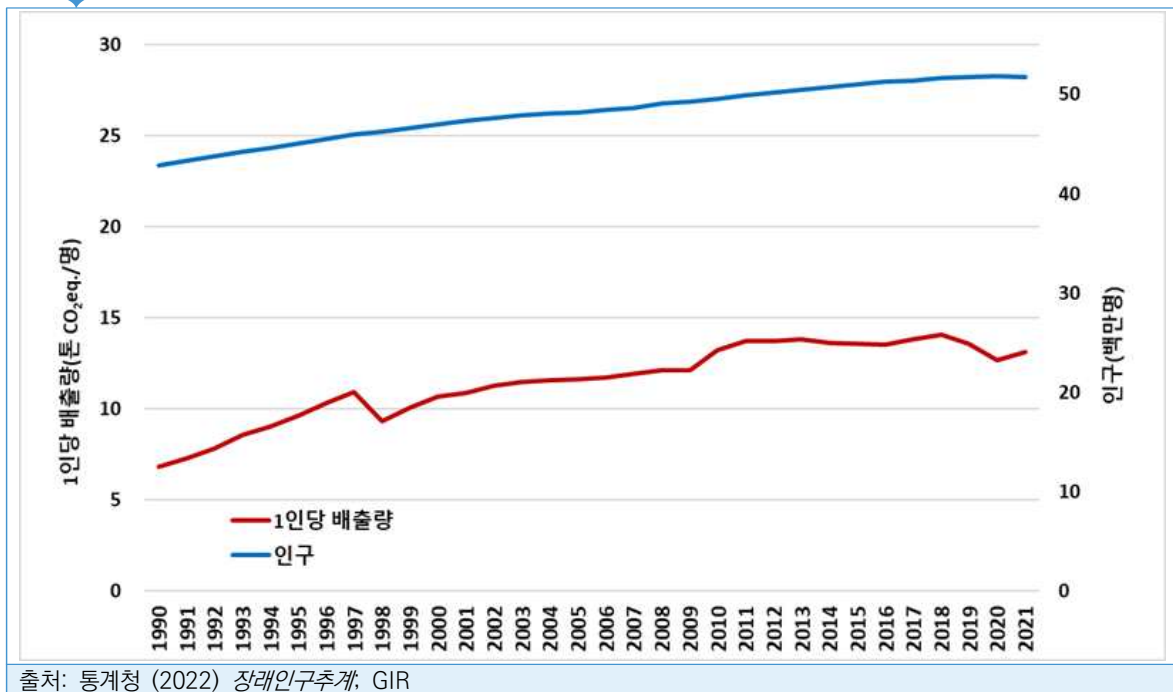
인구는 1990년 대비 20.7%, 전년 대비 0.2% 감소하였고 1인당 온실가스 배출량은 지속적으로 증가하다가 2019년, 2020년은 감소하였으며 다시 2021년 소폭 증가하였다.

참고 2.5. 1인당 온실가스 배출량(1990~2021년)

| 분야 | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 1990년 대비 2021년 증감률(%) | 2020년 대비 2021년 증감률(%) |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1인당 배출량 (톤 /명) | 6.8 | 10.7 | 13.2 | 14.1 | 13.6 | 12.7 | 13.1 | 92.7 | 3.7 |
| 인구(백만명) | 42.9 | 47.0 | 49.6 | 51.6 | 51.8 | 51.8 | 51.7 | 20.7 | -0.2 |

출처: 통계청 (2022) *인구총조사*; GIR

참고 2.6. 1인당 온실가스 배출량(1990~2021년)



● GDP당 온실가스 배출량

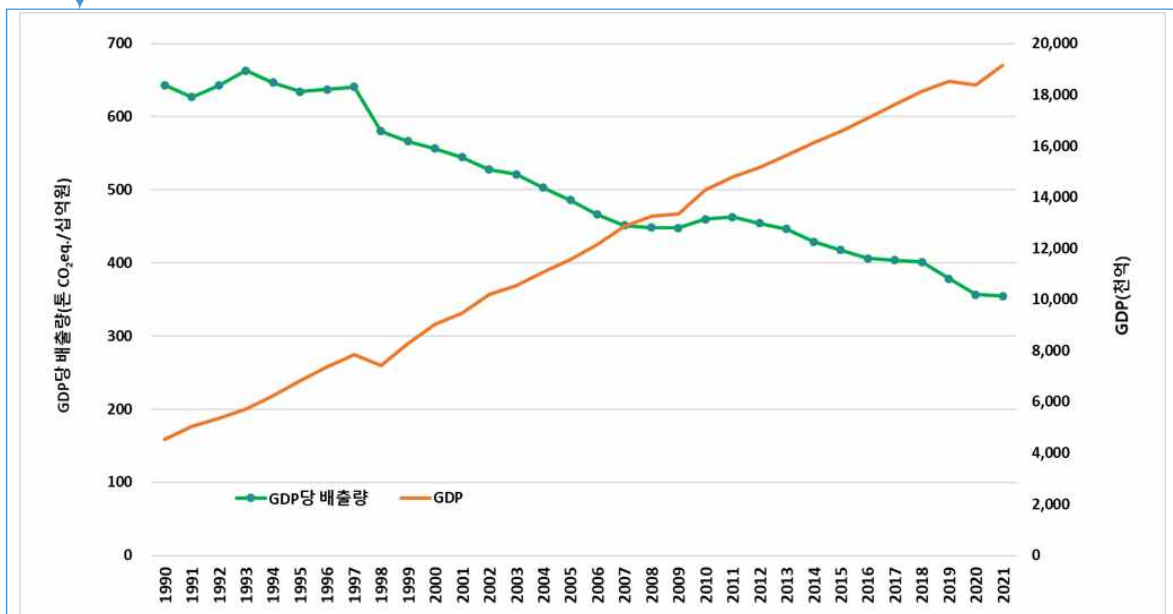
2021년 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량은 354.8톤/십억원이다. 이는 1990년 GDP당 배출량(643.5톤/십억원)보다 44.8% 감소된 수치이다. 전년도 GDP당 배출량은 354.8톤/십억원으로 2021년 GDP당 배출량은 전년도 대비 0.6% 소폭 감소하였다. 2021년 GDP는 1990년 대비 321.8%로 크게 증가하였고 2020년 대비 4.1% 증가하였다. 2020년에는 GDP가 COVID-19로 인한 경기 침체상황으로 2019년에 비해 감소하였던것과 비교하면 2021년도는 다시 GDP가 증가세에 도입한 것으로 나타났다. GDP당 배출량은 여전히 크게 줄어들면서 GDP와 배출량간의 탈동조화가 더욱 뚜렷해졌음을 보여주고 있다.

참고 2.7. 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량(1990~2021년)

| 분야 | 1990 | 2000 | 2010 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 1990년 대비 2021년 증감률(%) | 2020년 대비 2021년 증감률(%) |
|-----------------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------------------------|-----------------------------|
| GDP당 배출량 (톤/십억) | 643.5 | 556.4 | 459.9 | 401.2 | 378.5 | 356.7 | 354.8 | -44.8 | -0.6 |
| GDP(천억) | 4,541 | 9,036 | 14,266 | 18,120 | 18,527 | 18,395 | 19,158 | 321.8 | 4.1 |

출처: 한국은행 (2022) *실질 국내총생산(2015년 기준)*, GIR

참고 2.8. 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 배출량(1990~2021년)

출처: 한국은행 (2022) *실질 국내총생산(2015년 기준)*, GIR

NIR 및 잠정배출량을 이용하여 2021년 부문별 목표지표 달성 여부를 평가하려면, 이를 동일한 기준 아래 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 포함한 부문별 목표를 설정하기 때문이다. 또한 부문별로 포함하는 업종 분류가 상이하어, 이를 재분류하였다(참고 2.11.). 따라서 NIR 실적을 2030 로드맵 수정안에 맞춰 재분류하고, 이를 활용하여 목표지표 달성 여부를 파악하였다. 이때, 간접 배출량의 경우 전력·열 원단위에 의한 차이를 함께 고려할 필요가 있다. 예컨대 전력 원단위 실적치가 2030 로드맵 수정안에서 전망값보다 높을 경우, 같은 양의 전력을 사용하더라도 이에 따른 간접 배출량은 목표를 달성하지 못할 수도 있다. 이 경우에는 실적 원단위를 활용하여 2030 로드맵 수정안 목표 배출량을 보정하였다.

참고 2.9. 전력/열 원단위(로드맵과 실적 차이, 2018-2021년)

| 연도 | | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|-------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 전력 원단위 (톤/TOE) | BAU | 5.6 | 5.7 | 5.3 | 5.2 |
| | 로드맵 | 5.5 | 5.2 | 5.0 | 4.8 |
| | 실적 | 5.8 | 5.4 | 4.8 | 4.7 |
| 열 원단위 (톤/TOE) | BAU | 5.8 | 5.6 | 5.7 | 5.8 |
| | 로드맵 | 4.0 | 4.0 | 4.1 | 4.1 |
| | 실적 | 3.0 | 2.7 | 2.4 | 2.6 |

제4장부터 제8장까지의 부문별 점검·평가는 아래와 같이 2030 로드맵 수정안 기준에 따라 재분류한 수치를 기준으로 진행했다.

참고 2.10. 국가 온실가스 배출량 분류체계 비교

| NIR 분류체계(IPCC 기준) | 2030 로드맵 수정안 분류체계 |
|-------------------|-------------------|
| CRF 1. 에너지 | 전환 |
| CRF 2. 산업공정 | 산업 |
| CRF 4. 농업 | 수송 |
| CRF 5. LULUCF | 건물 |
| CRF 6. 폐기물 | 공공기타 |
| | 농축산 |
| | 폐기물 |
| | 탈루 등 |

* CRF(Common Reporting Form) : 국가 온실가스 인벤토리의 배출·흡수 항목별로 활동자료, 배출계수 및 배출량 등을 포함한 공통보고양식

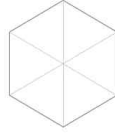
참고 2.11. 2030 로드맵 수정안과 국가 온실가스 배출량 매칭표

| 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 ₆ 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 | - |

참고로, NIR이 연도별로 업데이트될 경우 과거 온실가스 배출량 실적이 산정 연도별로 달라질 수 있다. 따라서 연도별 전력·열 원단위 실적 역시 산정 연도에 따라 차이가 있고, 결과적으로 이를 활용하여 보정한 부문별 목표 배출량도 산정 연도 별로 달라진다.

참고 2.12. 2021년의 전력/열 원단위(산정 연도별 차이)

| 연도 산정연도 (년) | 2018년 | | | 2019년 | | | 2020년 | | | 2021년 |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|--------|-------|
| | 2020 | 2021 | 차이(%) | 2020 | 2021 | 차이(%) | 2021 | 2022 | 차이(%) | 2022 |
| 전력 원단위 (톤/TOE) | 5.765 | 5.751 | -0.252 | 5.408 | 5.396 | -0.217 | 4.864 | 4.828 | -0.751 | 4.68 |
| 열 원단위 (톤/TOE) | 3.037 | 3.037 | 0.000 | 2.723 | 2.723 | 0.000 | 2.419 | 2.389 | 1.211 | 2.59 |



제 3 장

국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

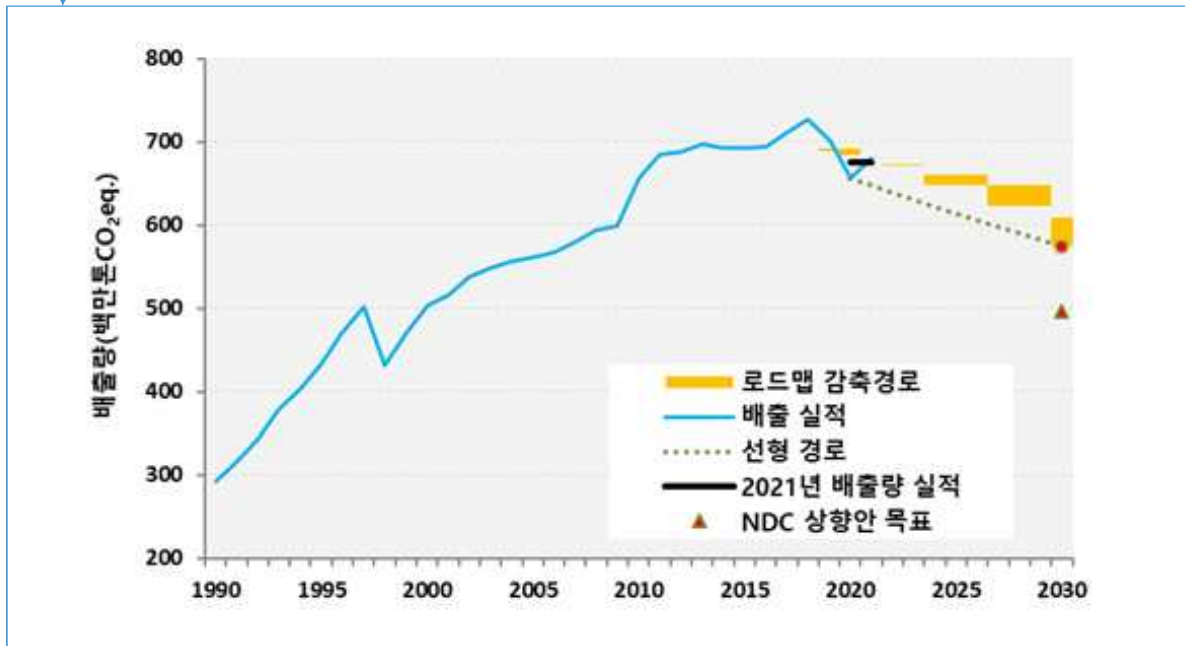
제3장 국가 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

1. 목표지표 분석

앞서 서론에 작성한 것처럼 2021년은 우리나라의 온실가스 감축 정책에 있어서 중요한 방향성을 제시한 해이다. 탄중법에 기반한 탄소중립위원회를 발족시켰으며 2050년 탄소중립 이행에 관한 2가지 부문별 구체적인 시나리오를 제시하였다. 제3장에서는 이러한 2021년에 대한 국가 온실가스 총배출량 목표지표 분석을 통해 감축목표 달성여부를 평가하고, 배출량 현황 파악을 시도한다.

2021년 우리나라 온실가스 총배출량은 1990년 대비 132.7%, 전년 대비 3.6% 증가한 679.6백만톤으로 나타났다. 2021년 목표 배출량과 비교하면 0.62% 높은 수치이다. 전년도 보고서에서 언급한 바와 같이 2018년 이후 2년 연속 온실가스 감소의 주된 요인 중 하나가 COVID-19로 인한 생산량 감소였다. 2021년 온실가스 배출량이 2020년 대비 3.51% 증가한 것은 이러한 COVID-19로 인한 생산량 감소가 완화된 것이 주된 요인으로 보인다. 2030년 감축목표 달성을 위해, 보다 지속적이고 강화된 노력과 모니터링이 요구된다.

참고 3.1. 국가 전체 배출량 감축경로



| (백만톤) | 1990년 | 2000년 | 2010년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2030년 |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|
| 실적 배출량 | 292.1 | 502.7 | 656.1 | 727.0 | 701.2 | 656.2 | 679.6 | - |
| 목표 배출량 | - | - | - | - | - | - | 675.4 | 574.3 ¹⁾ |
| 2030 NDC 상향안 목표 배출량 | - | - | - | - | - | - | - | 496.8 ²⁾ |

¹⁾ 국내 감축 목표 배출량 574.3백만톤에서 흡수원(22.1백만톤) 및 국외감축분(16.2백만톤)의 추가 감축량을 반영하여 536백만톤 목표 달성

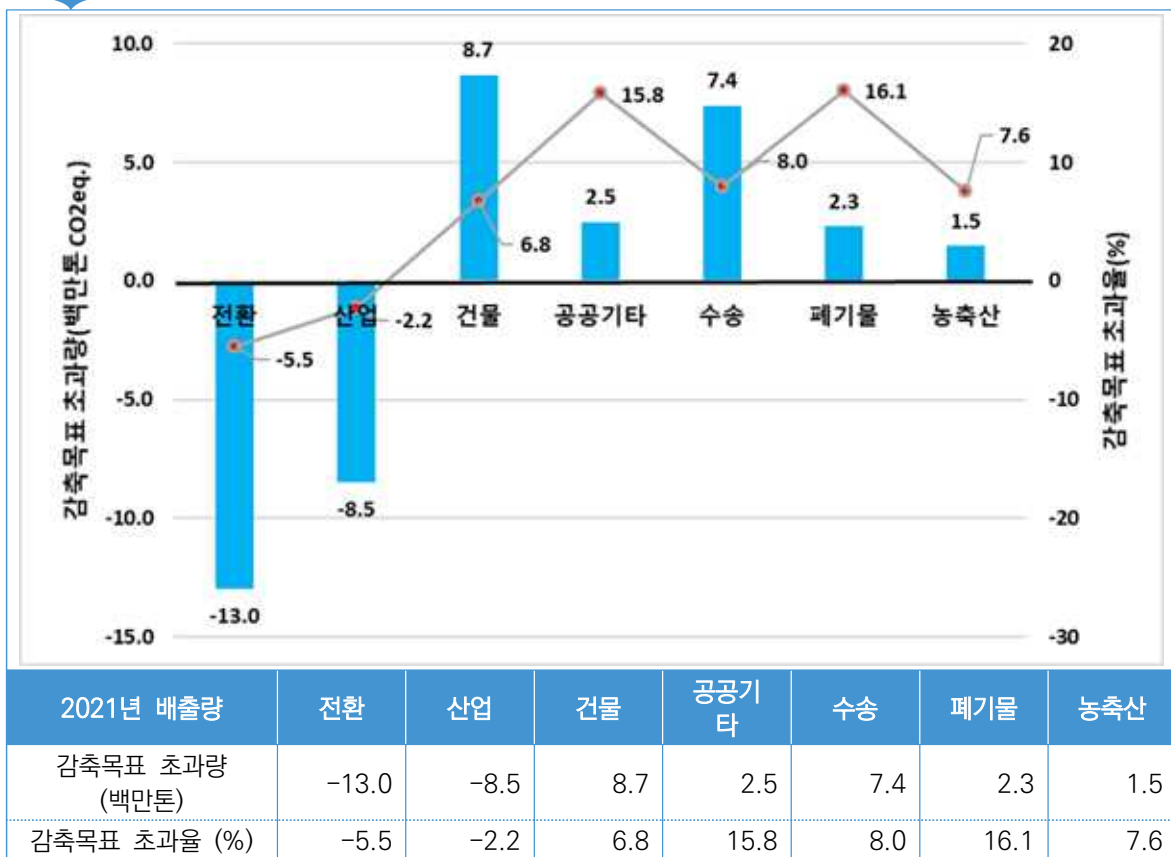
²⁾ 국내 감축 목표 배출량 496.8백만톤에서 흡수원(26.7백만톤) 및 국외감축분(33.5백만톤)의 추가 감축량을 반영하여 437백만톤 목표 달성

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

2018년 이후 2년 연속 동안 온실가스 배출량이 감소하였지만, 2021년의 경우 COVID-19로 인한 경기 침체 상황에서 회복세를 보이며 다시 반등하였다. 부문별로는 전환, 산업부문에서 감축목표를 달성하였다.

2021년 부문별 온실가스 배출 실적을 살펴보면, 전환부문은 목표 대비 5.5%(13.0백만톤) 낮게 배출하여 목표를 초과 달성하였다. 산업부문 또한 목표 대비 2.2%(8.5백만톤) 낮게 배출한 것으로 나타났다. 한편, 건물부문은 목표 대비 배출량 6.8%(8.7백만톤)를 초과하였고 공공기타 부문은 15.8%(2.5백만톤), 수송부문은 8.0%(7.4백만톤), 폐기물부문은 16.1%(2.3백만톤), 농축산 부문은 7.6%(1.5백만톤)를 각각 초과하였다. 부문별 감축목표 달성 및 미달성 요인 분석은 3~8장에서 자세히 다루었다.

참고 3.2. 부문별 목표지표 달성도



지난 30년 동안 우리나라 온실가스 배출량 증가의 주요 원인은 에너지 소비량 증가 및 경제성장 효과였으므로 배출량 현황을 파악하기 위해서는 에너지 소비량 대비 온실가스 배출량을 계산한 값인 탄소집약도와 에너지 효율을 나타내는 에너지집약도는 좋은 지표가 될 수 있다. 탄소집약도는 고탄소 에너지 사용 비율을 의미하며 에너지 소비량 대비 온실가스 배출량을 의미한다. 에너지집약도는 GDP 대비 에너지 소비량을 계산한 값으로 단위 부가가치 창출 시 소비되는 에너지이며, 에너지가 소득창출에 얼마나 효율적으로 이용되는지를 보여주는 지표이다.

2021년 총에너지 소비량은 215.0백만 TOE로 2030 로드맵 수정안 목표에 비해 4.3% 높으며, 탄소집약도는 3.2톤/TOE로 목표보다 3.6% 낮게 나타났다. 이는 에너지 소비량이 목표보다 많아 온실가스 배출을 늘리는 요인이 된 반면, 저탄소 에너지원으로서의 개선을 보여주는 탄소집약도 감소로 온실가스 배출량을 일부 줄이는데 효과가 있었음을 의미한다. 한편 GDP 실적은 1,915.8조 원으로 전망 대비 3.2% 낮아졌지만, 에너지집약도는 전망보다 7.8% 높은 11.2TOE/억원으로 집계되어 온실가스 배출을 늘리는 요인으로 작용하였다.

참고 3.3. 국가 전체 목표지표 분석

| 목표지표 | | 단위 | 2021년 목표 | 2021년 실적 | 차이(%) |
|---------|-----|--------|----------|----------|-------|
| 에너지 소비량 | | 백만 TOE | 206.0 | 215.0 | 4.3 |
| 탄소 | 배출량 | 백만톤 | 675.4 | 679.6 | 0.6 |
| | 집약도 | 톤/TOE | 3.3 | 3.2 | -3.6 |
| 에너지 | GDP | 조원 | 1978.7 | 1915.8 | -3.2 |
| | 집약도 | TOE/억원 | 10.4 | 11.2 | 7.8 |

2. 요인분해 분석

● 분석 개요

우리나라 온실가스 배출량은 전반적으로 경제성장과 함께 증가하는 추세를 보여 왔으나 2018년 정점 도달 이후 2년 연속으로 감소하였다. 하지만 이와 대조적으로 2021년은 2020년 대비 총 온실가스 배출량이 3.6% 증가하였다. GDP는 COVID-19로 인한 경기 침체로 인하여 2019년, 2020년 감소했던 것에 반해 2021년은 전년도 대비 4.1% 증가하였다. 이러한 상황속에서 우리나라 배출량 증감요인에 대한 이해가 선행되어야 온실가스 감축목표를 효과적이고 체계적으로 설정하고 이행할 수 있다. 이에 본 보고서는 배출량 증감요인 분해 분석을 통해 개별 요인들이 국가 배출량 증감에 미친 영향에 대하여 정량적으로 분석한다.

에너지 소비량 및 온실가스 배출량 증감요인 분해 분석 방법으로 흔히 지수분해분석(Index Decomposition Analysis, 이하 IDA)가 사용된다. IDA는 간단한 데이터로도 분석이 가능해 비교적 데이터 수집 부담이 적다는 장점이 있으며⁶⁾ 그중에서도 LMDI(Logarithmic Mean Divisia Index) 방법론은 설명되지 않는 잔차(殘差)가 결과에 남지 않고 계산이 간결해가 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 장에서는 인구 효과, 경제성장 효과, 에너지집약도 효과, 탄소집약도 효과 4가지로 분해하여 분석한

6) GIR (2016) 국가 온실가스 증감요인 분해분석 연구

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

다. 첫째, 인구 효과는 인구 증감에 따른 배출증감 효과를 의미한다.⁸⁾ 경제성장 효과는 1인당 소득 증감에 따른 효과를, 에너지집약도 효과는 효율 개선이나 산업구조 변화 등 GDP당 에너지 소비량 변화로 인한 증감효과를 의미한다. 마지막으로 탄소집약도 효과는 석탄, 석유, 천연가스, 원전 및 재생에너지 등 에너지원별 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: 국가 총 온실가스배출량
E: 국가 총 에너지사용량
Q: 국내총생산(*GDP*)
P: 인구

● 분석 결과

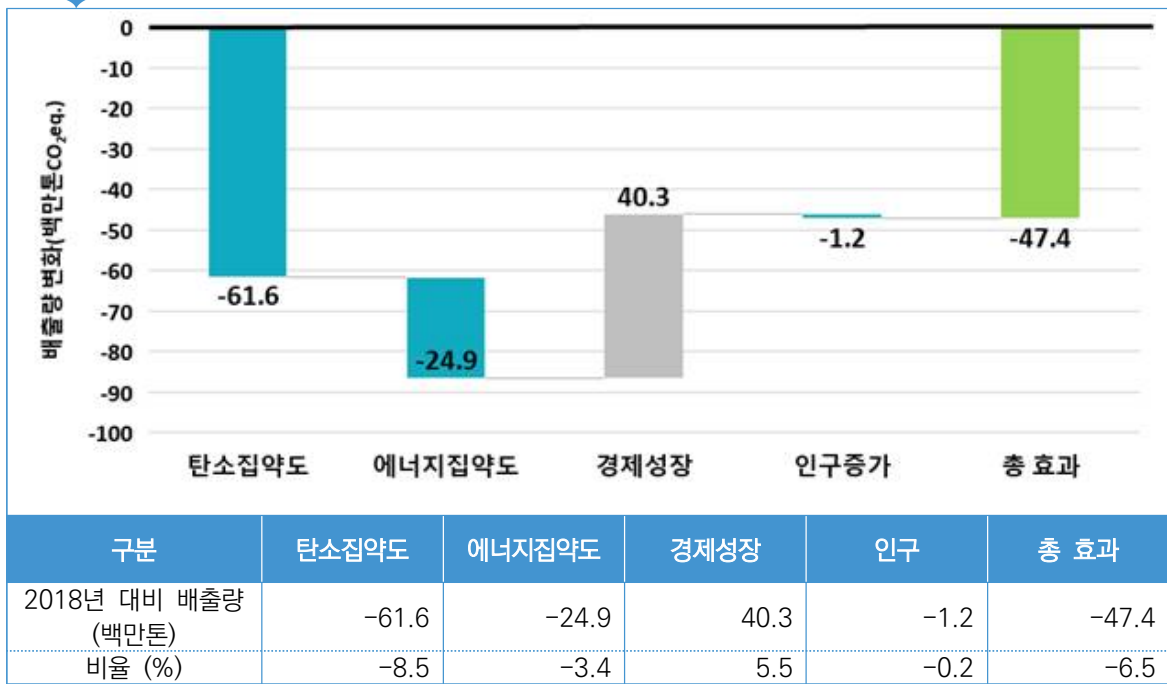
전술한 목표지표 분석과 같이 온실가스 증감요인 분해 분석에서도 2021년 잠정배출량을 사용하여 2018년, 2020년 실적 배출량 대비, 2021년 목표 배출량 대비 증감요인을 분석한다.

• 2018년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2018년 대비 2021년의 온실가스 배출량은 47.4 백만톤 감소하였다. 배출량 감소의 주된 요인은 탄소집약도 효과이며 에너지집약도 효과와 인구 효과도 감소요인으로 작용하였다. 각 요인별로 배출량 감소 효과를 보면 탄소집약도 효과는 61.6 백만톤(-8.5%), 에너지집약도 효과는 24.9 백만톤(-3.4%), 인구 효과는 1.2 백만톤(-0.2%)으로 나타났다. 경제성장 효과는 배출량 증가요인으로 작용하였는데, 40.3백만톤(5.5%)의 배출량 증가를 유발하였다.

8) 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.

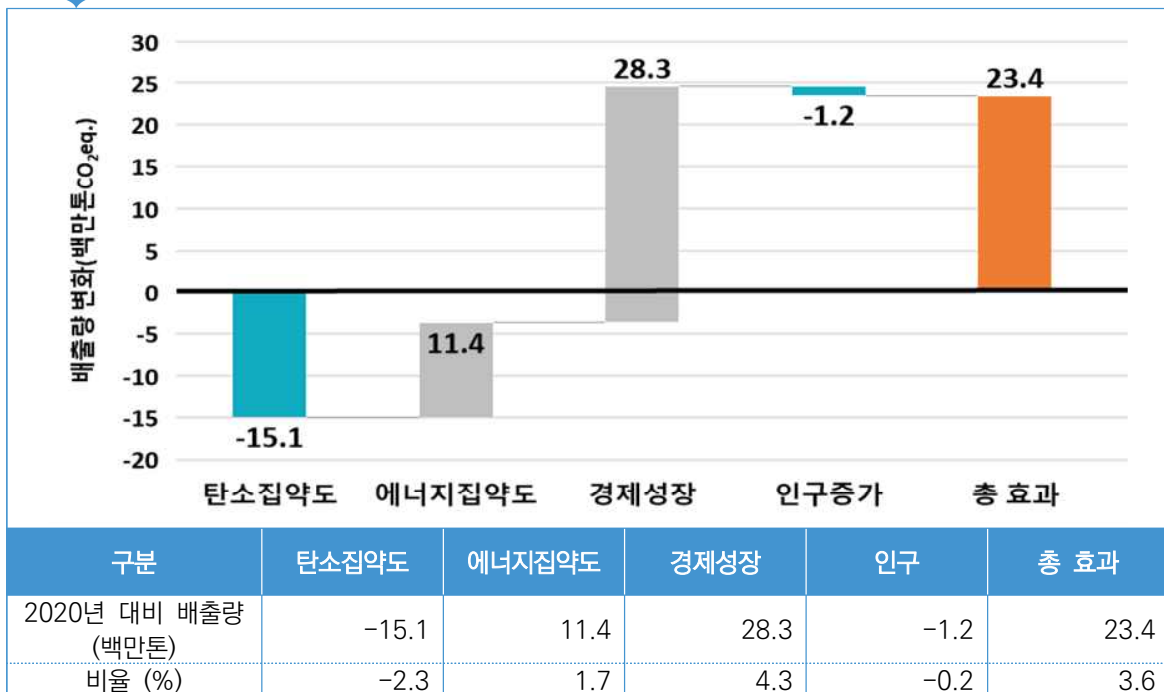
참고 3.5. 국가 전체 2018년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



• 2020년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2020년 대비 2021년의 온실가스 배출량은 23.4 백만톤 증가하였다. 배출량 증가에 경제 효과가 28.3 백만톤(4.3%)의 배출량 증가를 유발하여 주된 요인으로 나타났다. 2020년 대비 2021년 GDP는 4.1% 성장하였는데 이는 COVID-19 회복세로 인한것으로 판단된다. 반면 탄소집약도 효과와 인구 효과는 배출량 감소 요인으로 나타났으며 각 요인별로 15.1 백만톤(-2.3%), 1.2백만톤(-0.2%)의 배출량 감소를 유발하였다.

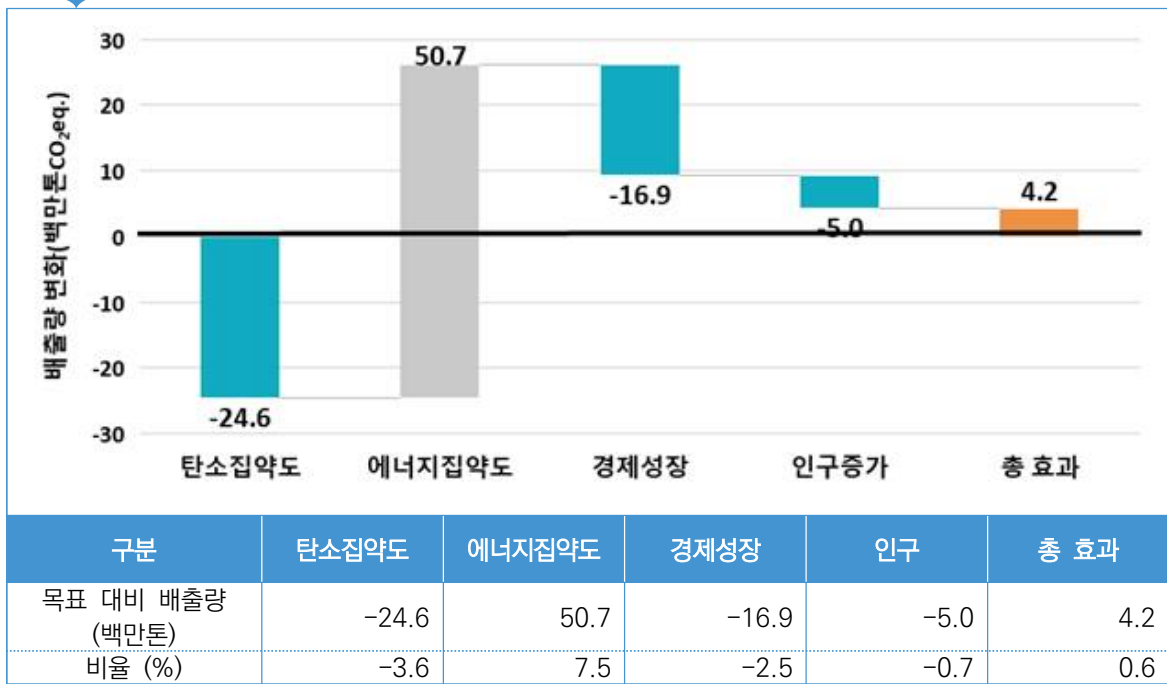
참고 3.6. 국가 전체 2020년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



• 목표 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2030 감축로드맵의 2021년 배출량 목표는 675.4백만톤으로 2021년의 온실가스 배출량은 목표 대비 4.2백만톤 높은 수치이다. 요인별로 보면 탄소집약도 효과, 경제성장 효과, 인구 효과는 배출량 감소에 기인한 반면 에너지 집약도 효과가 유일한 증가요인으로 작용하였다. 에너지 집약도 효과는 온실가스 배출량을 50.7 백만톤 증가시켰는데 이는 다른 요인들의 배출량 감소 효과를 상쇄하고도 넘는 수치이다. 에너지집약도 효과는 효율 개선이나 산업구조 변화 등 GDP 당 에너지 소비량 변화로 인한 증감효과를 의미하는데 2021년 GDP는 목표 대비 3.2% 낮았으나 에너지 소비량이 21,498 만TOE로 목표 대비 4.3% 높았던 것에 기인한다.

참고 3.7. 국가 전체 목표 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



상기 분석에서 비교한 요인들의 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구는 기간 중 지속적으로 증가하다가 2021년 감소하였다. 경제성장을 나타내는 1인당 GDP는 2020년에 전년 대비 소폭 감소하였으나 2021년 다시 증가하였다. 또한 에너지집약도와 탄소원단위는 기간 중 지속적인 감소세를 나타내고 있다.

참고 3.8. 국가 전체 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 인구 | 천명 | 51,069 | 51,270 | 51,423 | 51,630 | 51,779 | 51,829 | 51,738 |
| 경제성장 | 십억원/천명 | 32.47 | 33.29 | 34.24 | 35.10 | 35.78 | 35.49 | 37.03 |
| 에너지집약도 | 천TOE/십억원 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | 0.11 | 0.11 | 0.11 |
| 탄소집약도 | 천톤 CO ₂ e/천TOE | 3.51 | 3.42 | 3.41 | 3.45 | 3.34 | 3.23 | 3.16 |

4. 종합

2021년 국가 온실가스 배출량은 679.6백만톤으로 전년 대비 3.6% 증가하였으며 목표 대비 0.62% 높게 배출한 것으로 나타났다. 2018년 이후 2년동안 연속해서 온실가스 배출량이 감소하였는데 이러한 감소에 주된 요인 중 하나는 COVID-19로 인한 생산량 감소였다. 요인분해 분석 결과를 보면 2021년 온실가스 배출량은 2020년 대비 23.4백만톤 증가하였는데 이 중 경제효과가 28.3백만톤으로 나타났다. 즉 COVID-19 회복세로 인하여 온

실가스 배출량이 증가하였으나 탄소집약도 효과와 인구 효과가 배출량 감소요인으로 나타나 경제성장으로 인한 온실가스 배출량 증가를 일정 부분 상쇄한 것으로 볼 수 있다. 따라서 2021년 온실가스 배출량 증가는 COVID-19 이후 회복세에 접어든 것으로부터 기인된 것으로 보인다.

또한 2030 로드맵 수정안의 2021년 감축목표 수립 시 사용한 GDP와 인구 전망에 비해 실제 우리나라의 경제성장과 인구수가 낮게 나타남에 따라 온실가스 배출량 실적 또한 낮아진 것으로 나타난다. 특히 에너지 효율성을 판단하는 지표로 널리 활용되는 에너지 집약도는 2021년을 기준으로 목표 대비 높은 실적을 보여 2021년 국가 온실가스 배출 실적이 2021년 국가온실가스 배출 목표를 상회하는데 주도적인 영향을 주었다.

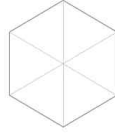
우리나라 온실가스 배출의 대부분은 에너지 소비에 기인한다. 따라서 온실가스 배출량을 줄이기 위해서는 에너지원 구성을 저탄소 에너지원으로 대체하는 것 뿐만 아니라 에너지 효율성을 높이고 점진적으로 에너지 다소비산업 비중을 줄이는 추세로 전환되어야 한다. 2021년의 우리나라 온실가스 배출 목표 대비 실적에 대한 요인분해 분석 결과가 시사하는 바는 에너지 구성(탄소집약도 효과)에 있어서는 매우 긍정적인 온실가스 감축이 이루어졌지만, 적극적인 생산 기술과 공정, 그리고 건물과 수송부문에서 에너지 절약과 고효율 기기의 보급 등을 통한 에너지 효율향상(에너지집약도 효과)이 목표 대비 저조한 실적을 보였음을 의미한다.

2021년 10월에 상향된 2030 국가온실가스 감축목표에 상응하는 2030년 국내 배출량은 496.8백만톤⁹⁾이다. 이러한 감축목표를 달성하기 위해서는 2021년 기준 182.8백만톤 더 감축해야 하는 것으로 나타났다. 이는 2021년 배출량의 26.9%에 해당하는 수치이다. 10년 도 채 남지 않은 기간에 2021년 배출량 대비 26.9%를 감축하는 것은 현재까지의 국가 온실가스 배출추세와 온실가스 감축 정책의 강도 등을 고려할 때 현실적으로 매우 어려운 목표이다. 남은 기간동안 산업, 건물, 그리고 수송부문 등에서 매우 적극적인 저탄소 기기 혹은 공정을 도입하여 저탄소 기술의 효과가 빠른 속도로 누적되어야만 2030년 목표를 달성할 수 있을 것이다.

특히 2021년의 우리나라 경제가 COVID-19으로 인한 침체 상황에서 완전히 벗어나지 못한 상황임에도 불구하고 에너지 소비가 높게 증가한 것은 결코 바람직하지 않다. 2008년 글로벌 금융위기로 인한 경기침체의 영향으로 낮아진 온실가스 배출량이 정상 궤도로 돌아오는 데 소요된 기간은 2년 미만으로 밝혀졌다. 이러한 과거 추세에 따른다면 우리나라의 2022년 배출량은 2021년보다 상승할 가능성이 높다. 2018년을 정점으로 지속적으로 빠른 속도로 낮아져야만 2030년 기준 국가온실가스 배출목표에 근접할 수 있음에도 불구하고 2021년, 2022년의 국가온실가스 배출량이 증가추세를 유지하거나 유지할 가능성이 있다는 것은 기존의 정책보다 훨씬 적극적인 온실가스 감축정책이 필요하다는 것을 의미한다. 우리나라 온실가스 감축 정책의 핵심은 배출권 거래제이다. 배출권 거래제에 있어서 유상할

9) 국외감축, 흡수원에 따른 온실가스 흡수 및 제거량과 수소, 기타(탈루)의 배출량을 미반영한 국내 배출량 기준

당 비중을 전향적으로 높여 산업, 건물, 그리고 수송부문의 에너지 소비를 낮추고 저탄소 에너지원으로 전환을 적극적으로 추진해야 할 것이다. 또한, 유상할당 비중이 높아지는 경우 민간부문에 저탄소 녹색기술 개발과 보급이 활성화되고, 특히 산업부문에서 의사결정권을 가진 경영층의 온실가스 감축에 대한 장기적인 대규모 투자를 촉진할 수 있다.



제 4 장

전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

제4장 전환 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

1. 목표지표 분석

전환 부문은 풍력, 태양광, 석탄, LNG, 우라늄 등 일차에너지를 사용하여 전력 및 열에너지 등의 이차에너지를 생산한다. 전환 부문의 2021년 온실가스 배출량은 222.5백만톤으로 국가 총배출량의 32.7%를 차지하고 있다. 전환 부문 배출량은 직접 및 공정 배출로 구성된다. 직접배출은 연료 연소로 인해 발생하는데 NIR의 공공 전기 및 열 생산(CRF¹⁰) Sector 1A1a)을, 공정배출¹¹⁾은 석회석 및 백운석 소비(CRF Sector 2A3) 중 발전사 대기오염방지시설의 탈황용 석회석 사용에 의한 배출량을 기준으로 산정되었다.

2021년 전환 부문의 온실가스 배출량은 222.5백만톤으로, 2018년에 발표된 『2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안』에 의한 2021년 배출량 목표인 235백만톤에 비해 5.32% 낮다. 최근의 배출량 변화 추이를 살펴보면, 2018년 269.0백만톤, 2019년 249.3백만톤(2018년 대비 7.3% 감소), 2020년 218.5백만톤(2019년 대비 12.3% 감소), 2021년 222.5백만톤(2020년 대비 1.8% 증가)를 기록하였다. 1990년대부터 지속적으로 증가한 전환 부문의 배출량은 2010년 239.9백만톤에 도달한 후 다소 안정되는 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.

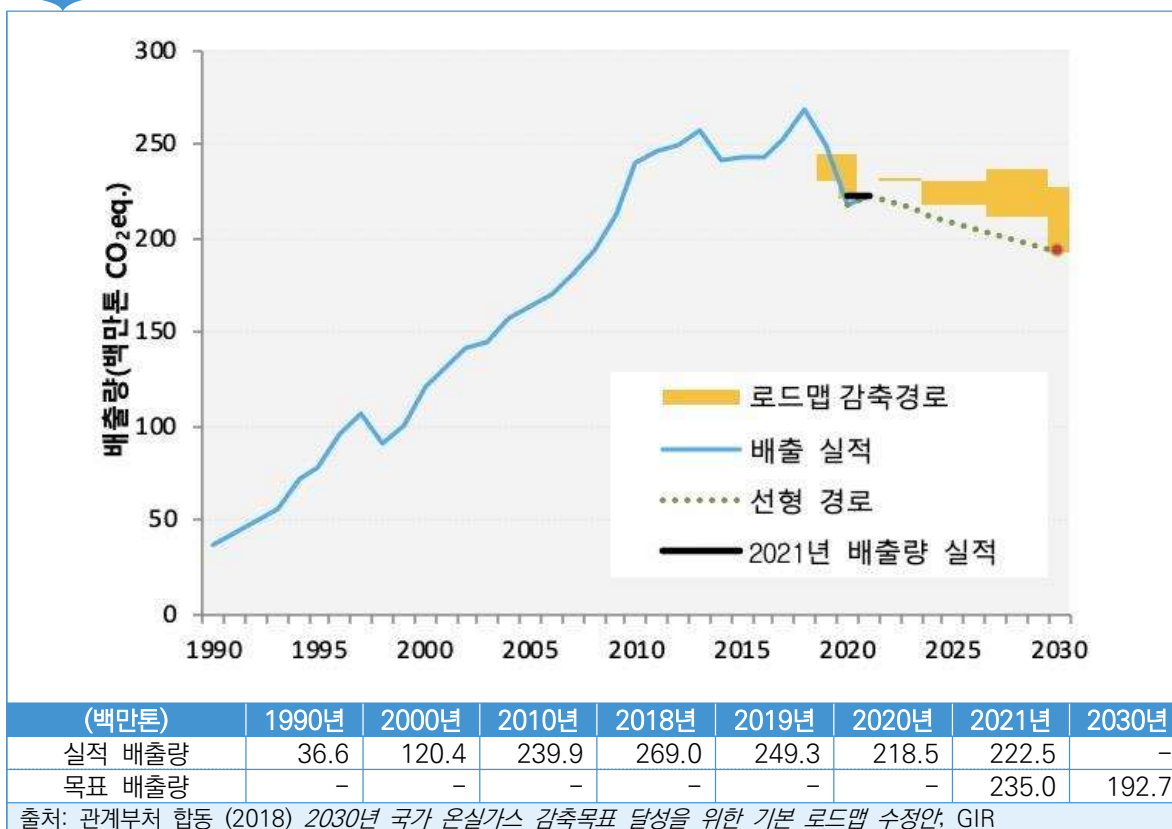
2021년 전환부문 배출량은 2018년 배출량 269.0백만톤 대비 약 17% 감소한 수치이며, 2030 NDC 상향안의 목표 배출량 149.9백만톤¹²⁾에 비해서는 48.4% 높은 수준이다. 이에 따라 2030 NDC 상향안 목표를 달성하기 위해서는 향후 9년간(2021~2030년) 배출량이 연평균 4.3% 감소해야 한다.

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

11) 전환 부문 배출량에서 공정배출 비중은 직접배출 대비 소량으로, 2021년 전환 부문 배출의 0.17%(0.4백만톤)임

12) 2030 NDC 상향안의 전환부문 목표는 149.9백만톤이며, 2019년~2021년 배출량을 이와 비교할 경우에는 53.5% 높게 나타난다.

참고 4.1. 전환 부문 배출량 감축경로



전력과 열에너지를 공급하는 부문의 특성상, 전환 부문 배출량은 전력 및 열 에너지 수요와 발전량믹스 및 열원믹스에 의해 결정되는 탄소집약도에 의해 결정된다. 특히 전환 부문 배출량 대부분은 전력 생산에 의한 것으로 2021년 기준 전환부문 총 배출량의 96.6%가 전력 생산에 따른 배출량이다. 2021년 전력수요는 533.1TWh로 목표인 540.2TWh보다 1.32% 낮게 나타났고 전력의 탄소집약도 또한 4.68톤/TOE로 목표인 4.85톤/TOE에 비해 3.50% 낮았다. 전력수요를 연도별로 살펴보면 2019년에는 목표 대비 0.57% 감소, 2020년은 목표 대비 4.20% 감소, 2021년에는 목표대비 1.32% 감소하여 3개년 평균값이 목표보다 2.03% 줄어들었다. 전력 수요를 용도별로 살펴보면, 2020년 코로나19로 인해 모든 용도에서 전력수요가 감소하였는데, 2021년에는 모든 용도에서 수요가 반등하여 전체적으로 2018년 전력수요를 상회하였다. 전력 탄소집약도의 경우 2019년부터 개선되는 흐름을 보였으나 5.4톤/TOE로 해당연도 목표인 5.2톤/TOE는 달성하지 못하였다. 하지만 이후 노후 석탄발전설비 추가 퇴출 및 가동중단 강화 등에 따라 석탄발전량이 감소하면서 지속적으로 개선되어 2020년에는 목표 대비 3.63% 낮은, 2021년에는 목표 대비 3.50% 낮은 전력 탄소집약도를 달성하였다.

참고 4.2. 전환 부문 목표지표 분석

| 목표지표 | 단위 | 2021년 목표 | 2021년 실적 | 차이 |
|----------|-------|----------|----------|--------|
| 전환부문 배출량 | 백만톤 | 234.98 | 222.48 | -5.32% |
| 전력 수요 | TWh | 540.2 | 533.09 | -1.32% |
| 전력 탄소집약도 | 톤/TOE | 4.85 | 4.68 | -3.50% |

참고 4.3. 용도별 판매전력량 추이

| 구분 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 주택용 | 72,894,709 | 72,638,868 | 76,303,405 | 79,914,811 |
| 일반용 | 116,933,912 | 116,226,510 | 113,638,542 | 119,550,386 |
| 교육용 | 8,677,808 | 8,560,660 | 7,515,352 | 8,422,605 |
| 산업용 | 292,988,663 | 289,240,198 | 278,660,247 | 291,333,422 |
| 농사용 | 18,503,827 | 18,882,368 | 19,028,829 | 20,603,212 |
| 가로등 | 3,582,649 | 3,571,475 | 3,506,999 | 3,444,429 |
| 심야 | 12,557,594 | 11,378,658 | 10,616,342 | 10,161,945 |
| 합계 | 526,149,162 | 520,498,738 | 509,269,715 | 533,430,811 |

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

2. 이행지표 분석

참고 4.4. 전환 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | |
|-----------------|---------------|---------------|-------|---------------|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 실적 / 목표 | 실적 / 목표 | 달성 여부 | 실적 / 목표 |
| ① 전력믹스(%) | | | | |
| - 석탄발전 비중 | 40.4 / 41.0 | 35.6 / 40.1 | ● | 34.3 / 42.0 |
| - 신재생에너지 비중 | 6.5 / 7.4 | 6.6 / 8.1 | ● | 7.5 / 8.8 |
| ② RPS 공급의무비율(%) | | | | |
| | 6.0 / 6.0 | 7.0 / 7.0 | ● | 9.0 / 9.0 |
| ③ 재생에너지 보급(MW) | | | | |
| | 4,494 / 2,402 | 5,347 / 2,463 | ● | 4,275 / 4,450 |
| 정성지표 | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 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 발전 비중이다. 본 보고서는 이행 시점의 목표¹³⁾를 기준으로 평가하기 위해 2019~2020년까지는 제8차 전력 수급기본계획(이하 제8차 전기본)을, 2021년부터는 제9차 전력수급기본계획(이하 제9차 전기본)¹⁴⁾의 목표 비중을 평가 기준으로 선택하였다.

참고 4.5. 전력믹스 달성도 평가

| 구분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|-------|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 합계(%) | 100.0 | - | 100.0 | - | 100.0 | - |
| - 원자력 | 25.9 | - | 29.0 | - | 27.4 | - |
| - 석탄 | 40.4 | 41.0 | 35.6 | 40.1 | 34.3 | 42.0 |
| - LNG | 25.6 | - | 26.4 | - | 29.2 | - |
| - 신재생 | 6.5 | 7.4 | 6.6 | 8.1 | 7.5 | 8.8 |
| - 기타 | 1.6 | - | 2.4 | - | 1.6 | - |

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

2019년부터 2021년까지 석탄 발전 비중은 3개년 모두 목표를 달성하였다. 2019년부터 2021년 3개년 석탄발전 비중 평균 실적은 36.8%로 3년 평균 목표인 41.0%를 4.2%p 초과 달성하였다. 특히, 2020년 석탄발전 비중 실적은 목표를 4.5%p, 2021년에는 7.7%p 초과 달성하여, 3개년 목표 초과 달성에 크게 기여하였다. 2019년부터 2020년까지 감소 중이었던 석탄 발전량이 2021년에 소폭 증가하였으나, 전력믹스 비중은 3개년 연속 감소 추세를 보이고 있다. 이에 반해, 신재생에너지 발전 비중 실적은 3년 연속 목표치를 달성하지 못했다. 2019년부터 2021년 3개년 신재생에너지 발전 비중 평균 실적은 6.9%인데, 평균 목표인 7.4%보다 0.5%p 낮은 수치이다.

이는 한국전력통계와 전력수급기본계획의 신재생에너지 발전량 집계방식의 차이가 있어

13) 제9차 전력수급기본계획이 공식적으로 발표된 시점은 2020년 12월로 제1차 감축 이행 기간 이후라고 할 수 있다. 이에 제1차 감축 이행기간(2018~2020년)에 대한 평가는 제8차 전력수급기본계획의 목표를 사용하는 것이 적절할 것으로 판단하여, 본 보고서에서는 2021년 이전(제1차 감축 이행기간)은 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 | |

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

서 발생하는 현상이다. 각 집계방식에 대해 비교해보면 한국전력통계는 '19.10월 「신재생에너지법」 개정으로 신재생에너지에서 비재생 폐기물이 제외되면서 '19.3분기까지는 폐기물 발전량을 신재생에너지 발전량을 포함하고 '19.4분기부터는 폐기물 발전량을 제외하고 있으며, '21년까지 신재생에너지 발전량 집계 시 바이오혼소 발전량을 주 에너지원 발전량(석탄, 가스 등)에 포함하고 있다. 전력수급기본계획은 제8차까지 신재생에너지 발전량에 폐기물을 포함하고 제9차부터 폐기물을 제외하고 있으며, 바이오혼소 발전량을 신재생에너지 발전량에 포함하고 있다. 이런 집계방식 차이를 최소화하여 신재생에너지 발전비중 목표와 실적을 비교해보면 3개년 평균 실적은 7.0% 목표인 7.0%에 근사한 것으로 나타난다. 다만, 신재생에너지 발전비중은 연평균 1.3%p 증가하였고, 발전량 또한 연평균 22.4% 증가한 점은 긍정적으로 평가할 수 있을 것이다.

참고 4.6. 폐기물 제외 및 바이오혼소발전 포함 신재생에너지 목표 및 실적 현황

| 구분 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|------------------|--------|--------|--------|
| 신재생에너지 비중(목표, %) | 5.7 | 6.4 | 8.8 |
| 신재생에너지 비중(실적, %) | 5.5 | 7.1 | 8.1 |
| 신재생에너지 발전량(GWh) | 31,092 | 39,454 | 46,497 |

출처 : (신재생에너지 비중 목표) 전력수급기본계획상(제8차, 제9차) 폐기물을 제외한 신재생에너지 발전비중 산정
 (신재생에너지 비중 실적) 2022년 신재생에너지 보급통계(2021년 실적, 한국에너지공단)상 폐기물 제외 사업용 신재생에너지 발전량 및 한국전력통계 상 전체 발전량 활용하여 산정
 (신재생에너지 발전량) 2022년 신재생에너지 보급통계(2021년 실적, 한국에너지공단)상 폐기물 제외 사업용 신재생에너지 발전량

• RPS 공급의무비율

RPS(Renewable Portfolio Standards) 제도는 발전사업자를 대상으로 한 신재생에너지 보급 확대 정책 중 하나로, 신재생에너지법¹⁵⁾ 제12조의 5에 따라 신재생에너지 발전설비를 제외한 일정 규모(500MW) 이상의 발전설비를 보유한 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급토록 하는 제도이다. 2021년 기준 공급의무자는 한전 발전자회사 6사 포함 총 23개사이다. 지난 3년 연도별 공급의무 비율 목표는 2019년 6%, 2020년 7%, 그리고 2021년 9%이다. RPS 실적은 2019년 6.0%, 2020년 7.0%, 그리고 2021년 9.0%로, 3년 연속 목표를 달성하였다. 하지만, 앞서 살펴본 신재생에너지 발전비중 목표는 3년 연속 달성하지 못하였기 때문에 작년의 평가보고서에서 지적한 것처럼 신재생에너지 비중 목표와 RPS 공급의무비율목표의 상호 정합성을 높이기 위한 조치가 필요하다.

15) 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법

참고 4.7. RPS 공급의무비율 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|----------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| RPS비율(%) | 6.0 | 6.0 | 7.0 | 7.0 | 9.0 | 9.0 |

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

• 재생에너지 보급

재생에너지 발전설비 보급 목표는 2017년 2월에 발표한 재생에너지 3020 이행계획¹⁶⁾에 따른 것으로, 자가용과 사업용 재생에너지를 모두 대상으로 한다. 재생에너지 3020 이행계획은 2030년 재생에너지 발전량 비중 20%(132TWh) 달성을 목표로 하였으며, 세부 계획은 제8차 전기본¹⁷⁾에 제시되었다. 이후 개정된 제9차 전기본¹⁸⁾에서 목표가 일부 조정, 상향되었다.

본 보고서는 2019년, 2020년이 제8차 전기본 발표 이전에 진행된 점을 고려하여 해당 연도는 제8차 전기본으로, 2021년은 제9차 전기본의 목표에 기반하여 실적을 평가하였으며, 현재 2021년 확정치는 2022년 12월에 발표된 신재생에너지 보급 통계를 바탕으로 평가하였다. 제8차 전기본의 재생에너지 보급 목표는 2019년 2,402MW, 2020년 2,463MW이며, 제9차 전기본의 2021년 재생에너지 보급 목표는 4,450MW이다. 보급 실적은 2019년 4,494MW, 2020년 5,347MW, 2021년 4,275MW이다. 2019, 2020년 모두 목표에 크게 상회하는 실적을 달성하였으며, 2021년에는 목표치에 미달한 것으로 나타났다. 세부 에너지 항목별로 살펴보았을 때 태양광은 매년 목표치를 초과하는 보급 실적을 달성하였지만, 풍력은 매년 목표를 달성하지 못하는 등 재생에너지의 항목별 편차가 크게 나타났다. 태양광이 풍력에 비해 이용률이 낮다는 사실이 재생에너지 비중 목표에 미달한 이유를 말해 준다고 할 수 있다. 2021년 태양광은 재생에너지 보급 용량의 91.6%, 풍력은 1.5%, 기타 에너지는 6.9%를 차지하였다.

16) 산업부 (2017) 재생에너지 3020 이행계획

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

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

참고 4.8. 재생에너지 보급 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|---------|-------|-------|-------|-------|------------------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 합계(MW) | 4,494 | 2,402 | 5,347 | 2,463 | 4,275 | 4,450 |
| - 태양광 | 3,927 | 1,632 | 4,664 | 1,643 | 3,915 | 3,600 |
| - 풍력 | 191 | 650 | 160 | 700 | 64 | 750 |
| - 수력 | 12 | 20 | 3 | 20 | 18 | 20 |
| - 바이오 | 290 | 100 | 454 | 100 | 187 | 80 |
| - 폐기물 | 73 | - | 65 | - | 90 | - |
| - 해양에너지 | 1 | - | - | - | 0 ¹⁹⁾ | - |

출처: 신재생에너지센터(2022) 2021년 신재생에너지 보급 통계

● 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 조기폐지, 가동 중단 및 상한제약 추진 실적, 그리고 환경급전 관련 제도 수립과 진전사항 등에 대하여 평가한다.

노후 석탄발전 조기폐지는 2016년 석탄화력발전 대책회의 결과를 반영하여 가동 연수가 30년이 넘는 노후 석탄발전 10기를 폐지한다는 정책이다. 단계적 감축방안은 제8차 전기본에 의해 계획되었으며 2017년부터 2021년 12월까지 노후 석탄발전기 10기 중 10기가 모두 폐지 완료되어 목표를 달성하였다.

석탄발전 가동 중단 및 상한 제약은 미세먼지 계절관리제 대책('19.12~'20.3)에 따라 전력수급 및 계통 안정을 전제로, 석탄발전 초미세먼지 배출 저감을 위해 노후 석탄 발전기 겨울철 및 봄철 가동 중단 및 나머지 석탄발전기에 대해 계절관리제 기간 중 출력제약(80% 이내) 한다는 내용이다. 이에 2021년 12월부터 2022년 2월 겨울철에는 8~16기, 봄철 3월에는 20~28기가 가동 중단되었다. 또 2021년 12월부터 2022년 2월 겨울철에는 7~46기, 봄철 3월에는 0~36기에 상한 제약이 시행되었다.

2021년의 석탄발전기 봄철 가동제약 및 상한제약 대수는 전년대비 축소된 경향이 나타나는데, 이는 겨울철 석탄화력발전량의 전년 동기 대비 증가 요인으로 작용했을 것으로 보인다. 다만, 이러한 석탄발전량 증가에 따른 배출량 증가는 동 기간의 발전량 믹스변화에 따

19) 0.08MW로 반올림하여 적용

라 제한적이었을 것으로 추정된다. 석탄발전기의 가동중단 및 상한제약이 시행되는 12~1월 전년 동기 대비 LNG 발전비중은 3.03p% 감소하고 원자력(1.02p%), 석탄(1.41p%), 신재생에너지(0.75p%)는 증가하였다. 이에, 해당기간 석탄화력발전의 발전량 증가에 따른 배출량 증가는 원자력과 신재생 발전의 증가 및 LNG 발전량의 감소 효과를 통해 상쇄되었을 것으로 보인다.

참고 4.9. 노후 석탄발전기 가동 중단 및 석탄발전 상한제약 시행 실적

| 구분 | 2020~2021년 | | 2021~2022년 | |
|-----|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | 노후 석탄발전기 가동 중단 실적 | 석탄발전 상한제약 시행 실적 | 노후 석탄발전기 가동 중단 실적 | 석탄발전 상한제약 시행 실적 |
| 12월 | 12~17기 | 31~46기 | 8~12기 | 20~46기 |
| 1월 | 9~10기 | 0~47기 | 8~10기 | 15~31기 |
| 2월 | 10~16기 | 0~40기 | 8~16기 | 7~30기 |
| 3월 | 19~28기 | 30~37기 | 17~26기 | 0~36기 |

출처: 산업부 전력산업과/에너지효율과 제공 실적자료를 바탕으로 함

환경급전은 현재 부분적으로 진행되고 있다. 배출권 비용의 급전 순위 반영은 그 동안의 준비를 거쳐 2022년 1월 1일부터 배출권 순구매비용을 변동비의 일부로 급전순위에 반영하기로 결정하였다. 하지만, 현재 유상할당 비율이 10%이고 순구매비용만을 급전순위에 반영하는 제도하에서는 석탄발전과 LNG발전의 실제 탄소비용 차이를 급전순위에 반영하기 어렵다. 이에 대한 대안으로 정부는 배출권거래제 제3차 계획기간에 대한 할당계획 수립시 석탄과 LNG에 대한 단일 BM²⁰⁾ 적용을 고려하였다. 부처간 논의를 거쳐 정부는 2021년~2023년에 우선 개별 BM을 적용하되 석탄발전 상한제 성과를 보고, 향후 통합 BM 적용을 결정하기로 하였다. 2022년 11월 기준 석탄상한제는 법제화가 추진되지 않았으며, 내년(2023년)에도 이러한 상황이 지속되는 경우, 2024~2025년에는 석탄과 석탄 외 발전에 대한 통합 BM을 적용하게 될 가능성이 높다.

• 전력 수요관리 효과

에너지공급자 효율향상 의무화제도는 에너지 공급자에게 연도별 에너지 절감 목표를 부여하고 이를 달성하기 위하여 에너지공급자가 에너지 효율 향상을 도모하는 투자 사업을 의무적으로 이행하는 제도(EERS: Energy Efficiency_Resources Standard)이다. RPS 제도가 신재생발전 공급확보가 목적이라면, EERS 제도는 직접적인 수요 절감에 목적을 두고

20) 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

있다. 현재는 에너지이용합리화법 제9조에 따라 2018년부터 한국전력공사, 한국가스공사, 한국지역난방공사를 대상으로 시범사업이 시행 중이다. 시범사업은 본 사업 전 산업·건물 등 분야별 효율 향상 사업 발굴 및 표준화된 에너지 절감량 측정·검증 방법론 개발 등 기반 마련을 목표로 한다. EERS 절감 목표²¹⁾는 전전년도 연간 판매량에 연도별 목표비율(%)을 곱하여 산정한다.²²⁾ 본 보고서는 한국전력공사를 대상으로 평가하였다.

EERS는 2022년 현재 시범사업 추진 중이며, 향후 법제화 진행 후 본사업을 진행할 계획이다. 한국전력공사의 시범사업은 아래의 표와 같이 2019년부터 2021년의 실적 모두 목표를 충족하지 못하였는데, 이는 EERS 이행비용 보전 및 이행 강제 수단의 부재와 공급자별 경영여건 악화 등으로 투자 이행 및 절감 실적의 저조에 기인한 것으로 보인다. 그러나 2021년 7월에는 국제표준과 호환되는 실적 산정 가이드라인을 발간하여 산정방법론을 개선하고 EERS 사업 추진의 효과로 372 GWh²³⁾ 에너지 절감량이 발생하여 온실가스 178천 tCO₂ 감축에 기여하는 등 본사업 추진의 기반 마련을 위한 계획을 이행하고 있다고 평가할 수 있다. 2022년에는 EERS 법제화를 위한 법령 개정안 마련을 계획하였으나 2021년 9월 이후 추가적인 개정은 아직 준비단계에 머물러있다. 2023년도에는 제10차 전력수급기본계획('22~'36년)의 기준 수요를 반영한 2031년까지의 목표를 설정하여 EERS 절감 목표의 방향성을 제고할 계획이다.

참고 4.10. 한전 EERS 에너지절감 의무 목표 비율

| 구분 | | 2019년 | 2020년 | 2021년 | ~2031년 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------------------|
| 한국전력공사 | 목표(%) | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2031년까지 1.0 목표 |
| | 실적(%) | 0.06 | 0.05 | 0.07 | |

출처: 산업부 고시(제2022-151호) "에너지공급자의 수요관리 투자사업 운영규정" 별표 4

• 미활용 열에너지 활용

미활용 열에너지 활용은 관련 제도·지원체계 구축을 통해 미활용 열에너지 활용을 촉진하여 열 부문 온실가스 감축을 도모하는 방식으로, 발전 배열, 산업 폐열, 신재생에너지 열원 등을 포함한다. 2030 온실가스 감축 로드맵 수정안의 집단에너지 부문에서 미활용 에너지 회수 및 사업자 간 열연계 활성화 등을 주요 감축수단으로 제시하고 제3차 에너지기본계획에서 목표를 구체화하였다. 제3차 에너지기본계획에서는 발전 배열·폐열, 소각폐열에서 122만TOE가 미활용되고 있는 것으로 파악하고 있으며, 중점과제인 비전력 에너지의 활용

21) 에너지절감량(GWh, Gcal) = 전전년도 연간 에너지판매량(GWh, Gcal) x 목표비율(%)

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

23) 372 GWh(에너지절감량) x 0.4781 tCO₂/MWh(전기부문 사용단 배출계수) = 177,853 tCO₂

확대 수단 중 하나로 미활용 열 사용 확대를 제시하였다.

2021년에는 3단계의 국가열지도가 구축 완료되었으며 산업 폐열(일부), 신재생열(태양 열, 지열) 정보를 제공하고 국가열지도 운영의 법적 근거를 마련하기 위한 「에너지 이용 합리화법」 일부 개정 법률안이 상임위에 상정되어 국회 계류 중에 있다. 향후 저온열을 활용한 4세대 지역난방 기술 개발 및 실증, 국가열지도 구체화를 통한 미활용 열에너지의 실질적 활용 체계가 구축될 예정이다. 현재까지 미활용 열에너지 활용을 위한 인프라 구축은 계획대로 진행되고 있다고 평가할 수 있지만, 2030년 온실가스 감축에 기여하기 위해서는 그 속도를 강화할 필요가 있다. 미활용 열에너지 이용 관련 기초 정책 수립 및 열지도 구축이 진행된 2018년 이후 열수요²⁴⁾는 2019년(-1.3%)을 제외하고 2018년(9.9%), 2020년(4.7%), 2021년(4.7%) 모두 전년도 대비 증가하였다.

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 총 발전량의 증감에 의한 배출량 증감효과를 의미한다. 둘째, 비율 효과는 총 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.

24) 에너지경제연구원(2021) 에너지통계월보

참고 4.11. 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 : 전력 총 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

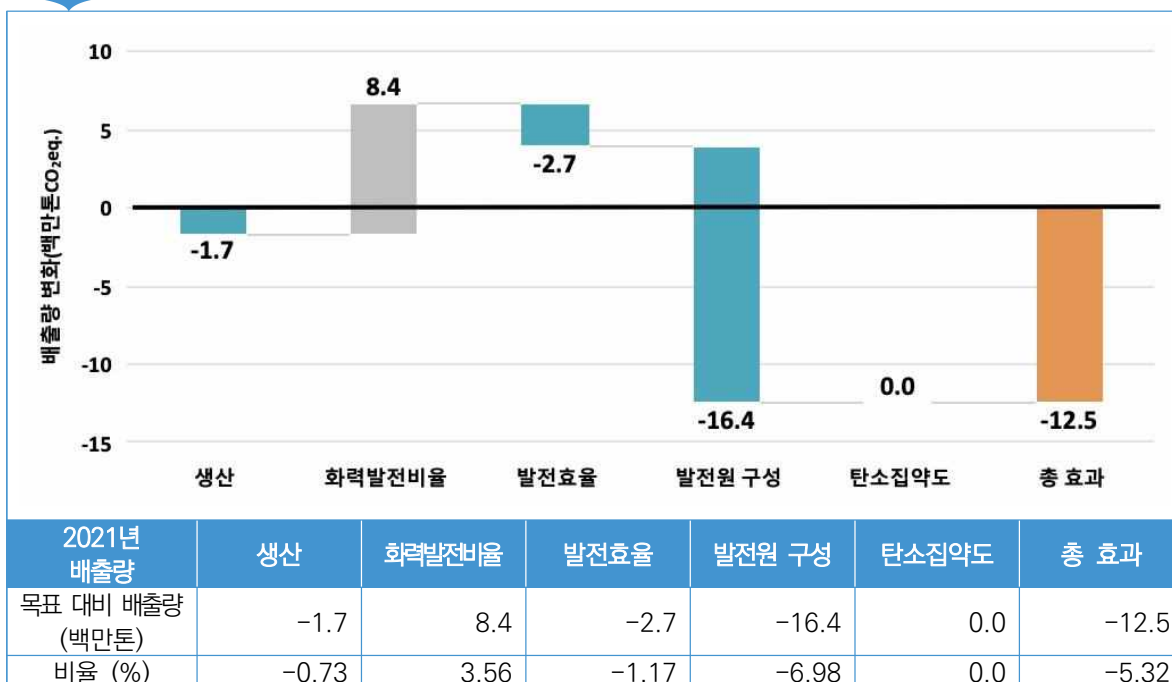
● 분석 결과²⁵⁾

전환 부문 2021년 배출량 실적은 목표치인 235.0백만톤 대비 222.5백만톤으로 12.5백만톤 초과 달성하였다. 요인분해분석 결과, 화력발전 비율을 제외한 모든 요인이 목표 대비 낮은 배출량을 달성하는 요인으로 작용하였다.

발전원구성 효과는 목표 대비 실적의 감축이 가장 크게 나타난 주요인으로, 목표 배출량의 -6.98%인 16.4백만톤 CO₂eq. 감축에 기여하였으며, 이는 화석연료 중 배출계수가 가장 높은 석탄 비중이 목표 42%대비 34.3%로 7.7%p 낮게 나타난 것과 석탄 대비 배출계수가 낮은 LNG의 비중이 목표(28.9%) 대비 13.8%p 증가한 것에서 기인한 결과이다. 생산효과는 총 발전량이 목표 대비 376천 TOE가 감소하면서 목표 배출량의 -0.73%인 1.7백만톤 CO₂eq. 배출량 감소에 영향을 준 것으로 나타났다. 발전효율 효과는 목표 배출량의 -1.17%인 2.7백만톤 감소에 기여하였으며, 5개의 요인 중 유일하게 배출량 상승 요인으로 작용한 화력발전 비율 효과는 목표치 대비 2.3%p 초과하여 목표 배출량의 3.56%인 8.4백만톤 CO₂eq. 배출량 증가를 유발하였다.

25) 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.

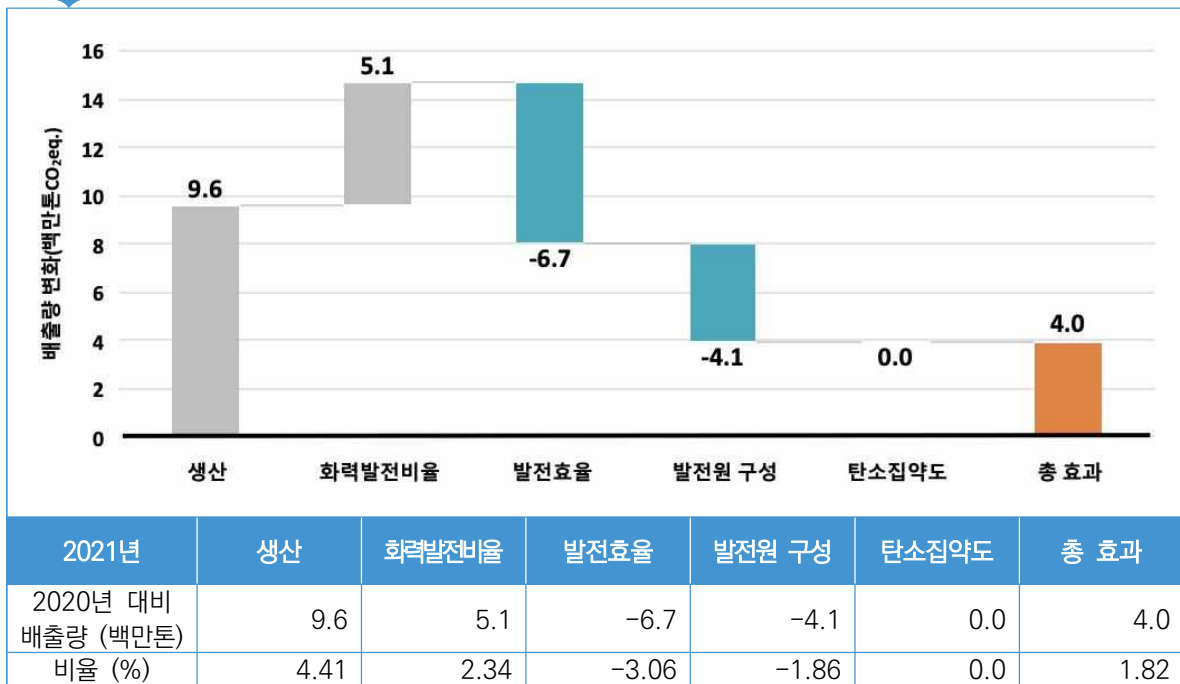
참고 4.12. 전환 부문 감축목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



2021년 전환 부문의 배출량 실적은 2020년의 배출량 실적대비 4백만톤을 초과하였다. 주요 증가요인은 생산효과로 나타났다. COVID-19 회복세로 인한 전력수요 증가가 전년대비 9.6백만톤의 배출량 증가로 이어졌다. 화력발전 비율 효과에 따른 배출량은 화력발전 실적이 전년도 대비 7%p 상승함에 따라 2020년 배출량의 2.34%인 5.1 백만톤 CO₂eq. 증가가 발생하였다. 발전효율 효과는 전년대비 6.7 백만톤 CO₂eq. 배출량 감소에 기여했으며, 특히 화력발전의 효율 개선 중 열효율 제고가 전년대비 배출량 감소에 가장 크게 기여한 것으로 나타났다. 구성 효과는 전년 대비 4.1 백만톤 CO₂eq의 배출량 감소에 기여한 것으로 나타나, 화력발전비율이 상승했음에도 불구하고 석탄으로부터 LNG로의 전환에 따른 배출량 감소 영향이 이를 거의 상쇄한 것으로 나타났다.

종합해 보면, 전년대비 배출량 증가에 가장 큰 영향 요인은 COVID 회복 추세로 인해 증가한 생산효과이나, 화석 발전의 발전 효율과 발전원 구성의 효과로 생산효과로 인한 증가분을 상쇄시킬 수 있었다. 향후 COVID 회복으로 인해 전력수요가 완만하게 이어질 것으로 예상되는 바, 감축을 위한 당면 과제는 또 다른 증가 요인인 비율 효과의 온실가스 증가 효과를 줄이는 것이다. 이를 위해서는 화석 발전의 저탄소 에너지원으로의 전환을 기반으로 총 발전량에서 재생에너지 발전 비율 증가 및 신재생에너지 발전 효율 강화를 고려해야 할 것으로 판단된다.

참고 4.13. 전환 부문 2020년도 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과

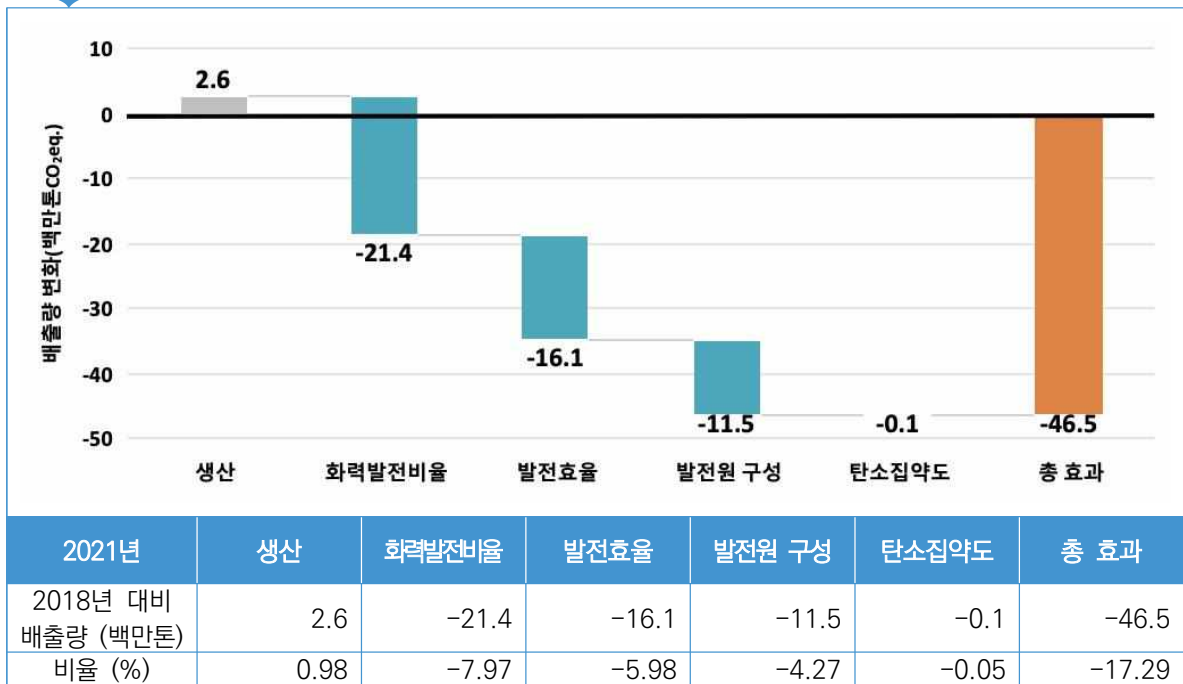


2021년 배출량 실적은 2030 NDC 상향안의 기준연도인 2018년(269.0백만톤) 대비 45.9백만톤 감소하였다. 2018년도 대비 2021년의 유일한 배출량 상승 요인은 생산효과로 총 발전량이 2018년 대비 1.1TWh가 증가했으며, 이에 따른 배출량 증가는 2.6백만톤으로 나타났다. 생산효과로 인해 배출량은 소폭 증가하였으나, 전력 총 발전량 대비 화력 발전량의 비중이 18년 대비 6%p 감소한 화력발전 비율 효과는 배출량 감축의 주요 요인으로 2018년 배출량의 -7.97%인 -21.4백만톤 CO₂eq. 감소에 기여하였다. 이어 발전효율 효과는 2018년 배출량의 -5.98%를 차지하는 16.1백만톤 CO₂eq. 배출량 감소에 기여했으며, 발전원 구성 효과는 석탄으로부터 LNG로의 전환에 따른 배출량 감소 영향으로 2018년 배출량의 -4.27%인 11.5 백만톤CO₂eq. 감소를 유발하였다. 탄소집약도의 경우 석유와 LNG의 온실가스 배출량 감소로 총 0.1백만톤 CO₂eq. 감소에 기여하였다.

종합해 보면, 2018년 배출량 대비 2021년 배출량 증감에 가장 큰 영향을 미친 요인은 화력발전 비율 효과였다. 2018년 대비 전력수요가 증가하여 배출량 증가에 기여했으나 화력발전비중 감소 효과가 생산효과의 10배 수준으로 나타나 배출량 증가에는 거의 영향을 미치지 못한 것으로 보인다. 2017년 이후 지속적인 노후 석탄발전설비 추가 퇴출 및 가동 중단 강화 등으로 인해 화력발전 비율 측면 뿐만 아니라 발전효율 및 발전원 구성 측면에서도 크게 개선된 것으로 나타났다. 이례적인 폭염으로 높은 냉방수요를 기록했던 2018년보다 2021년에 전력수요가 더 증가한 것은 수요관리 측면에서 부정적이나, 제8~9차 전력수급기본계획에서 제시한 설비 및 발전믹스의 지속적인 전환이 이뤄져 결과적으로 배출량 감소를

이끌어냈다는 점에서는 공급측에서의 개선은 긍정적으로 볼 수 있다. 향후 지속적인 감축 목표 달성을 위해서는 기온상승 및 경제회복 등 기후적·사회경제적 요인에 의한 수요증가를 대비하는 동시에 재생에너지 확대를 중심으로 하는 저탄소 에너지원로의 전환이 지속적으로 추진하여야 할 것이다.

참고 4.14. 전환 부문 2018년도 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



참고 4.15. 전환 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | '15-17 | '18-20 | '19-21 |
|--------|---------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 생산 | 천TOE | 45,408 | 46,470 | 47,595 | 49,067 | 48,314 | 47,477 | 49,597 | 46,491 | 48,286 | 48,463 |
| 비율 | 천TOE/천TOE | 0.64 | 0.66 | 0.70 | 0.76 | 0.71 | 0.65 | 0.64 | 0.67 | 0.71 | 0.66 |
| 발전효율 | 천TOE/천TOE | 2.68 | 2.73 | 2.81 | 3.05 | 2.85 | 2.61 | 2.42 | 2.74 | 2.84 | 2.63 |
| 구성 | 천TOE/천TOE | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| 탄소 집약도 | 천톤 CO ₂ e/천TOE | 3.13 | 3.07 | 3.09 | 3.04 | 3.01 | 2.90 | 2.90 | 3.10 | 2.98 | 2.93 |

4. 종합

전환 부문의 2021년 온실가스 배출량은 222.5백만톤으로 2021년 목표인 235.0백만톤

대비 5.3% 낮게 나타났다. 2020년 배출량(218.5백만톤) 보다 약 1.8% 증가한 양인데, 이는 COVID-19로부터의 회복과정에서 경제활동 반등에 따른 영향이 반영된 결과이다. 전력 수요와 탄소집약도를 살펴보면, 2021년 전력수요는 533.1TWh로 목표인 540.2TWh보다 1.32% 낮게 나타났고, 2020년의 전력수요인 509.4TWh보다는 4.7% 반등한 결과이다. 2021년 전력 탄소집약도는 4.68톤/TOE로 목표인 4.85톤/TOE 대비 약 3.6% 낮은 수준이고 2020년 전력 탄소집약도 4.83톤/TOE 보다 3.1% 낮은 수준이다. 2021년에는 2020년에 비해 가스의 발전량이 상대적으로 크게 증가²⁶⁾하여 탄소집약도가 낮아졌다.

2021년의 평가결과 정량지표 중 신재생에너지 비중과 재생에너지 보급 달성도 평가 두 가지 지표에서 목표를 미달성하였다. 재생에너지 보급 달성도에서는 총량에 대한 목표를 달성하였으나, 그 구성에서 태양광은 목표를 8.8% 초과 달성한 반면, 풍력은 목표 대비 약 8.5%만을 달성하였다. 태양광에 비해 풍력의 이용률이 더 높고 간헐성이 상대적으로 낮다는 것을 고려하면, 앞으로 풍력발전의 보급 확대 가속화가 필요하다. 재생에너지의 중장기적인 목표달성을 위해서는 재생에너지 확대를 위해 필요한 계통강화와 관련된 지표를 추가할 필요성이 있다.

정성적 지표 중 석탄화력발전 축소와 관련된 직접적 수단들은 계획대로 잘 진행되었다. 2020~2021년에 비해 2021~2022년에 석탄발전 상한 제약이 약간 완화되기는 하였지만, 2021년의 석탄발전량이 2020년에 비해 크게 증가하지 않았고 그 비중도 목표를 훨씬 초과 달성하였다. 환경급전과 관련해서는 배출권 순구매비용을 변동비의 일부로 반영하기 위한 제도를 만든 것은 일부 진전이라고 할 수 있지만, 탄소비용의 적절한 반영을 위해서는 유상 할당 확대, 배출효율기준(BM) 할당 확대 등 향후 배출권 할당방법에 있어서 개선이 필요할 것으로 보인다. 제10차 전력수급기본계획에서 석탄발전의 비중은 2030 NDC 상향안의 비중 21.8%보다 감소한 19.7%가 될 것으로 예상된다. 이러한 석탄발전 비중 축소를 위해서도 탄소비용을 반영한 환경급전의 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 전력수요관리효과와 미활용에너지활용은 아직 본 사업을 실시할 준비가 되어 있지 않으므로 당분간 다른 지표로 대체하는 것이 적절할 것이다.

2018년에서 2021년 3년 동안 연간 배출량 269.0톤에서 222.5톤으로 감소하였고 이는

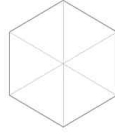
26) 2021년에는 2020년 대비 원자력 발전이 감소하고 석탄, 신재생, 가스의 순으로 발전량이 증가하였다. 원자력 감소에 비해 신재생 증가분이 더 크고 화력발전의 증가분이 대부분 가스로 인해 발생하였기 때문에 탄소 원단위는 감소하였다.

(단위 : GWh)

| 구분 | 총 발전량 | 원자력 | 석탄 | 가스 | 신재생 | 유류 | 양수 | 기타 |
|----------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|
| 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 |
| 2021 | 576.8 | 158.0 | 198.0 | 168.4 | 43.1 | 2.4 | 3.7 | 3.3 |
| 전년 대비 증감 | 24.6 | -2.2 | 1.6 | 22.5 | 6.6 | 0.1 | 0.4 | -4.4 |

출처 : 한국전력공사 월별 전력통계속보, 연도별 한국전력통계

연평균 6.1%에 해당하는 추세이다. 2030 NDC 상향안의 전환부문 목표 149.9톤을 달성하기 위해서는 향후 9년 동안 연평균 4.3%를 감소하여야 한다. 2018년 대비 2021년 배출량에 대한 요인분해 결과 화력발전비율, 화력 중 가스발전 비율, 발전효율 등이 모두 개선되었다. 2030년 목표 달성을 위해서는 이러한 추세를 향후 9년 동안 꾸준히 이어나가야 할 것이다.



제 5 장

산업 부문 온실가스 감축
이행점검·평가 결과

제5장 산업 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

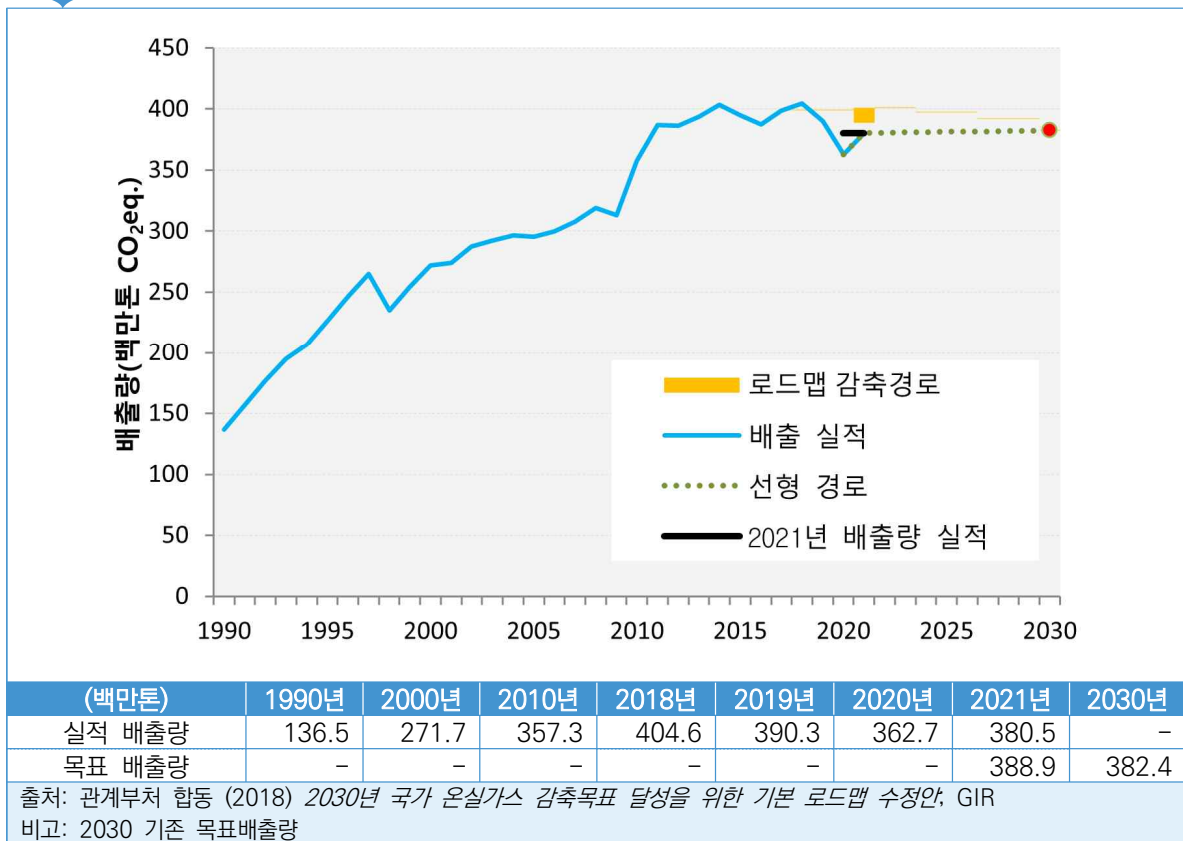
1. 목표지표 분석

산업 부문의 2021년 잠정배출량은 380.5백만톤으로 국가 총배출량의 56.0%를 차지한다. 2018-2020년 3년 평균 산업 부문의 배출량 비중은 55.5%였으며 2021년에는 비중이 0.5%p 증가하였다. 산업 부문 총배출량 중 직접 배출량이 56.8%로 가장 높고 간접 배출량(29.9%), 공정 배출량(13.3%)이 뒤를 잇는다. 직접 배출량 비중은 지난 3년간 지속적으로 증가하였으나 간접 배출량 비중은 줄었다. 2018-2020년간 산업 부문의 직접 배출량 비중 53.6%과 비교하면 2021년에는 3.2%p 증가한 수치이다. 간접 배출량 비중은 33.0%에서 3.1%p 감소하였다. ETS가 산업 부문의 대표적인 온실가스 감축 정책이며 기술적인 측면의 주요 감축 수단으로는 에너지 효율개선, 저탄소 에너지원으로의 전환, 제품 및 공정 관련 신기술 개발 등이 있다. 탄소중립 달성을 위해서는 민간 주도의 혁신기술 연구 및 개발 활성화, 국가 차원의 정책적 지원이 필요한 시점이다.

2021년 산업 부문은 목표배출량 388.9백만톤 대비 2.2% 낮은 온실가스를 배출하여 목표를 달성하였다. COVID-19 영향을 가장 크게 받은 2020년을 제외하면 2021년 산업 부문 배출량은 2015년 이후 가장 낮은 수준이다. 2015년 산업 부문 온실가스 배출량은 1990년 대비 2.9배 증가하였으며, 2018년 최대치를 기록한 이후 감소 추세를 보이고 있다. ETS 등의 감축 정책, 지속적인 공정 효율 향상과 저탄소 에너지원 전환이 목표 배출량 대비 감소에 영향을 미친 것으로 평가된다. 특히, ETS의 점진적인 할당량 감축은 대상 사업장의 온실가스 배출량 저감을 이끄는 중요한 동인으로 작용한다. 2030 NDC 기본로드맵 수정안에 따르면 2030년 산업 부문 목표 배출량은 382.4백만톤이며, 2030 NDC 상향안의 경우 222.6백만톤이다. 2030 NDC 상향안 목표는 간접 배출량을 포함하지 않았으며, 농림어업에 대한 배출량도 제외된 수치이므로 직접적인 비교는 적절하지 않다. 다만, 기존 2030년 산업 부문 목표 배출량 382.4백만톤 기준으로 볼 때 2021년 산업 부문 배출량은 2030년 목표 배출량 보다 0.5% 낮은 수준이다²⁷⁾.

27) 2030 상향안 산업 부문 감축 목표는 간접 배출원을 제외한 222.6백만톤이다. 2021년 실적 배출량과 직접 비교할 수 없으며 상향안 목표 달성 가능성은 추가적인 분석이 요구된다.

참고 5.1. 산업 부문 배출량 감축경로



2021년 산업 부문의 에너지 소비량은 131.6백만 TOE로 관리목표인 128.6백만 TOE보다 2.4% 높았다. 탄소집약도는 2.89톤/TOE로 목표인 3.02톤/TOE 대비 4.4% 낮았다. 즉 산업 부문 에너지 소비량은 2030 로드맵 수정안 수립 시 예상한 것보다 높았으나 저탄소 에너지원 전환 등의 효과를 통해 탄소집약도 목표를 달성한 것으로 보인다.

참고 5.2. 산업 부문 목표지표 분석

| 목표지표 | 단위 | 2021년 배출 목표 | 2021년 배출 실적 | 차이 |
|---------|--------|-------------|-------------|-------|
| 배출량 | 백만톤 | 388.9 | 380.5 | -2.2% |
| 에너지 소비량 | 백만 TOE | 128.6 | 131.6 | 2.4% |
| 탄소집약도 | 톤/TOE | 3.02 | 2.89 | -4.4% |

2. 이행지표 분석

참고 5.3. 산업 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | |
|---|-------------------|-------------------|----------|--|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대 (누적)(개) | 4 /4 | 4 /4 | ● | 4 /4 |
| ② 공장에너지관리시스템 보급 사업장수 (누적)(개소) | 132 /53 | 184 /100 | ● | 227 /142 |
| ③ ETS 할당 감축률 (기준연도 배출량 대비, %) | 2.1 /2.1 | 2.1 /2.1 | ● | 4.7 /4.7 |
| ④ ETS 유상 할당 비율(%) | 3 /3 | 3 /3 | ● | 10 /10 |
| ⑤ ETS BM 할당 비율(%) | 50 /50 | 50 /50 | ● | 65 /60 |
| ⑥ ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%) | 99.8 /95 | 99.8 /95 | ● | 99.9 /95 |
| ⑦ 친환경 에너지 시설 설치 확대 | | | | |
| - 신재생에너지 시설 설치 확대 보급면적(ha) | 1,381 /1,019 | 1,401 /1,039 | ● | 1,424 /1,059 |
| - 에너지절감 시설 설치 확대 보급면적(ha) | 12,518 /12,066 | 13,413 /12,616 | ● | 14,151 /13,166 |
| ⑧ 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화 | | | | |
| - 기관 장비 교체 어선(척수) | 1,624 /857 | 1,565 /814 | ● | 1,765 /814 |
| - 차세대 표준선형 개발보급 (척수) | - | 6 /6 | ● | 4 /4 |
| 정성지표 | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | 실적/계획 |
| ⑨ 자발적 에너지효율목표제 협약 - 참여 사업장수(개) - 원단위 개선율(%) | - | 44 1.78 | ● | 62 3.54 |
| ⑩ 저탄소 연료 사용 확대 기반 마련 | - | - | - | - |
| ⑪ (철강) 수소환원제철 기술 도입 (TRL) | ● | ● | ● | 고로기반: 4/4 부생가스기반: 5/5 전기로기반: 5/4 |
| ⑫ (석유화학) 기초유분 생산량 원단위 개선 (천톤 CO ₂ eq./천톤) | - | ● | ● | 0.714 /0.640 |
| ⑬ (시멘트) 혼합재 비중 확대 | - | - | - | - |

● 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. 산업 부문의 경우 2030년까지 에너지 다소비 산업 기기를 대상으로 신규 품목을 8개까지 확대할 계획이다. 2030 로드맵 수정안에서는 산업 부문의 고효율 기기 확대를 주요 감축 수단으로 제시하고 있다. 산업 부문에서 공통으로 사용되는 기기인 전동기, 보일러, 펌프, 변압기 등을 대상으로 한다.

2018년에는 변압기 및 삼상유도전동기, 2019년에는 공기압축기 및 냉동기를 추가하여 대상품목으로 총 4개가 지정되었다. 본 정책은 고효율 제품에 대한 정보를 수요자에게 제공하고 있다. 다만, 대상품목 지정 확대를 통한 고효율 기기 보급 현황 및 직접적인 감축 효과를 파악하는 것이 필요하다.

참고 5.4 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대 달성도 평가

| 구 분 | 2019 | | 2020년 | | 2021 | | 2030년 |
|----------------------------|------|----|-------|----|------|----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 에너지소비효율등급제도 대상품목 확대(누적)(개) | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 |

• 공장에너지관리시스템 보급 사업장수

공장에너지관리시스템(Factory Energy Management System, 이하 FEMS)은 ICT (Information and Communications Technologies) 기술을 이용하여 에너지효율 극대화하고 에너지 절약을 통하여 운전비 및 탄소저감 효과를 기대할 수 있는 시스템이다. 설비의 고효율화를 넘어 운영 시스템 전반에서 종합적인 감축기술을 활용하기에 범업종 적용이 가능하다.

2030 로드맵 수정안에서 산업 부문 온실가스 주요 감축 수단으로 FEMS를 제시하였다. 2030년까지 FEMS 보급 사업장수를 520개로 확대하는 것을 목표로 하고 있으며, 2021년도의 경우 43개 사업장에 FEMS를 추가 보급하여 누적 기준 227개로 목표를 초과 달성하였다. 다만, 향후 FEMS 보급을 통한 사업장의 에너지 절감 및 온실가스 감축 효과를 정량적으로 파악하는 것이 필요하다.

참고 5.5 공장에너지관리시스템 보급 사업장수 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-----------------------------|-------|----|-------|-----|-------|-----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 공장에너지관리시스템 보급 사업장수 (누적)(개소) | 132 | 53 | 184 | 100 | 227 | 142 | 520 |

- 배출권거래제(Emission Trading Scheme, ETS)

ETS는 산업 부문 온실가스 감축 이행을 위한 핵심 수단이다. 국가 온실가스 감축 목표와 연동하여 점진적으로 할당을 줄여 산업 부문 EST 대상 사업장의 온실가스 저감을 촉진하기 때문이다. ETS 제3차 할당계획기간은 2021~2025년으로 해당기간 내 할당 감축률(기준연도 배출량 대비, %), 유상 할당 비율(%), BM 할당 비율(%), ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%)은 동일하며, 모두 2021년 목표를 달성하였다. 인증량 제출 의무 준수를 제외한 ETS 정량 지표의 경우 정부의 할당 계획 등 정책적인 요소에 영향을 받게 된다. 현행 평가지표는 ETS의 취지와 핵심제도 개선 방향을 포함하고 있으나 정책적으로 결정되는 지표 특성상 이행점검 지표로서의 적절성과 타당성에 대한 지속적인 검토가 필요할 것으로 보인다.

참고 5.6. 배출권거래제 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-----------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| ETS 할당 감축률 (기준연도 배출량 대비, %) | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 2.1 | 4.7 | 4.7 | 미정 |
| ETS 유상 할당 비율(%) | 3 | 3 | 3 | 3 | 10 | 10 | 10 이상 |
| ETS BM 할당 비율(%) | 50 | 50 | 50 | 50 | 65 | 60 | 75 |
| ETS 인증량 제출 의무 준수 비율(%) | 99.8 | 95 | 99.8 | 95 | 99.9 | 95 | 95이상 |

- 농축수산업 에너지 효율화

농축수산업은 친환경 에너지 시설 설치 확대를 이행지표로 설정하였으며 이는 지열, 목재펠릿 등 신재생에너지 시설과 보온덮개, 다겹보온커튼 등을 활용한 에너지절감시설 확대 등 2개 세부 정량 지표로 구성된다. 모든 지표에서 목표를 초과 달성하였다.

수산업의 이행지표는 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화 부문에서 기관 장비 교체 어선

수와 차세대 표준선형 개발보급 척수 등 2개 세부 정량지표를 설정하였다. 연도별 노후기관·장비 교체 어선 척수는 목표를 초과 달성하였는데 2021년 이행기간에는 목표 대비 2.2배 이상 실적을 보였다. 이는 사업자에게 저효율 노후기관·장비·설비 대체 설치비용의 60%를 지원하는 사업이 효과를 보인 것으로 평가된다. 더불어, 어선원의 안전·복지 공간을 확보하고 조업 경비를 절감할 수 있는 표준어선 개발·보급을 통해 연근해어업의 생산 기반을 구축하는 내용에 있어 2021년 연근해 4개 업종의 시제선을 건조·보급하였다. 2030년까지 매년 5척의 차세대 표준선형 개발 보급을 목표로 삼고 있다. 기관·장비 교체는 기존 어선 대비 온실가스를 평균 5% 저감할 수 있고, 차세대 표준선형은 척당 7~10% 저감할 수 있을 것으로 예측된다. 이를 토대로 탄소배출 저감량을 신규 지표로 추천하고 있다. 해당부처가 제시한 계량화 지표에 따르면, 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화 정책으로 2021년 1.7천톤 수준의 탄소배출 저감 실적을 보인 것으로 평가된다.

참고 5.7 농축수산 에너지 효율화 보급 달성도 평가

| 구 분 | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|---------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 친환경 에너지 시설 설치 확대 | 신재생에너지 시설 설치확대 보급면적(ha) | 1,381 | 1,019 | 1,401 | 1,039 | 1,424 | 1,059 | 1,239 |
| | 에너지 절감 시설 설치확대 보급면적(ha) | 12,518 | 12,066 | 13,413 | 12,616 | 14,151 | 13,166 | 18,116 |
| 친환경 어선 도입 및 에너지 효율화 | 기관·장비 교체 어선(척) | 1,624 | 857 | 1,565 | 814 | 1,765 | 814 | 500 |
| | 차세대 표준선형 개발·보급(척) | - | - | 6 | 6 | 4 | 4 | 5 |
| | 탄소배출 저감량 (tCO ₂ eq)* | 1,722 | - | 1,722 | - | 1,678 | - | - |

* 해당 부처에서 추가로 제안한 정량 지표 (3개년 실적, 목표는 미설정)

● **정성지표**

• 자발적 에너지효율목표제 협약

한국에너지공단(이하 한에공)은 에너지이용합리화법 제31조에 따라 연간 에너지사용량 2,000TOE 이상인 에너지다소비사업장을 대상으로 2020년부터 자발적 에너지효율목표제 시범사업을 추진하고 있다. 한에공과 사업장간 에너지원단위 개선 목표를 협의하여 설정한 후 목표를 달성하면 인센티브를 제공하는 정책이다. 에너지원단위는 제품생산량 또는 부가가치액 대비 에너지사용량으로 산정한다. 직전 3개년 평균값을 기준으로 이행연도 1년간

사업장이 자발적으로 추진할 개선목표를 설정하면 사업장과 한에공이 목표설정과 이행계획을 최종 협의하는 방식이다.

2021년에는 62개 에너지다소비사업장이 참여하였다. 전년 대비 40.9% 증가한 수치이며 사업 수행 결과 참여 사업장의 평균 에너지원단위가 기준연도 대비 3.54% 개선되었다. 현장 기술지도, 실무 세미나 개최 등의 직·간접적인 지원이 효과를 본 것으로 평가된다. 2022년 시범사업에서는 88개 사업장 참여를 목표로 하고 있다. 기존 지원 사업에 추가하여 원단위 데이터 신고 가이드, 업종별 에너지 동향 정보 제공 등 이행지원을 추진할 계획이다. 2023년부터는 에너지사용량 상위 30대 사업장을 대상으로 효율혁신 파트너십(KEEP 30) 협약을 체결하여 2023~2027년까지 총 5년간 에너지원단위 개선 목표를 설정하여 이행하고, 정부는 이를 정책적으로 지원할 예정이다. 향후 에너지 효율혁신 파트너십 이행 결과를 바탕으로 참여 대상을 점진적으로 확대하고, 인센티브를 강화하는 등 제도개선 방안을 검토할 필요가 있다.

참고 5.8 자발적 에너지효율목표제 달성도 평가

| 구 분 | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2030년 |
|------------|-------|-------|-------|-------|
| | 실적 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 참여 사업장수(개) | 44 | 62 | 88 | - |
| 원단위 개선율(%) | 1.78 | 3.54 | - | - |

• 저탄소 연료 사용 확대 기반 마련

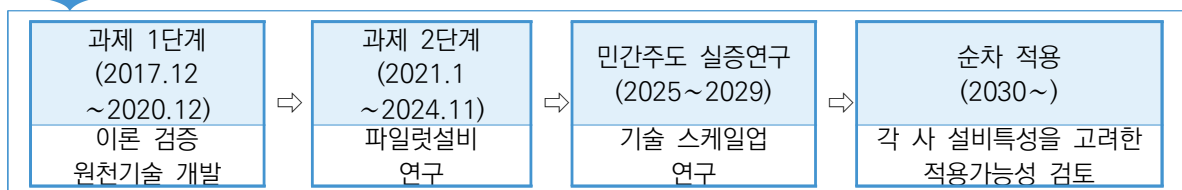
본 정책은 신재생에너지 소비통계를 작성하여 업종별 연료 대체 확대를 위한 제도적 토대를 마련하는데 목적이 있다. 산업 부문에서 소비되는 에너지원 중에서 상대적으로 온실가스 배출계수가 높은 석탄류, 석유류 등의 에너지원을 가스류, 신재생에너지 등과 같은 저배출 에너지원으로 대체할 경우 상당량의 온실가스를 감축할 수 있다. 온실가스 저배출 연료 대체는 2030 로드맵 수정안에 제시된 주요 감축 수단이다. 그러나 기존 에너지수급통계는 신재생에너지 생산량 조사 결과를 기반으로 작성된 것으로 산업 부문에서 사용되는 신재생에너지 실적을 업종별로 파악하는데 한계가 있다. 2021년에는 신재생에너지 소비통계 도입 방안 검토와 예산을 확보하는 활동이 이루어졌다. 2022년에는 소비량 통계 도입 기반 구축을 위한 정책연구과제를 추진할 계획이다. 다만, 본 정성지표에는 구체적인 이행 목표와 계획이 부재하다. 세부 업종별 연료대체 목표와 계획 등을 설정하여 이행점검 지표로서 타당성을 높일 수 있는 방안이 필요하다.

• (철강) 수소환원제철(수소활용 하이브리드 제철기술) 기술 도입

철강 업종은 대표적인 탄소집약형 업종으로 2021년 기준 산업 부문 배출량의 29.7%(113.0백만톤)를 차지한다. 환원제로 유연탄이 사용되는 공정 특성상 온실가스 감축을 위해서는 신기술·혁신기술 개발·보급 및 에너지 효율화 등을 통한 감축이 필요하다. 수소환원제철은 제철공정에서 대량의 이산화탄소가 발생하는 유연탄 원료를 수소로 대체하여 철광석을 환원하는 기술이다. 2030년까지 비고로 방식의 100% 수소환원 제철 기술개발 및 100만톤급 실증설비 구축을 목표로 하고 있으며 2040년까지 300만톤급 설비 운영을 계획하고 있다.

수소환원제철 기술개발은 2017~2024년까지는 기존 설비(고로) 기반으로 수소 투입량을 5~20%까지 높이는 수소활용 하이브리드 제철 기술을 개발 중이다. 환원제를 유연탄에서 수소로 대체하는 제철공정 기술과 이에 필요한 수소를 부생가스 기반으로 정제, 개질하는 수소증폭 엔지니어링 기술이 핵심기술이다. 100% 수소환원제철 기술은 2023~2030년 기술개발 로드맵을 통해 국가 R&D 예타사업으로 추진중이다. 2021년에는 100% 수소환원제철 기술개발 사업을 포함한 탄소중립 산업 핵심기술개발 사업 예타 신청을 완료하였다. 이 사업은 2022년 10월 최종 통과되었으며 철강 지원규모 2,097억원중 수소환원제철 관련하여 1단계(2023~2025년)에서 공정설계 기초기술(269억원)을 우선 지원하고 향후 후속기술 개발 및 실증 지원을 검토할 계획이다.

참고 5.9. 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. 2021년 현재 4단계 기술개발 수준으로 평가된다. TRL 기준으로 이행실적을 평가했을 때 목표를 달성한 것으로 평가된다.

참고 5.10. 수소환원제철(수소활용 하이브리드 제철기술) 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|---|-------|------|-------|------|-------|------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| · 고로기반 CO ₂ 저감형 Hybrid 제철기술 개발 | TRL3 | TRL3 | TRL4 | TRL4 | TRL4 | TRL4 |
| · 부생가스 기반 CO ₂ 저감형 Hybrid 환원제철 증폭 및 개질 기술 개발 | TRL4 | TRL4 | TRL4 | TRL4 | TRL5 | TRL5 |
| · 전기로 기반 제철공정 CO ₂ 저감기술 개발 | TRL3 | TRL3 | TRL4 | TRL4 | TRL5 | 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 2021년 기준으로 산업 부문 배출량의 19.5%(4.1백만톤)를 배출하는 주요 다배출 업종이다. 석유화학 업종 전체 배출량의 약 46%는 기초유분 생산 업체에서 발생한다. 따라서 기초유분 생산량 원단위가 개선되면 석유화학 업종의 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있다. 2030년까지 기초유분 원단위를 0.631까지 낮추는 것을 목표로 하고 있으며 이는 2017년 대비 2.6%가 개선된 수치이다. 하지만, 2018년 이후 기초유분 원단위는 지속적으로 상승하고 있다. 2021년 실적은 0.714로 목표를 달성하지 못했을 뿐 아니라, 전년 대비 5% 이상 악화된 수치이다.

2021년 생산량 원단위 악화에는 복합적인 요인이 작용했다. 석유화학 업계는 2021년 탄소중립 로드맵을 수립하고 질적 감축 이행을 위한 대규모 국가 R&D 예타 사업 참여를 준비하고 있지만, 단기적으로는 생산 대비 온실가스 배출량이 더 증가하였다. 롯데케미칼 대산공장을 재가동하고 LG화학, 여천NCC, 한화토탈에너지스의 생산설비 증설이 이루어졌다. 2021년 원단위 악화가 업계 신증설에 따른 일시적인 현상인지 지속적인 검토가 필요하다.

참고 5.11. 기초유분 생산량 원단위 개선 달성도 평가

| 단위 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2022년 | 2025년 | 2030년 |
|---------------------------|-------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 실적 | 계획 | 실적 | 계획 | 실적 | 계획 | 계획 | 계획 | 계획 |
| 천톤 CO ₂ eq./천톤 | 0.666 | - | 0.680 | 0.641 | 0.714 | 0.640 | 0.637 | 0.636 | 0.631 |

석유화학 업종의 경우, 탄소중립 산업 핵심기술개발 사업 예비타당성 조사에서 총 사업비 1,858억원이 통과되었다. 특히 석유화학 업종은 핵심 공정인 화석연료(메탄가스) 기반의 나프타 열분해 공정에서 50% 이상의 탄소가 배출되고 있다. 따라서 직접 전기로 기술 개발 등 나프타 열분해 공정 혁신기술(524억원)을 개발 예정이다. 또한, 나프타 열분해 공정에서 발생하는 메탄가스를 고부가 화학제품으로 개발하는 석유화학 부생가스 메탄 전환기술(1,334억원) 개발도 추진 예정이다.²⁸⁾

- (시멘트) 혼합재 비중 확대

시멘트 업종은 석회석을 사용하여 클링커를 제조하는 공정에서 다량의 CO₂가 배출되기 때문에 주요 감축수단으로 주원료인 석회석 사용 감소 및 혼합재 비중 확대 등이 있다. 2050 탄소중립 시나리오²⁹⁾에 따르면 석회석 대체 비율을 2030년까지 2%, 2050년까지 12%로 높이는 것을 목표로 하고 있다. 2021년의 경우 시멘트 산업 탄소중립 신규 사업 2건을 추진하였다. 시멘트 원료 대체 순환자원 확대 기술개발과 이산화탄소 반응경화 시멘트 제조 기술을 2022~2026까지 개발하는 방안을 수립하였다. 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 및 친환경 시멘트 기술 개발을 계획하고 있다. 다만, 혼합재 비율 증가는 시멘트 성능에 영향을 줄 수 있어 혼합재 사용 종류와 비율 등의 기술적 검증 및 표준 마련이 선행되어야 한다. 또한, 슬래그 시멘트와 같은 혼합시멘트는 사용처가 제한적이기 때문에 혼합재 비중 확대가 단기적인 온실가스 감축 이행지표로는 한계가 있다. 따라서 시멘트 업종의 온실가스 감축 상황을 점검할 수 있는 추가적인 지표를 개발할 필요가 있다.

28) 산업통상자원부 (2022), 탄소중립 산업핵심기술개발사업 예비타당성 조사 통과, 2022.10.31. 보도자료 (<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156533818>).

29) 2050 탄소중립위원회(2021) 2050 탄소중립 시나리오

참고 5.12. 시멘트 혼합재 비중 확대 달성도 평가

| 구 분 | 2021년 | | 2022년 | 2030년 | 2050년 |
|-----------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------|-------|
| | 실적 | 목표 | 목표 | 목표 | 목표 |
| 시멘트 저탄소 기술개발 | 탄소중립 신규 사업 2건 추진 | 탄소중립 R&D 로드맵 수립 | 탄소중립을 위한 Lab. 연구 수행 2건 | - | - |
| 석회석 원료 대체율 | - | - | - | 2% | 12% |

시멘트 업종의 경우, 탄소중립 산업 핵심기술개발 사업 예비타당성 조사에서 총 사업비 2,826억원이 통과되었다. 특히 시멘트 업종은 석회석 원료 투입 및 유연탄 연료 기반 소성 공정에서 90% 이상의 탄소가 배출되고 있다. 따라서 시멘트 원료인 석회석에서 가공된 클링커 함량을 줄이면서 기존 시멘트와 동등한 품질을 확보하는 혼합재 함량 증대 및 혼합 시멘트 확대 적용기술(1,389억원), 소성로에서 사용하는 유연탄 연료를 폐합성수지 등으로 대체하는 유연탄 감소/폐합성수지 사용량 증대기술(1,437억원) 등을 개발 예정이다.³⁰⁾

30) 산업통상자원부 (2022), 탄소중립 산업핵심기술개발사업 예비타당성 조사 통과, 2022.10.31. 보도자료 (<https://www.korea.kr/news/pressReleaseView.do?newsId=156533818>).

3. 요인분해 분석

- 분석 개요

참고 5.13. 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 : 산업 부문 온실가스 배출량
 Q : 산업 부문 부가가치
 Q_i : 업종 (i) 별 부가가치
 E_i : 업종 (i) 별 에너지 사용량
 C_i : 업종 (i) 별 온실가스 배출량

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 증감 요인으로 탄소집약도 효과, 에너지집약도 효과, 산업 구조 효과, 생산 효과 등 4대 요인으로 구분하였다. 첫째, 탄소집약도 효과는 에너지 사용량 대비 온실가스 배출의 비율인 탄소집약도 개선에 따른 배출량 변화이다. 탄소집약도는 저탄소 에너지원 전환 등에 따른 효과를 반영한다. 둘째, 에너지집약도 효과는 부가가치 생산에 필요한 에너지 사용량 증감에 따른 배출량 변화이다. 여기서 에너지집약도는 원단위 효율성과 같은 개념이다. 요인분해 분석에서 산업 부문의 에너지집약도 및 탄소집약도 효과는 업종별 효과의 합산으로 계산된다. 셋째, 산업구조 효과는 산업 내 업종이 차지하는 부가가치 비중의 변화이다. 업종별 산출량이 동일해도 온실가스 다배출 업종의 비중이 커지면 산업 부문 전체 배출량이 증가하고, 반대로 저탄소 업종의 비중이 커지면 전체 배출량은 감소한다. 마지막으로 생산 효과는 산업 부문의 부가가치 증감에 따른 배출량 변화를 의미한다.

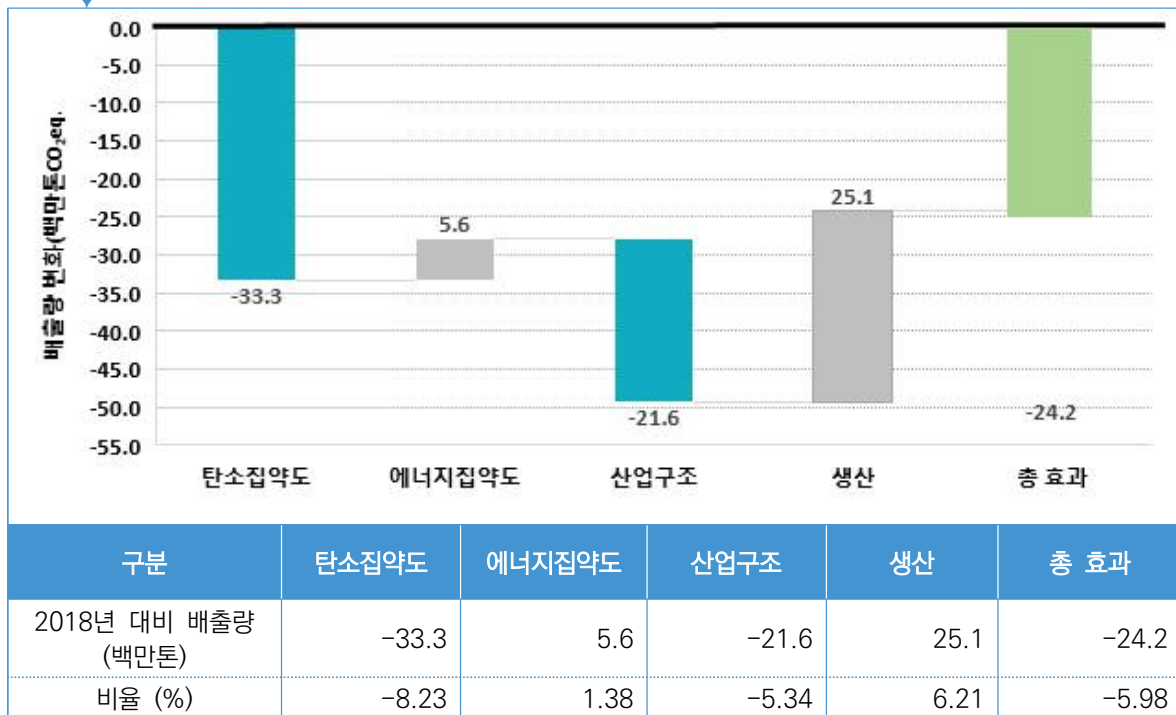
- 분석 결과

2018년 실적, 2020년 실적, 2021년 배출량 목표 대비 2021년도 배출량 변화를 분석하였다.

- 2018년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2021년 배출량은 2018년 배출량 404.6백만톤 대비 5.98% 감소하였다. 배출량 실적 감소 요인은 탄소집약도 효과가 가장 크고 산업 구조 변화도 효과가 있었다. 에너지집약도와 생산효과는 배출량 증가에 기여했다.

참고 5.14. 산업 부문 2018년 대비 2021년 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



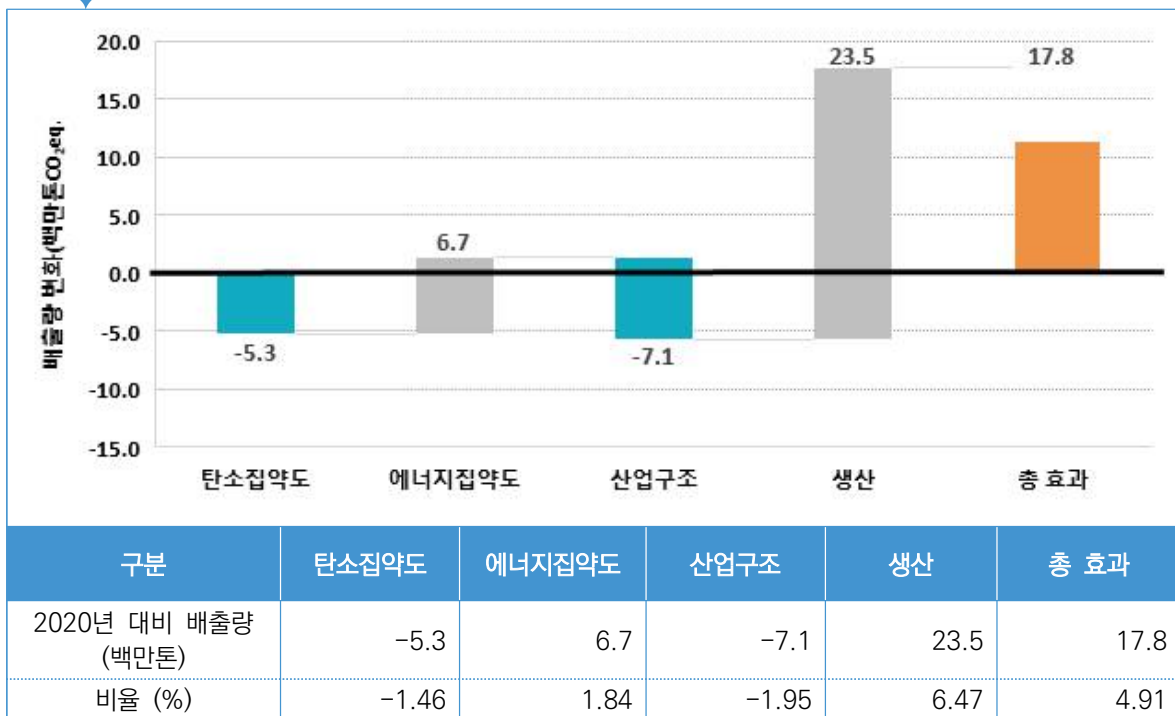
탄소집약도 효과는 배출량 감소의 8.2%에 해당하는 33.3백만톤 배출량 감소에 기여했다. 탄소집약도는 에너지소비량 대비 온실가스 배출량을 의미한다. 2018년 대비 2021년 산업 부문의 탄소집약도는 8.92% 개선되었다. 탄소집약도 효과는 에너지원 전환과 연계된 부분으로 세부 분석을 통해 업종별 에너지원 변화를 파악할 필요가 있다. 산업구조 효과는 배출량 감소에 5.3% 기여했다. 조립금속³¹⁾ 업종의 부가가치 비중이 59.9%에서 63.1%로 증가하였지만, 철강, 석유화학, 비금속 등 온실가스 다배출 업종의 부가가치 비중이 소폭 감소한 것이 더 큰 영향을 미친 것으로 평가된다. 에너지집약도는 산업 부문 전체 배출량의 1.4% 수준에 해당하는 5.6백만톤의 배출량 증가에 기여했다. 산업 부문 전체 에너지집약도는 3.17% 개선되었으나 업종별 개선 정도에 차이가 존재함에 따라 배출량 증가로 이어졌다. 요인분해 분석에서 산업 부문 전체 에너지집약도 효과는 업종별 에너지집약도 효과의 합산인데 배출량 증가에 영향 미친 주된 이유는 석유화학, 비금속, 기타산업 업종에서 에너지집약도의 악화로 추정된다. 생산 효과는 25.1백만톤의 배출량 증가로 이어졌다. 2018년 대비 2021년 산업 부문 부가가치가 6.61% 증가한 것이 주된 이유이다.

31) 반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 기계, 조선

• 2020년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2021년 배출량은 전년 대비 4.91% 증가하였다. 생산 효과가 배출량 증가의 주된 요인이었고 에너지집약도 악화도 일부 원인이 되고 있다. 탄소집약도와 산업구조 효과는 배출량 감소에 지속적으로 기여하고 있다.

참고 5.15. 산업 부문 2020년 대비 2021년 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



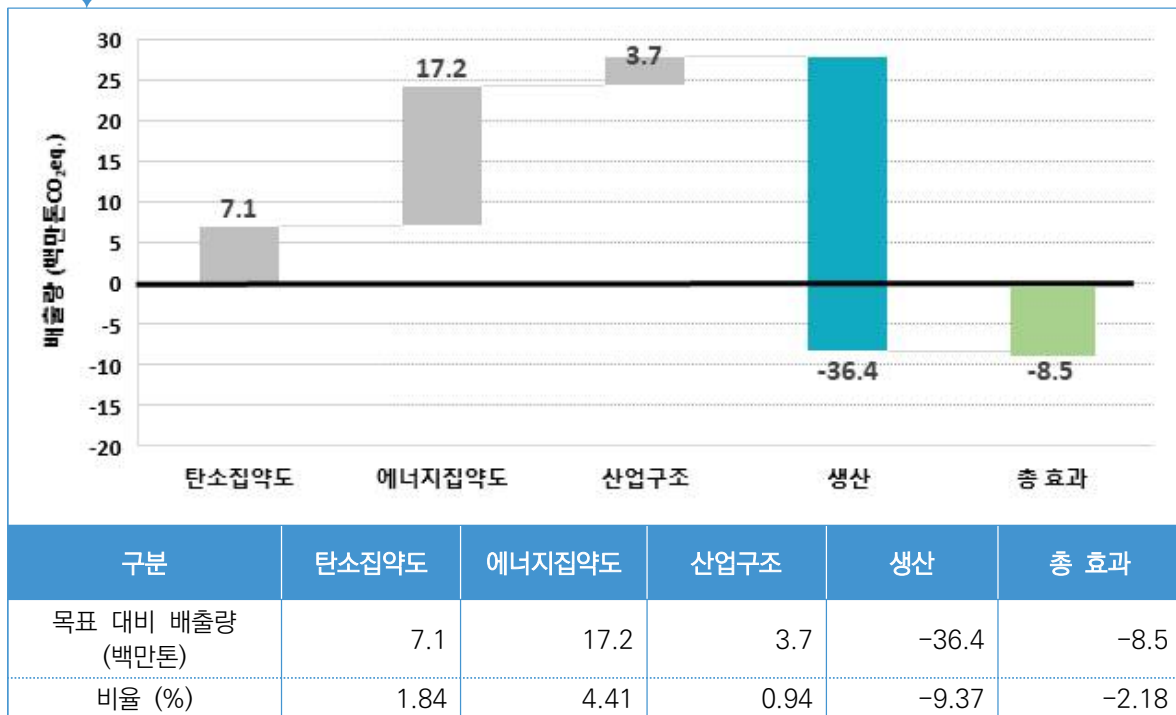
생산 효과로 배출량이 23.5백만톤 증가했다. 산업 부문 부가가치가 전년 대비 6.52% 증가한 것이 가장 큰 이유이다. COVID-19 회복세로 제조업 GDP가 34.4조원 높아지면서 배출량이 증가하였다. 같은 기간 산업 부문 에너지집약도는 0.84% 악화되어 배출량 증가로 이어졌다. 반면 탄소집약도 개선과 산업구조 변화는 배출량 감소로 이어졌다. 산업구조 효과는 배출량 감소의 1.95%(7.1백만톤) 만큼 기여했다. 산업 부문 전체 부가가치 중에서 철강, 석유화학 업종이 차지하는 비중 감소가 전체적인 배출량 감소 효과를 가져온 것으로 평가된다.

• 목표 대비 2021년도 배출량 증감 분석

2030 로드맵 수정안의 2021년 배출량 목표는 388.9백만톤이다. 2021년 배출량은 380.5백만톤으로 목표 대비 2.18% 낮은 수치이다. 목표 배출량 대비 실적 감소의 주 요인은 생

산 효과이다. 2021년 산업 부문 부가가치는 2030 로드맵 수정안 전망 대비 9.04% 감소한 수치로, 생산 효과는 목표 배출량의 9.37%에 해당하는 36.4백만톤 배출량 감축 효과로 나타났다.

참고 5.16. 산업 부문 목표 대비 2021년 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



목표 배출량 대비 실적 증가의 가장 큰 요인은 에너지집약도 효과이며, 탄소집약도 효과도 증가 요인으로 일부 작용했다. 에너지집약도 효과는 목표 배출량의 4.41%인 17.2백만톤 배출량 증가에 기여했다. 이는 업종별 에너지 효율이 2030 로드맵 수정안에서 예상한 수준보다 낮게 실현되었기 때문으로 해석된다. 부가가치 대비 에너지 소비량을 의미하는 에너지집약도는 2030 로드맵 수정안에서 예상한 수준보다 12.54% 높았다. 에너지집약도 목표를 달성한 업종은 비금속이 유일했으며 철강, 석유화학, 조립금속, 기타산업이 모두 목표를 달성하지 못한 것이 주된 이유이다.

탄소집약도 효과는 목표 배출량의 1.84%에 해당하는 7.1백만톤 배출량 증가에 기여했다. 탄소집약도는 에너지소비량 대비 온실가스 배출량을 의미한다. 산업 부문 전체 탄소집약도는 목표 대비 4.4% 개선이 되었으나 업종별로 차이가 컸다. 산업 부문 전체 탄소집약도 효과는 업종별 탄소집약도 효과의 합산으로 계산되는데 대부분의 업종에서 탄소집약도가 2030 로드맵 수정안에서 예상한 목표를 달성하지 못했기 때문에 전체적으로 배출량 증가 효과를 보인 것으로 추정된다. 탄소집약도 효과는 에너지원 전환과 연계된 부분으로 이 효과에 대해서는 업종별 에너지원 변화에 대한 세밀한 분석이 요구된다.

산업구조 효과는 목표 배출량의 0.94%인 3.7백만톤 배출량 증가에 기여했다. 조립금속 업종(반도체, 디스플레이, 전기전자, 자동차, 기계, 조선)의 부가가치 비중은 63.05%로 2030 로드맵 수정안 전망 대비 2.54%p 하락한 반면, 석유화학 업종은 15.26%로 전망 대비 3.33%p 상승했다. 산업 부문 부가가치 중에서 석유화학 업종이 차지하는 비중이 2030 로드맵 수정안 전망보다 높게 나타난 것이 산업구조 효과에 반영된 것으로 판단된다.

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

참고로, 상기 분석에서 비교한 여러 요인들 중에서 부가가치, 에너지집약도, 탄소집약도를 포함하여 탄소생산성(온실가스 배출량 대비 산업 부문 부가가치) 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 산업 부문 부가가치를 나타내는 생산은 COVID-19 상황이었던 2020년을 제외하면 지속적으로 증가하고 있다. 에너지집약도와 탄소집약도는 기간 중 지속적인 감소세를 나타내고 있다. 탄소생산성 역시 지속적으로 증가하였다.

참고 5.17. 산업 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|--------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 생산 | 십억원 | 480,902 | 492,596 | 510,742 | 526,858 | 532,040 | 527,297 | 561,695 |
| 에너지집약도 | 천TOE/십억원 | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.24 | 0.23 | 0.23 |
| 탄소집약도 | 천톤 CO2e/천TOE | 3.26 | 3.15 | 3.15 | 3.17 | 3.06 | 2.96 | 2.89 |
| 탄소생산성 | 십억원/천톤CO2e | 1.22 | 1.27 | 1.28 | 1.30 | 1.36 | 1.45 | 1.48 |

4. 종합

산업 부문의 2021년 배출량 실적은 380.5백만톤으로, 목표 배출량(388.9백만톤) 대비 약 2.2% 낮게 나타났다. 전년 배출량 362.7백만톤 대비 4.9% 증가한 수치이지만 COVID-19 회복세 속에서 배출량 실적이 목표 배출량 대비 낮게 나타났다는 측면에서 고무적으로 평가할 수 있다.

2030 로드맵 수정안의 2030년 목표 배출량과 비교했을 때 0.5% 낮은 수치이다. 하지만, 2050 탄소중립 시나리오와 상향된 2030 국가 온실가스 감축목표 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 2030 NDC 상향안 목표는

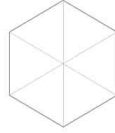
222.6백만톤(간접배출 제외)으로 향후 9년간 44.2백만톤을 줄여야 한다. 예상되는 간접배출 감축 목표량 37.1백만톤을 포함하면 향후 9년간 총 81.3백만톤을 추가 감축해야 하는데 이는 2021년 배출량의 21.4%에 해당한다.

현 시점에서 산업 부문의 이행지표 중에서 적용 범위가 가장 넓은 ETS 관련 지표는 모두 달성한 것으로 평가된다. 2030 NDC 상향안에 상응하는 수준의 목표를 ETS 정책에 반영하여 기업의 온실가스 배출 감축 유인이 고취될 수 있도록 효율적으로 추진할 경우, 산업 부문 온실가스 저감에 기여할 것으로 기대된다. 산업용 주요 기기의 고효율화 및 FEMS 보급, 자발적 에너지 목표 달성 추진 등을 통한 산업 현장 전반의 에너지 효율을 개선하는 것도 중요하다. 상기 수단들은 계획대로 진행되고 있는 것으로 평가된다. 다만, 정책적인 수단 추진에 따라 실질적인 온실가스 저감 효과 파악 및 정량화 방안 마련이 필요하다. 예컨대, 자발적 에너지효율목표제 참여 사업장의 원단위 개선율에 따른 온실가스 감축 효과 파악 등이 사례가 될 수 있다.

중·장기적으로는 주요 업종의 혁신기술 개발과 동시에 원단위의 획기적인 개선이 요구된다. 예컨대 직접환원철-전기로 기반의 수소환원제철 기술 도입은 온실가스 최다배출 업종인 철강 분야의 배출량 감축에 크게 기여할 것으로 기대된다. 석유화학 업종은 생산시설의 신·증설 및 석유 제품 생산량 증가 등이 배출량 증가의 주요인으로 작용하였다. 국내 공정 효율성이 이미 높다는 점과 기존 방식으로는 원단위 추가 개선의 여지가 많지 않다는 한계점을 감안하여 생산설비와 공정 대체 가능한 혁신기술 개발 및 적용 방안 마련이 필요하다.

업종별 탄소중립 선언 이후 기술개발 로드맵이 갱신되었을 경우 이를 이행점검 지표에 반영할 필요가 있다. 기술개발과 적용 시기를 앞당길 수 있도록 정부와 업계의 협력이 요구된다. 시멘트 업종의 혼합재 비중 확대는 기술 검증과 표준 마련 등 현실적인 한계가 있지만 탄소중립 R&D 로드맵을 수립하여 기술개발을 시작하였다. 연·원료 전환과 관련하여 중장기적인 방안 마련 및 지속적인 이행점검이 필요하다.

업종별 감축 추진을 위해서는 미래 기술의 불확실성과 상용화 가능 여부, 업계 현황 등을 고려한 관련 법제도 개정 등이 우선시되어야 한다. 고무적인 것은 철강, 석유화학, 시멘트 업종이 탄소중립에 동참을 선언하면서 이행을 위한 계획 및 추진 전략을 수립 중에 있다는 점이다. 탄소중립 실현을 위해서 혁신적이고 실행가능한 체계적인 목표를 수립하고 지속적으로 추진 현황에 대한 검토가 필요하다. 이를 위해서는 정부와 업계의 긴밀한 협력이 요구된다. 업계는 경쟁력 제고와 동시에 탄소중립 달성을 위한 방안을 자발적으로 수립 및 이행해야 하며, 정부 차원에서는 업계와의 지속적인 상호 협력과 동시에 산업 부문의 탄소중립 이행 촉진 및 지원을 위한 실효성 있는 정책적 제도적 기반 마련이 필요하다.



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 23%³²⁾를 차지하고 있다. 건물 부문인 가정 및 상업 부문의 온실가스 배출량은 경제활동 수준, 에너지 비용, 기상 등 외생적 상황에 의해 영향받는다. 이러한 특성 때문에 배출권 거래제나 온실가스 목표관리제 등과 같은 감축 정책을 통한 배출량관리가 어렵다는 특징이 있다. 또한 비통제적 변수는 온실가스 배출 감축 정책의 효과를 희석하는데, 2018년의 경우 하절기 폭염 지속에 따른 에너지사용량 증가는 감축 정책 시행에도 불구하고 온실가스 배출량 증가의 주요 요인으로 작용하였다.

건물 부문 온실가스 배출은 주로 냉난방, 조명, 가전기기, 취사 등의 에너지 사용에 따른 것으로 배출량 목표 관리를 위해 친환경주택, 제로에너지건물, 그린리모델링 등 녹색건축물 확대, 경제적 유인수단인 탄소포인트제 및 효율기기 보급, 정책적 제도마련 등의 정책 수단을 시행하고 있다. 공공기타 부문³³⁾ 온실가스 배출은 공공 및 기타 부문의 에너지 사용에 따른 것으로 온실가스 배출량 목표 관리를 위해 고효율조명보급, 공공부문 온실가스 목표관리제, 저공해차량 보급, 공공건물 제로에너지 확대 등 공공기관 및 공공건물정책을 일부 포함하고 있다.

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

● 건물 부문 목표지표 분석

건물 부문 온실가스 배출량은 2021년 136.9백만톤으로 전년 134.8백만톤보다 1.5% 증가하였다. 배출량은 2018년 157.8백만톤 배출 이후 2020년 134.8백만톤까지 감소하였으나 COVID-19로 실시되었던 사회적 거리두기와 재택근무가 완화되면서 경제활동 증가로 2021년 배출량은 전년 대비 소폭 증가하였다.

2021년 배출량은 동년 배출 목표인 128.2백만톤보다 6.8% 높은 수준이며, 1990년도 배

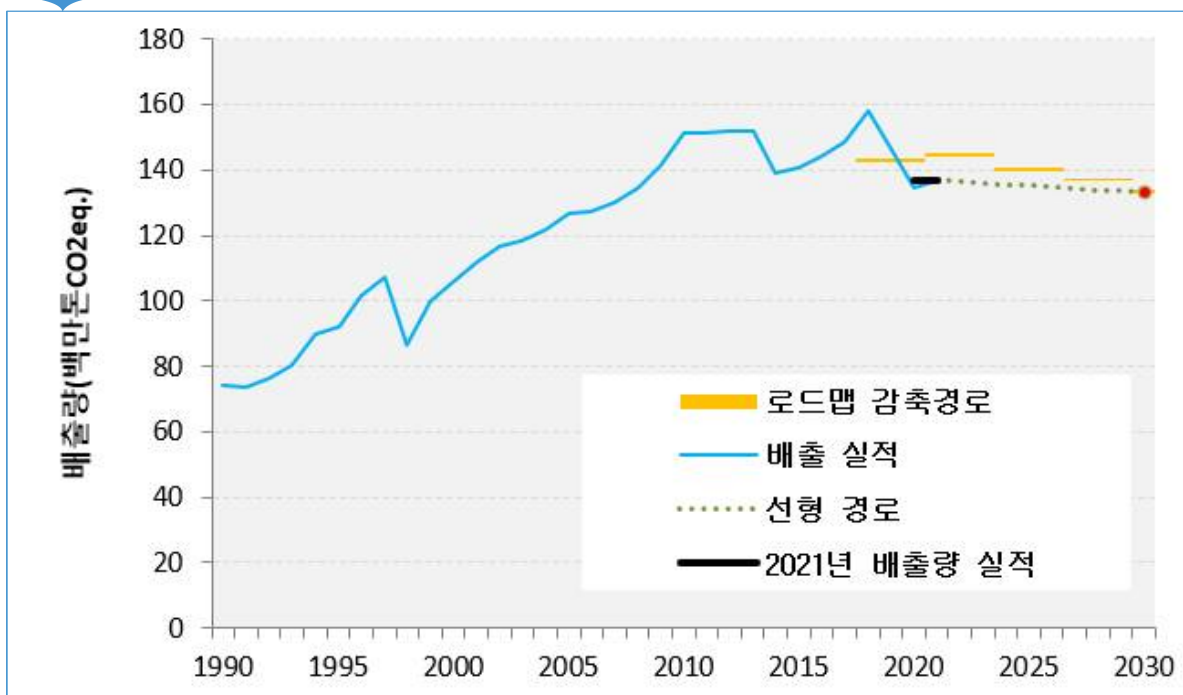
32) 2021년 건물 및 공공기타 부문의 직간접 온실가스 배출량 기준으로 2021년 총배출량 679.6백만톤중 건물 및 공공기타 부문의 배출량은 155백만톤으로 22.8%를 차지하고 있다.

33) 공공기타 부문은 건물 외 기타 에너지 소비 부문을 다수 포함하고 있으므로 유의할 필요가 있다.

출량 74.3백만톤 대비 84.8% 증가한 수치이고, 2030년 건물 부문의 목표 배출량 132.7백만톤³⁴⁾에 비해서는 3.2% 높은 수준이다.

2021년 배출량 실적에서 2030 로드맵 수정안의 목표에 도달하기 위해 향후 9년간(2022~2030년) 연평균 0.3% 감소해야 한다. 과거 10년 기간(2011~2020년) 배출량이 연평균 0.3% 감소한 점을 고려하면, 동일한 추세 유지 시 목표 배출량에 도달할 전망으로 보인다.

참고 6.1. 건물 부문 배출량 감축경로



| (백만톤) | 1990년 | 2000년 | 2010년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2030년 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|
| 실적 배출량 | 74.3 | 105.8 | 151.4 | 157.8 | 146.8 | 134.8 | 136.9 | - |
| 목표 배출량 | - | - | - | - | - | - | 128.2 ³⁵⁾ | 132.7 |

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

주) 과거 실적 배출량이 전년도 보고서와 다른 이유는 잠정치와 확정치의 차이, 열전기에 대한 배출계수 보정 및 인벤토리 보고서 개선 등에 기인함

● 공공기타 부문 목표지표 분석

2021년 공공기타 부문 온실가스 배출량은 18.1백만톤으로 전년 16.8백만톤보다 1.2백만

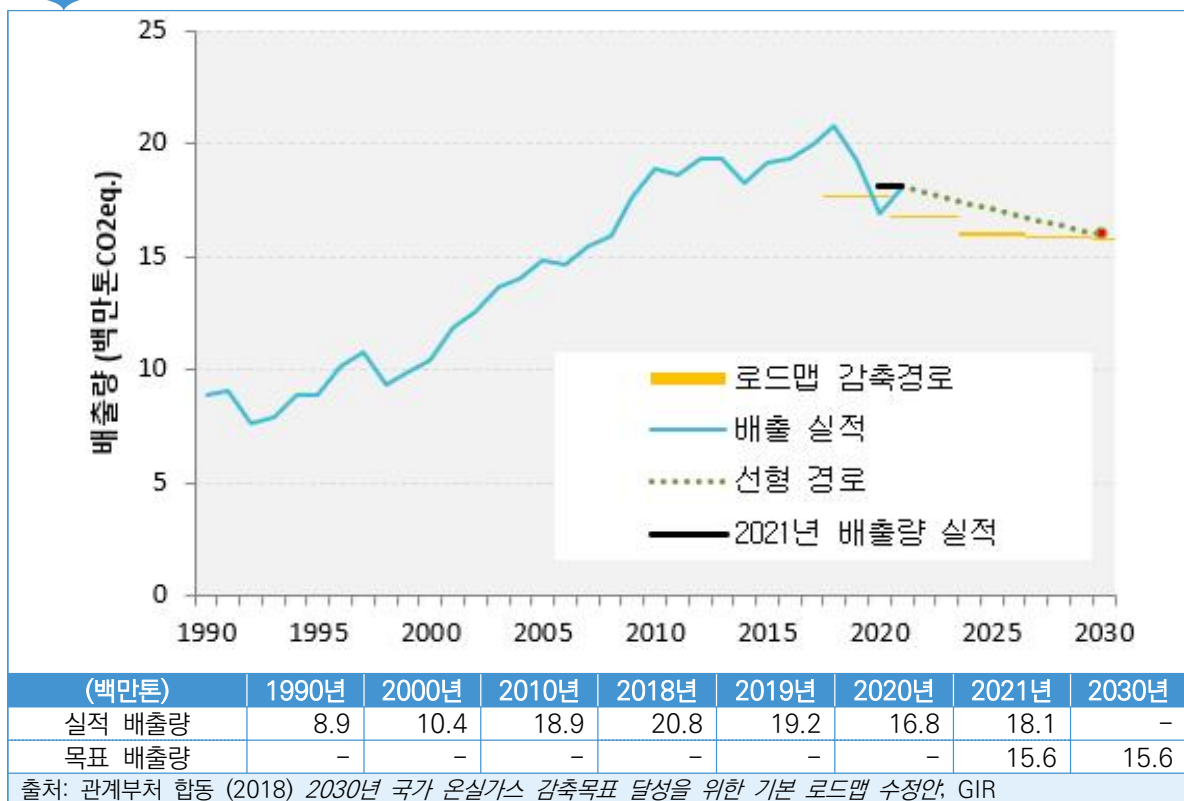
34) 2030 NDC 상향안의 건물부문 목표는 35.0백만톤이다. 그러나 이는 간접 배출량을 포함하지 않은 수치이며, 건물 및 공공기타 부문의 합계이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.

35) NIR은 직접 배출량을 기준으로 국가 배출량을 부문별로 구분하는데 반해, 2030 로드맵 수정안은 직접 배출량뿐만 아니라 열(스팀)과 전기 사용에 따른 간접 배출량도 포함하여 부문별 목표를 설정하기 때문에, NIR 및 잠정배출량을 이용하여 2021년의 부문별 목표지표 달성 여부를 평가 및 비교 하기 위해 배출량을 보정하였다.

톤 증가하였다. 배출량은 2018년 20.8백만톤이었으나 2020년 COVID-19 창궐에 의한 경제활동 위축에 따라 2019년 대비 12.4% 하락한 16.8백만톤으로 감소하였다 이후 2021년은 사회적 거리두기 완화 등 경제활동이 증가하면서 2020년의 기저효과에 의해 배출량 증가하였다.

2021년 배출량은 제1차 감축 이행기간(2018~2020년)의 평균 실적 배출량 19백만톤에 비해 4.5% 낮으나, 2021년 배출 목표 15.6백만톤보다 15.8% 높은 수준이다. 이는 1990년도 배출량 8.9백만톤 대비 103.4% 증가하였고, 2030년 공공기타 부문의 목표 배출량 15.6백만톤에 비해 15.8% 높은 수준이다. 2021년 배출량 실적에서 2030 로드맵 수정안 목표에 도달하기 위해서는 향후 9년간(2022~2030년) 연평균 1.5% 감소해야 한다. 과거 10년 기간(2011~2020년) 배출량이 연평균 1.0% 감소한 점을 고려하면, 목표 배출량 달성을 위해 공공기타 부문의 추가적 감축 노력이 필요하다.

참고 6.2. 공공기타 부문 배출량 감축경로



주) 과거 실적 배출량이 전년도 보고서와 다른 이유는 잠정치와 확정치의 차이, 열전기에 대한 배출계수 보정 및 인벤토리 보고서 개선 등에 기인함

2021년 건물·공공기타 부문 에너지 소비량은 각각 40.8백만 TOE, 5.5백만 TOE로 목표 소비량 38.2백만TOE, 5.2백만TOE보다 각각 6.8%, 4.6% 높다. 건물 부문 탄소집약도의 경우 3.35톤CO₂eq/TOE로 목표지표에 근접하였으나, 공공기타 부문의 경우 3.3톤

CO₂eq/TOE로 목표지표 3.0톤CO₂eq/TOE보다 10.7% 높아 계획 대비 충분한 저탄소 에너지 전환이 이루어지지 못하였다.

참고 6.3. 건물 및 공공기타 부문 목표지표 분석

| 목표지표 | | 단위 | 2021년 배출 목표 | 2021년 배출 실적 | 차이 |
|------|---------|--------|-------------|-------------|-------|
| 건물 | 배출량 | 백만톤 | 128.2 | 136.9 | 6.8% |
| | 에너지 소비량 | 백만 TOE | 38.2 | 40.8 | 6.8% |
| | 탄소집약도 | 톤/TOE | 3.35 | 3.35 | -0.0% |
| 공공기타 | 배출량 | 백만톤 | 15.6 | 18.1 | 16.0% |
| | 에너지 소비량 | 백만 TOE | 5.2 | 5.5 | 4.6% |
| | 탄소집약도 | 톤/TOE | 3.0 | 3.3 | 10.7% |

2. 이행지표 분석

● 건물 부문

이번 이행점검에서는 일부 이행지표 단위를 개선하였다. 기존에는 ‘그린리모델링 사업실적’에 대하여 건수와 연간으로 구분하여 살펴보았으나, 이번부터 건수와 면적으로 수정되었다. 하지만 면적에 대한 목표가 명시되어 있지 않아 건수 데이터를 기반으로 이행지표 평가를 진행하였다.

또한 연도별 지표 평가에 집중하기 위해 3개년 총값을 통한 이행지표를 평가는 삭제 후 각 연도별 이행지표만 평가하는 것으로 바뀌었다. 이 과정에서 정량 지표 중 ‘그린리모델링 사업실적에서 가정과 상업으로 구분되었던 부분이 통합되었고, 정성지표의 경우 기존에 ‘도시재생사업 모델 발굴 제시 및 그린 리모델링 활성화 중장기 방안 수립 시행’과 ‘기존 건축물(15년 이상 노후 건축물) 그린 리모델링 추진’을 나누어서 평가하였다면 이번 평가에서는 이 두 지표의 실적과 목표값을 합산하여 평가를 진행하였다.

따라서, 이번 이행점검에서는 정량지표는 5개(하위항목을 포함하면 총 6개), 정성지표는 5개로 구성되어 있다.

이를 정리하면, 정량지표는 ①친환경 주택 공급 수 ② 제로에너지건축물 인증 수 ③ 그린리모델링 사업실적 ④ 탄소포인트제 참가가구 ⑤ AMI 보급 확대 총 5개이며, 하위항목은 ⑤-1 한국전력공사 AMI 구축사업이 있다. 정성지표는 ⑥ 제로에너지 건축물(민간) 확

대 ⑦ 기존 건축물 에너지성능 향상을 위한 도시재생사업 모델 발굴·제시 및 그린리모델링 활성화 중장기 방안 수립·시행 및 기존 건축물(15년 이상 노후 건축물) 그린 리모델링 추진 ⑧ 건물용도별 운영효율지표 개발 ⑨ 고효율 기기 보급확대 등 ⑩ 고효율 조명 기기 확산으로, 세부 이행지표는 총 11개로 설정하였다.

참고 6.4. 건물부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | |
|--|---------------|----------------|-------|----------------|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① 친환경주택 공급 (보급세대, 만호, 연간) | 41 /38.8 | 47 /36 | ● | 47 /37 |
| ② 제로에너지 건축물 인증건수 | 41 /35 | 506 /100 | ● | 1,063 /520 |
| ③ 민간 그린리모델링 사업실적 (건수) | 11,428 /9,472 | 12,005 /11,368 | ● | 11,955 /20,000 |
| ③-1 공공 그린리모델링 사업실적 (건수) | - /- | 821 /- | ● | 895 /- |
| ④ 탄소포인트제 참여가구 (만가구) | 299 /299 | 310 /312 | ● | 325 /322 |
| ⑤ AMI 보급확대 (누적, 만호) | 700 /1,700 | 848 /1,100 | - | - |
| ⑤-1 한국전력공사 AMI 구축 사업 목표 (신규, 만호) | 148 /148 | 172 /172 | ● | 52 /52 |
| 정성지표 | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | |
| ⑥ 제로에너지 건축물(공공) 확대 | - | - | - | |
| ⑦ 기존 건축물 에너지 성능 향상을 위한 도시재생사업 모델 발굴·제시 및 그린 리모델링 활성화 중장기 방안 수립·시행 및 기존 건축물(15년 이상 노후 건축물) 그린 리모델링 추진 | - | ● | ● | |
| ⑧ 건물용도별 운영효율지표 개발 | - | - | ● | |
| ⑨ 고효율 기기 보급 확대 등 | - | ● | ● | |
| ⑩ 고효율 조명기기 확산 (형광등 퇴출 등) | - | - | ● | |

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

● 정량지표

• 친환경 주택 공급

친환경 주택은 신재생에너지를 도입하고 고효율 조명 및 보일러, 친환경 단열재를 사용함으로써 화석연료 사용을 억제하고 온실가스 및 대기오염물질의 배출을 최소화하는 주택을 의미한다. 정부는 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 제 27조(보급사업)와 신재생에너지 설비의 지원 등에 관한 규정 그리고 에너지절약형 친환경주택의 건설기준에 따라서 태양광, 태양열, 지열, 풍력 등 신재생 에너지를 주택에 설치할 경우 설치비의 일부를 보조 지원하는 사업을 추진하고 있다. 또 20세대 이상 공동주택을 건설하는 사업자는 냉·난방 효율 등에 대한 에너지절약계획서를 제출해야 하고, 이런 과정을 주택사업계획승인을 위한 필수절차로 지정하였다. 한국에너지공단은 주택 성능평가, 설계기준, 건축물 에너지 효율 등급 인증 등 친환경 주택의 에너지효율을 평가하고 있으며, 3가지 조건 중 1개 이상을 만족하는 경우를 친환경 주택으로 간주한다.

참고 6.5. 친환경주택 설계 조건³⁶⁾

| 구분 | 친환경주택 성능평가 | 친환경주택 설계평가 |
|-------|---|--|
| 평가 내용 | <ul style="list-style-type: none"> 평가기준단지 대비 평가대상단지의 총 에너지 절감률 또는 총 이산화탄소 저감률 의무사항 이행 여부 | <ul style="list-style-type: none"> 창호 및 벽체 단열, 열원설비, 고단열 고기밀 강제창호 의무사항(일부) 이행 여부 |
| 평가 기준 | <ul style="list-style-type: none"> 난방부문은 외피의 단열성능에 의한 난방부하 절감량 급탕부문은 태양열 급탕시스템 또는 지역시스템에 의한 급탕부하 절감량 열원설비는 보일러, 지역난방, 구역형열병합발전, 소형 열병합발전시설에 의한 난방 및 급탕 에너지 절감량 전력부문은 태양광, 풍력에 의한 전력부하 절감량 | <ul style="list-style-type: none"> 창호·벽체 단열, 열원설비, 고단열·고기밀·강제창호, 창의 기밀성능, 고효율 기자재의 사용, 단열제의 설치, 대기전력자동 차단장치의 설치, 일괄소등스위치의 설치, 조명, 실별 온도조절장치의 설치 |

친환경 주택 공급은 건축물에 필요한 에너지 부하를 최소화하여 에너지효율 개선을 유도하는 사업으로, 목표 대비 실적으로 달성률을 평가하고 있다. 2019년 목표 및 실적은 각각 38.8, 41만 호로 목표 대비 2.2만 호 초과 달성하였으며, 2020년 및 2021년 실적(47, 47만 호) 또한 목표(36, 37만 호)를 초과 달성하였다.

그러나 20세대 이상의 공동주택을 건설하는 사업자들은 에너지절약계획서를 제출하게 되어 있지만, 조건에 부합되지 않는 건물은 의무사항이 아니다. 보급 목표가 전체 공급량의 일부분만 차지하는 경우, 보급 목표를 달성하더라도 실제 온실가스 감축 효과가 크지 않기

36) 국토교통부, 친환경 주택의 건설기준 및 성능

때문에 전체 신축 주택건물 중 친환경 주택의 비중 등으로 평가하는 것이 바람직하다.

참고 6.6. 친환경 주택 공급 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|-------------------------------|-------|------|-------|----|-------|----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 친환경 주택 공급 수 (보급세대, 만호, 연간) | 41 | 38.8 | 47 | 36 | 47 | 37 |

• 제로에너지 건축물 인증 제도

제로에너지 건축물 인증 제도는 건축물에 필요한 에너지 부하를 낮추고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소비를 최소화하는 건축물을 대상으로, 에너지 자립률에 따라 1~5등급의 인증을 부여하는 제도이다. 「녹색건축물 조성 지원법」 제17조 및 같은 법 시행령 제12조, 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증에 관한 규칙」, 「건축물 에너지효율등급 인증 및 제로에너지건축물 인증 기준」 제로에너지건축물 인증 표시 및 의무 대상은 신축·재축 또는 기존 건축물의 대지에 별개의 건축물로 증축하는 연면적 1,000㎡이상의 에너지절약계획 제출 대상 건축물이다. 공동주택 및 기숙사는 의무대상에서 제외되나 2023년부터 30세대 이상의 공공 공동주택은 의무대상에 포함될 예정이다.

제로 에너지 건축물 인증 등급을 부여받기 위해서는 우선 건축물 에너지효율등급이 1++ 이상, 신·재생에너지를 활용한 에너지 자립률은 최소 20% 이상이어야 한다. 또한 건물에너지관리시스템 또는 원격검침전자식 계량기가 설치되어야 한다. 제로에너지 건축물 인증 유효기간은 인증받은 날부터 해당 건축물에 대한 1++등급 이상의 건축물 에너지효율등급 인증 유효기간 만료일까지이다.

참고 6.7. 제로에너지 건축물 인증 기준³⁷⁾

기준 1. 건축물 에너지효율등급 1++ 이상

- 주거용: 90kWh/m²년 미만
- 비주거용 : 140kWh/m²년 미만

기준 2. 에너지자립률 20% 이상

- 건물에너지 해석 프로그램 (ECO2)평가
- 단위면적당 1차에너지소비량 대비 단위면적당 1차에너지생산량
- 대상건물의 에너지자립률* 최소 20% 이상(에너지자립률에 따라 1~5등급 부여)

기준 3. BEMS 또는 원격검침전자식 계량기 설치

- 체크리스트 평가항목별 적용여부 판단

· 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 |

목표 및 실적을 연도별로 살펴보면 2019년 목표는 35건, 실적은 41건으로 목표를 달성하였고, 2020년의 목표는 100건, 실적은 507건으로 목표를 달성하였으며, 2021년에는 목표는 520건 실적은 1,063건으로 목표를 초과 달성하였다.

제로에너지 건축물 인증은 2019년, 2020년, 2021년 모두 목표를 달성하였다. 그럼에도 불구하고 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 | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|-------------|---------------------|---------|----|-----------|-----|--------------|-----|
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 건물 (전체) | 건수(건) | 41 | 35 | 507 | 100 | 1,063 | 520 |
| | 면적(m ²) | 572,351 | - | 2,719,269 | - | 6,351,637.86 | - |
| 주거용 (가정) | 건수(건) | 1 | - | 2 | - | 3 | - |
| | 면적(m ²) | 155,833 | - | 5,805 | - | 21,454,50 | - |
| 주거용 외 | 건수(건) | 5 | - | 12 | - | 84 | - |
| | 면적(m ²) | 38,100 | - | 48,868 | - | 324,697.76 | - |

• 그린리모델링 사업실적

그린리모델링은 녹색건축물조성지원법 제 27조를 기반으로 건강한 주거환경을 제공하기

37) 제로에너지건축물의 인센티브 자료 참고

위해 에너지 효율을 높이고 단열보완, 기밀성 강화 등을 통한 기존 건축물 에너지 성능 및 효율을 개선하는 사업이다. 2021년 현재 국토부와 한국토지주택공사가 민간 건축물의 에너지 성능개선 촉진을 위해 공사비 대출 이자 일부를 보조해주고 있으며, 민간 건축물의 그린리모델링 신청시 은행에서 대출받은 공사비의 이자를 일부 지원해주고 있다. 이 과정에서 에너지 성능 평가 프로그램으로 산출한 에너지 성능개선 비율 또는 창호 에너지 소비 효율 등급에 따라 차등화된 이자 지원율을 적용하여 사업의 실효성을 높인다.

성과지표상 민간건축물 그린리모델링 사업의 추진목표는 2019년 9,472, 2020년 11,368건이고 21년은 20,000건이다. 이에 대해 실적은 11,428건, 12,005건, 12,850건으로 2019년과 2020년에는 목표를 달성하였지만, 2021년은 달성하지 못하였다. 2021년에 목표를 달성하지 못한 가장 큰 이유로 그린리모델링 사업은 건설경기의 영향을 받는 사업이기 때문에 최근의 건설경기 침체와 정부 지원 이율(3%)이 시중 금리(6% 이상)를 뒷받침하지 못한 것이 원인으로 파악된다. 또한 예산이 '19년 6,788백만원에서 '20년 8,296백만원, '21년 10,223백만원 등으로 급격히 증가하였으나, 경기 변동 등의 영향으로 당초 예측보다 실적이 저조한 것도 이유가 될 수 있다.

건설경기 침체와 정부 지원 이율의 문제 해결을 위해서 지속적인 홍보 및 지원이자율을 3%에서 4%로 상향하고, 장기적으로는 그린리모델링 시행 법인세 감면 및 기업의 ESG 활동 실적을 연계하는 방안 추진을 통해 향후 그린리모델링 사업이 지속적으로 추진되면 상당한 감축 효과를 거둘 수 있을 것으로 판단된다.

참고 6.9. 전국 건축물 노후도 현황 (2022년 3월 기준)

| | 전국 | 수도권 | 지방 |
|----------------|-------|-------|-------|
| 35년 이상된 건축물 비율 | 31.4% | 20.4% | 35.6% |

참고 6.10. 그린리모델링 사업 달성도 평가

| 구분 | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|------------|---------------------|-----------|-------|-----------|--------|-----------|--------|
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 건물 (전체) | 건수(건) | 11,428 | 9,472 | 12,005 | 11,368 | 12,850 | 20,000 |
| | 면적(m ²) | 1,959,363 | - | 2,111,381 | - | 3,348,509 | - |
| 가정 (전체) | 건수(건) | 11,425 | - | 12,004 | - | 11,948 | - |
| | 면적(m ²) | 1,951,238 | - | 2,111,006 | - | 2,357,407 | - |
| 상업 (전체) | 건수(건) | 3 | - | 1 | - | 7 | - |
| | 면적(m ²) | 8,125 | - | 375 | - | 52,878 | - |

• 탄소 포인트제 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. 감축 이행기간 실적을 살펴보면 가정에서 각각 325만 가구가 참여했고, 상업에서는 13,511만 가구가 참여했다. 탄소포인트제는 가정과 상업으로 실적 평가를 진행하였고, 결과적으로 ‘탄소포인트제 참여가구’는 매년 지속적으로 증가하고 있으며 목표치보다 높은 달성률을 기록하고 있다.

참고 6.11. 탄소포인트제 참여대상 및 인센티브 지급 기준

| 구분 | 내용 |
|----|---|
| 개인 | 참여대상 · 가정의 세대주(세대 구성원)또는 학교, 상업시설 등의 실제 사용자 |
| | 인센티브 지급기준 · 에너지(전기, 수도, 가스)절약 시 환경부 및 각 지방자치단체에서 감축량을 선정하여 탄소포인트 제공 (현금, 상품권, 그린카드) · 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 |
| | 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 6.12. 탄소포인트제 참여 달성도 평가 (만가구)

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|-----|-------|-----|-------|-----|--------|-----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 가정 | 299 | 299 | 310 | 312 | 325 | 322 |
| 상업 | 8,587 | - | 9,777 | - | 13,511 | - |

- 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 수요 반응을, 공급자에게는 수요예측과 부하관리를 가능하게 한다.

참고 6.13. AMI 보급 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| AMI 보급확대 (누적, 만호) | 848 | 1,700 | 1,020 | 1,100 | 1,072 | - |

주) AMI 보급확대의 실적값과 한국전력공사 AMI 구축사업 실적값이 동일한 추이를 보이기 때문에 한국전력공사 AMI 구축사업 2021년 실적값 활용

2020년부터 AMI 구축 사업이 그린뉴딜 사업에 포함됨에 따라, 이를 반영하여 2024년을 목표로 하는 한국전력공사 AMI 구축사업 지표를 신규로 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 6.14. 한국전력공사 AMI 구축사업 목표 및 실적(만호)

| 구분 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|------------|-------|-------|-------|
| 목표 | 148 | 172 | 52 |
| 목표 (누적) | 848 | 1,020 | 1,072 |
| 실적 (신규) | 148 | 172 | 52 |
| 실적 (누적) | 848 | 1,020 | 1,072 |

- 정성지표

• 제로에너지 건축물(공공) 확대

본 지표는 제로에너지건축물 운영단계의 에너지효율화를 위해 건물에너지관리시스템(BEMS)³⁸⁾또는 원격검침전자식 계량기 설치 보급 확대를 위한 지표로써 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 통합시스템이다. 정부는 2020년부터 연면적 1000㎡이상 공공 건물을 대상으로 인증을 의무화하였으며, 2023년부터는 공공건축물의 경우 연면적 1,000㎡ 이상에서 500㎡ 이상으로, 공공 공동주택에 경우 30세대 이상으로 제로에너지건축물(ZEB)의 점진적 확산을 추진하고 있다.

2021년 1월 산업통상자원부는 BEMS 한국산업표준(KS F 1800-2) 제정을 통해 BEMS 운영 전 주기에 걸쳐 데이터 관리체계를 단계별로 표준화하였다³⁹⁾. 그간 정부는 대규모 공공건물(연면적 10,000㎡ 이상)에 BEMS 설치를 의무화('17.1월)하는 등 BEMS 보급을 추진해왔으나, 데이터 관리 체계가 BEMS 공급사별로 상이하여 업체 간 데이터호환·교류에 지장이 있었으며, 에너지절감 효과에 대한 체계적 검증 방법 부재로 BEMS의 객관적인 도입효과 산정이 어려워 보급·확산에 애로가 있었다. 동 장애요인을 제거하기 위해 정부는 관련 업계 공청회, 전문가 의견수렴 및 기술심의회 등을 거쳐 BEMS에 대한 국가표준 제정안을 완성하였다. BEMS와 관련한 국제표준이 전무한 상황에서 금번 KS제정은 BEMS 데이터 관리 전반에 대한 세부적인 표준 체계를 구성하였다는 데에 큰 의미가 있으며, BEMS 업계의 데이터 관리체계를 표준으로 정립하고 BEMS를 통한 에너지절감 효과를 객관적으로 확인할 수 있도록 기반을 마련하여 동 시스템의 확산이 가속화될 것으로 기대된다.

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 연도별 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.

38) BEMS : Building Energy Management System (건물 내 주요 공간·설비에 부착한 센서를 통해 실시간으로 에너지사용 데이터를 수집·분석하여 에너지소비 절감과 건물의 쾌적한 실내환경 유지에 활용하는 최첨단 ICT 시스템)

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

참고 6.15. 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 6.16. BEMS 인센티브

| 인센티브 | 세부내용 | 관련근거 |
|---------|--|----------------|
| 세액공제 | 기계장치 등 사업용 유형자산 투자시 투자비용의 1~10%*를 소득세 또는 법인세에서 공제 * 기본공제 : 중소기업(10%), 중견기업(3%), 그 밖의 기업(1%) | 조세특례제한법 제24조 |
| 에너지진단면제 | EMS 구축·운영으로 4~5%* 이상 에너지절감성과를 달성한 경우 진단주기 2회마다 진단 1회 면제 * 민간 사업장 4%, 공공기관 5% | 에너지이용합리화법 제32조 |

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

참고 6.17. BEMS 설치확인 실적

| 구분 | 공공건물 | 민간건물 | 합계 |
|-------|------|------|----|
| 2019년 | 27 | 3 | 30 |
| 2020년 | 39 | 1 | 40 |
| 2021년 | 72 | 1 | 73 |

출처: 한국에너지공단 (2022) 에너지 편람

- 기존 건축물 에너지 성능향상을 위한 도시재생사업 모델 발굴·제시 및 그린 리모델링 활성화 중장기 방안 수립·시행 및 기존 건축물 (15년 이상 노후 건축물) 그린리모델링 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 친환경 에너지전환 정책 부응, 미세먼지·광열비 저감 등 거주환경개선 및 건축산업 육성에 효과적이기 때문에 그린리모델링과 연계하여 추진되고 있다. 그린리모델링은 건물 부분에서 온실가스 배출을 감축하고 미세먼지·광열비 저감 등 거주환경개선 및 건축산업 육성에 효과적이다.

공공건축물 그린리모델링 사업 예산안을 살펴보면 개보수가 시급한 공공 건축물에 대해 2022년까지 국비 1,995억 원을 지원한다. 지금까지는 3차 추경(2020년)으로 우선 추진(2,276억 원)하여 2020년 계획을 목표(760동), 추진(821동)으로 계획을 달성하였다. 또 '21년에는 목표(760동)에 비해 추진(895동)이 더 많이 진행되었다.

참고 6.18. 민간 및 공공 그린리모델링 사업예산 (억원)

| 구분 | '20년 3차 추경 | '21년 | '22년 | '23년 (안) |
|----|------------|--------|--------|----------|
| 민간 | 97.96 | 102.23 | 102.42 | 8,076 |
| 공공 | 2,276 | 2,276 | 1,995 | 1,991 |

2021년에는 취약계층 이용 노후 공공건축물(어린이집, 의료시설, 보건소) 그린 리모델링을 약 760동 시행하는 것이 목표였으나, 최종적으로는 총 895동을 선정(어린이집 443동, 의료시설 57동, 보건소 385동)하여 사업을 추진 중이다. 이어서 2022년에는 취약계층 이용 노후 공공건축물 그린리모델링을 약 700동 지원하고 '23년 대상 용도를 3종에서 6동으로 확대 및 시행을 목표로 하고 있다.

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 건물부문 감축목표에 맞게 중장기적인 그린 리모델링 목표 및 대상을 설정하고, 민간 참여를 높이기 위한 이차지원사업 확대 등 인센티브를 갖춰야 할 것이다.

- 건물용도별 운영효율지표 개발

정부는 3차 에너지기본법에 따라 2022년부터 공공건물, 2024년부터 3천㎡ 이상의 상업용 건물을 대상으로 에너지효율평가 체계를 도입할 계획이며, 제2차 녹색건축물 기본계획(2019.12.)에 따라 건축물의 에너지 효율적 운영·관리체계 구축을 위해 기존 건축물 에너

지 사용 수준을 상호 비교 평가할 수 있는 용도별 운영 효율지표를 개발하고 있다.

에너지관리공단은 건물 에너지효율평가 적용 기반 마련을 위해 에너지데이터 분석센터에서 기후조건, 건축물 현황, 용도별 운영 특성 등의 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 온라인플랫폼을 활용한 '교육시설 에너지관리 시범사업'을 추진하여 건물에너지 효율평가 및 관리 플랫폼을 고도화하는 계획을 제시하였다. 이에 따라 병원·교육시설에 대한 지표를 활용하여 에너지 운영효율 분석보고서를 제공하고, 우수건물을 선정하여 포상하는 등 행태개선을 유도하였으며, 시범사업 대상 및 기반확대를 위해 업무시설유형에 대한 운영효율 분석지표개발을 추진하였다. 2021년에는 판매시설 유형을 도·소매로 분류하여 에너지 영향요소(연면적, 매출액, 연간 총 내방객수 및 냉난방소비전력 등)를 활용해 분석하고, 모델식을 도출해 실제 시범사업을 진행하였다. 이를 통한 데이터 수집을 바탕으로 기존 개발된 지표(의료·교육·업무)를 보완하였고, 운영효율 보고서 시각화를 마련하였다.

지금까지의 건물용도별 운영효율지표는 공공건물, 병원 및 교육시설 그리고 도·소매로 분류된 판매시설의 분석·모델식만 도출되었다. 관광진흥법 제 3조 1항 2호 및 시행령⁴⁰⁾을 살펴보면 숙박시설은 크게 호텔업과 휴양 콘도미니엄업으로 구분되며 고시원, 호텔, 콘도 등 많은 건물이 이에 해당된다. 판매시설을 유형별로 구분했던 것과 같이 숙박시설의 유형에 따른 분류 및 에너지 영향요소 분석과 이후 건축물 운영효율 분석 방법 개발 및 모델식 검증과정도 요구된다. 이런 과정을 통하여 의료·교육·업무·판매시설을 대상으로 시범사업 신청을 받아 에너지효율 평가용 데이터플랫폼을 통해 온라인 분석 보고서 제공하고, 에너지 총조사 주기에 맞추어 건물 유형별 신규 지표개발(건축물 용도 세분화) 및 기존 지표 고도화를 통해 단계별 평가 대상을 확대 검토하는 것이 필요하다.

• 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 규모 한도는 개인별 30만원이며, 지

원 품목은 의류 건조기를 추가한 11개 품목으로 약 33,800가구(4인 기준) 1년 전력 사용량에 해당하는 127GWh의 에너지 절감효과를 내어 2019년보다 큰 성과를 내었다. 하지만 2021년에는 한국전력공사의 자원 700억 원으로 저소득층 등 취약계층을 대상으로 고효율 가전 구매 환급사업을 추진하여 정부 재원이 반영되지 않았고, 기업의 고효율 제품 기술개발 유도 및 소비자의 고효율 제품 소비 활성화 정책을 추진하는 중장기계획이 설정되었다.

고효율 기기 보급을 살펴보면 김치냉장고와 전기냉방기는 1등급 제품이 차지하는 비중이 꾸준히 증가하였으나, 전기냉장고는 2021년 10월 1일 이후 기준이 강화되면서 2020년 48%의 보급률에서 2021년 25%로 수치가 감소하였다. 하지만 전기냉장고의 1~3등급 판매율의 합이 92%로 나타나 고효율기기 보급이 원활하게 진행되고 있음을 알 수 있다. 가정용 가스 보일러, 상업용 전기 냉장고, 멀티전기히트펌프 시스템, 전기세탁기, 전기 냉온수기, 텔레비전 수강기, 제습기 또한 3년 동안 1등급 제품이 판매되는 비중이 꾸준히 증가하였다. 전기진공청소기는 2019년 기준이 강화되었으나 1~3등급 판매율의 합이 61%이고 4~5등급 판매율이 40%로 나타나고 있어 추가 정책이 필요할 것으로 보이며, 공기청정기는 1등급 판매율(13%)에 비해 2~3등급 판매율이 79%로 집계되어 있다. 또한, 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)을 검토하였다.

2021년에는 이해관계자 의견 수렴 및 효율관리기자재 운용규정에 대해서 개정안을 확정하였다. 하지만 효율관리기자재 규정에 대해 개정을 추진한 것은 아니기 때문에 형광등 판매량을 고려해 3개 군으로 구분하고, 판매량이 적은 유형부터 최저효율기준을 단계적으로 상향하는 과정⁴¹⁾이 요구된다.

● 공공기타 부문

41) 형광등 판매량을 3개군으로 구분하고, 판매량이 적은 유형부터 최저효율기준을 2023-2024-2025-2027년에 걸쳐 단계적으로 상향할 계획이다.

참고 6.19. 공공기타 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | | |
|--------------------------------------|----|-------------|--------------|----------|--------------|
| 이행지표 | | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① LED 조명 누적 보급률(%) | 실내 | 86.8 /80 | 94.7 /100 | ● | 94.9 /100 |
| | 실외 | 42.9 /- | 56.2 /- | - | 54.5 /- |
| ② 신재생에너지 공급의무비율(%) | | 26.8 /27 | 30.7 /30 | ● | 34.2 /30 |
| ③ 공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률(%) | | 23.5 /28 | 30.3 /30 | - | - /32 |
| ④ 공공기관 저공해차 의무구매·임차 비율(%) | | - | 78.3 /100 | - | - |
| 정성지표 | | | | | |
| 이행지표 | | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | |
| ⑤ 제로에너지 건축물(공공) 확대 | | ● | ● | ● | |
| ⑤-1 건물에너지관리시스템(BE MS) 보급 | | - | - | ● | |
| ⑥ 건물(공공) 에너지 효율 평가 기반 마련 | | - | - | ● | |
| ⑦ 공공 부문 온실가스 목표관리제 운영 | | - | - | ● | |

● 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 서술한다.

- LED 조명 누적 보급률

2011년 발표된 ‘LED조명 2060’ 계획⁴²⁾에 따르면 2020년까지 국가 전체 LED 조명 비중을 60%까지 확대하며, 공공기관은 100% 달성한다는 목표를 제시하고 있다. 특히 공공 부문이 온실가스 감축을 선도한다는 차원에서 공공 건물을 대상으로 LED조명 보급이 조기 시행되고 있다. 실내용 조명의 LED 누적 보급률을 목표와 비교해보면, 2019년은 목표를 초과 달성하였으나, 2020년과 2021년은 각각 94.7%, 94.9%로 나타나 목표에 미달하였다. 이에 정부는 100% 미설치 기관을 대상으로 지속적으로 독려하고 조치 계획을 제출받을 계획이다. 반면 가로등과 같은 실외용 조명은 연도별이 아닌 2030년 100% 보급을 목표로 제시하고 있다.

- 신재생에너지 공급의무비율

신재생에너지법 제12조에 따르면 공공기관에서 건축물을 신축, 증축 또는 개축하는 경우 신재생에너지 설비를 의무적으로 설치해야 한다. 2019년 ~2021년 목표 및 실적을 살펴보면 2019년 목표는 27%, 실적은 26.8%로 목표에 근접하였으며, 2020년의 목표는 30%로 실적(30.7%)이 목표를 초과 달성하였다. 신재생에너지 공급의무 비율 목표가 ‘22년 32%, ‘24년 34%, ‘26년 36%, ‘28년 38%, ‘30년 40%로 점차 증가하는 것으로 보아, 온실가스 감축에 꾸준히 기여할 것으로 기대된다.

참고 6.20. 신재생에너지 공급의무비율 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2022년 | |
|-----------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 공급의무비율(%) | 26.8 | 27 | 30.7 | 30 | 34.2 | 30 | - | 32 |

- 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 2019년에 목표를 달성하지 못했으며, 특히 국·공립대학의 감축 실적이 가장 낮았고 중앙행정기관 및 시도 교육청이 그 뒤를 이었다. 2020년 감축률은 30.3%로 목표를 초과 달성하였으며, 국·공립대학의 감축 실적은 전년 대비(22.5%) 34.1%로 증가하였다. 이 외에도 시도 교육청, 지방공사 및 지방공단, 국립대학병원 및 치과병원의 감축 실적

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

역시 증가되었다.

참고 6.21. 공공 부문 목표관리제 내실화 달성도 평가

| 공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률(%) | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|---------------------------------|-------|----|-------|----|-------|----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 전체 | 23.5 | 28 | 30.3 | 30 | - | - |
| - 중앙행정기관 등 | 17.7 | - | 20.9 | - | - | - |
| - 광역지방자치단체 | 28.1 | - | 34.7 | - | - | - |
| - 공공기관 | 25.6 | - | 30.3 | - | - | - |
| - 지방공사 및 지방공단 | 20.9 | - | 40.0 | - | - | - |
| - 국립대학병원 및 치과병원 | 8.9 | - | 7.4 | - | - | - |
| - 국·공립대학 | 22.5 | - | 34.1 | - | - | - |
| - 시도 교육청 | 14.8 | - | 24.1 | - | - | - |

- 공공기관 저공해차 의무구매·임차 비율

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 2019년에 대한 목표와 실적은 존재하지 않는다. 실적을 살펴보면 2020년 실적은 78.3%로 목표인 100%에 미치지 못하였다. 그러나 산업통상자원부⁴³⁾에 따르면 2020년 저공해차 의무구매 비율(100%)을 달성한 기관은 국가기관 30개, 지자체 139개, 공공기관 253개 등 422개 기관(69%)으로 나타났으며, 2021년 전기차 및 수소차 구매 계획은 4,431대(78.4%)로 2020년 구매실적인 1,806대에 비해 2배 이상 증가하여 공공 부문의 저공해차 전환이 가속화될 것으로 판단된다.

참고 6.22. 공공기관 저공해차 보급

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|----------------------------|-------|----|-------|-----|-------|-----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 공공기관 저공해차의무 구매·임차 비율(%) | - | - | 78.3 | 100 | - | 100 |

- 정성지표

- 제로에너지 건축물(공공) 확대

43) 환경부 보도자료 (2021), 2050 탄소중립 위해 공공부문부터 전기·수소차 전환 선도

공공 부문 제로에너지 건축물 확대는 에너지 소비개선 및 국가 온실가스 감축목표의 차질 없는 달성을 위한 제로에너지건축물(ZEB)의 점진적 확산을 목적으로 적용 시기 혹은 규모에 차이가 있으나, 개념적으로 건물 부문과 동일하다. 세부적으로는 제로에너지건축 의무화 로드맵에서 공공과 민간으로 나누어진다. 공공부문의 제로에너지 건축 인증의 경우 2020년 연면적 1천㎡ 이상 공공건축물을 대상으로 제로에너지 건축 의무화를 최초 시행하였고 예비인증 건수 실적이 목표대비 494% 초과 달성하였다. 이후 2025년 4등급 수준의 제로에너지 건축 의무화가 목표이며, 2030년에는 3등급 수준으로 달성하는 것을 목표로 두고 있다. 다만, 세부적인 용도·대상·연면적 등은 미정인 상황이다. 민간 부문의 경우 2020년과 2023년까지는 로드맵이 존재하지 않으며, 2024년 공동주택 30세대 이상은 모두 제로에너지건축물 인증 5등급 수준으로 설계하도록 하고, 2025년 건축물 연면적 1,000㎡ 이상은 제로에너지건축물 인증 5등급 수준으로 설계하는 의무화 제도가 도입된다. 최종적으로 2050년에는 모든 건물을 1등급 수준으로 유지함을 목표로 하는데 의무대상 및 성능 단계적 상향 추진을 위해 비의무대상의 자발적 ZEB 인증 취득 등을 유도하기 위해 인증 가능한 건축물의 규모를 삭제하는 등 규제 완화를 완료하고, 기술가이드 개발, 전문인력 양성, 기술교류회 운영 등 제로에너지건축물의 품질 확보 및 시장 확대를 위한 기반을 마련하고 있다.

- 건물(공공) 에너지효율평가 기반마련

3차 에너지기본법을 근거로 기후 조건, 건축물 현황, 용도별 운영 특성 등의 영향인자 조사 및 에너지사용량과 영향인자 간 통계분석을 통해 효율지표를 개발하고 있다. 2022 에너지 편람⁴⁴⁾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 온실가스 목표관리제 대상 확대

그간 공공 부문 온실가스·에너지 목표관리제는 중앙행정기관, 지자체 등 777개 평가대상

44) 2022 한국에너지공단 에너지 편람

기관에 대해 2030년까지 기준배출량(2007~2009년 연평균 배출량) 대비 50% 감축을 목표로 시행되어 왔다. 2020년 감축 결과, 중앙행정기관 및 지자체 등 777개 평가대상 기관에 대해 2021년 공공부문 온실가스 목표관리제 이행결과⁴⁵⁾를 진행한 결과 공공부문에서 온실가스 370만톤을 배출하여 기준배출량('07~'09년 평균배출량, 531만톤) 대비 161만톤(30.3%)을 감축할 수 있었다. 하여 공공부문의 선도적 역할 수행을 위해 시설 및 건물의 용도와 온실가스 배출 특성을 고려하여 유형별로 6개 대상지⁴⁵⁾를 선정하였다.

공공부문은 온실가스 목표 관리제에 있어서 선도적인 역할을 수행하므로 앞으로 공공부문의 탄소중립 조기 실현을 위한 공공부문 탄소중립 추진전략 수립 안내서 개발, 감축목표 검토 및 공공부문의 탄소중립 지원을 위한 공공건축물의 유형별 탄소중립 모델을 발굴 및 가이드라인 개발을 확대할 계획이다.

3. 요인분해 분석

● 분석 개요

건물·공공기타 부문의 온실가스 배출량 증감요인은 탄소집약도 효과, 에너지집약도 효과, 산업구조 효과, 생산 효과로 구분된다. 첫째, 탄소집약도 효과는 에너지사용량 대비 온실가스 배출의 비율 변화에 따른 배출량 변화이다. 둘째, 에너지집약도 효과는 단위 부가가치 생산에 필요한 에너지사용을 반영한다, 셋째, 산업구조 효과는 GDP 대비 건물 및 공공기타 부문의 부가가치⁴⁶⁾ 비중의 변화에 대한 증감 효과를 의미한다, 마지막으로 생산 효과는 GDP 변화에 따른 증감 효과를 의미한다.

45) 6개의 대상지는 김해 장유도서관, 진주 자연생태관, 완주 농업기술센터, 시흥 맑은물관리센터, 단양 폐기물 종합처리장, 고양 광역정수장이 속해있다.

46) 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 6.23. 건물 및 공공기타 부문 배출량 요인분해 분석 모형⁴⁷⁾

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

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

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)

● 건물부문 분석 결과

2021년 건물 부문 배출량 실적은 목표 배출량 128.2백만톤에서 8.7백만톤을 초과하였다. 배출량 증감요인에서 에너지집약도와 산업구조 효과는 증가요인, 생산 효과는 감소 요인으로 작용하였다.

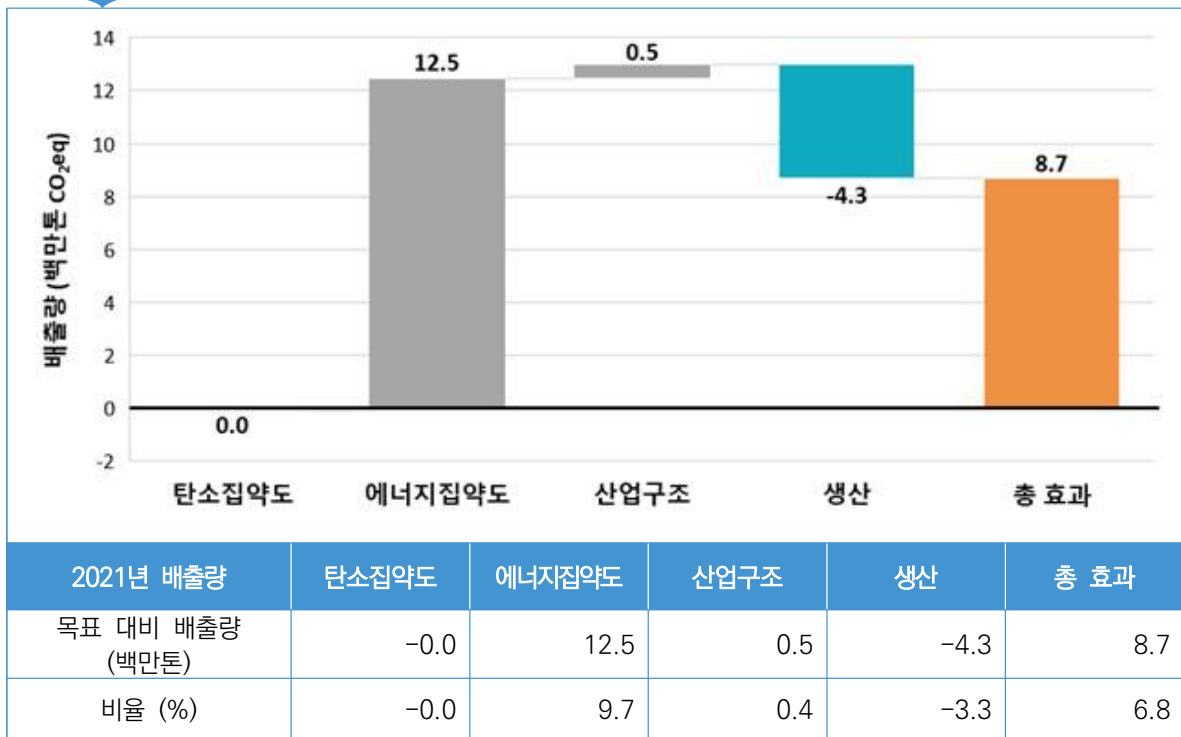
에너지집약도 효과는 배출량 증가의 주요 요인이다. 2021년 건물 부문의 부가가치는 2030 로드맵 수정안 전망치 대비 2.8% 감소하였으나, 에너지사용량은 전망 대비 6.8% 증가하여 에너지집약도는 당초 목표인 0.041에서 0.051로 증가하였다. 이로 인한 에너지집약도 효과는 목표 배출량의 9.7%(12.5백만톤 배출량)만큼 배출량 증가에 기여하였다.

생산 효과는 배출량 감소의 주요 요인으로 목표 배출량의 3.3%인 4.3백만톤의 배출량 감소에 기여하였다. 2021년 GDP는 COVID-19로 인한 경제활동 위축에 따른 생산 감소로 2030 로드맵 수정안 전망치보다 3.2% 감소했기 때문이다.

산업구조 효과는 건물 부문의 국가 GDP 부가가치 비중이 예상 0.419보다 0.421로 증가함에 따라 목표 배출량의 0.4%인 0.5백만톤의 배출량이 증가하였다. 탄소집약도는 2021년 실적치 3.351톤CO₂eq/TOE가 2030 로드맵 수정안 전망치 3.352톤CO₂eq/TOE에 근접함에 따라 탄소집약도 효과에 의한 증감요인은 매우 미미하였고 동기간 건물 부문의 탄소집약도 개선은 전망치에 근접하였다.

47) 전년 보고서의 요인분해 분석에서는 인구요인이 포함되었으나 인구 효과는 산업, 수송 부문 등 타 부문과 공통으로 적용되고, 인구변화에 의한 온실가스 배출 기여도는 미미하므로 본보고서에서는 생략하였다.

참고 6.24. 건물 부문 목표 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



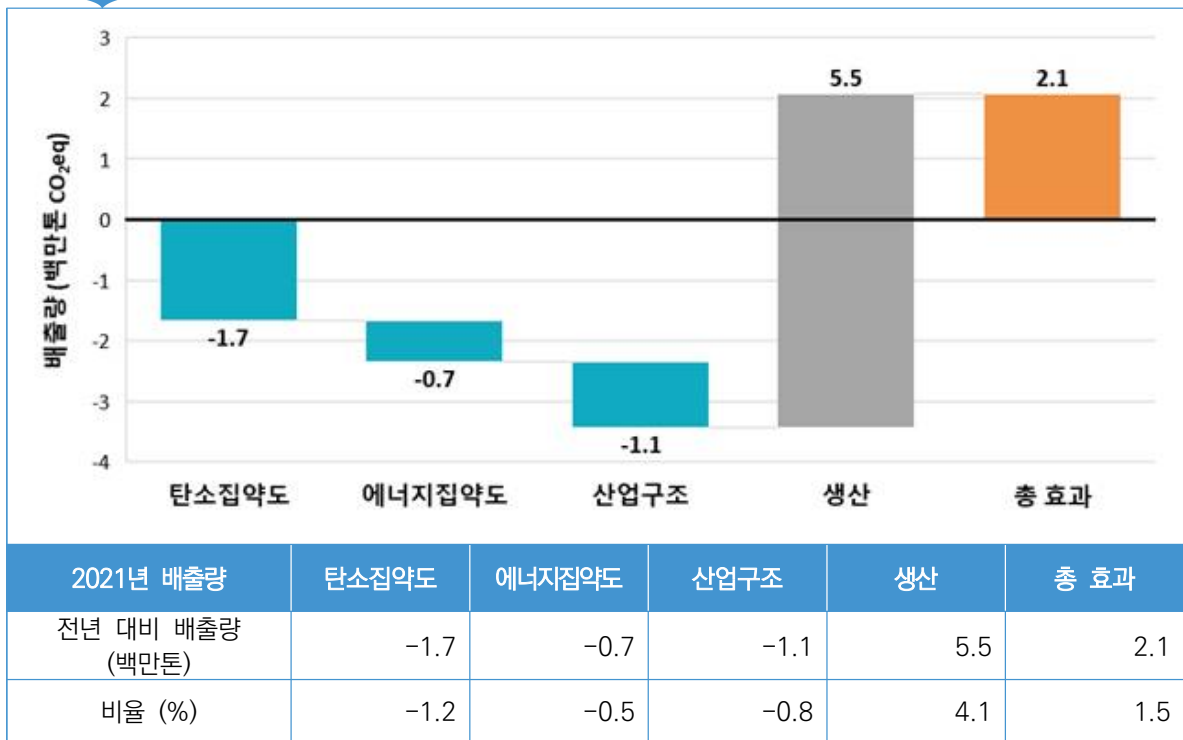
2021년 건물 부문 배출량은 전년 대비 2.1백만톤이 증가하였다. 배출량 증감요인에서 탄소집약도 효과, 에너지집약도 효과, 산업구조 효과는 감소요인으로 생산 효과는 증가요인으로 작용하였다.

탄소집약도 효과는 배출량은 전년 배출량의 1.2%인 1.7백만톤이 감소하였다. 그 원인은 에너지사용량은 전년 대비 2.8% 증가에도 불구하고 전력 부문에서 전력 배출계수가 2020년 4.82톤CO₂eq/TOE에서 2021년 4.68톤CO₂eq/TOE로 2.9% 개선되었기 때문이다.

에너지집약도는 전년과 비교하여 0.5% 개선됨에 따라 전년 배출량의 0.5%(0.7백만톤)만큼 감소하였다. 산업구조는 GDP 내 건물 부문의 비중이 2020년 0.424에서 2021년 0.421로 약간 하락하여 배출량이 전년 대비 0.8%(1.1백만톤) 감소하였다.

2021년 생산 효과는 2020년 경제활동 위축에 따른 기저효과로 나타났다. COVID-19에 의해 2020년 GDP가 2019년 대비 0.7% 감소하였으나 2021년 COVID-19 정점을 지나고 경제활동의 증가로 GDP는 2020년 대비 4.1% 증가하였다. 이에 따라 전년 배출량의 4.1%인 5.5백만톤이 증가하였다.

참고 6.25. 건물 부문 전년(2020) 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과

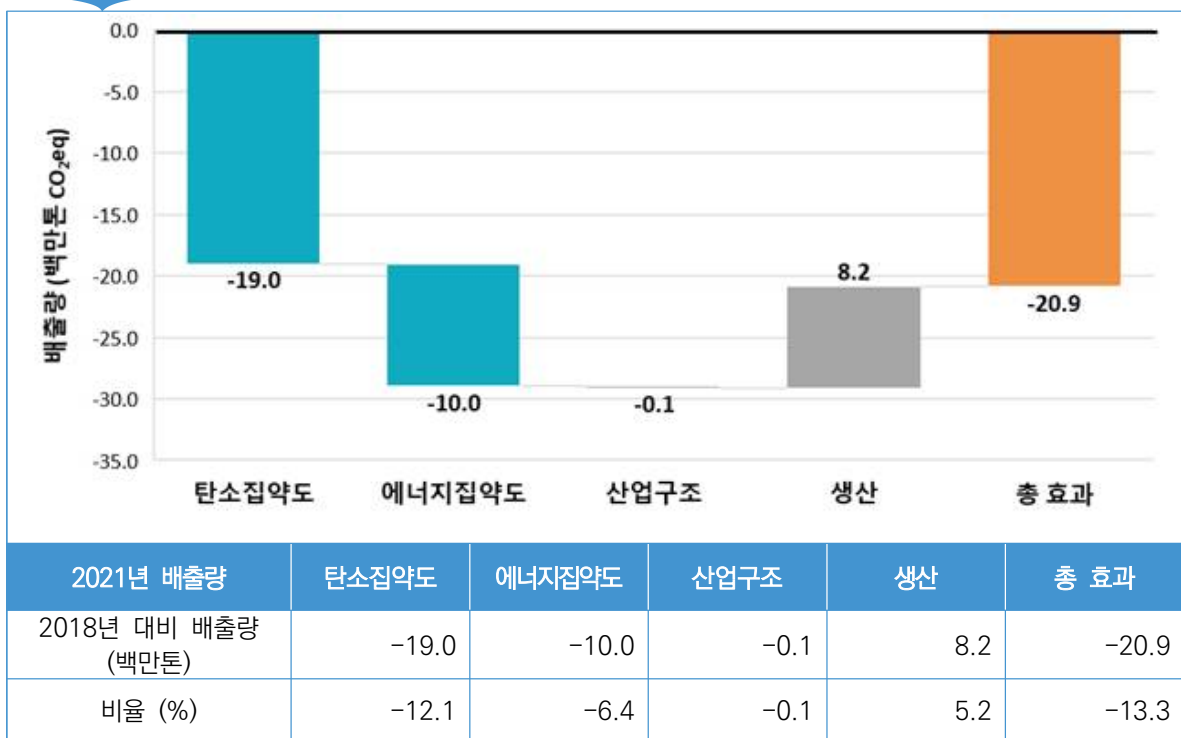


2021년 건물 부문 배출량은 2018년 대비 20.9백만톤 감소하였다. 탄소집약도 효과, 에너지집약도 효과, 산업구조 효과는 감소요인으로, 생산 효과는 증가요인으로 작용하였다.

탄소집약도 효과로 배출량은 2018년 배출량의 12.1%인 19백만톤이 감소하였다. 동 기간 전력 배출계수가 2018년 5.75톤CO₂eq/TOE에서 2021년 4.68톤CO₂eq/TOE로 18.6% 개선됨에 따라 전체 에너지원에 대한 탄소집약도가 3.82CO₂eq/TOE에서 3.35CO₂eq/TOE로 개선된 것에 기인한다.

에너지집약도는 2018년 대비 6.3% 개선됨에 따라 에너지집약도 효과로 2018년 배출량의 6.4%인 10백만톤 감소하였다. 산업구조는 GDP에서 건물 부문이 차지하는 비중이 2018년 0.421과 비교하여 큰 변화가 없음에 따라 산업구조 효과로 0.1백만톤 감소에 그쳤다. 2021년 GDP는 2018년 1,812에서 5.7% 성장함에 따라 생산 효과로 2018년 배출량의 5.2%인 8.2백만톤이 증가하였다.

참고 6.26. 건물 부문 2018년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



건물 부문 요인분해 분석에서 배출량 증감에 영향을 미치는 지표의 추이를 보면, GDP는 2015년 이후 2020년을 제외하고는 지속적인 성장 추세이다. GDP는 2015년 이후 연평균 2.1%의 성장을 하여 2021년 1,916조원을 창출하였다. 건물 부문은 전체 부가가치에서 차지하는 비중은 2015년부터 0.42%로 지속해서 유지하고 있어 안정적인 부가가치 창출을 담당하고 있다.

에너지집약도의 경우, 2016~2018년 동안 0.054천TOE/십억원을 기록하였으나 점차 집약도가 개선되는 상황이다. 지난 2015~2017년의 평균 에너지집약도 0.054천TOE/십억원에서 2019~2021년의 평균 에너지집약도는 0.051천TOE/십억원으로 0.003천TOE/십억원 개선되었다.

탄소집약도는 예외적 폭염이 지속된 2018년을 제외하고는 2015년 이후 지속해서 개선되는 추세로 2015년 3.81천톤CO₂eq/천TOE에서 2021년 3.35천톤CO₂eq/천TOE으로 향상되었다. 기간별 평균 탄소집약도는 2015~2017년 평균 3.76천톤CO₂eq/천TOE에서 2019~2021년 평균 3.47천톤CO₂eq/천TOE로 개선되었다.

참고 6.27. 건물부문 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | '15-17 | '18-20 | '19-21 |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 생산 | 조원 | 1,658 | 1,707 | 1,761 | 1,812 | 1,853 | 1,840 | 1,916 | 1,709 | 1,835 | 1,869 |
| 산업비중 | % | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 | 0.42 |
| 에너지 집약도 | 천TOE/ 십억원 | 0.053 | 0.054 | 0.054 | 0.054 | 0.051 | 0.051 | 0.051 | 0.054 | 0.052 | 0.051 |
| 탄소 집약도 | 천톤 CO ₂ e/ 천TOE | 3.81 | 3.73 | 3.73 | 3.83 | 3.67 | 3.39 | 3.35 | 3.76 | 3.63 | 3.47 |

공공기타 부문 요인분해 분석에서 배출량 증감에 영향을 미치는 요인의 추이를 살펴보면, 우선 공공기타 부문이 전체 부가가치에서 차지하는 산업 비중은 2018년부터 0.19%를 점유하고 있다.

에너지집약도는 2016~2018년 0.016천TOE/십억원을 정점으로 집약도가 약간 개선되고 있는 상황인데, 지난 2019~2021년간 평균 에너지집약도는 0.015천TOE/십억원으로 2015~2017년의 평균 에너지집약도 0.016천TOE/십억원보다 향상되었다.

탄소집약도는 2018년을 제외하고는 2015년 이후 지속해서 개선되는 추세로 2015년 3.84천톤CO₂e/천TOE에서 2021년 3.3천톤CO₂e/천TOE으로 하락하였다. 기간별 추세 비교에서 2015~2017년 평균 3.79천톤CO₂e/천TOE에서 2019~2021년 평균 3.44천톤CO₂e/천TOE로 개선되었다.

참고 6.28. 공공기타 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | '15-17 | '18-20 | '19-21 |
|------------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| 생산 | 조원 | 1,658 | 1,707 | 1,761 | 1,812 | 1,853 | 1,840 | 1,916 | 1,709 | 1,835 | 1,869 |
| 산업비중 | % | 0.18 | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.19 | 0.18 | 0.19 | 0.19 |
| 에너지 집약도 | 천TOE/ 십억원 | 0.016 | 0.016 | 0.016 | 0.016 | 0.015 | 0.014 | 0.015 | 0.016 | 0.015 | 0.015 |
| 탄소 집약도 | 천톤 CO ₂ e/ 천TOE | 3.84 | 3.79 | 3.75 | 3.84 | 3.67 | 3.36 | 3.30 | 3.79 | 3.62 | 3.44 |

● 요인분해 추가 분석 결과

건물 부문의 용도별 시설에 대한 배출 요인분석을 위해 국토교통부에서 발간된 '2021년 건물에너지사용량통계'를 활용하였다. 요인분해 분석은 2020년 대비 2021년 배출실적간 차이를 대상으로 하며 증감요인 효과는 다음과 같다. 첫째, 탄소집약도 효과는 i용도별, j연

료별 에너지 소비 구성변화에 따른 탄소 배출 변화를 나타낸다. 둘째, 에너지구성비 효과는 용도별 시설에서 전력, 도시가스, 지역난방의 사용 비중 변화에 대한 배출량 증감 효과를 의미한다. 셋째, 면적당에너지 효과는 단위 면적당 에너지사용량을 나타내며 건물 에너지효율에 따른 배출량 증감을 의미한다. 넷째, 냉난방도일당면적 효과는 단위 냉방도일과 난방도일의 합 대비 건물면적 변화에 따른 배출량 변화를 나타낸다. 마지막으로 냉난방도일 효과는 난방 18℃ 기준, 냉방 24℃를 기준으로 한 냉난방도일수 증감에 따른 배출량 증감을 의미한다.

참고 6.29. 건물 용도별 배출량 요인분해 분석 모형

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

$$= (\text{탄소집약도})(\text{에너지구성비})(\text{면적당에너지})(\text{냉난방도일당면적})(\text{냉난방도일})$$

C_i : 용도별 온실가스 배출량
 C_{ij} : 용도별 에너지원 온실가스 배출량
 E_{ij} : 용도별 에너지원
 E_i : 용도별 에너지사용
 S_i : 용도별 면적
 $HCDD$: 냉난방도일

i : 용도별 시설 : 주택시설, 근린생활시설, 상업용
 j : 전기, 도시가스, 지역난방

‘2021년 건물에너지사용량통계’⁴⁸⁾⁴⁹⁾를 활용하여 분석한 결과, 주택용, 근린생활시설, 상업용 건물의 온실가스 배출량은 2020년 대비 2021년에 1.43백만톤 증가하였다. 배출량 증감요인에서 탄소집약도와 에너지구성비 효과는 감소요인, 냉난방도일, 냉난방도일당면적, 면적당에너지 효과는 증가 요인으로 작용하였다.

냉난방도일이 전년에 비해 45도일 증가⁵⁰⁾함에 따라 배출량은 1.86백만톤이 증가되었다. 면적당에너지 효과로 2020년 대비 0.35백만톤의 배출량이 증가하였는데, 시설별 비교에서 근린생활시설은 에너지사용 증가보다 시설면적 증가가 큼⁵¹⁾에 따라 오히려 배출량이 0.24백만톤 감소하였다. 냉난방도일당 면적 효과로 1.15백만톤의 배출량이 증가하였는데, 이중 상업용 시설은 0.78백만톤을 차지하여 타 시설 효과보다 컸다⁵²⁾.

48) 표본 대상 건물에너지 사용총량은 2021년 기준 34.3백만 TOE로 동년 국가 건물(가정/상업) 부문의 에너지 사용총량 40.8백만 TOE와 일치하지 않는다.

49) ‘2021년 건물에너지사용량통계’에 의하면 주택용 에너지사용량은 건물전체의 59%인 20.2백만TOE를 소비하여 근린생활시설 4.7백만TOE와 상업시설 6.7백만TOE보다 3~4배 많았다.

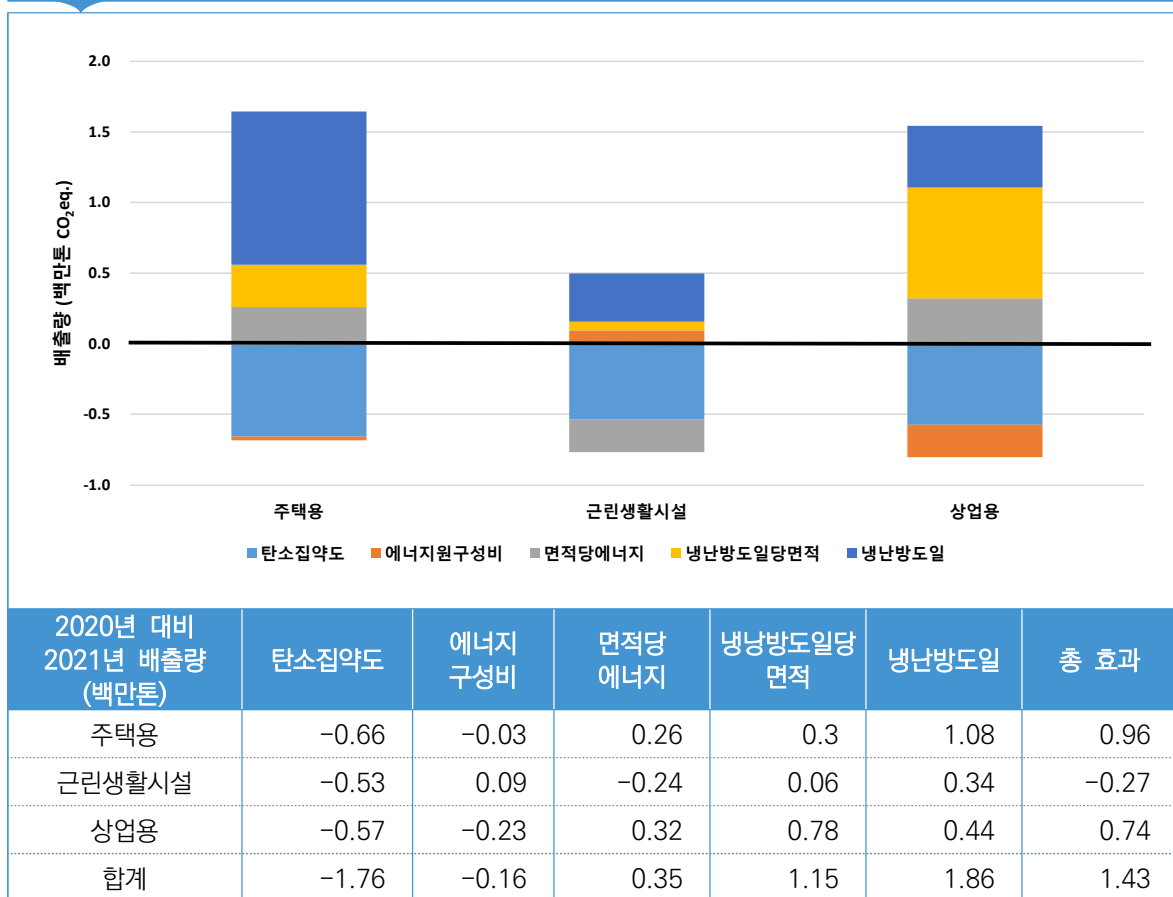
50) 냉난방도일은 2020년 2,531도일에서 2021년 2,576도일이였다.

51) 근린생활시설의 에너지사용은 2020년 4.72백만TOE에서 2021년 4.76백만TOE로 약 0.8% 증가하였으나 면적은 2020년 3.8억㎡에서 2021년 3.9억㎡로 2% 증가하였다.

52) 상업용 면적은 2020년 6.2억㎡에서 6.5억㎡로 약 4.9% 증가하였고, 주택용은 2020년 19.1억㎡에서 2021

반면 탄소집약도 효과⁵³⁾로 1.76백만톤의 배출량이 감소하였다. 이는 전력부문의 탄소집약도가 2020년 4.82CO₂톤/TOE에서 2021년 4.68CO₂톤/TOE로 약 3% 개선됨에 따라 전체적으로 탄소집약도가 3.538CO₂톤eq./TOE에서 2021년 3.475CO₂톤eq./TOE으로 향상되었기 때문이다. 시설별 비교에서 주택용의 경우 2021년 전기소비는 7.4백만TOE으로 근린생활시설의 3.6백만TOE, 상업시설의 4.3백만TOE 보다 많음에 따라 전기사용 비중⁵⁴⁾⁵⁵⁾이 다른 시설보다 낮음에도 불구하고 탄소집약도 효과는 근린생활시설이나 상업용 시설보다 다소 컸다.

참고 6.30. 전년(2020) 대비 2021년 건물 용도별 배출량 실적 증감 요인 분석 결과



● 공공기타 부문 분석 결과

년 19.5억㎡로 약 2.2% 증가하였고, 근린생활시설은 2020년 3.8억㎡에서 2021년 3.9억㎡로 약 2% 증가하였다.

53) 탄소집약도는 표본대상 건물에 대한 에너지원별 탄소배출 계수와 에너지원 사용 비중의 가중치로, 탄소집약도 효과는 전년대비 에너지원별 탄소배출 계수와 에너지사용 비중 변화에 따른 배출량 증감이다.

54) 2021년 주택용 전기사용비중은 0.39로 근린생활시설 0.77, 상업시설 0.65보다 낮았다.

55) 열에너지 수요의 경우, 2021년 2.6백만TOE로 전년 대비 0.17백만TOE증가하였다. 주택용은 2.2백만TOE으로 (근린생활시설 0.02백만TOE, 상업용 0.35백만TOE) 수요의 대부분을 차지하였다.

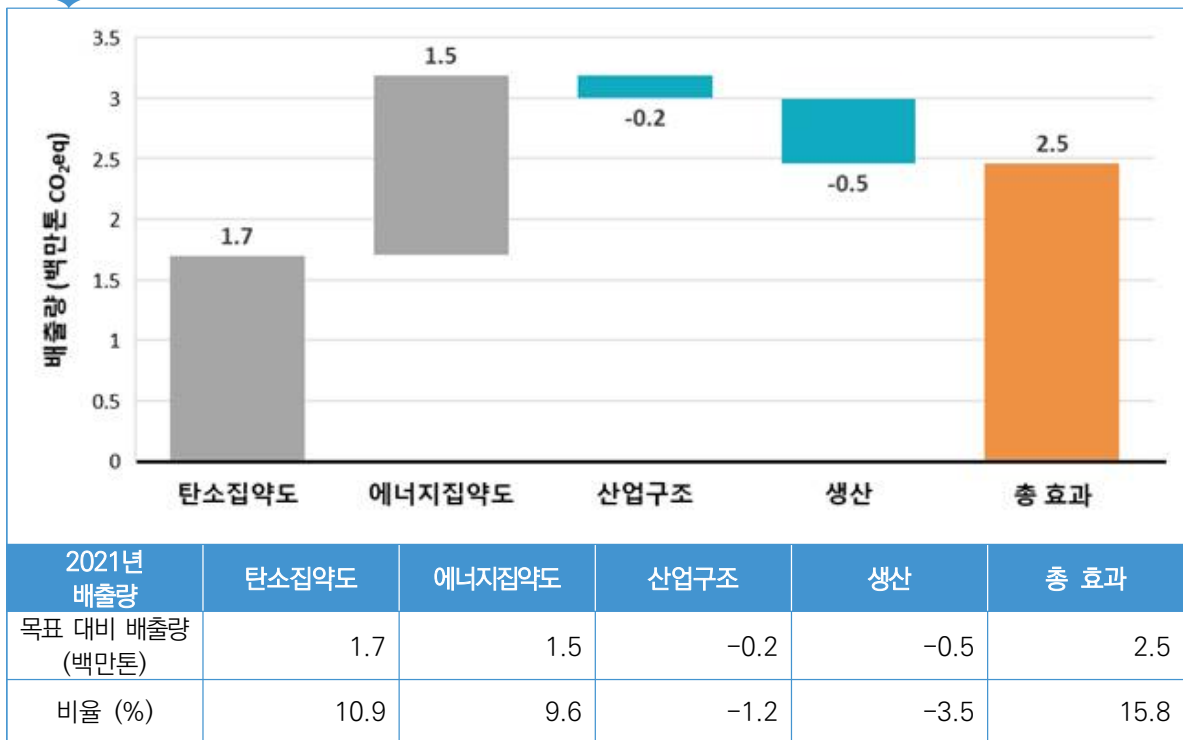
공공기타 부문의 2021년 배출량 실적은 18.1백만톤으로 목표인 15.6백만톤을 2.5백만톤 초과하였다. 주요 요인으로는 탄소집약도와 에너지집약도이고, 탄소집약도는 목표 배출량의 10.9%인 1.7백만톤, 에너지집약도는 목표 배출량의 9.6%인 1.5백만톤의 배출량 증가를 유발하였다.

2021년 탄소집약도는 3.3톤CO₂eq/TOE로, 목표(2.982CO₂eq/TOE) 대비 10.7% 증가해 목표 배출량 대비 1.7백만톤 배출량 증가에 기여하였다. 에너지집약도는 0.015천TOE/십억원으로 목표(0.014천TOE/십억원)보다 높은 것으로 나타남에 따라 배출량은 목표 대비 9.6%인 1.5백만톤이 증가하였다.

공공기타 부문의 정량지표가 저공해차 의무구매·임차 비율 등 일부를 제외하고는 목표에 도달하였음에도 불구하고 탄소집약도 효과와 에너지집약도 효과로 인해 목표 배출량을 초과하는 것을 나타나고 있다. 2019년과 2020년 이행평가에서도 공공기타 부문의 온실가스 배출 증가의 주요 요인이 탄소집약도 효과와 에너지집약도 효과이었음을 고려하면, 2030년 목표 배출량 15.7백만톤을 달성하기 위해서는 탄소집약도 및 에너지집약도 개선을 반영할 수 있는 추가적인 이행지표 개발이나 현재 감축 대상기관에 포함되지 않는 대상기관의 확대 등 추가적인 노력이 필요하다.

산업구조는 GDP에서 공공 부문이 차지하는 비중이 계획 0.191에서 2021년 실적 0.181로 약간 하락함에 따라 배출량은 목표 대비 1.2%인 0.2백만톤이 감소하였다. 생산 효과는 목표 배출량의 3.5%인 0.5백만톤의 배출량 감소에 기여하였는데, 2021년 GDP가 COVID-19에 의한 영향으로 2030 로드맵 수정안 전망치보다 3.2% 감소했기 때문이다.

참고 6.31. 공공기타 부문 목표 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과

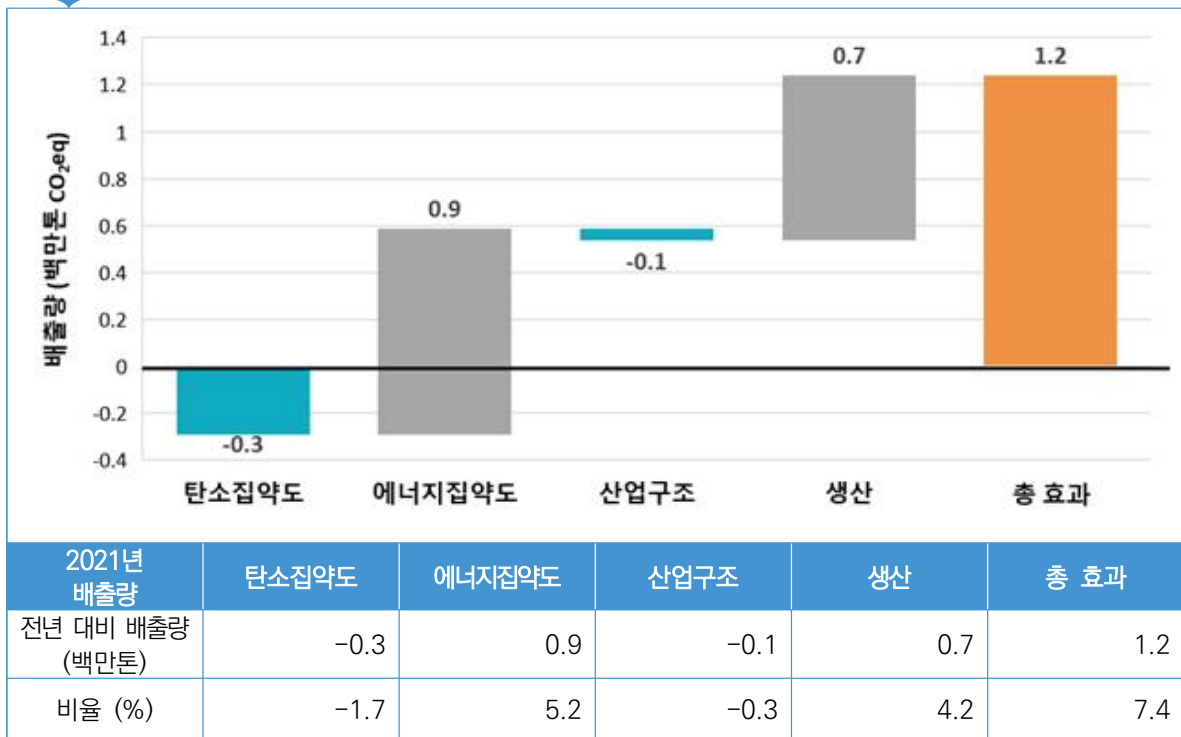


공공기타 부문 2021년 배출량은 18.1백만톤으로 전년 대비 1.2백만톤 초과하였으며, 주요 증가요인은 에너지집약도 및 생산 효과로 나타난다.

에너지집약도는 전년도 0.014천TOE/십억원에서 0.015천TOE/십억원으로 증가함에 따라 전년 배출량 대비 5.2%(0.9백만톤)만큼 증가하였다. 생산 효과로 전년 배출량의 4.2%인 0.7백만톤 증가에 기여하였는데 2021년 GDP는 경제활동 증가로 전년 대비 4.2% 증가하였기 때문이다.

2021년 탄소집약도는 2020년(3.36CO₂eq/TOE) 대비 1.6% 감소됨에 따라 탄소집약도 효과로 배출량이 1.7%(0.3백만톤)만큼 감소하였다. 또한 GDP 내 공공 부문 비중이 2020년 대비 0.3% 감소됨에 따라 산업구조 효과로 배출량이 0.3%(0.1백만톤) 감소하였다.

참고 6.32. 공공기타 부문 전년(2020) 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과

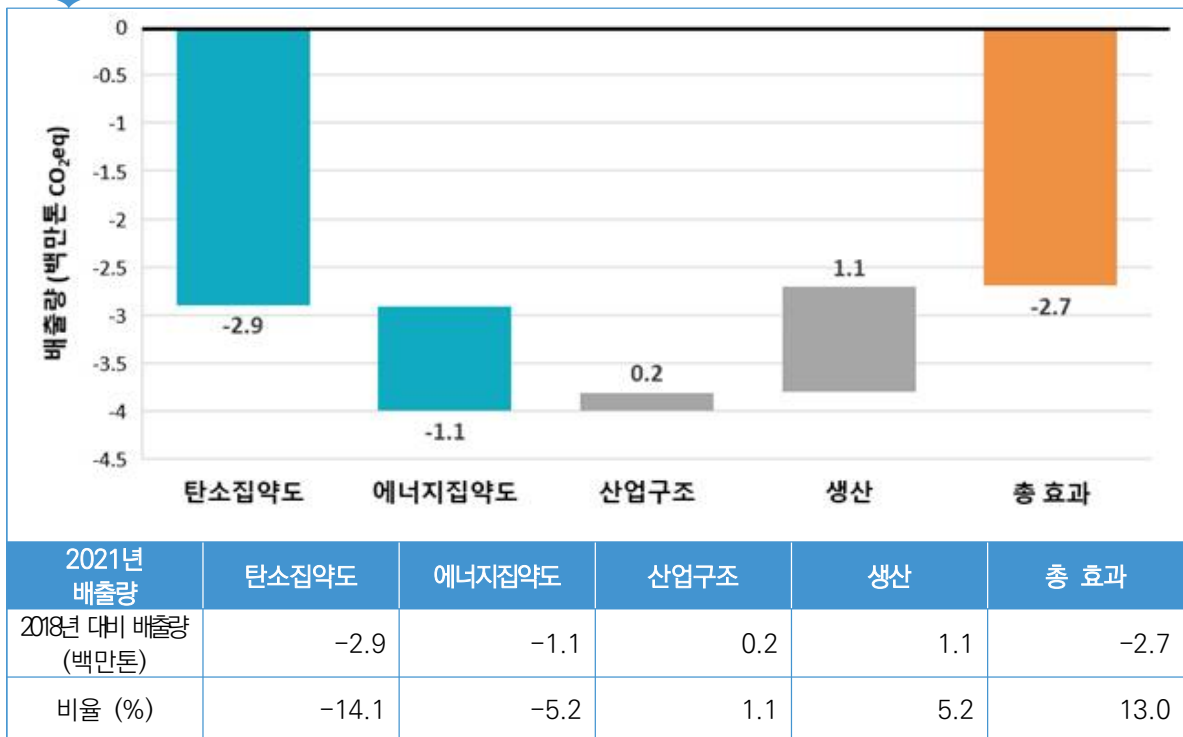


2021년 배출량은 2018년 대비 2.7백만톤이 감소하였다. 배출량 증감요인에서 탄소집약도 효과, 에너지집약도 효과는 감소요인으로 생산과 산업구조 효과는 증가요인으로 작용하였다.

탄소집약도 효과는 배출량은 2018년 배출량의 14.1%인 2.9백만톤이 감소하였는데, 같은 기간 동안 공공기타 부문의 탄소집약도가 3.83CO₂eq/TOE에서 3.30CO₂eq/TOE로 14% 개선되었기 때문이다. 에너지집약도는 2018년 대비 5.4% 개선됨에 따라 에너지집약도 효과로 2018년 배출량의 5.2%인 1.1백만톤이 감소하였다.

산업구조는 GDP에서 건물 부문이 차지하는 비중이 2018년 0.187에서 0.189로 약 1.2% 증가함에 따라 2018년 배출량의 1.1%인 0.2백만톤이 증가하였다. 동기간 동안 GDP가 5.7% 성장함에 따라 생산 효과로 2018년 배출량의 5.2%인 1.1백만톤이 증가하였다.

참고 6.33. 공공기타 부문 2018년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



● 기온 효과

건물·공공기타 부문의 에너지 수요는 경제적, 가격적, 기온적 변수들에 의해 영향받는다. 실제로 2001년~2021년의 자료를 이용한 회귀분석 결과, 에너지 수요는 경제, 가격, 기온 변수에 영향을 받으며 통계적 유의성이 있는 것으로 나타나고 있다.

기온은 에너지 수요 및 온실가스 배출에 영향을 미치는 비 통제적 변수이다. 특정 연도의 동절기 기온이 평년 수준보다 낮으면 난방수요가 증가하게 되고 반대로 하절기 기온이 평년 수준보다 높으면 냉방수요가 증가하게 된다. 기온에 따른 배출량 영향은 냉난방도일 수⁵⁶⁾로 표현되는 예전의 기온추세와 당해 연도 기온의 차이로 발생하는 에너지수요 변화를 온실가스 배출량으로 전환⁵⁷⁾하여 계산할 수 있다.

2018년은 예외적으로 하절기 폭염이 지속⁵⁸⁾되어 냉방수요가 증가하였고 동절기인 1월

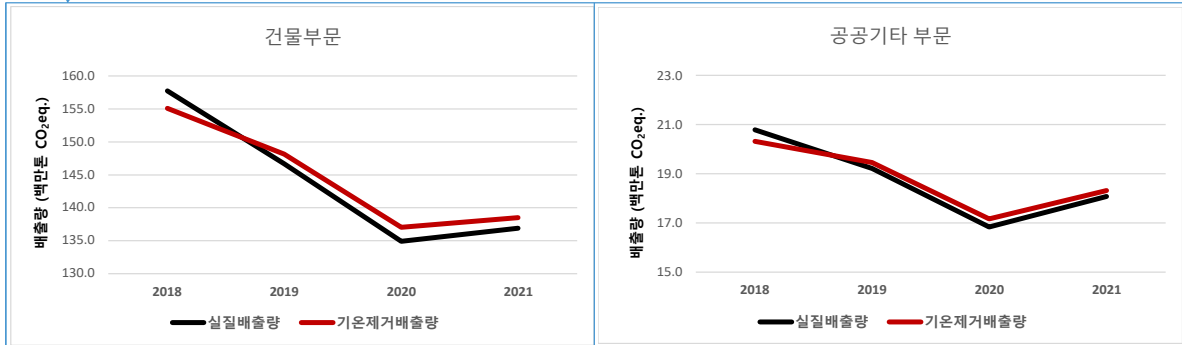
56) 난방도일은 18°C, 냉방도일 24°C를 기준으로 산정하였다.

57) 예년의 기온추세는 장기적으로 기온이 상승하는 것을 반영하여 직전년도 냉난방도일 15년 이동평균으로 정의하였다. 기온추세와 해당 연도 기온 차이로 발생하는 에너지 수요 차이를 추정하고, 온실가스 배출량으로 변환하였다. 관련, 추정 식은 참고 6.36.에 제시하였다.

58) 2018년 7월과 8월 평균기온은 27.7°C와 28.8°C로 1985~2015년간 35년 월별 평균기온보다 2.8°C와 3°C가 높았고, 1월과 2월 평균기온은 -4°C와 -1.6°C로, 35년 월별 평균기온보다 -1.5°C와 -1.9°C가 낮음에 따라, 2018년 냉난방도일은 2,989도일로 직전년도 15년 이동평균 2,722도일보다 266도일 많았다.

과 2월에 예년보다 -1.5~-1.9℃ 낮아 난방수요가 증가하였다. 이에 건물 부문은 2.71백만톤, 공공기타 부문 0.47백만톤의 온실가스 추가 배출이 발생한 것으로 추정되었다.

참고 6.34. 건물 및 공공기타 부문 기온에 의한 온실가스 배출량



| 연간 배출량 (백만톤) | 건물 부문 | | | 공공기타 부문 | | |
|-----------------|-----------|--------------------|---------------|-----------|-------|---------------|
| | 실질 배출량 | 기온효과 ¹⁾ | 기온효과 제거배출량 | 실질 배출량 | 기온효과 | 기온효과 제거배출량 |
| 2018년 | 157.8 | 2.71 | 155.1 | 20.8 | 0.47 | 20.3 |
| 2019년 | 146.7 | -1.42 | 148.1 | 19.2 | -0.24 | 19.5 |
| 2020년 | 134.8 | -2.10 | 136.9 | 16.8 | -0.34 | 17.2 |
| 2021년 | 136.9 | -1.44 | 138.3 | 18.1 | -0.23 | 18.3 |

¹⁾ 직전년도 15년 이동평균 냉·난방도일과 당해연도 냉·난방도일간의 차이에 따른 온실가스 배출량 변화

* 에너지사용을 냉·난방도일(HCDD), GDP, 전력가격, 가스 가격간 함수관계로 정의하고 냉난방도일의 차이에 따른 에너지사용 변화를 온실가스 배출량으로 전환

$$(추정식 : E_i = \alpha + \beta HCDD + \gamma GDP + \delta PPower + \theta PGas)$$

* 건물 부문 에너지사용 추정식 :

$$E_i = 28943.5 + 2.65 * HCDD + 9.99 * GDP - 11.73 * PPower - 10.9 * PGas$$

t값 (14.68) (4.66) (20.31) (-6.43) (-2.89)

* 공공 부문 에너지사용 추정식 :

$$E_i = 597.8 + 0.45 * HCDD + 3.01 * GDP - 1.51 * PPower + 0.23 * PGas$$

t값 (0.72) (1.91) (14.63) (-1.98) (0.15)

여기서 E_i = 건물, 공공기타 부문의 에너지수요(천TOE), GDP =실질 GDP(10조원), PPower = 실질 전력가격(원/10kWh), PGas = 실질 가스가격(원/10MJ)

반면, 2019년은 예년보다 냉난방도일이 145도일⁵⁹⁾ 감소함에 따라 건물 부문은 1.42백만톤, 공공기타 부문은 0.24백만톤 적게 배출되었으며, 2020년은 6월~8월 평균기온이 평년 동월 기온보다 0.71℃~1.5℃ 높음에도 불구하고 동절기 온화한 날씨로 지속적으로 건물 부문은 2.1백만톤, 공공기타 부문은 0.34백만톤 적게 배출되었다.

2021년은 7월 평균온도가 28℃로 장기 평균 온도보다 3.1℃ 높음에도 불구하고 2월과 3월의 기온이 장기 평균 온도보다 2.4℃~3.3℃ 높아, 하절기의 냉방수요 증가보다 동절기 난방수

59) 2019년 냉난방도일은 2,611도일로 직전년도 15년 이동평균인 2,756도일보다 145도일 적으며, 2020년은 2,531도일로 직전년도 15년 이동평균인 2,762도일보다 231도일 적었고, 2021년 냉난방도일은 2,575일로 전년 15년 이동평균 2,737도일보다 162도일 적었다.

요의 감소가 크게 나타났다. 이러한 기온 효과*로 건물 부문은 1.4백만톤, 공공기타 부문은 0.23백만톤 적게 배출되었다.

4. 종합

● 건물 부문

건물 부문 온실가스 배출량은 2021년 136.9백만톤으로 전년 134.8백만톤보다 1.5% 증가하였는데 COVID-19로 실시되었던 사회적 거리두기와 재택근무가 완화되면서 경제활동이 증가가 었기 때문이다. 2021년 배출량은 동년 배출 목표인 128.2백만톤보다 6.8% 높은 수준이며, 1990년도 배출량 74.3백만톤 대비 84.8% 증가한 수치이다.

정량지표 평가에서 그린리모델링 사업실적을 제외하고 친환경주택 공급, 제로에너지 건축물 인증, 탄소포인트제 참여가구, 한국전력공사 AMI 구축사업 목표는 목표를 초과하거나 달성한 것으로 나타났다. 정성지표 평가에서는 2024년에 민간 건축물에 적용되는 제로에너지 건축물 확대를 제외하고, 기존 건축물 리모델링 추진, 건물 운영효율지표 개발, 고효율 기기 보급, 고효율조명기기 확산 등의 지표들은 기존 계획대로 추진 중인 것으로 평가된다.

건물 부문에서 많은 지표가 목표에 달성하였음에도 불구하고 배출량 증가의 원인이 주로 탄소집약도와 에너지집약도 효과로 나타났다. 건축물의 에너지효율 증진을 통한 에너지원 단위 개선이나 제로에너지 건축물을 통한 탄소집약도 개선이 목표 대비 정책효과가 충분하지 못한 것으로 판단된다. 그러나 2018년 대비 2021년 배출량은 20.9백만톤 감소하였고 이중 탄소집약도 효과가 19.5백만톤, 에너지집약도 효과가 9.5백만톤으로 나타나, 2018년 이후 정책 이행에 따른 건물 에너지효율 개선 및 탄소집약도 개선 효과가 나타나고 있는 것으로 평가된다.

현재 지표가 실질적으로 건물 부문 온실가스 배출량 증감을 효과적으로 평가하는 가에 대한 검토가 필요하다. 실제로 현재 진행 중인 친환경 주택 보급(2021년 계획 37만호), 그린 리모델링 사업(2021년 계획 2만건) 등 녹색건축물 보급 계획은 전세 주택 및 건물에서 차지하는 비중이 극히 작다⁶⁰⁾⁶¹⁾. 이러한 계획들은 달성되더라도 전체 건물 부문의 에너지 집약도나 탄소집약도 개선이 제한적이다.

60) 통계청 보도자료 (2021) 2021년 인구주택총조사 등록센서스 방식 결과에 의하면 2021년 총 주택은 1,881만 호이다.

61) 국토교통부 보도자료 (2022.3.8) 전국 건축물 총 7,314,264동으로 이중 5백m² 미만 건축물이 85%를 차지하고 있고, 20년 이상 노후건물이 76.6%를 차지하고 있다.

현재 진행 중인 녹색건축물 대상을 확대할 필요가 있다. 전체 건축물 중 20년 이상 노후 건축물(동수)은 주거용 66.5%와 상업용 51.8%를 차지하고 있는 점을 고려할 때, 기존 건물에 대한 에너지효율 개선 정책 확대가 필요하다. 현재의 대출금 이자 일부 지원제도 이외 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.

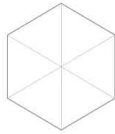
● 공공기타 부문

2021년 공공기타 부문 온실가스 배출량은 18.1백만톤으로 전년 16.8백만톤보다 1.2백만톤 증가하였는데 COVID-19 이후 사회적 거리두기 완화 등 경제활동이 증가하면서 2020년의 기저효과에 의해 배출량 증가하였다. 2021년 배출량은 2021년 배출 목표 15.6백만톤보다 15.8% 높은 수준이다.

정량지표 평가에서 신재생에너지 공급의무비율은 목표를 달성하였으나, LED 조명 누적 보급률, 공공 부문 목표관리제 대상기관 온실가스 감축률, 공공기관 저공해차 의무구매·임차 비율 등은 실적 자료 부재로 현재 시점에서 평가가 불가능하다. 정성지표의 경우, 제로 에너지 공공건축물 확대, 건물에너지관리시스템(BEMS)보급, 건물 에너지 효율평가 기반 마련, 온실가스 목표관리제 운영 등 모든 지표가 목표를 달성한 것으로 판단된다.

배출량 증가 원인은 계획 대비 탄소집약도와 에너지집약도 효과이고, 전년 대비는 에너지집약도 효과이다. 따라서 공공기타 부문의 탄소집약도 개선 및 공공건물 에너지효율 개선 정책들의 효과가 목표 대비 충분하지 않았던 것으로 판단된다. 그러나 2018년 배출량과 비교하면, 2021년 배출량은 2.7백만톤이 감소하였고 특히 탄소집약도 및 에너지집약도 효과가 각각 2.9백만톤, 1.1백만톤씩 감소에 기여한 것을 나타나, 2018년 이후 수행된 공공기타 부문의 저감 이행정책 효과가 에너지집약도 및 탄소집약도의 개선으로 이루어지고 있는 것으로 평가된다.

공공 기타 부문에서는 실질적으로 에너지집약도와 탄소집약도를 개선할 새로운 정책수단 발굴 및 감축 대상 기관의 확대가 필요하다. 현재의 정성지표는 공공 부문의 온실가스 감축 추진 의지를 나타내는 대표적인 감축 수단이나 모든 정책수단 및 대상기관이 포함되지 않으므로 대상기관의 확대 및 범위의 구체화가 필요하다. 예컨대 지역 특성을 고려한 광역 및 기초 지자체 차원의 온실가스 이행방안 수립, 현재 시행되고 있는 목표관리제도 외 공공건물에 대한 에너지소비효율등급 표시제도의 확대 도입, 최저소비효율 기준 단계적 상향을 통해 미달한 공공기관에 대한 시설개선 요구 등과 같은 제도 마련을 검토해볼 수 있다.



제 7 장

수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

제7장 수송 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

1. 목표지표 분석

수송 부문은 경제활동은 물론 비경제활동을 포함한 일상 생활과 밀접하게 관련되어 있기 때문에 중단기적으로 큰 폭의 감축을 이루기 쉽지 않다. 우리나라 감축정책의 핵심인 배출권거래제와 온실가스에너지·목표관리제는 발전, 철강, 시멘트, 석유화학 등의 산업을 주로 대상으로 하며, 수송 부문은 항공업체, 대규모 버스회사, 물류회사 등 소수 배출원만 포함되어 있다. 수송 부문은 특성상 다수의 소량 배출원으로 구성되어 있으며, 수송 부문 감축 정책은 아직까지 개인의 자발적 행동 유인과 환경친화적 자동차에 대한 보조금에 그치고 있다. 하지만 자동차, 열차, 비행기, 선박 등 수송수단의 내구연한은 최대 30년으로 최첨단 저탄소 기기로의 교체에는 오랜 시간이 걸리기 때문에 개별 경제주체의 자발적인 교체에 의존한다면 상대적으로 상당한 시간이 소요된다. 즉, 수송 부문의 특성상 경기 불황과 같은 외부적 요인이 아니라면 단기적으로 온실가스 배출량에는 큰 변화가 나타나지 않는다.

2021년 수송 부문 온실가스 배출량(직접배출 기준)은 97.9백만톤으로, 2021년 기준 국가 총배출량(직접배출 기준)의 16.8%를 차지하고 있으며, 2019년, 2020년 비중은 각각 16.6%, 17.1%로 일정 수준을 유지하고 있다. 수송 부문은 도로, 철도, 항공, 해운 부문으로 구성되어 있고, 이 중 도로 부문은 수송부문 전체 배출량의 대부분인 96.7%를 차지하고 있다(참고 7.1).

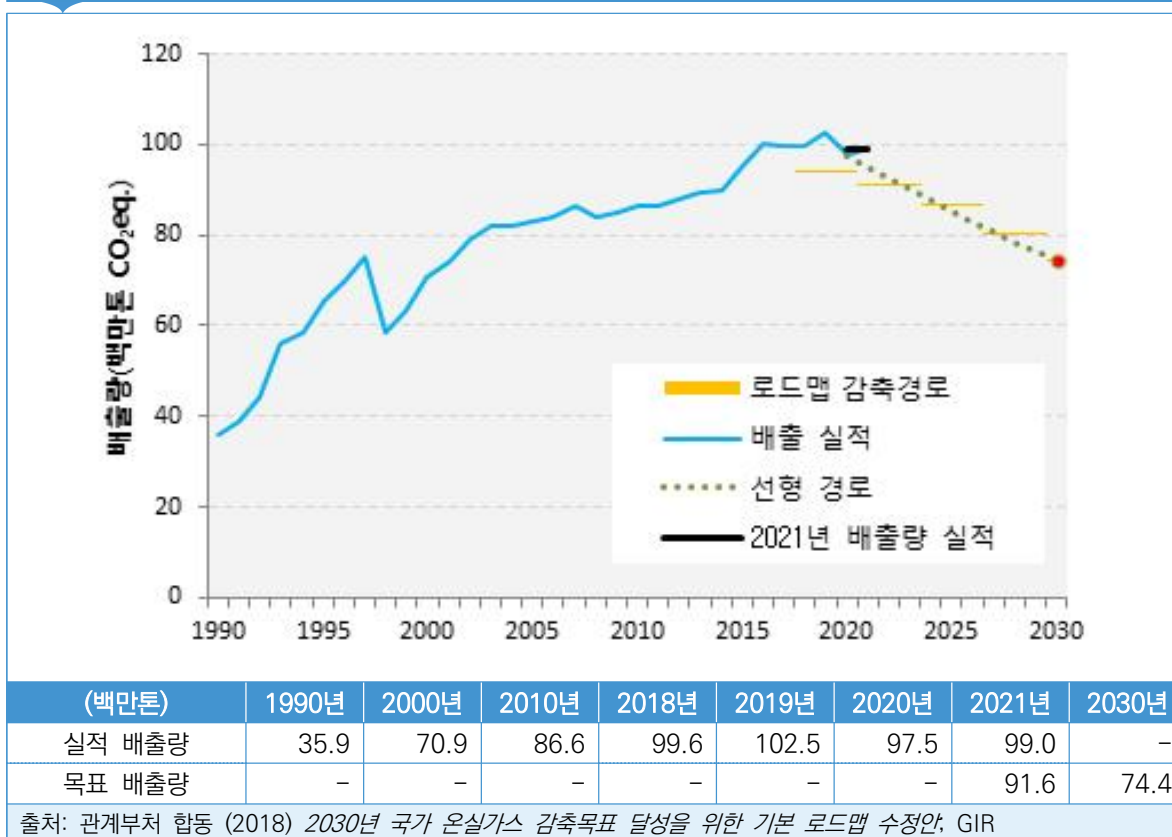
참고 7.1. 2021년 수송 부문 배출량(직접배출 기준)

| (단위: 천톤 CO ₂ eq.) | | | | | | |
|------------------------------|--------|--------|-----|-----|-------|-----|
| 구분 | 수송부문 | 도로 | 철도 | 해운 | 항공 | 기타 |
| 배출량 | 97,880 | 94,611 | 245 | 975 | 1,664 | 385 |
| 비중(%) | 100 | 96.7 | 0.3 | 1.0 | 1.7 | 0.4 |

지난 30년 동안 경제규모가 커짐에 따라, IMF 외환위기를 제외하고 수송 부문의 온실가스 배출은 지속적인 증가 추세를 유지하였다(참고 7.2). 최근 3년간 수송 부문 배출량(간접배출 포함) 추이를 살펴보면, 2019년 102.5백만톤이었으며, 2020년에는 COVID-19로 인한 사회적 거리두기의 영향으로 수송수요가 줄어 배출량이 97.5백만톤(△4.8%)으로 감소하였다. 그리고 COVID-19의 영향이 계속되었던 2021년에는 직전년도와 비슷한 수준인 99.0백만톤을 배출하였다. 2019-2021년 배출량 감소는 COVID-19가 핵심적인 요인이었

던 것으로 보이며, 감소 추세 유지 여부는 2022년 이후에 확실히 판단할 수 있을 것이다.

참고 7.2. 수송 부문 배출량 감축경로



2021년 수송 부문 배출은 해당연도 목표 배출량 91.6백만톤 대비 8.01% 높게 나타났다(참고 7.3). 이는 2030 감축로드맵 상의 경로와 이미 상당히 벗어난 것으로 감축목표 달성을 위해서는 감축노력을 한층 강화해야 할 것임을 시사한다. 특히 2030년 목표 배출량과 비교하면, 2021년 수송 부문 배출량 99.0백만톤은 2030년 목표 배출량 74.4백만톤⁶²⁾ 대비 33.1% 높은 수준이다. 이는 현 배출량 실적에서 2030 로드맵 수정안 목표에 도달하기 위해서는 향후 9년간(2021~2030년) 수송 부문 배출량이 연평균 3.1%씩 감축되어야 함을 의미하며, 과거 추세와 현 시점에서 수송 부문에서의 뚜렷한 감축 요인이 부재함을 고려하면 이는 상당히 도전적인 과제일 것으로 예상된다.

한편, 2021년 수송 부문 에너지 소비량은 36.0백만 TOE로 목표 소비량 34.0백만 TOE 대비 5.97% 초과하였으며, 탄소집약도는 TOE당 2.75톤으로 목표 대비 1.93% 높게 나타났다. 이는 감축목표 달성을 위해서는 무공해차 비중 및 대중교통 이용 확대 등을 통한 저

62) 2030 NDC 상향안의 수송부문 목표는 61.0백만톤이다. 그러나 이는 간접 배출량을 포함하지 않은 수치이므로 기존 NDC의 목표와 직접적으로 비교하는 것은 적절치 않다.

탄소 에너지원으로서의 개선이 시급함을 의미한다. 세 가지 지표(배출량, 에너지 소비량, 탄소집약도) 모두 목표를 초과하였지만, 탄소집약도는 목표치와의 차이가 상대적으로 작았다. 이는 탄소집약도 개선에서 일정 부분 성과가 있었음을 시사한다.

참고 7.3. 수송부문 목표지표 분석

| 목표지표 | 단위 | 2021년 배출 목표 | 2021년 배출 실적 | 차이 |
|---------|--------|-------------|-------------|-------|
| 배출량 | 백만톤 | 91.6 | 99.0 | 8.01% |
| 에너지 소비량 | 백만 TOE | 34.0 | 36.0 | 5.97% |
| 탄소집약도 | 톤/TOE | 2.70 | 2.75 | 1.93% |

2. 이행지표 분석

참고 7.4. 수송 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------|-----------------------|
| | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① 전기차(승용) 누적 보급대수(만대) | 9.0 /4.2 | 13.7 /6.5 | ● | 19.1 /7.5 |
| ② 수소차(승용) 누적 보급대수(만대) | 0.51 /0.47 | 1.0868 /1.01 | ● | 1.9 /2.6 |
| ③ 하이브리드차(승용) 누적 보급대수(만대) | 52.1 /51.6 | 69.1 /- | - | 92.7 /- |
| ④ 전기승합·화물차 누적 보급대수(만대) | 0.20 /(/버스 0.06 화물 0.1) | 1.7 /(/버스 0.065 화물 0.1) | ● | 4.6 /(/버스 0.1 화물 2.5) |
| ⑤ 수소승합·화물차 누적 보급대수(만대) | 0.0017 /- | 0.0077 /(/버스 0.008) | ● | 0.0136 /0.026 |
| ⑥ 자동차 평균연비개선 | | | | |
| - 승용(km/L) | 16.16 /21.8 | 16.36 /24.8 | - | - /24.8 |
| - 소형 승합·화물(km/L) | 12.46 /15.1 | 12.51 /15.6 | - | - /15.6 |
| ⑦ 바이오디젤 혼합비율(%) | 3.03 /3.0 | 3.02 /3.0 | ● | 3.27 /(/±3.0 下3.5) |
| ⑧ 지능형교통시스템(ITS) 구축도로(km) | 16,514 /16,514 | 18,035 /18,035 | - | 22,218 /22,218 |
| ⑨ 철도망 연장(km) | 4,274.2 /4,274.2 | 4,281.1 /4,281.1 | - | - /4,328 |
| ⑩ 자전거도로 연장(km) | - /22,600 | - /22,800 | - | - /23,000 |

| | | | | |
|------------------------|--------------|--------------|---|----------|
| ⑪ 에코드라이브 교육 이수자 수 (명) | 2,176 /2,000 | 1,134 /2,000 | ● | 309 /600 |
| ⑫ 도로→철도 전환 화물 수송량 (만톤) | 211 /211 | 166 /166 | ● | 259 /211 |
| ⑬ 도로→해운 전환 화물 수송량 (만톤) | 248 /248 | 262 /121 | ● | 273 /120 |
| ⑭ 항공기 효율 개선율(%) | 0.92 /1 | 0.85 /1 | ● | 0.87 /1 |
| ⑮ 대중교통 부담률(%) | 32.6 /34.5 | - /34.9 | - | - /35.2 |

정성지표

| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|---|-------|-------|-------|
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 |
| ⑯ 중·대형차 평균연비 제도 도입 | - | - | ● |
| ⑰ (신규선박)친환경 관공선 대체 건조, 육상전원공급장치(AMP) 확대 | | | |
| - (신규선박) LNG 추진선박 도입 | - | ● | ● |
| - 육상전원공급장치(AMP) 확대 | - | ● | ● |
| ⑱ (기존선박) 노후선 폐선 및 대체건조 | ● | ● | ● |
| ⑲ 친환경 물류 사업 확대 | ● | ● | ● |

● **정량지표**

- 저공해차 보급 - 전기차, 수소차, 하이브리드차

저공해차 보급의 정량지표는 승용차(전기차, 수소차, 하이브리드차)와 승합·화물차(전기차, 수소차)를 대상으로 설정되었다. 수소차 보급대수 목표는 수소경제활성화로드맵('19.1)과 한국판 뉴딜 종합계획('20.7), 그린뉴딜종합계획('20.7)에 따라 설정하였으며 2030년 감축목표 달성을 위한 정책 중 '친환경차보급 및 연비개선'과 직접적으로 연관되어 있다. 특히 도로 부문이 차지하는 비중을 고려하면, 저공해차 보급은 수송 부문 감축목표 달성을 위하여 가장 중요한 정책수단이다.

2005년부터 수도권 지역에서 시행하던 '저공해차 의무판매제'를 '저공해차 보급목표제'로 개편하여 2020년부터 전국단위로 확대 시행하고 있다. 전기·수소차의 중요성에 따라 2021년에 무공해차 보급목표를 신설하고 중장기적으로는 저공해차의 분류체계 개편을 통해 LPG차, CNG차, 하이브리드를 저공해차에서 제외시키고 전기·수소차 중심인 무공해차 위주로 제도를 운영할 예정이다. 저공해차 보급목표제는 무공해차 수요창출을 위한 공공부문 의무구매제 및 민간부문 구매목표제와 더불어, 무공해차 공급을 뒷받침하기 위해 제작사에

우수한 차량 개발이나 보급에 대한 역할을 부여하는 제도이다. 2022년 3월 ‘연간 저공해자동차 및 무공해자동차 보급목표’를 일부 개정·고시하여 대상기업의 목표달성에 대한 부담 경감을 위해 유연성 제도(초과실적 이월, 거래, 전환 등)를 도입하였다. 2023년부터 보급목표를 달성하지 못한 경우에 대한 제재수단으로서 기여금 제도⁶³⁾를 시행할 예정이다.

전기차(승용) 보급은 2019년부터 2021년까지 목표 대비 2배 이상의 실적을 달성하였다. 수소차(승용) 보급은 직전 두 해에는 목표를 달성하였으나, 2021년에는 목표를 달성하지 못하였다. 하이브리드차(승용)의 경우 2021년부터 구매보조금을 지급하지 않으며 2020년부터 하이브리드차 보급목표를 설정하지 않고 있어 평가대상에서 제외되었다.

전기차(승합·화물) 보급은 2019년부터 2021년까지 목표를 모두 달성하였으며, 특히 2021년의 경우 목표 대비 약 30% 초과 달성률을 나타냈다. 수소차(승합·화물)의 경우 현재 상용화에는 이르지 못한 단계로 아직은 목표대비 실적이 낮지만, 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있다.

참고 7.5. 수송 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 누적 보급대수 (만대) | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-----------------|--------|-------------------|--------|--------------------|--------|------------------|-----------------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 전기차 (승용) | 9.0 | 4.2 | 13.7 | 6.5 | 19.1 | 7.5 | 247.5 |
| 수소차 (승용) | 0.51 | 0.47 | 1.0868 | 1.01 | 1.9 | 2.6 | 82 |
| 하이브리드차 (승용) | 52.1 | 51.6 | 69.1 | - | 92.7 | - | - |
| 전기차 (승합·화물) | 0.20 | 버스 0.06 화물 0.1 | 1.7 | 버스 0.065 화물 0.1 | 4.6 | 버스 0.1 화물 2.5 | 버스 2.5 화물 50 |
| 수소차 (승합·화물) | 0.0017 | - | 0.0077 | 버스 0.008 | 0.0136 | 0.026 | 버스 2 화물 1 |

• 자동차 평균연비 개선

자동차 평균연비 개선은 도로 부문 배출에 큰 영향을 미치는 요소로 수송부문 가장 핵심적인 정량지표 중 하나이다. 자동차 평균연비 개선 지표는 승용차와 소형 승합·화물차(승차 인원 15인승 이하, 총 중량 3.5톤 미만)를 대상으로 하였다. 2021~2030년까지 연도별로 달성해야 하는 자동차 평균 온실가스·연비 관리제도는 ‘자동차 평균에너지소비효율·온실가스 배출허용기준 및 기준의 적용·관리 등에 관한 고시’ 일부 개정안을 통해 연도별 기준공

63) 무공해차 보급 목표를 달성하지 못한 기업의 경우 미달 대수 1대당 60만원의 기여금 부과

차종량값 차량을 기준으로 하였으며 전반적인 목표와 실적치가 변경되었다.

자동차 평균 연비·온실가스 기준(안)은 다음의 3가지 원칙에 따라 수정·변경되었다. 첫째, '2030 국가 온실가스 감축목표 로드맵 수정안'에 따른 수송부문 감축목표에 부합하도록 기준을 변경하였으며, 둘째, 지속적으로 강화되고 있는 미국·유럽연합(EU) 등 주요 자동차 선진국의 규제 수준과 기준 강화 추세를 고려하였다. 셋째, 자동차 업계 상황을 고려하여 유연성 수단을 보완하는 등 제도 수용성을 높이는 방안으로 기준 목표치를 설정하였다.

2022년 11월 현재 2021년 실적은 아직 집계되지 않았으며, 승용차의 경우 2019-20년 평균 연비(인센티브 적용)는 목표 대비 달성률이 각각 74%, 66%로 다소 미흡한 수준이며 소형 승합·화물차 목표 대비 달성률은 각각 83%, 80%로 나타났다.

향후 중·대형 상용차(총중량 3.5톤 이상 중·대형 화물차, 16인승 이상 버스 등)에 대해서도 온실가스 및 연비 관리제도를 도입할 예정이며, 이에 따라 모든 차종을 대상으로 평균 연비 개선 평가가 가능할 것으로 예상된다.

참고 7.6. 자동차 평균연비 개선 달성도 평가

| 평균연비(km/L) | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|----------------|----------|--------|------|--------|------|-------|------|-------|
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 승용차 | 인센티브 적용 | 16.16 | 21.8 | 16.36 | 24.8 | - | 24.8 | 33.1 |
| | 인센티브 미적용 | 15.78 | | 15.92 | | - | | |
| 소형 승합·화물차 | 인센티브 적용 | 12.46 | 15.1 | 12.51 | 15.6 | - | 15.6 | 17.3 |
| | 인센티브 미적용 | 12.24 | | 12.31 | | - | | |
| 온실가스 배출량(g/km) | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 승용차 | 인센티브 적용 | 135.18 | 110 | 136.06 | 97 | - | 97 | 70 |
| | 인센티브 미적용 | 141.48 | | 141.34 | | - | | |
| 소형 승합·화물차 | 인센티브 적용 | 205.79 | 172 | 166.07 | 166 | - | 166 | 146 |
| | 인센티브 미적용 | 206.06 | | 189.45 | | - | | |

• 바이오연료 혼합

산업부는 2021년~2030년 동안 바이오디젤 사용 확대를 위해 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법(신재생에너지법) 시행령’ 개정안을 의결하였으며 주요 내용으로는 수송용 연료에 대한 신재생에너지 연료 혼합의무비율을 상향하는 것으로 2021년 7월 시행되었다. 이에 따라 바이오디젤 혼합비율이 기존 3.0%에서 3.5%로 상향되었으며 3년 단위로 0.5%씩 단계적으로 상향 조정되어 2030년에는 5.0%까지 확대할 계획이었으나, 2022년 10월 ‘친환경 바이오연료 확대방안’ 발표에 따라 2030년까지 8.0% 상향을 목표로 하고 있다. 또한 2025년 바이오 선박유와 2026년 바이오 항공유 도입을 목표로 신규 바이오 연료에 대한 법적 근거를 마련하기 위해 법령 개정도 착수할 예정이다. 특히 바이오 선박유 법령 개정을 위해 해양수산부는 관련 국가연구개발 사업을 22년부터 추진 중으로 바이오 선박유의 혼유기준을 24년까지 개발 완료하고 실질적인 선박 배출 온실가스 감축에 기여할 수 있도록 기술적 근거를 마련하여 어민, 선주 등 이해당사자 의견 수렴을 거쳐 선박법령

개정에 반영할 예정이다.

참고 7.7. 바이오연료 혼합 달성도 평가

| 구분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|------------------|-------|-----|-------|-----|-------|------------------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 바이오디젤 혼합비율(%) | 3.03 | 3.0 | 3.02 | 3.0 | 3.27 | (上)3.0 (下)3.5 | 8.0 |

• 대중교통망 구축 등

정부는 수송 부문 온실가스 감축을 위해 IT 기반 교통수요분석과 기술개선을 통하여 대중교통망을 구축함으로써 대중교통으로의 전환 및 온실가스 저감 운송수단 확산을 도모하고 있다.

대표적인 기술이 지능형 교통체계(Intelligent Transport System, ITS)로서, 해당 체계는 첨단기술을 교통에 적용하여 관리체계를 자동화, 최적화하고 교통수단의 효율을 개선하는 것을 목표로 한다. 2019~2022년 실 구축 연장을 감안하여 목표치를 변경하였으나 해당 지표의 목표와 실적이 동일하여 달성도 평가에서 제외되었다. 향후 적절한 수준의 목표설정이 요구된다.

철도는 저탄소 수송수단으로서 철도의 수송분담률 제고를 통해 온실가스 배출을 감소시킬 수 있기 때문에 수송분담률을 상향하는 것도 중요한 정책수단이다. 이에 따라 2021년 6월 4차 철도망 계획이 수립되면서 철도·도로 등 주요 간선망의 지속 확충을 위해 신규 고속철도 및 일반철도의 조기 착수를 추진하고 있다. 다만, 철도망 연장 정량지표의 2018~2020년 목표와 실적은 동일하여 판단하기 어렵고, 2021년의 경우 현재 실적이 집계 중으로 평가하기 어렵다. 따라서 철도망 연장 정량지표도 향후 적절한 수준의 평가 가능한 목표설정이 요구된다.

자전거 이용 확대는 비동력·무탄소 교통수단으로 승용차 운행 감소를 유도해 수송 부문 온실가스 감축에 기여할 수 있다. 이에 관련한 정량지표로는 '자전거도로 연장'이 있으며 해당 지표의 실적은 2018년 기준 3% 초과 달성하였으나, 2019~2021년의 실적치는 아직 집계 중으로 달성 여부를 판단하기 어렵다. 한편 국내의 경우 자동차 이용률은 30%인 반면에 자전거 이용률은 2%에 불과하여 상대적으로 낮은 이용률을 나타내고 있다. 2030 국가 온실가스 감축 목표를 실행하기 위해서는 자전거의 수송 분담률 증대가 더욱 필요한 상황이다. 이에 따라 각 지자체에서는 자전거 도로 연장 실적을 높이기 위해 노력 중이지만 자전

거 우선도로는 법규상 일일 통행량이 2,000대 미만인 도로에 설치하도록 규정되어 있어 수도권 도심에서는 대상 도로가 부족한 상황이다. 추가로 도심지역 자전거 도로 관련 인프라는 이미 어느 정도 완비된 상태이므로, 향후 자전거도로 연장에 대한 정량지표는 한계가 있을 것으로 예상된다.

에코드라이브는 친환경성(연료비 절감에 따른 배출가스 절감), 경제성(연료비, 수리비, 유지보수비 등의 비용 절감), 안전성(안전한 운전습관으로 교통사고 절감), 편리성, 에너지 절약을 지향하는 운전으로 '경제운전'으로 통용되고 있다. 에코드라이브 교육 이수자는 2018~2019년 목표달성에 어느정도 도달하였으나 2020년의 경우 목표 대비 57% 수준으로 하락하여 달성하지 못하였다. 이는 코로나19 확산으로 인해 에코드라이브 체험교육 취소, 운수업계 재정여건 악화 및 경제운전 체험 집합교육 취소 등으로 나타난 현상이다. 2021년 사업비 감액에 따른 2021년 목표치가 하향 조정되어 목표수준이 2020년에 비해 70% 하락한 600명으로 설정되었다. 해당 지표 또한 온실가스 배출 및 연료 소비를 감소시킬 수 있는 효과는 존재하나, 감축잠재량이 낮아 해당 이행지표 활용에 대해 검토해 볼 필요가 있다.

물류 수송에서는 도로 수송화물을 철도 및 해운으로 전환하는 정량지표가 있다. 도로 화물을 철도로 전환한 지표는 2018~2020년 목표와 실적이 일치하여 감축 이행실적을 평가하기에는 어려움이 있으나, 2021년의 경우 목표 대비 초과 달성한 것으로 나타났다. 도로 화물을 해운으로 전환한 지표의 목표는 최근(2018~2022년) 실적 및 2022년 사업예산 감액 등을 반영하여 향후 목표치를 전면 수정하였으며, 이는 코로나19에 따른 화물수송량 하락을 반영하여 설정한 것으로 보인다. 해운 전환 부문의 화물수송량도 2018~2019년 목표와 실적이 동일하였으나 2020년과 2021년에는 목표 대비 각각 216%, 227% 초과 달성한 것으로 나타났다.

항공산업 중 상업용 항공기에서 배출되는 이산화탄소 배출량은 지구 전체 배출량의 2.5% 정도에 해당할 정도로 온실가스 배출이 높은 업종이다. 이러한 문제를 해소하기 위해 국내 항공기만을 대상으로 하는 '항공기 효율개선율' 지표를 설정하였으며, 매년 1%의 동일한 개선율을 목표로 설정하였다. 2018~2021년 4년 평균 88%로 목표 달성에 다소 못 미치는 수준인데 이는 코로나19의 영향으로 인해 국적항공사의 항공운영 어려움에 따른 연료 효율개선 부진에 기인한 것으로 판단된다. 실제 2019년 국내 운항은 195,349편, 2020년 운항은 172,383편으로 감소하였으나 2021년 운항은 212,690편으로 전년대비 23.4% 소폭 증가하였다.

대중교통 분담률 지표는 여객 수단별(대중교통-철도/지하철/시내·시외 ·고속·전세버스,

택시, 승용차, 해운, 항공) 분담에 대해 산출한 것으로 2018년과 2019년 각각 목표대비 96%, 94% 달성하였으나 2020년~2021년 실적이 집계되지 않아 평가가 불가능하다.

참고 7.8. 대중교통망 구축 등 달성도 평가

| 구분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|----------------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 지능형교통시스템 (ITS) 구축도로(km) | 16,514 | 16,514 | 18,035 | 18,035 | 22,218 | 22,218 | 37,509 (2025년) |
| 철도망 연장(km) | 4,274.2 | 4,274.2 | 4,281.1 | 4,281.1 | - | 4,328 | 5,340.6 |
| 자전거 도로 연장(km) | - | 22,600 | - | 22,800 | - | 23,000 | 24,800 |
| 에코드라이브 교육 이수자 수(명) | 2,176 | 2,000 | 1,134 | 2,000 | 309 | 600 | 2,000 |
| 도로→철도 전환 화물 수송량(만톤) | 211 | 211 | 166 | 166 | 259 | 211 | 211 |
| 도로→해운 전환 화물 수송량(만톤) | 248 | 248 | 262 | 121 | 273 | 120 | 200 |
| 항공기 효율개선율(%) | 0.92 | 1 | 0.85 | 1 | 0.87 | 1 | 1 |
| 대중교통 분담률(%) | 32.6 | 34.5 | - | 34.9 | - | 35.2 | 35.2 (2021년) |

● **정성지표**

• **중·대형차 평균연비 제도 도입**

산업부와 환경부가 공동으로 주관하는 중·대형차 평균연비 제도 도입은 평균연비기준 적용대상을 승용 및 소형 승합·화물에서 중대형 승합·화물까지 확대를 목표로 국내에서 판매하는 차량의 연비실적 평균치를 정부가 제시한 기준에 맞추도록 관리하고 있다. 평균연비 기준은 ‘기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법’에 따라 국내외 산업여건, 국제적 규제동향, 측정방법, 제재 단일화 등을 종합 고려하여 설정하였다.

지난 2019년 10월 한국형 중·대형차 연비측정 시뮬레이션 프로그램(HES, Heavy-duty vehicle Emission simulator)을 개발하여 제작사에 배포 및 업계 의견을 수렴하였다. 2020년에는 중대형차 평균연비도입을 위한 협의회 회의를 개최(1월, 11월)하였고, 2020년 12월 환경부는 중·대형차 온실가스 기준을 공표하였다. 2021년에는 제작사 자율규제 기간

(2023~2025년)동안 적용할 중·대형차 연비 산정방법 기술 지침서를 배포(7월) 및 의견을 수렴하였다. 2022년 계획으로는 중대형차 평균연비 운영 협의체 구성·운영 및 제작사별 중·대형차 연비·온실가스 배출량 제출실적을 검토 및 추진하며 중장기적으로는 모니터링을 통한 HES 신뢰성 검증, 평가 인프라 구축, 데이터 확보 후 관련고시(시험방법 고시, 등급표시 고시, 평균연비기준 고시 등) 개정을 통해 단계적으로 제도를 시행할 예정이다. 또한 2023년에는 연비 자율신고 제도를 도입한 후 2024년부터 본격적인 평균연비기준을 고시할 예정이다.

중·대형 상용차 평균에너지소비효율기준 및 온실가스 기준의 적용·관리 등에 관한 지침 제정안 수립에 따라 2023년에는 2.0%, 2024년에는 4.5%, 2025년에는 7.5%의 온실가스를 감축하는 것을 목표로 한다. 국토부 통계누리(2020년 11월 기준)에 따르면 중·대형차는 약 85만대로 전체 등록 차량 2,431만대의 약 3.5% 수준이나 승합·화물차 주행거리 및 차량별 온실가스 배출량을 기반으로 추산할 때 수송부문 온실가스 배출량의 약 22.5% 수준으로 적극적인 온실가스 감축이 요구된다. 2021년 기술지침서 관련 업체 의견(표준적재함, 표준트레일러 VECTO 규격 수용 및 차속 및 시범주행로 조건에 따른 고속구간 규정속도 변경 등)을 수렴하여 협의체를 통해 논의 하였으며 이와 관련한 내용을 기술지침서에 반영하였다. 향후 2022년에는 '21년 중·대형 상용차 제작·수입사의 온실가스 실적 자료 검증 및 제도 운영상의 미비점을 개선하여 세부기준을 마련할 필요가 있다.

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

해운 부문에서는 '친환경선박법'에 따라 해수부 관공선 중 선종별 선박 규모 및 운항특성 등을 고려하여 맞춤형 친환경 선박 도입 확대에 따른 친환경 관공선 대체건조 및 육상전원공급장치(Alternative Maritime Power, AMP) 확대를 정성지표로 설정하였다. 육상전원공급장치는 연료전지, 배터리 기술을 적용한 전기/하이브리드 추진선박 증가를 고려한 것으로 선박에 탑재된 배터리의 충전이나 서비스 전력 공급 외에 선박간(Ship to Ship) 또는 선박-항만간(Ship to Shore) 양방향 전력 이송망 구성을 위한 RCI(Reversible Cold Ironing) 구성을 포함한다. 해수부 관공선을 우선하여 한국판 뉴딜을 기준으로 2025년까지 해수부 관공선 29척을 친환경 선박으로 전환한다는 목표를 수립하였고, 2020년 제1차 친환경선박 기본계획을 수립(12월)하였다. 이에 따라 2030 한국형 친환경선박(Greenship-K) 추진전략을 수립하였으며, 2021년 친환경선박 보급시행계획(2021년 1월)을 수립하여 관공선 적용을 통해 검증된 온실가스 감축 기술의 민간 보급·확산 계획을 수립하였다. 2021년의 경우 하이브리드 추진선박 13척(계속 6척, 신규 7척) 및 LNG 추진선박 2척(신규) 건조를 달성하였다. 동시에 해양수산부는 전기/하이브리드 선박의 핵심기술 개발과 RCI 기술 개발이 포함된 국가연구개발 사업을 추진 중으로 2025년까지 시험평가

등 기반 구축을 완료하여 대체건조, 육상전원공급장치 확대를 위한 기술적 근거와 제도 마련을 추진 중에 있다. 2022년 계획으로는 하이브리드 추진선박 23척(계속 16척, 신규 7척) 및 LNG 추진선박 3척(계속 2척, 신규 1척) 건조를 목표로 제시하였다.

참고 7.9. 친환경 관광선 대체건조 목표 및 실적(신규 선박기준)

| 구분 | 2020년 | 2021년 | 2022년 | 2023년 | 2024년 | 2025년 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 목표(척) | 6 | 9 | 8 | 3 | 2 | 1 |
| 실적(척) | 6 | 9 | - | - | - | - |

* 실적은 착공일을 기준으로 함

육상전원공급장치(AMP)는 접안 중인 선박의 미세먼지배출 저감을 위한 것으로 육상전원공급설비를 구축하였다. 2030년까지 13개항만 248개 신석에 AMP 구축을 목표로 2018년 8월부터 부산·인천·광양항의 총 8개 신석에 시범사업으로 시작하여, 2019년 말 3개 항만의 8개 선석(부산항 4, 인천항 2, 광양항 2)에 AMP를 설치하여 운영 중이며, 2020년 광양항 1, 평택·당진항 2에 추가로 설치하였다. 2020년 목표대비 달성률이 낮은 이유는 코로나 19로 인한 자재수급 지연 및 부두이용자와 시설이용에 따른 요구사항 협의기간 소요로 공사가 지연되었기 때문이다. 2021년의 경우 부산항 등 5개 항만 10개 선석(부산항 4, 인천항 1, 목포항 1, 포항항 2, 제주항 2)에 AMP 설치로 목표치를 달성하였다.

참고 7.10. AMP 확대 목표

| AMP 보급(대) | | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | 2025년 | 2030년 |
|-----------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 목표 | 착수 | - | 8 | 13 | 10 | 131 | 86 |
| | 실적 | - | 8 | 13 | 10 | - | - |
| | 준공 | - | 8 | 3 | 10 | - | - |

* 목표는 중기투자계획 상 AMP 사업 착수 수량을 뜻함

• (기존선박) 노후선 폐선 및 대체건조

노후선 폐선 및 대체건조 정성지표는 20년 이상 선령의 노후선 해체 또는 매각을 통해 친환경선박으로 대체 건조하는 사업자에게 보조금(신조선가의 약 10%)을 지급하는 것을 목표로 하는 지표이다. 해당 사업은 노후선을 폐선하고 친환경 외항선 신조 시 보조금을 지급하고 정책금융기관 공동 선박금융 프로그램을 통해 국적 선사의 신조확대 및 국내 조선사의 일감창출 지원을 목표로 한다. 해당 정성지표는 에너지효율 등급이 평균 이하인 선박을 대상으로 2022년까지 50척 규모의 대체건조를 지원하는 것으로 해외 환경규제에 대응하여 선사들의 친환경 경쟁력 확보를 위해 노후선을 친환경선박으로 전환하도록 지원하고

있다. 2021년 친환경선박 대체건조로 10척을 목표로 하였으나, 13척을 지원하여 초과달성을 하였다. 해양수산부는 친환경 선박 및 기자재 인증제도를 운영 중에 있으며 온실가스 감축 목표 달성을 위한 신기술 개발과 시험평가, 실증을 위한 국가연구개발 사업을 친환경선박법 및 동법 기본계획에 따라 2022년부터 수행 중에 있다.

2022년 추진계획으로는 목표치 16척을(당초 2022년에는 19척 지원이 목표였으나, 국정과제 목표-5년간 총 50척 지원에 맞춰 2022년 계획 척수 조정) 총15억불 규모로 소진시까지 지원하며 필요시 확대 가능하다. 하지만 2022년에 사업은 종료될 예정이며 이에 따라 향후 지표의 전환 및 삭제가 필요하다.

참고 7.11. 노후선 폐선 및 대체건조 달성도 평가

| 구분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2022년 | |
|-------------------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 노후선 폐선 및 대체건조 (척) | 8 | 6 | 6 | 8 | 13 | 10 | - | 16 |

• 친환경 물류 사업 확대

물류 사업의 정성지표는 친환경물류 지원사업과 3자물류로 크게 2가지로 구분할 수 있다. 친환경물류 지원사업은 환경친화적인 물류활동을 촉진하기 위하여 물류기업 및 화주기업에서 추진하는 에너지 효율화(에너지 절감, 온실가스 감축, 미세먼지 저감) 사업을 지원하는 것으로 정부지정핵심사업의 일환 중 하나이다. 2020년까지 BAU 대비 온실가스 1-2% 감축을 목표로 하고 있다. 3자물류는 화주기업과 물류기업간 협업하여 물류진단 및 개선안 수립 등 컨설팅 지원을 통해 전문물류서비스 활용을 유도하는 것으로 2020년까지 전문물류기업 이용률 70% 달성을 목표로 하고 있으며 전문물류기업 이용률은 2017년 68.2%에서 2020년 70.3%, 2021년 70.7%로 초과 달성하였다.

친환경 물류사업의 추진사항 중 무시동히터와 무시동에어컨이 있으며 국토부에서는 2011년부터 설치지원 사업을 진행하였다. 무시동히터는 겨울철 화물상하차 대기시 난방을 위한 공회전으로 발생하는 연료 소모량을 감축시키는 장치이며 무시동에어컨은 여름철 화물상하차 대기시 냉방을 위한 공회전으로 발생하는 연료 소모량을 감축시키는 장치이다. 무시동히터 최초지원시점(2013)을 고려하여 1,335대에 장착하는 것을 목표로 하였으나 2021년 135개사 1,292대에 장착을 완료하여 목표 대비 97% 달성하였다. 무시동에어컨의 경우 최초지원시점(2017)을 고려하여 542대에 장착하는 것을 목표로 하였으며 2021년 275개사 546대에 장착을 완료하여 목표 대비 초과 달성하였다. 2022년 계획으로는 무시동

히터 1,100대와 무시동에어컨 610대 장착하는 것을 목표로 하고 있다.

3자물류 컨설팅 지원사업은 자가 또는 자회사 물류를 영위하는 화주기업이 제3자물류를 활용하기 위하여 컨설팅을 받을 경우 비용 일부를 지원해주는 사업으로 2021년 목표로 3회의 공모전을 개최하여 컨설팅 지원사업 19건을 선정하였으며 실제 21건의 컨설팅을 지원하여 목표 대비 초과 달성하였다. 기업의 요구에 맞추어 시설·운송·조직·비용 등 물류체계 진단을 통해 문제점을 발굴하고 개선방안을 수립하는 등 물류효율화를 위한 컨설팅 지원 프로그램을 운영하였다. 2025년까지 3자물류 활용 목표를 73.5%로 제시하고 있어 활성화를 위해 컨설팅 등 지원사업을 지속적으로 추진해야 한다.

무시동히터와 무시동에어컨 설치의 경우 현행 지표상 정성지표로 분류가 되어 있으나 목표와 실적 모두 수치로 명시되어 있기때문에 향후 정량지표로 변경이 필요해 보인다.

참고 7.12. 친환경 물류 사업 확대 달성도 평가

| 구분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|------------|-------|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 무시동 히터(대) | 3,191 | 2,130 (추경 500) | 1,926 | 1,630 | 1,292 | 1,335 | 5,660 |
| 무시동 에어컨(대) | 1,430 | 1,360 (추경1,000) | 672 | 360 | 546 | 542 | 3,650 |

3. 요인분해 분석

● 분석 개요

수송 부문의 온실가스 배출량 증감은 일반적으로 인구, 경제성장, 에너지집약도, 수단전환, 에너지믹스 및 탄소집약도 효과의 여섯 가지 요인으로 분해하여 분석한다. 각 요인을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 인구 효과는 인구변화에 따른 수송 부문의 배출량 증감 변화를 나타낸다. 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.⁶⁴⁾ 넷째, 수단전환 효과는

64) 동일한 수준의 GDP이더라도 산업구조에 따라 필요한 수송 수요는 달라진다. 수송 부문 에너지집약도 감소는 산업구조가 수송서비스를 덜 필요로 하는 방향으로 변화한다는 것이며, 가령, 수송수단의 저탄소화, 금융·서비스업으로의 전환, 재택근무 확산 등이 그 원인이 될 수 있다.

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. 여섯째, 탄소집약도 효과는 저탄소 에너지원 전환 등 에너지 효율 변화에 따른 효과를 반영한다.

한편, 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.

참고 7.13. 수송부문 배출량 요인분해 분석 모형

$$\begin{aligned}
 C &= \sum_{ij} C_{ij} \\
 &= \sum_{ij} \left(\frac{C_{ij}}{E_{ij}} \right) \left(\frac{E_{ij}}{E_i} \right) \left(\frac{E_i}{E} \right) \left(\frac{E}{G} \right) \left(\frac{G}{P} \right) P \\
 &= \sum_{ij} (\text{탄소집약도}) (\text{에너지믹스}) (\text{수단전환}) (\text{에너지집약도}) (\text{경제성장}) (\text{인구})
 \end{aligned}$$

C : 수송 부문 온실가스 배출량, P : 인구, G : 국내총생산(GDP)

E : 수송 부문 에너지소비, E_i : 수송수단(i)의 에너지소비

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)

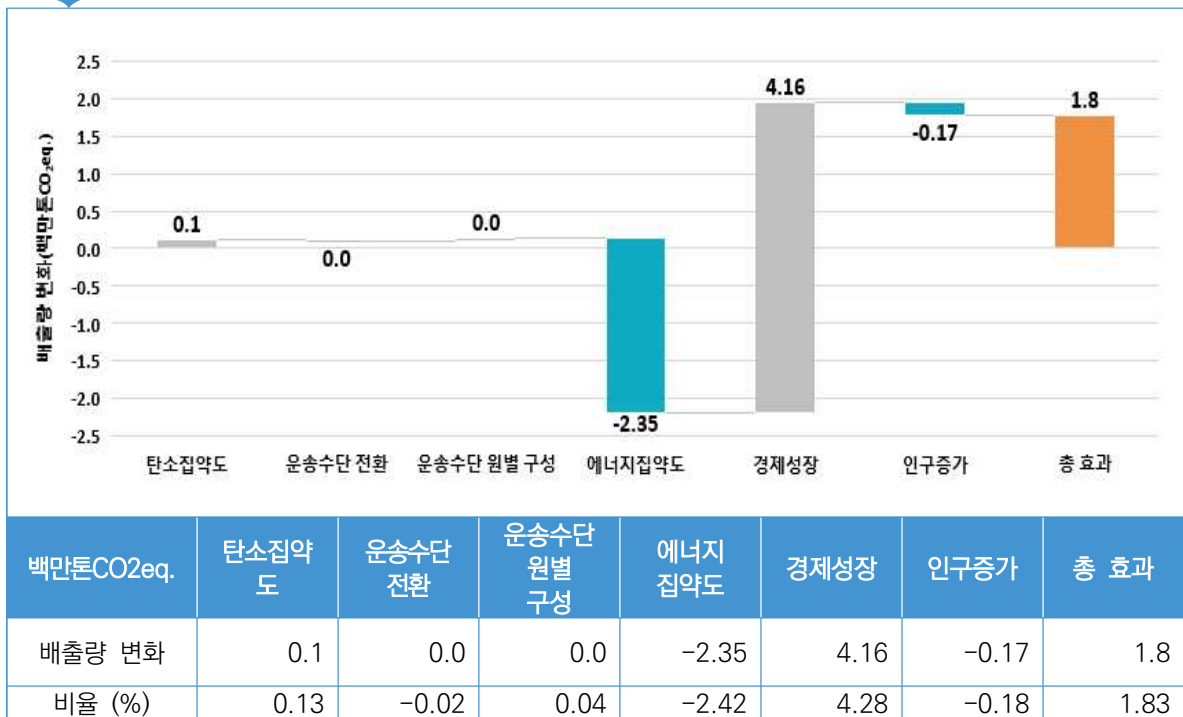
j : 연료형태(석탄, 석유, 가스, 신재생, 전력)

● 분석 결과

2021년 배출량의 변화를 앞서 언급한 요인으로 분해하여 살펴본다. 이를 위해서는 변화량을 계산하기 위한 기준을 설정해야 하며, 본 보고서에서는 2020년, 2018년 그리고 로드맵 상 목표의 세 가지 기준을 적용하여 요인분해를 시행한다.

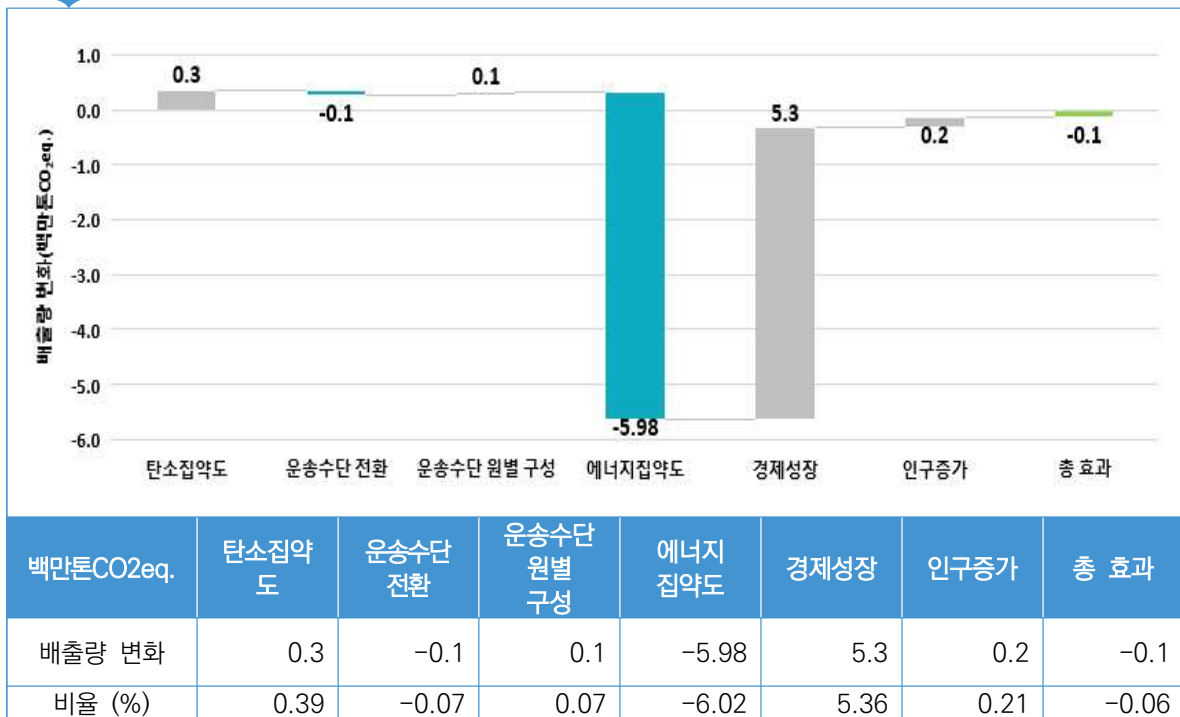
먼저 직전년도인 2020년 대비 2021년 배출량의 변화를 각 요인으로 분해하면(참고 7.14)과 같다. 2021년 배출량은 전년도 대비 1.8백만톤 증가하였으며, 증가요인으로는 경제성장과 탄소집약도가, 감소요인으로는 에너지집약도와 인구가 작용하였다. 특히 증가요인 중에는 경제성장이, 감소요인 중에는 에너지집약도가 주요 요인으로 작동하였는데, 이는 COVID-19로 인하여 2020년 GDP가 전년도 대비 감소하였고($\Delta 0.7\%$) 2021년부터 증가세로($+4.1\%$) 전환하였기에 자연스러운 결과이다. 아울러, 2021년 수송 부문 에너지 소비가 전년도 대비 증가하기는 하였지만($+1.7\%$), 그 크기가 GDP 증가보다는 크지 않아서 에너지집약도는 배출량을 감소시키는 방향으로 작동하였다.

참고 7.14. 수송 부문 2020년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



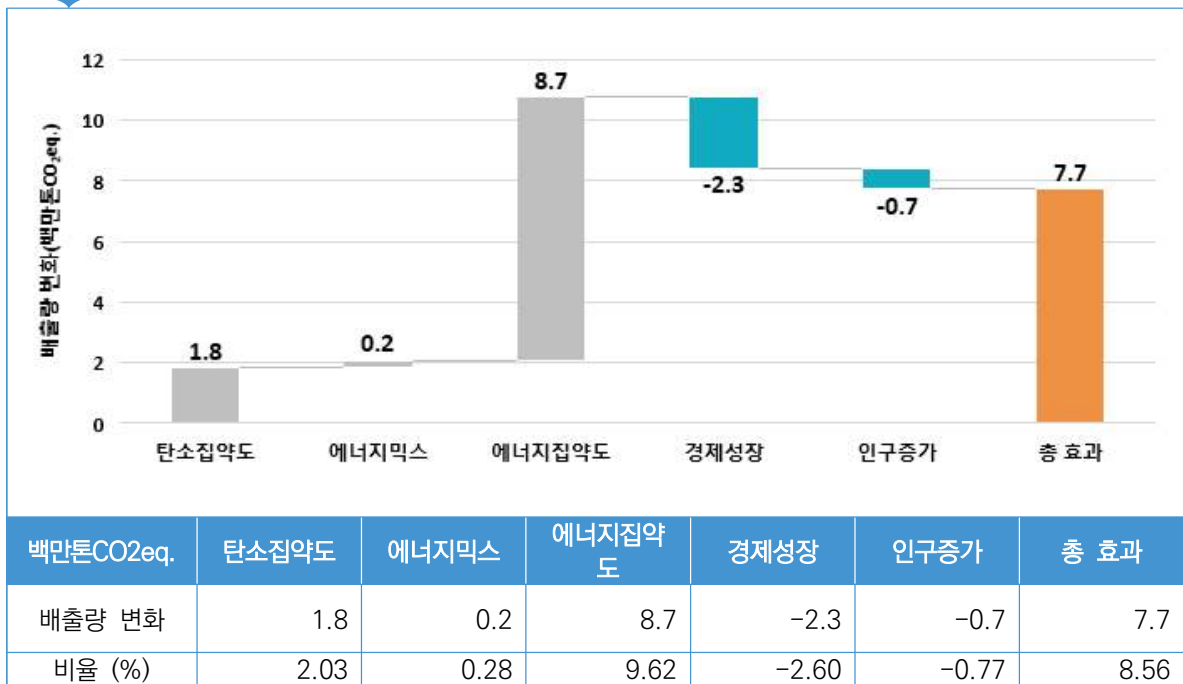
기준연도를 2018년으로 변경하여 2021년 배출량의 변화를 각 요인으로 분해하면 (참고 7.15)과 같다. 2021년 배출량은 2018 대비 0.1백만톤 순 감소하였으며, 증가요인으로는 경제성장과 인구증가가, 감소요인으로는 에너지집약도와 운송수단 전환이 작용하였다. 하지만 앞선 기준연도 2020년일 때의 분석결과와 마찬가지로 증가의 대부분은 경제성장이, 감소의 대부분은 에너지집약도가 주요 요인으로 작동하였다. 이는 인구수준은 거의 변화가 없었던 반면 (+0.2%), 2021년 GDP가 2018년 GDP 보다 상당히 증가하였던 것에서 기인한다(+5.3%). 또한, 2021년 수송 부문 에너지 소비가 2018년 에너지 소비와 유사한 수준이었으며($\Delta 0.4\%$), GDP의 증가폭은 상대적으로 컸기 때문에 에너지집약도는 배출량을 감소시키는 방향으로 작동하였다.

참고 7.15. 수송 부문 2018년 대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



마지막으로 감축로드맵에 따른 2021년 목표배출량 대비 2021년 실제 배출량의 변화를 각 요인으로 분해하면 (참고 7.16)과 같다. 2021년 실제 배출량은 목표 배출량을 7.7백만 톤 초과하였는데, 주요 초과 요인은 에너지집약도, 주요 감소 요인은 경제성장이었다. 이는 앞선 과거 실적치 대비 분석결과와는 정반대인데, 이는 목표 설정시 수립한 전제치와 실적치 차이에서 기인한다. GDP의 경우, 2021년 전제치가 실제치를 3.3% 초과한 반면, 에너지 소비량은 2021년 전제치가 실제치보다 5.8% 적었다. 즉, 적어도 2021년의 수송 부문은 감축목표 수립시 설정한 ‘낮은 에너지 소비, 높은 경제성장’ 경로에 아직 올라서지 못한 것으로 판단된다.

참고 7.16. 수송 부문 2021년 목표대비 2021년 배출량 실적 증감요인 분석 결과



4. 종합

지난 30년 동안 — IMF 구제금융 시기를 제외하고 — 수송 부문 온실가스 배출량은 지속적으로 증가해왔지만, 2020년 배출량은 COVID-19에 따른 사회적 거리두기로 인하여 전년 대비 약 5% 감소하였다. 하지만 2021년에는 그 감소세가 이어지지 않아 배출량이 소폭 증가하였다. 다만, 그 증가폭이 크지 않아 COVID-19 확산 직전 해인 2019년 배출량 수준까지 배출되지 않았기에 배출정점 도달 여부를 판단하기에는 아직 이른 것으로 판단된다.

이행지표 달성 여부를 살펴보면, 4개의 정성지표 중 2개는 100% 달성한 반면, 2개의 정성지표는 80% 달성하였다. 정량지표의 경우 15개 지표 중 6개 지표는 목표치가 설정되지 않아서 달성 여부 자체를 판단하기 어려웠다. 다만, 핵심 이행지표라 할 수 있는 전기차 보급은 목표를 달성하였으며, 다배출원인 중·대형차에 대한 평균연비·제도가 부처 간 협조를 통하여 도입이 추진되고 있는 만큼 일부 긍정적인 성과가 있었다고 할 수 있다. 다만, 목표 설정이 어려운 일부 이행지표에 대해서는 지표 자체의 타당성을 추후 검토할 필요가 있을 것으로 판단된다.

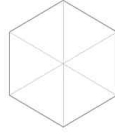
2021년 수송 부문 배출량을 2020년, 2018년 그리고 2021년 목표 배출량을 기준으로 각각 요인분해한 결과, 핵심 변동요인은 경제성장과 에너지집약도였던 것으로 확인되었다. 다

만, 과거연도(2018년, 2020년) 기준 요인분해 시 경제성장은 증가요인으로, 에너지집약도는 감소요인으로 작동한 반면, 2021년 목표 배출량 기준 요인분해 시 두 요인은 반대 방향으로 작동하였다. 이는 2021년 GDP가 과거연도 대비 높았지만, 목표 배출량 설정 시 GDP 전제치보다는 낮았으며, 에너지 소비량은 목표 배출량 설정 시 전제치보다 상당히 높았던 것에서 기인한 것으로 판단된다. 이는 수송 부문 온실가스 감축을 위해서는 감축로드맵에서 전제하고 있는 에너지집약도에 도달할 수 있도록 효율 개선에 힘써야 함을 시사한다. 특히 내연자동차의 지속적인 증가는 수송 부문 온실가스 감축을 어렵게 하는 구조적인 문제로써 이를 낮추려는 적극적인 노력을 하지 않는다면 COVID-19 이전의 상승세로 다시 복귀할 것으로 전망된다.

국내외의 상황을 고려하면 인구나 경제성장은 적어도 중단기적으로 이전만큼의 높은 성장률을 보이지는 않을 것으로 예상되는 바, 이들 요인으로 인한 수송 수요 변화는 크지 않을 것으로 판단된다. 사실 인구나 일인당 소득이 늘어남에 따라 수송 수요는 불가피하게 증가하기에 이들 요인을 통한 감축은 현실적으로나 정치적으로 어렵다. 따라서 수송 부문 온실가스 감축은 에너지집약도와 탄소집약도 개선에 집중해야 하며, 특히 수송 부문 전체 배출량의 95% 이상을 차지하는 도로 부문을 대상으로 이루어질 필요가 있다. 구체적으로, 다음의 세 가지 사항에 대해서 보다 정교한 정책 방향을 수립할 필요가 있을 것이다.

- (1) 내연자동차의 친환경자동차로의 전환을 위한 적시 지원과 충전 인프라 확산
- (2) 친환경자동차의 연료인 전력 및 수소 생산과정의 무·저탄소화
- (3) 친환경 대중교통으로의 전환과 수요관리

아울러, 기존의 화석연료 기반의 교통세제 개편 그리고 친환경 기반 교통인프라 투자 재원 마련을 위한 방안을 마련해야 한다. 친환경자동차가 보급됨에 따라 기존에 휘발유와 디젤에 부과되는 교통·환경·에너지세에서 발생하는 세수는 필연적으로 감소할 것이다. 해당 세수는 교통시설 및 대중교통 개선사업을 위한 교통시설특별회계에 전입되어 활용되어 왔는데, 탈탄소 수송시스템으로 전환과정에서 더 많은 재원이 소요될 것으로 전망된다. 따라서 기존 세제에서 주로 지적되었던 부과원칙을 개선하고, 온실가스 배출량에 비례하여 부과되는 탄소세, 도로 이용 정도에 따라 부과되는 주행세 등 새로운 세원 발굴을 위한 노력이 병행되어야 한다. 아울러 유가보조금 등 보조금 세출과 연계한 세제 개편도 같이 이루어져야 한다. 물론, 세제 개편은 행정부의 유관 부처 간 합의와 함께 국회 동의를 필요하므로 결코 쉽지 않은 일임은 분명하다. 그럼에도 2050 탄소중립 달성을 위하여 필수적인 탄소가격제의 맥락 하에서 수송 부문 세제 개편은 반드시 이루어질 필요가 있다. 다음 기후변화 대응 기본계획 수립 시 이에 관하여 보다 구체적인 논의가 이루어지기를 기대한다.



제 8 장

기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

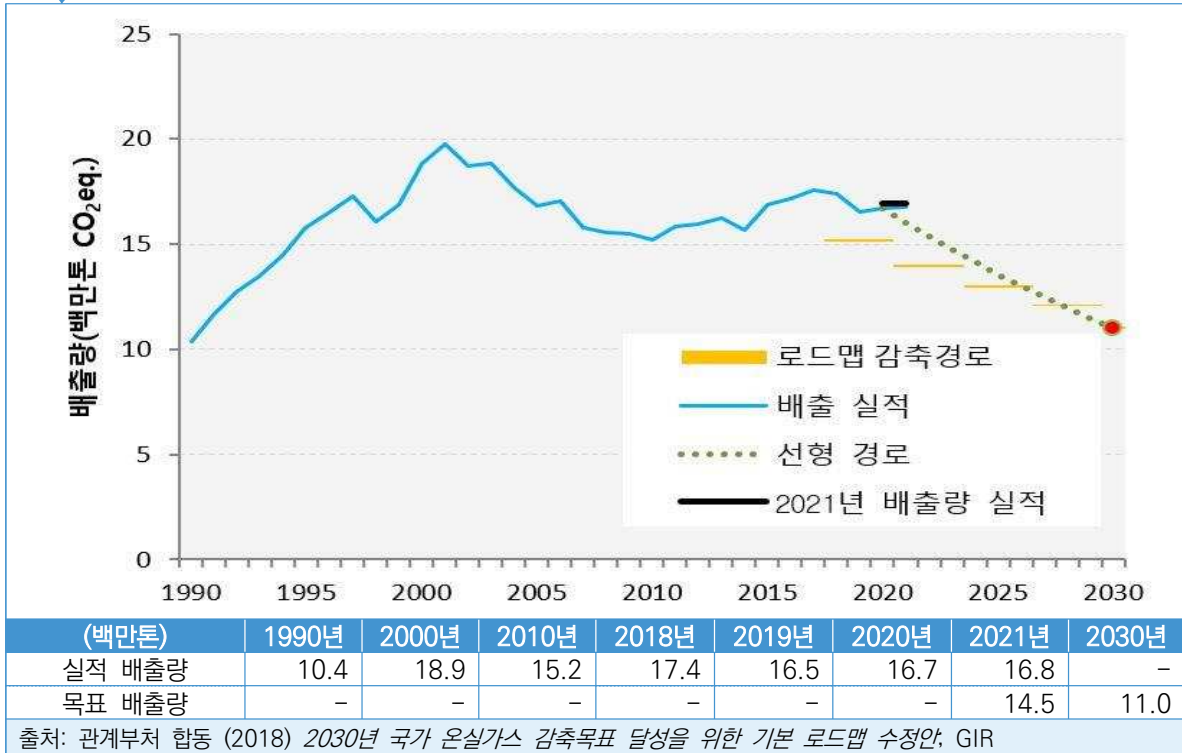
제8장 기타 부문 온실가스 감축 이행점검·평가 결과

폐기물

1. 목표지표 분석

2021년 잠정배출량을 기준으로 폐기물 부문의 배출량은 국가 총 배출량의 2.5%를 차지한다. 폐기물 부문의 세부 배출원은 폐기물매립, 폐기물소각, 하·폐수처리, 기타(고형폐기물 생물학적 처리)로 구성되며,⁶⁵⁾ 온실가스는 이산화탄소, 메탄, 아산화질소가 있다. 폐기물매립에서 발생하는 이산화탄소는 자연적 분해 현상에 의한 것으로 폐기물매립 온실가스 배출량 산정에는 메탄만을 포함한다. 폐기물소각에서는 세 가지 종류의 온실가스가 모두 발생하지만 메탄은 배출량이 매우 적어 온실가스 배출량 산정에서 제외한다. 하·폐수처리 중 혐기성 처리과정에서는 메탄이 발생하고 분뇨처리 과정에서는 아산화질소가 배출된다. 위와 같은 온실가스 배출량 산정의 기준은 IPCC GPG 2000에 근거한다.

참고 8.1. 폐기물 부문 배출량 감축경로



65) 온실가스종합정보센터 (2022) 2021국가온실가스인벤토리보고서

2021년 폐기물 부문 온실가스 배출량은 16.8백만톤으로 배출량 목표인 14.5백만톤을 2.3백만톤 초과하였다. 2018년 이행평가 시행 이후, 폐기물 부문의 연도별 온실가스 배출량은 지속적으로 목표를 상회하고 있다. 배출량 목표 대비 초과분의 비율은 2018년 12.4%, 2019년 9.4%, 2020년 13.4%, 2021년 16.1%로 2021년 배출량이 목표에서 가장 크게 벗어난 것을 확인할 수 있다. 최근 폐기물 부문 온실가스 배출량의 추이를 살펴보면 2017년 17.6백만톤 이후 2019년 16.5백만톤까지 감소하였으나 이후 지속적으로 증가하는 것으로 나타났다.⁶⁶⁾ 2030 로드맵 수정안의 연도별 목표를 달성하기 위하여 매년 온실가스 배출량을 감축해야 하는 상황에서 실적과 2030년 목표 간의 간극은 오히려 확대되고 있다. 본 이행평가의 기준인 2030 로드맵 수정안의 2030년 배출량 목표는 11.0백만톤으로 이를 달성하기 위해서는 남은 기간 매년 연평균 4.6%의 감축이 요구된다. 더욱이 2021년 NDC 상향안은 9.1백만톤을 배출량 목표를 제시하고 있다. NDC 상향안의 목표 달성을 위해서는 연간 6.6%의 감축이 필요하다.

66) 2021년 발표된 폐기물 부문 온실가스 2020년 잠정배출량은 16.3백만톤 CO₂eq.이었으나 2022년 수정된 2020년 배출량은 16.7백만톤 CO₂eq.으로 전년 대비 증가한 것으로 확인되었다.

2. 이행지표 분석

참고 8.2. 폐기물 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | | | |
|--------------------------------------|-------|---------------|----------|-------------|----------|---------------|
| 이행지표 | | 2019년 | 2020년 | | 2021년 | |
| | | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① 폐기물 종류별 감량률·재활용률(%) | | | | | | |
| 생활 폐기물 | 감량률 | -23.7 /2.5 | - | - /4.6 | - | - |
| | 재활용률 | 59.7 /66 | ● | 59.5 /68 | - | - |
| 사업장 폐기물 | 감량률 | -25.9 /3 | - | - /5.2 | - | - |
| | 재활용률 | 82.6 /86 | ● | 84.3 /87 | - | - |
| 지정 폐기물 | 감량률 | -22.3 /3 | - | - /5.0 | - | - |
| | 재활용률 | 62.5 /63 | ● | 63.7 /63 | - | - |
| 건설 폐기물 | 감량률 | - | - | - | - | - |
| | 재활용률 | 98.9 / - | - | 99.0/ - | - | - |
| ② EPR 재활용량(천톤) | | | | | | |
| 종이팩 | | 14 /22 | ● | 11 /23 | ● | 10 /24 |
| 유리병 | | 270 /305 | ● | 261 /316 | ● | 262 /326 |
| 금속캔 | | 168 /158 | ● | 162 /159 | ● | 164 /160 |
| 플라스틱류 | | 875 /724 | ● | 931 /755 | ● | 1,007 /786 |
| ③ 매립지 메탄가스 회수량(만톤) | | 10.0 /8.1 | ● | 9.0 /6.4 | - | - /6.7 |
| ④ 생활폐기물 분리배출시설 확대(수) | | 184 /172 | | 185 /172 | ● | 184 /172 |
| 정성지표 | | | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | | | |
| | 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

폐기물 부문의 정량지표는 폐기물 감량 및 재활용 관련 세 가지 지표와 매립지 메탄가스 회수 관련 한 가지 지표로 구성되어 있다. 폐기물 감량 및 재활용은 온실가스의 발생을 사전적으로 예방하는 감축 수단이고 매립지 메탄가스 회수는 폐기물 처리과정에서 발생한 온실가스를 사후적으로 관리하는 감축 수단이다. 앞의 두 가지 감축 수단은 본 이행평가의 기준인 2030 로드맵 수정안과 2021년 발표된 NDC 상향안에서 공통적인 폐기물 부문 주요 감축수단으로 제시되어있다.

• 폐기물 종류별 감량률·재활용률

2030 로드맵 수정안은 폐기물을 생활폐기물, 사업장폐기물, 지정폐기물, 건설폐기물⁶⁷⁾로 구분하고 종류별 폐기물 각각에 대하여 감량률 및 재활용률 목표를 2020년부터 5년 단위로 제시하고 있다. 동 지표의 2021년 실적은 2021년 전국 폐기물 발생 및 처리현황 통계가 발표되지 않아 확인할 수 없다. 이에 따라 본 보고서에서는 2022년 발표된 2020년 실적을 평가하였다. 다만 감량률의 경우, 실적을 확인하지 못하여 폐기물 발생량을 대안으로 분석하였다.

참고 8.3. 폐기물 종류별 일간 발생량·재활용률 (톤, %)

| 구분 | | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|------------|------|---------|----|---------|----|-------|----|-------|
| | | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 생활 폐기물 | 발생량 | 59,961 | - | 61,567 | - | - | - | - |
| | 재활용률 | 59.7 | 66 | 59.5 | 68 | - | - | 81 |
| 사업장 폐기물 | 발생량 | 202,619 | - | 220,951 | - | - | - | - |
| | 재활용률 | 82.6 | 86 | 84.3 | 87 | - | - | 92 |
| 지정 폐기물 | 발생량 | 15,556 | - | 15,324 | - | - | - | - |
| | 재활용률 | 62.5 | 63 | 63.7 | 63 | - | - | 66 |
| 건설 폐기물 | 발생량 | 221,102 | - | 236,183 | - | - | - | - |
| | 재활용률 | 98.9 | - | 99.0 | - | - | - | 99 |

출처: 온실가스종합정보센터(2022)

2020년 재활용률 실적 확인 결과, 생활폐기물과 사업장폐기물은 목표를 달성하지 못하였고 지정폐기물은 목표를 달성하였다. 생활폐기물의 재활용률은 59.5%로 목표인 68%에 크게 미달하였다. 전년도 59.7% 보다도 0.2%p 하락하였다. 사업장폐기물의 2020년 재활용률은 목표에 2.7%p 미달한 84.3%로 나타났다. 해당 세부지표는 2019년에 이어 2020년에도 목표

67) 건설폐기물은 목표가 2028년부터 설정되어있다.

달성에 실패하였다. 다만, 목표와 실적 간의 차이는 3.4%p에서 2.7%p로 개선되는 모습을 보이고 있다. 지정폐기물 재활용률은 목표를 0.7%p 초과한 63.7%로 나타났다. 건설폐기물의 경우, 2020년 목표가 부재하지만 2020년 실적이 이미 2030년 목표를 달성한 것으로 나타났다.

위에 설명한 바와 같이 2020년 감량률은 실적 확인이 불가하다. 다만, 폐기물 종류별 감량률은 폐기물 종류별 발생량 실적 확인을 통해 대략적으로 점검해볼 수 있다. 2020년 생활폐기물의 일간 발생량은 61,567톤으로 2017년 이후로 매년 증가하는 모습을 보였다. 사업장폐기물 일간 발생량은 220,951톤으로 1995년 통계 작성 이후 최대치를 기록하였다. 지정폐기물 일간 발생량은 전년도에 비하여 232톤 줄어든 15,324톤으로 나타났다. 건설폐기물의 일간 발생량은 지속적으로 증가하고 있다.

폐기물 종류별 감량률·재활용률은 온실가스 배출량에 직접적인 영향을 주는 주요 이행지표이다. 그럼에도 불구하고 동 지표는 감량률의 실적이 불분명하다는 점과 2020년 이후 목표가 5년 단위로 설정되어 있다는 점으로 인하여 구체적이고 안정적인 점검에 한계가 있다. 따라서 본 지표는 향후 개선이 필요하다.

- EPR 재활용량

참고 8.4. EPR 재활용량 (톤)

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-------|---------|---------|---------|---------|-----------|---------|---------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 종이팩 | 13,994 | 21,575 | 10,509 | 22,872 | 10,197 | 24,168 | 25,465 |
| 유리병 | 269,921 | 305,484 | 261,342 | 315,808 | 262,443 | 326,133 | 336,457 |
| 금속캔 | 168,317 | 157,776 | 161,669 | 159,054 | 163,599 | 160,333 | 161,611 |
| 플라스틱류 | 875,477 | 724,417 | 931,366 | 755,407 | 1,007,109 | 786,397 | 817,387 |

출처: 온실가스종합정보센터(2022)

생산자책임재활용(Extended Producer Responsibility, EPR)제도는 제품 생산자에게 일정량의 재활용 의무를 부여하여 제품 사용 후 발생하는 폐기물 재활용까지, 생산자의 책임 범위를 확대하는 제도이다. 이행평가에서는 14가지의 세부 폐기물을 종이팩, 유리병, 금속캔, 플라스틱류 총 4가지로 분류하여 목표를 설정하고 실적을 평가하였다. 다만 해당 지표의 목표는 2018년, 2019년, 2022년, 2030년에 대해서만 불규칙하게 설정되어있다. 목표가 부재한 2020년과 2021년의 실적 평가를 위하여 본 보고서에서는 2019년과 2022년 간의 목표 차이를 매년 동일하게 분배하여 2020년과 2021년의 목표를 설정하였다.

종이팩과 유리병 EPR 재활용량 실적은 2020년, 2021년 모두 목표를 달성하지 못했지만, 금속캔과 플라스틱류는 동 기간 목표를 달성하였다. 종이팩 EPR 재활용량 달성률은 2018년 목표 대비 71% 수준이었지만 이후 지속적으로 하락하여 2021년에는 목표 대비 42% 수준이 되었다. 유리병은 2020년에 비하여 2021년 EPR 재활용량은 증가하였으나 목표 달성률은 83%에서 80%로 감소하였다. 종이팩과 유리병 EPR 재활용량 지표의 목표 달성을 위한 추가적인 노력이 요구된다. 금속캔은 2020년, 2021년 모두 목표를 2% 초과 달성하였고 동기간 플라스틱류 EPR 재활용량 실적은 목표를 각각 23%, 28% 초과 달성한 것으로 나타났다.

• 매립지 메탄가스 회수량

매립지 메탄가스 회수는 폐기물 매립처리 이후 발생한 온실가스를 사후적으로 회수하여 온실가스 배출량을 감축하는 수단이다. 매립지 메탄가스 회수량은 2021년 실적이 아직 발표되지 않아 본 보고서에서는 2020년 실적에 대한 평가를 진행하였다. 2020년 매립지 메탄가스 회수량 실적은 9.0만 톤으로 목표를 2.6만 톤 초과 달성하였다. 동 지표는 2018년 이행지표 설정 이후 매년 안정적으로 목표를 달성하고 있다.

2030 로드맵 수정안은 매립지 메탄가스 회수 목표를 0.5백만톤으로 설정하였고 NDC 상향안에서는 목표를 1.5백만톤으로 상향하였다. 지구온난화지수를 사용하여 환산하면 1.5백만톤은 메탄가스 7.1만톤에 상응하는 수치이다. 하지만 로드맵 수정안의 2030년 메탄가스 회수량 목표는 5.4만톤으로 NDC 상향안 배출량 감축 목표 달성을 위해서는 기존 목표 대비 1.7만톤 추가 회수하여야 한다. 현재 운영 중인 매립가스 자원회수시설의 메탄가스 기대 회수량만으로 NDC 상향안의 목표 달성이 가능한지 확인할 필요가 있다.

참고 8.5. 매립지 메탄가스 회수량 (만 톤)

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|--------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 매립지 메탄가스 회수량 | 10.0 | 8.1 | 9.0 | 6.4 | - | 6.7 | 5.4 |

출처: 온실가스종합정보센터(2022)

• 생활폐기물 분리배출시설 확대

위의 이행지표에서 확인한 바와 같이 생활폐기물의 재활용률은 종류별 폐기물 중 가장 낮고 매년 이행점검 목표도 달성하지 못하는 상황이다. 그런 측면에서 생활폐기물의 재활용률 개선을 위한 정책의 중요성은 향후 더욱 높아질 수 있다. 이와 같은 정책 중 하나가 생활폐기물 분리배출시설 확대이다. 생활폐기물 분리배출시설 확대는 폐기물의 최종처분량을 감소시켜

궁극적으로 온실가스 배출량 감축에 기여하게 된다. 2021년의 생활폐기물 분리배출시설 확대 수는 184개로 목표인 172개를 초과 달성하였다. 동 지표는 이행점검 시행 이후 매년 목표를 초과 달성하고 있어 2030년까지 안정적인 목표 달성이 가능할 것으로 예상된다.

참고 8.6. 생활폐기물 분리배출시설 확대 (수)

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|--------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 생활폐기물 분리배출시설 확대 | 184 | 172 | 185 | 172 | 184 | 172 | 172 |

출처: 온실가스종합정보센터(2022)

● 정성지표

• 폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도 도입

기존 사업장 폐기물 감량화 제도가 자율적 감량목표 산정방식으로 인하여 실질적 감량 효과에 한계를 보이자 2018년 정부는 폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도를 도입하였다. 적용 대상은 한국표준산업분류 중분류 기준 18개 업종의 3년 평균 지정 폐기물 100톤 이상 또는 지정외 폐기물 1,000톤 이상 배출 사업장이다. 성과관리 대상자로 선정된 사업장에는 최종처분율과 순환이행률 목표가 부여된다. 목표 이행기간 이후 실적에 대해서는 평가와 후속조치가 이루어진다. 이행실적이 우수한 사업장에는 행정적·기술적·재정적 우대가 제공되는 반면 실적이 미흡한 사업장에는 미달성 목표를 차년도에 가산하고 사업장에 대한 기술 진단 및 지도를 실시한다. 한편 실적자료, 이행계획, 이행실적 등의 자료 제출을 미이행한 사업장에는 업체명 공개 및 기술진단의 후속조치가 이루어진다.

동 제도의 이행 일정에 따라 2021년 7월에는 2020년 이행실적에 대한 평가가 진행되었고 같은 해 11월에는 2022년 성과관리 대상자별 자원순환목표를 설정하였다. 또한 12월에는 폐기물 감량 우수사례 교육 및 홍보를 위하여 폐합성수지 다량배출사업장 감량 우수사례를 선정하였다. 2021년 이행실적에 대한 평가가 2022년 7월에 계획되어 있고 12월까지 2023년 성과관리 대상자별 자원순환목표를 설정할 예정이다.

폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도는 2018년 도입 이후 제도의 정기 일정에 따라 안정적으로 시행되고 있으며 앞으로 5년 단위 연차별 자원순환 목표의 설정, 인센티브 및 패널티에 대한 연속성·일관성 확보와 같은 중장기적 계획을 가지고 있다.

• 폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수

본 제도는 폐기물 소각·매립의 주체인 지자체 및 사업장폐기물배출자를 대상으로 폐기물 소각·매립 부담금을 부과하여 소각·매립 처리를 최소화, 재활용을 유도, 자원순환을 촉진하는 것을 목표로 한다. 부담금 부과 대상 폐기물은 폐기물관리법과 건설폐기물의 재활용촉진에 관한 법률에 따른다. 폐기물관리법 시행규칙에 따라 재활용이 금지된 폐기물의 소각·매립에 대하여는 부담금을 부과하지 않는다. 동 제도의 정기신고 일정은 매년 3월 말 전년도 소각·매립량에 대한 납부의무자의 정기신고, 4월 말 징수기관의 납부의무자에 대한 납부고지, 5월 20일까지 납부의무자의 부담금 납부로 이루어진다.

2021년 동 제도의 실적을 살펴보면 위와 같은 정기적인 제도 운영과 더불어 시·도 별 징수비용 차등 교부를 내용으로 한 자원순환기본법 시행령 개정과 폐기물처분부담금 운영 성과 평가를 실시하였다. 2022년에는 동 제도의 존속기한 연장을 위한 자원순환기본법 개정과 부담금 징수비용 교부비율 산정 기준에 대한 시행규칙 개정이 계획되어 있다. 중장기적으로도 제도를 지속적으로 점검하고 개선하여 폐기물 소각·매립 최소화를 달성할 계획이다.

• 재활용 제품 공공 구매 활성화

본 정책은 지자체·공공기관과 같은 공공수요처가 재활용 제품 구매를 활성화함으로써 재활용 제품에 대한 안정적인 수요처를 확보하고자 하는 제도이다. 궁극적으로 폐기물 재활용 활성화와 자원순환 증진에 도움이 될 것으로 기대된다.

동 제도의 이행실적을 살펴보면 2021년 7월에서 2022년 5월까지 플라스틱 재생원료 사용 촉진을 위한 제도 개선방안 연구용역 추진과 2021년 12월 재생원료 사용비율 표시 및 지자체 의무구매 포함 자원재활용법 발의가 있다. 또한 2022년 12월까지 재생원료 사용제품 표시제와 지자체 의무구매 관련 법령을 정비할 계획이다. 이후 법령에 따라 2023년 재생원료 사용제품 표시제를 도입하고 2024년 지자체 재생원료 사용제품 의무구매 제도를 실시하는 것을 목표로 한다.

3. 요인분해 분석

● 분석 개요

폐기물 부문 온실가스 배출량에 대한 인구 효과, 경제성장 효과, 탄소원단위 효과를 요인분해 분석을 통하여 확인하였다. 첫째, 인구 효과는 인구 변화에 따른 배출량 증감을 의미한다. 둘째, 경제성장 효과는 1인당 실질GDP(국내총생산)의 변화에 따른 배출량 증감을 의미한다. 마지막으로 탄소원단위 효과는 GDP당 배출량 변화에 따른 배출량 증감을 나타낸다. 만약 동일한 GDP에 대하여 폐기물 부문 온실가스 배출량이 감소하였다면 GDP로 나타나는 생산의 단위당 온실가스 배출이 감소한 것으로 온실가스 감축의 긍정적인 영향을 가지게 된다. 동 분석에서 배출량, 인구, 1인당 GDP, 탄소원단위의 변화는 목표 혹은 전제조건 대비 실적을 의미한다.

참고 8.7. 폐기물 부문 배출량 요인분해 분석 모형

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

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

C: 폐기물 부문 온실가스 배출량
Q: GDP
P: 인구

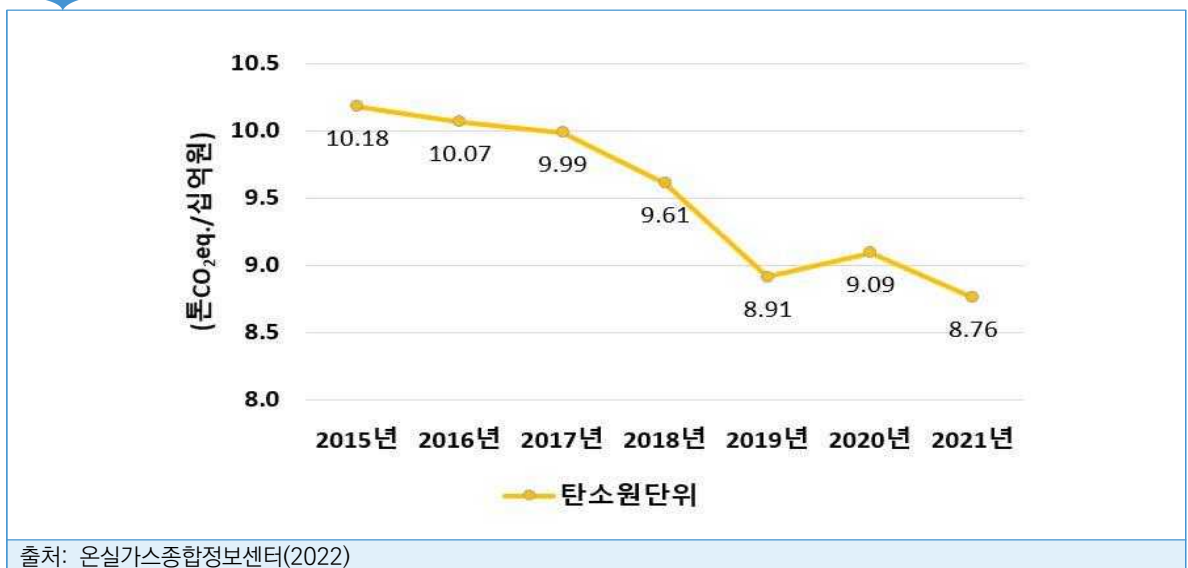
위와 같은 배출량 증감요인들의 연도별 추이를 살펴보면 아래 표와 같다. 인구와 경제성장은 국가 전체 및 많은 다른 부문에 공통적으로 포함되는 요인으로 연도별 수치도 동일하다. 로드맵 수정안 전망에 사용된 전제조건에서는 인구가 2021년까지 지속적으로 증가할 것으로 예상되었다. 하지만 2021년 인구는 전년도에 비하여 감소한 것으로 나타났다. 인구가 감소세에 접어든다면, 인구 효과는 앞으로 폐기물 부문 온실가스 배출량의 감소 요인이 될 것으로 예상된다. 폐기물 부문 온실가스 발생량에 대한 탄소원단위는 2020년 소폭 증가한 것을 제외하면 2015년 10.18에서 지속적으로 감소하여 2021년에는 8.76으로 나타났다.

참고 8.8. 폐기물 부문 배출량 증감요인 연도별 추이

| 구분 | 단위 | 2015년 | 2016년 | 2017년 | 2018년 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | '15-17 | '18-20 | '19-21 |
|--------|----------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 인구 | 천명 | 51,069 | 51,270 | 51,423 | 51,630 | 51,779 | 51,829 | 51,738 | 51,254 | 51,746 | 51,782 |
| 경제 성장 | 십억원 /천명 | 32.47 | 33.29 | 34.24 | 35.10 | 35.78 | 35.49 | 37.03 | 33.33 | 35.46 | 36.10 |
| 탄소 원단위 | 톤 CO ₂ eq. /십억원 | 10.18 | 10.07 | 9.99 | 9.61 | 8.91 | 9.09 | 8.76 | 10.08 | 9.20 | 8.92 |

2015년에서 2021년까지의 탄소원단위의 추이는 아래의 폐기물 부문 탄소원단위 그래프를 통하여 직관적으로 확인할 수 있다. 탄소원단위는 2015년 10.18에서 2021년 8.76까지 감소세를 보이고 있지만 2020년에는 이례적으로 GDP가 하락하고 온실가스 배출량은 증가하면서 탄소원단위가 소폭 증가하였다. 2021년의 탄소원단위 감소는 폐기물 부문 온실가스 배출량이 증가하였음에도 GDP가 더 크게 증가하였기 때문이다.

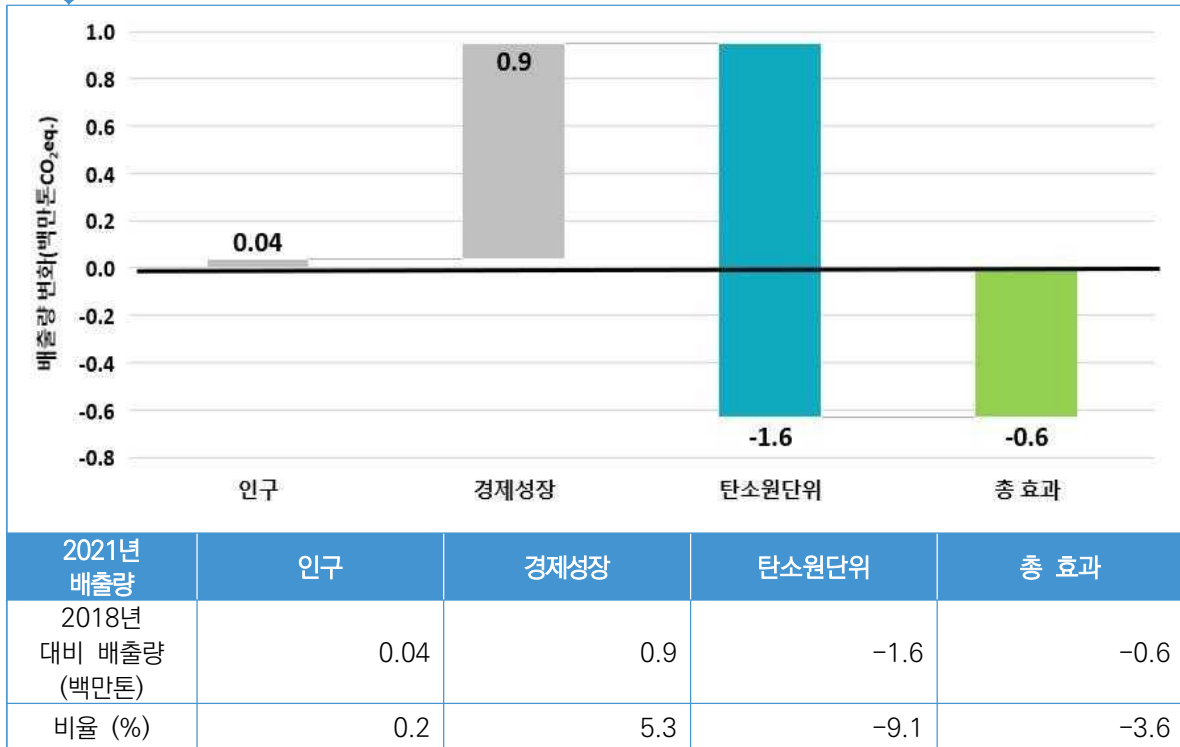
참고 8.9. 폐기물 부문 탄소원단위 연도별 추이



요인분해 분석은 기준에 따라 목표 대비 분석과 시점 대비 분석이 모두 가능하다. 본 이행평가에서는 2021년 배출량 증감에 대하여 2018년 배출량 실적, 2020년 배출량 실적, 2021년 배출량 목표 기준 요인분해분석을 각각 진행하였다.

- 2018년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

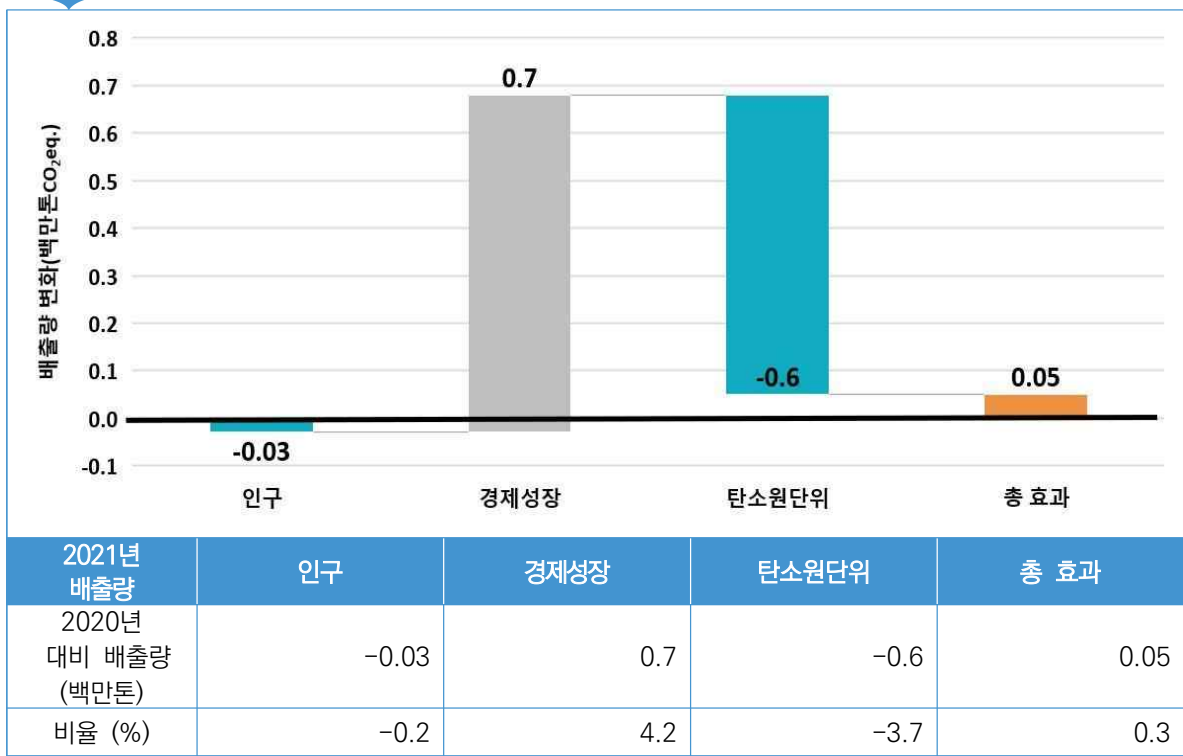
참고 8.10. 폐기물 부문 2018년 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



2021년 폐기물 부문 배출량은 2018년 배출량 17.4백만톤에서 3.6% 감소한 16.8백만톤이다. 0.6백만톤의 배출량 감소에 대한 요인분해분석 결과, 인구 효과와 경제성장 효과는 배출량의 증가 요인, 탄소원단위 효과는 감소요인으로 나타났다. 3년간 경제성장 효과로 배출량은 0.9백만톤 증가하였다. 인구 효과도 배출량을 소폭 증가시켰다. 인구 효과와 경제성장 효과를 합산하면 2018년 배출량 기준 5.5%인 1.0백만톤의 배출량 증가가 나타났다. 동 기간 GDP는 5.7%, 인구는 2.1% 증가하였고 온실가스 배출량은 3.6% 감소하였다. 인구의 증가율 보다 GDP의 증가율이 더 크게 나타나며 1인당 GDP가 증가하였고 경제성장효과도 온실가스 증가의 원인이 되었다. 동 기간 탄소원단위 효과로 배출량이 1.6백만톤 감소하여 전체 배출량은 0.6백만톤 감소하였다. GDP는 증가하였고 온실가스 배출량은 감소하며 탄소원단위가 크게 감소하는 모습을 보였기 때문이다.

- 2020년 대비 2021년도 배출량 증감 분석

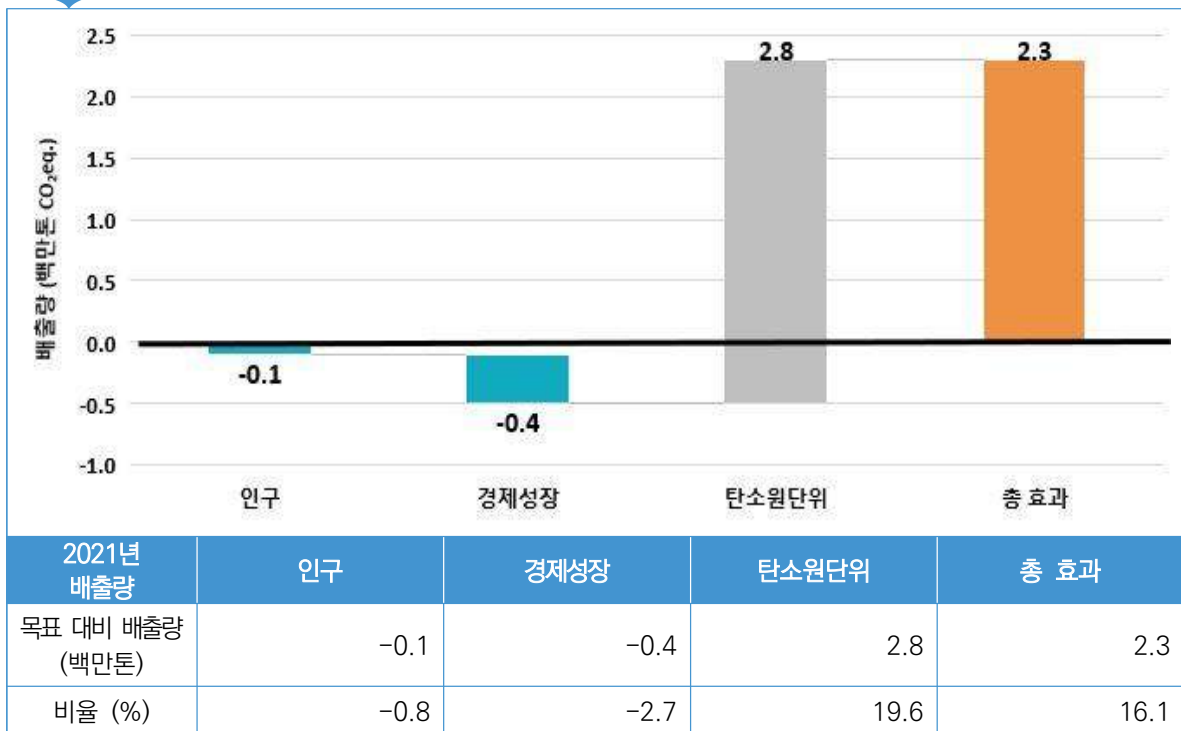
참고 8.11. 폐기물 부문 2020년 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



2021년 폐기물 부문 배출량은 전년도 배출량보다 소폭 증가하여 16.8백만톤을 기록하였다. 폐기물 부문 배출량의 세가지 요인 중 인구 효과와 탄소원단위 효과는 배출량 감소 요인, 경제성장 효과는 증가 요인으로 분석되었다. 2021년 인구는 전년도에 비하여 9.1만명 감소하여 인구 효과 역시 0.03백만톤 감소로 나타났다. 위에서 확인하였듯 탄소원단위 또한 2020년 9.09에서 2021년 8.76으로 감소하였고 이는 배출량의 0.6백만톤 감소로 이어졌다. 2021년 GDP는 전년 대비 4.1% 증가한 반면, 인구는 소폭 감소하여 1인당 GDP는 4.3% 증가하였다. 이에 따라 폐기물부문 온실가스 배출량에 대한 경제성장 효과가 0.7백만톤 CO₂eq. 증가로 나타났다. 탄소원단위 효과에 의한 온실가스 감축이 경제성장효과로 인한 온실가스 배출량 증가를 일정 부분 상쇄한 것이다. 또한 2021년 인구가 처음 감소함에 따라 이후 인구 효과는 폐기물 부문 온실가스 배출량의 감소요인이 될 것으로 예상된다.

- 목표 대비 2021년도 배출량 증감 분석

참고 8.12. 폐기물 부문 감축목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



2021년 폐기물 부문 배출량 실적은 16.8백만톤으로 배출량 목표인 14.5백만톤을 2.3백만톤 초과하였다. 목표 대비 요인분해분석 결과 배출량의 증가 요인은 탄소원단위 효과이고 경제성장 효과와 인구 효과는 감소 요인이 되었다. GDP에 대한 폐기물 부문 온실가스 배출량의 비율인 탄소원단위 효과는 2021년 배출량을 2.8백만톤 증가시켰고 이는 목표 배출량의 19.6%에 해당한다. 로드맵의 전제조건 대비 GDP 실적은 낮게 나타나고 온실가스 배출량은 로드맵의 목표를 초과하면서 목표 대비 탄소원단위가 악화되었다. 탄소원단위는 GDP로 폐기물 부문의 온실가스 배출량을 나누어 산정하므로 온실가스 배출량 감축을 직접적으로 확인할 수 있는 요인이다.

GDP 전망 대비 실적 부진은 탄소원단위를 악화시켰지만 동시에 경제성장 효과에는 긍정적인 영향을 미쳤다. 1인당 GDP로 분석하는 경제성장 효과는 인구의 전망 대비 감소에도 GDP의 전망 대비 감소가 더 크게 나타나며 배출량의 감소 요인이 되었다. 2021년 배출량에 대한 경제성장 효과는 -0.4백만톤, 인구 효과는 -0.1백만톤으로 각각 목표 배출량의 2.7%, 0.8%에 해당하는 규모다.

● 요인분해 추가 분석

위의 요인분해 분석에는 폐기물 부문 온실가스 감축 정책의 성과를 반영하는 요인들이 포함되지 않았다는 한계가 존재한다. 폐기물 부문 온실가스 감축 정책의 영향을 포함한 요인분해 분석은 다음과 같이 구성된다.

참고 8.13. 폐기물 부문 배출량 요인분해 추가 분석 모형

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

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

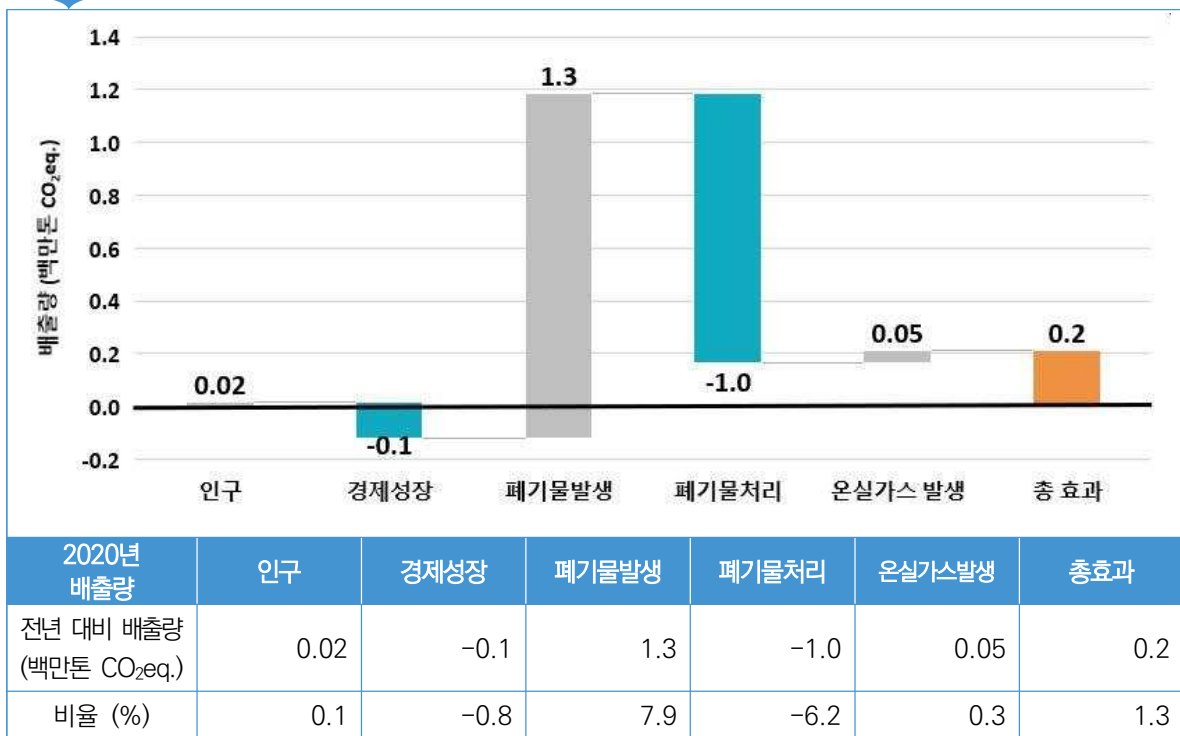
C: 폐기물 부문 온실가스배출량
W: 폐기물비재활용처리량
G: 폐기물발생량
Q: GDP
P: 인구

인구 효과와 경제성장 효과의 정의와 산정은 위의 모형과 같으며, 폐기물발생 효과, 폐기물처리 효과, 온실가스발생 효과는 폐기물 부문 정책의 효과를 확인하기 위한 요인들이다. 폐기물발생 효과는 GDP 대비 전체 폐기물 발생량이 온실가스 배출량 증감에 미치는 영향을 나타낸다. 폐기물발생 효과를 통해서 폐기물 감량의 온실가스 배출량에 대한 영향을 확인할 수 있다. 폐기물처리 효과는 재활용 관련 정책의 영향을 확인하는 요인이다. 우리나라의 폐기물 처리방식은 매립, 소각, 재활용, 기타 등으로 구분되며⁶⁸⁾, 요인분해분석의 구조상 각 요인의 증감이 온실가스 배출량의 증감과 양(+)의 관계를 갖도록 요인을 설정하여야 한다. 하지만 재활용은 온실가스 배출량을 감소시키는 역할을 하므로 비재활용 처리량을 요인에 포함한다. 본 보고서에서는 재활용을 제외한 매립, 소각, 기타의 방법으로 처리된 폐기물을 비재활용 처리량으로 산정하였다. 폐기물처리 효과는 폐기물 발생량 대비 비재활용 처리량으로 계산한다. 마지막으로, 온실가스발생 효과는 폐기물 비재활용 처리량 대비 폐기물 부문 온실가스 배출량으로 산정한다.

68) 환경부 (2022) 전국폐기물 발생 및 처리현황

● 요인분해 추가 분석 결과

참고 8.14. 2020년 폐기물 부문 전년 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



본 추가 분석은 목표 대비 요인분해분석이 아닌, 2020년의 배출량을 전년도 실적을 기준으로 분석을 진행하였다. 이는 폐기물 발생량에 대한 목표가 제시되어 있지 않을 뿐 아니라 감량률의 실적이 확인되지 않기 때문이다. 폐기물 발생량은 생활, 사업장, 지정, 건설폐기물 발생량의 연도별 합계를 사용하였다. 비재활용 처리량은 각 폐기물의 발생량과 재활용률을 기준으로 폐기물 종류별 비재활용 처리량을 계산한 합계를 사용하였다.

2020년 폐기물 부문 배출량 16.7백만톤은 2019년 배출량 16.5백만톤 대비 0.2백만톤 증가하였다. 요인분해 분석 결과, 인구 효과, 폐기물발생 효과, 온실가스발생 효과는 온실가스 배출량 증가 요인이었고 폐기물처리 효과, 경제성장 효과는 배출량 감소 요인이었다.

2020년 인구가 전년 대비 소폭 증가하여 배출량은 0.02백만톤 증가하였고, 폐기물발생 효과는 전년도 배출량의 7.9%에 해당하는 1.3백만톤의 배출량 증가를 야기하였다. COVID-19가 시작된 2020년은 GDP가 감소하였음에도 폐기물 발생량은 오히려 증가하여 폐기물발생 효과가 악화되었으며, 온실가스발생 효과는 0.05백만톤 배출량 증가로 나타났다.

온실가스 배출량 감소의 가장 큰 요인은 폐기물처리 효과로, 1.0백만톤의 배출량 감소를

이끌었다. 이는 2019년 대비 2020년 폐기물 발생량은 7% 증가하였지만 비재활용 처리량은 1% 증가에 그쳤기 때문이다. 전체 폐기물의 재활용률은 2019년 86.5%에서 2020년 87.4%로 0.9%p 증가하였다. 전체 폐기물 발생량이 증가하는 상황에도 재활용률의 증가로 온실가스 배출량은 감소하였다. 또한 1인당 GDP 감소로 인하여 -0.1백만톤의 경제성장 효과가 발생했다.

주요 감축수단인 폐기물 감량률 이행지표 목표 및 실적 부재로 인하여 본 요인분해분석과 같은 추가적인 분석에는 분명한 한계가 있다. 주요 감축수단의 영향을 점검하기 위해서는 주요 지표의 목표 설정과 실적 확보가 필수적이다.

4. 종합

폐기물 부문의 2021년 배출량 실적은 16.8백만톤으로 목표인 15.1백만톤대비 12.0% 더 높게 나타났다. 2018년부터 2년 연속 감소하던 폐기물 부문 배출량은 2020년 이후 2년 연속 증가하였다.

폐기물 부문의 이행지표는 정량지표 4가지와 정성지표 3가지로 구성되어있다. EPR재활용량 중 종이팩과 유리병은 2021년 목표를 달성하지 못하였고 금속캔과 플라스틱류는 목표를 초과 달성하였다. 생활폐기물 분리배출시설 확대는 2021년에도 안정적으로 목표를 달성하였다. 폐기물 종류별 감량률·재활용률과 매립지 메탄가스 회수량은 통계 발표와 이행점검 시점 간의 시차로 인하여 2020년을 점검 대상으로 삼았다. 폐기물 감량률의 경우, 감량률의 실적이 확인되지 않아 점검이 불가능하여 폐기물 종류별 발생량을 대안으로 확인하였다. 생활폐기물, 사업장폐기물, 건설폐기물의 발생량은 전년대비 증가하였고 지정폐기물의 발생량은 감소하였다. 생활폐기물과 사업장폐기물은 재활용률 목표 또한 달성하지 못하였다. 지정폐기물은 재활용률 목표를 달성하였다. 매립지 메탄가스 회수량의 2020년 실적은 목표를 초과 달성하였다.

정성지표 중 폐기물 다량배출 사업장 대상 자원순환 성과 관리제도와 폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수는 정기적인 운영 일정에 따라 제도가 안정적으로 시행되고 있다. 아울러 제도 교육과 홍보를 위한 우수사례 선정, 지속적인 제도 개선을 위한 중장기적 계획도 확인하였다. 재활용 제품 공공구매 활성화 또한 관련 연구용역 진행과 제도 시행을 위한 법안 발의가 이루어졌다.

2018년 대비 요인분해 분석 결과, 인구 효과와 경제성장 효과가 배출량 증가를 유발하였지만 탄소원단위 효과가 배출량을 크게 감소시켜 총 배출량은 0.6백만톤 감소하였다. 2020년 대비 요인분해 분석 결과, 인구와 탄소원단위 효과가 배출량 감소를 나타냈지만 경제성장 효과가 배출량을 증가시켜 총배출량은 소폭 증가하였다. 2021년 목표 대비 요인분해 분석 결과, 인구 효과와 경제성장 효과는 배출량을 일부 감축하였지만 탄소원단위 효과의 배출량 증가가 크게 나타나며 총 배출량은 증가하였다. 폐기물 정책의 성과를 확인하기 위한 추가 요인분해 분석은 자료의 한계로 인하여 2019년 대비 2020년 실적을 대상으로 하였다. 인구 효과, 온실가스발생 효과, 폐기물발생 효과는 배출량의 증가 요인으로 나타났고 경제성장 효과와 폐기물처리 효과는 감소 요인이 되었다.

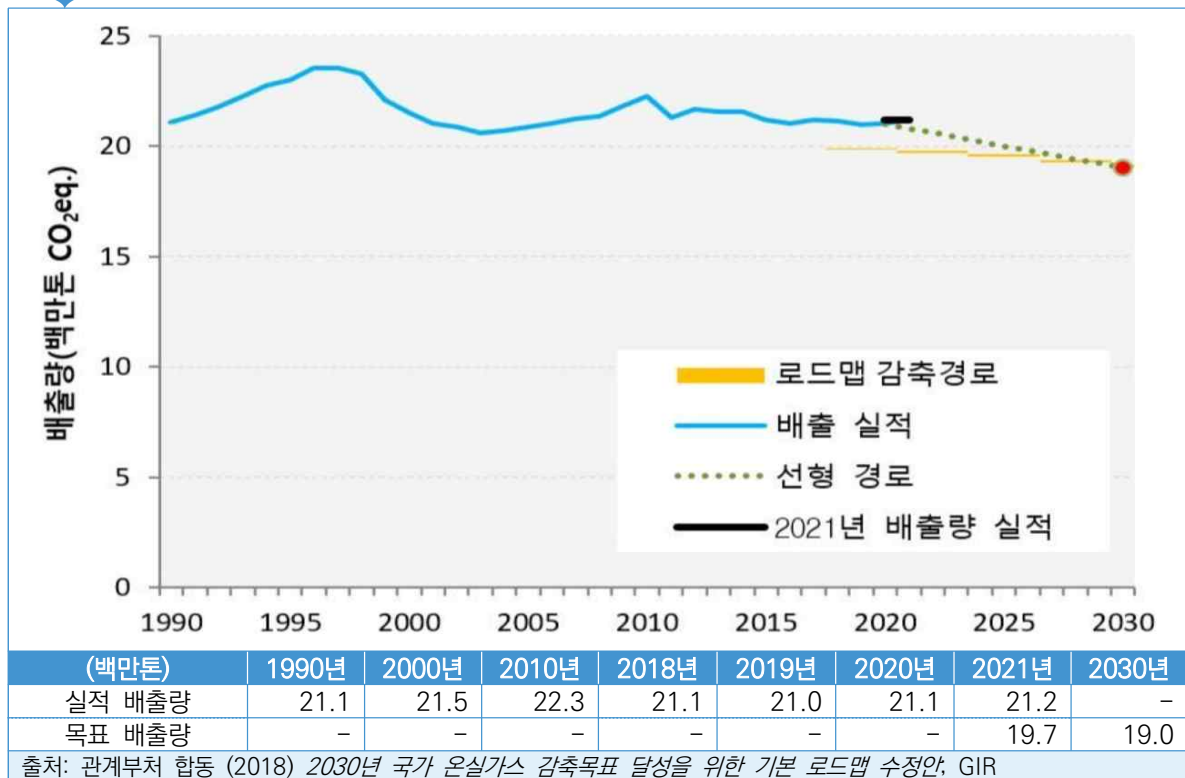
폐기물 부문의 온실가스 배출량은 폐기물 발생량과 재활용률에 직접적인 영향을 받는다. 앞의 분석 결과를 종합하면, 폐기물 부문 온실가스 배출량이 목표를 달성하지 못한 주요 원인으로 폐기물 발생량 감축과 재활용률 확대가 미진한 것 등이 포함된다. 2018년 이행점검 이후 폐기물 부문 배출량이 목표를 달성한 적이 없는 상황에서 NDC 상향안의 강화된 목표를 달성하기 위하여 효과적이고 강력한 폐기물 관련 정책을 추진할 필요가 있다.

농축산

1. 목표지표 분석

농축산 부문에서 발생하는 온실가스는 비이산화탄소 계열 온실가스인 메탄과 아산화질소가 있다. 농축산 부문의 세부 배출원은 농업 부문의 벼재배, 농경지토양, 작물잔사소각과 축산 부문의 가축 장내발효와 가축분뇨가 있다.

참고 8.15. 농축산 부문 배출량 감축경로



2021년 농축산 부문의 온실가스 잠정배출량은 21.2백만톤으로 국가 총배출량의 약 3.1%를 차지한다.⁶⁹⁾ 이는 2030 로드맵 수정안에서 제시한 동 기간 목표 배출량인 19.7백만톤 보다 7.6% 높은 수치이다. 동 부문의 온실가스 배출량은 1990년부터 꾸준히 증가하여 1997년 최고치인 23.6백만톤을 기록하였다. 이후 증감을 반복하여 1990년 배출량인 21.1백만톤을 크게 벗어나지 않는 추세이다. 농축산 부문은 다수의 소규모 농가가 배출원인 특성이 있다. 정책사업을 통한 배출량 감축에 있어 농축산업 종사자의 적극적인 참여를

69) 2021년 잠정배출량 기준 국가 온실가스 배출량 679.6백만톤 CO₂eq. 농축산 부문 온실가스 배출량 21.2백만톤 CO₂eq. (GIR, 2022)

유도할 필요가 있다. 하지만 최근의 온실가스 배출량 추이를 고려할 때, 2030년 감축 목표를 달성하기 위해서 농가의 적극적인 참여에 더하여 혁신적인 정책사업과 기술개발이 필요하다.

2021년 농업 부문 잠정배출량은 5.8백만톤으로 2020년 대비 0.3% 감소하였다. 농업 부문의 온실가스 배출량은 2020년에 이어 2년 연속 감소한 것이며 이는 동 기간 벼재배 면적이 각각 전년 대비 0.5%씩 감소한 결과로 판단된다.

참고 8.16. 농업 부문 온실가스 배출량과 논벼 재배면적

| 구 분 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|--|-------|-------|-------|
| 농업 부문 온실가스 배출량 (백만톤 CO ₂ eq.) | 5.9 | 5.8 | 5.8 |
| 논벼 재배면적(천ha/연) | 729.6 | 726.2 | 722.5 |

출처 : 환경부 (2022) 2021년 국가 온실가스 배출량

반면 축산 부문의 온실가스 배출량은 2021년 9.6백만톤으로 2020년 대비 2.1% 증가하였다. 지속적인 육류 소비 증가에 따른 한육우 사육두수 증가가 영향을 미쳤을 것으로 판단된다.

참고 8.17. 축산 부문 온실가스 배출량과 주요 배출원 사육두수

| 구 분 | 2019년 | 2020년 | 2021년 |
|--|--------|--------|--------|
| 축산 부문 온실가스 배출량 (백만톤 CO ₂ eq.) | 9.5 | 9.6 | 9.8 |
| 한육우 사육두수(천두) | 3,202 | 3,353 | 3,530 |
| 돼지 사육두수(천두) | 11,377 | 11,185 | 11,245 |

출처 : 환경부 (2022) 2021년 국가 온실가스 배출량

2. 이행지표 분석

참고 8.18. 농축산 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | | |
|---------------------------------------|-------------------|-------|--------------|-------|--------------|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | | 2021년 | |
| | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① 논 중간물떼기 ⁷⁰⁾ 면적 비율(%) | 87.0 /89.1 | ● | 87.0 /90 | - | - /90.7 |
| ② 논물 얹게대기 면적비율(%) | - | | - | - | - |
| ③ 가축분뇨 자원순환 촉진 - 가축분뇨 에너지화 시설 (개소) | 83 /83 | | 84 /84 | ● | 87 /87 |
| ④ 양질조사료 저메탄사료 보급 | | | | | |
| 양질조사료 보급량(천톤) | 1,988 /1,930 | | 1,988 /1,950 | ● | 2,049 /2,000 |
| 저메탄사료 보급률 | - | | - | - | - |
| 정성지표 | | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | | |
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | | |
| ⑤ 스마트 농업 확대 | 스마트팜 확산 (혁신밸리 조성) | - | ● | ● | |
| | 스마트 축사 확대 | - | ● | ● | |

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

● 정량지표

농축산 부문에서는 온실가스 배출량 대부분이 식량 생산과정에서 발생한다. 때문에 일정 수준의 배출은 불가피한 측면이 있다. 정부는 동 부문의 온실가스 배출량 감축수단으로 다음과 같은 정책사업을 제시하고 있다. 농업 부문에서는 중간물떼기와 논물 얹게대기, 축산 부문에서는 가축분뇨 자원순환 촉진 및 양질조사료·저메탄사료 공급 정책을 추진하고 있다.

이행지표 중 논물 얹게대기 면적비율과 저메탄 사료보급률은 2030 로드맵 수정안에 따라 2025년부터 점검이 계획되어 있어 본 보고서의 이행평가 대상에서 제외한다.

- 논 중간물떼기

70) 2022년부터 간단관개 용어를 중간물떼기로 변경

벼재배 과정 중 관개에 의한 담수 상태에서 유기물이 혐기성 분해되며 메탄이 배출된다. 벼 생육 기간 동안 적어도 한번 3일 이상 논의 물을 배수하여 논을 말리는 것을 중간물떼기라고 한다. 중간물떼기를 시행하면 토양을 호기 상태로 유지하기 때문에 메탄가스 발생량이 감소한다.

2021년 논 중간물떼기 면적 비율 실적은 해당 기간의 농림어업조사가 공표되지 않아 실적을 확인할 수 없다. 따라서 전년 동일한 사유로 점검하지 못한 2020년 목표와 실적을 분석한다. 동 이행지표의 2020년 실적은 87.0%로 목표인 90%를 달성하지 못했다.⁷¹⁾ 이는 빗물에 의해서만 벼를 심어 재배할 수 있는 수리불안전답과 간척지 논과 같은 환경에서는 중간물떼기 시행에 한계가 있기 때문이다. 농업 분야 탄소저감은 농업인의 참여가 관건이므로, 농업인의 탄소저감 활동 이행을 위한 충분한 경제적 유인 제공이 필요하다. 따라서 농업인의 참여를 활성화하기 위해 활동 이행에 따른 추가 비용(예: 물관리 노동력 투입비 등) 보전분과 환경기여 인센티브를 함께 지급하는 방안이 검토되어야 한다. 2030 로드맵 수정안에서 제시한 2030년 목표인 97% 달성을 위해 농식품부와 농진청은 저탄소 논물관리 기술보급 시범사업, 논 중간물떼기 참여 확대 교육·홍보 추진을 계획하고 있다.

동 이행지표의 변화 추이를 살펴보면 2018년 87.3%에서 2019년 87.0%로 감소하였고 2020년에는 87.0%를 유지하였다. 반면 벼재배에 의한 온실가스 배출량은 동 기간 꾸준히 감소하였다.⁷²⁾ 이는 2주 이상 중간물떼기를 실시하는 면적이 증가한 것이 배출량 감축으로 이어진 것으로 분석된다. 전년 대비 농업 부문 배출량 감소에는 논 면적 감소 또한 영향을 미쳤을 것으로 판단되므로 중간물떼기 면적 비율만으로는 관련 온실가스 감축 정책을 평가하는 것에 한계가 있다.

참고 8.19. 농축산 부문 논 중간물떼기 정량지표 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|--------------------|-------|------|-------|----|-------|------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 논 중간물떼기 면적비율(%) | 87.0 | 89.1 | 87.0 | 90 | - | 90.7 | 97 |

• 가축분뇨 자원순환 처리

71) 농림어업조사·농림어업총조사(통계청)을 근거하여 농촌진흥청에서 ‘논 중간낙수 면적비율’ 선정

72) 온실가스종합정보센터 (2022) 2021국가온실가스인벤토리보고서

가축분뇨 처리 과정에서는 정화시스템, 전처리 절차 개선, 소화조 운영기술 개발을 통해 분뇨 처리효율성을 증대시키고 바이오가스를 생산할 수 있다. 동 지표의 공동자원화시설은 에너지화 시설과 자원화 시설을 의미하며 공동자원화시설의 가축분뇨 퇴비화, 액비화, 에너지화를 통하여 단순처리 대비 30%에서 65%까지 배출량 감축이 가능할 것으로 기대된다. 2030 로드맵 수정안은 가축분뇨 에너지화 및 자원화 시설 확충을 통하여 0.4백만톤 CO₂eq. 감축을 목표로 하였다. 이에 따라 정부는 가축분뇨 공동자원화시설의 단계적 개선을 지원하고 있다.

2021년에는 87개소의 가축분뇨 공동자원화시설을 운영하여 목표를 달성하였다. 2018년 82개소, 2019년, 83개소, 2020년 84개소 운영 등 과거 목표를 지속적으로 달성해 온 것으로 미루어 보았을 때, 2030년 목표치 119개소를 안정적 달성할 것으로 예상된다. 향후, 현재 이행지표인 운영 시설 수에 대한 평가에 더하여 실제 변환 에너지 및 자원화량, 가축분뇨 처리량에 대한 평가를 함께 고려할 필요가 있다.

참고 8.20. 농축산 가축분뇨 자원순환 촉진 정량지표 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|------------------------------|-------|----|-------|----|-------|----|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 가축분뇨 자원순환 촉진 공동자원화 시설(개소) | 83 | 83 | 84 | 84 | 87 | 87 | 119 |

• 양질조사료 공급

가축이 섭취한 사료는 장(腸)내 소화과정에서 미생물에 의해 발효되면서 메탄을 배출한다. 소화기관의 형태에 따라 메탄이 배출되는 비율이 다른데, 주로 소(젖소, 한육우), 염소, 양의 메탄 배출량이 크다. 메탄 배출이 상대적으로 적은 양질조사료 보급이 이루어지면 장내발효 온실가스 배출량을 감축할 수 있다.

2021년 양질조사료 보급 실적은 2,049천 톤으로 목표인 2,000천 톤을 2.45% 초과 달성하였다.⁷³⁾ 이행평가 시행 이후 지속적으로 목표 대비 초과 실적을 기록함에 따라 2030년 목표의 안정적 달성이 기대되며 추후 목표의 상향 조정도 가능할 것으로 보인다. 하지만 장내발효 및 가축분뇨처리 온실가스 배출량 산정에는 가축 종별 메탄 배출계수와 사육두수만 포함되고 사료의 종류에 따른 차이는 반영되지 않는다. 따라서 양질조사료 공급정책에 따른 온실가스 감소량을 반영할 수 있는 산정식이 개발되어야 할 필요가 있다.

73) 농식품부 축산환경자원과. 사육두수·재배면적(통계청·마사회) 수입물량(관세청·수입신고기관) 통계자료 근거

참고 8.21. 농축산 부문 양질조사료 보급량 정량지표 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | | 2030년 |
|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 목표 |
| 양질조사료 보급량(천 톤) | 1,938 | 1,930 | 1,988 | 1,950 | 2,049 | 2,000 | 2,169 |

● 정성지표

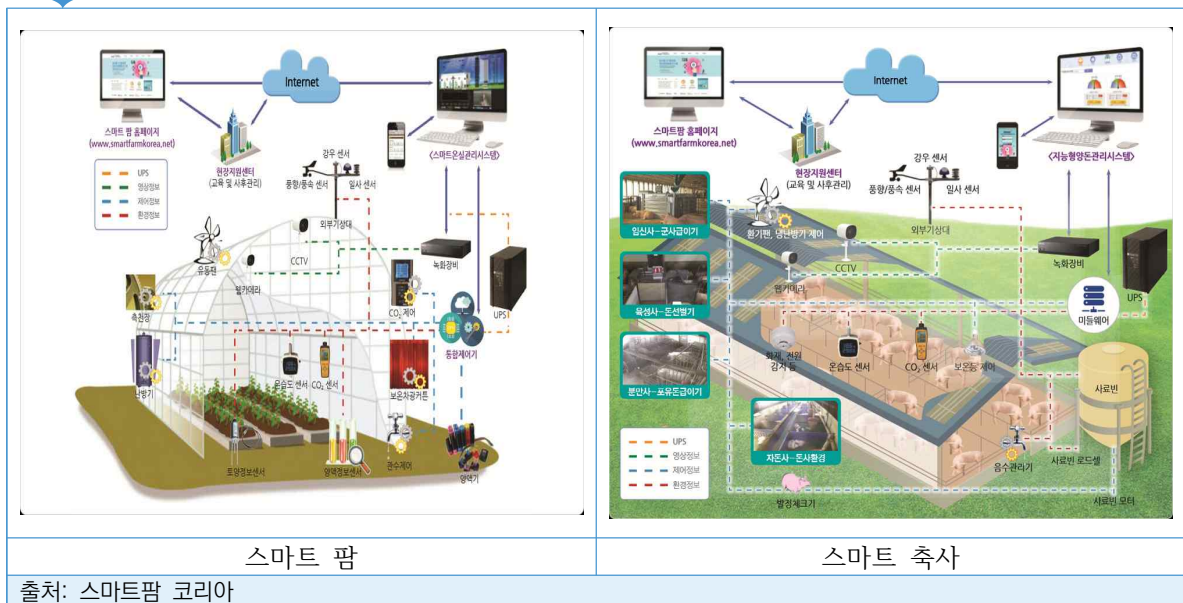
•스마트 농업 확대

스마트팜은 비닐하우스 및 유리온실 등에 정보통신기술과 빅데이터·인공지능, 로봇 등 4차 산업혁명기술을 접목하여 원격·자동으로 작물의 생육환경을 적정하게 유지·관리할 수 있는 농장이다. 관계부처 합동 스마트팜 확산 방안(2018년 4월)에 따라 스마트팜 확산의 거점으로 스마트팜 혁신밸리 조성을 추진중에 있으며 2022년까지 전국 4개소에 스마트팜 혁신밸리 조성을 목표로 설정했다. 동 정책의 2021년 실적으로는 스마트팜 혁신밸리 1차 지역 완공과 2차 지역 핵심시설 공사 추진이 있다. 또한 2022년에는 2차 지역 핵심시설을 완공 및 가동하여 스마트팜 혁신밸리 4개소 조성을 목표로 하고 있다.

스마트 축사에서는 통신, 센서, CCTV, 사물인터넷(IoT), 빅데이터, 로봇, 인공지능(AI) 등의 정보통신기술(ICT)을 융·복합하여 축사의 환경과 가축을 원격·자동으로 관리한다. 스마트 축사는 노동력을 절감하고 가축의 질병 및 악취 문제를 해결하여 생산성을 향상시키는 효과가 있다. 기존 국정과제에서 2022년까지 축산농가 5,000호에 ICT 장비 보급을 목표로 하였으나, 2021년에는 1,280호 보급이 이루어짐에 따라 농식품부 목표치인 1,200호 보급을 초과 달성하여 누계 보급 실적 4,743호를 기록하였다. 농식품부는 2022년 스마트축사 누계 5,750호 보급을 목표로 하고 있으며, 중장기적으로 각종 ICT 장비 기반 빅데이터 플랫폼을 구축하여, 데이터 분석을 통한 농장별 사양·질병·경영관리가 가능한 환경을 조성하는 것을 목표로 한다. 동 이행지표는 구체적인 연도별 목표를 설정하여 정량지표로 전환하는 것을 고려할 수 있다.

스마트농업 보급으로 시설원예, 노지작물·과수, 축산 등 분야별로 노동력·투입비용은 절감되고 생산성은 증가하는 것으로 조사되었다. 하지만 이러한 생산성 증가가 온실가스 배출량 감소로 이어진다는 근거는 명확하지 않다. 오히려 스마트농업 보급에 따른 추가적인 전력사용으로 온실가스 배출량이 증가할 가능성도 존재한다. 따라서, 스마트농업의 보급이 온실가스 배출량에 미치는 영향에 대한 추가적인 실증 연구, 조사가 이뤄질 필요가 있다

참고 8.22. 스마트 팜 및 스마트 축사 구성



3. 요인분해 분석

농축산 부문 온실가스 배출량에 영향을 미치는 요인은 인구, 경제성장, 탄소원단위가 있다. 본 보고서에서는 농축산 부문 온실가스 배출량 증감을 인구 효과, 경제성장 효과, 탄소원단위 효과로 구분한다. 인구 효과는 인구 증감에 따른 온실가스 배출량 변화를 의미한다. 농축산 부문에서의 경제성장은 인구 대비 농축산부문 부가가치로 분석한다. 농축산부문 부가가치는 수정 로드맵 전제조건과 같이 농림어업 부문 실질 GDP와 해당 순생산물세를 합산하였다. 이는 국가 전체 GDP를 사용하는 것과 비교하여 농축산부문의 경제성장을 보다 정확하게 반영하기 위한 것이다. 마지막으로 탄소원단위 효과는 농축산부문 부가가치 당 배출량 변화에 따른 배출량 증감을 나타낸다.

참고 8.23. 농축산 부문 배출량 요인분해 분석 모형

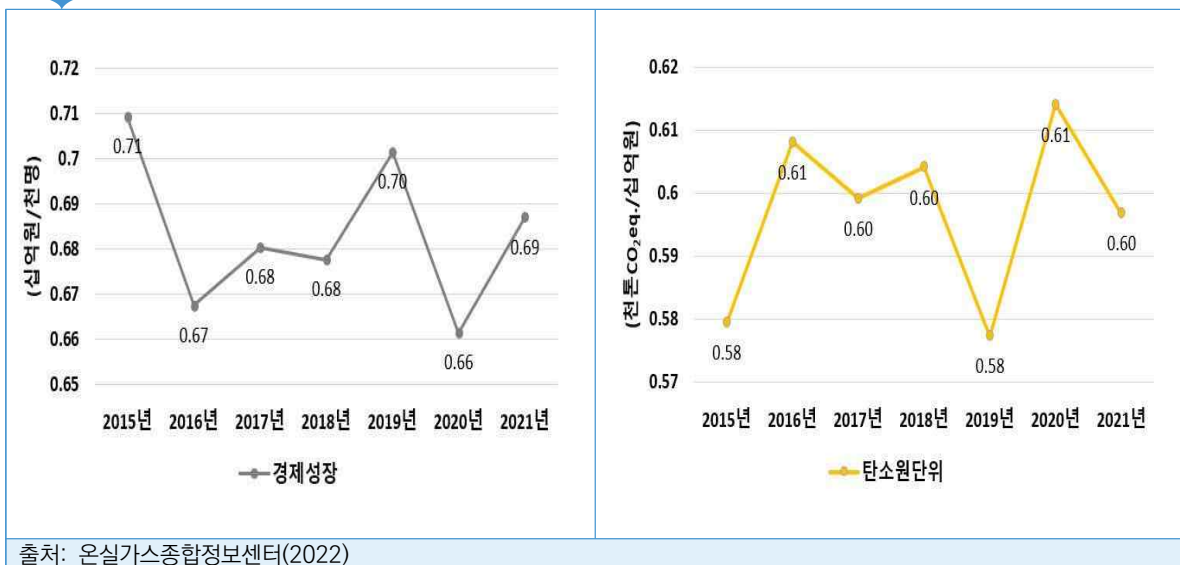
$$C = \left(\frac{C_i}{Q_i}\right) \left(\frac{Q_i}{P}\right) P$$

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

C_i : 농축산부문 온실가스 배출량
 Q_i : 농축산부문 부가가치
 P : 인구

아래의 그래프는 경제성장 효과와 탄소원단위 효과의 연도별 추이를 나타낸 것이다. 앞서 설명한 바와 같이 농축산 부문의 경제성장 효과와 탄소원단위 효과는 국가 전체 GDP가 아닌 농축산 부문 부가가치를 사용한다. 그러므로 동 부문의 경제성장 효과와 탄소원단위 효과의 추이도 국가 전체 GDP를 사용하는 타 부문과 다르다. 타 부문의 2021년 경제성장 효과는 2018년 대비 5.5% 증가하였지만 농축산 부문의 동 기간 경제성장 효과의 증가는 1.4%에 그친 것으로 나타났다.

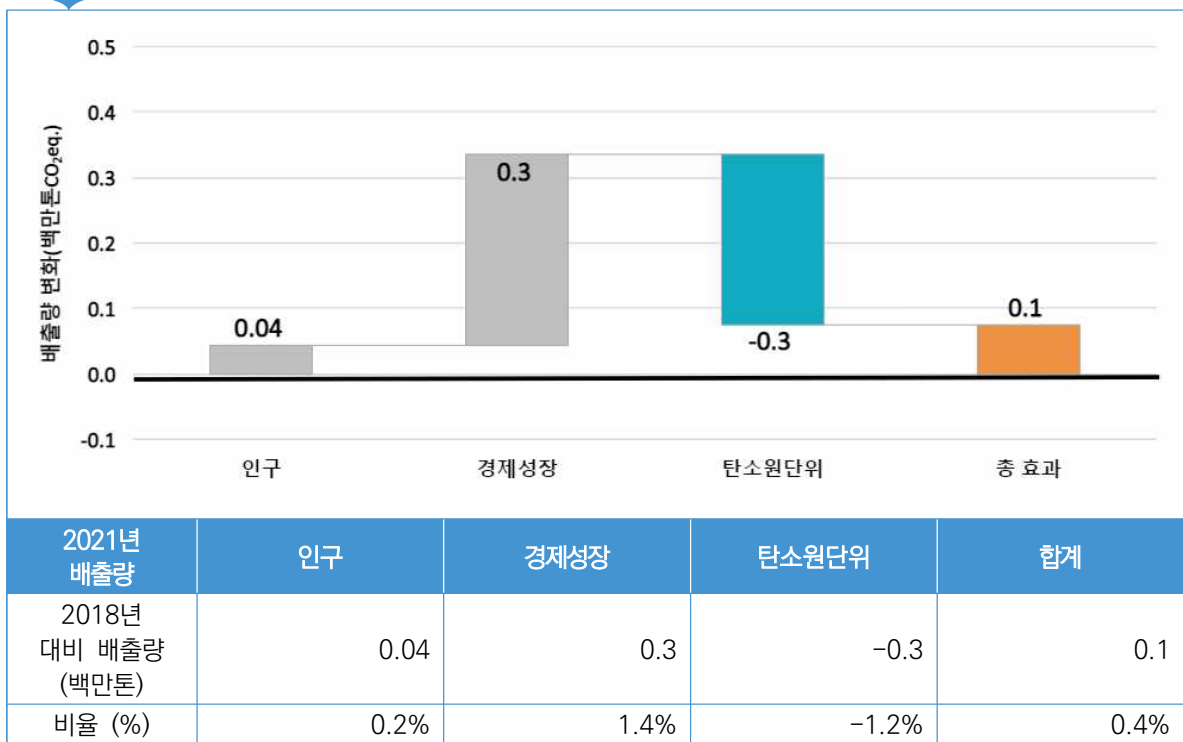
참고 8.24. 농축산 부문 배출량 증감요인 연도별 추이



2021년 농축산 부문의 경제성장 효과 수치(십억원/천명)는 0.69로 전년 대비 0.03 증가하였다. 2021년 인구는 감소하고 농축산 부문 부가가치는 증가하여 경제성장 효과 수치가 상승하였다. 반면, 농축산 부문 부가가치의 증가로 탄소원단위(천톤CO₂e/십억원)는 전년 대비 2.8% 감소한 0.60을 기록하였다.

● 2018년 대비 요인분해분석 결과

참고 8.25. 농축산 부문 2018년 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과

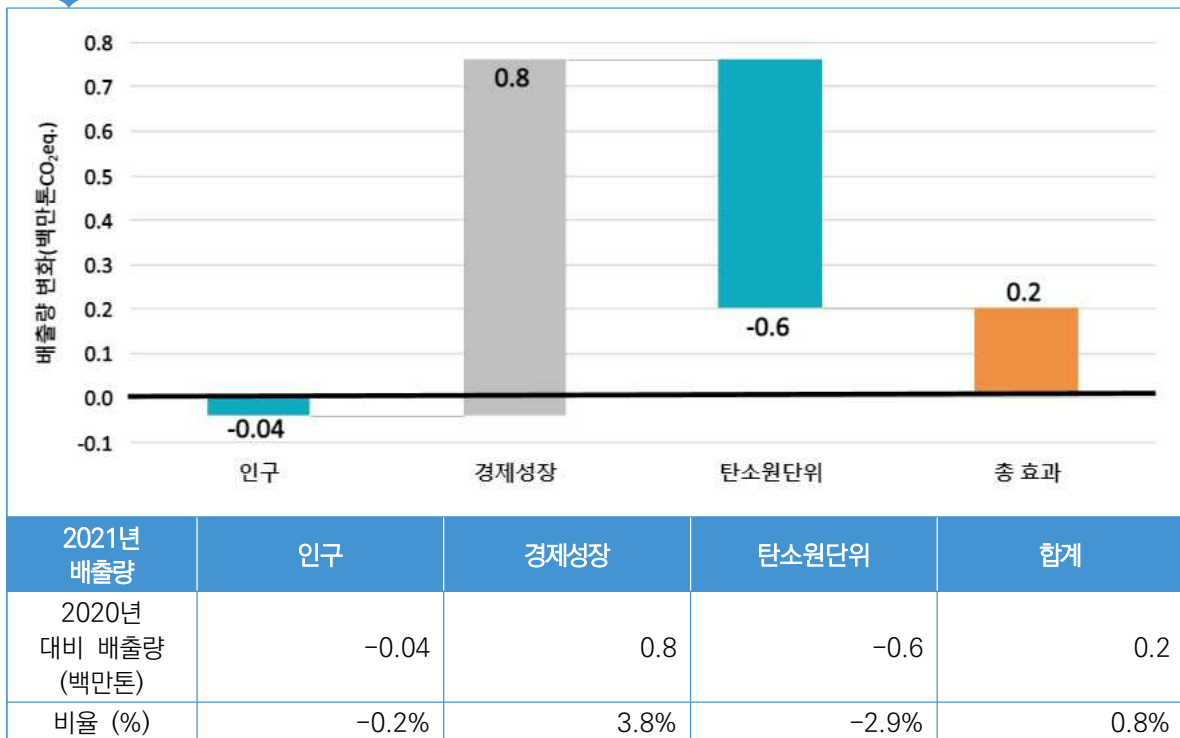


2021년 농축산 부문 배출량은 2018년 배출량 21.1백만톤 대비 소량 증가한 21.2백만톤이다. 온실가스 배출량 증가에 대한 요인분해분석 결과 인구 효과와 경제성장 효과는 배출량 증가 요인이고 탄소원단위는 감소요인으로 나타났다.

2021년 온실가스 배출량은 인구 효과로 2018년 배출량의 0.2%에 해당하는 0.04백만톤 증가하였고 경제성장 효과로 1.4%에 해당하는 0.3백만톤 증가하였다. 2018년 대비 2021년 농축산 부문 부가가치의 증가율은 1.6%이고 동 기간 국가 전체 GDP 증가율은 5.7%로 타 부문의 경제성장 효과와 비교하여 농축산 부문의 경제성장 효과는 제한적으로 나타났다. 탄소원단위 효과에 의한 배출량 감소는 0.3백만톤 으로 2018년 배출량의 1.2%에 해당하는 규모이다.

- 2020년 대비 요인분해분석 결과

참고 8.26. 농축산 부문 2020년 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과

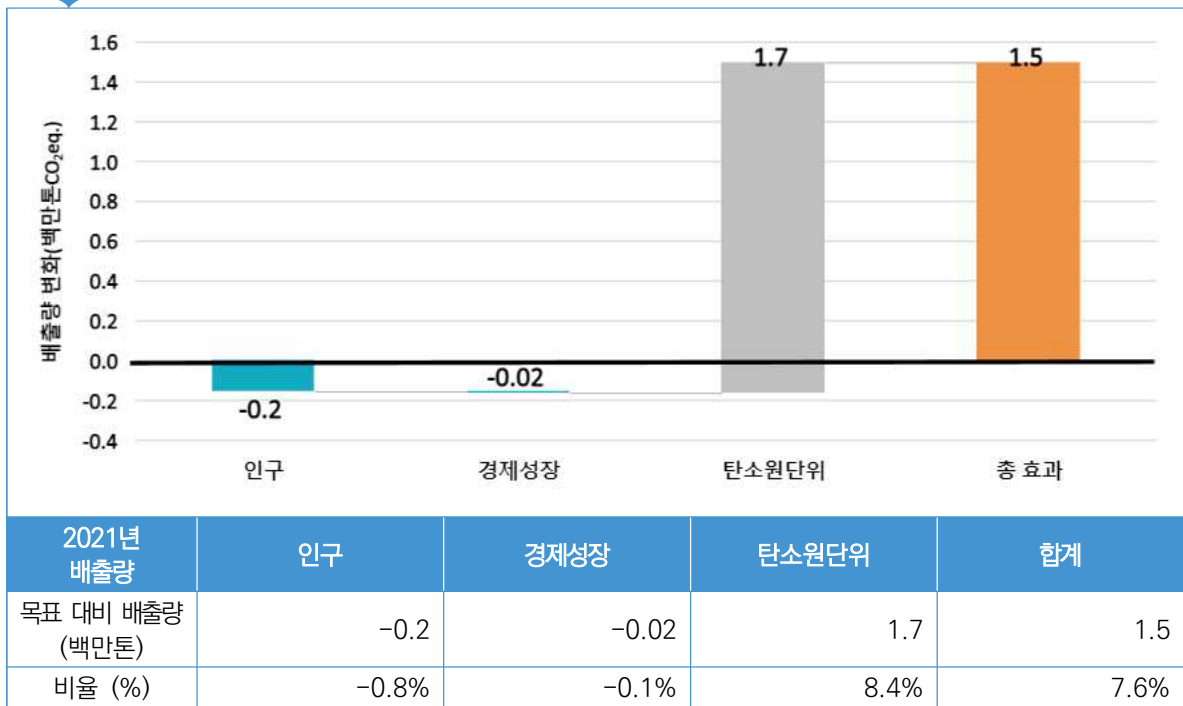


2021년 농축산 부문 배출량은 2020년 배출량 21.1백만톤대비 0.2백만톤 증가한 21.2백만톤이다. 온실가스 배출량 증가에 대한 요인분해분석 결과 인구 효과와 탄소원단위 효과는 배출량 감소요인이고 경제성장 효과는 증가요인으로 나타났다.

2021년 인구는 전년 대비 9.1만명 감소하였다. 이와 같은 인구 감소로 인하여 온실가스 배출량은 0.04백만톤 감소하였다. 그리고 탄소원단위 또한 2020년 0.61에서 2021년 0.60으로 감소하면서 탄소원단위 효과도 배출량 0.6백만톤 감소로 나타났다. 다만 농축산 부문 부가가치로 산정한 경제성장은 0.66에서 0.69로 상승하여 0.8백만톤의 온실가스 배출량 증가가 나타났다.

● 목표 대비 요인분해분석 결과

참고 8.27. 농축산 부문 감축목표 대비 배출량 실적 증감요인 분석 결과



2021년 농축산 부문 온실가스 배출량 실적은 21.2백만톤으로 목표 배출량인 19.7백만톤을 1.5백만톤 초과하였다. 목표 대비 요인분해분석 결과 인구 효과와 경제성장 효과는 배출량 감소요인으로 나타났고, 탄소원단위 효과는 배출량 증가 요인으로 나타났다.

인구 효과는 온실가스 배출량을 0.2백만톤, 경제성장 효과는 0.02백만톤 감소시켰다. 농축산부문 부가가치에 대한 농축산 부문 온실가스 배출량의 비율인 탄소원단위 효과는 2021년 배출량을 1.7백만톤 증가시켰고 이는 목표 배출량의 8.4%에 해당한다.

농축산부문 부가가치 전망 대비 실적의 부진은 동 부문의 탄소원단위를 악화시켰지만 경제성장 효과에 대한 영향은 제한적이었다. 농축산부문 부가가치가 전망에 미달하였지만 인구 또한 전망에 미달하여 경제성장 효과는 전망과 큰 차이 없이 나타났기 때문이다.

4. 종합

농축산 부문의 2021년 온실가스 잠정 배출량은 목표치인 19.7백만톤을 0.5백만톤 초과한 21.2백만톤이다. 농축산 부문의 이행지표는 정량지표 4가지와 정성지표 1가지로 구성되어 있다. 논물 알계대기와 저메탄사료 보급은 2025년 이후 시행되기 때문에 점검 대상에서 제외하였다. 논 중간물떼기 면적은 농림어업조사 공표 시기와 시차로 인하여 2021년 실적을 확인할 수 없어 2020년을 점검 대상으로 하였다. 2020년 중간물떼기는 목표를 달성하지 못하였다. 가축분뇨 자원순환 촉진지표의 공동자원화 시설과 양질조사료공급은 2021년 목표치를 달성하였다. 정성지표인 스마트 농업확대는 스마트팜 확산과 스마트 축사 확대에 구성되어 있다. 2021년 1차 지역인 김제와 상주의 스마트팜을 완공하고 2차 지역인 고흥, 밀양 공사를 추진하였다. 스마트 축사 확대 역시 2021년 1,280호를 보급하여 목표인 1,200호 보급을 초과 달성하였다.

2018년 대비 요인분해 분석 결과, 탄소원단위 효과로 인해 배출량이 감소했지만 인구효과와 경제성장 효과가 배출량을 증가시켜 총배출량이 0.1백만톤 증가하였다. 2020년 대비 요인분해 분석 결과, 인구 효과와 탄소원단위 효과로 인해 배출량이 감소했지만 경제성장 효과가 배출량을 증가시켜 총배출량이 0.2백만톤 증가하였다. 2021년 목표 대비 요인분해 분석 결과, 인구 효과와 경제성장 효과가 배출량을 소폭 감축시켰지만 탄소원단위 효과로 배출량이 크게 증가하여 총 배출량은 1.5백만톤 초과하였다.

농축산 부문 온실가스 배출원은 식량 생산과 밀접한 관련이 있어 일정 수준의 온실가스 배출은 불가피하다. 동 부문의 정책적 노력을 점검할 수 있는 3개의 이행 지표(양질조사료 보급, 공동자원화 시설 확충, 스마트농업 확대)는 모두 목표를 달성하였다. 하지만 지표의 성과가 온실가스 배출량 산정에는 반영되지 않는다. 농축산 부문에서는 이외에도 소 사육 방식 개선 시범사업 추진, 최소 경운 모내기 재배 등 온실가스 배출량 감축을 위한 정책적 노력을 기울이고 있다. 다만, 다수의 소규모 농가가 온실가스 배출원이라는 특성으로 인해 농가의 적극적인 참여 없이는 가시적인 정책 성과가 나타나기 어렵다. 농가의 참여 유인을 위하여 탄소감축 비용과 인센티브가 결합된 정책이 필요하다. 동 부문의 이행지표 중에서는 논 중간물떼기 비율은 온실가스 배출량 산정에 반영되는 유일한 정량 지표이다. 하지만, 중간물떼기가 어려운 농지에 대한 적용이 어려울 뿐 아니라 농업인들의 인식 부족으로 참여 확대에도 분명한 애로가 있다. 온실가스 감축 관련 기술 도입에 대한 농가의 불확실성을 해소하고 정책 참여를 확대하기 위하여 더욱 적극적이고 효과적인 교육과 홍보가 요구된다. 더욱이 NDC 상향안은 2030년 목표 배출량을 로드맵 수정안 대비 1.4백만톤 강화하였다. 한편, 우리나라의 곡물 자급률은 양곡연도 기준 2020년 20.2%에 불과하다.⁷⁴⁾ 농축산 부문

74) 농림축산식품부 (2022) 연도별 양곡자급률(~2020년 양곡연도까지)

의 온실가스 감축 정책으로 인하여 농가의 생산에 추가적인 부담이 발생한다면 식량 안보의 위기라는 또 다른 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 온실가스 감축 평가에 있어 농축산 부문의 특성과 현 상황을 함께 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 4위⁷⁵⁾를 차지할 정도로 산림의 비중이 높아 산림흡수원 활용에 비교적 유리하다. 2030 로드맵 수정안에서도 산림흡수원의 유지 및 증진정책 강화에 기반한 2030년 흡수량 목표(26.7백만톤)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

75) 산림청 (2016) *산림기본통계*

참고 8.28. 흡수원 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | |
|----------------------------------|--------------|--------------|-------|--------------|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| 산림 | | | | |
| ① 조림 면적(천 ha) | 23.4 /22 | 23.2 /23 | ● | 20.6 /24 |
| ② 숲가꾸기 추진 면적(천 ha) ¹⁾ | 186 /166 | 229 /217 | ● | 209 /228 |
| ③ 생활권 도시숲 조성 누적 면적(천 ha) | 48 /48 | 54 /48 | ● | 54.6 /50 |
| ④ 산림바이오매스(목재펠릿) 생산량(천톤) 등 기타 흡수원 | 243 /210 | 331 /267 | ● | 658 /500 |
| 기타 | | | | |
| ⑤ 바다숲 조성(천 ha) | 21.49 /21.49 | 24.26 /24.26 | ● | 26.64 /26.64 |
| ⑥ 갯벌식생(km ²) | - | - | - | - |
| ⑦ 해양보호구역 지정(km ²) | 1,780 /1,780 | 1,784 /1,784 | ● | 1,798 /1,798 |
| ⑧ 습지보호지역 면적(천 ha) | 12.9 /12.9 | 13.2 /13.2 | ● | 13.2 /13.2 |
| ⑨ 댐·하천 생태공간 면적(천 ha) | 0.25 /0.25 | 0.24 /0.24 | ● | 0.24 /0.24 |
| 정성지표 | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 |
| ⑩ 경제림단지 조성 여부 | - | ● | ● | ● |
| ⑪ 산림경영계획 수립면적 제고를 위한 지원 확대 | - | ● | ● | ● |
| ⑫ 국산목재 이용기반 조성 | - | ● | ● | ● |

1) 산림 기본법, 숲가꾸기 5개년 추진계획 기반

● 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. 그중 산림의 탄소흡수기능 유지·증진을 위한 정책을 추진한 결과, 2018년 기준 국내 산림의 온실가스 흡수량은 4,560만톤이었으며, 국가 배출량(7억 3천 만톤)의 6.3%를 상쇄하였다. NDC 상향안(국가 온실가스 감축목표, 2021.12)에서는 ‘산림 흡수원’을 확대하였고, 2030년 감축목표(291백만톤)의 약 9%인 25.5백만톤을 국내 산림에서 담당하게 된다. 그러나 2021년에 산림 부분은 목표의 절반만을 달성하였다. 산림 지

표 중 조림과 숲가꾸기 추진 사업 지표는 처음으로 목표를 달성하지 못했는데, 이는 사업 예산이 2020년 대비 각각 9.4%, 3.8% 삭감된 것이 원인인 것으로 보인다.

- 조림 면적

조림 면적이란 국가, 지자체, 산주 등이 다양한 목적으로 나무를 심은 면적이며, 산림청의 조림 사업은 경제림조성, 큰나무조림, 지역특화조림, 밀원수림조성, 미세먼지저감조림⁷⁶⁾, 산불피해복구조림, 내화수림대조성⁷⁷⁾ 등으로 구성되어 있다. 산림 조림의 경우는 봄과 가을에 나무심기 사업을 실시하는데, 2022년의 경우, 국유림에 경제수를 조성하는 등의 사업을 실시하였다. 조림 면적의 경우, 목표 대비실적이 2020년 0.8% 초과, 2021년에는 14.1% 미달로 전년 대비 큰 폭으로 감소하였다. 그러나 2019년 이래로 실적치가 지속적으로 감소하였고, 특히 2021년에는 전년대비 12.6%의 면적(2.6ha)이 감소하여, 결과적으로 산림청의 정량지표 중 유일하게 3년 평균 목표를 달성하지 못하였다.

- 숲가꾸기 추진 면적

2019년부터 제4단계 숲가꾸기 5개년 계획(2019~2023년)에 따라 진행 중이며, 2021년에는 계획 목표대비 56%를 달성하였다. 본 계획에서는 5년간 1,100천ha의 숲을 가꾸고, 이를 통해 2,402천톤의 탄소흡수가 가능할 것으로 기대하고 있다. 숲가꾸기 추진 면적 지표는 조림 면적 지표와 마찬가지로, 2021년 목표 대비 실적이 8.4% 미달되어 목표를 달성하지 못하였다. 숲가꾸기는 생육 기간별로 사업 시작일로부터 3~5년간 조림지 가꾸기(풀베기, 덩굴제거), 이후 5~15년간 어린나무 가꾸기, 그 이후부터는 큰나무 가꾸기로 구분된다. 2020년 대비실적으로 조림지 가꾸기(풀베기, 덩굴제거)는 4.1% 감소한 136천ha, 어린나무 가꾸기는 1.4% 증가한 16.8천ha, 큰나무 가꾸기(경제림·공익림 가꾸기)는 20% 감소한 56천ha를 기록하였다.

- 생활권 도시숲 조성 누적 면적

도시숲 조성 사업은 산림자원법과 도시공원법에 따라 운영 중이며, 그중 생활권은 자연학습교육을 위한 학교숲, 마을숲, 그리고 경관숲을 의미한다. 2018년, 2019년 2년간 100%의 실적으로 목표를 달성해왔으나, 2020년에는 6천ha를 확대하여 목표 대비실적을 12.5% 초과 달성하였다. 2021년에는 전년 대비 10%의 면적(6백ha)의 실적을 보이며, 다소 부진한 성장세를 보였다. 산림청은 도시숲 조성의 활성화를 위해 2022년 학교숲과 도시숲 우수 사업지를 선정하는 등 다양한 지역의 우수사례를 발표하였다.

76) 2019년 도입.

77) 2021년 도입.

- 산림바이오매스(목재펠릿) 생산량 등 기타 흡수원

목재펠릿이란 숲가꾸기 산물 등을 파쇄·건조·압축하여 만든 목재연료이다. 이는 유연탄 대비 대기오염물질 발생량이 1/20 수준⁷⁸⁾이며, IPCC 가이드라인에 따라 탄소중립 연료임을 인정하여, 화석연료 대체에너지로 권고하는 생산품이다. 목재펠릿 생산량 지표는 산림 부분의 정량지표 중 가장 높은 달성률을 보이고 있다. 2018년 87%의 초과 달성률을 시작으로, 목표치를 2019년 15.7%, 2020년 23.9%, 그리고 2021년에 31.6%를 초과 달성하였다. 2019년에 증가세가 급감하였지만, 다시 꾸준한 성장세를 보이고 있으며, 전년 대비 생산량이 331천톤에서 658천톤으로 50.3% 증가하며 활발한 움직임을 나타내었다.

산림은 국내 온실가스 감축을 위한 핵심 탄소흡수원이므로, 산림청은 이행지표 달성을 위한 예산 확대를 위하여 적극적으로 대응할 예정이다. 산림녹화운동(1973년) 시작 이후 50년이 지난 현재 시점의 새로운 문제 상황에 대응하기 위하여 2022년 '산림 르네상스' 추진 전략을 수립⁷⁹⁾하였으며, 2022년 11월 개최된 유엔기후변화협약 당사국 총회(UNFCCC COP27)에서는 산림탄소상쇄제도와 VCS⁸⁰⁾를 연계하기 위하여 기업과 기술지원 및 정보제공 상호협약을 체결했다. VCS는 '21년 20기준 탄소 크레딧 발행량이 가장 활발하게 발급·거래되는 크레딧으로, 이중 산림과 농업 등 토지 이용 부문은 전체 발행량의 45%로 가장 큰 비중을 차지한다. 이번 협약을 통하여 연계가 이루어지면 국내 자발적 탄소시장의 활성화에도 기여할 것으로 기대된다.⁸¹⁾

- 바다숲 조성

바다숲의 의미는 일반적인 의미와 과학적(수산학적) 의미로 나눌 수 있는데, 먼저 일반적인 의미는 바다 밑의 큰 바닷말(다시마 등 해조류)이나 해초류(잘피 등 종자식물류)가 무리지어 살고 있는 해역을 일컫는다. 과학적(수산학적) 의미로는 바닷속의 대형 엽상해조류 또는 해초류 군락지로 태양에너지, 이산화탄소, 물을 이용한 유기물을 생산하여 그 산물을 어패류에 공급하는 등 바다 생태계의 근간을 형성하는 것을 의미한다.⁸²⁾ 2021년 신규 바다숲 17개소(2,386ha) 조성으로 누적조성면적 26,644ha를 확보하여 연간 이산화탄소 약 9만톤 저감에 기여하였으며, 2022년에는 17개소(2,536ha)의 신규 사업지를 선정하여 추진하고 있다. 바다숲 조성 지표의 경우, 매년 2천ha 이상 조성하며 꾸준히 목표를 달성하였

78) 환경부 「대기환경보전법」에 따른 대기오염물질 배출계수에 따름.

79) "숲으로 잘 사는 '산림 르네상스' 시대 연다.", <산림신문>, 2022. 11. 08.

80) Verified Carbon Standard. 국가, 기업 등의 온실가스 감축 및 흡수 실적을 모니터링·검증하여 크레딧을 발행, 자발적 시장에서 거래하는 제도로 자발적 시장의 '21년 거래량(352백만tCO₂) 중 약 40%(135백만tCO₂)를 VCS가 담당하고 있음.

81) "산림탄소상쇄제도, 해외 자발적 탄소시장 연계를 위한 첫걸음", <산림신문>, 2022. 11. 14.

82) 해양수산부 홈페이지(<https://www.mof.go.kr/>)

다. 조성 면적은 각 전년 대비 2019년 17%, 2020년 12.8% 등 10% 이상의 실적치 증가세를 보였으나 2021년 9.8%로 성장폭이 다소 감소하였다.

• 갯벌식생

‘블루카본 정보시스템 구축 및 평가관리기술 개발연구(2017~2021)’에 따르면, 염생식물 군락 복원시 갯벌의 탄소흡수력⁸³⁾은 식생 복원이전 대비 약 70% 정도 향상되는 것으로 알려졌다. 해수부는 해양부문 탄소흡수원 확충을 위하여 현재 갯벌식생 복원사업을 2022년 신규사업으로 추진하고 있다. 2024년부터 조성목표를 반영할 계획이었으나 사업기간을 감안하여 2025년부터 반영할 것으로 조정되었다. 식생복원은 사업대상지 1개소당 5km², 매년 15~25km², 2030년까지 105km², 2050년에는 660km²을 목표로 추진할 계획이다. 현재는 공모를 통하여 사업대상지로 전남 신안군 북부권역, 제주 서귀포시 성산읍, 충남 태안군 근소만, 충남 서산시 가로림만 등 총 4개소를 신규 선정하였으며, 앞으로 5년간 매년 4곳씩 사업대상지를 추가로 선정할 계획이다.

참고 8.29. 갯벌식생 복원사업

| | |
|--------------|---|
| 총 사업비 | 300억원(2~3개소) / 국비 70% 지원 |
| 사업기간 | 2022~2025년(약 3~4개년) |
| 사업내용 | 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 |

사업효과

출처: 해수부

• 해양보호구역 지정

83) 1km²당 비식생 갯벌은 연간 약 198톤, 염습지(식생 갯벌)는 약 334톤의 이산화탄소를 흡수함.

해양생태계 및 해양경관 등을 특별히 보전할 가치가 있어 국가 또는 지자체가 특정 공유수면에 대해 지정·관리하는 구역을 해양보호구역이라고 정의한다. 우리나라는 현재 「해양생태계의 보전 및 관리에 관한 법률」에 의한 해양생물보호구역, 해양생태계보호구역, 해양경관보호구역과 「습지보전법」에 의한 습지보호지역 중 갯벌을 해양보호구역으로 관리하고 있다. 해양보호구역 지정 관리사업은 2003년부터 시행하여 매년 지속적인 확대를 추진 중이며, 2020년까지 해양보호구역 30개소(1,784km²)를 지정하였다. 2021년에는 1개소를 추가 지정하여 총 31개소의 해양보호구역을 지정할 계획이었으나, 화성 매항리 갯벌 습지보호지역(14.08km²) 외에 포항 호미곶 주변해역(0.25km²)까지 신규로 지정하여 총 32개소의 해양보호구역이 지정되었다. 중장기적으로는 2030년까지 효과적인 지역기반 보전조치(OECM)를 포함한 해양보호구역 지정 면적 17,201km² 달성 목표로 하고 있다.

• 습지보호지역 면적

환경부는 「습지보전법」 제8조에 따라 습지보호지역의 생태계 보전과 체계적 관리를 위해 습지보호지역 확대 및 보호지역 내 사유지 매입, 훼손지 복원사업을 추진하고 있다. 1999년부터 생태계가 우수한 습지를 습지보호지역으로 신규 지정하여 탄소흡수원을 확대하고, 연차별 확대에 따라 훼손지 복원사업으로 흡수량을 개선하였다. 2020년에는 광주광역시 장록, 철원군 용양보를 습지보호지역으로 신규 지정하였으며, 문경돌리네 습지 등 6개 보호지역의 훼손지 92.5km²를 복원하였다. 2021년에는 신규 1곳으로 충주시 비내섬을 지정하고, 순천 동천하구 등 4개 보호지역의 훼손지 26.9km²를 복원하였다. '22년에는 고성 마동호의 신규 습지보호지역 지정, 기존 보호지역의 면적 확대, 칠십습지 등 7개 보호지역 훼손지 복원을 목표로 하고 있다. 중장기 계획으로는 매년 일정 면적 이상 습지보호지역을 지정하고, 확대된 보호지역에 대해 훼손지 복원사업을 추진하고자 한다.

• 댐·하천 생태공간 면적 및 댐 부유물 활용 Biochar 생산량

댐 생태공간 면적은 댐 저수 구역을 탄소흡수 기능이 강화된 생태공간으로 조성한 면적을 의미한다. 관련 사업은 크게 두 가지로, 댐 유역의 특성을 고려한 댐 유역 생태계 복원사업과 댐 유역 홍수터 수변생태벨트를 조성 사업이며, 두 사업에서 조성된 생태공간은 더 강화된 탄소흡수원으로써 활용할 수 있다. 환경부 댐 37개소를 대상으로 2021년부터 2025년까지 총 5년간 진행되며, 2021년에 복원 시범사업 대상으로 임하댐을 선정하여 실시설계를 완료하였고, 댐 저수구역 생태계 복원 기본계획을 위한 기본구상까지 완료하였다. 2022년, 사업전략 수립과 중장기계획 구상을 마무리하여 기본계획안을 확정하였으며, 당해 10월 착공할 예정이다.

하천 생태공간 면적은 하천 수변구역에 탄소흡수가 가능한 생태구역을 조성한 면적을 의

미하며, 하천 인접지역 매수토지에 지역 특성에 맞는 수변생태벨트 조성을 통해 수변공간 생태를 복원하고 흡수원을 조성하는 것을 목표로 한다. 현재 수변생태벨트 시행계획은 4대강 수변유역을 중심⁸⁴⁾으로 사업이 진행 중이며, 수변녹지 조성사업과 수변생태벨트 조성사업으로 나누어 시행한다. 2021년 총 2.4km²를 조성하였고, 2022년 1년간 4대강 매수토지 녹지 조성을 총 2.15km² 면적 목표로 하여 진행 중이다. 중장기계획으로는 수변생태벨트시행계획을 5년 단위로 추진전략 수립 및 예산 반영으로 사업 실행을 구체화하고자 한다.

하천 생태공간 면적 확대를 위한 세부 계획으로 '새만금 환경생태용지 추진계획'을 관련 특별법과 계획⁸⁵⁾에 따라 단계별(1~4단계)로 진행 중이다. 2021년 1단계 사업 준공승인, 2-1단계 사업 예비타당성 통과하였으며, 2022년 기재부 총사업비 정산, 운영매뉴얼 수립, 출입 기자단 팸투어, 환경의 날 기념 반려식물 나눠주기 행사 등을 개최하였고, 당해 6월, 1단계 계획이 완료되어 부지 내 100만본의 초화류와 12만주 가량의 수목을 식재한 새만금 환경생태단지를 전면개장하였다. 현재 2단계 계획을 추진 중이며 본격적으로 생태단지 조성을 위한 구역별 내부개발이 진행될 예정이다. 중장기계획으로 2050년까지 7,807.8천tCO₂⁸⁶⁾의 탄소흡수를 목표로 총 1조 1,511억원을 투자하여 새만금의 자연형성을 유도하고, 생태적인 수질정화와 창출적인 생태복원, 더불어 생태체험 및 환경교육 기능에 역점을 두고 단계별로 조성할 계획이다.

댐부유물을 활용한 바이오매스 등 신규 흡수원의 생산을 위한 예산 반영 및 사업화도 진행 예정이다. 바이오차(Biochar)란, 바이오매스(Biomass)와 숯(Charcoal)의 합성어로 바이오매스를 산소 없이 열분해 하여 만든 숯 형태의 유기물이다. 댐부유물은 댐 상류 유역에서 버려진 생활쓰레기와 자연발생적인 초목류가 홍수기 집중강우와 함께 유입되는 경우가 대부분이며, 이를 최단시간 내에 수거하여 선별을 통해 화목지원이나 Biochar로 재활용한다.⁸⁷⁾ 댐부유물을 활용한 Biochar의 경우, 간접적인 온실가스의 흡수원으로써 토양 미생물에 의해 쉽게 분해되지 않기 때문에 향후 토양의 탄소고정을 돕는다. 우리나라는 과거 10년간(2012~2021) 연평균 58천m³ 발생한 댐부유물을 재활용하여 Biochar를 매년 1.77천톤 생산하였고, 이를 흡수원으로 활용하고 있다.

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.⁸⁸⁾ 따라서 이러한 특성을 가진 Biochar는 추가된 Biochar의 총

84) 한강수계, 영산강·섬진강수계, 낙동강수계로 나누어 시행하며, 각 하천수계의 수변구역 관리 기본계획에 따름.

85) 「새만금사업 추진 및 지원에 관한 특별법」제9조, 「새만금 종합개발계획(MP)」(2011년 3월) 및 「새만금 환경생태용지 개발기본계획」(2012년 12월)

86) IPCC 가이드라인(2013) 탄소흡수원 계수(0(0.91 tC/ha·yr) 적용
= [0.91tC/ha·yr × 100ha/km² × (44/12)tCO₂/tC = 333.667 tCO₂/km²·yr] × 0.78km² × 30년

87) 댐 부유물 관리 현황('12~'21), K-water

88) 이소영 국회의원, 환경부 공동주최 (2021) 2050 탄소중립 실현을 위한 자연기반해법 포럼

량이 광물성 토양의 변화에 영향을 미친 기여도를 추정하는 하향식 방법으로 온실가스 흡수량을 계산하거나 기존에 연구된 논문자료를 적용하여 흡수량을 계산해야 한다.

| 참고 8.30. 새만금 환경생태용지 사업계획 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|--|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----|------|------|------|------|------|
| 총 사업비 | 1조 1,511억원(~2050년) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 추진 배경 | 새만금의 수질개선과 야생동식물의 서식공간 조성을 위하여 환경생태용지 조성사업 추진 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 면적별 현황 | <table border="1"> <tr> <th>농생명</th> <th>환경생태용지*</th> <th>배후도시</th> <th>산업연구</th> <th>복합개발</th> <th>관광레저</th> </tr> <tr> <td>103.6km²</td> <td>49.8km²</td> <td>19.3km²</td> <td>47.8km²</td> <td>32.9km²</td> <td>37.6km²</td> </tr> </table> | 농생명 | 환경생태용지* | 배후도시 | 산업연구 | 복합개발 | 관광레저 | 103.6km ² | 49.8km ² | 19.3km ² | 47.8km ² | 32.9km ² | 37.6km ² | | | | | | |
| | 농생명 | 환경생태용지* | 배후도시 | 산업연구 | 복합개발 | 관광레저 | | | | | | | | | | | | | |
| 103.6km ² | 49.8km ² | 19.3km ² | 47.8km ² | 32.9km ² | 37.6km ² | | | | | | | | | | | | | | |
| *새만금 전체 용지 면적(전체 291km ² 중 17.1% 차지) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 단계별 사업계획 ('21.2) | <table border="1"> <tr> <th>구분</th> <th>계</th> <th>1단계</th> <th>2단계*</th> <th>3단계</th> <th>4단계</th> </tr> <tr> <td>면적(km)</td> <td>49.8</td> <td>0.8</td> <td>42.6</td> <td>0.2</td> <td>6.2</td> </tr> <tr> <td>기간</td> <td>~50년</td> <td>~20년</td> <td>~30년</td> <td>~40년</td> <td>~50년</td> </tr> </table> | 구분 | 계 | 1단계 | 2단계* | 3단계 | 4단계 | 면적(km) | 49.8 | 0.8 | 42.6 | 0.2 | 6.2 | 기간 | ~50년 | ~20년 | ~30년 | ~40년 | ~50년 |
| | 구분 | 계 | 1단계 | 2단계* | 3단계 | 4단계 | | | | | | | | | | | | | |
| 면적(km) | 49.8 | 0.8 | 42.6 | 0.2 | 6.2 | | | | | | | | | | | | | | |
| 기간 | ~50년 | ~20년 | ~30년 | ~40년 | ~50년 | | | | | | | | | | | | | | |
| **2단계 : 8.3km ² 외 지역은 비매립지(자연형성 유도 개방수역) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 추진경과 | <table border="1"> <tr> <td>1단계 사업 준공승인</td> <td>기재부 총사업비 정산</td> <td>운영매뉴얼 수립</td> <td>출입 기자단 팸투어</td> <td>환경의 날 기념 반려식물 나눠주기 행사</td> <td>새만금 환경생태용지 1단계 전면 개장</td> </tr> <tr> <td>'21.8월</td> <td>'22.1월</td> <td>'22.4월</td> <td>'22.5월</td> <td>'22.6월</td> <td>'22.6월</td> </tr> </table> | 1단계 사업 준공승인 | 기재부 총사업비 정산 | 운영매뉴얼 수립 | 출입 기자단 팸투어 | 환경의 날 기념 반려식물 나눠주기 행사 | 새만금 환경생태용지 1단계 전면 개장 | '21.8월 | '22.1월 | '22.4월 | '22.5월 | '22.6월 | '22.6월 | | | | | | |
| | 1단계 사업 준공승인 | 기재부 총사업비 정산 | 운영매뉴얼 수립 | 출입 기자단 팸투어 | 환경의 날 기념 반려식물 나눠주기 행사 | 새만금 환경생태용지 1단계 전면 개장 | | | | | | | | | | | | | |
| '21.8월 | '22.1월 | '22.4월 | '22.5월 | '22.6월 | '22.6월 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 참고 8.31. 새만금환경생태단지(2단계) | |
|-------------------------|---|
| 목적 | 대단위 염생식물 군락지, 다양한 철새서식공간 조성 등 새만금 고유의 생태경관 창출 |
| 주소 | 부안군 변산면 대항리 일원 (새만금호 관광레저권역 내) |
| 기간 | 2022년 ~ 2029년 (설계2년 포함) |
| 면적 | 3.57km ² (108만평) ※ 환경생태용지 단일 최대 규모(1단계 면적의 4.6배) |
| 총 사업비 | 2,860억원 |
| 계획 내용 | 1~3권역내 매립 사업 (맑은물 습지, 새만금 생태환경원, 새들의 낙원, 염생식물천이지, 새만금 물환경연구원 및 새만금 EEID체험원, 대자원 체험지역 등) 추진 |
| | |

참고 8.32. 흡수원 부문 정량지표 달성도 평가

| 구 분 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| 산림 | | | | | | |
| ① 조림 면적(천 ha) | 23.4 | 22 | 23.2 | 23 | 20.6 | 24 |
| ② 숲가꾸기 추진 면적(천 ha) | 186 | 166 | 229 | 217 | 209 | 228 |
| ③ 생활권 도시숲 조성 누적 면적(천 ha) | 48 | 48 | 54 | 48 | 54.6 | 50 |
| ④ 산림바이오매스(목재펠릿) 생산량(천톤) 등 기타 흡수원 | 187 | 100 | 243 | 210 | 658 | 500 |
| 기타 | | | | | | |
| ⑤ 바다숲 조성(천 ha) | 18.36 | 18.36 | 21.49 | 21.49 | 26.64 | 26.64 |
| ⑥ 갯벌식생(km ²) | - | - | - | - | - | - |
| ⑦ 해양보호구역 지정(km ²) | 1,777 | 1,777 | 1,780 | 1,780 | 1,798 | 1,798 |
| ⑧ 습지보호지역 면적(천 ha) | 12.2 | 12.2 | 12.9 | 12.9 | 13.3 | 13.2 |
| ⑨ 댐·하천 생태공간 면적(천 ha) | 0.24 | 0.24 | 0.25 | 0.25 | 0.24 | 0.24 |

● 정성지표

2030 NDC 상향안 흡수원 부문의 온실가스 감축 목표 달성 방안은 산림·임업 부문의 산림경영의 지속가능성 증진, 숲가꾸기, 목재활용, 산림보전·복원, 도시숲 가꾸기 등의 활동들과 해양 등 기타 부문의 연안 및 내륙습지 신규조성, 바다숲 조성, 하천 수변구역 및 댐 홍수터 활용 식생복원, 도시녹지 조성 등의 활동들로 구성되었다. 또한 2030년 감축목표(291백만톤)의 약 9%인 25.5백만tCO₂eq를 국내 산림에서 담당하여 산림의 지속가능성 증진, 숲가꾸기, 목재 활용, 산림 보전·복원 등 '산림흡수원' 활용의 확대를 통해 달성하고자 한다.

• 경제림단지 조성 여부

산림청은 목재의 안정적 수급과 우량목재 증식을 위한 경제림육성 단지를 지정하고 운영하고 있다. 경제림육성 단지 지정 초기에는 경영 여건이 우수한 집단화된 산림 450개 단지 292만ha(국유림 58만ha, 민유림 234만ha)를 경제림육성단지로 신규 지정하였다. 2016년에는 시업불가 지역을 제척하고 실제 경영 가능지역을 추가하는 등 387개 단지, 234만ha로 경제림육성단지를 재편했다. 2021년에는 이를 경영 여건, 임상(인공림분포) 등이 상대적으로 우수한 중점관리구역과 일반구역으로 재편하는 계획을 수립하였고 계획한 대로 경영제한 임지를 제외한 경영 여건이 우수한 구역으로 재편 용역을 완료하였다. 2022년에는 용역 결과물에 대한 검토 및 재편을 확정하였으며 이를 통해 387개 단지 234만ha에서 394단지

203만ha로, 단지 수는 증가하나 구역은 축소하는 방안을 추진 중이다. 최근 코로나-19로 인한 공장가동률 저하, 북미의 목재 수요 급증, 선박 부족, 선박 운송료 상승, 러-우 전쟁으로 인한 목재공급 부족 등으로 인하여 국제 목재 가격이 급등하였다. 국내산 수요가 증가하고 있는 가운데 정부의 탄소감축 정책에 따라 민간 발전사가 가격이 상대적으로 저렴한 목재칩 이용을 늘리면서 합판보드와 펠릿 등 산림바이오매스 업계들은 목재원료난을 겪고 있다. 실질적인 목재 공급량 확대와 발전용 목재펠릿에 특화된 전문 생산단지 확대 조성 등을 통한 목재산업 경쟁력을 강화하고 목재자급률을 제고하는 등 안정적인 목재 수급이 필요하다.

이를 위해 중장기적으로는 2035년에 18.5m/ha의 임도 확충을 목표로 하고 있고⁸⁹⁾, 산림경영기반시설 구축을 통한 경제림육성단지 사업에 집중하는 등 재정투자의 효율성을 증대시킬 전망이다. 또한, 집약경영을 위한 면적의 최적화 및 집중투자로 목재생산과 단기소득 임산물의 복합육성으로 지역산업화를 추진할 계획이다.

- 산림경영계획 수립면적 제고를 위한 지원 확대

산림청은 산림경영계획 수립 시에 계획적인 산림경영을 가능하게 하고, 궁극적으로는 산림의 탄소흡수원으로서의 기능을 강화하기 위한 노력으로 세제·보조금 등과 연계한 지원제도의 확대를 추진하고 있으며 이를 위해 자경산지 양도소득세 감면조항⁹⁰⁾을 신설하였다.

산림청은 2021년 조세감면 건의·평가서를 제출하는 것을 계획으로 수립하였고, 이를 위해 산림·임업분야의 세제개선을 위한 간담회를 개최하여 조세지출에 대한 개선사항을 기획재정부와 행정안전부에 건의하고 5건의 국세(양도소득세)·지방세(증여세)의 일몰 기간을 연장하였다. 2022년에는 양도소득세, 증여세 감면확대 건의서 및 일몰 연장 평가서를 제출을 목표로 진행 중이다.

중장기계획으로는 산림·임업 종사자 및 단체에 대한 체계적인 수요조사 및 간담회를 실시하고 산림경영계획 수립 시 받을 수 있는 혜택에 대한 홍보 강화를 통해 임업인 육성 및 산림경영 활성화를 도모할 예정이다.

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

90) 조세특례제한법 제69조의4

참고 8.33. 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

산림청은 1970년대 산림녹화기 이후 본격적인 목재생산시기의 도래로 목재 특화 거리 및 공공건축물의 목조건축 신축 등을 통하여 지역생산 목재의 생산·가공·이용의 순차적인 시스템 도입 필요성을 반영하였다. 지역생산 목재를 이용해 목재특화거리를 조성하고, 목조주택, 생활SOC 목조건축 등을 통한 지역 일자리 창출과 친환경 목재 도시 조성 및 목조건축 확대 등을 지원하였다. 국산 목재 이용 기반 조성을 목표로 목재도시 모델 개발 및 시범사업, 목조건축전문서비스 지원, 목조건축의 설계·시공 DB 구축, 건축자재의 표준화 및 표준 품셈 마련 등을 추진해왔다.

2021년 계획을 통해 목조건축 진입장벽 완화 등 공공분야 국산목재 수요 견인, 국산목재의 고부가가치 이용을 위한 가공체계 정비 및 국민인식 전환을 목표로 두었고 이를 위해 목재친화도시 조성 유형 정립 및 국내 여건에 적합한 목재이용 세부사업 발굴 등에 대한 목재친화도시 지자체 대상 수요조사(26개소)를 실시하고 중장기 마스터플랜을 수립하였으며 국산 목재 활용 촉진사업(2개소)을 추진하여 공공 목재 수요를 확보하였다. 또한 목재산업단지(2개소), 목재산업시설 현대화(13개소)를 통해 가공시설에 고도화를 추진했고 목조건축서비스 자문단을 운영하고 ‘공공 목조건축 설계·시공·감리·유지관리 매뉴얼’을 배포하고 공공 목조건축 우수사례(6개소) 선정으로 목조건축 조성을 지원하였다. 그 외의 학교 탄소중립실현을 위한 업무협약 체결(교육부, 산림청 등)을 통해 학교 교실 실내목질화 (4개소)를 추진했고 복지시설 실내나눔숲(30개소)을 조성했으며 I LOVE WOOD 캠페인과 목재체험교실(22개교)을 운영하고 나무사랑 그림그리기 대회 및 한목디자인 공모전 등 목재 이용 국민인식 증진을 추진하였다.

2022년에는 공공건축물 내 목재이용 선도사업 추진 확대로 국산 목재 수요 확보 및 국산 목재제품 이용에 대한 인센티브 기반 마련을 목표로 목재친화도시 지정(5개소), 국산 목재

목조건축 실연사업(2개소) 추진, 목조 전망대(1개소) 건축, 국산목재 활용 촉진사업(5개소)을 시행하여 공공목재 수요를 확대하고 목재산업단지 지정(2개소), 목재산업시설의 현대화(12개소)를 통한 가공시설 고도화를 추진할 예정이며 '공공 목조건축 우수사례집'을 배포하고 목조건축서비스 자문단 제 2기 위원을 위촉하고 운영 규정을 마련하여 공공 목조건축에 대한 진입장벽을 완화하였다. 또한, 어린이 이용시설 목조화(20개소), 복지시설 실내나눔숲 조성(41개소), 1차 목재정보서비스 구축 및 국산목재 한목 브랜드화 사업을 추진할 계획이며 I LOVE WOOD 캠페인, 학교 목재체험교실 운영(34개교), 목재제품 탄소저장량 표시제도 개선 등 목재이용이 탄소중립이라는 국민인식 증진 강화 활동들을 시행하고 있다.

중장기계획으로는 목재친화도시를 조성하고 목재이용에 대한 국민인식을 증진하며 국산목재 유통체계의 선진화 등 2021년부터 2024년까지 총 사업비 599억원을 투자할 예정이다.

국산목재의 이용 확대는 탄소저장량을 증진하기 위한 수단이므로 초기에는 국산목재 이용 기반 조성으로 출발하지만 추후 국산 목재 이용실적 등으로 지표의 구체화가 필요하다. 현재 관련 사업이 점진적으로 진행중이므로 이에 대한 정량적 평가가 가능하도록 지표를 수치화하면 체계적 관리가 가능할 것이다.

3. 요인분해 분석

흡수원 부문의 경우, 앞서 흡수원 부문 목표지표 분석에서 설명한 바와 같이 목표 대비 실적 배출량 비교분석이 불가능하므로, 요인분해 분석이 불가능하다.

4. 종합

흡수원 부문 중 산림 부문의 경우, 주요 감축 수단들의 대부분이 100% 이상 달성된 것으로 확인되었다. 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(덤, 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 숲가꾸

기 추진 면적을 기준으로 이행지표 달성여부를 평가하고 있다. 국제적으로 흡수량을 인정 받을 수 있는 산림면적은 산림경영이 이루어지고 있는 면적에 해당하는 바, 이에 맞는 정량 지표를 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.

CCUS

1. 목표지표 분석

2030 로드맵 수정안은 CCUS 기술개발 및 상용화를 통한 2030년 감축잠재량(10.3백만 톤)만을 제시하며, 연도별 감축량을 제시하고 있지 않다. 또한 CCUS 부문의 잠정 배출량 및 흡수량의 산정방안도 마련되지 않은 상황이다. 따라서 2021년 CCUS에 대한 목표지표 분석은 수행하지 않는다.

2. 이행지표 분석

참고 8.34. CCUS 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 정량지표 | | | | |
|-------------------|----------|----------|-------|--------|
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 실적 /목표 | 실적 /목표 | 달성 여부 | 실적 /목표 |
| ① CO2 포집 후 저장(톤) | 100 /100 | 100 /100 | - | - /100 |
| 정성지표 | | | | |
| 이행지표 | 2019년 | 2020년 | 2021년 | |
| | 달성 여부 | 달성 여부 | 달성 여부 | |
| ② CCUS 기술혁신 기반 구축 | ● | ● | ● | |

● 100% 이상 달성 ● 80% 이상 달성 ● 80% 미만 달성

CCUS는 국조실 총괄 하에 과기정통부(CCUS 원천기술 개발 및 실증기술 확보), 산업부(CCS 원천기술 개발 및 실증기술 확보·활용), 해수부(CO2 해양저장소 탐사 및 해양 환경 안정성 관리체계 구축), 환경부(환경기술 및 제도 개선) 등 관계부처가 역할 분담 및 협력을 통해 감축 주요과제들을 수행하고 있다. 기술 개발의 경우 CCS는 산업부, CCU는 과기정통부를 중심으로 추진 중이다. 2030년까지 CCS는 발전(LNG 포함, 대규모) 혹은 산업용 중소규모 포집플랜트를 대상으로 단계적으로 실증을 거쳐 온실가스 4백만톤 CO₂eq.을 감축하고, CCU는 포집된 CO₂를 활용하여 CO, 메탄올, 초산, 포름산, 시멘트, 탄산칼슘 등의 생산을 통해 온실가스 6.3백만톤 CO₂eq.을 감축하는 것을 목표로 하고 있다.

현재 '30년 NDC에는 CCUS를 활용한 감축목표가 제시되어 있으나, 배출부문이 특정화되어 있지 않아 현황파악이 불가하다. IPCC 2006 가이드라인을 본격적으로 적용하게 되면 CCS를 통한 감축량은 반영할 수 있으나, CCU 기술로 인한 온실가스 감축효과를 객관적

으로 산정 및 인증할 수 있는 산정방법론이 여전히 명확하지 않다. 그러므로 해외 다른 국가와의 협력을 통해 국제적으로 통용될 수 있는 CCU 효과 산출방법론을 확립하는 것이 급선무일 것이다.

● 정량지표

정량지표로 제시된 CO₂ 포집 저장량의 경우, 2019년 2020년은 목표와 실적 모두 누적 100톤 규모이며, 2021년의 목표는 100톤으로 동일하나 실적자료의 부재로 인해 평가에서 제외되었다. 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 확보했으며, 전 세계에서는 3번째로 해상 CO₂ 주입공 시추 및 주입시스템을 완공하고 중소규모 해상 CO₂ 지중저장 실증으로 100톤 CO₂ 저장 실증을 완료하였다.

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

참고 8.35. CCUS 부문 이행지표 분석 결과 요약

| 이행지표 | 2019년 | | 2020년 | | 2021년 | |
|------------------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 | 실적 | 목표 |
| ① CO ₂ 포집 후 저장(톤) | 100 | 100 | 100 | 100 | - | 100 |

● 정성지표

CCUS 기술개발 및 상용화는 범정부 차원에서 추진되고 있으며 복수의 부문에 영향을 주기 때문에 국가 단위의 별도 온실가스 감축 부문으로 인식하는 것이 타당하다. 따라서 2030 로드맵 수정안은 CCUS 기술개발 및 상용화를 별도의 부문으로 설정하고, 이를 통한 감축잠재량을 국가 전체 배출량 차원으로 반영하고 있다.

그간 CCUS 관련 정부 계획으로 기후변화대응 기술 확보로드맵(Climature Technology Roadmap, CTR)⁹¹⁾과 탄소자원화 발전전략⁹²⁾이 발표되었다. CTR은 주요 내용 중의 하나로 CCS를 포함하며 부생가스 전환, CO₂ 전환, CO₂ 광물화등 탄소자원화의 3가지 기술에

91) 미래창조과학부 (2016) 기후변화대응기술 확보 로드맵(CTR)(안), 국가과학기술심의회 운영위원회 보고 사항

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

대한 상세한 분석을 제시하였다. 그러나 CTR은 기술확보 로드맵으로 R&D 관점에서의 분석 내용을 중심으로 기술되었으며, 연차별 정량 목표 부재로 인해 이행지표화에는 한계가 있다.

반면 탄소자원화 발전전략은 탄소전환 플러그십 실증과 탄소광물 플러그십 실증으로 파일럿 규모에서 기술개발 후 민간에서 사업화가 진행되었을 때 예상되는 감축효과를 제시한 바 있으며, CO₂ 광물화를 통해 2030년 최대 10백만톤의 온실가스 감축효과 발생을 전망하고 있다.

이후 2019년 제3차 녹색성장보고서⁹³⁾에서 CCUS 추진계획이 발표되었으며, 2021년에 「CCU 기술혁신 로드맵」⁹⁴⁾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 CO₂를 원료로 하는 혁신적인 CCU 원천기술 지속 발굴, CCUS 응용 및 실증기술 개발 강화, CO₂ 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. 2022년에는 2050 탄소중립녹색성장위원회의 출범에 따라, 10월 탄소중립 녹색성장 추진전략⁹⁵⁾으로 가스전 활용을 통한 연 40만톤의 규모 CCS 실증 인프라 구축, CCUS 산업 기반 구축을 위한 전담법 제정 추진 등 CCUS 산업의 활성화를 추진할 계획이다.

구체적인 추진 현황은 다음과 같다. 현재 다부처 대규모 CCS 통합실증 및 CCU 상용화 기반구축 사업(2021~2023)⁹⁶⁾에 착수하였다. 산업부는 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.⁹⁷⁾ 2022년에는 CCUS 실증 기술개발의 지속 추진 및 CCU 기술의 조기 상용화 및 해양 지중저장 기술의 자립화를 위해 시장선도형 CCU 전략제품 생산기술 실증사업(2022~2024년), CO₂ 해양 지중저장 상용화 핵심 기술개발사업(2022~2024년)등⁹⁸⁾ 신규사업에 착수하였

93) 관계부처 합동 (2019) 제3차 녹색성장 5개년 계획

94) 관계부처 합동 (2021.) CCU 기술혁신 로드맵

95) 과학기술정보통신부(2022) 탄소중립녹색성장 추진전략

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

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

98) 산업부(2022) 산업기술혁신사업 통합 시행계획 공고

다. 과기정통부에서는 2015년부터 진행된 C1가스 리파이너리 사업(2015~2024년)⁹⁹⁾을 통해 C1가스를 활용하여 수송연료, 화학 원료 생산에 대한 핵심기술을 개발하고 있으며, 대기로 배출되는 CO₂를 활용하여 발전·수송용 연료, 화학제품 등 유용물질 생산을 위한 Carbon to X 사업(2020~2024년)¹⁰⁰⁾을 추진하고 있다. 2022년에는 탄소자원화를 통해 플랫폼 화합물을 생산하는 탄소자원화 플랫폼 화합물 제조기술 개발사업(2022~2026년), 실험실 단위 이상에서 완성된 기존 CCU 기술의 산업활용을 촉진시키기 위한 CCU 3050(2022~2024년)¹⁰¹⁾ 신규사업을 시작하였다. 그러나 현시점에서는 대다수의 기술이 R&D 추진 단계로, 실질적인 점검 및 평가를 위한 지표는 정량적·정성적 모두 확인이 어렵다.

참고 8.36. CCU 기술 기반 탄소순환 미래사회



출처: 관계부처 합동 (2021) CCU 기술혁신 로드맵

CCS 관련 법으로는 「해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법」이 있다. 동법 제10조에 의하면, CO₂ 스트림(이산화탄소가 대량으로 발생하는 시설 등으로부터 포집과정을 거쳐 고압으로 액화된 이산화탄소)의 해양지중저장이 가능하다¹⁰²⁾. CCU에 대한 법제화는 아직 추진되지 못했으나, CCU 기술 기반 사업 수행을 위해서는 규제 개선이 필요한 상황이다. 폐

99) 과학기술정보통신부(2020) 연구개발사업 종합시행계획

100) 과학기술정보통신부(2022) 유용물질 생산을 위한 Carbon to X 기술개발사업 신규과제 공모

101) 과학기술정보통신부(2022) 2022년도 기후·환경분야 연구개발사업 상반기 신규과제 통합 공고

102) 해양수산부 (2020) 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법

기물로 구분되어 있는 이산화탄소 스트림의 활용 촉진을 위해서 폐기물처리업 이외에 활용이 가능하도록 하고, 사업장 내 이산화탄소 포집·처리 시설이 있는 업체의 경우 폐기물처리업이 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

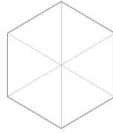
CCUS 부문의 목표지표 분석과 같은 이유로, 요인분해 분석 또한 수행하지 않는다.

4. 종합

CCUS 기술은 주요국에서 탄소중립을 위한 장기전략에 있어 핵심 전략 수단으로 제시하고 있으며, CCUS 산업 육성을 위한 제도적 지원방안을 마련함과 동시에, CCUS 기술 개발 투자를 지속적으로 확대해 나가고 있다.

국제에너지기구(IEA)는 2050 글로벌 탄소중립 시나리오에서 CCUS 기술 기여도를 총 감축량의 18% 수준으로 제시했으며, 미국에서는 18년부터 '45Q Tax Credit' 정책으로 CO2를 포집·저장·활용하는 시설에 세액공제 혜택을 상향 조정하고 적용 대상도 확대하는 법안을 통과시키면서 연방정부의 투자를 확대하고 있다. 유럽위원회(EC)는 2050년 EU의 탄소중립 이행 경로 중 1.5TECH 시나리오 기준으로 CCUS 기술의 기여를 총 감축량의 27% 수준, 2050년 연간 CO2 포집량을 6억 톤 규모로 제시하였으며, 2023년에는 CCUS 기술에 대한 전략적 비전을 제시할 것이라고 발표하였다. 중국은 2021년 3월 '14.5규획과 2035년 전망 목표'를 발표하면서 CCUS 시범 프로젝트 계획을 제시하였으며, 10월에는 '2030년 전 탄소피크 행동방안'을 발표하면서 처음으로 CCUS를 탄소피크 및 탄소중립 목표 실현을 위한 중요 기술로 포함시켰다. 이처럼 현재 세계 각국에서 탄소중립을 실현하기 위한 기술로 CCUS를 주목하고 있으며, CCUS 기술 상용화를 위해 세제 혜택, 법률 개정, 인프라 개선, R&D 투자 등의 다양한 정책 수단을 도입 및 시행하고 있다.

현재 CCUS 시장은 초기 시장으로 탄소 저감에 핵심적인 역할을 할 것으로 예상되는 만큼, 정부 차원에서 관련 기술 개발 위해 정책적 지원이 필요할 것이며, CCU 기술의 적용에 따른 온실가스 감축 효과를 객관적으로 평가·인증할 수 있는 방법론을 확립해야 할 것이다. 또한 정책적·경제적 인센티브 강화, 허브·클러스터 구축, 그리고 타국가와의 협력을 통해 공동 저장소 확보를 추진하는 등의 전략적 투자를 통한 CCUS 기술 개발 및 상용화의 진행이 필요해 보인다.



참고

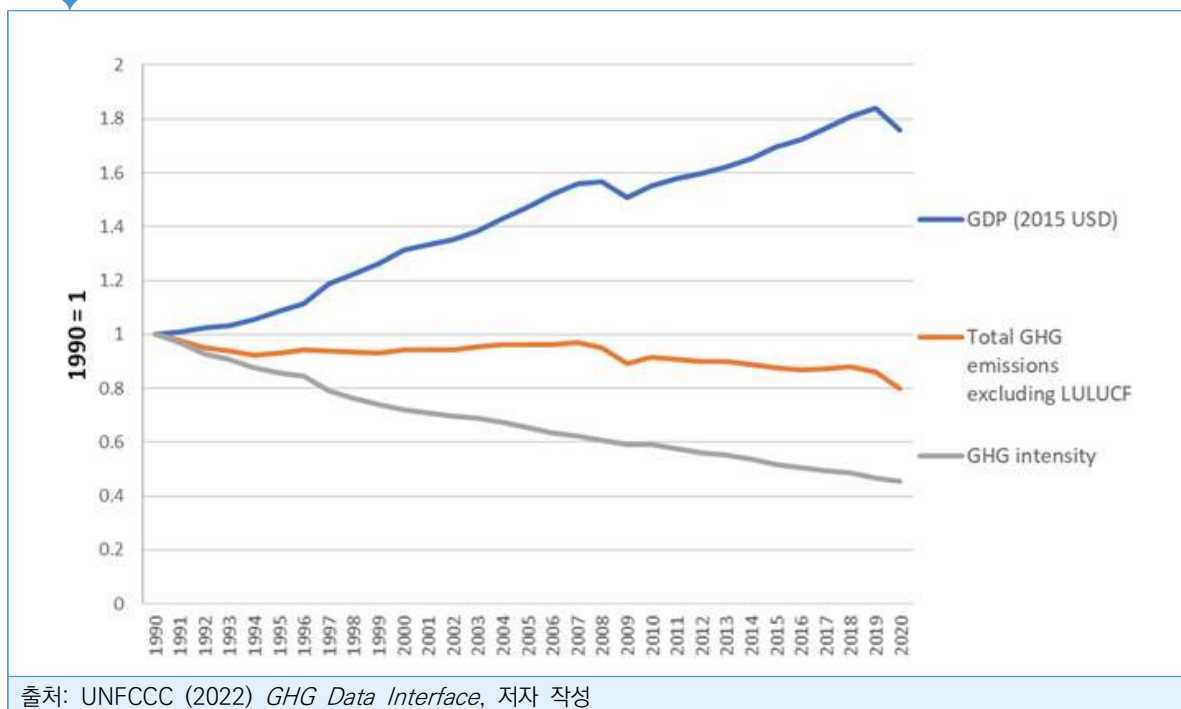
**국제 온실가스 감축과
해외 이행점검 현황**

국제 온실가스 감축과 해외 이행점검 현황

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

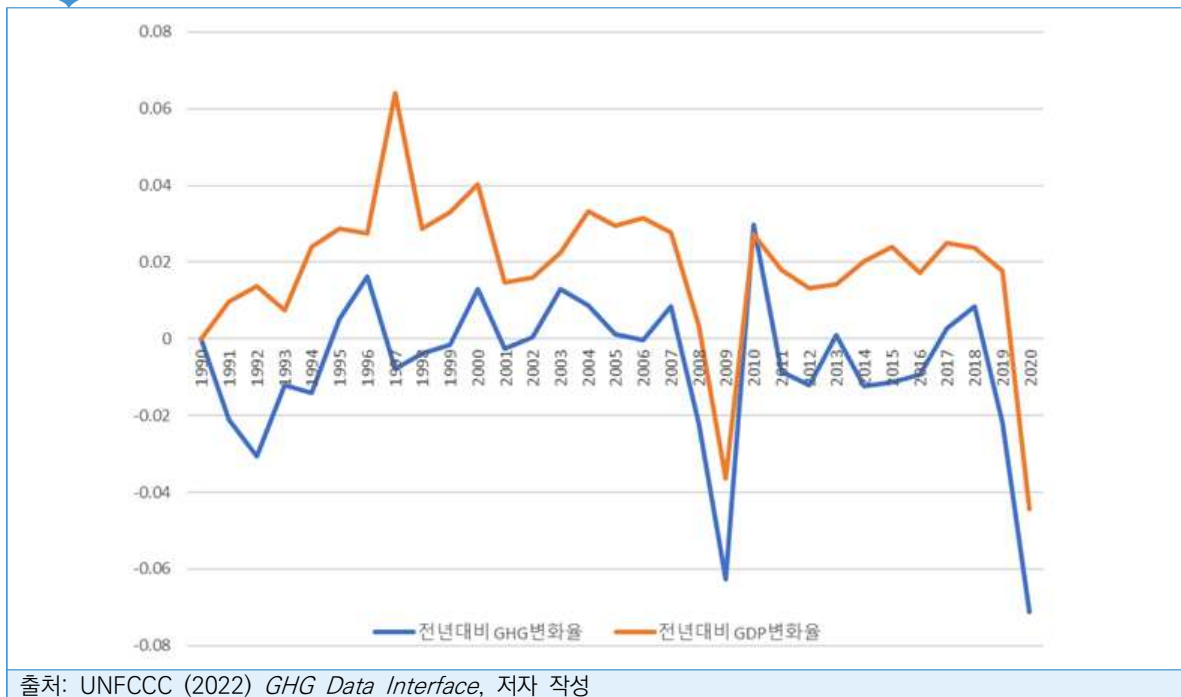


신기후체제 이전, 실질적인 감축의무가 있었던 부속서 I 국가들의 온실가스 배출 및 경제성장 추이는 <참고 9.1.>과 같다. 2018년 배출량 대비 약 2.2% 감소했던 2019년에 이어 2020년에도 2019년 대비 약 7.1% 감소했다. 경제성장 대비 온실가스 배출량을 나타내는 배출집약도는 1990년 대비 2019년 49%수준, 2020년에는 45% 수준을 나타내며 지속적으로 감소하고 있다. 전년도 보고서에는 GDP가 2010 USD 기준이었지만 이번년도 보고서에

는 2015 USD 기준으로 작성했기 때문에 결과에 일부 차이를 보인다.

전년 대비 온실가스 배출량 및 GDP 변화율 추이는 <참고 9.2.>와 같다. 온실가스 배출량 변화율과 GDP 변화율은 거의 유사한 움직임을 보인다 2010년을 기점으로 달라졌다가 2020년 COVID-19 확산으로 인하여 급감하는 추세를 보인다.

참고 9.2. 부속세 국가의 전년대비 온실가스배출량 변화율, GDP 변화율



주요국 온실가스 배출량 동향을 살펴보면, 2020년 EU의 온실가스 배출량은 1990년 대비 65.7% 수준인 3,706백만톤으로 나타났다. 2019년과 비교하면 약 8.5% 감소한 수치이다. 배출집약도는 1990년 대비 41.6% 수준으로 나타났다.

미국의 2020년 온실가스 배출량은 1990년 대비 93% 수준으로 2019년에 1990년 대비 102% 수준으로 증가했던 것과 비교하면 감소한 수치이다. 배출집약도는 1990년 대비 2020년 47% 수준으로 나타났다.

2020년 일본의 온실가스 배출량은 1990년 대비 90% 수준으로 감소한 1,148백만톤으로 나타났다. 배출집약도는 1990년 대비 2018년 75%, 2019년 73%, 2020년 73% 수준으로 EU와 미국에 비해 상대적으로 높은 배출집약도 수준을 유지하고 있다.

2. 온실가스 이행점검의 해외사례 정리

앞에서도 서술했듯이 국제 사회는 이행격차(implementation gap)¹⁰³⁾라는 새로운 개념을 제시하면서 감축목표 설정 뿐만 아니라 설정된 목표의 이행의 중요성을 강조하고 있다. 따라서 우리나라 뿐만 아니라 해외에서도 이행실적평가를 진행하고 있으며 이러한 사례를 우리나라 현 이행점검 방식에 적용하여 개선할 수 있다. EU, 영국, 일본, 독일, 캐나다, 네덜란드, 스웨덴의 국가별 온실가스 이행점검을 <참고 9-3>, <참고9-4>와 같이 정리하였으며 주요국(EU, 영국, 일본)의 이행점검 결과는 다음과 같다.

EU의 온실가스 이행점검은 Climate Monitoring Mechanism에 따라 매년 발표되는 'EU Climate Action Progress Report'와 European Environment Agency에서 발행하는 'Trends and projections in Europe' 보고서를 통해 수행되고 있다. Trends and projections in Europe (2022)에 따르면 EU-27(EU 27개 회원국)의 2020년 온실가스 배출량은 1990년 대비 32% 낮은 값을 기록했으며 2020년 목표인 20%를 초과 달성하였다. 또한 재생 가능 에너지원 비율도 22%를 기록하여 2020년 목표인 20%를 초과 달성한 것으로 나타났다. 에너지 효율 목표의 경우 사전엔 목표를 달성하지 못했지만 마지막 해인 2020년에는 에너지 효율 목표를 초과 달성하였다. COVID-19 팬데믹은 에너지 효율 목표의 초과 달성 부문에 있어서는 중요한 영향을 끼쳤지만 배출량 감축이나 재생 에너지 목표의 경우 지난 10년간의 지속된 노력의 결과로 2020년 목표를 달성할 수 있었던 것으로 평가된다.

EU-27개국중에서 24개국은 2020년 노력분담규정(Effort Sharing Decision, ESD)에 따른 2020년도 국가 배출 할당량(Annual emission allocations, AEAs)보다 낮은 온실가스 배출량을 기록하였는데 키프로스, 아일랜드, 몰타는 2020년도 국가 배출 할당량(AEAs)을 초과하여 배출하였다. 또한 2013~2020년 전체 기간에 대해서는 EU-27개국 중 4개국(키프로스, 독일, 몰타, 아일랜드)이 국가 배출 할당량(AEAs)을 초과하였기 때문에 이들 4개국이 노력분담규정(ESD)의 유연성¹⁰⁴⁾을 충분히 활용한다면 모든 EU-27개국은 국가 에너지 기후 목표를 달성할 것으로 예상된다.

2005~2020년 사이 온실가스 배출량 성과는 부문별로 차이를 보이는데 에너지 공급 부문에서 배출량의 43%를 감축하여 가장 많이 감소하였다. 수송부문은 배출량의 15%를 감축하였고 농업부문은 배출량의 2%를 감축하여 해당 부문에서 더 많은 노력이 필요한 것으

103) 각 국가들의 2030년 NDC가 현재 이행되고 있는 온실가스 감축 정책과 조치 수준으로는 달성하기 어려움.

104) 2013-2020 Effort Sharing Decision에서는 2013-2019년동안 배출 할당의 최대 5%까지 다음 연도에서 이월 가능하며 초과 달성분은 다음연도인 최대 2020년까지 이월 가능함. 또한 2013-2019년 사이의 특정연도의 배출 할당량을 다른 회원국으로 이전(예: 판매)이 가능하며 국제 크레딧(개도국의 경우 청정 개발 메커니즘, 기타 선진국의 경우 공동 이행)은 특정 양적 및 질적 조건 하에 사용 가능함. 키프로스는 이전 연도의 배출 할당량을 사용할 수 있으며, 아일랜드, 독일, 몰타는 회원국간의 배출 할당량 이전을 사용 가능함.

로 나타났다. 기존의 정책 및 조치의 결과로 2030년까지 상당한 추가 배출량 감소가 주로 개인 및 상업용 건물뿐만 아니라 농업, 임업 및 어업의 에너지 소비를 다루는 건물 부문에서 예상되어진다. 또한 추가 정책과 조치를 채택하는 것은 모든 부문에서 중요하나 특히 기존의 조치로는 2020년 수준의 배출량을 유지할 것으로 예상되는 수송 부문에서 더욱 중요할 것으로 언급되었다.

EU는 이행점검 3가지 분야 분석 시, EU ETS가 시작된 2005년을 기준으로 2005~2020년 간 추이를 기준으로 2020년까지의 목표 달성에 대한 분석을, 2021년도 예비추정 데이터를 가지고 2030 목표 달성에 대한 분석을 수행하였다. 또한 각 부문(에너지 공급, 산업, 수송, 건물, 농업, 폐기물, 국제 항공, LULUCF)별 온실가스 배출량 뿐만 아니라 신재생에너지 비중, 에너지 효율에 대해서도 진행정도 및 향후 전망에 대해 분석하였다.

영국은 기후변화위원회(Climate Change Committee)에서 Progress in reducing emissions Report to Parliament를 매년 6월 발간한다. 보고서에 따르면 영국의 2021년 전체 온실가스 배출량은 2020년 대비 4% 증가하였다. 배출량 증가는 COVID-19의 완화에 따른 경제 회복이 원인이나 2021년 배출량 자체는 COVID-19 이전인 2019년의 90%, 1990년의 53% 수준에 그친다. 전년 대비 항공, 연료 공급, 건물을 제외한 분야에서 모두 증가하였으며, 특히 수송과 전기 공급 부문에서 10% 증가세를 보였다. 그러나 2035년까지의 주요 부문 정책 평가에서는 수송, 전기 공급, F-gas 부문에서의 감축이 매우 고무적이지만, 이외의 부문에서는 크게 개선되지 못할 것으로 전망하여 해당 분야의 탄소중립 달성을 위한 정책 프레임워크를 2023년까지 구축할 것을 강력히 촉구하였다.

이번 2022년 보고서에서는 제6차 탄소예산¹⁰⁵⁾과 2050 탄소중립전략¹⁰⁶⁾을 바탕으로 배출량 추이와 각 시나리오에 따른 정책 분석 및 평가를 포함한다. 지난 보고서와는 차별점이 두드러지고 보다 상세한 내용으로 발간하였는데, 특히 정책의 중요성을 매우 강조하였다. 지역¹⁰⁷⁾·부처·부문별 정책 제언, 불확실성(risks) 단계별 정책 평가, 정책 시행 타임라인, 목표 달성을 위한 부문별 모니터링 지도 등을 그래프와 도표 등으로 시각화하여 제시하였다. 또한 해운 및 F-gas를 제외한 부문별 주요 위험(Major risks)과 그에 따른 완화 행동(mitigating actions)을 제시하였고, 감축 기술(Engineered removals)과 크로스커팅 이슈(Cross-cutting issues) 챕터를 구분하여 상세히 제언하였다.

일본은 '지구온난화 대책 계획'에 근거하여 이에 따른 대책 및 시책의 진척 상황을 점검하는 '지구온난화 대책 계획의 진척 상황(おける地球温暖化対策計画の進捗状況)' 보고서를 매년 발표하고 있다. 해당 보고서는 배출량 추이 및 감축 요인 등의 내용을 다루고 있다. 2020년 일본 온실가스 총 배출량은 약 11억 5,000만 톤으로 전년도 대비 5.1%, 2013년

105) 2033~2037년 계획. 2035년까지 1990년 대비 온실가스 배출량 78% 감축을 목표로 함, 2021.06 발표

106) 자체 온실가스 배출량 90% 감축이었던 목표를 탄소중립으로 변경, 2021.10 발표

107) Scotland, Wales, Northern Ireland, England 등 4개 지역.

대비 18.4% 감소하였다. 2020년도의 삼림 등의 흡수원 대책에 의한 흡수량은 4,450만 톤을 기록하였으며, 2030년에는 약 4,770만 톤의 흡수량을 확보할 것으로 예측하였다.

전년도 대비 배출량 감소요인으로는 COVID-19 확산으로 인한 에너지 소비량 감소(제조업의 생산량 감소) 및 여객·화물 수송량 감소 등으로 나타났다. 2013년도와 2020년도 배출량 실적의 요인분해 결과를 보면 2013년부터 2020년에 걸쳐 온실가스 배출량은 활동량 증감에 의해 0.05억 톤 증가, 삭감 대책 등에 의해 2.6억 톤 감소하였으며, 2020년도부터 2030년도에 걸친 삭감 대책 등을 통한 3.5억 톤 감소로 2030년도 목표를 달성할 전망이다.

해당 보고서는 부문별 배출량뿐만 아니라 온실가스 종류별 배출량 실적과 대책을 다루고 있다. 부문은 산업, 수송, 업무 기타(상업, 서비스, 사무소 등), 가정, 에너지 전환 등으로 구분하며, 이산화탄소, 메탄, 일산화이질소, 프레온 가스 등 온실가스 종류별 배출량 실적 및 대책을 제언한다. 2013년부터 2020년 사이 온실가스 배출량 성과는 부문별로 차이를 보였으며 특히 업무 기타 부문에서 배출량의 23%를 감축하여 가장 많이 감소하였고, 2030년 목표 달성을 위해 가정부문에서 더 많은 노력이 필요한 것으로 나타났다. 일본도 EU 온실가스 이행점검 보고서와 유사하게 부문 간 협력, 범분야 대책을 별도의 단위로 다루고 있으며 각 부문 연계와 협력을 통한 종합적 대책 마련의 중요성을 강조하였다.

참고 9.3. 국가별(EU, 영국, 일본) 온실가스 이행점검 내용

| 구분 | | EU | 영국 | 일본 |
|---------|------------|---|---|--|
| 보고서 명 | | Trends and projections in Europe 2022 | Progress in reducing emissions 2022 Report to Parliament | 2020年度における地球温暖化対策計画の進捗状況 |
| 관련 보고서명 | | Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions | Progress in adapting to climate change 2021 Report to Parliament | 2020年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について |
| 분석연도 | | '20년, '21년(예비추정치), '05~'21년 | '90년~'21년 | '05년, '13년, '19년, '20년 |
| 분석범위 | | 에너지공급, 산업, 건물, 수송, 농업, 폐기물, 국제항공, LULUCF | 제조 및 건설, 해운, 도로, 항공, 농업 및 토지 이용, 건물(주거용/비주거용), 전기 공급, 폐기물, 연료 공급, F-gas | 에너지(산업, 수송, 업무 기타, 가정, 에너지 전환), 비에너지(산업공정 및 제품사용, 폐기물, 기타), 흡수원 |
| 분석대상 | | GHG 배출량, 신재생에너지 비중, 에너지 효율(1차 & 최종 에너지 소비) | GHG 배출량, 정량·정성 지표(정책평가) | GHG 종류별 배출량, 감축 정책 |
| 배출량 기준 | | GHG | GHG | GHG(CO2, CH4, N2O, HFCs, PFCs, SF6, NF3) |
| 분석 기준 | 목표 달성여부 비교 | '20년, '21년 배출량(예비추정치) | CCC 경로와 '20년, '21년 최근 정책 지표 달성도, 부처별 2021년 정책 성취도 | '20년 배출량 |
| | 추세비교 | '90년 대비 배출량 비교, '05~'21년 트렌드 비교 | '90~'19, '10~'21, '19~'21, '20~'21 트렌드 비교 | '05년, '13년, '19년 대비 '20년 배출량 비교 |
| | 미래 달성여부 전망 | '90~'21, '05~'21 추세를 기준으로 2030 목표 달성을 위한 당면 과제 언급 | '10~'21 추세를 이용한 전망과 CCC 경로, 정책 목표 비교 | 업종 및 대책별 전망 |
| 요인분해분석 | | (EU-27 * UK) 「Trends and drivers of EU greenhouse gas emissions」에서 1990-2018 배출량 대상 수행 | - | 국가, 전환, 산업, 업무 기타, 가정, 수송부문 「2019年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(確報値)について」에서 CO2 배출량 대상 수행 ¹⁰⁸⁾ |
| 기타분석 | | Kaya Decomposition Analysis, LMDI | - | |

108) 2020년도 보고서에서는 미진행

참고 9.4. 국가별(독일, 캐나다, 네덜란드, 스웨덴) 온실가스 이행점검 내용

| 구분 | 독일 ¹⁰⁹⁾ | 캐나다 | 네덜란드 ¹¹⁰⁾ | 스웨덴 |
|----------|---|---|---|---|
| 보고서 명 | Klimaschutzbericht 2022 | - | - | Report of the Swedish Climate Policy Council |
| 관련 보고서명 | Nationale Trendtabellen für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen Berechnung der Treibhausgasemissionsdaten für das Jahr 2021 gemäß Bundesklimaschutzgesetz | PROGRESS TOWARDS CANADA'S GREENHOUSE GAS EMISSIONS REDUCTION TARGET | Greenhouse gas emissions 9 percent lower in Q2 2022 | - |
| 분석연도 | '90~2021년 | '05~'18년 | '90~'22년 | '90년~'21년 |
| 분석범위(부문) | 에너지 산업, 산업, 건물, 교통(수송), 농업, 폐기물 및 기타 | 중공업, 수송, 농업, 건물, 전환, 폐기물 및 기타, 석유 및 가스, 토지 | 제조업, 수송, 농업, 건물, 전환 | 국내(전력 및 난방, 산업, 농축산, 수송, 기타), ETS 내 부문(산업, 전력 및 난방, 수송), ETS 외 부문(수송, 산업, 전력 및 난방, 농축산, 기타) |
| 분석대상 | GHG 배출량, 정량·정성 지표 (정책 평가) | GHG 배출량 | GHG(CO ₂ , 그 외) | GHG 배출량, GHG 배출 시나리오, 기후정책(crisis policy) |
| 배출량 기준 | GHG(CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O, F-Gases) | GHG | GHG | GHG |
| 분석 기준 | 목표 달성여부 비교 | '19년, '20년 배출량 | - | '19년, '20년 배출량 |
| | 추세비교 | '90~'20년 배출량 트렌드 비교 | - | '21~'22년 트렌드 비교 |
| | 미래 달성여부 전망 | - | '30년 목표 달성 가능성 판단 | - |
| 요인분해분석 | - | - | - | - |
| 기타분석 | - | - | - | - |

109) 독일의 이행점검 보고서는 없으며 환경청에서 매년 산출되는 온실가스 배출량을 자체 제작한 기사 형식으로 분석한 내용만 있음.

110) 네덜란드는 이행점검 보고서는 없으며 통계청에서 매년 산출되는 온실가스 배출량과 잠정치를 바탕으로 비교 분석하여 자체 제작한 기사 형식으로 분석한 내용만 있음.(통계청 내 'CO₂ emissions series')

관련기관 및 참여자

「2021년 온실가스 감축 이행실적 평가」보고서는 아래와 같은 참여자들의 협력 및 공동 연구를 통해 발간되었다(가나다 순).

| | | | |
|-----|---------------|-----|------------|
| 강성수 | 농촌진흥청 연구운영과 | 강희진 | 선박해양플랜트연구소 |
| 권이균 | 공주대학교 | 김나예 | 온실가스종합정보센터 |
| 김정원 | 온실가스종합정보센터 | 김학영 | 온실가스종합정보센터 |
| 김형건 | 강원대학교 | 박상준 | 한국교통연구원 |
| 박성권 | 온실가스종합정보센터 | 박용철 | 온실가스종합정보센터 |
| 박창원 | 숙명여자대학교 | 방종철 | 온실가스종합정보센터 |
| 복영진 | 온실가스종합정보센터 | 서애리 | 온실가스종합정보센터 |
| 서흥원 | 온실가스종합정보센터 | 소병목 | 한국환경공단 |
| 손인성 | 에너지경제연구원 | 신영수 | 온실가스종합정보센터 |
| 안영환 | 숙명여자대학교 | 유기형 | 한국건설기술연구원 |
| 유승직 | 숙명여자대학교 | 윤수향 | 온실가스종합정보센터 |
| 이수열 | 전남대학교 | 이숙희 | 해양환경공단 |
| 이슬기 | 온실가스종합정보센터 | 이윤조 | 화학연구원 |
| 이재윤 | 산업연구원 | 이지웅 | 부경대학교 |
| 이지유 | 온실가스종합정보센터 | 이창우 | 온실가스종합정보센터 |
| 이현화 | 온실가스종합정보센터 | 정성재 | 국립수산과학원 |
| 최은정 | 농촌진흥청 국립농업과학원 | 최형욱 | 온실가스종합정보센터 |
| 홍대응 | 한국환경공단 | 홍지혜 | 온실가스종합정보센터 |

「2021년 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(농진청) | 산림청 | 산업통상자원부(산업부) |
| 해양수산부(해수부) | 행정안전부(행안부) | 환경부 |

2021년 온실가스 감축 이행실적 평가

| | |
|------|--|
| 발행일 | 2022년 12월 |
| 펴낸이 | 온실가스종합정보센터장 |
| 펴낸곳 | 온실가스종합정보센터 (28166) 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명로 210, 오송스퀘어 빌딩 3층 대표전화 043-714-7563, FAX 043-714-7570 |
| 홈페이지 | http://www.gir.go.kr |

〈비매품〉

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

온실가스종합정보센터