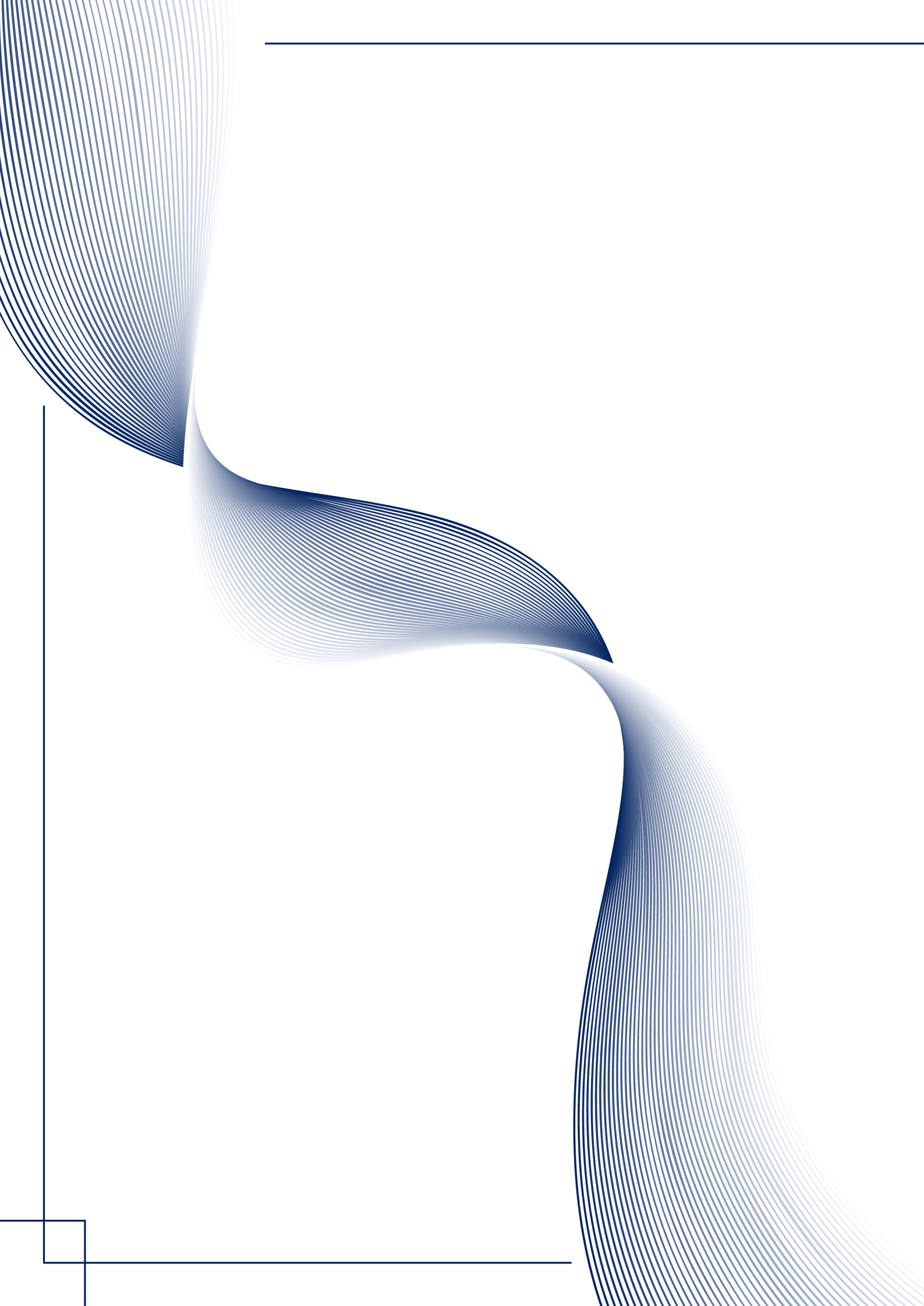
정 부 간 행 물 번 호
11-1480906-100003-11

유엔기후변화협약 및 파리협정에 따른

제1차 격년투명성보고서
제5차 국가보고서

대한민국정부



목차

Table of Contents

핵심요약문 12

제1차 격년투명성보고서 22

Ⅰ. 국가 온실가스 통계 23
1. 국가 온실가스 통계 현황 및 제도 체계 24
2. 국가 온실가스 통계 추이 42

Ⅱ. NDC 이행·달성 진전 추적 61
1. 국가 현황 및 제도 체계 62
2. 국가 온실가스 감축목표 89
3. 감축 정책 및 조치 95
4. 온실가스 배출량·흡수량 전망 143

Ⅲ. 기후변화 영향 및 적응 151
1. 국가 여건 및 제도 152
2. 기후변화 영향 및 리스크 156
3. 기후변화 적응 전략 161
4. 기후변화 적응 이행 진전 167

Ⅳ. 국제사회 기여 179
1. 재정 181
2. 기술개발 및 이전 191
3. 역량배양 196

Annex Ⅰ. 제5차 국가보고서 201
Ⅰ. 연구 및 체계적 관측 202
1. 연구 및 기술개발 202
2. 체계적 관측 214

Ⅱ. 교육 및 시민참여 224
1. 교육 및 인력양성 224
2. 정보확산 및 시민참여 229

Annex Ⅱ. 국가 온실가스 인벤토리 보고서 233

Annex Ⅲ. NDC 진전 추적 정보 235

■ 약어표 262
■ 참고문헌 267
■ 발간정보 272

표 목차

<표 Ⅰ-1> 분야별 온실가스 통계 관장기관 및 산정기관 ····· 28
<표 Ⅰ-2> 국가 온실가스 통계 작성 연간 일정 ····· 31
<표 Ⅰ-3> 분야별 자료원 ····· 33
<표 Ⅰ-4> 국가통계 품질관리체계 ····· 38
<표 Ⅰ-5> 국가 온실가스 배출·흡수계수 검증항목 및 검증요소 ····· 39
<표 Ⅰ-6> 온실가스별 지구온난화지수(GWP) ····· 40
<표 Ⅰ-7> 분야별 온실가스 배출량 및 증감률 ····· 43
<표 Ⅰ-8> 실질 국내총생산(GDP)당 온실가스 총배출량 ····· 44
<표 Ⅰ-9> 온실가스별 배출량 및 증감률 ····· 45
<표 Ⅰ-10> 분야별 CO_2 배출량 및 흡수량 ····· 47
<표 Ⅰ-11> 분야별 CH_4 배출량 ····· 48
<표 Ⅰ-12> 분야별 N_2O 배출량 ····· 50
<표 Ⅰ-13> 분야별 불소계 온실가스 배출량 ····· 51
<표 Ⅰ-14> 에너지 분야 온실가스 배출량 ····· 53
<표 Ⅰ-15> 산업공정 및 제품 사용 분야 온실가스 배출량 ····· 54
<표 Ⅰ-16> 농업 분야 온실가스 배출량 ····· 56
<표 Ⅰ-17> 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 온실가스 배출·흡수량 ····· 58
<표 Ⅰ-18> 폐기물 분야 온실가스 배출량 ····· 59
<표 Ⅱ-1> 최근 30년간 우리나라의 월별 평균기온 및 강수량 ····· 68
<표 Ⅱ-2> 연도별 우리나라의 수출의존도 및 제조업 비중 ····· 70
<표 Ⅱ-3> 연도별 용도별 전력소비량 추이 ····· 71
<표 Ⅱ-4> 연도별 에너지원별 발전량 현황 ····· 72
<표 Ⅱ-5> 연도별 제조업 내 주요 업종별 생산액 추이 ····· 74
<표 Ⅱ-6> 연도별 제조업 내 주요 업종별 에너지소비량 추이 ····· 75
<표 Ⅱ-7> 연도별 건물 에너지 사용량 추이 ····· 76
<표 Ⅱ-8> 연도별 노후 건물 추이 ····· 77
<표 Ⅱ-9> 연도별 교통수단별 여객 수송분담률 추이 ····· 78
<표 Ⅱ-10> 교통수단별 화물 수송분담률 추이 ····· 78
<표 Ⅱ-11> 연도별 자동차 등록 현황 ····· 79
<표 Ⅱ-12> 연도별 가축분뇨 발생량 및 처리량 ····· 81
<표 Ⅱ-13> 연도별 국내 등록 어선 및 노후어선 수 ····· 82
<표 Ⅱ-14> 연도별 폐기물 종류별 발생 추이 ····· 82
<표 Ⅱ-15> 연도별 폐기물 처리방법별 처리량 변화 추이 ····· 83
<표 Ⅱ-16> 연도별 임상별 산림 면적 추이 ····· 84
<표 Ⅱ-17> 염생식물 군락 수 및 면적 ····· 85
<표 Ⅱ-18> NDC 수립 및 갱신 과정 ····· 90
<표 Ⅱ-19> NDC 상향안 주요 내용 ····· 91

<표 Ⅱ-20> NDC 이행·달성 관련 진전 상황 추적 정보(CTF Ⅱ.4) ····· 94
<표 Ⅱ-21> 온실가스 배출관리업체 지정 기준 ····· 97
<표 Ⅱ-22> 연도별 에너지원별 발전설비 용량 및 발전량 ····· 100
<표 Ⅱ-23> 연도별 노후석탄발전 설비용량 변동실적 및 변동계획 ····· 101
<표 Ⅱ-24> 원자력 발전 계속운전 대상설비 ····· 101
<표 Ⅱ-25> 연도별 신재생에너지 금융지원 성과 ····· 102
<표 Ⅱ-26> 연도별 신재생에너지 공급 의무화 제도(RPS) 공급의무비율, 의무공급량 및 이행률 103
<표 Ⅱ-27> 연도별 재생에너지 사용 확인제도 참여기업 및 재생에너지 사용량 ····· 103
<표 Ⅱ-28> 연도별 신재생에너지 설비보급 ····· 104
<표 Ⅱ-29> 산업 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 105
<표 Ⅱ-30> 연도별 에너지경영시스템 인프라 구축 사업장 수 ····· 107
<표 Ⅱ-31> 연도별 자발적 에너지효율목표제 협약 성과 ····· 108
<표 Ⅱ-32> 연도별 에너지절약시설 투자지원 사업 성과 ····· 108
<표 Ⅱ-33> 연도별 에너지사용계획 협의 성과 ····· 109
<표 Ⅱ-34> 연도별 중소기업 에너지서포터 파견 성과 ····· 110
<표 Ⅱ-35> 연도별 에너지 진단사업 의무화 성과 ····· 110
<표 Ⅱ-36> 건물 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 111
<표 Ⅱ-37> 연도별 제로에너지건축물(ZEB) 연면적 ····· 112
<표 Ⅱ-38> 연도별 건물에너지관리시스템(BEMS) 설치 건수 ····· 112
<표 Ⅱ-39> 연도별 그린리모델링 연면적 및 감축량 ····· 113
<표 Ⅱ-40> 연도별 지능형 전력계량시스템(AMI) 보급 대수 ····· 114
<표 Ⅱ-41> 수송 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 115
<표 Ⅱ-42> 연도별 공공기관 저공해차 의무구매·임차 달성도 ····· 116
<표 Ⅱ-43> 연도별 무공해차 보급 현황 ····· 117
<표 Ⅱ-44> 연도별 승용-비사업용 주행거리 ····· 117
<표 Ⅱ-45> 연도별 지능형교통체계(ITS) 구축도로 ····· 118
<표 Ⅱ-46> 연도별 도로 전환 화물 수송량(철도, 해운) ····· 118
<표 Ⅱ-47> 연도별 자동차 평균연비 및 온실가스 배출량 ····· 119
<표 Ⅱ-48> 연도별 바이오디젤 혼합 달성도 ····· 120
<표 Ⅱ-49> 연도별 철도망 연장 길이 ····· 120
<표 Ⅱ-50> 연도별 친환경 선박 인증 및 육상전원장치(AMP) 보급 성과 ····· 121
<표 Ⅱ-51> 농축수산 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 122
<표 Ⅱ-52> 연도별 논물 중간물떼기 성과 ····· 122
<표 Ⅱ-53> 연도별 시비처방 발급 건수 ····· 123
<표 Ⅱ-54> 연도별 노후어선 대체건조 및 노후기관 교체 지원 현황 ····· 125
<표 Ⅱ-55> 폐기물 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 126
<표 Ⅱ-56> 연도별 공공매립지 메탄가스 포집시설 및 메탄 포집 실적 ····· 127
<표 Ⅱ-57> 연도별 생산자책임재활용제도(EPR) 대상 재활용률 및 폐기물 감축 실적 ····· 127
<표 Ⅱ-58> 연도별 재활용 동네마당 설치 개소수 현황 ····· 128
<표 Ⅱ-59> 연도별 공공선별장 폐기물 재활용 현황 ····· 128

<표 Ⅱ-60> 연도별 전기차배터리 재활용으로 인한 온실가스 감축량 ····· 129
<표 Ⅱ-61> 연도별 유기성 폐자원 바이오가스화 시설 설치 ····· 130
<표 Ⅱ-62> 흡수원·탄소포집·수소 부문 주요 감축 정책 방향 ····· 130
<표 Ⅱ-63> 연도별 조림 실적 ····· 131
<표 Ⅱ-64> 지자체 감축 정책 및 조치(PaMs) 주요 사례 ····· 137
<표 Ⅱ-65> 부처별 국제감축사업 주요 추진사례 ····· 140
<표 Ⅱ-66> 기존 조치 도입(WM) 시나리오상의 온실가스 배출량 및 전망 ····· 145
<표 Ⅱ-67> 우리나라의 가스별 온실가스 배출량 및 전망 ····· 146
<표 Ⅱ-68> 주요 변수 및 가정 ····· 149
<표 Ⅲ-1> 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책의 이행과제 ····· 162
<표 Ⅲ-2> 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 성과지표 ····· 164
<표 Ⅳ-1> 우리나라의 그린 공적개발원조(ODA) 관련 주요 정책 ····· 183
<표 Ⅳ-2> 국가협력전략(CPS)에 반영된 기후변화(환경) 고려 사례 ····· 184
<표 Ⅳ-3> 유형별 기후변화 양자 재정지원 규모 ····· 185
<표 Ⅳ-4> 기후변화 다자협력 주요 사례 ····· 189
<표 Ⅳ-5> 글로벌 기후기술 협력 및 R&D 관련 법·정책 ····· 192
<표 Ⅳ-6> 기후기술센터네트워크(CTCN) 프로보노 기술지원(TA) 사업 개요 ····· 193
<표 Ⅳ-7> 기후기술센터네트워크(CTCN) 프로보노 기술지원(TA) 사업 현황 ····· 194
<표 Ⅳ-8> 연도별 국제 온실가스 전문가 교육과정 수혜국 및 수료생 현황 ····· 197
<표 Annex Ⅰ-1> 탄소중립 100대 핵심기술 ····· 203
<표 Annex Ⅰ-2> 2022년도 기후기술 및 국가 R&D 투자 규모 ····· 204
<표 Annex Ⅰ-3> 태양전지와 연료전지 연구개발 추진 성과 ····· 205
<표 Annex Ⅰ-4> 탄소 포집·활용 기술 연구개발 추진 성과 ····· 208

그림 목차

[그림 Ⅰ-1] 유엔기후변화협약 및 파리협정 하에서 국가 온실가스 통계 제출 기준 ····· 26
[그림 Ⅰ-2] IPCC 지침(GL)에 따른 배출량 산정·보고 분야 ····· 26
[그림 Ⅰ-3] 국가 온실가스 통계 작성 체계도 ····· 28
[그림 Ⅰ-4] 국가 온실가스 통계 산정을 위한 정보 기록관리 체계 ····· 32
[그림 Ⅰ-5] 국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 체계도 ····· 35
[그림 Ⅰ-6] QA/QC 체계도 ····· 36
[그림 Ⅰ-7] QA/QC 절차 및 세부 내용 ····· 37
[그림 Ⅰ-8] 분야별 온실가스 배출량 및 흡수량(1990～2022) ····· 43
[그림 Ⅰ-9] 실질 국내총생산(GDP)당 온실가스 총배출량(1990~2022) ····· 44
[그림 Ⅰ-10] 온실가스별 배출량(1990~2022) ····· 45
[그림 Ⅰ-11] 분야별 CO_2 배출량 및 흡수량(1990~2022) ····· 46
[그림 Ⅰ-12] 분야별 CH_4 배출량(1990~2022) ····· 48
[그림 Ⅰ-13] 분야별 N_2O 배출량(1990~2022) ····· 49
[그림 Ⅰ-14] 분야별 불소계 온실가스 배출량(1990~2022) ····· 51
[그림 Ⅰ-15] 에너지 분야 온실가스 배출량(1990~2022) ····· 52
[그림 Ⅰ-16] 에너지 분야 세부 부문별 비중 ····· 53
[그림 Ⅰ-17] 산업공정 및 제품 사용 분야 온실가스 배출량(1990~2022) ····· 54
[그림 Ⅰ-18] 산업공정 및 제품 사용 분야 세부 부문별 비중 ····· 55
[그림 Ⅰ-19] 농업 분야 온실가스 배출량(1990~2022) ····· 56
[그림 Ⅰ-20] 농업 분야 세부 부문별 비중 ····· 57
[그림 Ⅰ-21] 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 배출·흡수량(1990~2022) ····· 57
[그림 Ⅰ-22] 폐기물 분야 온실가스 배출량(1990~2022) ····· 59
[그림 Ⅰ-23] 폐기물 분야 세부 부문별 비중 ····· 60
[그림 Ⅱ-1] 중앙행정기관 조직도 ····· 62
[그림 Ⅱ-2] 2050 탄소중립녹색성장위원회 조직도 ····· 63
[그림 Ⅱ-3] 연도별 우리나라의 총인구 ····· 65
[그림 Ⅱ-4] 세계 속의 우리나라 ····· 66
[그림 Ⅱ-5] 대한민국전도 ····· 67
[그림 Ⅱ-6] 최근 30년간 우리나라의 연도별 평균기온 ····· 68
[그림 Ⅱ-7] 연도별 우리나라의 국내총생산 및 경제성장률 ····· 69
[그림 Ⅱ-8] 연도별 우리나라의 탄소중립 관련 산업 교역액 ····· 70
[그림 Ⅱ-9] 2018년, 2022년 에너지 믹스 비교 ····· 72
[그림 Ⅱ-10] 연도별 주요 국가별 국내총생산(GDP) 대비 제조업 비중 ····· 73
[그림 Ⅱ-11] 탄소중립·녹색성장 이행점검단 체계도 ····· 87
[그림 Ⅱ-12] 우리나라의 탄소중립 추진체계 ····· 88
[그림 Ⅱ-13] 국제감축사업 절차 ····· 139
[그림 Ⅱ-14] 기존 조치 도입(WM) 시나리오상의 온실가스 배출량 및 전망 ····· 145

[그림 Ⅱ-15] 우리나라의 가스별 배출량 및 전망 ····· 146
[그림 Ⅱ-16] 가스별 2018년 배출량 비율 및 2040년 예상 배출량 비율 ····· 147
[그림 Ⅲ-1] 우리나라 기후변화 적응 추진 체계도 ····· 155
[그림 Ⅲ-2] 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 체계도 ····· 161
[그림 Ⅲ-3] 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 연간 추진상황 점검 체계 ····· 165
[그림 Ⅲ-4] 재해 취약주택 정비 ····· 167
[그림 Ⅲ-5] 포항 영일만항 방파제 준공 ····· 167
[그림 Ⅲ-6] 실시간 수온 관측망 확대 ····· 168
[그림 Ⅲ-7] 댐유역 예측 강수량 지도 공유 ····· 168
[그림 Ⅲ-8] 기후변화 적응 모니터링 합동조사 ····· 169
[그림 Ⅲ-9] 기후변화 감염병 정보 제공 ····· 169
[그림 Ⅲ-10] 기후변화 적응형 사과 품종 '만홍' ····· 169
[그림 Ⅲ-11] 국민체감형 가뭄정보 제공 ····· 169
[그림 Ⅲ-12] 산불방지 ICT 플랫폼 구축 ····· 170
[그림 Ⅲ-13] 기후변화 취약 야외근로자 대상 이동식 쉼터 설치 ····· 170
[그림 Ⅲ-14] 토산어종 방류 ····· 171
[그림 Ⅲ-15] 기후변화 대응형 벼품종 '빠르미' ····· 171
[그림 Ⅲ-16] 공원 내 설치된 쿨링포그 ····· 172
[그림 Ⅲ-17] 자동 점적 관수 시스템 설치 ····· 172
[그림 Ⅲ-18] 취약계층 방문형 건강관리 ····· 173
[그림 Ⅲ-19] 반지하 취약주민 '동행파트너' ····· 173
[그림 Ⅲ-20] 도시침수예보 플랫폼의 도시침수예측 절차 ····· 174
[그림 Ⅲ-21] 기후변화 취약성 평가결과를 활용한 사업대상지 선정 절차 ····· 174
[그림 Ⅲ-22] 2023 대한민국 지방정부 기후적응 선언식 ····· 175
[그림 Ⅲ-23] 기후변화 적응 연구기관 협의체 ····· 175
[그림 Ⅲ-24] IPCC 6차보고서 관련 포럼 개최 ····· 175
[그림 Ⅲ-25] 2023 UNFCCC 적응주간 개최 ····· 176
[그림 Ⅲ-26] 캄보디아, 라오스, 베트남 생물다양성 도감 발간 ····· 176
[그림 Ⅲ-27] 말레이시아 산불 예측 시스템 구축 ····· 177
[그림 Ⅲ-28] 2022 UNFCCC-CASTT 적응 아카데미 운영 ····· 177
[그림 Ⅳ-1] 라오스 기후적응형 홍수 예·경보 시스템 체계도 ····· 200
[그림 Ⅳ-2] 인도네시아 누산따라 신수도 탄소중립 상수도 인프라 구축 사업 시설 조감도 ····· 200
[그림 Annex Ⅰ-1] 연도별 기후기술 및 국가 R&D 투자 규모 ····· 204
[그림 Annex Ⅰ-2] 천리안 2A호 관측 체계 ····· 220
[그림 Annex Ⅰ-3] 온실가스 관측 분야 연구협의체 구조도 ····· 223

- 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report, 이하 BTR)는 파리협정 제13조, 제24차 유엔기후변화협약 당사국총회 결정문 1(Decision 1/CP.24), 제1차 파리협정 당사국회의 결정문 18(Decision 18/CMA.1), 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제77조에 따라 작성된 것으로써 대통령 직속 2050 탄소중립·녹색성장위원회의 심의·의결을 거쳐 유엔기후변화협약 사무국에 격년 주기로 제출한다.

- 국가보고서(National Communication, 이하 NC)는 유엔기후변화협약 제12조, 제8차 유엔기후변화협약 당사국총회 결정문 17(Decision 17/CP.8), 제16차 유엔기후변화협약 당사국총회 결정문 1(Decision 1/CP.16)에 따라 4년 주기로 보고한다.

- 본 보고서는 환경부 주관으로 온실가스종합정보센터가 간사 역할을 맡아 관계부처 합동으로 작성하였다.

- 본 보고서는 제1장 국가 온실가스 통계, 제2장 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC) 이행·달성 진전 추적, 제3장 기후변화 영향 및 적응, 제4장 국제사회 기여로 구성되어 있으며, 부록으로 제5차 NC, 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Report, NIR), NDC 이행 및 달성 진전 추적에 필요한 정보를 포함한다.

- 본 보고서는 2024년까지의 최신 정보를 담고 있으나, 국가 온실가스 통계, 감축 정책 및 조치별 달성 감축량, 국제사회 기여 실적의 경우 확정 통계를 기반으로 함에 따라 2022년까지의 이행 실적을 보고한다.

- 제1장의 국가 온실가스 통계는 국가 온실가스 통계 관리위원회의 심의·의결을 거쳐 2024년 12월에 확정된 1990년부터 2022년까지의 최신 통계 정보를 담았다.

- 제1장의 국가 온실가스 통계는 파리협정 투명성체계 방식·절차·지침(Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework, MPGs)에 따라 2006 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 2006 IPCC GL) 및 제5차 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 평가보고서 지구온난화지수(Global Warming Potential, GWP)를 기준으로 산정하였다.

- 제2장의 NDC 이행·달성 진전 추적, 감축 정책 및 조치 정보는 NDC 수립 시 반영된 1996 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 1996 IPCC GL) 및 제2차 IPCC 평가보고서 GWP로 산정하여 제1장과 통계 기준에 차이가 있다.

- 제2장의 NDC 이행현황은 2021년 UN에 제출한 NDC 목표(배출 총량)의 실적을 추적하는 것이 목적이다.

- 제3장과 제4장의 기후변화 영향 및 적응, 국제사회 기여 정보는 파리협정 제13조 제8항·제9항에 따라 보고 권고사항이나, 국제사회 일원으로 우리나라가 적극 추진 중인 이행 현황을 충실하게 담았다.

- 부록에 수록된 제5차 NC는 제24차 유엔기후변화협약 당사국총회 결정문 1 제43(a)항(Decision 1/CP.24, para. 43(a))에 따라 BTR과 함께 제출하되 내용이 중복되지 않는 '연구 및 체계적 관측', '교육 및 시민참여'에 관한 내용을 포함한다.

핵심요약문

개요

파리협정에 따라 우리나라를 포함한 모든 당사국들은 2024년부터 의무적으로 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report, 이하 BTR)를 UN에 제출해야 한다. 우리나라는 이번 제1차 BTR을 통하여 기후대응 세부현황을 국제사회에 최초 공개하게 된다. BTR은 UN 공통양식에 따라 온실가스 감축의 과거, 현재, 미래를 보여주도록 설계되어 있다. 즉, 1990년부터 가장 최신의 확정된 국가 온실가스 통계 정보가 과거에 해당하며, 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC) 달성을 위하여 현재 추진 중인 정책이나 조치의 효과가 현재에 해당한다. 그리고, 2040년까지의 배출전망치를 제출함으로써 미래에 온실가스를 감축하기 위하여 얼마나 더 노력해야 하는지를 예상할 수 있도록 한다.

국가 온실가스 통계

우리나라는 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Report, NIR[1])를 별도의 보고서로 제출하며 BTR 제1장에서는 이에 대한 요약 내용을 담았다.

BTR 제1장의 국가 온실가스 통계는 파리협정 투명성체계 방식·절차·지침(Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework, 이하 MPGs)에 따라 산정한 것으로, 기존 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC) 하 비부속서 I 당사국으로서 보고해 온 제4차 격년갱신보고서(Biennial Update Report, BUR)에서의 국가 온실가스 통계와 산정기준에서 차이가 있다.

1) 파리협정 투명성체계 방식·절차·지침(MPGs) 제38항에 따라 NIR은 공통보고표(Common Reporting Tables, CRT)와 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Document, NID)로 구성된다.

온실가스 산정방법을 규정하는 ⅰ) 국가 온실가스 통계 산정지침이 기존 1996 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 이하 1996 IPCC GL)에서 2006 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, 이하 2006 IPCC GL)으로 변경되었고, ⅱ) 온실가스 배출량 산정식에 적용되는 지구온난화지수(Global Warming Potential, 이하 GWP)가 기존 제2차 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC) 평가보고서에서 제5차 IPCC 평가보고서로 변경되었으며, ⅲ) 보고 대상 온실가스가 기존 6종(CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6)에서 삼불화질소(NF_3)가 추가되어 총 7종으로 확대되었다.

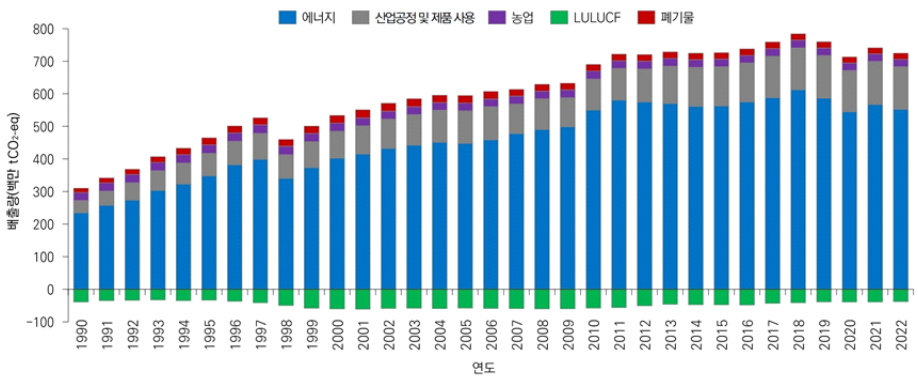
국가 온실가스 배출·흡수량 통계 보고연도는 1990년부터 2022년까지 총 33개 연도에 해당한다.[2] 2022년 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)은 724.3백만 tCO_2-eq으로, 1990년도 총배출량 310.6백만 tCO_2-eq 대비 133.2%(413.7백만 tCO_2-eq) 증가하였다. 이는 2021년도 총배출량 741.0백만 tCO_2-eq 대비 2.3%(16.7백만 tCO_2-eq) 감소한 수치이며, 2018년 배출 정점 대비로는 7.6%(59.6백만 tCO_2-eq) 감소한 수준이다. 2022년 온실가스 순배출량(LULUCF 포함)은 686.5백만 tCO_2-eq으로, 1990년도 순배출량 271.6백만 tCO_2-eq 대비 152.7%(414.8백만 tCO_2-eq) 증가하였고, 2021년 순배출량 702.0백만 tCO_2-eq 대비 2.2%(15.5백만 tCO_2-eq) 감소하였으며, 2018년도 순배출량 742.3백만 tCO_2-eq 대비 7.5%(55.8백만 tCO_2-eq) 감소하였다.

2) 에너지수급통계(2024.12)의 최신 개정사항을 반영하여, 국가 온실가스 통계의 정확성·시의성을 제고하였다. 이로 인하여 1차 BTR의 UNFCCC 제출일정은 계획된 2024년 12월에서 2025년 2월로 변경되었다.

핵심요약문

우리나라 배출량은 1990년대 경제성장에 따라 증가 추세를 보였으나, 2000년대 이후 증가율이 점차 둔화하는 경향이 나타났고 2018년 배출 정점 도달 이후에는 감소세로 전환되었다. 부분적으로는 1998년 외환위기, 2008년 경기침체, 2020년 코로나19로 인하여 단기적으로 배출량이 급감하였다. 1998년에는 외환위기의 영향으로 온실가스 배출량이 전년 대비 12.5% 감소하였고, 이후에는 증가하는 추세를 보이다가(1999~2008년 연평균 증가율 2.6%) 2009년 경기침체의 영향으로 전년 대비 증가율이 0.6%에 그쳤다. 2020년에는 코로나19의 영향으로 배출량이 전년 대비 6.1% 감소하였다.

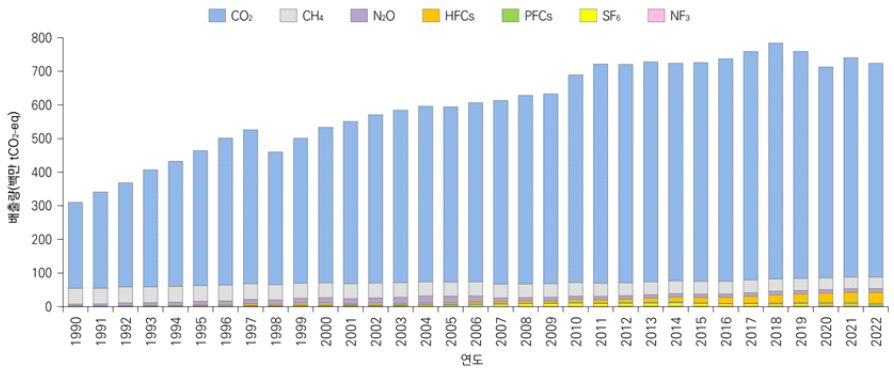
분야별로는 에너지 분야가 2022년 기준 총배출량의 76.2%로 가장 높은 비중을 차지하며, 이어서 산업공정 및 제품 사용이 18.1%, 농업이 3.2%, 폐기물이 2.5% 순으로 나타난다. 특히 제조업 중심의 산업구조로 인하여, 1990년 이후 에너지 분야의 총배출량은 74~80%의 비중을 꾸준히 유지하고 있다.



분야별 온실가스 배출량 및 흡수량(1990~2022)

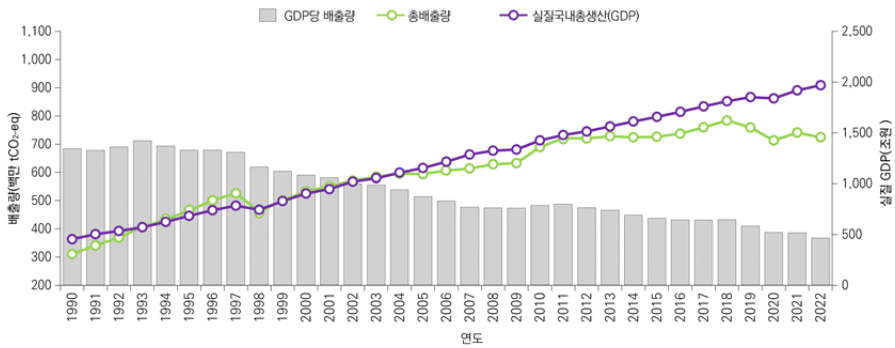
온실가스별로는 CO_2가 87.8%로 가장 큰 비중을 차지하고, 불소계 온실가스가 5.9%(HFCs 4.5%, PFCs 0.56%, SF_6 0.55%, NF_3 0.2%), CH4 4.9%, N_2O 1.5% 순이다.

CO_2를 포함한 대부분의 온실가스는 증가 추세를 보이는 반면, CH_4는 석탄 생산량과 벼재배 면적이 줄어들면서 1990년 이후 지속 감소하고 있다. 특히 불소계 온실가스는 냉매(HFCs)와 반도체·디스플레이 제조 공정(PFCs, SF_6, NF_3) 사용량 증가로 1990년 대비 큰 폭의 증가세를 보이고 있다.



온실가스별 배출량(1990~2022)

2022년도 국내총생산(Gross Domestic Product, 이하 GDP) 당 온실가스 총배출량은 367.9 tCO_2-eq/10억 원으로, 1990년도(683.9 tCO_2-eq/10억원) 대비 46.2%, 2021년도(386.2 tCO_2-eq/10억 원) 대비 4.7% 감소하였다. 특히, 2018년 배출정점에 도달한 이후 GDP는 증가하는 반면 배출량은 감소하는 탈동조화(Decoupling) 추세가 나타나고 있다.



실질 국내총생산(GDP)당 온실가스 총배출량(1990~2022)

NDC 이행·달성 진전 추적

우리나라는 2050 탄소중립 비전을 법제화하고, 2030 NDC를 명시하여 탄소중립 실현을 위한 제도적 기반을 마련하였다. 2021년에는 2030년까지 기준연도인 2018년 총배출량 대비 40%를 감축하겠다는 NDC 상향안을 UN에 제출하였다.

연간 온실가스 총배출량을 기준으로 2030 NDC 진전 상황을 살펴보면, 2021년에 690.8백만 tCO_2-eq, 2022년에는 671.2백만 tCO_2-eq으로써 감축 수준은 2022년 총배출량 기준 2018년 대비 약 8.4%(61.7백만 tCO_2-eq)이다. 이는 전년 대비 2.81% 감소한 수치로 2년 연속 감소 추세를 이어가고 있다.

NDC 이행·달성 관련 진전 상황 추적 정보(CTF Ⅱ.4)

	단위	기준점[1] (2018)	NDC 이행 기간		목표 수준[2]	목표 연도	NDC 진전 현황
			2021년	2022년			
연간 온실가스 총배출량	백만 tCO_2	732.9	690.8	671.2	40%	2030	2022년 기준, 2018년 대비 약 **8.4%** 감축
ITMOs 활용 정보	○ 국제감축사업이 초기 단계이므로, ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지(안)에 대해선 후속 BTR부터 보고 계획						

1) 재계산에 따른 수치 최신화(727.6 → 732.9)
2) 목표 달성을 위해 국내적 감축 노력(산림흡수원 포함)과 함께 파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획

참고로 BTR 제1장의 국가 온실가스 통계는 2006 IPCC GL과 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP에 따라 산정하였으나, 우리나라가 2021년 12월에 제출한 NDC의 이행현황 정보는 NDC 수립 시 반영된 1996 IPCC GL과 제2차 IPCC 평가보고서의 GWP로 산정하여 통계 기준에 차이가 있다.

2035 NDC 및 후속 BTR은 2006 IPCC GL을 적용할 예정으로, 향후 국가 통계와 2035 NDC 이행 현황 간 정합성이 확보될 것이다.

우리나라의 온실가스 감축 정책 및 조치는 2022년 3월, 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법) 시행을 계기로 기후대응기금, 온실가스감축인지 예산 등 제도적 기반을 갖췄다. 이는 2023년 4월 수립된 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」에도 계승되어 우리나라 2030 NDC를 이행하기 위한 핵심 정책 및 조치로 이어졌다. 특히, 2015년부터 운영 중인 배출권거래제는 국가 온실가스 배출량의 약 73.5%를 포괄하고 있으며 기업의 자발적 감축 활동과 투자를 유도하는 대표적인 감축 수단이라고 할 수 있다.

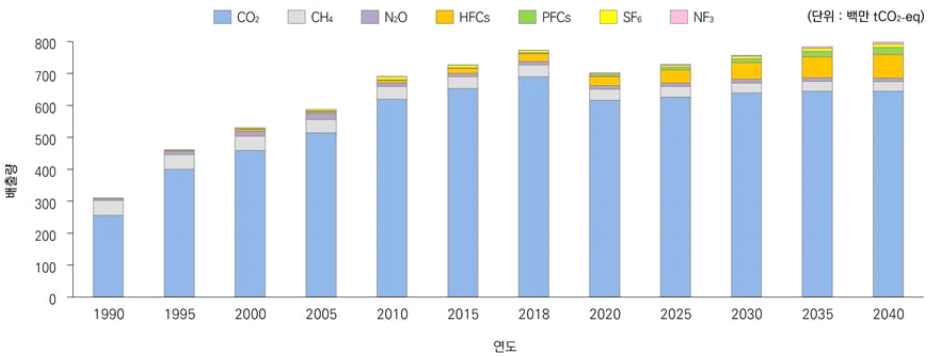
또한, 노후석탄발전 폐지, 신재생 설비 도입, 매립지 메탄포집 확대 등 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원 등 7개 부문에 해당하는 주요 감축 정책 및 조치를 설명하고 일부 수단에 대해서는 2021~2022년, 2030년의 온실가스 예상·달성 감축량 실적도 포함하여 제시하였다.

국가뿐만 아니라, 지방자치단체에서도 2024년부터 「제1차 시·도 탄소중립 녹색성장 기본계획」을 제출하고 지역 특색에 맞는 감축 정책 및 조치들을 추진하고 있다. 또한, 국제 수송(항공 및 해운)으로부터 발생하는 온실가스 배출량을 감축하기 위한 국제사회 노력에도 동참하고 있다.

우리나라는 MPGs 제92항에 따라 2040년까지의 장기 온실가스 배출량 전망 정보를 보고한다. 2040년까지의 온실가스 배출량 전망 결과는 2021년까지의 감축 정책 및 조치의 수준이 앞으로도 계속 유지된다고 가정하는 '기존 조치 도입 시나리오(With Measures Scenario, 이하 WM 시나리오)'이며, 2021년 이후의 감축 정책 및 조치의 감축효과는 포함하지 않는다.

배출전망은 2006 IPCC GL에 따라 산정한 2021년까지의 온실가스 배출량 정보(2023년 국가 온실가스 인벤토리(1990~2021))를 활용하였으며, 배출전망의 결과는 7개 온실가스로 구분하여 제시한다. 가스별 배출량은 제5차 IPCC 평가보고서의 지구온난화지수 변환을 사용하여 CO_2에 상응하는 값으로 제시한다. 국제 항공·해운 및 간접온실가스와 관련된 배출량 예측은 포함하지 않는다.

WM 시나리오에 따르면, 2040년 총배출량은 2018년 대비 약 3.2% 증가한 798.0백만 tCO_2-eq으로 2018년 이후 2040년까지 연평균 0.3%씩 증가가 예상된다.



연도별 우리나라의 가스별 온실가스 배출량 및 전망

이러한 전망 결과는 2021년 이후 상향된 NDC를 달성하기 위한 정책 및 조치를 고려하지 않은 분석 결과임에 유의하여야 한다. 향후 최신 연도를 기준으로 배출전망을 갱신하면, 새로운 정책 및 조치가 반영되어 온실가스 배출량이 이번 전망보다 감소할 것으로 예상된다.

기후변화 영향 및 적응

우리나라는 2021년 제정된 탄소중립기본법을 통하여 국가 차원의 기후변화 대응을 의무화하고 있으며, 2010년부터 5년 단위로 「국가 기후위기 적응대책」을 수립·이행하고 있다. 현재는 기존의 제3차 적응대책을 수정·보완한 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)을 이행 중이다. 국가 기후위기 적응대책은 매년 실시하는 추진상황 점검과 3년차, 5년차에 실시하는 중간, 최종 종합평가로 구성된 종합적인 모니터링 및 평가 체계를 갖추고 있다.

국가뿐만 아니라 17개 광역자치단체 및 226개 시·군·구의 지방자치단체와 교통·수송, 전력 등 중요한 사회기반시설을 다루는 62개의 공공기관도 5년마다 적응대책을 수립·이행하고 있다. 정부는 산업계, 국민 등 다양한 적응 주체와도 협력하고 있으며, 노약자·저소득층 등 기후변화 취약계층에 대해서 다양한 기후변화 적응방안을 지원하고 있다.

우리나라는 기후변화의 현재와 미래의 영향을 가늠하고, 효과적인 적응전략을 수립하기 위하여 다양한 과학적 평가를 수행하고 있다. '기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형(Korean Model Of InTegrated Impact and Vulnerability Evaluation of Climate Change, MOTIVE)'을 통하여 물관리, 산림, 건강, 농업, 해양, 생태 등 평가 부문의 기후변화 영향 및 취약성 평가를 수행 중이며, '기후변화 적응 대책 수립을 위한 취약성 평가 도구(Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan, VESTAP)'를 통하여 기후변화 취약지역의 우선순위를 도출하는 등 데이터 분석을 활용한 의사결정을 지원하고 있다.

국제사회 기여

우리나라는 기후위기 해결을 위한 국제사회 노력에 동참하고, 개발도상국의 기후변화 대응을 지원하기 위하여 지식과 경험을 공유하고 있다.

기후 관련 양자 지원 규모는 약정액 기준 2021년 약 14억 3,900만 달러, 2022년 약 21억 5,600만 달러 수준이며, 특히 기후변화 적응 부문에 대한 지원 비중이 2021년에 79.5%, 2022년에는 61.8%를 차지한다. 개발도상국의 기후변화 수요와 우선순위를 효과적으로 반영하기 위하여 국가협력전략(Country Partnership Strategies, CPS)을 수립하고 국가별 맞춤형 지원을 제공한다.

녹색기후기금(Green Climate Fund, 이하 GCF), 지구환경금융(Global Environment Facility, 이하 GEF) 등 기후변화 대응과 관련된 다자협력 기금도 확대하였다. 2023년까지 GCF 초기 재원보충에 1억 달러, 1차 재원보충에 2억 달러를 공여하였으며, 2024년부터는 2차 재원보충에 3억 달러를 추가로 공여할 계획이다.

GEF에는 2022~2023년 각각 22.3억 원, 24.2억 원을 지원하였다. 또한 적응기금에 2023~2025년간 36억 원, 손실과 피해 기금에 7백만 달러 출연을 계획하고 있다. 아울러 UNFCCC 사무국의 수요 기반 기후재원 협력사업 지원, IPCC 제6차 종합보고서 작성 지원, 기후기술센터네트워크(Climate Technology Centre & Network, 이하 CTCN) 대한민국 협력연락사무소 운영, 세계기상기구(World Meteorological Organization, WMO) 지역훈련센터 신탁기금 운영 등 여러 국제기구를 통한 지원도 확대하고 있다.

기술적 지원과 관련하여 과학기술정보통신부가 기후기술 국제협력을 위한 국가지정기구로 지정되어 있으며, 「기후변화대응 기술개발 촉진법」(2021.04)에 따라 체계적인 기술개발 및 이전을 추진하고 있다. 특히 CTCN 기술지원(Technical Assistance, 이하 TA) 사업을 통하여 2021년부터 2022년까지 총 18건의 프로보노 TA(Pro-bono TA) 사업을 수행하였으며, 주로 에너지(감축)와 물·위생(적응) 분야에서 개발도상국의 수요에 맞춘 기후기술 협력이 이루어졌다.

역량배양 측면에서는 개발도상국의 감축, 적응, 투명성 지원을 위하여 개발 경험 및 지식 공유, 산림 및 온실가스 관리 능력 배양, 환경개선 마스터플랜 수립 지원 등 다양한 활동을 전개하고 있다. 특히 개발도상국의 강화된 투명성체계(Enhanced Transparency Framework, ETF) 이행 및 온실가스 관리 역량배양을 위하여 2017년부터 UNFCCC 사무국과 함께 국제 온실가스 전문가 교육과정(UNFCCC-GIR-CASTT programme on Greenhouse Gases)을 운영하고 있다.

I

국가 온실가스 통계

1. 국가 온실가스 통계 현황 및 제도 체계

1.1 기후변화 및 온실가스 통계 배경 정보

1.1.1 기후변화 배경 정보

우리나라의 연평균 기온은 과거 30년(1912~1940) 대비 최근 30년(1991~2020) 기간에 약 1.6℃ 상승하였다. 특히, 최근 10년(2011~2020) 기간에 과거 110년(1912~2020) 중 더위가 가장 심하였던 상위 10개 연도에서 6개가 이 시기에 포함되었고, 강수 강도가 증가하는 경향을 보이는 등 극한기상 현상이 증가하였다.[3] 이에 따라 21세기 후반기(2081~2100)의 연평균 기온은 2000~2019년 기간 대비 2.3~6.3℃ 증가할 것으로 전망된다.[4] 따라서 기후변화는 앞으로도 전 지구의 극한기후에 영향을 미치며, 동시적이고 반복적인 기후 위해로 인하여 건강, 생태계, 기반 시설, 식량에 미치는 영향과 위험이 증가할 것으로 예상된다.[5]

1993년 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC)에 가입한 우리나라는 기후변화에 대응하기 위한 국제사회의 노력에 동참하고 있다. 교토의정서(Kyoto Protocol, KP) 후속 체제로 파리협정이 체결되면서 2015년 6월, 의도된 국가 결정 기여(Intended Nationally Determined Contributions, INDC)를 UNFCCC에 제출하였다. 2020년에는 '2050 탄소중립'을 국가 비전으로 선언하였고, 2021년에는 국가 온실가스 감축목표(National Determined Contribution, 이하 NDC)를 상향 조정한 NDC 상향안을 UNFCCC 사무국에 제출하였다. 그리고 국가 비전과 NDC 상향안을 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)(2021.09)과 같은 법 시행령에 명문화하였다.

탄소중립 및 2030 NDC 달성을 위하여 20년 계획기간에 대한 5년 연동 법정계획인 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획(2023.04)」을 수립하고 중장기 분야별·연도별 감축목표와 이행대책을 마련하였다. 이를 바탕으로 전 분야에서 온실가스를 다배출하는 업체 및 사업장을 대상으로 배출권거래제를 고도화하고, 무탄소 전원 확대, 건물 에너지 효율기준 강화, 도시숲과 같은 신규 흡수원 조성 등 분야별 온실가스 감축을 위한 다양한 정책을 시행하고 있다. 광역지방자치단체별로도 「시·도 탄소중립 녹색성장 기본계획」을 수립하여 지역 주도의 맞춤형 기후변화 대응 정책을 수립 및 이행하고 있다.

3) 출처: 우리나라 109년(1912~2020) 기후변화 분석보고서(기상청·국립기상과학원, 2021)
4) 출처: 남한상세 기후변화 전망보고서: SSP 4종 시나리오에 따른 기후변화 전망*(국립기상과학원, 2022)
* 제6차 IPCC 평가보고서의 온실가스 경로(Shared Socioeconomic Pathways, 이하 SSP)에 따라 우리나라의 기후변화 시나리오(1km 해상도)로 SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0, SSP5-8.5를 개발하고 시나리오별 2081~2100년의 연평균 기온 상승 전망 결과를 제시
5) 출처: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change(IPCC, 2023)

1.1.2 온실가스 통계[6] 배경 정보

파리협정에 따라 기존 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 체계(Measurement, Reporting, Verification, 이하 MRV)[7][8]가 강화된 투명성체계(Enhanced Transparency Framework, 이하 ETF)로 전환되었다. 이에 따라 모든 당사국은 2024년 말까지 공통보고표(Common Reporting Tables, 이하 CRT)를 포함한 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Document, 이하 NID)를 별도의 보고서 또는 격년투명성보고서(Biennial Transparency Reports, 이하 BTR)에 포함하여 UNFCCC에 제출하여야 한다.[9]

이 보고서 1장 '국가 온실가스 통계'는 투명성체계 방식·절차·지침(Modalities, Procedures and Guidelines, 이하 MPGs) 제40항·50항의 규정에 따라 국내에서 발생한 7개의 직접 온실가스(이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6), 삼불화질소(NF_3))에 대한 온실가스 배출·흡수량 정보를 담고 있다.

온실가스 산정기준에는 MPGs 제17항·20항에 따라 2006 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(2006 Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines, 이하 2006 IPCC GL)[10]을 적용하였고, 일부 배출원에는 2019 IPCC 개선보고서(2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories)[11]의 산정기준을 적용하였다(1.3장 참조). 각각의 온실가스가 지구온난화에 기여하는 정도를 수치로 표현한 '지구온난화지수(Global Warming Potential, 이하 GWP)'에는 MPGs 제37항에 따라 제5차 IPCC 평가보고서[12]의 100년 기준 지수를 적용하였다(1.5장 참조).

6) '국가 온실가스 인벤토리'는 인간의 활동에 의하여 인위적으로 발생하는 온실가스 배출·흡수원 목록에 대하여, 국가별로 정량화한 온실가스 배출·흡수량 수치로(IPCC), 탄소중립기본법에서는 온실가스 통계로 정의하고 있음. 본 보고서에서는 온실가스 통계로 명칭을 통일하되, '국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Document)'는 국제보고서 명명법이므로 인벤토리로 명시

7) 우리나라는 UNFCCC에 따른 비부속서 I(Non-Annex I) 국가로 CBDR(Common But Differentiated Responsibilities) 원칙에 따라 국가보고서(National Communications, 이하 NC)와 격년갱신보고서(Biennial Update Report, 이하 BUR)를 UNFCCC에 제출함
※ NC1(1998.2), NC2(2003.12), NC3(2012.3), NC4(2019.11)와 BUR1(2014,12), BUR2(2017.11), BUR3(2019.11), BUR4(2021.12)

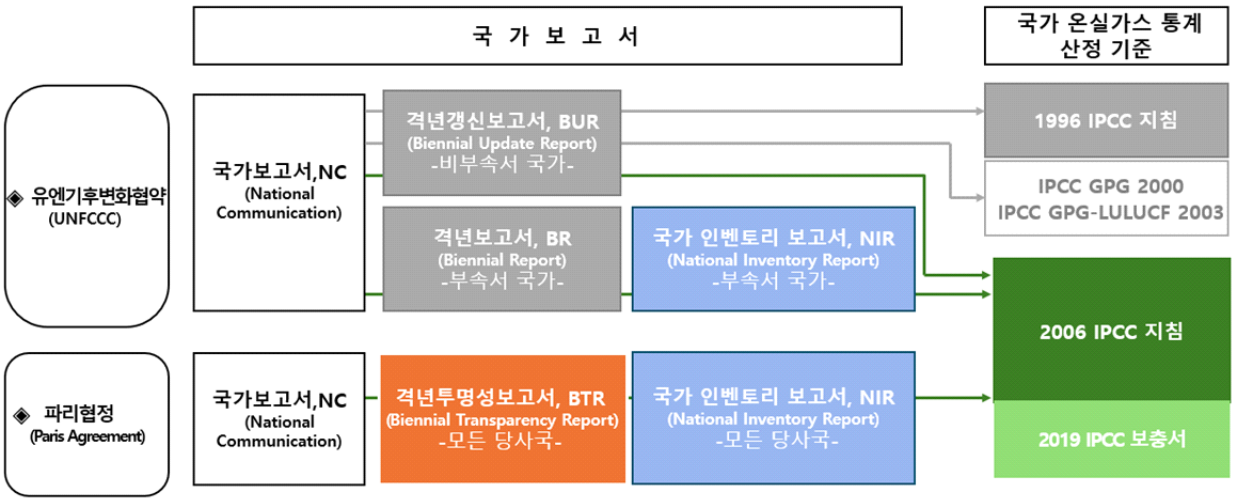
8) BUR4(2021)까지 우리나라의 온실가스 통계 산정·보고·검증 기준은 UNFCCC의 NC 작성 가이드라인에 따라, 국내에서 발생한 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 수소불화탄소, 과불화탄소, 육불화황의 배출·흡수량에 대하여 1996 IPCC GL의 산정방법론을 적용하였으며, 일부 부문에는 IPCC 우수실행지침 2000, IPCC 우수실행지침 LULUCF, 2006 IPCC GL에 따른 산정방법을 적용*. 지구온난화지수에는 제2차 IPCC 평가보고서상의 지수를 반영함
* Guidelines for the preparation of national communications from Parties not included in Annex I to the Convention(Decision 17/CP.8)
Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(IPCC, 1996)
Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories(IPCC, 2000)
Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry(IPCC, 2003)

9) 출처: Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement(Decision 18/CMA.1)(UNFCCC, 2018)

10) 출처: 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(IPCC, 2006)

11) 출처: 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories(IPCC, 2019)

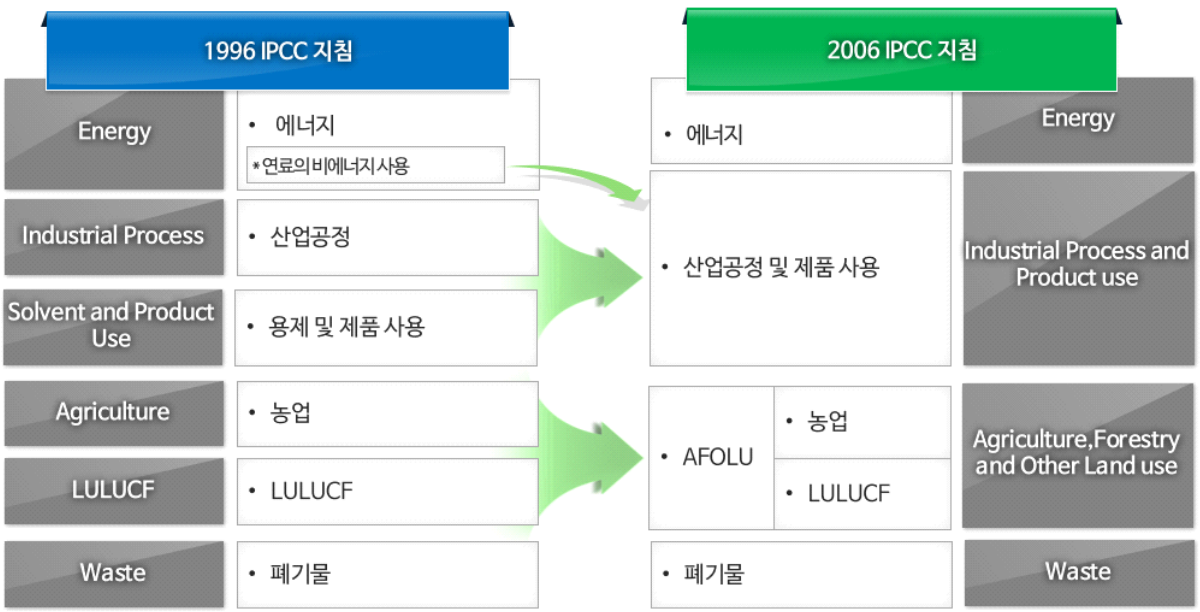
12) 출처: IPCC Fifth Assessment Report(IPCC, 2014)



[그림 Ⅰ-1] 유엔기후변화협약 및 파리협정 하에서 국가 온실가스 통계 제출 기준

출처: Good Practices in GHG Inventories for the Waste Sector(Figures2 편집·번역)(Anna Schreyőgg, 2022), Deutsche Gesellschaft fűr Internationale Zusammenarbeit(GIZ) GmbH

온실가스 통계 산정은 에너지, 산업공정 및 제품 사용, 농업, 토지이용·토지이용 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry, 이하 LULUCF), 폐기물 5개 분야로 구분하여 이루어졌다. 2006 IPCC GL에서는 농업과 LULUCF를 통합하여 '농업, 임업 및 기타 토지 이용(Agriculture, Forestry and Other Land Use, 이하 AFOLU)'으로 정의하고 있으나, MPGs 제50항에 따라 AFOLU를 농업과 LULUCF로 구분하여 산정한다. 보고연도는 1990년부터 2022년까지 총 33개 연도이다.



[그림 Ⅰ-2] IPCC 지침(GL)에 따른 배출량 산정·보고 분야

1.2 제도적 체계

1.2.1 국가 담당조직

국가 온실가스 통계 검증 및 종합정보관리체계를 구축·운영하기 위하여 2010년 환경부 산하에 온실가스종합정보센터(Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea, 이하 GIR)를 설립하였다. GIR은 국가 온실가스 통계 총괄관리 계획 수립, 국가 온실가스 통계 산정·보고·검증 지침(이하 MRV 지침) 마련, 국가 온실가스 통계의 검증 및 보고서의 취합·작성, 배출·흡수계수의 검증, 국가 온실가스 통계 보고 시스템의 운영·관리, 국제협력 등의 업무를 수행한다. 또한, 국가 온실가스 통계 관리위원회(이하 관리위원회), 국가 온실가스 통계 실무협의회(이하 실무협의회), 국가 온실가스 통계 기술협의체(이하 기술협의체)의 구성 및 운영을 지원한다.

기술협의체는 부처에서 추천한 국내 온실가스 통계 전문가로 구성된 조직으로, 온실가스 통계, 국가고유 배출·흡수 계수 등에 관한 기술적 자문을 수행한다.

실무협의회는 MRV 지침의 제·개정, 배출·흡수계수의 개발·검증 등을 위한 관계부처 협의기구이다. 실무협의회의 위원장은 온실가스종합정보센터장이며, 위원은 국무조정실, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 해양수산부, 농촌진흥청, 산림청, 통계청의 과장급 공무원으로 구성된다.

관리위원회는 MRV 지침의 제·개정, 배출·흡수계수의 개발·검증 등의 최종 심의·의결 기구이다. 관리위원회의 위원장은 환경부 차관이며, 위원은 국무조정실, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 해양수산부, 통계청의 국장급 공무원과 분야별 온실가스 통계, 배출계수, 통계 등과 관련하여 학식과 경험이 풍부한 전문가로 구성된다. GIR은 관리위원회의 간사 기관을 담당한다.

분야별 온실가스 통계관리는 분야별 관장기관이 담당한다. 관장기관은 해당 분야 통계에 전문성을 갖춘 기관을 산정기관으로 지정하여 국가고유 배출·흡수 계수의 개발 및 분야별 온실가스 통계 산정 등의 업무를 위임한다. 관장기관은 산정기관이 작성한 국가 온실가스 통계를 검토하고 GIR에 제출한다.

[그림 Ⅰ-3] 국가 온실가스 통계 작성 체계도

※ 국가 온실가스 인벤토리의 공정성 및 신뢰성 확보를 위하여 통계정보에 대하여 통계청과 협의

<표 Ⅰ-1> 분야별 온실가스 통계 관장기관 및 산정기관

분야		관장기관	산정기관
에너지	연료연소(발전, 산업) 및 탈루	산업통상자원부	에너지경제연구원
	수송(항공, 도로, 철도), 건물	국토교통부	한국교통안전공단
	수송(해운) 및 어업	해양수산부	해양환경공단
산업공정 및 제품 사용		산업통상자원부	한국에너지공단
농업	축산	농림축산식품부	국립축산과학원
	재배(경종)		국립농업과학원
LULUCF	산림지, 수확된 목재제품(HWP)		국립산림과학원
	농경지		국립농업과학원
	초지		국립축산과학원
	습지-내륙습지	환경부	국립생태원
	습지-연안습지	해양수산부	해양환경공단
	정주지, 기타토지	국토교통부	한국토지주택공사
폐기물		환경부	한국환경공단

1.2.2 통계 작성절차

1) 준비

국제기준에 부합하는 국가 온실가스 통계관리를 위하여 국가 온실가스 통계작성에 참여하는 관계기관이 합동으로 5년 연동계획인 「국가 온실가스 통계 총괄관리계획(이하 '총괄관리계획[13]')」을 수립한다. 이 계획을 기반으로 산정방법 고도화, 배출·흡수계수의 개발·검증·관리, 활동자료 확보 및 관리, 전산시스템의 구축 및 운영 등 온실가스 통계의 품질 향상에 필요한 제반 사항을 지속적으로 개선한다.

GIR은 매년 총괄관리계획과 전년도 통계 검증과정에서 도출된 개선 필요사항 등을 반영하여 MRV 지침을 개정한다. 개정안은 실무협의회의 검토 및 관리위원회의 심의를 거쳐 확정되며, GIR은 개정 지침을 전년도 12월까지 관장기관에 제공한다.

관장기관은 총괄기관(GIR)이 배포한 지침에 따른 산정방법론을 숙지하고 소관 분야별 배출 및 흡수량 산정을 위한 연간 업무계획을 수립한다. 관장기관은 통계 산정에 필요한 자료와 자료 제공 기관이 제공하는 자료에 변동 사항이 있는지 등을 검토한다. 또한, 관련 분야에 전문성을 갖춘 산정기관을 지정하여 배출·흡수계수를 개발하고 배출량 산정의 역할을 위임한다.

관장(산정)기관이 국가 고유 배출·흡수계수를 개발하여 사용하려면 검증과 심의를 거쳐야 한다. GIR은 국가 고유 배출·흡수계수의 검증을 위하여 계수 개발에 직접 참여하지 않은 GIR 내부 구성원과 해당 분야의 산업계 전문가, 대학·연구기관, 국가 관련기관 전문가 등으로 검증팀을 구성한다. 계수 검증 결과는 실무협의회의 검토와 관리위원회의 심의를 받아 확정·승인한다. 관리위원회에서 승인된 계수를 국가 온실가스 통계에 적용하기 위하여, GIR은 MRV 지침 개정 시 관련 내용을 포함하고 관계부처 협의와 관리위원회 심의를 거쳐 이를 확정한다.

2) 산정·보고·검증(MRV)

산정기관은 자료 제공 기관의 협조를 받아 분야별 배출·흡수량 산정에 필요한 자료를 수집하고, 총괄기관(GIR)에서 배포한 지침에 준하여 배출량을 산정한다. 관장기관은 온실가스 활동자료와 배출계수, 산정방법론 등 통계 수집부터 산정 절차의 전반과 산정 결과에 대한 품질관리 활동을 수행한다. 또한, 당해연도 3월까지 배출·흡수량 산정 결과, 관련 근거자료와 해당 분야의 온실가스 통계 보고서를 작성하여 총괄기관에 제출한다.

13) 출처: 제1차(2015-2019) 국가 온실가스 통계 총괄관리계획(관계기관 합동, 2015), 제2차(2020-2024) 국가 온실가스 통계 총괄관리계획 (관계기관 합동, 2020)

GIR은 관장기관이 제출한 분야별 온실가스 통계를 취합한다. 통계 취합 이후에는 온실가스 배출·흡수량 산정방법, 활동자료, 배출·흡수계수의 적절성과 세부 항목별 배출량 계산오류 여부 등을 검증한다. 검증과정에서 오류나 개선이 필요한 사항이 확인되면, 관장기관에 수정·보완을 요청한다. GIR은 관장기관이 수정하여 다시 제출한 통계자료를 최종적으로 확인한 후 국가 총괄 통계표와 국가 온실가스 통계 보고서 최종안을 마련한다.

3) 확정·공표 및 개선

GIR에서 작성한 국가 온실가스 통계 초안은 실무협의회 논의와 관리위원회 심의를 거쳐 최종 공표된다. 확정된 국가 온실가스 통계는 GIR과 통계청의 누리집을 통하여 외부에 공개된다. 확정·공개된 국가 온실가스 통계는 NC, BTR, NID에 활용되어 국제사회로 제출된다.

온실가스 통계의 산정 과정에서 확인된 개선이 필요한 사항은 단기 또는 장기적 개선 가능 여부에 따라서 차년도의 MRV 지침 또는 차기 총괄관리계획에 반영한다. 이를 통하여 국가 온실가스 통계의 품질을 지속적으로 개선할 수 있도록 한다.

<표 Ⅰ-2> 국가 온실가스 통계 작성 연간 일정

절차	주체	주요 활동	t-2년	t-1년				제출 연도 (t년)
				~1월	~3월	~10월	~12월	
준비								
MRV 지침* 마련	총괄기관	• 지침 개정안 작성 및 배포						
배출·흡수량 산정을 위한 연간 업무계획 수립	관장기관	• 지침 개정안 숙지 • 통계 산정에 필요한 자료 검토						
산정·보고								
분야별 산정·보고	관장기관 산정기관	• 분야별 온실가스 통계 산정 • 내부 QA/QC 수행 후 GIR 제출						
검증								
취합 및 검증	총괄기관	• 국가 온실가스 통계 취합 및 총괄 통계표 작성 • 총괄 통계표 및 총괄 보고서 검토 • 분야별 온실가스 통계 수정·보완 요청						
	관장기관	• 분야별 통계 수정·보완 및 재제출						
심의·확정								
최종안 검토	실무 협의회	• 국가 온실가스 배출·흡수량 초안 검토 • 국가 온실가스 통계 개선계획 작성						
확정	관리 위원회	• 국가 온실가스 통계 심의·확정						
공표								
국내 공표	총괄기관	• 확정 통계 대외 공표						
UNFCCC 제출	환경부 외교부	• UNFCCC 제출을 위한 준비 • UNFCCC 제출						

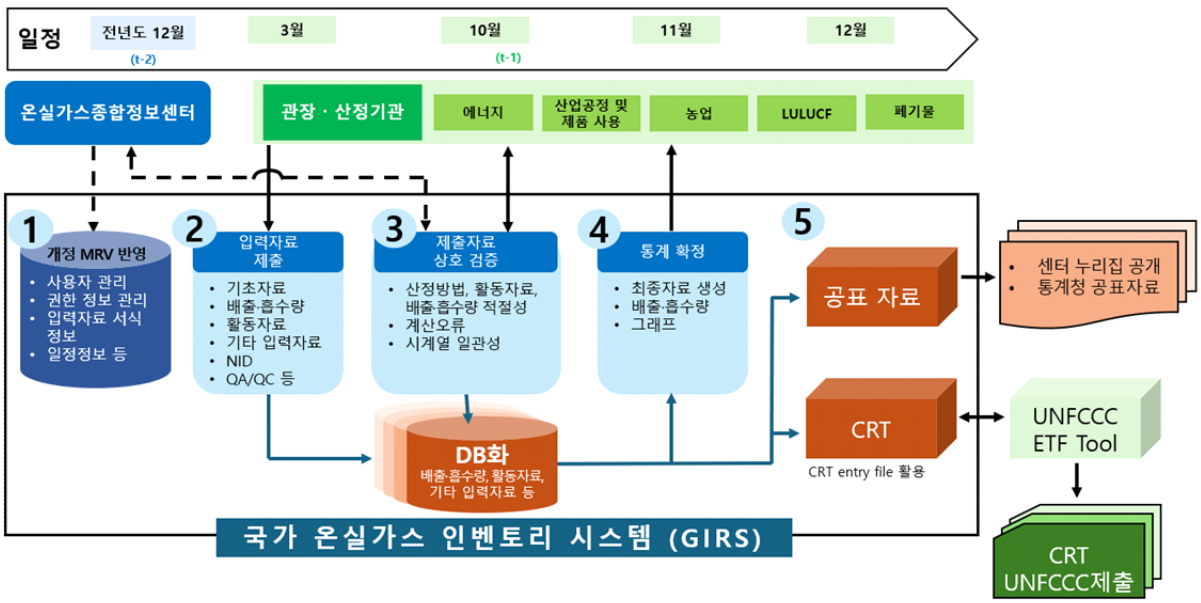
* 국가 온실가스 통계: 1990년~t-2년

1.2.3 정보 기록관리

국가 온실가스 통계의 자료 수집과 보관의 연속성을 위하여 배출량 산정에 사용되는 모든 자료를 국가 온실가스 인벤토리 시스템(GHG Inventory Reporting System, 이하 GIRS)으로 관리한다. GIRS는 기관·역할별 사용자, 제출 일정 정보, 입력자료(기초자료, 활동자료, 배출·흡수량, 산정방법 등) 서식 등을 관리하며, 자료제출에 대한 이력 관리와 GIR의 검증 이력을 저장한다.

GIR은 매년 개정되는 MRV 지침에 따라 입력자료를 갱신하고 GIRS를 통해 배포한다. 이후 산정기관은 작성한 입력자료(엑셀파일 형식)와 NID 및 QA/QC 보고서 등을 GIRS에 등록한다. 관장기관은 산정기관에서 등록한 자료를 확인·검토한 후, GIRS에 제출한다.

국가 온실가스 통계가 실무협의회와 관리위원회를 통하여 최종 승인되면 국내 공표용 자료와 UNFCCC의 보고 도구인 ETF Reporting Tool에 입력할 수 있는 자료(CRT entry file)가 GIRS에서 생성된다.[14]



[그림 Ⅰ-4] 국가 온실가스 통계 산정을 위한 정보 기록관리 체계

14) ETF Reporting Tool 입력 자료 생성기능은 시험 운행 중

1.3 방법론 및 자료출처

1.3.1 산정방법

국가 온실가스 통계는 MPGs 제17항·20항에 따라 2006 IPCC GL의 산정방법을 적용하였다. 일부 배출원에는 2019 IPCC 개선보고서에서 제시한 고도화된 산정방법(상세 활동자료 및 최신 배출계수)을 적용하였다. 2019 IPCC 개선보고서를 적용한 부문은 에너지 분야의 지하폐광/탈루의 CH_4 배출계수, LULUCF 분야 목재제품의 CO_2 탄소축적량 산정방법이다.

1.3.2 활동자료 출처

국가 온실가스 통계 산정 시 활용한 활동자료의 출처는 「통계법」에 따라 지정된 통계 작성 지정기관[15]에서 발표하는 국가승인통계와 통계청 자료, 유관 협회에서 제공한 자료, 온실가스 목표관리제·배출권거래제 사업장 명세서 등으로 다양하다. 국가승인통계가 아닌 자료를 활동자료로 사용하는 경우에는 산정기관 자체 조사 통계와 청정개발체제(Clean Development Mechanism, 이하 CDM) 보고서, 전자공시사업보고서 자료를 활용한다. 정부는 해당 자료의 원출처와 자료의 검증 절차를 확인하는 등 내부 QA/QC 절차를 강화하여 국가 온실가스 통계의 정확성을 제고하고 있다(1.4장 QA/QC 및 검증 참조).

<표 Ⅰ-3> 분야별 자료원

분야	자료 및 통계명	통계기관(수집기관)	비고
에너지	에너지통계연보(에너지수급통계)	에너지경제연구원	국가 승인통계
	석유수급통계	한국석유공사	국가 승인통계
	에너지총조사	산업통상자원부	국가 승인통계
	항공유 소비량	한국교통안전공단	기타
	기종별 이착륙 횟수	한국교통안전공단	기타
	요소수 판매량	환경부 교통환경과	기타
	윤활유 산업자료	한국윤활유공업협회	기타
	선박 LNG 공급량	LNG 공급사	기타
	연도별 폐광 개수	한국광해광업공단	기타
산업공정 및 제품 사용	품목별 유리 생산·출하·재고·내수·수출량	한국에너지공단	기타
	수출입 통계	관세청	국가 승인통계
	온실가스 목표관리제 및 배출권거래제 명세서	환경부	기타
	광물·화학산업 등 일부 활동자료에 대하여 업체별 조사	한국에너지공단	기타

15) 우리나라는 「통계법」 제15조에 근거하여 정부 정책의 수립·평가 또는 경제·사회현상의 연구·분석 등에 이용되는 수량적 정보를 작성하고 있거나 작성하고자 하는 기관을 특정한 절차에 따라 통계작성지정기관으로 지정함으로써 통계의 작성·보급 및 이용을 촉진하고 있음

분야	자료 및 통계명	통계기관(수집기관)	비고
	클링커 생산량	한국시멘트협회	협회
	석회 생산량	한국석회석가공협동조합	협회
	병유리 생산량	한국유리공업협동조합	협회
	석회석, 백운석 소비량	한국철강협회	협회
	알루미늄 생산량	한국비철금속협회	협회
	윤활유 및 그리스 생산/수입/수출량	한국윤활유공업협회	협회
	가스 소비량 등	한국반도체산업협회	협회
	가스 소비량 등	한국디스플레이산업협회	협회
	의약품제조수입실적	식품의약품안전처	기타
	석유화학편람	한국석유화학협회	협회
	전자공시사업보고서	금융감독원	기타
	CDM 보고서	UNFCCC	기타
	에너지통계연보(에너지수급통계)	에너지경제연구원	국가 승인통계
농업	가축동향조사	통계청	국가 승인통계
	농림축산식품통계연보	농림축산식품부/통계청	기타/국가 승인통계
	농림어업조사	통계청	국가 승인통계
	농업면적조사	통계청	국가 승인통계
	농림어업총조사	통계청	국가 승인통계
	농작물생산조사	통계청	국가 승인통계
	농축산물생산비조사	통계청	국가 승인통계
	비료사업통계요람	농협경제지주	기타
	비료연감	한국비료협회	기타
LULUCF	산림임업통계연보	산림청	기타
	산림기본통계	산림청	국가 승인통계
	목재이용실태조사	산림청	국가 승인통계
	농업면적조사	통계청	국가 승인통계
	과수 시설재배 현황과 발전방향(1992)	농촌진흥청	기타
	한국의 토양분류 및 해설(2011)	농촌진흥청	기타
	지적통계	국토교통부	국가 승인통계
	결빙일수	기상청	기타
	국가 블루카본 정보시스템(K-BIS)	해양수산부	기타
폐기물	전국 폐기물 발생 및 처리현황	환경부	국가 승인통계
	전국 폐기물 통계조사	환경부	국가 승인통계
	하수도통계	환경부	국가 승인통계
	산업폐수의 발생과 처리	환경부	국가 승인통계
	수도권매립지 통계연감	수도권매립지관리공사	기타
	업종별 BOD-COD 부하량	국립환경과학원	기타

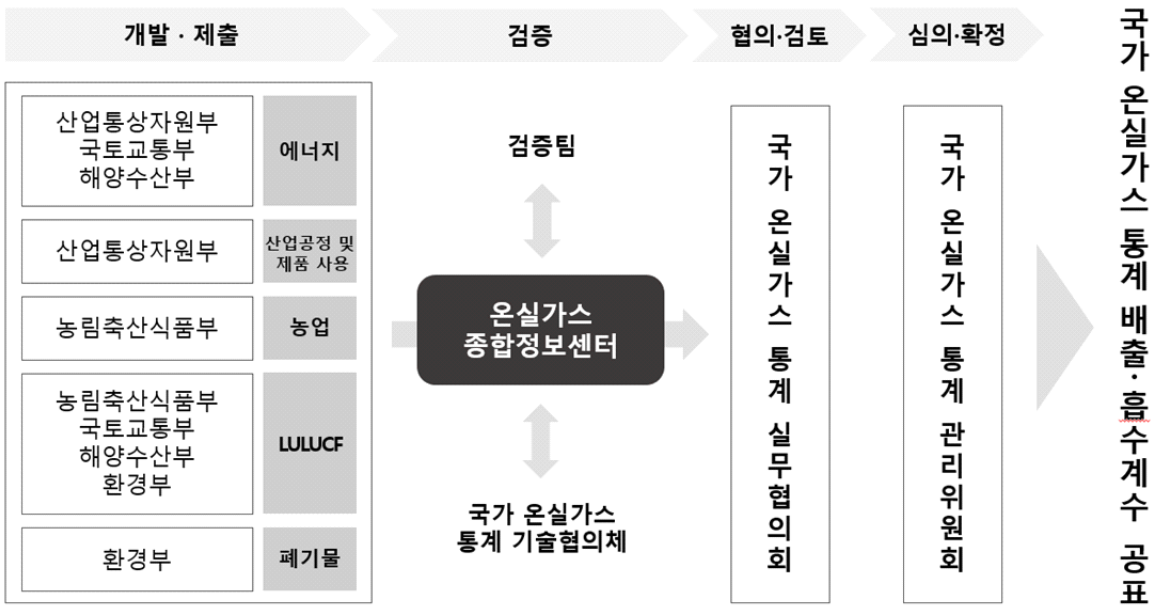
* '기타'는 산정기관 자체 조사 통계와 CDM 보고서, 전자공시사업보고서 등을 포함

1.3.3 국가 고유 배출·흡수계수

통계의 정확성을 높이기 위하여 총괄 및 관장기관 합동으로 「국가 온실가스 통계 총괄관리계획」을 수립하고 있다. 이를 바탕으로 체계적인 국가 온실가스 배출·흡수계수의 개발·검증·관리를 목표로 하는 「국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 지침(이하 계수 지침)」을 마련하였다. 또한, 이 지침에 따른 이행계획을 통하여 국가 고유의 배출·흡수계수를 개발하고 있다.

관장기관은 계수 지침에 따라 국내 여건을 고려한 배출·흡수 활동 특성을 반영하여 계수를 개발한다. 계수 개발에 적용할 수 있는 산정방법으로는 IPCC에서 제시하는 개발방법론, 온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침에 따른 개발방법론, 학술적으로 인정된 개발방법론(SCI(E) 게재 등)이 있다.

관장기관이 개발한 배출·흡수계수는 GIR이 검증한 후 실무협의회의 협의·검토와 관리위원회의 심의를 통하여 확정·공표한다. 확정된 국가 배출·흡수계수는 최종적으로 MRV 지침 개정 시 반영되어 국가 온실가스 통계의 기초자료로 활용된다.



[그림 Ⅰ-5] 국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 체계도

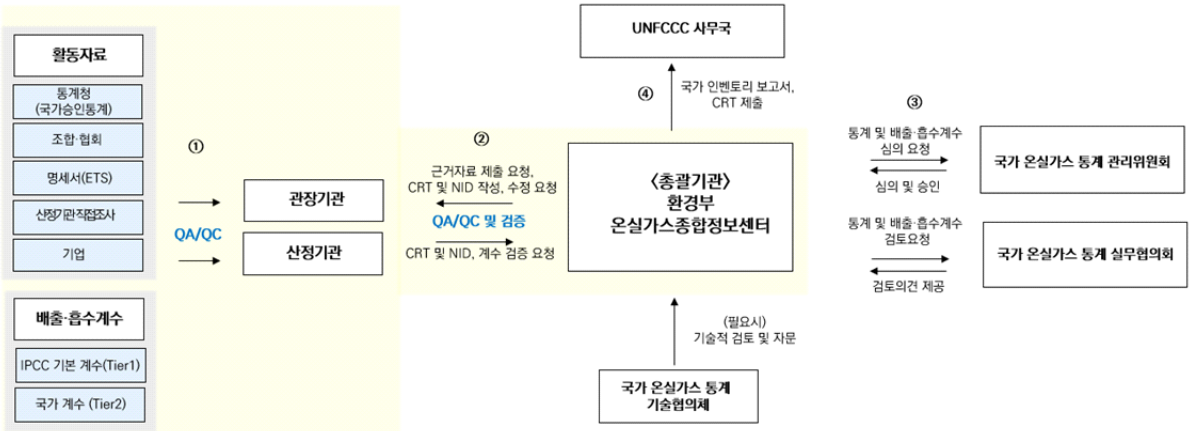
1.4 품질보증 및 관리(QA/QC) 및 검증

1.4.1 QA/QC 및 검증 절차

국가 온실가스 통계의 투명성, 일관성, 비교가능성, 완전성, 정확성을 높이기 위하여 2006 IPCC GL 기반의 품질보증 및 관리(Quality Assurance/Quality Control, 이하 QA/QC)를 이행하고 있다.

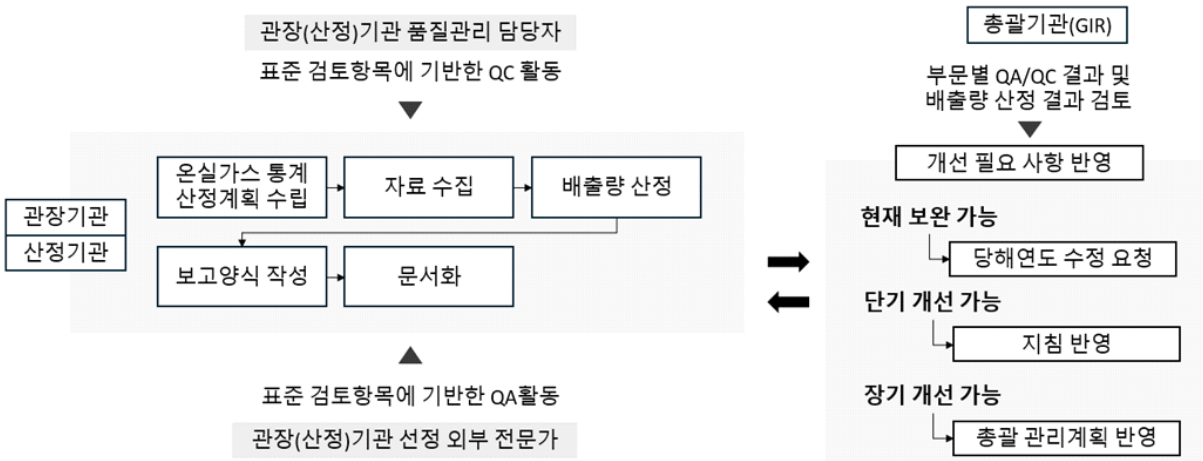
분야별 관장(산정)기관은 분야별 온실가스 배출량을 산정하고 보고하는 모든 단계에서 자체적으로 QC 활동을 수행한다. 또한, 배출량 산정에 관여하지 않은 외부 전문가를 선정하여, 활동자료의 적합성, 배출계수 및 산정식의 지침 준수 여부, 활동자료 및 산정 결과의 시계열적 일관성 등을 검증받는다.

분야별 관장(산정) 기관 및 외부 전문가는 표준화된 점검항목에 따라 QA/QC 활동을 수행한다. 점검항목은 모든 분야에 적용되는 공통 항목과 분야별 항목으로 구분된다. 공통 QC 항목은 배출량 산정계획 수립, 배출량 산정, 보고 과정에서 일반적으로 점검하여야 하는 항목이다. 공통 QA 항목은 활동자료, 배출·흡수계수, 산정방법론 등 정확한 배출량 산정을 위하여 기술적으로 점검하여야 하는 항목이다. 세부 부문별로 해당 부문의 통계 산정에 필요한 특정한 점검항목은 부문별 QA, QC 항목에 포함된다.



[그림 Ⅰ-6] QA/QC 체계도

관장(산정)기관은 자체적으로 수행한 QA/QC 활동 결과를 총괄기관(GIR)에 보고한다. GIR은 국가 온실가스 통계의 품질 향상을 위하여 관장(산정)기관별로 제출한 QA/QC 보고서와 분야별 배출량을 검토하고, 배출량의 정확성을 검증한다. QA/QC 활동과정과 배출량 검증에서 도출된 개선이 필요한 사항 중 현재 보완이 가능한 사항은 당해 연도 MRV 지침에 반영하고, 단기적으로 개선이 가능한 사항은 차년도 MRV 지침에, 장기적으로 개선이 필요한 사항은 5년 단위의 연동계획인 「국가 온실가스 통계 총괄관리계획」에 반영하여 지속적으로 국가 온실가스 통계의 품질을 개선할 수 있도록 하고 있다.



[그림 Ⅰ-7] QA/QC 절차 및 세부 내용

국가 온실가스 통계의 정확성 확보를 위하여 활동자료와 배출계수 및 배출량 정보는 모두 위에서 언급한 총괄적인 QA/QC와 검증절차를 거쳐야 한다. 특히, 통계법에 따른 국가승인통계와 국가 고유 배출·흡수계수는 보다 상세한 QA/QC와 검증 절차를 통하여 통계의 정확성을 높이고 있다. 이에 대한 상세 정보는 아래와 같다.

1.4.2 국가승인통계 QA/QC

국가 온실가스 통계 산정을 위한 활동자료의 대부분은 국가승인통계이다. 국가승인통계란 통계 작성기관이 통계법 제18조 또는 제20조에 따라 통계청장의 승인을 받거나 협의를 거친 통계를 말한다. 국가승인통계는 2014 UN 국가통계 기본원칙[16]에 따라 국가통계 작성기관들 간의 통계활동을 효과적으로 조정하여 국가통계 체계의 일관성과 효율성을 확보하고, 각종 의사결정을 합리적으로 수행하기 위한 공공자원으로 활용하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 통계 작성기관의 신규통계 작성, 변경·중지, 공표 등 주요 단계에 통계법적 규율이 이루어지며, 통계 작성기관에는 그에 따른 의무와 권리가 부여된다.

16) 출처: Fundamental Principles of Official Statistics(UN, 2014)

법에 의하여 승인받은 국가통계는 정기진단, 수시진단, 자체진단 및 품질개선 컨설팅을 포함한 QA/QC 과정을 통하여 관리된다. 정기진단은 국가통계 품질관리 5개년 계획에 따라 주요통계를 선정하고, 전문연구진이 통계정보보고서를 활용하는 기초진단 및 심층·전문진단(자료수집체계, 조사표설계, 표본설계 등)을 통하여 진행된다. 수시진단은 품질 문제가 발견된 통계를 정기진단 체계를 준용하여 진단하되, 개별 통계 문제에 따라 세부진단 내용을 추가하는 방식으로 진행된다. 자체진단은 통계작성기관 스스로 소관통계에 대한 문항에 응답하고 품질 사항을 점검함으로써 자체적으로 품질을 개선하도록 유도한다. 품질개선 컨설팅은 통계 작성기관이 통계전문인력 부족 및 예산제약으로 인하여 자체적으로 추진하기가 어려운 품질개선 과제를 효율적으로 수행할 수 있도록 지원하는 활동으로, 통계청에서 이를 관리한다.

<표 Ⅰ-4> 국가통계 품질관리체계

구분	정기진단	수시진단	자체진단	품질개선 컨설팅
근거	통계법 제9조	통계법 제10조	통계법 제11조	통계법 제13조
대상	주요 통계[1)]	품질 저하 통계[2)]	모든 승인통계[3)]	컨설팅 요청 통계
주기	5년	수시	1년	수시
방법	통계청	통계청	작성기관	통계청

1) 정책 수립·평가 또는 다른 통계의 작성 등에 널리 활용되는 통계
2) 상시(언론 등 외부지적)·기획(자체진단 저평가 통계 등) 모니터링을 통하여 품질 이슈가 발견된 통계
3) 지자체 공통통계 및 당해연도 정기·수시 진단 통계, 당해연도 미공표통계 등은 제외

1.4.3 국가 고유 배출·흡수계수에 대한 QA/QC 및 검증

관장기관은 분야별 배출·흡수계수를 개발하고 이를 개발·검증기준 체크리스트를 통하여 자체적으로 점검한 후 GIR에 제출한다. GIR은 내부 및 외부전문가가 참여한 검증팀, 외부 전문가 중심의 기술협의체를 구성하여 관장기관에서 제출한 배출·흡수계수 개발 방법의 적절성, 대표성, 측정·분석 정확성을 검증한다. 검증한 배출·흡수계수는 실무협의회의 협의·검토와 관리위원회의 심의를 통하여 확정 후 공표한다.

GIR은 배출·흡수계수 개발 및 검증 과정에서 6대 검증항목 및 14개 검증요소를 고려한다. IPCC 등에서 제시한 적절한 방법론을 사용하여 배출·흡수계수를 개발하였는지, 표본 대상집단이 배출·흡수량 비율, 생산량 비율 등을 고려하여 적절히 선정되었는지 등을 확인하는 과정을 통하여 계수의 개발방법과 대표성을 검증한다. 또한, 배출·흡수 특성을 고려한 측정·분석 방법론을 선정하였는지, 원시자료에서 극단값 또는 누락값이 발생하였을 때 이를 적합한 방법으로 처리하였는지 등을 검증하여 측정·분석의 정확성을 확보한다. 품질보증(QA) 및 품질관리(QC) 수행, 불확도 평가를 통하여 계수 타당성을 입증하는 과정도

계수를 개발하고 검증할 때 중요하게 검토하는 항목이다. 배출·흡수계수는 이러한 항목을 검증한 후 관련 부처가 참여한 실무협의회에서 협의하고 관리위원회에서 심의·확정한다. 확정한 국가 배출·흡수계수는 최종적으로 MRV 지침 개정 시 반영되어 국가 온실가스 통계의 기초자료로 활용된다.

<표 Ⅰ-5> 국가 온실가스 배출·흡수계수 검증항목 및 검증요소

검증항목	검증요소
개발방법론	① 국내외 배출·흡수량 산정지침과의 정합성
	② 개발방법론의 적절성
	③ 배출·흡수 특성 고려 여부
계수 대표성	④ 표본 대상 집단의 적절성
	⑤ 표본 수의 적절성
측정·분석 정확성	⑥ 측정·분석 유형 및 방법론의 적절성
	⑦ 측정·분석기관의 신뢰수준
	⑧ 측정·분석기기의 신뢰수준
자료관리	⑨ 자료관리의 적절성
	⑩ 계수 개발 자료 간 시간범위 일치 여부
품질보증(QA) 및 품질관리(QC)	⑪ 품질보증(QA) 및 품질관리(QC) 활동의 적절성
	⑫ 계수 등가성 평가
불확도	⑬ 불확도 산정방법의 적절성
	⑭ 불확도 평가

출처: 국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 지침(온실가스종합정보센터, 2020)

1.5 통계 단위

온실가스는 배출되어 대기 중에 머무는 기간과 열 흡수량이 다르며, 이에 따라 온실가스별로 지구온난화에 미치는 영향이 각기 다르다. 이러한 이유로 국제사회는 온실가스를 하나의 기준으로 비교·평가하기 위하여 온실가스별 배출량을 파악할 때 CO_2 환산량(carbon dioxide equivalent, 이하 'CO_2-eq')을 활용한다. CO_2 환산량은 GWP를 활용하여 산정한다.[17] GWP 수치는 IPCC 평가보고서를 기준으로 한다. 우리나라 온실가스 배출량 통계는 MPGs 제37항에 따라 제5차 IPCC 평가보고서에서 제시한 100년 기준 GWP를 바탕으로 작성하였다.

<표 Ⅰ-6> 온실가스별 지구온난화지수(GWP)

온실가스	화학식	GWP-100
이산화탄소	CO_2	1
메탄	CH_4	28
아산화질소	N_2O	265
수소불화탄소(HFCs)		
HFC-23	CHF_3	12,400
HFC-32	CH_2F_2	677
HFC-41	CH_3F	116
HFC-125	CHF_2CF_3	3,170
HFC-134	CHF_2CHF_2	1,120
HFC-134a	CH_2FCF_3	1,300
HFC-143	CH_2FCHF_2	328
HFC-143a	CH_3CF_3	4,800
HFC-152	CH_2FCH_2F	16
HFC-152a	CH_3CHF_2	138
HFC-161	CH_3CH_2F	4
HFC-227ea	CF_3CHFCF_3	3,350
HFC-236cb	$CH_2FCF_2CF_3$	1,210
HFC-236ea	CHF_2CHFCF_3	1,330
HFC-236fa	$CF_3CH_2CF_3$	8,060
HFC-245ca	$CH_2FCF_2CHF_2$	716
HFC-245fa	$CHF_2CH_2CF_3$	858

17) 예: 온실가스 배출량 = 활동자료 × 배출계수 × 온실가스별 GWP

온실가스	화학식	GWP-100
HFC-365mfc	$CH_3CF_2CH_2CF_3$	804
HFC-43-10mee	$CF_3CHFCHFCF_2CF_3$	1,650
과불화탄소(PFCs)		
PFC-14	CF_4	6,630
PFC-116	C_2F_6	11,100
PFC-218	C_3F_8	8,900
PFC-318	$c-C_4F_8$	9,540
PFC-31-10	C_4F_{10}	9,200
PFC-41-12	C_5F_{12}	8,550
PFC-51-14	C_6F_{14}	7,910
PCF-91-18	$C_{10}F_{18}$	7,190
Trifluoromethyl sulfur pentafluoride	SF_5CF_3	17,400
Perfluorocyclopropane	$c-C_3F_6$	9,200
육불화황	SF_6	23,500
삼불화질소	NF_3	16,100

2. 국가 온실가스 통계 추이

2.1 국가 온실가스 배출·흡수 추이

2.1.1 서론

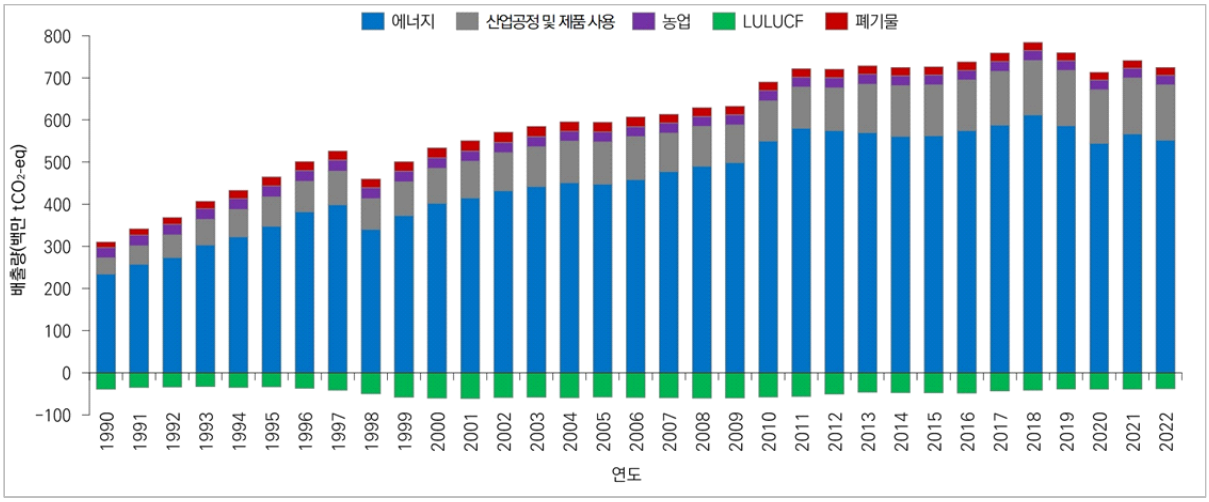
우리나라의 2022년 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)[18]은 724.3백만 tCO_2-eq으로, 1990년도 총배출량 310.6백만 tCO_2-eq 대비 133.2%(413.7백만 tCO_2-eq) 증가하였다. 2021년도 총배출량 741.0백만 tCO_2-eq 대비 2.3%(16.7백만 tCO_2-eq) 감소하였으며, 2018년 배출 정점 대비 7.6%(59.6백만 tCO_2-eq) 감소하였다.

2022년 온실가스 순배출량(LULUCF 포함)[19]은 686.5백만 tCO_2-eq으로, 1990년도 순배출량 271.6백만 tCO_2-eq 대비 152.7%(414.8백만 tCO_2-eq) 증가하였다. 2021년 순배출량 702.0백만 tCO_2-eq 대비 2.2%(15.5백만 tCO_2-eq) 감소하였으며, 2018년도 순배출량 742.3백만 tCO_2-eq 대비 7.5%(55.8백만 tCO_2-eq) 감소하였다.

우리나라의 온실가스 배출량은 1990년대 경제성장과 함께 전반적으로 증가하였다. 2000년대 이후에는 증가율이 점차 둔화하는 경향을 보이다가 2018년 배출 정점에 도달한 이후 감소세로 전환하였다. 그러나 1998년 외환위기, 2008년 경기침체, 2020년 코로나19로 인하여 단기적으로 급감한 사례도 있었다. 1998년에는 외환위기의 영향으로 전년 대비 12.5% 감소하였고, 2009년에는 경기침체의 영향으로 1999~2008년 연평균 2.6%였던 증가율이 0.6%에 그쳤다. 2020년에는 코로나19의 영향으로 전년 대비 6.1% 감소하였다.

우리나라에서 온실가스 배출량이 가장 많이 발생하는 분야는 에너지 분야로, 2022년 기준 총배출량의 76.2%를 차지한다. 이어서, 산업공정 및 제품 사용이 18.1%, 농업이 3.2%, 폐기물이 2.5%를 차지한다. 우리나라는 제조업 중심의 산업구조로 인하여 1990년부터 국가 총배출량의 74~80%가 에너지 분야에서 발생하고 있다.

18) 총배출량은 LULUCF 분야를 제외한 에너지, 산업공정 및 제품 사용, 농업, 폐기물 분야 배출량의 합계로 본 보고서의 국가 총배출량 비중, 증감률 등의 분석에 활용한 값은 LULUCF 분야를 제외한 총배출량을 기준으로 함
19) 순배출량은 LULUCF 분야의 배출원 및 흡수원을 모두 포함한 전 분야(에너지, 산업공정 및 제품 사용, 농업, 폐기물, LULUCF) 배출량의 합계임



[그림 Ⅰ-8] 분야별 온실가스 배출량 및 흡수량(1990~2022)

<표 Ⅰ-7> 분야별 온실가스 배출량 및 증감률

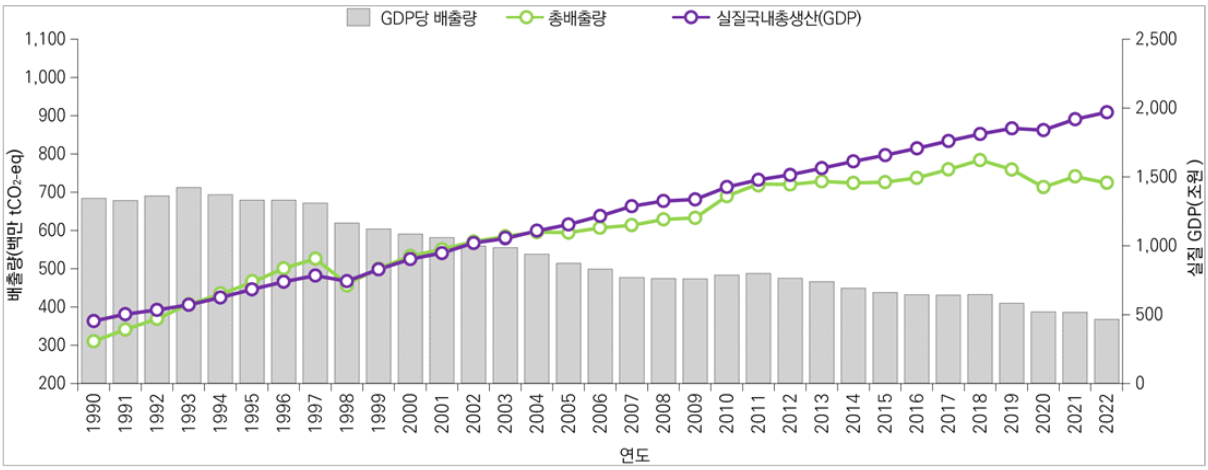
(단위: 백만 tCO_2-eq)

분야		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
									1990년 대비	전년 대비
에너지	배출량	234.5	402.2	550.3	612.1	544.6	566.8	551.9	135.4	-2.6
	비중(%)	75.5	75.4	79.8	78.1	76.4	76.5	76.2		
산업공정 및 제품 사용	배출량	37.8	83.1	95.0	128.9	126.8	132.8	131.3	247.3	-1.1
	비중(%)	12.2	15.6	13.8	16.4	17.8	17.9	18.1		
농업	배출량	24.9	24.7	24.7	23.5	23.1	23.1	23.0	-7.7	-0.5
	비중(%)	8.0	4.6	3.6	3.0	3.2	3.1	3.2		
LULUCF	배출량	-39.0	-60.4	-57.4	-41.6	-38.8	-39.0	-37.8	-2.9	-3.0
폐기물	배출량	13.4	23.4	19.7	19.4	18.5	18.3	18.2	35.3	-0.8
	비중(%)	4.3	4.4	2.9	2.5	2.6	2.5	2.5		
총배출량 (LULUCF 제외)	배출량	310.6	533.5	689.8	783.9	713.0	741.0	724.3	133.2	-2.3
	비중(%)	100	100	100	100	100	100	100		
순배출량 (LULUCF 포함)	배출량	271.6	473.1	632.4	742.3	674.1	702.0	686.5	152.7	-2.2

2.1.2 실질 국내총생산(GDP) 대비 온실가스 총배출량

우리나라의 2022년도 GDP당 온실가스 총배출량은 367.9 tCO_2-eq/10억 원으로, 1990년도 683.9 tCO_2-eq/10억 원 대비 46.2%, 2021년도 386.2 tCO_2-eq/10억 원 대비 4.7% 감소하였다.

우리나라의 GDP당 온실가스 총배출량은 점진적으로 감소하였다. 배출이 정점에 도달한 2018년 이후에는 GDP는 증가하는 반면 배출량은 감소하는 탈동조화(Decoupling)[20] 현상이 나타났다. 1990년대에는 GDP와 온실가스 총배출량 모두 5~10%로 유사한 증가율을 보였으나, 2000년대부터는 배출량 증가율(2000~2009년 연평균 증가율 1.9%)이 GDP 증가율(2000~2009년 연평균 증가율 4.4%)보다 낮아지기 시작하며 약세한(weak) 탈동조화(Decoupling) 현상이 나타나기 시작하였다. 2010년 이후(2010~2017) 연평균 경제성장률이 2~3%대로 진입하는 동시에 연평균 총배출량 증가율은 1.4%로 낮아졌다. 총배출량 증가율이 감소세(-3.1%)로 전환된 2018년 이후에는 완전한 탈동조화가 이루어졌다. 다만, 1998년 외환위기 회복기(1998~1999), 2008년 경기침체 회복기(2010~2011), 코로나19 회복기(2020~2021)와 같이 경제가 반등하는 시기에는 일시적으로 GDP와 배출량 모두 전년 대비 급등하는 현상이 관찰되었다.



[그림 Ⅰ-9] 실질 국내총생산(GDP)당 온실가스 총배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-8> 실질 국내총생산(GDP)당 온실가스 총배출량

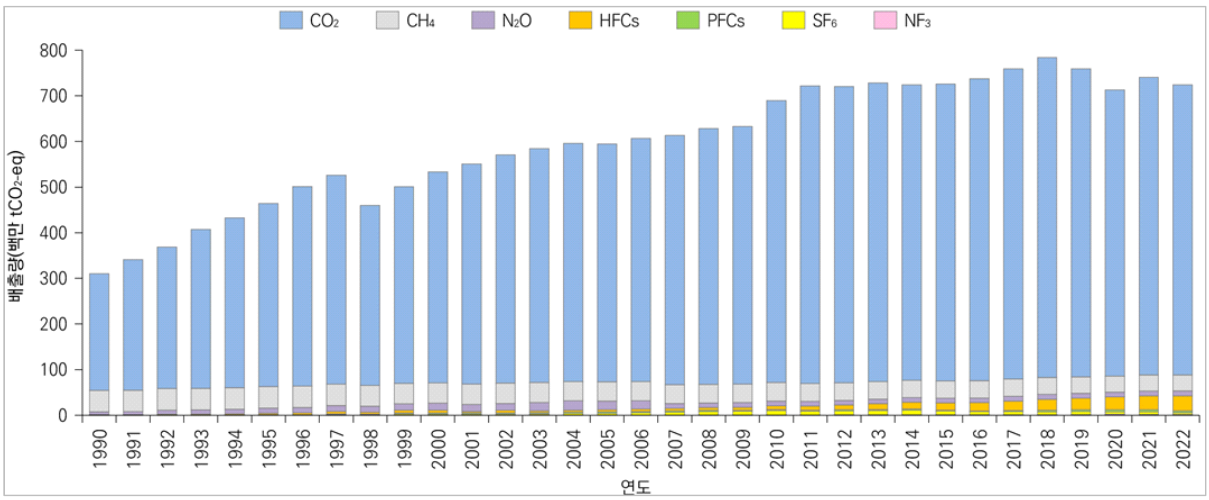
구분	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022
총배출량(백만 tCO_2-eq)	310.6	533.5	689.8	783.9	713.0	741.0	724.3
GDP(천억 원)*	4,541.5	9,035.5	14,266.2	18,120.1	18,395.2	19,187.1	19,688.4
GDP당 총배출량(tCO_2-eq/10억 원)	683.9	590.4	483.5	432.6	387.6	386.2	367.9

* 출처: 국민계정, 경제활동별 GDP 및 GNI(실질, 2015년 기준)(한국은행, 2023)

20) 온실가스 탈동조화는 온실가스 배출량과 경제성장의 경로가 분리되는 현상을 의미함

2.2 온실가스별 배출·흡수 추이

온실가스 중에서는 CO_2가 2022년 기준 배출량의 87.8%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 그 다음으로 불소계 온실가스가 5.9%(HFCs 4.5%, PFCs 0.56%, SF_6 0.55%, NF_3 0.2%), CH4가 4.9%, N_2O가 1.5% 순으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-10] 온실가스별 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-9> 온실가스별 배출량 및 증감률

(단위: 백만 tCO_2-eq)

온실가스		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
									1990년 대비	전년 대비
CO_2	배출량	256.2	462.6	618.0	701.1	626.7	652.5	635.8	148.2	-2.6
	비중(%)	82.5	86.7	89.6	89.4	87.9	88.1	87.8		
CH_4	배출량	46.8	44.6	40.6	37.2	35.6	35.3	35.2	-24.9	-0.5
	비중(%)	15.1	8.4	5.9	4.7	5.0	4.8	4.9		
N_2O	배출량	6.3	14.9	10.6	10.9	10.7	10.8	10.7	68.9	-0.9
	비중(%)	2.0	2.8	1.5	1.4	1.5	1.5	1.5		
HFCs	배출량	1.0	6.0	7.6	23.6	27.9	30.3	32.9	3,062.5	8.8
	비중(%)	0.3	1.1	1.1	3.0	3.9	4.1	4.5		
PFCs	배출량	-	2.5	2.5	3.9	4.5	4.7	4.1	116.6*	-14.4
	비중(%)	-	0.5	0.4	0.5	0.6	0.6	0.6		
SF_6	배출량	0.2	2.8	10.0	6.3	5.4	5.5	4.0	2,243.3	-28.4
	비중(%)	0.1	0.5	1.4	0.8	0.8	0.7	0.5		
NF_3	배출량	-	-	0.4	1.0	2.1	1.8	1.7	359.7*	-7.7
	비중(%)	-	-	0.1	0.1	0.3	0.2	0.2		
총배출량 (LULUCF 제외)	배출량	310.6	533.5	689.8	783.9	713.0	741.0	724.3	133.2	-2.3
	비중(%)	100	100	100	100	100	100	100		

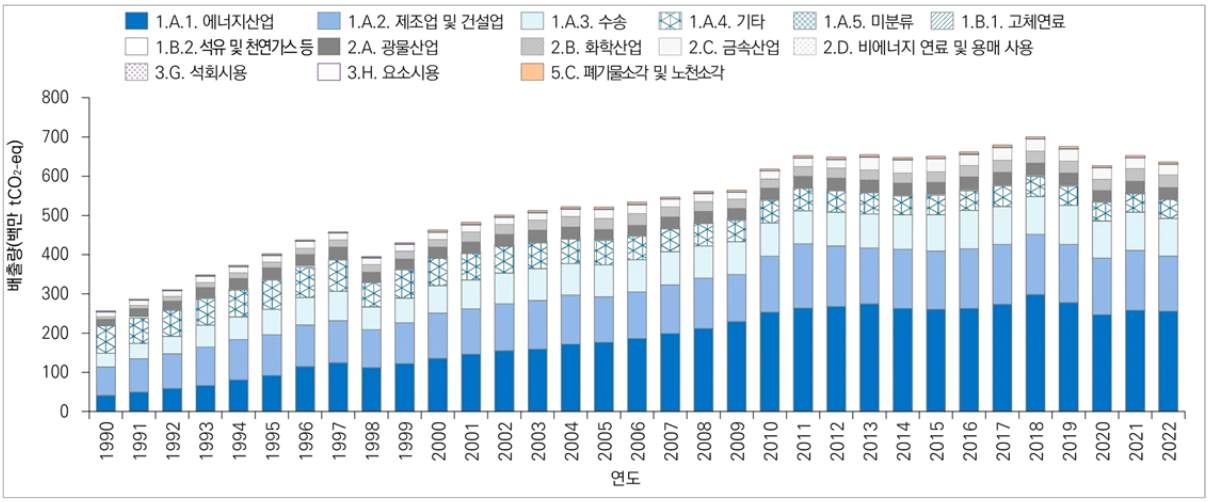
* PFCs 및 NF_3는 최초 통계가 수집된 1997년도 및 2008년을 기준으로 증감률 계산

CO_2를 포함한 온실가스들은 전반적으로 증가하는 추세를 보였다. 반면, CH_4 배출량은 에너지 분야에서의 석탄 생산량 감소, 농업 분야에서의 벼재배 면적의 감소 등의 영향으로 1990년 이후 지속 감소하였다. 2022년 불소계 온실가스는 1990년 대비 특히 큰 증가율을 보였는데, 이는 1990년 대비 냉장과 냉방장치의 냉매로 사용되는 HFCs와 반도체, 디스플레이 제조 공정에 주로 사용되는 PFCs, SF_6, NF_3의 사용량이 늘었기 때문이다.

2.2.1 이산화탄소(CO_2)

2022년 CO_2 총배출량(LULUCF 제외)은 635.8백만 tCO_2-eq으로, 국가 온실가스 총배출량의 87.8%를 차지하였다. 1990년 256.2백만 tCO_2-eq 대비 148.2% 증가하였고, 2021년 652.5백만 tCO_2-eq 대비 2.6% 감소하였다. LULUCF 분야를 포함한 2022년의 CO_2 순배출량은 597.4백만 tCO_2-eq으로, 1990년 216.8백만 tCO_2-eq 대비 175.5%, 2021년 613.1백만 tCO_2-eq 대비 2.6% 감소하였다.

2022년 분야별 CO_2 배출 비중(LULUCF 제외)의 경우, 에너지 분야가 85.5%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 그 다음으로 산업공정 및 제품 사용 분야가 13.9%, 폐기물 분야가 0.7%, 농업 분야가 0.01% 순으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-11] 분야별 CO_2 배출량 및 흡수량(1990~2022)

<표 Ⅰ-10> 분야별 CO_2 배출량 및 흡수량

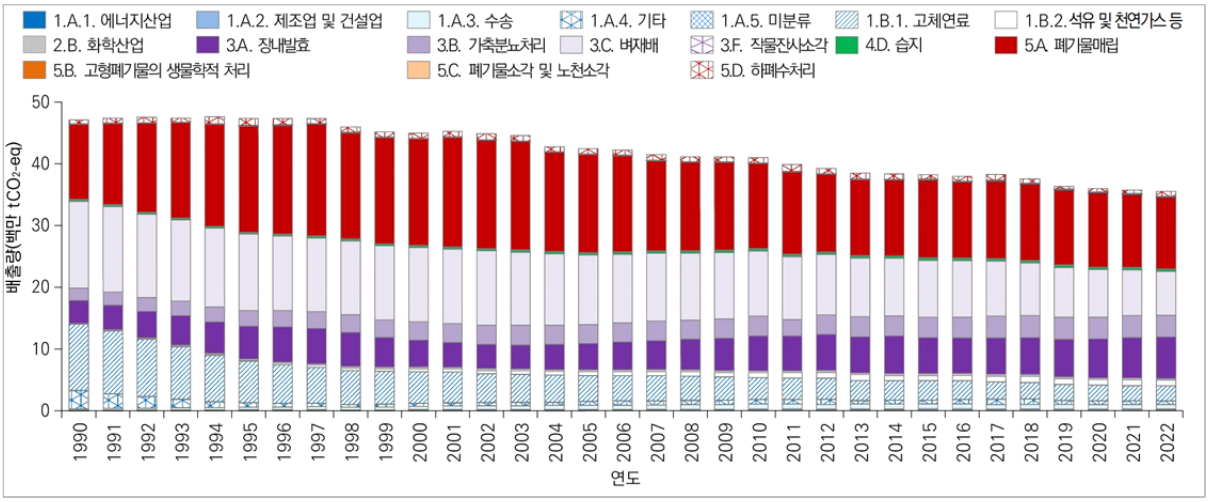
(단위: 백만 tCO_2-eq)

분야		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022
1. 에너지	1.A.1. 에너지산업	41.9	135.8	253.7	298.5	247.0	258.7	256.2
	1.A.2. 제조업 및 건설업	71.9	115.0	142.2	152.8	144.2	152.2	140.3
	1.A.3. 수송	35.6	70.1	84.5	96.4	94.4	97.1	96.1
	1.A.4. 기타	69.3	69.7	57.9	52.0	47.5	47.2	47.7
	1.A.5. 미분류	0.2	2.4	3.0	3.1	2.9	2.9	3.0
	1.B.1. 고체연료	0.19	0.05	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
	1.B.2. 석유 및 천연가스 등	<0.001	<0.001	0.027	0.016	0.010	0.004	0.002
2. 산업공정 및 제품 사용	2.A. 광물산업	16.4	26.1	28.3	30.5	28.0	29.0	28.4
	2.B. 화학산업	6.3	20.1	23.6	30.6	28.4	32.1	31.3
	2.C. 금속산업	13.1	18.5	20.3	31.6	29.1	28.0	27.8
	2.D. 비에너지 연료 및 용매 사용	0.36	0.51	0.55	0.60	0.55	0.57	0.61
3. 농업	3.G. 석회시용	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
	3.H. 요소시용	0.43	0.28	0.12	0.12	0.11	0.11	0.09
5. 폐기물	5.C. 폐기물소각 및 노천소각	0.5	4.2	3.8	4.8	4.5	4.5	4.3
CO_2 총배출량(LULUCF 제외)		256.2	462.6	618.0	701.1	626.7	652.5	635.8

2.2.2 메탄(CH_4)

2022년 CH_4 총배출량(LULUCF 제외)은 35.2백만 tCO_2-eq으로, 국가 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)의 4.9%를 차지하였다. 이는 1990년 46.8백만 tCO_2-eq 대비 24.9%, 전년 35.3백만 tCO_2-eq 대비 0.5% 감소한 수치이다. CH_4 배출량은 벼재배 면적 축소 및 폐기물 매립 감소의 영향으로 꾸준히 줄어드는 경향을 보였다.

2022년 CH_4 총배출량(LULUCF 제외)의 분야별 비중에서는 농업 분야가 49.4%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 이어서 폐기물 분야가 35.7%, 에너지 분야가 14.1%, 산업공정 및 제품 사용 분야가 0.7% 순으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-12] 분야별 CH_4 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-11> 분야별 CH_4 배출량

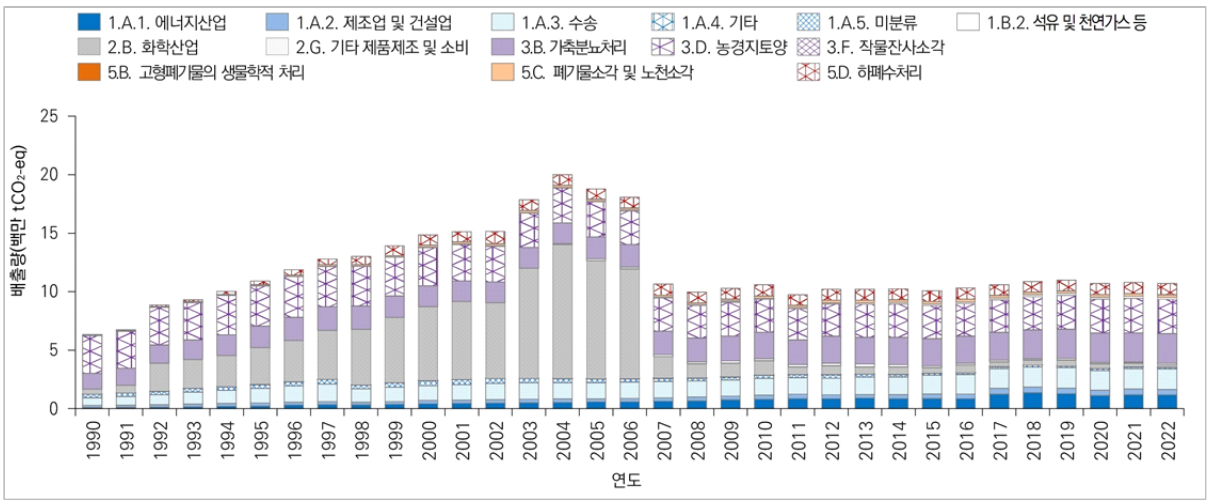
(단위: 백만 tCO_2-eq)

분야		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022
1. 에너지	1.A.1. 에너지산업	0.03	0.06	0.10	0.07	0.07	0.07	0.09
	1.A.2. 제조업 및 건설업	0.08	0.15	0.20	0.23	0.22	0.24	0.23
	1.A.3. 수송	0.20	0.51	0.76	0.72	0.67	0.68	0.68
	1.A.4. 기타	2.98	0.43	0.73	0.84	0.60	0.59	0.57
	1.A.5. 미분류	<0.001	0.009	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011
	1.B.1. 고체연료	10.7	5.2	3.5	2.7	2.6	2.5	2.4
	1.B.2. 석유 및 천연가스 등	0.1	0.5	0.8	1.0	0.9	0.9	1.0
2. 산업공정 및 제품 사용	2.B. 화학산업	0.05	0.28	0.31	0.35	0.29	0.32	0.25
3. 농업	3.A. 장내발효	3.8	4.3	5.6	6.0	6.3	6.6	6.7
	3.B. 가축분뇨처리	2.0	2.9	3.2	3.5	3.5	3.5	3.5
	3.C. 벼재배	14.1	12.0	10.6	8.5	7.7	7.4	7.1
	3.F. 작물잔사소각	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02
5. 폐기물	5.A. 폐기물매립	12.1	17.3	13.8	12.3	12.0	11.8	11.6
	5.B. 고형폐기물의 생물학적 처리	-	0.005	0.02	0.11	0.13	0.13	0.11
	5.C. 폐기물소각 및 노천소각	<0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	5.D. 하폐수처리	0.7	0.9	0.9	0.8	0.6	0.6	0.9
CH_4 총배출량(LULUCF 제외)		46.8	44.6	40.6	37.2	35.6	35.3	35.2

2.2.3 아산화질소(N_2O)

2022년 N_2O 총배출량(LULUCF 제외)은 10.7백만 tCO_2-eq으로, 국가 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)의 1.5%를 차지하였다. 1990년의 N_2O 배출량 6.3백만 tCO_2-eq보다 68.9% 증가하였고, 2021년도 N_2O 배출량 10.8백만 tCO_2-eq보다는 0.9% 감소하였다. 2006년 하반기부터 아디프산과 질산 생산 시설에 N_2O 분해설비 도입을 통한 감축사업이 추진되면서 배출량이 급감하였다.

2022년 N_2O 총배출량(LULUCF 제외)의 분야별 비중에서는 농업 분야가 51.3%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 이어서 에너지 분야가 33.1%, 폐기물 분야가 12.7%, 산업공정 및 제품 사용 분야가 2.8% 순으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-13] 분야별 N_2O 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-12> 분야별 N_2O 배출량

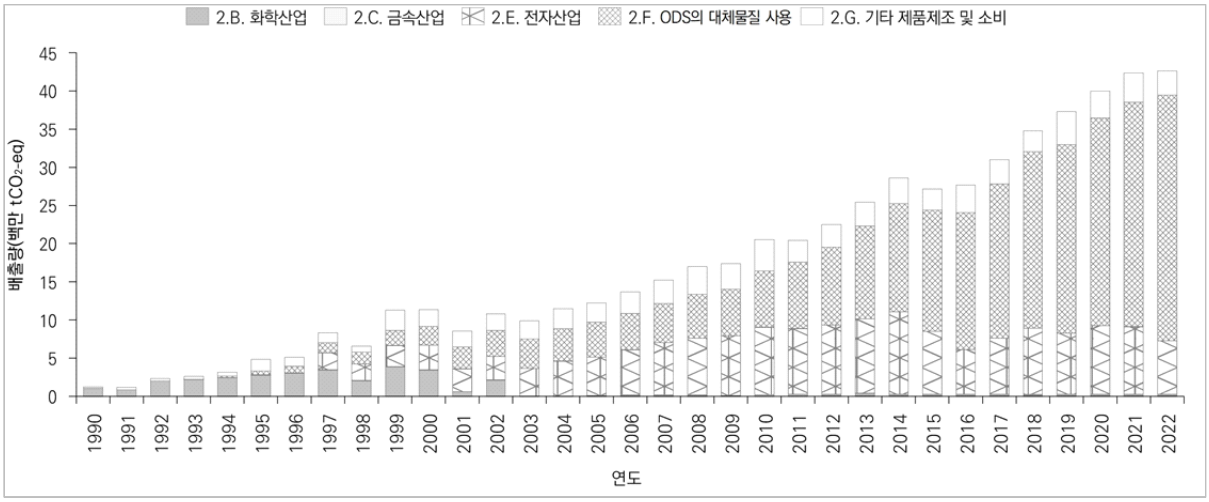
(단위: 백만 tCO_2-eq)

분야		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022
1. 에너지	1.A.1. 에너지산업	0.1	0.4	0.8	1.4	1.1	1.2	1.2
	1.A.2. 제조업 및 건설업	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5	0.5
	1.A.3. 수송	0.6	1.3	1.4	1.7	1.7	1.7	1.7
	1.A.4. 기타	0.3	0.4	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2
	1.A.5. 미분류	<0.001	0.005	0.006	0.007	0.006	0.006	0.006
	1.B.2. 석유 및 천연가스 등	-	-	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001
2. 산업공정 및 제품 사용	2.B. 화학산업	0.4	6.3	1.2	0.4	0.4	0.3	0.2
	2.G. 기타 제품제조 및 소비	-	-	0.20	0.13	0.13	0.10	0.10
3. 농업	3.B. 가축분뇨처리	1.3	1.8	2.3	2.4	2.5	2.5	2.6
	3.D. 농경지토양	3.2	3.3	2.8	2.8	2.9	3.0	2.9
	3.F. 작물잔사소각	0.011	0.012	0.010	0.008	0.008	0.007	0.005
5. 폐기물	5.B. 고형폐기물의 생물학적 처리	-	0.03	0.07	0.17	0.16	0.17	0.17
	5.C. 폐기물소각 및 노천소각	0.03	0.16	0.19	0.22	0.23	0.22	0.22
	5.D. 하폐수처리	0.05	0.88	0.96	0.91	0.93	0.97	0.97
N_2O 총배출량(LULUCF 제외)		6.3	14.9	10.6	10.9	10.7	10.8	10.7

2.2.4 불소계 온실가스(HFCs, PFCs, SF_6, NF_3)

불소계 온실가스인 HFCs, PFCs, SF_6, NF_3은 전량 산업공정 및 제품 사용 분야에서 배출된다. 2022년 불소계 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)은 42.6백만 tCO_2-eq으로, 국가 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)의 5.9%를 차지하였다. 1990년의 불소계 온실가스 배출량 1.2백만 tCO_2-eq과 비교하면 3,420.7%나 증가하였고, 2021년도 배출량 42.4백만 tCO_2-eq보다는 0.6% 증가하였다. 불소계 온실가스 배출량은 냉방기기 사용 및 반도체 생산량 증가의 영향으로 배출량이 증가하는 추세를 보였다.

산업공정 및 제품 사용 분야에서 불소계 온실가스 배출량 비중은 1990년 총배출량의 3.2%에서 지속적으로 증가하여 2022년에는 32.5%로 크게 늘었다. 이에 따라 CO_2 배출량 비중은 1990년 95.6%에서 2022년 67.1%로 감소하였다.



[그림 Ⅰ-14] 분야별 불소계 온실가스 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-13> 분야별 불소계 온실가스 배출량

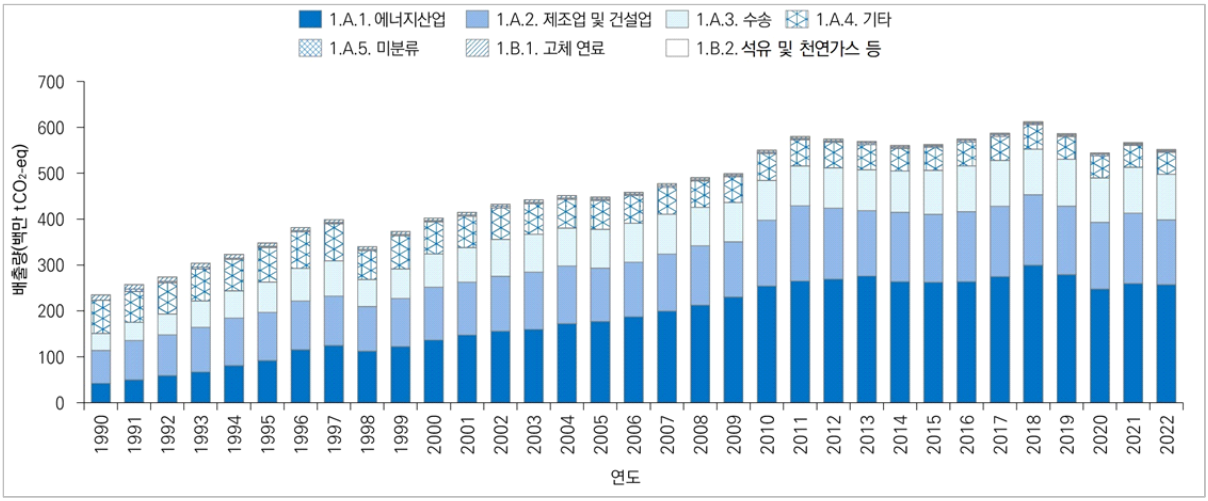
(단위: 백만 tCO_2-eq)

분야		1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022
2. 산업공정 및 제품 사용	2.B. 화학산업	1.0	3.4	0.03	0.09	0.09	0.10	0.09
	2.C. 금속산업	<0.001	0.02	0.15	0.15	0.17	0.15	0.20
	2.E. 전자산업	-	3.3	8.9	8.7	9.0	8.9	7.0
	2.F. 오존층파괴물질(ODS)의 대체물질 사용	-	2.5	7.4	23.1	27.2	29.4	32.2
	2.G. 기타 제품제조 및 소비	0.2	2.2	4.1	2.7	3.5	3.8	3.2
불소계 온실가스 총배출량		1.2	11.3	20.5	34.8	40.0	42.4	42.6

2.3 분야별 배출·흡수 추이

2.3.1 에너지 분야

2022년 에너지 분야의 온실가스 총배출량은 551.9백만 tCO_2-eq으로, 국가 총배출량의 76.2%를 차지하였다. 1990년 234.5백만 tCO_2-eq보다 135.4% 증가하였고, 전년 566.8백만 tCO_2-eq보다는 2.6% 감소하였다. 에너지 분야 배출량은 1990년부터 1997년까지 증가하다가 1998년 경제위기로 감소한 이후, 경기회복 및 경제성장의 영향으로 2011년까지 다시 증가하였다. 이후 2014년까지 소폭의 감소세를 보이다가 다시 증가세로 전환되어 2018년 정점에 이르렀다. 2021년에는 코로나19 영향에서 벗어나 소폭 반등하였고, 이후 다시 감소 추세를 보이고 있다.



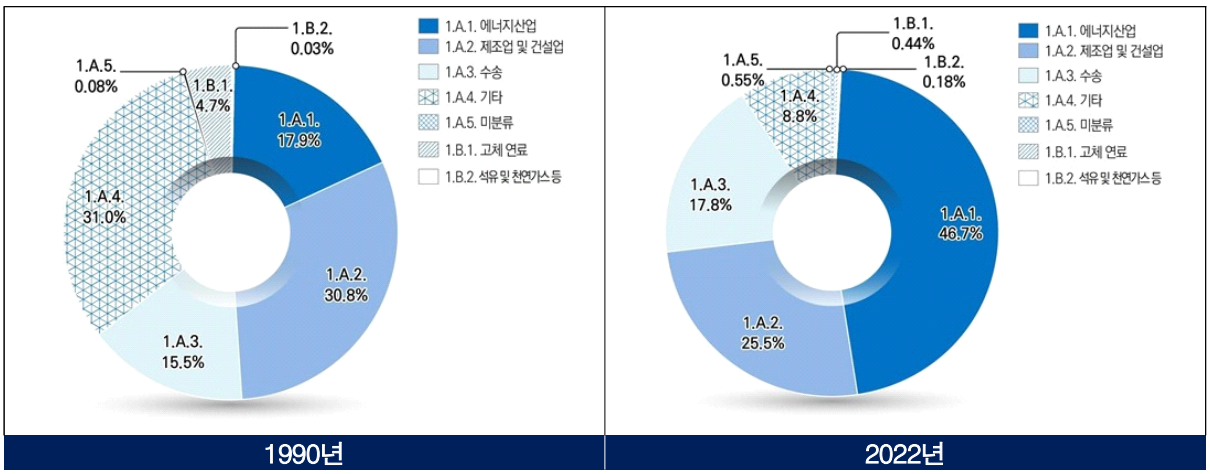
[그림 Ⅰ-15] 에너지 분야 온실가스 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-14> 에너지 분야 온실가스 배출량

(단위: 백만 tCO_2-eq)

부문	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
								1990년 대비	전년 대비
1.A. 연료연소	223.5	396.5	545.9	608.4	541.1	563.4	548.5	145.4	-2.6
1.A.1. 에너지산업	42.0	136.3	254.6	300.0	248.2	260.0	257.5	512.7	-1.0
1.A.2. 제조업 및 건설업	72.2	115.4	142.8	153.5	144.9	152.9	141.0	95.4	-7.8
1.A.3. 수송	36.5	71.9	86.7	98.8	96.8	99.5	98.5	170.2	-1.0
1.A.4. 기타	72.6	70.5	58.9	53.0	48.3	48.0	48.4	-33.3	0.9
1.A.5. 미분류	0.2	2.4	3.0	3.1	2.9	2.9	3.0	1,561.0	3.3
1.B. 탈루	11.0	5.7	4.4	3.7	3.5	3.4	3.4	-69.1	-0.5
1.B.1. 고체연료	10.9	5.2	3.6	2.7	2.6	2.5	2.4	-77.8	-2.3
1.B.2. 석유 및 천연가스 등	0.1	0.5	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1,456.3	4.1
합계	234.5	402.2	550.3	612.1	544.6	566.8	551.9	135.4	-2.6

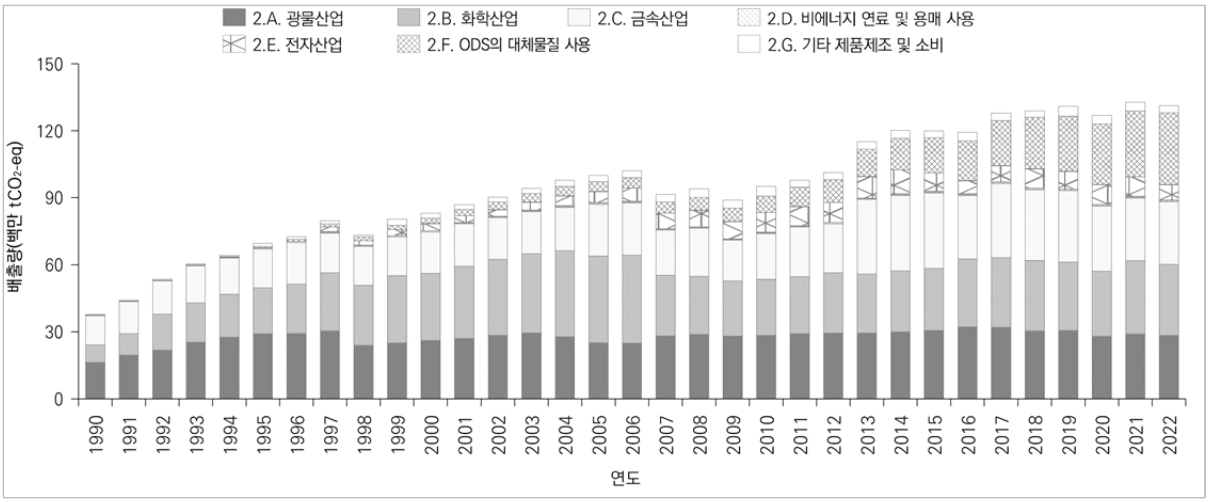
에너지 분야 배출량은 크게 연료연소와 탈루로 구분되며, 2022년 기준 연료연소 부문은 99.4%(548.5백만 tCO_2-eq)로 대부분을 차지하였고 탈루는 0.6%(3.4백만 tCO_2-eq)였다. 세부 부문별 비중은 에너지산업이 46.7%로 가장 크고, 그 다음으로 제조업 및 건설업이 25.5%, 수송이 17.8%, 기타가 8.8%, 미분류가 0.6%, 고체연료가 0.4%, 석유 및 천연가스 등이 0.2% 순으로 비중이 큰 것으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-16] 에너지 분야 세부 부문별 비중

2.3.2 산업공정 및 제품 사용 분야

2022년 산업공정 및 제품 사용 분야의 온실가스 총배출량은 131.3백만 tCO_2-eq으로, 국가 총배출량의 18.1%를 차지하였다. 1990년보다 247.3% 증가하였고, 전년보다는 1.1% 감소한 수치이다. 2022년 기준, 오존층파괴물질(Ozone Depleting Substances, 이하 ODS)의 대체물질 사용 부문과 비에너지 연료 및 용매 사용 부문을 제외한 나머지 부문의 배출량은 전년 대비 모두 감소하였다. 전자산업의 온실가스 저감효율 개선으로 전자산업 부문 배출량이 전년 대비 21.6%(1.9백만 tCO_2-eq) 감소하였으며, 나프타 분해시설(Naphtha Cracking Center, NCC) 공정의 원료투입량 감소로 화학산업 부문 배출량이 전년 대비 3.0%(1.0백만 tCO_2-eq) 줄어들었다.



[그림 Ⅰ-17] 산업공정 및 제품 사용 분야 온실가스 배출량(1990~2022)

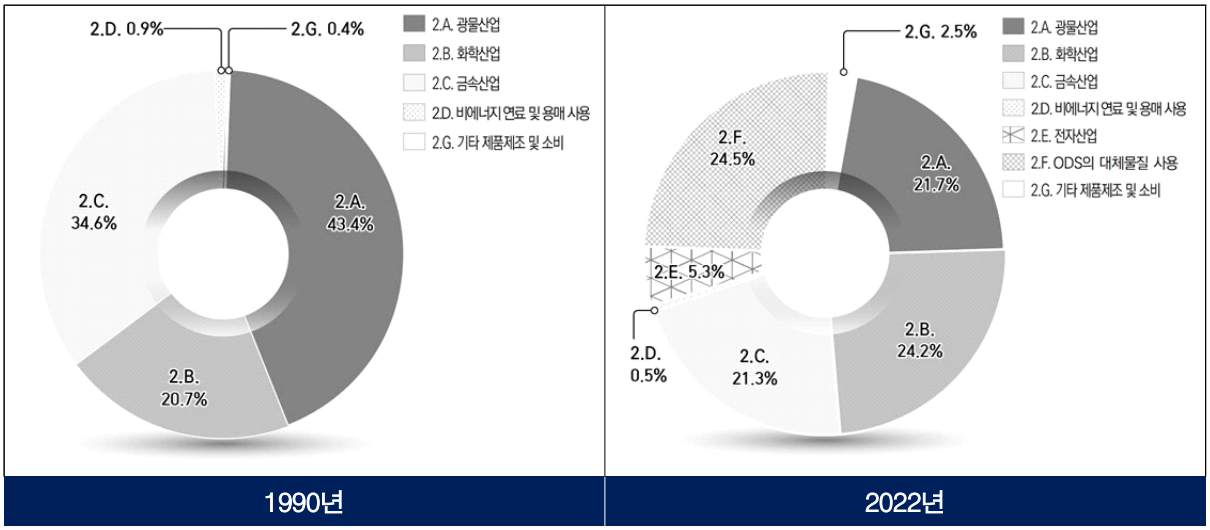
<표 Ⅰ-15> 산업공정 및 제품 사용 분야 온실가스 배출량

(단위: 백만 tCO_2-eq)

부문	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
								1990년 대비	전년 대비
2.A. 광물산업	16.4	26.1	28.3	30.5	28.0	29.0	28.4	73.4	-2.0
2.B. 화학산업	7.8	30.1	25.1	31.4	29.1	32.8	31.8	306.9	-3.0
2.C. 금속산업	13.1	18.5	20.5	31.7	29.3	28.2	28.0	114.1	-0.8
2.D. 비에너지 연료 및 용매 사용	0.36	0.51	0.55	0.60	0.55	0.57	0.61	72.0	7.0
2.E. 전자산업	-	3.3	8.9	8.7	9.0	8.9	7.0	212.5*	-21.6
2.F. ODS의 대체물질 사용	-	2.5	7.4	23.1	27.2	29.4	32.2	2,053,154.8*	9.5
2.G. 기타 제품제조 및 소비	0.2	2.2	4.3	2.9	3.7	3.9	3.3	1,835.1	-16.9
합계	37.8	83.1	95.0	128.9	126.8	132.8	131.3	247.3	-1.1

* 전자산업 부문은 최초 통계가 수집된 1997년을 기준, ODS의 대체물질 사용 부문은 최초 통계가 수집된 1992년을 기준으로 증감률 계산

2022년 산업공정 및 제품 사용 분야에서의 부문별 배출 비중의 경우, ODS의 대체물질 사용이 24.5%로 가장 큰 비중을 차지하였다. 그 다음으로 화학산업 부문이 24.2%, 광물산업 부문이 21.7%, 금속산업 부문이 21.3%, 전자산업 부문이 5.3%, 기타 제품제조 및 소비 부문이 2.5%, 비에너지 연료 및 용매 사용 부문이 0.5% 순으로 나타났다.



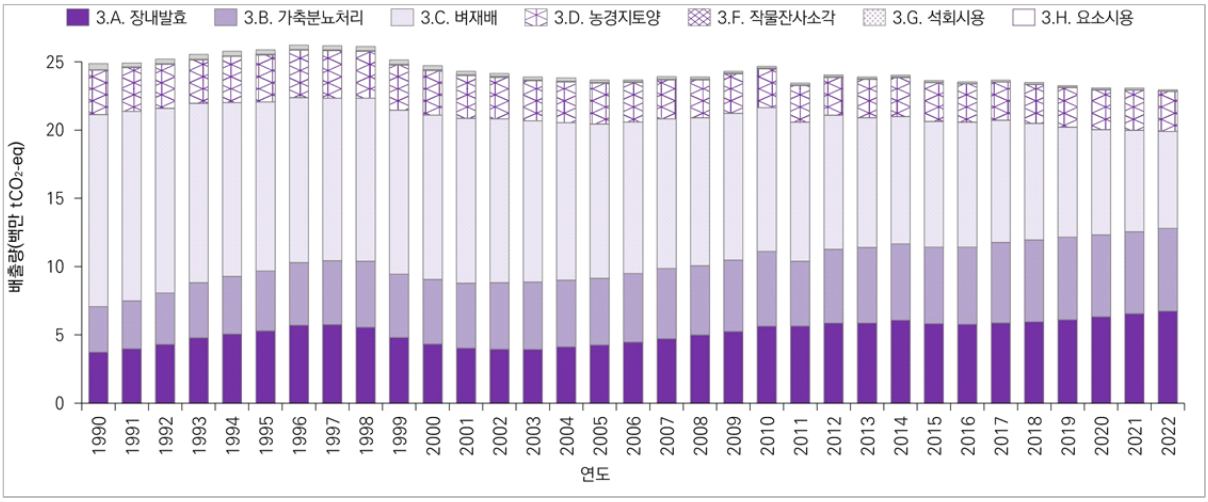
[그림 Ⅰ-18] 산업공정 및 제품 사용 분야 세부 부문별 비중

산업공정 및 제품 사용 분야에서의 활동자료 출처는 2010년에 마련된 국내 온실가스 목표관리제(이하 목표관리제)와 2015년에 마련된 배출권거래제의 시행[21] 이전과 이후로 구분[22]할 수 있다. 배출권거래제가 시행되기 이전 사업장 온실가스 통계 보고제도인 목표관리제에서 2010년에 최초로 지정된 업체는 2007년부터 제3자 검증을 받은 배출량을 보고하였다. 이에 따라, 2007년 이전에는 국내 산업과 관련한 조합·협회의 자료와 국가승인통계, 기타 자료(CDM 보고서, 산정기관이 직접 조사한 자료 등)를 활용하여 배출량을 산정하였고, 2007년 이후에는 추가로 법에 따라 지정된 기관에서 검증받은 사업장 배출량 명세서 자료를 국가 온실가스 통계에 활용하여 배출량을 산정하였다. 이는 조합·협회의 자료와 직접 조사한 자료 중 일부를 제3자가 검증받은 사업장 보고 자료로 대체하였다는 데 의의가 있다.

21) 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」(2012.05)
22) 온실가스 목표관리제가 시행된 2010년에 최초로 지정된 사업장은 2007년(이행연도 기준 최근 3년 배출량) 이후 배출량을 보고함(온실가스 목표관리제 대상 사업장 중 다배출 사업장은 2015년 이후 배출권거래제로 편입되었고, 나머지 사업장은 온실가스 목표관리제 대상으로 배출량을 보고하고 있음)

2.3.3 농업 분야

2022년 농업 분야의 온실가스 총배출량은 약 23.0백만 tCO_2-eq으로, 국가 총배출량의 약 3.2%를 차지하였다. 이는 1990년과 비교하면 7.7%, 전년과 비교하면 0.5% 감소한 수치이다.



[그림 Ⅰ-19] 농업 분야 온실가스 배출량(1990~2022)

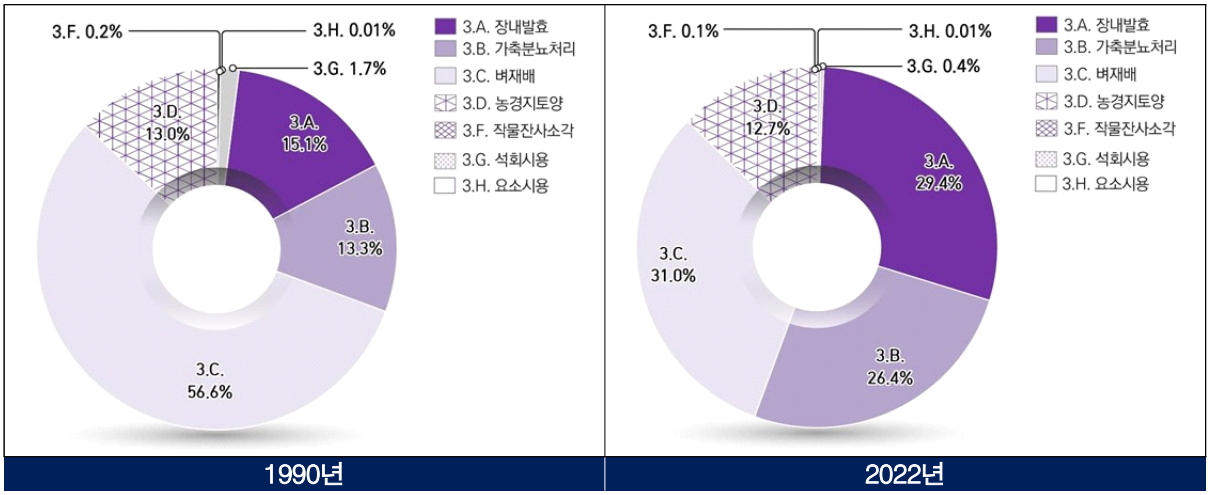
<표 Ⅰ-16> 농업 분야 온실가스 배출량

(단위: 백만 tCO_2-eq)

부문	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
								1990년 대비	전년 대비
3.A. 장내발효	3.8	4.3	5.6	6.0	6.3	6.6	6.7	79.7	2.8
3.B. 가축분뇨처리	3.3	4.7	5.5	6.0	6.0	6.0	6.1	82.9	0.8
3.C. 벼재배	14.1	12.0	10.6	8.5	7.7	7.4	7.1	-49.5	-4.1
3.D. 농경지토양	3.2	3.3	2.8	2.8	2.9	3.0	2.9	-9.7	-1.0
3.F. 작물잔사소각	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03	-53.2	-22.4
3.G. 석회시용	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	-2.4	0.7
3.H. 요소시용	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	-78.8	-16.7
합계	24.9	24.7	24.7	23.5	23.1	23.1	23.0	-7.7	-0.5

농업 분야의 세부 배출원별 배출량의 전년 대비 증감을 살펴보면, 2022년 벼재배 부문의 배출량은 벼재배 면적 감소와 물 관리 방법 및 유기물 시용 여부 비율 감소의 영향으로 전년 대비 4.1%(0.3백만 tCO_2-eq) 줄어들었다. 장내발효 부문 배출량은 주요 축종의 사육두수 증가 영향으로 전년 대비 2.8%(0.2백만 tCO_2-eq) 증가하였다.

2022년 농업 분야의 부문별 배출량 비중은 벼재배 31.0%, 장내발효 29.4%, 가축분뇨처리 26.4%, 농경지토양 12.7%, 요소시용 0.4%, 작물잔사소각 0.1%, 석회시용 0.01%의 순으로 나타났다.

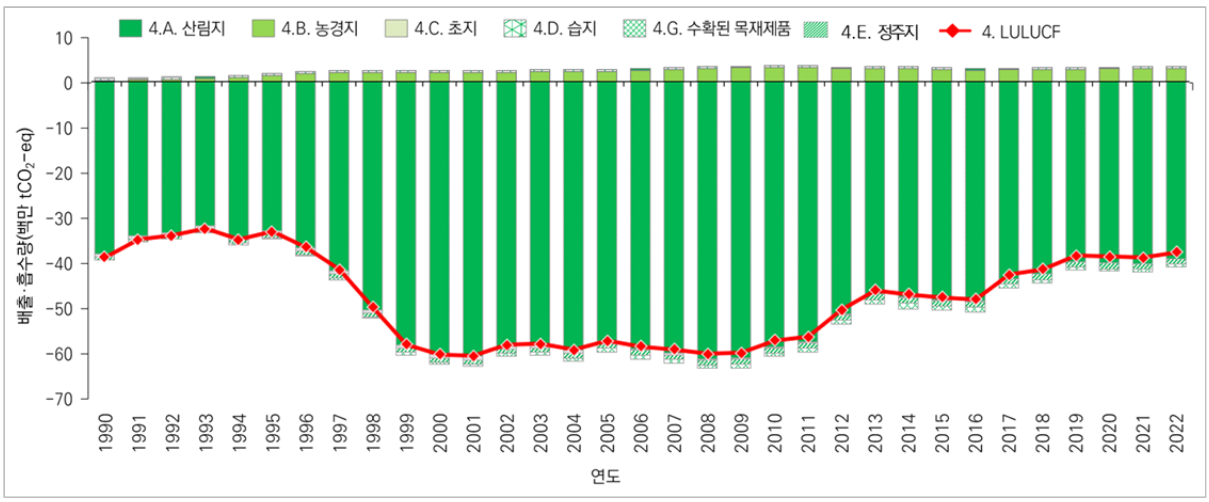


[그림 Ⅰ-20] 농업 분야 세부 부문별 비중

2.3.4 LULUCF

2022년 LULUCF 분야의 순흡수량[23]은 37.8백만 tCO_2-eq으로, 1990년 대비 2.9%, 전년 대비 3.0% 감소하였다.

2022년 LULUCF 분야의 흡수원 중 산림지 부문의 순흡수량은 39.3백만 tCO_2-eq으로 LULUCF 분야의 대부분을 차지하였다. 그 다음으로 정주지 부문의 흡수량은 1.2백만 tCO_2-eq, 수확된 목재제품(Harvested Wood Products, HWP)에서 0.5백만 tCO_2-eq 순으로 나타났다. 2022년 LULUCF 분야 배출원 중 농경지 부문의 배출량은 2.9백만 tCO_2-eq, 습지 부문은 0.38백만 tCO_2-eq, 초지 부문은 0.001백만 tCO_2-eq으로 나타났다.



[그림 Ⅰ-21] 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 배출·흡수량(1990~2022)

23) 순흡수량은 LULUCF분야의 배출원과 흡수원의 배출·흡수량을 합한 값을 의미

<표 Ⅰ-17> 토지이용, 토지이용 변화 및 임업 분야 온실가스 배출·흡수량

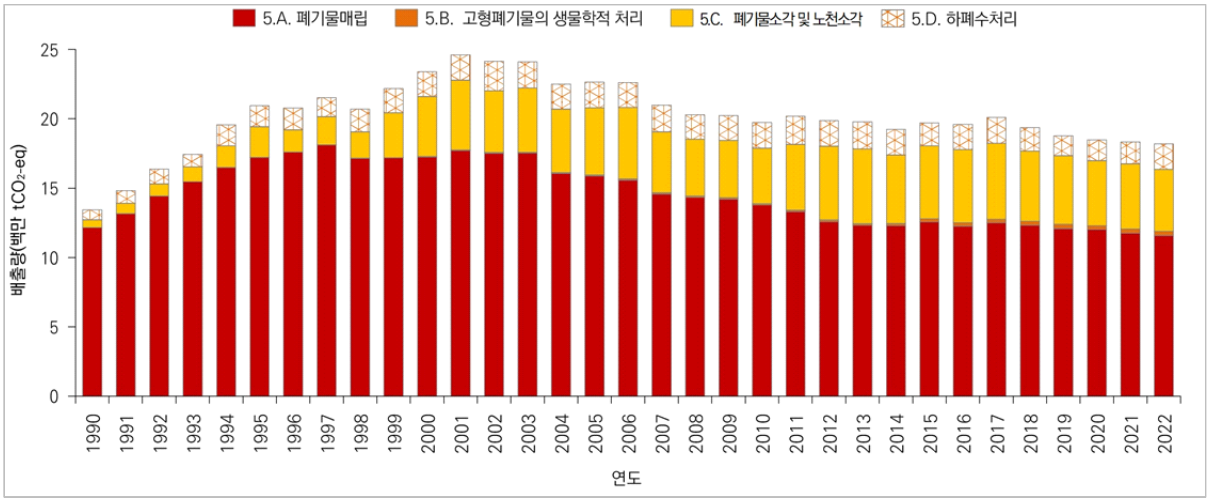
(단위: 백만 tCO_2-eq)

부문	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감량	
								1990년 대비	전년 대비
4.A. 산림지	-38.2	-60.5	-58.8	-42.6	-40.2	-40.4	-39.3	-1.1	1.1
4.B. 농경지	0.1	1.9	3.0	2.6	2.7	2.9	2.9	2.8	-0.02
4.C. 초지	-0.67	-0.74	-0.21	-0.04	-0.02	-0.01	0.001	0.7	0.008
4.D. 습지	0.34	0.39	0.37	0.39	0.41	0.40	0.38	0.03	-0.03
4.E. 정주지	-0.7	-0.9	-1.1	-1.2	-1.2	-1.2	-1.2	-0.5	0.005
4.G. 수확된 목재제품	0.21	-0.51	-0.63	-0.67	-0.49	-0.68	-0.54	-0.7	0.1
합계(순흡수량)	-39.0	-60.4	-57.4	-41.6	-38.8	-39.0	-37.8	1.1	1.2

흡수량의 대부분을 차지하는 산림지는 한국 전쟁(1950~1953)과 전후 사회혼란기를 거치면서 거의 황폐화되었다. 산림 관련 통계가 작성되기 시작한 1953년 당시에 평균 산림축적은 5.6㎥/ha에 불과하였다. 그러나 대규모 국토녹화 추진에 따른 사방사업, 치산녹화사업, 산림보호사업 등의 성공적인 수행으로 2022년에는 평균 산림축적이 172㎥/ha로 증가하여 오늘날과 같은 푸른 산림을 가지게 되었다. 이와 같은 지속적인 재조림 및 산림 경영의 결과, 산림 부문 순흡수량은 1995년 이후 증가하기 시작하여 2008년에 최대치인 61.5백만 tCO_2-eq을 기록하였고 이후부터는 감소 추세를 보이고 있다. 2022년 산림지 부문 순흡수량이 전년 대비 감소한 원인은 산림의 나이 증가로 인한 연간 순생장량 감소와 산림 면적의 감소에 있다. 산림 면적은 2022년 기준 6,291천 ha로, 1990년(6,476천 ha) 대비 약 190천 ha 감소하였다.

2.3.5 폐기물

2022년 폐기물 분야의 온실가스 배출량은 18.2백만 tCO_2-eq으로, 국가 총배출량의 2.5%를 차지하였으며, 1990년 대비 35.3% 증가한 반면 전년 대비 0.8% 감소하였다. 폐기물 분야의 온실가스 배출량은 1990년부터 2001년 배출 정점에 이르기까지 전반적으로 증가하다가 이후 꾸준히 감소 추세를 보이고 있다. 이러한 추세는 가장 큰 배출량 비중을 차지하는 매립 부문의 배출량 감소와 동일한 양상을 보인다. 그러나 매립 부문을 제외한 나머지 부문의 경우 1990년 이후 지속적으로 배출량이 증가하는 추세를 나타냈다.



[그림 Ⅰ-22] 폐기물 분야 온실가스 배출량(1990~2022)

<표 Ⅰ-18> 폐기물 분야 온실가스 배출량

(단위: 백만 tCO_2-eq)

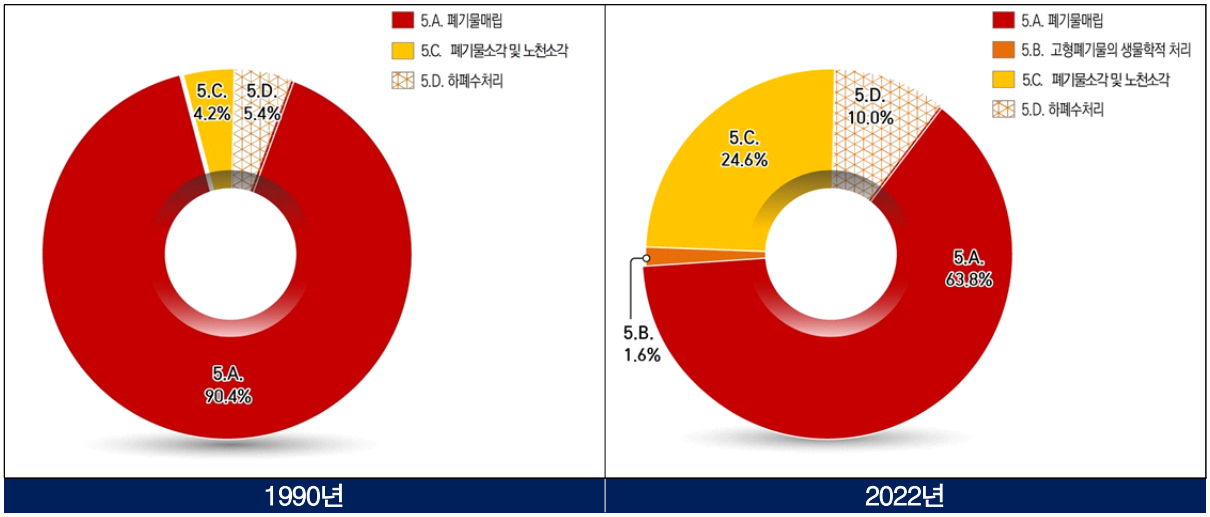
부문	1990	2000	2010	2018	2020	2021	2022	증감률(%)	
								1990년 대비	전년 대비
5.A. 폐기물매립	12.1	17.3	13.8	12.3	12.0	11.8	11.6	-4.5	-1.4
5.B. 고형폐기물의 생물학적 처리	-	0.03	0.09	0.28	0.28	0.30	0.29	6,593.4*	-3.8
5.C. 폐기물소각 및 노천소각	0.6	4.3	4.0	5.1	4.7	4.7	4.5	699.4	-4.5
5.D. 하·폐수처리	0.7	1.8	1.9	1.7	1.5	1.6	1.8	149.9	15.2
합계	13.4	23.4	19.7	19.4	18.5	18.3	18.2	35.3	-0.8

* 생물학적 처리 부문은 최초 통계가 수집된 1994년도를 기준으로 증감률 계산

2022년 폐기물 분야의 부문별 배출량 비중은 폐기물매립이 63.8%, 폐기물소각 및 노천소각이 24.6%, 하·폐수처리가 10.0%, 고형폐기물의 생물학적 처리가 1.6% 순으로 나타났다.

매립 부문의 온실가스 배출량은 1997년에 최고치인 18.1백만 tCO_2-eq에 도달한 이후 점진적으로 감소하는 경향을 보였다. 2005년 이후 음식물류 폐기물 직매립 금지 제도가 시행됨에 따라 음식물류 폐기물이 별도로 재활용 처리되면서 배출량이 지속적으로 감소하고 있다.

소각 부문의 배출량은 1990~2001년 동안 급증하였는데 이는 인구증가와 급격한 경제성장으로 인하여 해당 기간 동안 폐기물 소각처리량이 크게 증가한 데 따른 결과이다.



[그림 Ⅰ-23] 폐기물 분야 세부 부문별 비중

폐기물 분야의 부문별 배출량 비중 변화를 살펴보면, 매립 비중이 1990년 90.4%에서 2022년 63.8%로 감소한 반면, 소각 비중이 4.2%에서 24.6%로 늘어났다. 소각 부문의 배출량과 배출량 비중은 증가하였지만, 생활폐기물 소각시설에서의 에너지회수 재활용 또한 증가하여 소각 부문의 배출량 증가세를 둔화시키는 데 기여하였다. 1998년부터 소각열 회수가 시작되었고, 2005년 이후부터는 생활폐기물 소각처리량의 80% 이상에서 소각열을 회수하여 활용하고 있다.

Ⅱ

NDC 이행·달성 진전 추적

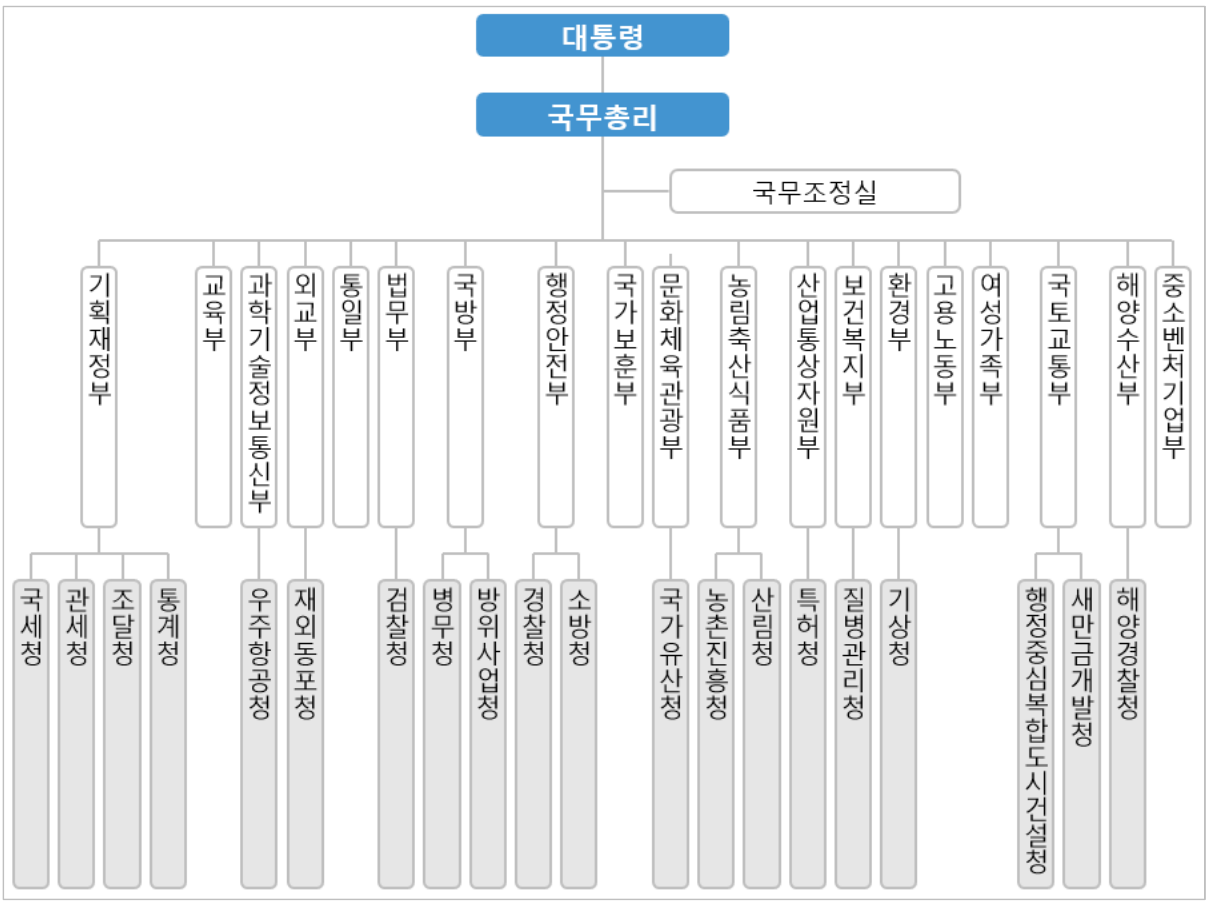
1. 국가 현황 및 제도 체계

1.1 국가 현황

1.1.1 정부 구조

우리나라는 제헌 이후 행정권은 대통령을 중심으로 하는 행정부에, 입법권은 국회에, 사법권은 법관으로 구성된 법원에 귀속하는 삼권 분립 체제(행정권, 입법권, 사법권)를 유지하여 왔다.

행정부는 대통령을 수반으로 하며, 국무총리와 국무위원으로 구성된다. 대통령제는 5년 단임제이며, 대통령은 국민의 직접 투표로 선출된다. 국무총리는 국회의 동의를 얻어 대통령이 임명하고, 국무위원은 국무총리의 제청으로 대통령이 임명한다. 정부의 중요 정책은 국무회의를 통하여 심의된다. 2024년 현재 행정부는 19부 3처 20청으로 구성되어 있으며, 주요 부처로는 기획재정부, 교육부, 과학기술정보통신부, 외교부, 통일부, 법무부, 국방부, 행정안전부, 환경부 등이 있다. 각 부의 장관은 국무위원으로 보한다.



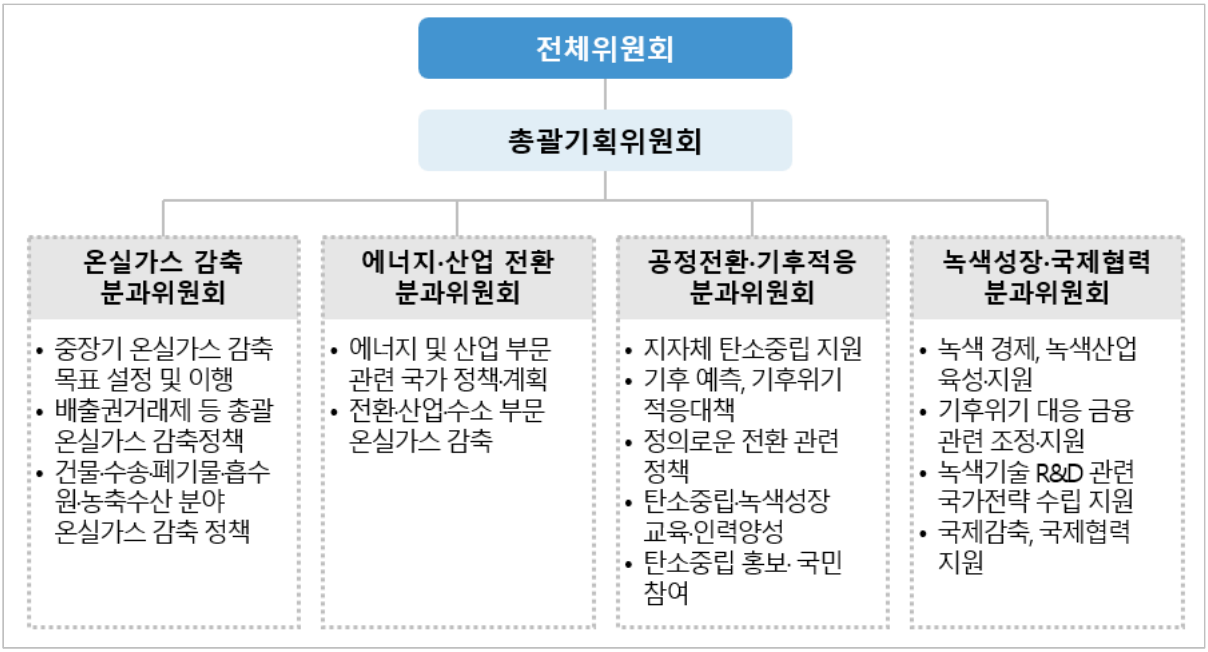
[그림 Ⅱ-1] 중앙행정기관 조직도

출처: 정부기구도(정부조직관리정보시스템)

'2050 탄소중립녹색성장위원회'(이하 탄녹위)는 대통령 직속 민관합동거버넌스로, 탄소중립 사회로의 전환과 녹색성장 추진을 위한 주요 정책과 계획을 심의하고 의결한다. 탄녹위는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)(2021.09) 제15조를 근거로 설립됐으며, 해당 법률에 따라 다음과 같은 기능을 수행한다.

ⅰ) 탄소중립 사회로의 전환과 녹색성장 추진을 위한 기본 방향 수립
ⅱ) 국가 비전과 중장기 감축목표, 국가 기본계획 설정 및 이행 현황 점검
ⅲ) 국가 기후위기 적응 대책 수립, 변경 및 점검
ⅳ) 탄소중립 관련 국민 이해 증진 및 홍보·소통, 국제 협력

탄녹위는 '온실가스 감축', '에너지·산업 전환', '공정 전환·기후 적응', '녹색성장·국제 협력'의 4개 분과로 나뉜다. 위원장은 국무총리와 민간위원장이 공동으로 맡고 있으며, 위원은 당연직 정부위원 21명과 대통령이 위촉한 민간위원 32명으로 구성된다.



[그림 Ⅱ-2] 2050 탄소중립녹색성장위원회 조직도

출처: 위원회 조직(2050 탄소중립녹색성장위원회 누리집)

입법부인 국회는 주권자인 국민이 선출한 국회의원들로 구성되며, 국민을 대표하여 국가 운영의 근간인 법률을 제정하고, 예산을 심의·확정하며, 주요 정책을 결정한다.

2021년 8월, 국회는 본회의에서 탄소중립기본법을 가결하여 전 세계에서 14번째로 2050 탄소중립 비전과 이행체계를 법제화하였다. 2050년 탄소중립을 국가 비전으로 명시하고, 이를 달성하기 위한 국가전략, 중장기 온실가스 감축목표, 기본계획 수립 및 이행 점검 절차를 체계화하였다.

2022년 12월에는 「국회법」(1948.10)에 따라 정부의 기후위기 대책을 점검하고 관련 제도 및 정책 개선과 지원 방안을 논의하기 위한 '기후위기 특별위원회'(이하 기후특위)를 구성하였다. 기후특위는 약 1년 동안 비상설로 운영되었으나, 기후위기가 심화되면서 상설화의 필요성이 제기되고 있다. 국회는 기후위기에 신속하고 정확하게 대응하기 위하여 기후특위의 상설화와 함께 입법권과 예산권 등의 심의 권한 부여 여부를 논의하고 있다.

사법부는 대법원을 최고법원으로 하며, 고등법원, 특허법원, 지방법원, 가정법원, 행정법원 등의 각급 법원으로 구성된다. 법원은 민사, 형사, 행정 사건에 대한 심판권을 갖는다. 또한, 정부의 기후변화에 영향을 미칠 수 있는 사업 인허가 및 지원 문제, 기업의 화석연료 사용에 따른 기후변화 책임, 그린워싱과 관련된 기후 소송을 다룬다.

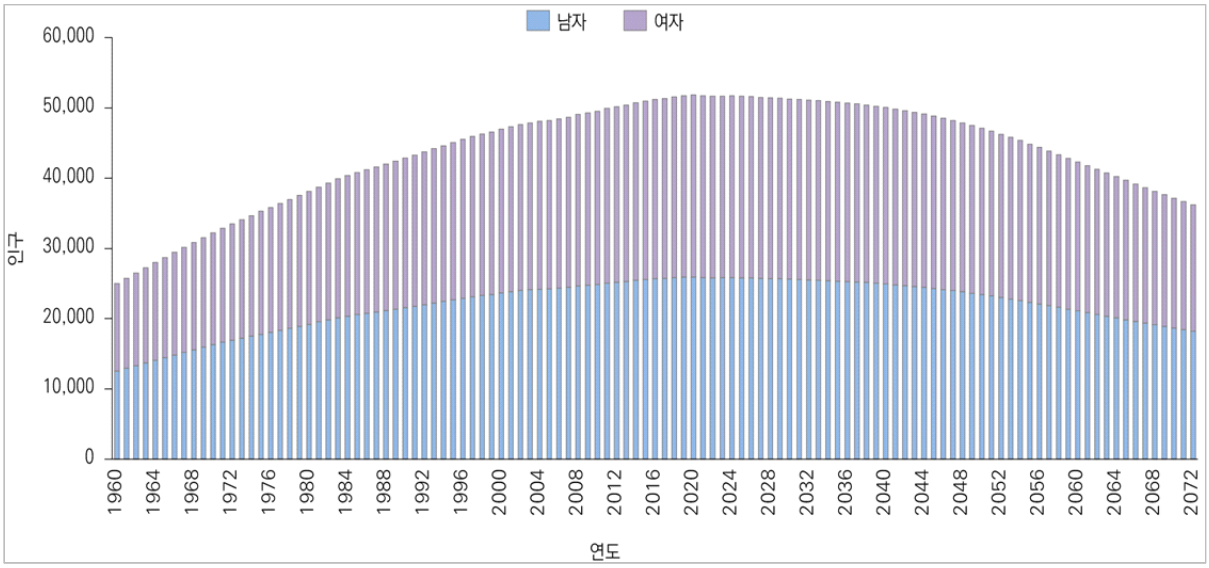
헌법재판소는 국가가 헌법상 국민의 기본권 보호를 위한 온실가스 감축 노력을 적절히 이행하고 있는지를 판단한다. 2020년 3월 '청소년기후행동' 소속 19명의 청소년들은 정부의 미흡한 온실가스 감축 목표 설정이 국민의 기본권을 침해한다며 헌법소원을 청구하였다. 이를 시작으로 유사한 헌법소원 4건이 제기되었고, 2024년 8월 헌법재판소의 최종 결정이 내려지게 된다. 헌법재판소는 탄소중립기본법의 일부 조항이 2031년부터 2049년까지의 감축 목표를 구체적으로 설정하지 않아 헌법에 불합치한다고 결정하였으며, 이에 따라 정부는 2026년까지 해당 조항을 개정할 계획이다.

1.1.2 인구

2022년 기준, 우리나라의 총인구는 51,673천 명으로 전 세계 인구의 약 0.6%를 차지한다. 인구 규모로는 세계 29위에 해당하며, 인구밀도는 약 514.6명/㎢로 237개국 중 27위 수준이다.[24] 65세 이상 고령인구는 9,018천 명으로 전체 인구의 17.5%를 차지한다. 2025년에는 20.6%로 증가하여 초고령사회로 진입할 것으로 전망된다.

우리나라의 인구증가율은 1960년대에 연평균 3% 수준이었으나, 이후 1980년대까지 인구 억제 정책이 시행되면서 증가폭이 둔화하였다. 2021년에는 2020년 대비 연평균 증감률이 -0.1%를 기록하며, 사상 처음으로 총인구가 감소하였다. 향후 인구는 2025년 51,685천 명, 2030년 51,306천 명으로 계속 감소할 것으로 전망된다.

24) 출처: World Population Prospects 2022(UN, 2022)



[그림 Ⅱ-3] 연도별 우리나라의 총인구

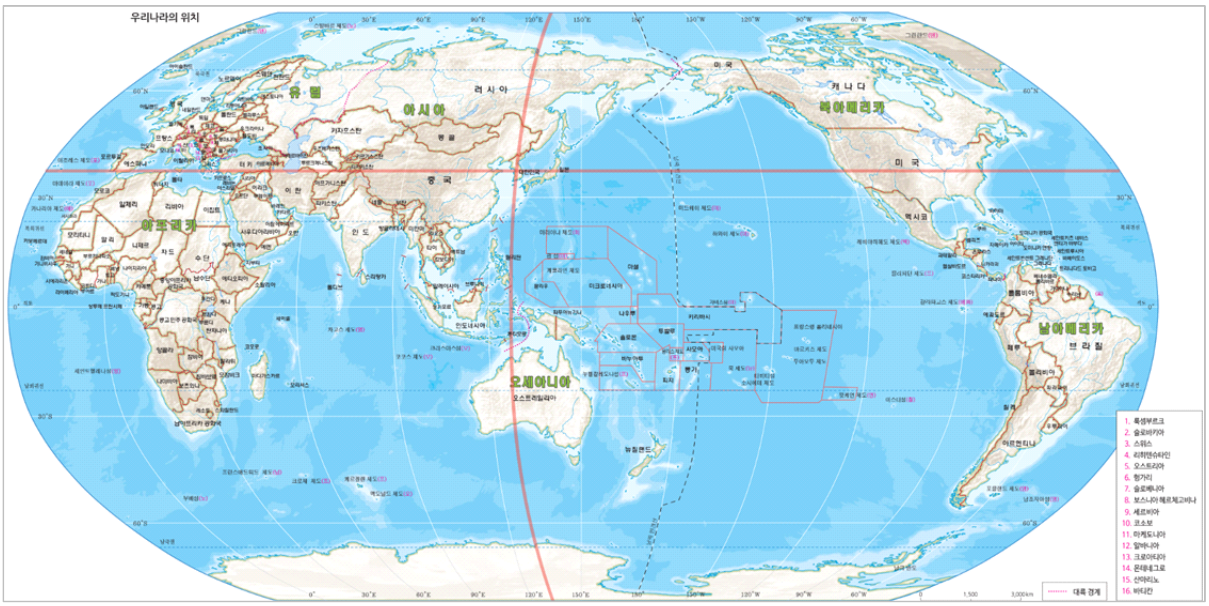
출처: 장래인구추계: 2022~2072(통계청, 2023)

주요 지역별 인구 변동을 살펴보면, 서울특별시는 1990년 10,473천 명으로 정점을 기록한 이후 2022년에는 9,421천 명으로 인구가 감소하였으며, 부산광역시와 대구광역시 또한 비슷한 감소 추세를 보였다. 이러한 인구 감소는 낮은 출산율과 기타 지역으로의 이동에 따른 인구 유출이 주요 원인으로 분석된다. 반면, 경기도, 세종특별자치시, 인천광역시는 최근 10년간(2013~2022) 꾸준히 인구가 증가하였다. 이는 주변 지역에서의 인구 유입이 주요 요인으로 작용한 결과이다.

주요 지역별 인구 분포를 보면, 2022년 기준 전국에서 인구가 가장 많은 지역은 경기도로 13,690천 명이며, 이는 우리나라 총인구의 26.5%에 해당한다. 서울특별시는 9,421천 명으로 두 번째로 인구가 많으며, 이는 총인구의 18.2%에 해당한다. 경기도, 서울특별시, 인천광역시(2,975천 명, 5위)를 포함한 수도권의 인구는 26,086천 명으로 총인구의 50.48%를 차지한다. 반면, 이 지역의 면적은 국토의 11.8%에 불과하여 인구 과밀화가 심각하다.

1.1.3 지리

헌법상 우리나라의 영토는 한반도와 부속도서로 구성된다. 한반도의 총면적은 223,663㎢로, 전 세계 253개 국가 가운데 85위이다. 한반도는 동경 124도와 132도 사이, 북위 33도와 44도 사이, 아시아 대륙 동쪽에 위치한다. 북쪽으로 중국, 러시아와 국경을 맞대고 있고, 동쪽으로는 대한해협을 사이에 두고 일본과 마주하고 있어, 광활한 유라시아 대륙과 태평양을 연결하는 위치에 있다.



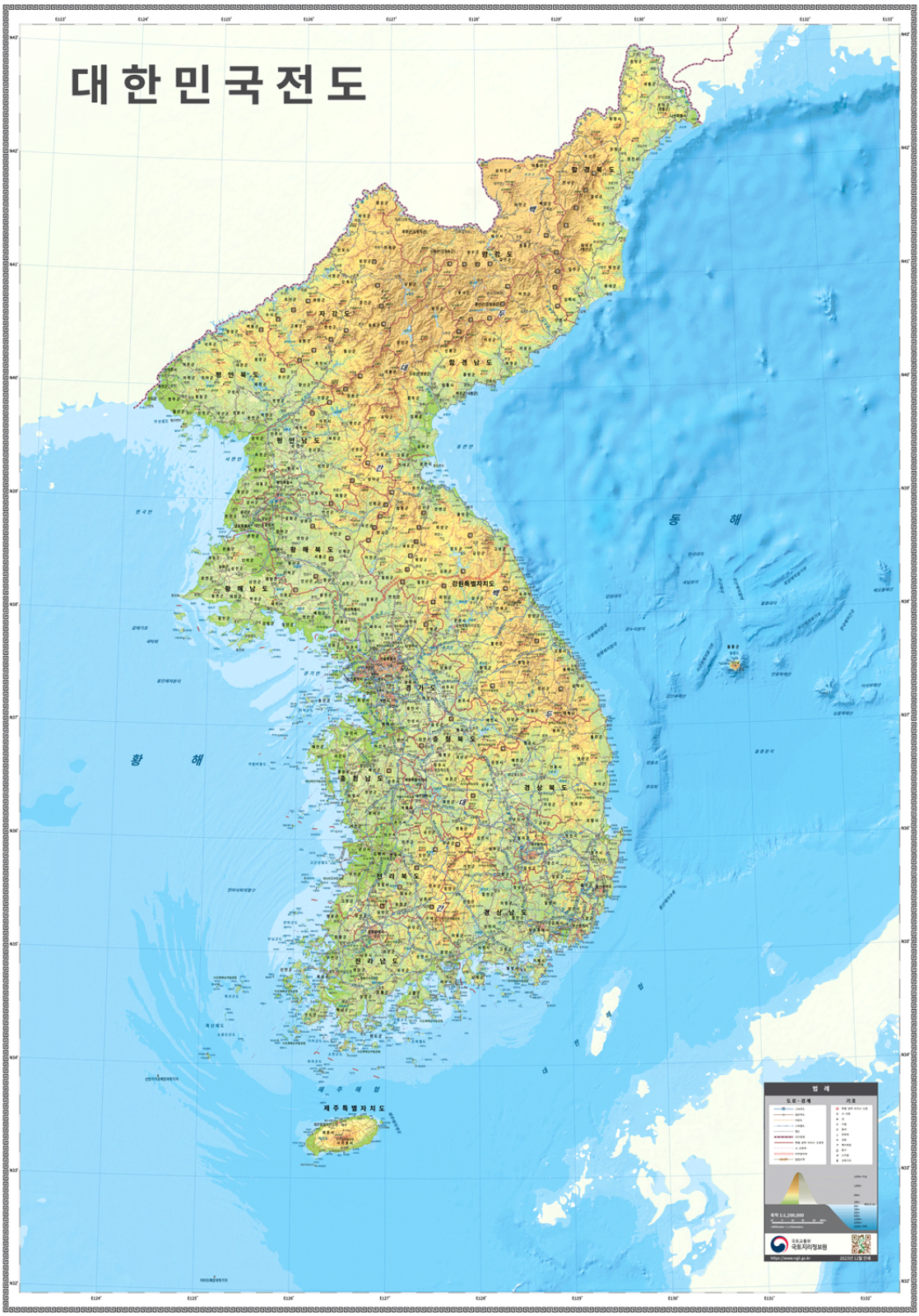
[그림 Ⅱ-4] 세계 속의 우리나라

출처: 대한민국 국가지도집(국토지리정보원, 2020)

우리나라는 대륙과 해양에 접해 있어 지리적 접근성이 뛰어나다. 아시아 주요 도시들과 가까운 위치에 있어 교통과 물류 측면에서 유리하며, 항공 및 해운 노선을 통하여 전 세계 주요 도시들과 연결된다. 또한, 철도와 도로망을 통하여 유라시아 대륙과의 접근성을 높이고 있다.

지형적으로 동서 간 고도 차이가 뚜렷하다. 태백산맥, 낭림산맥, 함경산맥을 중심으로 동쪽과 북쪽에 높은 산지가 분포하고 있으며, 서쪽 지역은 상대적으로 낮고 평탄하다. 이러한 지형적 특성으로 인하여 농업지역은 서쪽 지방에, 산림지역은 동북부 지방에 주로 자리 잡고 있다.

고도는 0m에서 2,744m에 이르며, 고도 1,600m 이상의 고지대는 전체 면적의 5%에 불과하고, 300m 미만의 저지대는 52%를 차지한다. 평균 고도는 448m로 동아시아의 평균인 910m와 비교하여 보다 낮은 편이나, 평균 경사도는 5.7°로 동아시아 평균 3.9°보다 가파른 지형적 특징을 보인다.



[그림 Ⅱ-5] 대한민국전도

출처: 대한민국 전도(국토지리정보원 누리집), https://www.ngii.go.kr/world/mapdownload05_en.html

1.1.4 기후 여건

우리나라는 중위도 온대 기후대에 위치하여 사계절이 뚜렷하다. 봄과 가을에는 이동성 고기압의 영향으로 맑고 건조한 날씨가 나타나며, 여름에는 북태평양 고기압의 영향으로 고온 다습한 기후를 보인다. 겨울에는 대륙성 고기압의 영향으로 한랭하고 건조한 날씨가 지속된다.

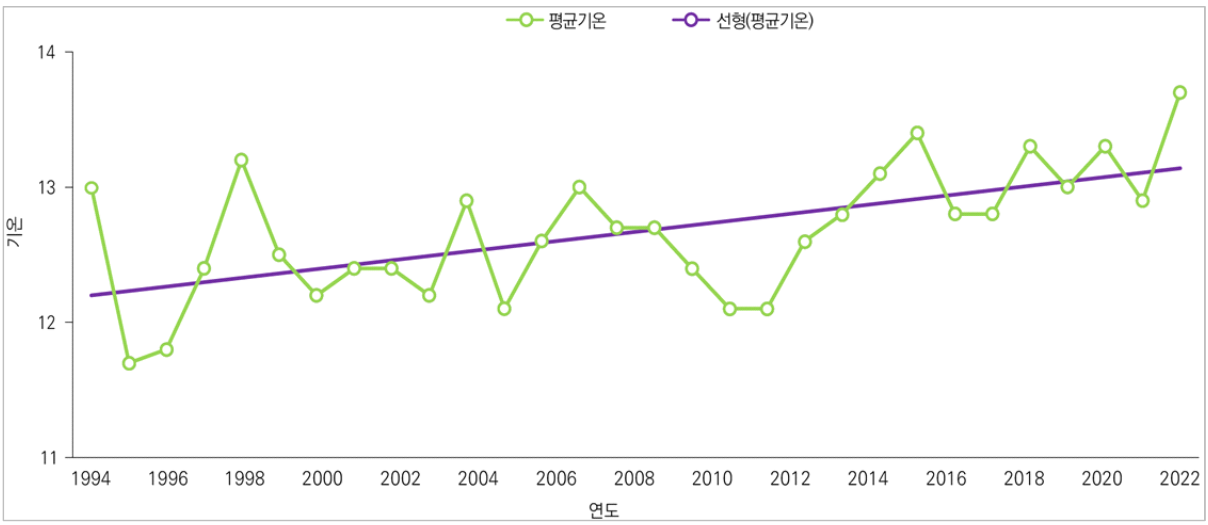
최근 30년간(1994~2023) 우리나라의 연 평균기온은 12.7℃로, 가장 더운 달인 8월의 평균기온은 25.4℃, 가장 추운 달인 1월의 평균기온은 -1.0℃로 기록되었다. 지역별로 8월에는 대관령이 19.7℃로 가장 낮았고 대구광역시가 26.7℃로 가장 높았다. 1월에는 대관령이 -6.9℃로 가장 낮았고, 부산광역시가 3.6℃로 가장 높았다.

연평균 강수량은 1,331.7㎜이며, 여름철 강수량이 연 강수량의 54.6%인 727.3㎜를 차지한다. 장마는 6월 중순 후반경에 제주특별자치도에서 시작하여 남부지방을 거쳐 중부지방으로 확대되며, 장마 기간은 제주특별자치도가 32.4일로 가장 길고 남부와 중부지방은 각각 31.5일과 31.4일이다.

<표 Ⅱ-1> 최근 30년간 우리나라의 월별 평균기온 및 강수량

구분	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
평균기온(℃)	-1.0	1.4	6.4	12.3	17.5	21.5	24.8	25.4	20.6	14.4	7.8	1.0
최저기온(℃)	-5.8	-3.8	0.7	6.2	11.7	17.0	21.4	21.8	16.4	9.2	2.7	-3.7
최고기온(℃)	4.4	7.2	12.5	18.7	23.6	26.8	29.1	30.0	26.0	20.8	13.7	6.4
강수량(㎜)	25.9	32.3	58.0	88.4	103.1	151.6	297.8	283.0	157.1	64.9	49.7	27.6

출처: 기후통계분석(기상청 기상자료개방포털)



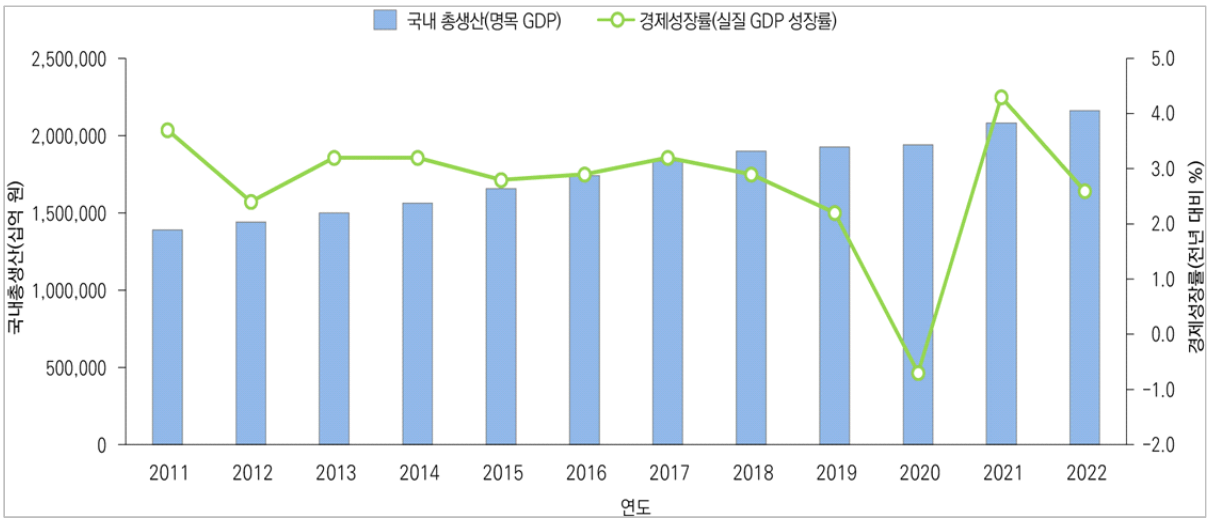
[그림 Ⅱ-6] 최근 30년간 우리나라의 연도별 평균기온

출처: 기후통계분석(기상청 기상자료개방포털)

계절에 따라 바람의 방향도 뚜렷하게 나타난다. 겨울에는 북서풍이, 여름에는 남서풍이 강하게 불며, 해안 지역에서는 해륙풍의 영향이 크게 나타난다. 북태평양에서는 연중 평균 25.1회의 태풍이 발생하며, 이 중 매년 3.4개의 태풍이 우리나라에 직간접적으로 영향을 미친다. 연중 평균 습도는 69~75%로 유지되며, 7월과 8월에는 78~79%로 높아지고, 3월과 4월에는 59~60%로 낮아진다.

1.1.5 경제

2021년 우리나라의 명목 국내총생산(Gross domestic product, 이하 GDP)는 2,080조 원으로 집계되었으며, 실질 GDP 기준 연간 경제성장률은 4.3%를 기록하였다. 이는 코로나19 대유행의 첫해인 2020년 역성장(-0.7%) 이후 크게 개선된 수치이다. 2022년에는 명목 GDP가 2,162조 원으로 증가하였으나, 경제성장률은 2.6%로 2021년보다 둔화하였다. 특히, 2022년 1분기 경제성장률은 전년 동기 대비 3.1% 증가를 기록한 반면, 4분기 성장률은 1.4%로 하락하여 하반기에는 경기가 둔화하는 추세를 보였다.



[그림 Ⅱ-7] 연도별 우리나라의 국내총생산 및 경제성장률

출처: 국민계정, 주요지표(연간지표)(2015년 기준)(한국은행)

우리나라는 제조업과 수출의존도가 높은 경제 구조를 이루고 있다. 제조업과 수출의존도는 최근 10년간 증감을 반복하였으나, 여전히 국가 경제에서 중요한 비중을 차지한다. 2021년과 2022년 국내총생산(GDP) 대비 제조업 비중은 모두 28.0%였으며, 수출의존도는 각각 33.2%와 38.0%를 기록하였다.

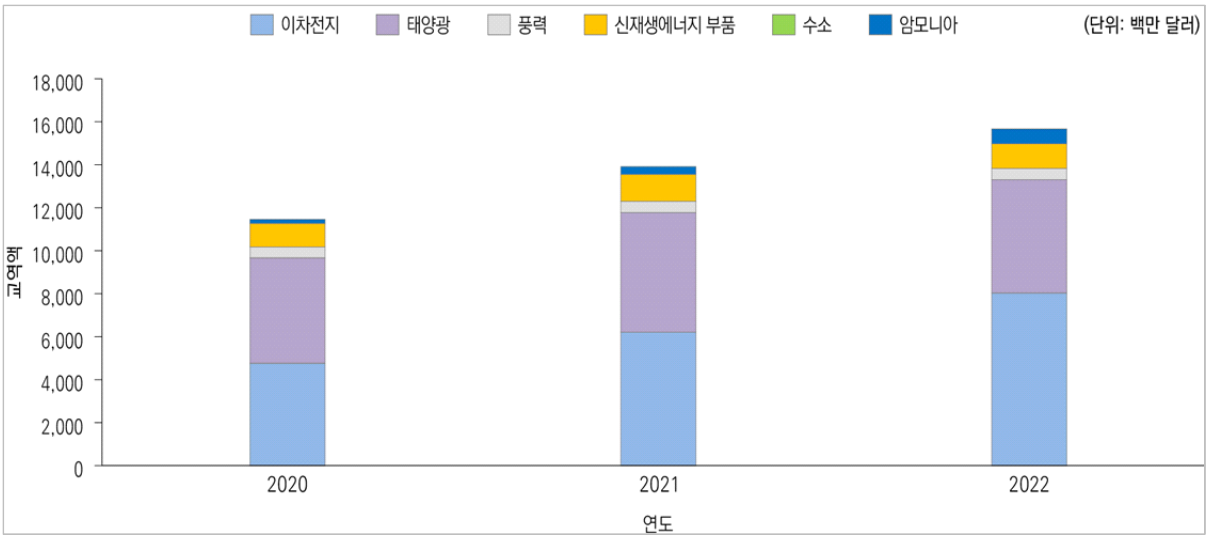
<표 Ⅱ-2> 연도별 우리나라의 수출의존도 및 제조업 비중

(단위: %)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
제조업 비중[1)]	30.3	29.5	29.0	28.8	29.5	29.1	27.5	27.1	28.0	28.0
수출의존도[2)]	39.0	36.8	34.2	31.4	33.5	33.2	31.0	29.4	33.2	38.0

1) 국민계정, 주요지표(연간지표)(2015년 기준)(한국은행)
2) 무역의존도(GDP 대비 수출입 비율)(국가통계포털)

탄소중립 관련 산업도 성장세를 보였으며, 이차전지 및 태양광 산업의 수출입이 확대되었다. 이차전지 산업의 교역액은 2020년 4,756백만 달러에서 2022년 8,035백만 달러로 약 1.7배 증가하였으며, 태양광 관련 산업도 2022년 5,274백만 달러의 교역액을 기록하며 성장세를 이어갔다.



[그림 Ⅱ-8] 연도별 우리나라의 탄소중립 관련 산업 교역액

출처: 무역통계(한국무역협회)

탄소중립 관련 금융 부문은 2021년을 기점으로 본격적인 성장세를 보였다. 정부는 2020년 12월 '녹색채권 가이드라인'과 2022년 12월 '한국형 녹색분류체계 가이드라인'을 발표하며, 녹색 금융 활성화를 위한 제도적 기반을 마련하였다. 그 결과, 녹색채권 발행액은 2020년 9,600억 원에서 2021년 12조 4,590억 원, 2022년에는 5조 8,610억 원으로 크게 증가하였다.

유가증권시장 상장사 중 지속가능경영보고서를 공시한 기업 수는 2021년 78개 사에서 2022년 129개 사로 증가하였으며, 각각 전년 대비 105%, 65% 증가하였다. 이에 따라 정부는 2021년 12월 'K-ESG 가이드라인'과 2022년 12월 '공급망 대응 K-ESG 가이드라인'을 발표하며, 기업의 환경, 사회, 지배구조(Environmental, Social, and Governance, ESG) 목표 달성을 지원하고 관련 정보의 공시·공개를 뒷받침하기 위한 제도를 마련하였다.

1.2 부문별 정보

1.2.1 전환

전환 부문은 일차 및 이차 에너지를 활용하여 전력, 열과 같은 이차 에너지를 생산하는 분야이다. 우리나라의 전력소비량은 계절별 기온 변화, 경제 상황, 코로나19 등의 영향으로 2019~2020년에 일시적으로 감소하였으나, 이를 제외하면 지난 10년간(2013~2022) 꾸준히 증가하였다. 2013년 이후 전력소비량은 연평균 1.6% 증가하였으며, 2022년 소비량은 547.9TWh로 2013년 대비 15.4%(73.1TWh) 증가하였다.

전력소비량에서 가장 큰 비중을 차지하는 용도는 산업용으로 2022년 기준 전체 소비량의 52.5%(287.9TWh)를 차지하였다. 그다음으로 상업용이 33.1%(181.4TWh), 가정용이 14.3%(78.6TWh)를 차지하였으며, 용도별 비중은 큰 변화 없이 유지되고 있다. 용도별 소비량 증가율을 보면, 가정용 소비량이 2013년 대비 22.8%(14.6TWh) 증가하여 가장 큰 폭의 증가를 보였고, 상업용은 17.8%(27.4TWh), 산업용은 12.1%(31.1TWh) 증가하였다. 연평균 증가율(2013~2022)은 가정용 2.3%, 상업용 1.8%, 산업용 1.3%이다. 최근 전력소비량 증가는 전기차 등 친환경차 보급 확대와 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 기술 확산에 따른 신규 데이터센터의 증가가 주요 원인으로 꼽힌다.

<표 II-3> 연도별 용도별 전력소비량 추이

(단위: TWh)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	474.8	477.6	483.6	497.1	507.8	526.2	520.6	509.3	533.5	547.9
가정용	64.0	62.7	63.8	66.2	66.5	70.7	70.5	74.1	77.6	78.6
상업용	154.0	150.3	154.2	160.9	164.6	174.6	172.8	168.1	173.2	181.4
산업용	256.8	264.6	265.6	270.0	276.7	280.9	277.3	267.1	282.7	287.9

출처: 2022년 한국전력통계(제92호)(한국전력공사, 2023)

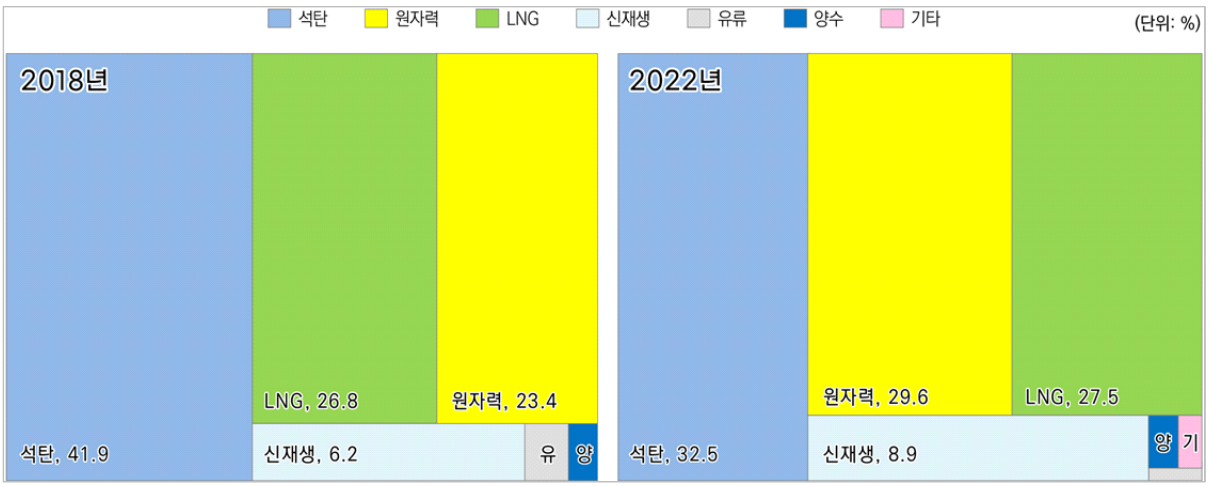
우리나라의 에너지 믹스(발전량 기준)는 석탄, 원자력, 액화천연가스(Liquefied Natural Gas, 이하 LNG), 신재생에너지 순으로 구성되며, 탄소중립 목표를 달성하기 위하여 석탄의 비중을 줄이고 무탄소 전원의 비중을 점진적으로 확대하는 방향으로 변화하고 있다. 2018년 41.9%였던 석탄 발전 비중은 2022년 32.5%로 4년 연속 줄어들었다. 반면, 신재생에너지 발전 비중은 2018년 6.2%에서 2022년 8.9%로 증가하였으며, 원자력 발전 비중도 2018년 23.4%에서 2022년 29.6%로 확대되었다.

<표 Ⅱ-4> 연도별 에너지원별 발전량 현황

구분		2018	2019	2020	2021	2022
합계	발전량(TWh)	570.6	563.0	552.2	576.8	594.4
	비중(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
석탄	발전량(TWh)	239.0	227.4	196.3	198.0	193.2
	비중(%)	41.9	40.4	35.6	34.3	32.5
원자력	발전량(TWh)	133.5	145.9	160.2	158.0	176.1
	비중(%)	23.4	25.9	29.0	27.4	29.6
LNG	발전량(TWh)	152.9	144.4	145.9	168.4	163.6
	비중(%)	26.8	25.6	26.4	29.2	27.5
신재생	발전량(TWh)	35.6	36.4	36.5	43.1	53.2
	비중(%)	6.2	6.5	6.6	7.5	8.9
유류	발전량(TWh)	5.7	3.3	2.3	2.4	2.0
	비중(%)	1.0	0.6	0.4	0.4	0.3
양수	발전량(TWh)	3.9	3.5	3.3	3.7	3.7
	비중(%)	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
기타	발전량(TWh)	0.0	2.2	7.7	3.3	2.7
	비중(%)	0.0	0.4	1.4	0.6	0.5

출처: 2022년 한국전력통계(제92호)(한국전력공사, 2023)

2018년 이후 원자력 발전의 확대로 인하여 석탄 발전에 이어 두 번째로 비중이 컸던 LNG가 2022년에는 석탄과 원자력 발전에 이어 세 번째 비중을 차지하게 되었다. 신재생에너지도 설비 보급 확대로 용량이 증가하며 발전 비중이 꾸준히 증가하였다. 이러한 에너지 믹스의 변화는 에너지 안보를 강화하고 탄소중립을 달성하기 위한 과정의 하나이다. 특히, 노후 석탄발전소의 단계적 폐지, LNG로의 대체, 원자력 및 신재생에너지와 같은 무탄소 전원의 확대는 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC) 이행을 위한 주요 동인으로 작용하고 있다.

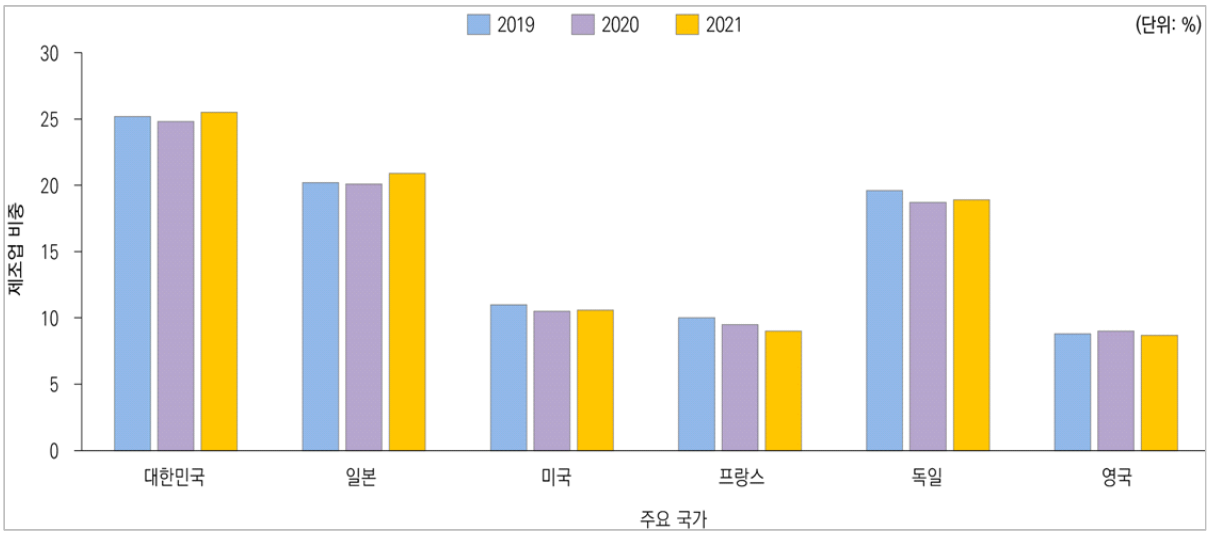


[그림 Ⅱ-9] 2018년, 2022년 에너지 믹스 비교

출처: 2022년 한국전력통계(제92호)(한국전력공사, 2023)

1.2.2 산업

산업 부문은 원료와 연료의 화학적 또는 물리적 구조를 변화시키는 공정과 에너지 사용을 통하여 재화나 서비스를 생산하는 분야이다. 우리나라는 1970년대 이후 1차 산업 중심에서 2차, 3차 산업 중심으로 빠르게 산업구조를 재편하였으며, 이로 인하여 제조업 비중이 선진국 대비 높은 수준을 유지하고 있다. 2021년과 2022년에 제조업은 국내총생산(GDP)의 28.0%를 차지하며 국가 경제에서 중요한 역할을 하고 있다.



[그림 II-10] 연도별 주요 국가별 국내총생산(GDP) 대비 제조업 비중

출처: Manufacturing, value added(% of GDP)(World Bank)

우리나라의 제조업 생산액은 코로나19의 영향으로 2019~2020년에 일시적으로 감소하였다. 2021년부터 이전 수준을 회복하기 시작하여 2022년에는 2018년 대비 31.6%(497조 7,770억 원) 증가한 2,073조 7,781억 원을 기록하였다. 이러한 상승세는 주로 반도체, 자동차 및 석유화학 산업 등 우수한 기술 경쟁력을 바탕으로 국내외 수요에 대응하기 위한 주요 산업의 생산 규모 확대에 기인한다.

주요 업종별 2022년 생산액을 보면, 반도체 산업이 포함된 '전자부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업'이 336조 3,230억 원으로 전체의 16.2%를 차지하며 가장 높은 비중을 기록하였다. 이는 글로벌 반도체 수요 확대로 시스템반도체 등의 수출 비중이 늘어난 결과이다. '자동차 및 트레일러 제조업'은 250조 1,540억 원(12.1%)으로 두 번째로 비중이 높았으며, 석유화학 산업이 포함된 '화학물질 및 화학제품 제조업'(10.5%), 철강 산업이 포함된 '1차 금속 제조업'(9.8%), 원유 정제처리 산업이 포함된 '코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업'(9.7%)이 그 뒤를 이었다. 상위 5개 업종의 생산액이 제조업 전체에서 차지하는 비중은 2021년 57.5%, 2022년 58.4%로 집계되었다.

<표 Ⅱ-5> 연도별 제조업 내 주요 업종별 생산액 추이

구분		2018	2019	2020	2021	2022
합계	생산액(십억 원)	1,575,999	1,552,706	1,502,500	1,781,283	2,073,778
	비중(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	생산액(십억 원)	277,829	260,743	262,540	315,513	336,323
	비중(%)	17.6	16.8	17.5	17.7	16.2
자동차 및 트레일러 제조업	생산액(십억 원)	189,653	196,714	195,677	213,746	250,154
	비중(%)	12.0	12.7	13.0	12.0	12.1
화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	생산액(십억 원)	163,826	153,925	145,350	189,319	218,750
	비중(%)	10.4	9.9	9.7	10.6	10.5
1차 금속 제조업	생산액(십억 원)	144,510	141,185	133,010	183,071	204,019
	비중(%)	9.2	9.1	8.9	10.3	9.8
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	생산액(십억 원)	132,906	125,812	81,506	123,344	201,054
	비중(%)	8.4	8.1	5.4	6.9	9.7
기타 기계 및 장비 제조업	생산액(십억 원)	123,319	119,087	117,841	135,757	150,320
	비중(%)	7.8	7.7	7.8	7.6	7.2
전기장비 제조업	생산액(십억 원)	84,113	88,790	98,671	115,055	149,629
	비중(%)	5.3	5.7	6.6	6.5	7.2
금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)	생산액(십억 원)	74,909	75,479	71,193	79,272	89,058
	비중(%)	4.8	4.9	4.7	4.5	4.3
고무 및 플라스틱제품 제조업	생산액(십억 원)	69,626	69,272	68,201	74,044	80,404
	비중(%)	4.4	4.5	4.5	4.2	3.9
기타 운송장비 제조업	생산액(십억 원)	45,125	47,968	46,537	42,813	47,891
	비중(%)	2.9	3.1	3.1	2.4	2.3
비금속 광물제품 제조업	생산액(십억 원)	35,648	34,097	33,085	36,202	39,295
	비중(%)	2.3	2.2	2.2	2.0	1.9
그 외 기타	생산액(십억 원)	234,535	239,634	248,888	273,150	306,881
	비중(%)	14.9	15.4	16.6	15.3	14.8

출처: 광업제조업조사(통계청)

제조업 분야의 에너지소비량 또한 코로나19 여파로 2019~2020년에 일시적으로 감소하였으나, 2022년에는 133,654천 석유환산톤(Ton of Oil Equivalent, 이하 TOE)에 이르렀다. 석유화학 및 정유 산업의 에너지 소비가 증가하면서 제조업 전체 소비량은 코로나19 이전 수준으로 회복되었다.

2022년 주요 업종별 에너지소비량을 보면, '화학물질 및 화학제품 제조업'이 40,744.1천 TOE로 전체의 30.5%를 차지하였다. 2021년에 이어 2022년에도 석유화학 설비가

증설되면서 원료용 석유 소비가 증가하여 해당 업종의 에너지 소비가 늘었다. 다음으로 '코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업'이 33,672.8천 TOE(25.2%)로 두 번째로 많은 에너지를 소비하였으며, '1차 금속 제조업'(23.5%), '비금속 광물제품 제조업'(4.6%), '전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업'(4.4%)이 그 뒤를 이었다. 상위 5개 업종의 에너지소비량이 제조업 전체에서 차지하는 비중은 2021년 89.0%, 2022년 88.2%로 집계되었다.

<표 Ⅱ-6> 연도별 제조업 내 주요 업종별 에너지소비량 추이

구분		2018	2019	2020	2021	2022
합계	에너지소비량(천 TOE)	133,327.9	130,661.8	128,263.5	133,573.9	133,654.0
	비중(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
화학물질 및 화학제품 제조업(의약품 제외)	에너지소비량(천 TOE)	33,472.0	33,738.7	34,800.4	42,982.5	40,744.1
	비중(%)	25.1	25.8	27.1	32.2	30.5
코크스, 연탄 및 석유정제품 제조업	에너지소비량(천 TOE)	37,075.7	36,325.1	32,661.2	30,290.0	33,672.8
	비중(%)	27.8	27.8	25.5	22.7	25.2
1차 금속 제조업	에너지소비량(천 TOE)	33,815.0	33,537.9	33,667.5	34,003.5	31,395.9
	비중(%)	25.4	25.7	26.2	25.5	23.5
비금속 광물제품 제조업	에너지소비량(천 TOE)	6,284.1	6,337.8	5,897.8	6,003.7	6,152.2
	비중(%)	4.7	4.9	4.6	4.5	4.6
전자 부품, 컴퓨터, 영상, 음향 및 통신장비 제조업	에너지소비량(천 TOE)	5,054.9	5,600.3	5,541.5	5,556.2	5,933.4
	비중(%)	3.8	4.3	4.3	4.2	4.4
식료품 제조업	에너지소비량(천 TOE)	2,439.5	2,065.8	2,296.3	2,157.6	2,242.4
	비중(%)	1.8	1.6	1.8	1.6	1.7
자동차 및 트레일러 제조업	에너지소비량(천 TOE)	2,143.8	1,979.1	1,850.2	1,808.5	2,031.8
	비중(%)	1.6	1.5	1.4	1.4	1.5
금속가공제품 제조업 (기계 및 가구 제외)	에너지소비량(천 TOE)	2,299.2	1,787.9	2,570.5	1,731.2	1,953.7
	비중(%)	1.7	1.4	2.0	1.3	1.5
펄프, 종이 및 종이제품 제조업	에너지소비량(천 TOE)	2,168.2	2,013.3	1,945.2	1,917.5	1,862.0
	비중(%)	1.6	1.5	1.5	1.4	1.4
고무 및 플라스틱제품 제조업	에너지소비량(천 TOE)	2,197.1	1,811.5	1,415.9	1,670.9	1,818.8
	비중(%)	1.6	1.4	1.1	1.3	1.4
기타 기계 및 장비 제조업	에너지소비량(천 TOE)	1,360.7	1,096.1	1,293.4	1,133.7	1,376.0
	비중(%)	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0
그 외 기타	에너지소비량(천 TOE)	4,534.2	3,867.9	3,851.3	3,829.4	3,937.1
	비중(%)	3.4	3.0	3.0	2.9	2.9

출처: 업종별 에너지소비량(국가온실가스 배출량 종합정보 시스템)

1.2.3 건물

건물 부문은 지붕과 기둥, 벽이 있는 구조물에서 일상생활이나 경제활동이 이루어지는 분야를 의미한다. 건물 에너지 총사용량은 코로나19의 영향으로 비주거용 건물의 에너지 사용이 감소하면서 2019~2020년에 소폭 줄었으나, 2021년부터 다시 증가하기 시작하였다. 2022년 총소비량은 2018년 대비 5.6%(1,920천 TOE) 증가한 36,362천 TOE였으며, 신축 건물로 인한 연면적 증가가 총소비량 상승에 영향을 미쳤다. 2022년 건물 에너지 사용량에서 공동주택이 가장 큰 비중(42.6%)을 차지하였으며, 단독주택과 근린생활시설이 그 뒤를 이었다. 주거용 건물의 소비량은 2022년 전체 소비량의 58.0%를 차지하였다.[25]

단위면적당 건물 에너지 사용량도 총사용량과 유사하게 코로나19로 인하여 비슷한 증감 추이를 보였다. 그러나 2022년 단위면적당 사용량은 122kWh/㎡로, 2018년 대비 4.8% 감소하였다. 주요 원인으로는 2018년 대비 냉난방도일[26]이 8.0%(244일) 감소한 점이 작용하였다. 일반적으로 에너지소비량은 냉난방도일과 비례하기 때문이다. 연면적이 2018년 대비 10.9% 증가하였지만 건물 에너지 총사용량은 5.6% 증가하는 데 그친 점도 단위면적당 사용량 감소에 영향을 미쳤다.

<표 Ⅱ-7> 연도별 건물 에너지 사용량 추이

구분	2018	2019	2020	2021	2022
연면적(십만 ㎡)	31,263	32,187	32,619	33,632	34,672
에너지 총사용량(천 TOE)	34,442	33,572	33,187	34,344	36,362
단위면적당 에너지 사용량(kWh/㎡)	128	121	118	119	122
냉난방도일	3,050	2,704	2,628	2,663	2,806

출처: '22년 건물에너지, 기준년('18년) 대비 단위면적당 에너지사용량 4.8% 감소(국토교통부 보도자료, 2023.5.31.)

노후 건물은 일반적으로 사용 승인 후 30년 이상 지난 건물을 의미하며, 노후화할수록 에너지 사용량도 증가하는 경향이 있다. 지난 10년간(2013~2022) 노후 건물의 동수와 연면적은 꾸준히 증가하였으며, 2022년 기준 노후 건물은 전체 건물 동수의 41.0%(3,017,299동), 연면적의 21.4%(884,101천 ㎡)를 차지하였다. 특히, 1980년대 대규모 택지개발사업으로 공급된 건물의 노후화가 에너지 사용 증가에 크게 영향을 미치고 있다. 노후 건물의 동수와 연면적이 빠르게 증가함에 따라, 전체 건물 에너지 소비에서 차지하는 비중도 점차 확대되고 있다.

25) 출처: "'22년 건물에너지, 기준년('18년) 대비 단위면적당 에너지사용량 4.8% 감소"(국토교통부 보도자료, 2023.5.31.)
26) 냉난방도일은 일평균기온과 기준온도(난방 18℃, 냉방 24℃)의 차이를 월별로 합산한 값을 의미함

<표 II-8> 연도별 노후 건물 추이

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
전체	동수(동)	6,851,802	6,911,288	6,986,913	7,054,733	7,126,526	7,191,912	7,243,472	7,275,266	7,314,264	7,354,340
	연면적(천 ㎡)	3,376,649	3,451,352	3,534,068	3,573,626	3,641,933	3,754,128	3,860,871	3,961,888	4,056,243	4,131,341
30년 이상 35년 미만	동수(동)	435,088	497,313	498,813	499,448	483,941	497,285	480,131	535,672	586,505	647,083
	연면적(천 ㎡)	147,504	159,730	169,251	181,743	199,497	216,153	241,574	287,339	359,144	418,480
35년 이상	동수(동)	1,922,960	1,978,819	2,013,087	2,043,769	2,117,329	2,169,438	2,258,369	2,284,186	2,310,334	2,370,216
	연면적(천 ㎡)	223,523	245,425	263,732	280,620	306,034	336,638	365,725	392,956	420,332	465,621

출처: 연도별 건축물 현황(국토교통부)

1.2.4 수송

수송 부문은 도로, 철도, 해운, 항공 등 다양한 교통수단을 통하여 여객과 화물을 운송하는 분야이다. 국내 여객 수송량은 2020년 코로나19의 영향으로 급감하였으나, 이를 제외하면 지난 10년간(2013~2022) 연평균 1.6%씩 꾸준히 증가하였다.

2021년 교통수단별 국내 여객 수송분담률은 도로가 88.4%로 가장 높은 비중을 차지하였으며, 지하철이 8.1%, 철도가 3.4%, 항공과 해운이 각각 0.1%를 기록하였다. 2013년 도로 수송분담률은 87.5%였으나, 대중교통 활성화 정책으로 승용차 이용이 줄어들면서 2019년에는 84.3%로 감소하였다. 같은 기간 철도와 지하철의 분담률은 각각 4.6%와 10.9%로 상승하였으나, 2020년 코로나19 확산으로 승용차 이용이 다시 증가하면서 도로 수송분담률은 반등하였고, 철도와 지하철은 감소세를 보였다. 해운 수송은 정부의 「연안여객선 안전관리 혁신대책」(2014.09)이 시행되며 2017년에 최고 실적을 달성하였다. 항공 수송분담률은 저가 항공사의 공급 확대와 여행 수요 증가에 힘입어 전반적으로 상승하는 추세를 보였다. 해운과 항공 수송은 모두 2020년 코로나19의 영향을 받아 일시적으로 감소하였으나, 2021년부터 다시 회복세를 보였다.

<표 Ⅱ-9> 연도별 교통수단별 여객 수송분담률 추이

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
합계	여객 수(천 명)	30,067,308	30,507,071	31,029,472	33,158,711	33,336,713	33,595,785	33,972,470	29,197,761	34,144,138
	분담률(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
도로	여객 수(천 명)	26,327,678	26,678,513	27,193,794	28,090,714	28,192,366	28,409,618	28,649,339	25,361,540	30,168,830
	분담률(%)	87.5	87.4	87.6	84.7	84.6	84.6	84.3	86.9	88.4
지하철	여객 수(천 명)	2,476,394	2,526,167	2,522,900	3,572,127	3,604,712	3,618,352	3,705,150	2,677,582	2,759,948
	분담률(%)	8.2	8.3	8.1	10.8	10.8	10.8	10.9	9.2	8.1
철도	여객 수(천 명)	1,224,820	1,263,472	1,269,417	1,449,534	1,490,319	1,521,590	1,570,415	1,122,872	1,170,749
	분담률(%)	4.1	4.1	4.1	4.4	4.5	4.5	4.6	3.8	3.4
항공	여객 수(천 명)	22,353	24,648	27,980	30,913	32,406	31,600	32,981	25,164	33,147
	분담률(%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
해운	여객 수(천 명)	16,063	14,271	15,381	15,423	16,910	14,625	14,585	10,603	11,464
	분담률(%)	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0

출처: 2022 국가교통통계(국내편)(국토교통부, 2023)

국내 화물 수송량은 2013년부터 계속 증가하여 2018년에 최고치를 기록하였으나, 이후 코로나19로 인하여 감소하였다. 2021년에는 도로 수송량이 회복되면서 전체 화물 수송량도 다시 증가세를 보였다. 2021년 교통수단별 화물 수송분담률은 도로가 가장 큰 비중을 차지하였으며, 해운, 철도, 항공이 그 뒤를 이었다. 철도와 항공은 도로와 비교하여 수송분담률이 감소하는 추세이다.

<표 Ⅱ-10> 교통수단별 화물 수송분담률 추이

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
합계	화물량(천 톤)	1,704,342	1,668,282	1,927,284	1,975,640	2,028,558	2,047,201	1,983,572	1,926,889	1,990,292
	분담률(%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
도로	화물량(천 톤)	1,546,407	1,512,700	1,761,291	1,799,565	1,854,011	1,895,686	1,847,241	1,788,917	1,848,182
	분담률(%)	90.7	90.6	91.3	91.1	91.4	92.6	93.1	92.8	92.9
해운	화물량(천 톤)	117,860	117,920	128,611	143,227	142,587	120,327	107,408	111,513	115,125
	분담률(%)	6.9	7.1	6.7	7.2	7.0	5.9	5.4	5.8	5.8
철도	화물량(천 톤)	39,822	37,379	37,094	32,555	31,670	30,915	28,664	26,277	26,780
	분담률(%)	2.3	2.2	1.9	1.6	1.6	1.5	1.4	1.4	1.3
항공	화물량(천 톤)	253	283	288	293	290	273	259	182	205
	분담률(%)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

출처: 2022 국가교통통계(국내편)(국토교통부, 2023)

대표적 수송 수단인 자동차의 누적 등록대수는 2013년 이후 매년 2~3%씩 꾸준히 증가하여 2022년 말에는 2,550만 대에 이르렀다. 이러한 증가에는 가구당 차량 보유대수의 증가와 1인 가구의 확산이 주요 요인으로 작용하였다. 차종별로는 승용차가 가장 큰 비중을 차지하였으며, 그 외에 승합차, 화물차, 특수차 순으로 나타났다.

2022년 연료별 자동차 누적 등록대수는 휘발유차와 경유차가 가장 많았으며, 액화석유가스(Liquefied Petroleum Gas, 이하 LPG)차, 하이브리드차, 전기차, 수소차가 그 뒤를 이었다. 휘발유차와 경유차는 2013년 대비 각각 28.4%, 31.9% 증가하였으나, LPG차는 감소하였다. 반면, 친환경차는 같은 기간 대폭 증가하였으며, 특히 전기차와 하이브리드차가 큰 폭으로 증가하였다. 수소차는 2015년부터 꾸준히 증가하여 2020년에 1만 대를 돌파하였고, 2022년에도 성장세를 이어갔다. 친환경차 등록대수의 급격한 증가는 정부의 친환경차 확대·지원 정책과 시장 수요 증가에 기인한다.

<표 II-11> 연도별 자동차 등록 현황

(단위: 만 대)

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계		1,940.1	2,011.8	2,099.0	2,180.3	2,252.8	2,320.3	2,367.7	2,436.6	2,491.1	2,550.3
내연기관	소계	1,918.7	1,986.3	2,068.8	2,143.0	2,205.1	2,259.4	2,292.3	2,338.2	2,357.7	2,373.2
	휘발유	940.0	958.7	980.9	1,009.2	1,037.0	1,062.9	1,096.1	1,141.0	1,176.0	1,206.9
	경유	739.6	793.9	862.2	917.0	957.6	993.0	995.8	999.2	987.2	975.8
	LPG	239.2	233.7	225.7	216.7	210.5	203.5	200.5	197.9	194.6	190.5
친환경	소계	10.5	14.0	18.0	24.4	33.9	46.2	60.1	82.0	115.9	159.0
	하이브리드	10.4	13.8	17.5	23.3	31.4	40.5	50.6	67.4	90.8	117.1
	전기	0.1	0.3	0.6	1.1	2.5	5.6	9.0	13.5	23.1	39.0
	수소	-	-	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	1.1	1.9	3.0
기타 연료		10.8	11.5	12.1	12.9	13.8	14.7	15.3	16.4	17.5	18.1

출처: 자동차등록현황보고(국토교통부)

1.2.5 농축수산

농축수산 부문은 농작물 재배, 가축 사육, 수산자원의 채취·양식·가공 등을 통하여 먹거리를 생산하는 분야이다. 우리나라는 식사의 탈가정화, 서구화된 식생활 및 간편식 선호 증가로 양곡 소비량이 꾸준히 감소한 반면, 육류 소비량은 계속 증가하였다.[27][28] 수산물 소비량도 국민소득 향상과 건강에 관한 관심 증대로 지속해서 증가하는 추세이다.

대표적으로 가구 부문의 양곡 소비량을 살펴보면, 2022년 기준 1인당 연간 양곡 소비량은 64.7㎏으로 2013년 대비 14.1%(10.6㎏) 감소하였으며, 2013년 이래 연평균 1.7%씩 줄어드는 추세이다. 쌀 소비량은 전체 양곡 소비량의 대부분(87.7%)을 차지하나, 2013년 이후 매년 1.9%씩 감소하고 있다.[29]

농작물 재배에 사용되는 화학비료의 2022년 총사용량은 410천 톤으로 2013년 대비 10.7%(49천 톤) 감소하였다. 단위면적당 사용량은 255㎏/ha로 2013년 대비 2.7%(7㎏/ha) 감소하였다. 화학비료 총사용량은 쌀 소비량 감소에 따른 재배 면적의 감소로 지속적으로 줄어들었고, 단위면적당 사용량은 예년과 유사한 수준으로 유지되고 있다.[30]

가축 사육에 따른 가축분뇨 발생량은 2022년 139,353톤/일로 2013년 대비 3.1%(4,227톤/일) 증가하였다. 2022년 축종별 발생량은 소가 59,174톤/일(42.5%), 돼지가 55,344톤/일(39.7%), 기타 축종(가금, 말, 양, 염소, 사슴 등)이 24,835톤/일(17.8%)로 나타났다. 가축분뇨 발생량은 육류 소비량 증가로 가축사육두수가 늘어나면서 지속적으로 증가하고 있다. 2022년에 발생한 가축분뇨의 79.5%는 자가 처리되었으며, 이 중 대부분이 퇴비나 액비로 자원화되었다.

27) 출처: “쌀 소비 감소 전망, 소비 변화 반영한 정책 추진 필요”(한국농촌경제연구원 보도자료, 2019.6.13.)
28) 출처: 소비현황((사)한국육류유통수출협회)
29) 출처: 양곡소비량조사(통계청)
30) 출처: 농약 및 화학비료 사용량(지표누리)

<표 II-12> 연도별 가축분뇨 발생량 및 처리량

구분			2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
축산농가수(호)			212,794	213,599	194,823	192,982	201,745	197,026	198,229	194,665	178,197	178,069
가축사육두수(천 두)			235,144	240,176	236,801	252,197	258,492	261,477	291,996	247,111	246,541	233,255
가축분뇨 발생량 (톤/일)	합계		135,126	136,627	134,562	138,205	137,701	144,313	153,220	139,753	142,027	139,353
	돼지		53,322	55,227	54,268	56,291	56,229	58,614	60,883	56,270	56,439	55,344
	한육우		40,696	40,004	39,072	39,854	39,393	42,121	45,284	44,921	46,676	47,911
	젖소		17,230	17,075	17,101	16,292	15,562	16,772	17,324	12,411	12,765	11,263
	기타 축종		23,878	24,321	24,120	25,769	26,517	26,805	29,730	26,152	26,148	24,835
가축분뇨 처리량 (톤/일)	자가처리	소계	104,315	103,922	102,488	114,035	110,810	115,779	122,319	113,520	114,239	110,744
		퇴비화	89,608	88,559	88,620	101,122	99,579	105,653	107,768	98,659	100,198	87,934
		액비화	7,256	8,010	7,203	5,560	4,725	3,678	5,287	6,800	6,709	11,018
		정화방류	5,623	5,595	4,771	5,725	5,032	6,060	9,129	7,966	7,274	11,758
		미처리	1,829	1,758	1,896	1,627	1,475	388	135	94	57	33
	위탁처리*	소계	30,811	32,705	32,073	24,170	26,891	28,534	30,901	26,233	27,788	28,609
		퇴비화	–	–	–	–	–	–	9,107	6,074	5,666	6,144
		액비화	–	–	–	–	–	–	10,882	10,263	11,676	11,526
		정화방류	–	–	–	–	–	–	10,473	9,461	9,931	10,134
		기타	–	–	–	–	–	–	440	436	515	805

* 2018년 이전에는 위탁처리에 대한 세부 처리방법을 조사하지 않아 작성 불가
출처: 가축분뇨 처리 통계(지표누리)

2022년 배합사료 생산량은 21,413천 톤으로 2013년 대비 13%(2,477천 톤) 증가하였다. 이는 가축사육두수의 증가로 배합사료 수요량이 증가하였기 때문이다. 축종별로는 양돈용과 양계용 사료의 비중이 가장 높았으며, 고기소용 사료는 소폭 감소하였다. 젖소용 사료는 젖소 사육두수가 줄어들면서 생산량도 감소하였고, 전체 배합사료 생산량에서 차지하는 비중도 줄어들었다.[31]

수산업 부문에서는 국내 등록어선 수가 2000년에 95,890척으로 정점을 찍었으나, 이후 수산자원 보호를 위한 연근해 어선 감척 사업으로 인하여 꾸준히 감소하여 2022년에 64,385척을 기록하였다. 또한, 2022년 기준 등록된 연근해 어선은 전체 어선의 60.7%를 차지하며, 2000년 대비 43.1% 감소하였다. 한편, 2022년 기준 선령 21년 이상의 노후어선은 23,103척으로 전체 선박의 35.9%를 차지하였으며, 어선 감척사업으로 신규 어업허가 발급이 제한되면서 그 비중이 계속 증가하는 추세이다.[32]

31) 출처: 배합사료생산실적및원료사용실적(농림축산식품부)
32) 출처: 2022년 어선 총 64,385척으로 나타나… 수산자원 관리 위한 어선 감척사업 등 영향(해양수산부 보도자료, 2023.06.29.)

<표 Ⅱ-13> 연도별 국내 등록 어선 및 노후어선 수

(단위: 척)

구분		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	어선 수	71,287	68,417	67,226	66,970	66,736	65,906	65,835	65,744	65,531	64,385
	노후어선 수	11,193	10,734	11,698	13,102	14,247	15,511	17,771	19,841	21,905	23,103
원양어업	어선 수	315	368	348	258	213	208	211	199	192	194
	노후어선 수	286	337	319	230	185	182	184	173	162	168
근해어업	어선 수	2,780	2,714	2,643	2,640	2,730	2,720	2,677	2,613	2,492	2,372
	노후어선 수	682	729	765	891	952	1,002	998	957	942	891
연안어업	어선 수	44,713	43,116	42,692	41,166	39,607	38,399	37,785	37,271	37,062	36,694
	노후어선 수	5,116	5,393	6,598	7,216	7,979	8,671	9,798	10,944	12,247	13,426
양식업	어선 수	16,772	16,992	16,976	17,716	18,095	18,913	19,347	18,707	18,915	19,148
	노후어선 수	3,011	2,991	3,102	3,143	3,352	3,888	4,552	4,946	5,513	6,021
내수면어업	어선 수	2,908	3,150	3,101	3,091	3,012	3,009	3,067	3,081	3,001	2,943
	노후어선 수	301	407	538	684	721	826	928	1,119	1,177	1,152
기타어업	어선 수	3,799	2,077	1,466	2,099	3,079	2,657	2,748	3,873	3,869	3,034
	노후어선 수	1,797	877	376	938	1,058	942	1,311	1,702	1,864	1,445

출처: 등록어선통계(해양수산부)

1.2.6 폐기물

폐기물 부문은 생활이나 경제활동으로 발생한 폐기물을 매립, 소각, 재활용 등의 방법으로 처리하는 분야이다. 우리나라의 폐기물 발생량은 산업 생산과 건설 경기에 영향을 받아 꾸준히 증가하다가, 2022년에 소폭 감소하였다. 2013년 이후 폐기물 발생량은 연평균 3.0%씩 증가하여 2022년에는 18,645만 톤으로, 2013년 대비 29.9% 증가하였다.

<표 Ⅱ-14> 연도별 폐기물 종류별 발생 추이

(단위: 만 톤/년)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	14,348	14,660	15,265	15,663	15,678	16,283	18,149	19,546	19,738	18,645
생활폐기물	1,778	1,822	1,871	1,962	1,952	2,045	2,115	2,254	2,269	2,304
사업장배출시설계폐기물	5,418	5,591	5,669	5,918	6,018	6,122	7,396	8,087	8,490	8,106
건설폐기물	6,699	6,766	7,236	7,280	7,164	7,554	8,070	8,644	8,381	7,618
지정폐기물	453	481	489	503	544	562	568	561	598	617

출처: 전국폐기물 발생 및 처리현황(자원순환정보시스템)

2022년 폐기물 발생량 중 가장 큰 비중을 차지한 것은 슬래그, 분진, 오니 등으로 구성된 사업장 폐기물로, 전체의 43.5%를 차지하였다. 그다음으로 건설폐기물이 40.9%, 생활폐기물이 12.4%, 지정폐기물[33]이 3.3%를 기록하였다. 사업장 폐기물과 건설폐기물의 비중은 산업활동과 건설 시장의 여건에 따라 변동하기도 하였다. 2013년부터 2022년까지의 연평균 증가율을 보면, 생활폐기물은 2.9%, 사업장 폐기물은 4.6%, 건설폐기물은 1.4%, 지정폐기물은 3.5%씩 증가하였다. 특히 2020년에는 코로나19로 인한 비대면 소비 확산(온라인 쇼핑, 배달 음식 등)으로 폐지와 폐플라스틱이 많이 발생하여 생활폐기물이 2019년 대비 6.5% 증가하였다.

폐기물 처리는 발생한 폐기물의 수집, 운반, 보관, 재활용, 처분 등의 사후 처리 활동으로 폐기물 발생량에 따라 처리량도 증감하여 왔다. 과거에는 폐기물 처리가 주로 매립에 의존하였으나, 쓰레기종량제와 재활용품 분리수거 제도의 도입으로 재활용 비중이 크게 확대되었다. 2022년 기준 전체 폐기물 처리량 중 재활용이 86.8%로 가장 큰 비중을 차지하며, 2013년 이후 꾸준히 80% 이상을 유지하고 있다. 그 외 소각이 5.2%, 매립이 5.1%, 기타 처리 방식[34]은 2.9%를 기록하였으며, 이러한 재활용 외의 처리 비중은 점차 감소하는 추세이다. 2013년부터 2022년까지의 주요 처리방법별 연평균 증감률을 살펴보면, 재활용은 3.4% 증가하였고, 매립은 4.2% 감소하였으며, 소각은 0.7%로 거의 변동이 없었다.

<표 II-15> 연도별 폐기물 처리방법별 처리량 변화 추이

(단위: 만 톤/년)

구분	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
합계	14,348	14,660	15,265	15,663	15,678	16,283	18,149	19,546	19,738	18,645
재활용	11,932	12,294	12,878	13,279	13,383	14,025	15,708	17,076	17,161	16,188
매립	1,386	1383	1380	1385	1297	1265	1114	1002	1046	944
소각	914	895	952	965	960	964	948	1015	979	977
기타	116	88	55	34	38	29	379	453	552	536

출처: 전국폐기물 발생 및 처리현황(자원순환정보시스템)

1.2.7 흡수원

흡수원 부문은 육상 및 연안 생태계의 식물과 토양이 대기 중 탄소를 흡수하고 저장하는 역할을 담당하는 분야이다. 2020년 기준 우리나라의 산림 면적은 6,298천 ha로, 도로 신설, 주택 건설 등 타 용도로 전환되는 산림으로 인하여 2015년 대비 0.58%(36천 ha) 감소한

33) 지정폐기물이란 사업장폐기물 중 폐유·폐산 등 주변 환경을 오염시킬 수 있거나 의료폐기물 등 인체에 위해를 줄 수 있는 해로운 물질을 뜻함
34) 2019년부터 '기타'의 집계 방식이 해역배출량을 비롯해 소각을 제외한 중간처분량(기계적, 화학적, 생물학적 처분 등)을 포함하는 방식으로 변경됨

수치이다. 산림이 국토 면적에서 차지하는 비중은 62.7%로 OECD 국가 중에서는 핀란드(73.7%), 스웨덴(68.7%), 일본(68.4%)에 이어 네 번째로 높은 비율이다.

침엽수림 면적은 2011년 대비 9.5%(245 천 ha) 감소한 반면, 활엽수림은 16.7%(287 천 ha) 증가하였다. 혼효림의 면적은 2011년 대비 10.2%(189 천 ha) 감소하였다.

<표 Ⅱ-16> 연도별 임상별 산림 면적 추이

(단위: 천 ha)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
합계	6,348	6,340	6,339	6,342	6,335	6,326	6,318	6,306	6,299	6,298
침엽수	2,569	2,562	2,557	2,552	2,339	2,333	2,329	2,321	2,314	2,324
활엽수	1,719	1,719	1,718	1,721	2,029	2,025	2,021	2,018	2,012	2,006
혼효림	1,855	1,844	1,838	1,830	1,706	1,703	1,699	1,693	1,688	1,666
죽림	7	7	7	7	22	22	22	20	20	20
무립목지	197	207	219	233	239	243	247	254	265	282

출처: 2020 산림기본통계(산림청)

2020년 기준, 영급별 산림 면적에서 4~5영급(31~50년생)이 전체 산림 면적의 76%를 차지하고 있다. 6영급(51년생~) 이상은 2020년 기준 6%로 상대적으로 적으나 현재의 산림 나이 구조가 유지된다면 2030년에는 35%, 2050년에는 80%로 증가할 것으로 예상된다. 이는 1970~1980년대 이루어진 대규모 국토녹화로 산림의 나이가 특정 연령대에 집중되어 있기 때문이다.

2023년 기준 연안습지 면적은 2,443.3㎢로 국토 면적의 약 2.4%를 차지하며 항만용지, 주거용지, 산업용지 등의 용도로 매립되면서 2018년 대비 1.6%(38.7㎢) 감소하였다.[35] 갯벌생태조사를 통하여 2015년부터 2022년까지의 연안습지 내 염생식물 군락 수를 조사한 결과, 2주기(2017~2018)에는 42개 군락, 3주기(2019~2020)에는 45개 군락, 4주기(2021~2022)에는 38개 군락이 파악되었다. 군락의 면적은 1주기(2015~2016) 1,501,404㎡, 2주기(2017~2018) 1,790,954㎡, 3주기(2019~2020) 3,955,715㎡, 4주기(2021~2022) 2,324,343㎡였다. 군락 면적은 1주기에서 3주기까지 증가하다가 4주기에서 감소하였는데, 이는 갯벌에 서식하는 염생식물의 특성상 발아기의 고온건조와 고염 등 이상기상, 갯벌의 침퇴적 등이 주요 요인으로 작용한 것으로 판단된다.[36]

35) 출처: 연안습지면적현황(해양수산부)
36) 출처: 국가해양생태계종합조사 2022(해양수산부, 2022)

<표 II-17> 염생식물 군락 수 및 면적

구분	평균	1주기 (2015~2016)	2주기 (2017~2018)	3주기 (2019~2020)	4주기 (2021~2022)
군락 수(개)	41.6	-	42	45	38
군락 면적(㎡)	2,393,104	1,501,404	1,790,954	3,955,715	2,324,343

출처: 국가해양생태계종합조사 2022(해양수산부, 2022)

1.3 제도적 장치

1.3.1 NDC 진전 추적 담당 조직

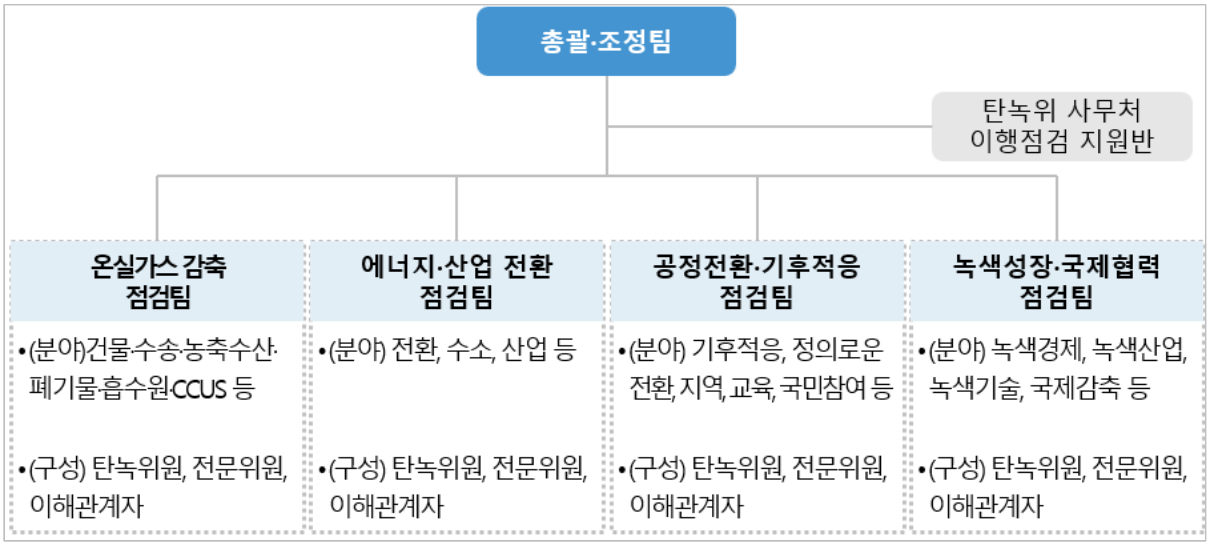
2009년부터 「저탄소 녹색성장 기본법」(이하 녹색성장법)(2010.01)에 따라 저탄소 녹색성장 정책의 기본방향을 설정하고, 「녹색성장 국가전략」(2009.07), 「기후변화대응 기본계획」, 「에너지 기본계획」, 「지속가능발전 기본계획」을 수립하고 수행하는 '녹색성장위원회'를 운영하여 왔다. 2021년 5월에는 미세먼지 문제 해결을 위하여 설치한 '국가기후환경회의'와 녹색성장위원회를 통합하고, 2050 탄소중립 추진체계로 대통령 직속 민관 합동 거버넌스 기구인 '2050 탄소중립위원회'(이하 탄중위)를 출범시켰다.

탄중위는 출범 이후, 우리나라의 30년 후 경제·사회적 변화를 보여주는 청사진으로 「2050 탄소중립 시나리오」(2021.10)와 「2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안」(이하 NDC 상향안)(2021.10)을 수립하였다. 이를 통하여 온실가스 감축 방향과 전환 속도 등에 대한 장기적 방향성을 제시하며, 2050 탄소중립을 위한 이정표를 마련하였다.

2022년 3월에는 탄소중립기본법을 시행하면서 탄중위의 명칭을 탄녹위로 변경하고 기능과 역할을 확장하였다. 탄녹위는 사회 각계각층의 의견을 수렴하는 거버넌스 기구로서 법적 위상을 재정립하였고, 탄소중립 실현을 위한 중추적 역할을 수행하고 있다.

탄녹위는 ⅰ) 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 기본방향 수립, ⅱ) 국가비전 및 중장기 감축목표, 국가기본계획 등의 설정 및 이행현황 점검, ⅲ) 국가 기후위기 적응대책의 수립·변경 및 점검, ⅳ) 탄소중립 관련 국민 이해 증진 및 홍보·소통, 국제협력 등의 활동을 수행하며 우리나라 NDC의 진전 추적을 위한 핵심 기구로서 역할을 하고 있다.

탄녹위는 2023년 6월 전체회의에서 「탄소중립기본계획 2023년 이행점검 계획」을 심의·의결하고, 온실가스 감축목표 이행과 기본계획 과제 추진 실적을 점검하기 위한 '탄소중립·녹색성장 이행점검단'(이하 점검단)을 구성하였다. 점검단에는 탄녹위 민간위원과 전문위원, 청년 및 미래세대, 시민사회단체 등 다양한 이해관계자가 참여한다. 이를 바탕으로 각계의 의견을 반영하여 탄소중립 사회로의 전환을 위한 신뢰성과 투명성을 확보하고 있다. 점검단은 4개의 '분야별 점검팀'과 조정 기능을 수행하는 '총괄·조정팀'으로 구성된다. 분야별 점검팀에는 탄녹위 위촉위원과 전문위원, 이해관계자가 참여하여 각 분야의 점검을 효율적으로 진행하고 있다. 점검단은 2022년 온실가스 감축 이행실적과 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(이하 탄소중립기본계획)(2023.04) 추진 실적을 종합적으로 점검한 후, 그 결과를 바탕으로 정책 제언과 개선 사항을 제시하고, 우수 사례를 선정하였다.[37] 이러한 점검 결과는 향후 NDC 이행 로드맵을 수립할 때 중요한 자료로 활용될 예정이다.[38]



[그림 Ⅱ-11] 탄소중립·녹색성장 이행점검단 체계도

출처: 탄소중립·녹색성장 이행관리를 위한 점검단 발족(2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 2023.7.26.)

1.3.2 법, 제도, 행정, 절차적 조직 체계

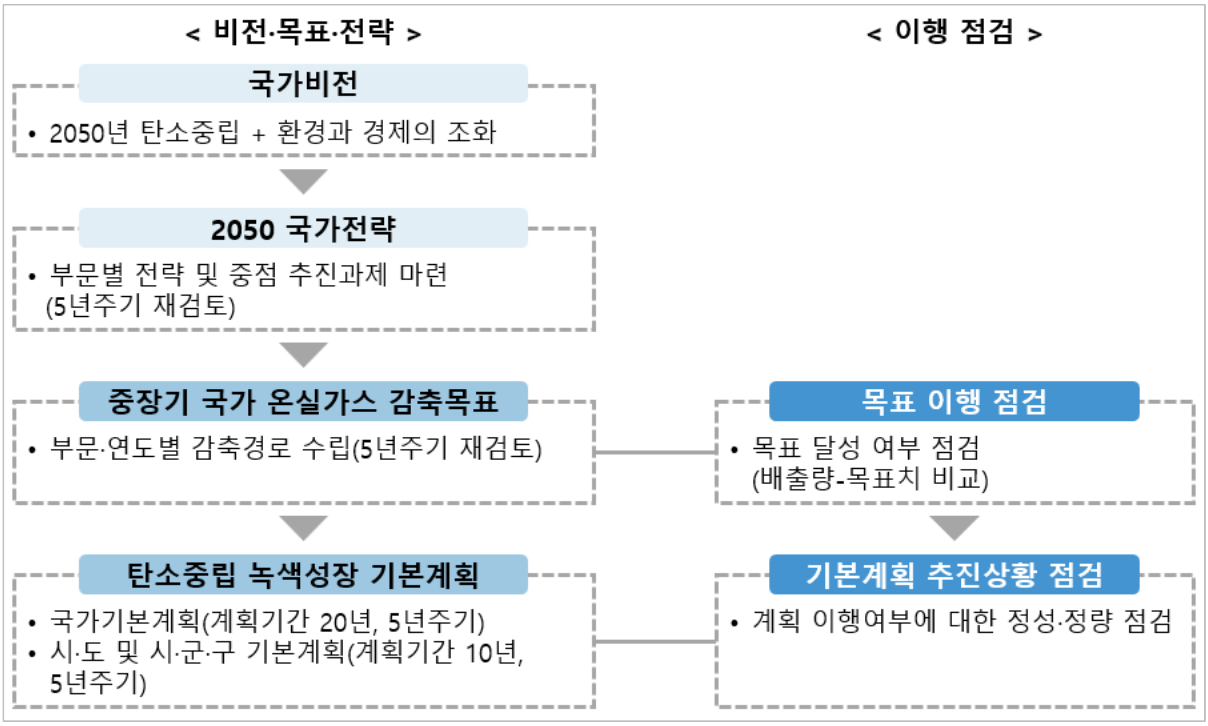
우리나라는 1999년부터 2007년까지 유엔기후변화협약에 대응하기 위한 범정부 대책기구인 '기후변화협약 실무 대책회의'에서 「기후변화협약 대응 종합대책」을 세 차례 수립하였다. 그 후 「기후변화대응 종합기본계획」(2008.09)을 거쳐 2014년에는 2020년까지 온실가스 배출 전망치(Business As Usual, 이하 BAU)[39] 대비 30% 감축을 목표로 한 국가 온실가스 감축목표를 자발적으로 설정하여 기후변화 대응 정책 추진체계의 기반을 마련하였다.

2015년에는 유엔기후변화협약 당사국총회(Conference of the Parties, 이하 COP) 결정에 따라 제출한 의도된 국가 결정 기여(Intended Nationally Determined Contribution, 이하 INDC)에 2030년까지 BAU 대비 37% 감축을 목표로 제시하였으며, 2016년에 그 구체적인 로드맵을 수립하였다. 또한, 파리협정의 효과적 이행을 위하여 국무조정실 주관으로 관계부처가 합동하여 마련한 「기후변화대응체계 개편방안」(2016.02)을 바탕으로, 기후변화에 대한 대응 주체를 환경부 중심에서 국무총리와 경제부총리가 총괄하는 소관부처 책임제로 전환하였다. 이러한 범정부 대응체제를 바탕으로, 기후변화 전망과 감축·적응 대책 등을 포함한 20년 계획인 「제1차 기후변화대응 기본계획」(2016.12)과 「제2차 기후변화대응 기본계획」(2019.10)을 연이어 수립하며, 국내 기후변화 대응 체계를 본격적으로 확대하여 왔다.

'탄소중립' 이슈가 2020년에 국제사회에서 본격적으로 논의됨에 따라 기존의 녹색성장법을 대체하는 탄소중립기본법을 2021년에 제정하였다.

37) 출처: 탄소중립·녹색성장 이행관리를 위한 점검단 발족(2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 2023.7.26.)
38) 출처: 2022년도 탄소중립·녹색성장 이행점검 결과(2050 탄소중립녹색성장위원회, 2023)
39) 추가적인 감축 노력을 하지 않고 현재 추세로 진행할 때 예측되는 미래의 온실가스 배출 전망치

탄소중립기본법에 따른 주요 추진 내용은 다음과 같다. i) 2050 탄소중립과 환경, 경제의 조화를 국가 비전으로 설정하고, 국가 전략 및 중·장기 온실가스 감축목표(2030년까지 2018년의 국가 온실가스 배출량 대비 35% 이상 감축)를 구체화하였다. 또한, 국가뿐만 아니라 지방자치단체도 감축목표와 계획을 의무적으로 수립하도록 하였으며, 이러한 목표와 계획의 달성 여부 및 추진 상황을 점검하는 체계를 마련하였다. ii) 탄녹위를 통하여 관련 정책, 목표 수립 및 이행 점검을 심의·의결하는 기후위기 대응 최고 민관 거버넌스를 구축하였다. iii) 기후변화영향평가, 온실가스감축인지 예산, 국제감축사업 등 구체적인 온실가스 감축 시책을 명문화하였다. iv) 온실가스 감축을 넘어 기후위기에 대한 적응, 정의로운 전환, 녹색성장 등을 포함한 기후변화에 대한 대응 및 이행 기반을 마련하였다. v) 기후대응기금을 조성하여 산업구조 개편 및 기후위기에 대한 대응을 위한 재원을 확보하였다.



[그림 Ⅱ-12] 우리나라의 탄소중립 추진체계

출처: 탄소중립 비전과 온실가스 감축 의지 법제화, 2050 탄소중립 사회로 나아갑니다(국무조정실 보도자료, 2022.3.22.)

2. 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution)

2.1 감축목표

2.1.1 감축목표 수립·갱신 경과

2015년 파리협정이 채택되면서 선진국과 개발도상국이 모두 참여하는 신기후체제가 출범하였다. '산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 2℃보다 훨씬 아래로 유지, 나아가 1.5℃ 이내로 제한하기 위하여 노력'이라는 파리협정 목표에 따라 모든 당사국은 2020년부터 5년마다 NDC를 수립하여 UNFCCC에 제출하여야 한다.

우리나라는 2015년 6월 국내 최초의 INDC를 수립하여 2030년까지 BAU 대비 37% 감축 목표를 국제사회에 공표하였다. 2016년에는 NDC를 효율적으로 달성하기 위한 체계적인 이행 방안을 담은 「2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵」(2016.12)을 발표하였다. 이후 에너지전환 및 미세먼지 감축 대책이 강화되면서 감축 전략의 수정이 필요해짐에 따라 2018년에는 기존 목표에서 국내 감축 비중(부문별 감축량)을 확대한 「2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안」(2018.07)을 마련하여 우리나라의 감축 의지를 다시 한 번 명확히 하였다.[40)]

이후, 기존 BAU 방식의 한계를 인식하고, 이행 점검의 용이성과 국제적 신뢰성을 높이기 위하여 목표 설정 방식을 절대량 방식으로 전환하는 논의를 시작하였다. 이에 따라 2020년 12월, 2017년 배출량 대비 24.4% 감축(2018년 대비 26.3%) 목표를 담은 「2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)」(2020.12)를 갱신·확정하고 이를 「2050 장기저탄소발전전략(LEDS)」(2020.12)과 함께 UNFCCC에 제출하였다. 이는 선진국은 절대량 감축목표를, 개발도상국은 감축 노력을 계속 강화하되 상이한 국내 여건에 비춰 시간의 경과에 따라 절대량 감축목표로의 전환을 장려하는 파리협정 제4조제4항의 내용을 충실히 따른 것이다.

한편, 탄소중립 선언 이후 준비 중이었던 '2050 탄소중립 시나리오'와 NDC 상향안을 연계하기 위하여 기술작업반을 운영하고, NDC 상향을 위한 검토 작업을 추진하였다. 탄소중립기본법의 입법 취지, 국제 동향, 국내 여건을 종합적으로 고려한 결과, 2015년 INDC를 국내 최초로 수립한 이후 처음으로 감축목표를 대폭 수정하여 2030년까지 2018년 배출량 대비 40% 감축이라는 NDC 상향안을 2021년 10월에 최종 확정하였다. 그리고 COP26을 통하여 기후위기에 대응하는 정책 의지를 국제사회에 공표하고, 같은 해 12월 UNFCCC 사무국에 제출하였다.

40) 감축목표는 같으나 국내외 감축 비중을 수정(국내 25.7%, 국외 11.3%에서 국내 32.5%, 국외 4.5%로 수정)

<표 Ⅱ-18> NDC 수립 및 갱신 과정

구분	2030 국가 온실가스 감축목표 (2015.06)	2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 (2016.12)	2030 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안 (2018.07)	2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 갱신안 (2020.12)	2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안 (2021.10)
부문	-	8개 부문 30개 업종	8개 부문		7개 부문
감축 목표	2030년 BAU* 대비 37% 감축 (* 850.6백만 tCO_2-eq)			2017년 총배출량* 대비 24.4% 감축 (* 709.1백만 tCO_2-eq)	2018년 총배출량* 대비 40% 감축 (* 727.6백만 tCO_2-eq)

2.1.2 NDC 설명

NDC 상향안은 2018년 총배출량(727.6백만 tCO_2-eq) 대비 40%(291백만 tCO_2-eq)를 감축하여 2030년 순배출량을 436.6백만 tCO_2 환산량(Carbon Dioxide Equivalent, 이하 CO_2-eq)으로 줄이는 것을 목표로 한다. 감축목표량은 2018년 총배출량(LULUCF 제외)에서 2030년 순배출량(LULUCF 포함)을 제한 절댓값으로 설정하였다. 연평균 감축률은 4.17%/년으로, EU(1.98%/년), 미국(2.81%/년), 일본(3.56%/년) 등 주요 선진국보다 도전적인 목표이다.

NDC 이행 기간은 2021년부터 2030년까지이며, 목표 달성연도는 2030년(단일연도 목표)이다. 대상 부문은 총 7개 부문(전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원(LULUCF))이며, 대상 온실가스는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6)이다.

NDC 상향안을 2021년 UN에 제출한 이후, 탄소중립기본법에 따라 탄소중립 및 NDC 달성을 위한 전략과 이행 방안을 담은 탄소중립기본계획을 수립하였다. 이를 통하여 NDC 달성을 위한 부문별 주요 정책과제를 선정하고 체계화하였다. 또한, NDC 달성의 보조 수단으로 파리협정 제6조에 따른 국제감축실적(Internationally Transferred Mitigation Outcomes, 이하 ITMOs)을 활용하기 위하여 국제감축사업 이행 기반을 마련하고, 민관협력 사업 발굴과 투자를 확대하고 있다.

<표 II-19> NDC 상향안 주요 내용

구분	정보
목표	NDC 상향안은 2030년까지 2018년 국가 온실가스 총배출량(727.6백만 CO_2-eq) 대비 40%를 감축하는 것이 목표며, 목표 달성을 위해 국내적 감축 노력(산림흡수원 포함)과 함께 파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획
목표유형	단일연도 감축목표
목표연도	2030
기준연도 및 배출량	2018년, 727.6백만 tCO_2-eq(LULUCF 제외)
이행 기간	2021.01.01 ~ 2030.12.31
부문	전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원
온실가스	CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6
ITMOs 활용 여부	파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획
NDC 갱신 내용	2018년 총배출량(LULUCF 제외) 대비 26.3% → 40%로 감축목표 강화
산정방법론	배출량 및 흡수량 산정 시, 투명성, 정확성, 완전성, 비교가능성, 일관성 원칙 준수와 환경건전성 및 이중계산 방지를 위하여 아래와 같은 산정방법론을 적용 [방법론] - 결정문 24/CP.19와 1996 IPCC GL을 기반으로 산정 - 일부는 IPCC GPG 2000, IPCC GPG-LULUCF 2003, 2006 IPCC GL 적용 [공통측정단위] 제2차 IPCC 평가보고서 GWP

2.2 NDC 이행 및 진전 추적을 위한 필요 정보

2.2.1 지표 선정

NDC 이행 및 달성 수준을 평가하기 위하여 제1차 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report, 이하 BTR)에서 선정한 주요 지표는 '연간 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)'이다. 이 지표는 에너지, 산업공정, 농업 등에서 발생하는 온실가스 배출량을 합산한 값으로, 토지이용·토지이용 변화 및 임업(Land Use, Land-Use Change and Forestry, 이하 LULUCF) 분야는 제외된다.

2.2.2 NDC 산정방법론

파리협정 제4조제13항·14항에 따라 배출량 및 흡수량 산정 과정에서 환경건전성, 투명성, 정확성, 완전성, 비교가능성, 일관성을 확보하고, 이중계산을 방지하기 위하여 NDC 산정방법론으로 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines, 이하 IPCC GL)을 적용하였다.

배출량 및 흡수량에 관한 산정방법론은 주로 COP19 결정문(Decision 24/CP.19)과 1996 IPCC GL을 기반으로 마련하였다. 공통측정단위에는 제2차 IPCC 평가보고서의 지구온난화지수(Global Warming Potential, 이하 GWP)를 적용하였다. 산정방법론 중 일부에는 IPCC 우수실행지침 2000(Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories, 이하 IPCC GPG 2000), IPCC 우수실행지침 LULUCF(Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry, 이하 IPCC GPG-LULUCF 2003), 2006 IPCC GL 방법론을 적용하였다. IPCC GPG 2000을 사용한 부문은 i) 에너지 분야의 민간항공, ii) 농업 분야의 장내발효와 가축분뇨처리, iii) 폐기물 분야의 폐기물 매립, 하·폐수 처리, 폐기물 소각이다. IPCC GPG-LULUCF 2003을 적용한 부문은 LULUCF 분야의 농경지와 초지이며, 2006 IPCC GL을 적용한 세부 항목은 i) 에너지 분야의 천연가스 탈루, ii) 산업공정 분야의 질산 생산, 반도체·액정표시장치 제조 및 중전기기, iii) 농업 분야의 벼재배 및 농경지 토양, iv) LULUCF 분야의 산림지, 습지, v) 폐기물 분야의 기타 부문이다.

매개변수는 산정등급에 따라 다르게 적용한다. 주로 Tier1 등급을 사용하였으며, 일부 분야에는 Tier2 방법을 적용하였다. Tier2 방법을 사용한 분야는 에너지 분야의 i) 연료연소 부문 CO_2, ii) 공공전기 및 열생산 부문 CH_4, N_2O, 산업공정 분야의 iii) 반도체 및 액정표시장치 제조 부문 PFCs, HFCs, SF_6, CO_2, 농업 분야의 iv) 벼재배 부문 CH_4, v) 농경지 토양 부문 N_2O, LULUCF 분야의 vi) 산림지 부문 CO_2, 폐기물 분야의 vii) 폐기물매립 부문 CH_4, viii) 하·폐수 처리 부문 CH_4, ix) 폐기물소각 부문 N_2O이다.

NDC 산정 과정에서 가능한 모든 배출원을 포함하고, 이후에도 일관성을 유지할 수 있도록 정부 차원에서 배출원을 체계적이고 지속적으로 관리하고 있다. 부문별 전문가들이 참여하는 기술작업반을 운영하여 감축목표 설정에 관한 분과별(전환, 산업, 건물 등) 검토를 진행하며, NDC 산정의 전문성과 합리성을 확보하고자 노력하고 있다. 이렇게 마련된 NDC는 탄녹위의 심의·의결을 통하여 최종적으로 확정한다.

제1차 BTR에서 보고하는 NDC 산정방법론과 국가 온실가스 인벤토리 산정방법론에는 차이가 있다. 국가 온실가스 인벤토리는 제1차 파리협정 당사국회의(Decision 18/CMA.1)에 따라 배출량 및 흡수량 산정 시, 2006 IPCC GL과 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP를 적용하여야 한다. 우리나라는 이번 제1차 BTR을 통하여 처음으로 2006 IPCC GL과 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP를 적용한 인벤토리 정보를 1장에 담았다. 반면, 2021년 UN에 제출한 NDC는 1996 IPCC GL에 따라 산정한 것으로, 이번 제1차 BTR 1장에서 보고한 인벤토리 정보와 차이가 있다. 이와 더불어, 뒤에서 다룰 감축 정책 및 조치 정보(PaMs) 역시 1996 IPCC GL에 따라 산정하였다.

한편, 파리협정 제6조에 따른 국제감축사업은 베트남, 우즈베키스탄 등과 관련 협정을 체결하여 추진하고 있으나, 아직 사업 추진에 따른 감축 실적이 나오지 않았다. 따라서 s의 NDC 활용과 이중계산 방지에 대한 내용은 후속 BTR에서 보고할 계획이다.

2.2.3 진전 상황 추적

우리나라는 2021년 UN에 제출한 NDC 상향안에서 2018년 기준 총배출량을 727.6백만 tCO_2-eq으로 보고하였다. 그러나 이후 2024년 12월에 산정한 최신 통계에 따라 2018년 배출량은 732.9백만 tCO_2-eq으로 재계산되었다. 이에 본 보고서에서는 727.6백만 tCO_2-eq 대신 최신 통계를 기반으로 한 732.9백만 tCO_2-eq를 기준점으로 적용한다.[41)]

연간 온실가스 총배출량을 기준으로 NDC 진전 상황을 살펴보면, 2021년에 690.8백만 tCO_2-eq, 2022년에는 671.2백만 tCO_2-eq, 감축 수준은 2022년 확정 총배출량을 기준으로 2018년 대비 약 8.4%(61.7백만 tCO_2-eq)이다. 이는 전년 대비 2.84% 감소한 수치로, 2년 연속 감소 추세를 이어가고 있다. 앞서 설명한 바와 같이, 추진 중인 국제감축사업은 초기 단계에 있으므로 ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지에 대한 내용은 후속 BTR에서 보고할 예정이다.

<표 Ⅱ-20> NDC 이행·달성 관련 진전 상황 추적 정보(CTF Ⅱ.4)

구분	단위	기준점[1] (2018)	NDC 이행 기간		목표 수준[2]	목표 연도	NDC 진전 현황
			2021	2022			
NDC 이행·달성 진전 추적을 위한 지표 및 관련 정보							
연간 온실가스 총배출량	백만 tCO_2-eq	732.9	690.8	671.2	40%	2030	2022년 기준, 2018년 대비 약 8.4% 감축
ITMOs 활용 정보	국제감축사업이 초기 단계이므로 ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지(안)에 대해서는 후속 BTR에서 보고할 예정						
NDC 달성 여부	우리나라 NDC는 2030년 단일연도 목표이므로 제1차 BTR에서 달성 여부 확인 불가능						

1) 재계산에 따른 수치 최신화(727.6 → 732.9)
2) 목표 달성을 위해 국내적 감축 노력(산림흡수원 포함)과 함께 파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획

41) 산정방법론에 따른 국가 온실가스 통계 배출량 비교(1996 IPCC GL - 2006 IPCC GL)는 별도 제출할 NID의 부록에서 확인 가능

3. 감축 정책 및 조치

3.1 개요

온실가스 감축 정책 및 조치는 「기후변화협약 대응 종합대책」, 「기후변화대응 종합기본계획」(2008.09), 「신재생에너지 기본계획」, 「에너지이용합리화 기본계획」, 「국가 기후위기 적응대책」 등에 기반을 두고 다양한 형태로 추진되었다. 이후 녹색성장법에 따라 「제1차 기후변화대응 기본계획」(2016.12)을 수립하면서 파리협정에 따른 감축·적응 대책 수립, 재원 지원, 이행점검 등을 포괄하여 본격적으로 구체화되었다.

「제1차 기후변화대응 기본계획」(2016.12)은 2017년부터 2036년까지를 계획기간으로 하여 ⅰ) 저탄소 에너지 정책으로의 전환, ⅱ) 탄소시장 활용을 통한 비용효과적 감축, ⅲ) 기후변화대응 신산업 육성 및 신기술 연구투자 확대, ⅳ) 이상기후에 안전한 사회 구현, ⅴ) 탄소 흡수·순환 기능 증진, ⅵ) 신기후체제 대응을 위한 국제협력 강화, ⅶ) 범국민 실천 및 참여기반 마련 등 총 7개 과제로 구성하였다. 이를 통하여 효율적으로 기후변화에 대응하여 저탄소 사회를 구현하겠다는 비전을 내세우고 있다.

「제2차 기후변화대응 기본계획」(2019.10)은 지속 가능한 저탄소 녹색사회 구현을 비전으로 삼아 수립하고, 온실가스 감축 대책의 체계를 지금처럼 전환, 산업, 건물, 수송, 폐기물, 공공, 농축산, 흡수원 부문으로 나누고 부문별 감축 정책 및 조치를 제시하였다. 주요 감축 수단으로는 ⅰ) (전환) 에너지 믹스 개선, 전력수요 관리, ⅱ) (산업) 효율 개선, 냉매 대체, 연·원료 전환, 폐열 활용, ⅲ) (건물) 단열 강화, 설비 개선, 건물에너지관리시스템(Building Energy Management System, 이하 BEMS) 확대, ⅳ) (수송) 친환경차 확대, 연비 개선, 친환경선박 보급, 바이오디젤 확대, ⅴ) (폐기물) 재활용 확대, 메탄가스 회수, ⅵ) (공공) 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED) 조명으로 교체, 재생에너지 사용 확대, ⅶ) (농축산) 분뇨 에너지화, 논물관리, ⅷ) (흡수원) 탄소 포집·이용·저장(Carbon Capture, Utilization and Storage, 이하 CCUS) 확대, 경제림단지 조성이 있다.

온실가스 감축 정책 및 조치는 2022년 3월 탄소중립기본법 시행을 계기로 기후대응기금, 온실가스감축인지 예산 등 제도적 기반을 갖추었다. 이는 2023년 4월 탄소중립기본계획에도 계승되어, 우리나라 2030 NDC를 이행하기 위한 핵심 정책 및 조치로 이어지고 있다. 이어지는 장에서 부문별 주요 정책을 소개한다.

3.2 부문별 감축 정책 및 조치

3.2.1 총괄

2020년 10월, 2050년까지 탄소중립을 달성하겠다는 '2050 탄소중립' 선언을 발표한 이후 온실가스 감축을 위한 다양한 수단을 강구하고 있으며, 온실가스 감축목표를 이행하기 위하여 전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원 등 부문별 정책을 추진 중이다. 부문별 감축 정책 외에도 여러 부문을 포괄하는 정책으로서 온실가스 배출권거래제, 온실가스 목표관리제를 수립하여 시행하고 있다.

최근 3년간 연평균 온실가스 배출량이 12.5만 tCO_2-eq 이상인 업체 또는 2.5만 tCO_2-eq 이상인 사업장을 하나 이상 보유한 업체를 대상으로 온실가스 배출권거래제를 운영하고 있다. 배출권거래제는 5년 단위로 계획기간을 설정하여 운영하는 것을 원칙으로 하나, 1차 계획기간(2015~2017)과 2차 계획기간(2018~2020)에는 3년 단위로 설정하여 운영하였다. 이는 제도 시행 초기에 정책 방향에 따른 산업계 영향 등을 면밀히 점검하고 적기에 제도를 개선하기 위한 것으로 3차 계획기간(2021~2025)부터는 5년 단위로 운영 중이다.

아울러 배출권거래제를 통하여 할당 대상 업종과 업체를 지속적으로 확대하고 있다. 1차 계획기간(2015~2017)에는 26개 업종, 591개 사, 2차 계획기간(2018~2020)에는 65개 업종, 636개 사를 대상으로 하였다. 3차 계획기간(2021~2025)부터는 철도, 해운 등 업종을 추가하여 69개 업종, 713개 사를 대상으로 국가 온실가스 배출량의 약 73.5%를 포괄하고 있다.

배출권거래제는 유상할당과 배출효율 기준 할당(Benchmark, 이하 BM)을 확대하여 기업의 온실가스 감축을 직·간접적으로 유인하고 있다. 1차 계획기간에는 제도의 안착을 위하여 할당 대상 업체에 배출권의 전량을 무상으로 할당하였으나, 2차 계획기간부터는 할당 대상 업체에 배출권의 3%를, 3차 계획기간에는 10%를 유상으로 할당하였다. 동종업종에 속한 업체 중 효율이 우수한 기업에 유리한 배출권 할당 방식인 BM은 1차 계획기간에 3개 업종, 2차 계획기간에 7개 업종, 3차 계획기간에 12개 업종에 적용하여 기업의 효율 개선을 유도하였다.

배출권 거래 활성화를 통하여 기업의 감축 활동과 투자를 유인하고 있다. 배출권 시장 내 유동성을 확보하기 위하여 시장조성자, 증권사 등 제3자의 시장참여를 확대하였으며, 유상할당 수입금을 활용하여 기업의 감축비용 부담을 줄이고 실질적인 감축 성과를 이끌어냈다. 2022년부터는 배출권의 유상할당 수입금 등을 재원으로 한 기후대응기금을 조성하고, 해당 재원을 바탕으로 배출권거래제도 참여대상 기업에 탄소감축 기술 및 설비 설치비용을 지원하였다. 2023년에는 지원 대상을 중소·중견기업 위주에서 유상할당 대기업으로까지 확대하여 감축 효과를 이끌어내고 있다.

배출권거래제가 실질적이고 효율적인 감축을 이끌어낼 수 있도록 제도개선에도 힘을 기울이고 있다. 할당 대상 업체, 학계, 시민사회 등 각계각층의 의견을 폭넓게 수렴하고 제도개선 과제를 발굴하였고, 2022년에는 단기개선이 가능한 과제를 중심으로 '온실가스 배출권거래제 개선방안'을 마련하였다. 2023년에는 배출권 시장기능을 강화하는 내용의 '배출권거래시장 활성화방안'을 발표하였다. 2024년에는 중장기적인 검토 및 제도개선 사항을 포함한 「제4차 배출권거래제 기본계획」을 발표하였다.

배출권거래제 대상에 포함되지 않지만, 온실가스 배출량이 유의미한 기업들을 대상으로 배출 감축을 위하여 온실가스 목표관리제를 운영하고 있다. 목표관리제에 따라 지정한 온실가스 배출관리업체(이하 관리업체)는 기업(법인) 및 사업장 단위로 구분된다. 온실가스 배출 규제 대상으로서 최근 3년간 연평균 온실가스 배출량이 5만 tCO_2-eq 이상인 업체 또는 온실가스 배출량이 1.5만 tCO_2-eq 이상인 사업장은 관리업체로 지정된다. 연차적으로 온실가스 목표관리를 적용할 관리업체를 확대하고 있으며, 2022년 관리업체 변경고시 기준으로, 온실가스 목표관리 대상은 총 355개이다.

<표 II-21> 온실가스 배출관리업체 지정 기준

구분	2011년까지		2012년부터		2014년부터		2022년부터	
	업체 기준	사업장 기준	업체 기준	사업장 기준	업체 기준	사업장 기준	업체 기준	사업장 기준
온실가스 배출량 (만 tCO_2-eq)	12.5	2.5	8.75	2	5	1.5	5	1.5
에너지소비량 (TJ)*	500	100	350	90	200	80	-	-

* 탄소중립기본법 제정에 따라 2022년 3월부터 온실가스 배출관리업체 지정 기준에서 에너지 소비량은 삭제

■ 배출권거래제 ■

1. 개요

- 배출권거래제 사업장 지정 기준의 온실가스를 배출하는 사업장을 대상으로 연 단위 배출권을 할당하여 할당 범위 내에서만 배출활동을 허용하는 시장 기반의 온실가스 감축 제도
- 정부는 배출권거래제 도입을 위하여 2012년 「온실가스 배출권의 할당 및 거래에 관한 법률」(2012.05) 및 동법 시행령(2012.11)을 제정하여 법적 기반 마련
- NDC와 연계한 배출권 총수량 등을 공표한 「배출권거래제 기본계획」(2014.01), 「온실가스 배출권거래제 제1차 계획기간(2015~2017) 국가 배출권 할당계획」(2014.09) 및 관련 지침을 수립하여 2015년 배출권거래제 도입

< 배출권거래제 기본계획상 계획기간별 운영 방향 >

구분	제1차 계획기간 (2015~2017)	제2차 계획기간 (2018~2020)	제3차 계획기간 (2021~2025)
주요 목표	• 경험 축적 및 거래제 안착	• 상당 수준의 온실가스 감축	• 실효적 감축 추진
제도 운영	• 상쇄 인정 범위 등 제도의 유연성 제고 • 정확한 산정·보고·검증(Measurement, Reporting, Verification, 이하 MRV) 집행을 위한 인프라 구축	• 거래제 범위 확대 및 목표 상향 조정 • 배출량 보고·검증 등 각종 기준 고도화	• 로드맵에 따른 배출허용총량 설정 강화 • 시장조성자 제도 기능 강화, 장내 파생상품 도입 등 시장 기능 확대
할당 방식	• 전량 무상할당 • 목표관리제 경험 활용	• 유상할당 개시 • BM 할당 등 할당방식 선진화	• 무상할당 업종 기준 개선 및 유상할당 비율 확대 • BM 할당 확대

2. 배출권거래제 사업장 지정 기준

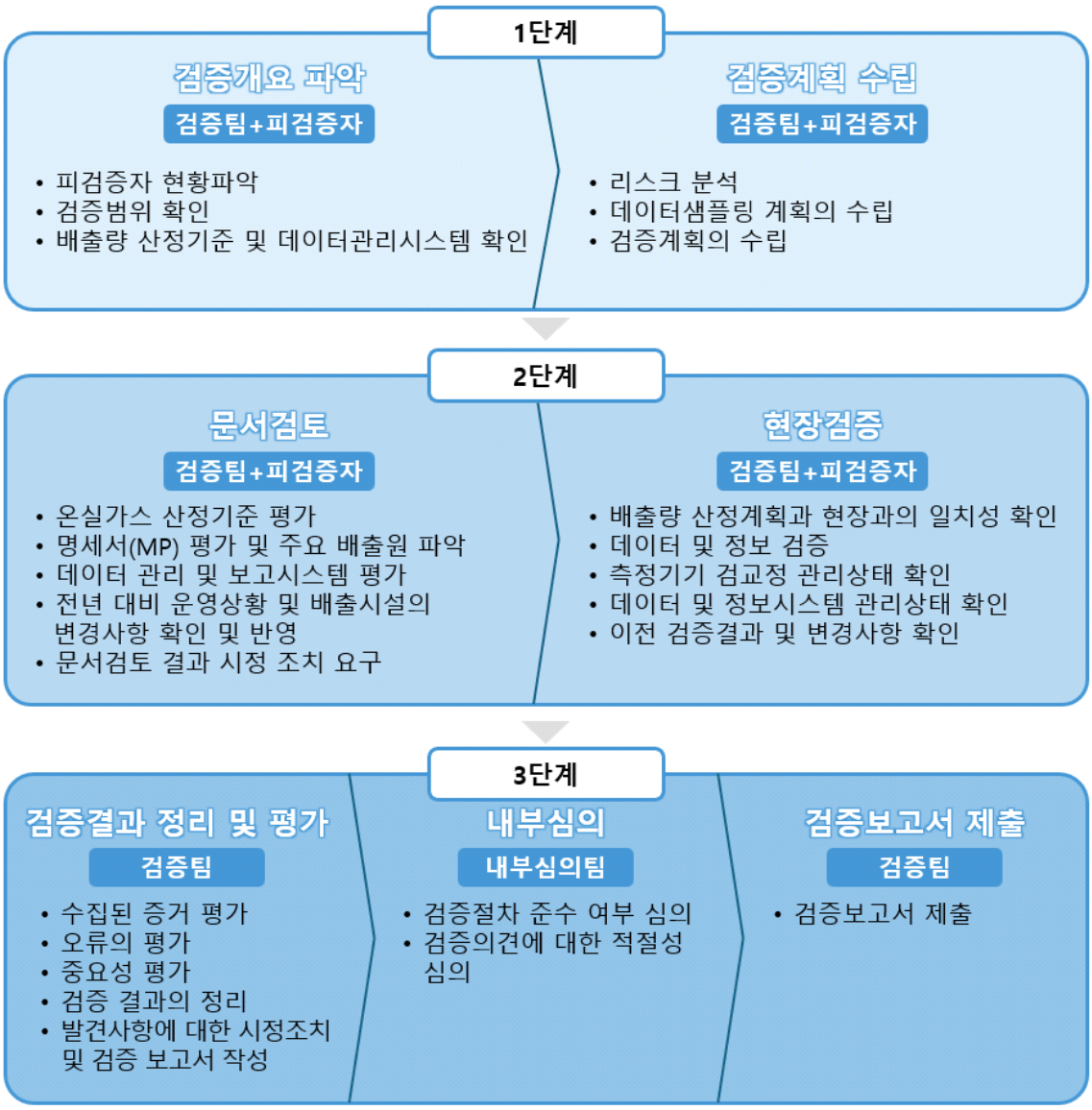
- 최근 3년간 온실가스 배출량의 연평균 총량이 12.5만 tCO_2-eq 이상인 업체이거나 2.5만 tCO_2-eq 이상인 사업장을 하나 이상 보유한 업체는 할당업체로 지정됨

< 계획기간별 배출권거래제 업체 현황 >

계획기간	연도	인증배출량(백만 톤)	전년 대비 증감률	업체수(개)
제1차	2015	542.7	-	522
	2016	554.3	2.2%	560
	2017	571.9	3.2%	591
제2차	2018	601.5	5.2%	586
	2019	587.9	-2.3%	610
	2020	554.4	-5.7%	636
제3차	2021	591.0	6.6%	687
	2022	572.0	-3.2%	713

3. 배출량 산정기준 및 검증방법

- 배출량 산정 및 검증은 「온실가스 배출권거래제의 배출량 보고 및 인증에 관한 지침」(2024.08)과 「온실가스 배출권거래제 운영을 위한 검증지침」(2024.08)을 따름
- 할당 대상 업체는 배출시설의 규모 및 세부 배출활동 종류에 따라 최소 산정등급(Tier)을 준수하여 배출량을 산정
- 배출권 검증은 환경부 장관이 지정·고시한 검증기관을 활용하여 관리업체가 제출한 명세서에 대한 제3자 검증을 시행



< 온실가스 배출량 등의 검증 절차 >

3.2.2 전환

전환 부문의 온실가스 감축은 청정에너지 시스템으로의 전환, 재생에너지 보급 기반 마련, 전력수급 체계 혁신을 통하여 이루어지고 있다. 2022년부터 2036년까지의 전력 수급 기본 방향과 발전 설비 계획을 담은 「제10차 전력수급기본계획」(2023.01)에 따르면, 노후 석탄발전 폐지와 원자력 발전소의 계속 운전을 통하여 청정에너지 체제로의 전환을 가속화하고 신재생에너지 설비 확충과 신재생에너지 공급 의무화 제도(Renewable Energy Portfolio Standard, 이하 RPS)를 통하여 신재생에너지를 적극적으로 확대할 계획이다. 또한, 고압직류송전(High Voltage Direct Current, 이하 HVDC) 등 미래형 전력 계통 체계를 구축하고 분산에너지 활성화 기반을 마련하여 온실가스 배출을 점진적으로 감축하여 나갈 계획이다.

<표 Ⅱ-22> 연도별 에너지원별 발전설비 용량 및 발전량

구분	2020	2021	2022	2030
용량 합계(GW)	129.2	134.0	138.2	198.0
- 석탄	36.9	37.3	38.1	31.7
- 원자력	23.3	23.3	24.7	28.9
- LNG	41.2	41.2	41.2	58.6
- 신재생	20.5	24.9	28.1	72.7
- 기타	7.4	7.4	6.1	6.1
발전량 합계(TWh)	552.2	576.8	594.4	621.8
- 석탄	196.3	198.0	193.2	122.5
- 원자력	160.2	158.0	176.1	201.7
- LNG	145.9	168.4	163.6	142.4
- 신재생	36.5	43.1	53.2	134.1
- 기타	13.2	9.4	8.4	21.1

출처: 제10차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2023), 2022년 한국전력통계(제92호)(한국전력공사, 2023)

1) 청정에너지 시스템으로의 전환 가속화

(가) 노후석탄발전 폐지

에너지 믹스 개선을 통하여 총발전량을 유지하는 가운데 온실가스 배출량을 감축하고자 노력하고 있다. 대표적으로 노후 석탄발전소를 폐지하고 동일 용량의 LNG 등 석탄보다 온실가스 배출량이 적은 발전설비로 대체함으로써 온실가스 배출량을 줄이고 있다. 2020년과 2021년에는 각각 1,000MW와 1,620MW 규모의 노후 석탄발전소를 폐쇄하였고,

2025년부터는 태안 1, 2호기(1,000MW)를 시작으로 2030년까지 총 9,520MW 규모의 노후 석탄발전소를 단계적으로 폐쇄할 예정이다. 폐쇄된 노후 석탄발전 설비는 동일 용량의 LNG 발전설비로 대체할 계획이다.

<표 Ⅱ-23> 연도별 노후석탄발전 설비용량 변동실적 및 변동계획

(단위: MW)

구분	2020	2021	2025	2026	2027	2028	2029	2030
석탄(폐지)	1,000	1,620	1,000	2,620	1,500	1,500	1,900	1,000
LNG(대체)	-	-	1,000	2,620	1,500	1,500	1,900	1,000

출처: 제10차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2023), 2022년 한국전력통계(제92호)(한국전력공사, 2023)

(나) 원자력 발전 계속 운전

무탄소 전원인 원자력발전의 발전 비중을 확대하여 청정에너지 중심으로 에너지 믹스를 개선하고 있다. 2030년까지 설계수명이 만료되는 원자력발전소 10기의 계속운전 계획 수립과 인허가 심사 등 주요 절차를 진행하고 있으며, 고리 2, 3, 4호기와 한빛 1, 2호기 등 가까운 미래에 운영 허가가 만료되는 원자력발전소 10기의 계속운전을 신청한 상태이다. 승인이 이루어지면, 총 8,450MW 규모의 원자력발전 설비가 계속 가동될 것으로 전망된다. 원자력발전 비중은 2030년에 이르러 32.4%에 달할 것으로 예상된다.

<표 Ⅱ-24> 원자력 발전 계속운전 대상설비

발전기명		발전용량 (MW)	발전량 (MWh)	운영허가 만료시기 (년)	계속운전 신청시기 (년)	계속운전 연장기간 (년)
고리	2호기	650	3,821,423	2023	2022	10
	3호기	950	8,890,860	2024	2022	10
	4호기	950	9,136,497	2025	2022	10
한빛	1호기	950	6,191,305	2025	2023	10
	2호기	950	5,576,302	2026	2023	10
한울	1호기	950	7,499,716	2027	2023	10
	2호기	950	8,806,282	2028	2023	10
월성	2호기	700	2,157,103	2026	2024	10
	3호기	700	4,887,729	2027	2024	10
	4호기	700	5,310,886	2029	2024	10

출처: 한국수력원자력(주)

2) 재생에너지 보급 기반 구축

(가) 신재생에너지 설비 보급 지원

국내외 에너지 환경의 변화 등을 반영하여 「제10차 전력수급기본계획」(2023.01), 「재생에너지 보급 확대 및 공급망 강화 전략」(2024.05) 등을 수립하고 관련한 제도적 기반을 마련하고 있다. 대표적인 보급사업으로 신재생에너지 생산설비·이용시설에 장기저리의 융자를 지원하는 '금융지원 사업'과 주택, 건물, 지역 등 신재생에너지 설비의 설치비를 보조하는 '보급지원 사업'이 있다. 그중 금융지원 사업을 통하여 2021년에는 412MW, 2022년에는 475MW 규모의 신재생에너지(태양광·풍력) 설비를 지원하였다.

<표 Ⅱ-25> 연도별 신재생에너지 금융지원 성과

(단위: MW)

구분	2021	2022
합계	412	475
태양광 지원 용량	373	402
풍력 지원 용량	39	73

출처: 2024년도 온실가스 감축인지 기금운용계획서(대한민국 정부, 2023)

(나) 신재생에너지 공급의무화 제도(RPS 제도)

신재생에너지 발전량 증가를 위하여 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」(이하 신재생에너지법)(2004.12)에 따라 일정 규모 이상(≥500MW)의 발전설비(신재생에너지 설비는 제외)를 보유한 발전사업자에게 총발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급하게 하는 RPS 제도를 운영하고 있다. 이에 따라 공급의무자는 의무 비율만큼의 신재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, 이하 REC)를 확보하여야 한다. REC는 신재생에너지 발전소를 건설하여 자체적으로 조달하거나 REC 거래시장에서 구매할 수 있다. 신재생에너지 발전사업자는 생산한 신재생에너지 발전량에 해당하는 REC를 발급받아 REC 거래시장 등에서 판매함으로써 인센티브를 얻을 수 있다.

연도별 공급의무 비율 목표는 2020년 7%, 2021년 9%, 2022년 12.5%이며, 이행률은 2021년과 2022년 각각 100.0%, 98.1%를 기록하여 의무공급량을 거의 충족하였다. 앞으로는 신재생에너지 보급 확대를 위하여 2030년까지 공급의무 비율 목표를 25%로 단계적으로 상향할 계획이며, 합리적이고 비용효율적인 재생에너지 확대를 위하여 RPS 제도를 개선할 예정이다.

<표 II-26> 연도별 신재생에너지 공급 의무화 제도(RPS) 공급의무비율, 의무공급량 및 이행률

구분	2020	2021	2022	2023	2025	2030 이후
공급의무비율(%)	7.0	9.0	12.5	13.0	14.0	25.0
의무공급량(천 REC)	35,590	47,447	78,623	-	-	-
이행률(%)	99.9	100.0	98.1	-	-	-

출처: 신재생에너지법 시행령 별표 3, 2024 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2024)

(다) 재생에너지 사용 확인제도(한국형 RE100) 이행지원

민간의 자발적인 재생에너지 사용(Renewable Electricity 100%, 이하 RE100)의 이행을 지원할 제도적 기반을 마련하기 위하여 힘쓰고 있다. RPS 공급 의무자만 구매할 수 있었던 REC를 일반 전기소비자도 구매할 수 있도록 관련 제도를 개선하였고, 녹색프리미엄제(Green Premium)와 전력구매계약(Power Purchase Agreement, 이하 PPA) 등 다양한 이행수단도 마련하고 있다.

녹색프리미엄은 기업 등 전기소비자가 전기요금 외 추가금(프리미엄)을 한국전력공사(Korea Electric Power Corporation, KEPCO)에 납부하여 재생에너지 전기를 구매하는 제도이다. PPA는 재생에너지 발전사업자와 전기소비자가 직접 전력 구매 계약을 체결하여 재생에너지 전기를 구매하는 직접 PPA와 재생에너지 발전사업자와 전기소비자가 한전을 중개로 전력구매계약을 체결하여 재생에너지 전기를 구매하는 제3자 PPA로 구분된다.

재생에너지 사용의 제도적 이행 기반을 마련하고 민간 기업이 이에 적극적으로 참여한 결과, 재생에너지 사용 확인제도에 참여하는 기업은 2021년 83개에서 2022년 149개로 빠르게 증가하였다. 이들의 재생에너지 사용량 또한 2021년 1.5TWh에서 2022년 6.3TWh로 급증하였다. 앞으로는 재생에너지 사용 확인제도에 참여하는 기업을 대상으로 컨설팅 지원, PPA 망사용료 지원, 재생에너지 펀드 조성 등 기업이 재생에너지 전력을 더욱 용이하게 조달할 수 있도록 이행수단 및 재생에너지 거래시장을 지속해서 개선할 계획이다.

<표 II-27> 연도별 재생에너지 사용 확인제도 참여기업 및 재생에너지 사용량

구분	2021	2022
참여기업 수(개)	83	149
재생에너지 사용량*(TWh)	1.5	6.3

* 재생에너지 사용량은 재생에너지 사용 확인서 발급 물량 기준
출처: 2021~2022 산업통상자원백서(에너지편)(산업통상자원부, 2023)

신재생에너지 설비보급 지원, 신재생에너지 공급의무화 제도, 재생에너지 사용 확인제도 이행지원 등의 정책적 노력으로 신재생에너지 보급이 빠르게 확대되고 있다. 신재생에너지 누적 보급량은 2021년 태양광 18.5GW, 풍력 1.7GW, 기타 신재생에너지 4.5GW로 총 24.9GW에 달하였으며, 2022년에는 28.1GW로 증가하였다. 신재생에너지 발전량 비중 또한 2021년 7.5%(43,096GWh), 2022년 8.9%(53,182GWh)로 상승하였다.

<표 Ⅱ-28> 연도별 신재생에너지 설비보급

(단위: GW)

구분	2020	2021	2022	2030
합계	20.5	24.9	28.1	72.7
태양광	14.6	18.5	21.2	46.5
풍력	1.6	1.7	1.9	19.3
수력	1.8	1.8	1.8	2.0
해양	0.3	0.3	0.3	0.3
바이오	1.3	1.4	1.8	1.8
연료전지	0.6	0.7	0.9	2.5
석탄가스화 복합화력발전	0.3	0.3	0.3	0.3

출처: 전력통계월보(한국전력공사), 제10차 전력수급기본계획(산업통상자원부, 2023)

3) 전력 수급체계 혁신

(가) 미래형 전력 계통 체계 구축

신재생에너지의 안정적인 전력 계통 편입과 데이터센터 등으로 인한 전력수요 증가에 대비하기 위하여 미래형 전력 계통 구축을 통한 온실가스 감축에 힘쓰고 있다. 그러나 재생에너지원의 간헐성과 지역 편중으로 인하여 재생에너지의 전력 계통 편입이 증가할수록 전력 계통 보강의 필요성도 커지고 있다. 송배전망 설치에 대한 지역주민의 반발로 전력 계통 체계 구축도 쉽지 않은 실정이다.

이러한 미래형 전력 계통 구축을 둘러싼 문제에 선제적으로 대응하기 위하여 다양한 정책을 추진하고 있다. 우선, 송배전망 설치에 대한 지역주민의 수용성을 높이고자 송변전설비 주변 지역 보상 중 주민지원사업의 비중을 50% 이상으로 확대하였다. 또한, 재생에너지의 지역 편중에 따른 에너지 수요·공급 지역 불일치 문제를 해결하기 위하여 지역주민과 상생협의체를 운영하거나 주민 협의회를 추진하며 소통하여 나가고 있다. 동해안-수도권 500kV HVDC 건설 사업은 주민과의 소통을 통하여 합의점을 찾아가며 착수에 들어간 대표적인 사례이다.

(나) 분산에너지 활성화 기반 마련

전력 공급과 수요 지역의 차이로 발생하는 전력망 부하 문제를 해결하고자 전력 수요지 인근에서 전력을 생산하는 분산에너지 활성화 정책을 추진하고 있으며, 「분산에너지 활성화 특별법」(2023.06)을 마련하여 기반 조성과 확대에 힘쓰고 있다. 주요 내용을 살펴보면 먼저, 분산에너지를 활성화하고 에너지공급의 안정을 증대하기 위하여 필요할 경우[42] 에너지사용량의 일정 비율 이상을 분산에너지로 사용하도록 설비 설치 의무를 신설하였다. 또한, 10MW 이상 대규모 전력사용시설을 대상으로 사전에 전력계통 여유 등 계통파급효과를 검토하여 계통포화지역(수도권)에 집중된 전력수요를 분산하고 전력공급의 안정성과 예측가능성을 높이고자 전력계통 영향평가 제도를 도입하였다. 이외에도 지역에서 생산된 전력을 직접 전기사용자에게 공급할 수 있도록 분산에너지 특화지역 제도를 구축하였고, 분산에너지 개발과 보급 촉진을 위하여 비용 보조, 융자, 기금 투자 등의 인센티브 제도를 구축하였다.

3.2.3 산업

산업 부문의 온실가스 감축 활동은 크게 탄소중립 실현을 위한 기술 개발, 기업의 탄소중립 투자 지원, 기업의 에너지 효율성 강화를 위한 기반 마련, 정부-산업계 간 탄소중립 거버넌스 마련으로 구분할 수 있다. 먼저, 철강, 석유화학, 시멘트, 반도체·디스플레이 등 탄소중립 달성을 위하여 온실가스 감축이 필수적인 분야의 기술 개발을 추진하고자 「탄소중립 산업·에너지 R&D 전략」(2021.11)을 수립하였다. 또한, 기업의 에너지경영시스템 구축 지원과 자발적 에너지효율목표제를 통하여 기업의 탄소중립 투자를 지원하고 있다. 이와 더불어 기업의 온실가스 감축을 유도하고자 에너지 진단 의무화 제도와 같은 에너지 효율성 향상을 위한 제도적 기반을 마련하고 있으며, '탄소중립 산업전환 추진위원회' 설립을 통하여 정부와 산업계 간 거버넌스를 구축하고 있다.

<표 Ⅱ-29> 산업 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 설명
탄소중립 산업전환 추진위원회 구축 (2021.03)	· **(주관)** 산업통상자원부 장관과 대한상공회의소 회장이 공동 위원장으로 활동 · **(역할)** 산업 부문의 온실가스 감축 비전 및 전략에 관한 민관 공감대 형성
탄소중립 산업·에너지 R&D 전략 (2021.11)	· **(투자확대)** 탄소중립 R&D 17대 중점분야를 중심으로 탄소중립 R&D 예산을 대폭 증액, 탄소중립에 R&D 예산 집중 투자 · **(체계전환)** ⅰ) 성과 중심의 대형·통합형 R&D, ⅱ) 현장 중심의 실증형 R&D, ⅲ) 연대와 협력의 국제공동 R&D 적극 지원을 통하여 탄소중립형 R&D체계로 전환 · **(기반확충)** 탄소중립 기술혁신 펀드조성, 탄소중립 기술가치 평가모델 개발 등을 통하여 민간의 탄소중립 R&D 기반 확충

42) 「분산에너지 활성화 특별법 시행령」(2024.06) 제10조에 따라 연간 20만 MWh 이상의 에너지 사용이 예상되는 건축물을 신축 또는 대수선하는 경우이거나 택지개발사업 또는 도시개발사업 등 사업면적이 100만 ㎡ 이상인 사업을 의미함

1) 탄소중립 실현 핵심기술 확보

(가) 탄소중립 달성을 위한 기술 R&D 강화

탄소중립 관련 기술 개발 로드맵인 「탄소중립 기술혁신 추진전략」(2021.03)과 「탄소중립 산업·에너지 R&D 전략」(2021.11)을 바탕으로 탄소중립 달성을 위한 중점 분야와 기술을 선정하고, 민·관의 기술 개발과 투자가 촉진되도록 전주기 지원을 강화하고 있다. 온실가스 저감을 위하여, 특히 다배출·난감축 업종의 저탄소 전환을 실현하는 혁신 기술 개발을 중점 목표로 삼고 있다. 현재 대표적인 다배출·난감축 업종인 철강, 석유화학, 시멘트, 반도체·디스플레이 등 4개 업종을 대상으로 하는 연구개발(Research and Development, 이하 R&D) 사업인 '탄소중립 산업 핵심기술개발사업'을 추진 중이다.

철강 업종에서는 온실가스 배출량의 85%가 고로-전로 공정에서 발생하는 만큼, 온실가스 배출 저감을 위하여 수소환원제철 기술 개발에 힘쓰고 있다. 수소환원제철 공정설계 기초기술 개발을 위하여 2023년에서 2025년까지 총 269억 원 규모의 사업을 지원 중이며 후속 기술 개발과 실증 지원 방안을 추진 중이다.

석유화학 업종에서는 온실가스 배출량의 50% 이상이 핵심 공정인 나프타 열분해 공정에서 발생한다. 이에 연료 및 원료를 대체하기 위한 혁신기술 확보를 목표로 나프타 열분해 공정 혁신과 석유화학 부생가스 메탄 전환 기술 개발에 각각 524억 원과 1,334억 원을 지원할 예정이다.

시멘트 업종에서는 석회석을 사용하여 클링커를 제조하는 공정에서 다량의 이산화탄소가 배출된다. 이에 원료 중 혼합재 함량을 늘리고 혼합시멘트를 확대·적용하는 기술 개발과 연료 중 유연탄 사용량을 줄이고 폐합성수지 사용량을 늘리는 기술 개발에 각각 1,389억 원과 1,437억 원을 지원할 예정이다.

반도체·디스플레이 제조 공정에서는 다량의 불소계 온실가스가 배출된다. 이를 감축하려면 GWP가 높은 식각·증착·세정용 공정 가스를 GWP가 낮은 물질로 대체하는 기술 개발이 필수적이다. 이에 GWP가 낮은 대체 공정 가스 및 공정 효율화 기술에 2,571억 원을 지원할 예정이다.

(나) 민간의 기술 투자를 위한 지원 강화

민간 중심의 기술 투자를 활성화하기 위하여 지원을 강화하고 있다. 2022년 개정 「조세특례제한법」(1998.12)의 신성장·원천기술 범위에 탄소중립 분야를 신설하여 CCUS,

수소, 신재생에너지 등 온실가스 감축 관련 기술 49종을 신규로 반영하였다. 이를 통하여 온실가스 감축 기술로 인정받는 R&D에 투자하거나 관련 시설에 투자하는 경우, 각각 투자액의 20~30%와 3~12%의 세액공제를 받을 수 있게 되었다. 또한, 재정적 여건으로 인하여 온실가스 감축을 위한 투자가 어려운 기업을 지원하고자 '탄소중립 선도프로젝트 융자지원 사업'을 시행하고 있다. 탄소중립 목적의 민간 시설 투자 및 R&D 투자에 융자 또는 이차보전을 지원하고 있으며, 2022년에는 30개의 프로젝트에 912억 원의 융자와 이차보전을 제공하였다.

2) 기업의 탄소중립 투자 부담 경감

(가) 에너지경영시스템 인프라 구축

기업의 에너지 효율성 제고를 위하여 에너지 효율화 컨설팅이나 에너지 모니터링 시스템 도입 등 에너지경영시스템 구축을 지원하고 있다. 대표적으로 2011년부터 시행 중인 '에너지경영시스템 인프라 구축 지원사업'을 통하여 에너지경영시스템 구축에 관한 컨설팅을 제공하고 있다. 2022년에는 전국의 스마트그린산업단지를 대상으로 진행 중이었던 공장에너지관리시스템(Factory Energy Management System) 보급 지원사업을 통합하여 2022년 기준 총 272개 사업장에 에너지경영시스템 인프라를 구축하였다. 2030년 누적 608개 사업장을 목표로 매년 40여 개의 신규 사업장에 인프라를 구축할 방침이다.

<표 II-30> 연도별 에너지경영시스템 인프라 구축 사업장 수

구분	2020	2021	2022	2030
에너지경영시스템 인프라 구축 사업장 수 (누적, 개소)	184	227	272	608

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 자발적 에너지효율 목표제

연간 에너지사용량이 2천 TOE 이상인 에너지 다소비 사업장을 대상으로 2020년부터 자발적 에너지효율목표제 시범사업을 추진하고 있다. 한국에너지공단과 사업장이 에너지 원단위 개선 목표를 협의하여 설정한 후, 사업장이 목표를 달성하면 인센티브를 제공하는 방식이다. 2021년에는 63개 사업장이 참여하였고, 참여 사업장의 평균 원단위 개선율은 3.54%였다. 2022년에는 91개 사업장이 참여하였고, 평균 원단위 개선율은 2.06%였다. 2022년에는 에너지사용량 상위 30대 기업을 대상으로 에너지효율혁신파트너십(Korea Energy Efficiency Partnership, KEEP 30)을 체결함에 따라 대상 기업은 2023~2027년까지 총 5년간 에너지 원단위 개선 목표를 설정하여 이행할 계획이다. 이 과정에서 대상 기업에는

기업의 에너지 원단위 개선율에 따라 기술 개발, 세제 및 인프라 구축 패키지와 같은 인센티브를 차등적으로 부여할 예정이다.

<표 Ⅱ-31> 연도별 자발적 에너지효율목표제 협약 성과

구분	2020	2021	2022
참여사업장 수(개)	44	63	91
원단위 개선율(%)	1.78	3.54	2.06

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(다) 에너지절약시설 투자 지원

자금조달이 어려워 에너지절약시설 투자에 난항을 겪는 기업을 지원하기 위하여 에너지절약시설 투자에 대한 자금과 세제를 지원하는 제도를 운용하고 있다. 지원제도는 크게 에너지절약전문기업(Energy Service COmpany, 이하 ESCO)[43]이 자금조달이 어려운 기업을 대신하여 투자하는 ESCO 투자사업과 에너지사용자가 직접 투자하고 정부가 해당 투자에 대하여 저리 융자와 이차보전을 지원해 주는 절약시설 설치사업으로 나뉜다. 2021년에 약 2,445억 원, 2022년에는 약 2,540억 원을 투자하여 각각 228천 TOE, 209천 TOE의 에너지 사용을 감축하였다.

<표 Ⅱ-32> 연도별 에너지절약시설 투자지원 사업 성과

구분		2020	2021	2022
합계	감축량(천 TOE)	228	228	209
	지원액(억 원)	2,829	2,445	2,540
ESCO 투자사업	감축량(천 TOE)	67	96	85
	지원액(억 원)	413	410	370
절약시설 설치사업	감축량(천 TOE)	161	132	124
	지원액(억 원)	2,416	2,035	2,170

출처: 2023 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2023)

(라) 탄소중립 선도플랜트 구축지원

탄소배출량을 획기적으로 감축할 수 있는 최적기술을 적용하여 탄소중립 대표모델 사업장을 구축하고자 '탄소중립선도플랜트 구축지원' 사업을 추진하고 있다. 대상 기업은 철강, 석유화학, 시멘트 등 다배출·난감축 업종에 속한 중소·중견기업이다. 사업은 크게 '에너지효율개선', '연료·원료전환', '순환경제'로 지원 유형을 구분하고, 투자금액 일부를 보조하는 방식으로 진행된다.

43) 「에너지이용합리화법」(1979.12) 제25조 및 같은 법 시행령 제30조 규정에 따라 장비, 자산 및 기술 인력을 갖추어 산업통상자원부장관에게 등록한 업체를 뜻함

먼저, 에너지효율개선 유형에서는 공기압축기와 같이 부하 조절이 가능한 인버터나 공정 운영에 필요한 에너지 관리시스템과 같은 시설이 지원 대상이다. 연료·원료전환 유형에서는 벙커C유(Bunker C oil, B/C유) 보일러를 LNG나 신재생에너지 설비로 교체하는 시설이 지원 대상이다. 마지막으로 순환경제 유형에서는 사업장 내 폐기물, 폐열, 폐가스 등을 감축하는 재활용 시설이 지원 대상이다. 이에 따라 2022년에는 석유화학, 시멘트, 기계, 제지, 비철금속 업종의 5개 기업에 탄소중립 사업장 구축에 필요한 공정·설비 개선 자금을 지원하였다. 2023년 12월 해당 사업이 완료되면 매년 약 30천 tCO_2-eq의 온실가스 감축 효과가 발생할 것으로 기대된다.

3) 에너지효율성 강화를 위한 기반 마련

(가) 에너지사용계획 협의

국토개발, 에너지개발, 사회간접자본시설 등 대규모 사업을 시행하기 전에 기업의 에너지수급 및 이용효율향상 계획 등을 협의하는 제도를 운영하고 있다. 이를 통하여 기업의 에너지효율을 향상하고, 신재생에너지 설비의 설치·도입을 유도하는 한편 온실가스를 저감하는 에너지사용계획 협의를 의무화하고 있다. 제도 도입 당시에는 공공시설을 대상으로 하였으나 현재는 민간사업 또는 시설까지 협의 대상을 확대하였다.

<표 II-33> 연도별 에너지사용계획 협의 성과

구분	2020	2021	2022
협의 건수(건)	100	98	84

출처: 2023 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2023)

(나) 중소기업 에너지서포터 파견

에너지관리 전문인력이 부족한 중소기업을 대상으로 에너지전문가(에너지서포터)가 현장방문, 기술지도, 컨설팅을 통하여 중소기업의 에너지 감축 활동을 지원하고 있다. 연간 에너지사용량이 2천 TOE 미만인 중소기업을 대상으로 시행 중이며, 보조금 지원 사업과도 연계하여 노후 시설에 대한 설비 투자 부담을 완화하고자 노력하고 있다. 2021년과 2022년에 각각 120개, 110개의 중소산업체를 대상으로 에너지서포터를 파견한 결과, 각각 4천 TOE(10.8%), 2천 TOE(5.3%)의 에너지 감축량(감축률)을 기록하였다.

<표 Ⅱ-34> 연도별 중소기업 에너지서포터 파견 성과

구분	2020	2021	2022
에너지서포터 제공 대상 기업(개소)	200	120	110
에너지 감축량(천 TOE)	9	4	2
감축률(%)	14.3	10.8	5.3

출처: 2023 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2023)

(다) 에너지 진단 의무화

에너지다소비업자는 에너지이용효율 개선을 위하여 일정 주기로 에너지 진단을 받아 사업장의 에너지 이용실태와 손실요인을 파악하여야 한다. 연간 에너지사용량이 2천 TOE 이상인 에너지다소비업자가 그 대상이다. 에너지 진단 업체는 에너지다소비업자의 에너지 이용실태를 파악하고 에너지 감축 방안을 제시하여 에너지 효율성 향상과 온실가스 감축을 위한 투자가 이뤄질 수 있도록 유도할 수 있다. 2021년 755개, 2022년 666개의 사업장에 대한 에너지 진단으로 각각 1,429천 tCO_2-eq, 1,540천 tCO_2-eq의 온실가스 감축 잠재량을 확인하였다.

<표 Ⅱ-35> 연도별 에너지 진단사업 의무화 성과

구분	2020	2021	2022
사업장 수(개소)	710	755	666
온실가스 감축 잠재량(천 tCO_2-eq)	1,034	1,429	1,540

출처: 2023 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2023)

4) 탄소중립 정부-산업계 거버넌스 마련

산업계의 부담을 최소화하면서 동시에 자발적인 온실가스 감축을 유도하기 위하여 정부와 산업계는 탄소중립 거버넌스를 마련하였다. 산업계의 성공적인 탄소중립을 지원하기 위하여 정부와 산업계는 공동으로 2021년 탄소중립 산업전환 추진위원회를 출범시켰다. 이를 바탕으로 탄소 다배출 업종[44] 중심의 업종별 협의회와 기술혁신, 표준화 협의회를 구성·운영하여 산업계의 자발적인 온실가스 감축을 유도하고 있다. 이러한 탄소중립 거버넌스 마련을 통하여 민간의 자발적인 온실가스 감축 실천을 촉진하는 한편, 민간의 탄소중립 실현을 가로막는 법과 제도에 대한 논의를 지속하고 있다.

44) 정유, 조선, 기계, 철강, 시멘트, 자동차, 바이오, 석유화학, 비철금속, 전기전자, 제지·섬유, 반도체·디스플레이를 뜻함

3.2.4 건물

건물 부문 온실가스 감축을 유도하기 위하여 「제2차 녹색건축물 기본계획」(2019.12)과 「국토교통 탄소중립 로드맵」(2021.12)에 따라 신규 건축물에 제로에너지건축물 인증을 부여하고 있다. 이와 더불어 기존 건축물을 리모델링하여 에너지효율을 향상하는 '그린리모델링'도 지원하고 있다. 건물의 에너지효율 향상을 위하여 가스 사용 기기의 효율성을 증진하거나 지능형 전력계량시스템(Advanced Metering Infrastructure, 이하 AMI)을 보급하는 등 건물 부문에서 신재생에너지가 확산할 수 있도록 다양한 제도적 방안을 마련 중이다.

<표 II-36> 건물 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 설명
제2차 녹색건축물 기본계획 (2019.12)	· 신축 건축물 에너지성능 강화(제로에너지건축물 보급 가속화, 에너지성능 기준 고도화) · 기존 건축물 녹색화 촉진(노후 건축물의 그린리모델링 활성화, 건축물의 에너지효율적 운영·관리)
국토교통 탄소중립 로드맵 (2021.12)	· (추진과제-건물) 신축건물 제로에너지화, 기축건물 그린리모델링 · (신축건물 제로에너지화) 의무화 확대·적용, 기존 인센티브 확대 · (기축건물 그린리모델링) 공공건물 지원대상 확대 및 의무화 등, 민간확산 지원 강화

1) 신규 건축물의 에너지 성능 강화

(가) 제로에너지건축물(ZEB) 보급

제로에너지건축물 인증제도에 따라 에너지 자립률을 기준으로 제로에너지건축물(Zero Energy Building, 이하 ZEB)에 1~5등급의 인증을 부여하고 있다. ZEB란 건축물에 필요한 에너지 부하를 낮추고 신재생에너지를 활용하여 에너지 소비를 최소화한 건축물을 뜻한다. 2020년부터는 공공건축물을 대상으로 ZEB 인증을 의무화하고 있으며, 2023년부터는 「녹색건축물 조성 지원법」(2012.02) 개정을 통하여 인증 의무대상을 연면적 1,000㎡ 이상에서 연면적 500㎡ 이상의 공공건축물과 30세대 이상의 공공 공동주택으로 확대하였다. 2025년부터는 업무시설 등 17개 용도의 연면적 1,000㎡ 이상 공공건축물에 대한 인증 의무등급을 5등급에서 4등급으로 상향할 예정이다. 민간 건축물 대상으로는 2025년에 최소 요구성능을 향상하기 위한 연구 및 법률 개정 등을 추진할 예정이다.

2021년 ZEB 건축물의 연면적 및 온실가스 감축량은 각각 5,937.8천 ㎡, 100.9천 tCO_2-eq였고, 2022년 연면적 및 온실가스 감축량은 각각 6,708.1천 ㎡, 114.0천 tCO_2-eq였다. 최근 3년간의 ZEB 건축 실적과 온실가스 감축량을 고려하여 2030년에는 20,830천 ㎡, 354.1천 tCO_2-eq의 ZEB 건축과 온실가스 감축을 목표로 하고 있다.

<표 Ⅱ-37> 연도별 제로에너지건축물(ZEB) 연면적

구분	2020	2021	2022	2030
연면적(누적, 천 ㎡)	2,652.4	5,937.8	6,708.1	20,830
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	45.1	100.9	114.0	354.1

(나) 건물에너지관리시스템(BEMS) 보급

건축물 소유자 또는 관리자가 건축물의 에너지 사용을 꾸준히 줄여나가도록 독려하고자 2017년부터 연면적 1만 ㎡ 이상인 신축 또는 별동을 증축하는 공공건축물을 대상으로 BEMS 설치를 의무화하여 신축 건축물의 효율적 에너지 관리·제어를 유도하고 있다. 그 결과, 2021년과 2022년에 각각 73건, 65건의 신축 건축물에 BEMS가 설치되었다.

또한, ZEB 인증 요건으로 BEMS 또는 전자식 원격검침 계량기를 설치하도록 하고 있다. ZEB 인증제도 확산을 위하여 2023년에는 인증기관 간담회와 정책설명회 등을 추진하였다. 중장기적으로는 ZEB 인증제도를 건축물 에너지효율등급 인증제도와 통합하여 운영할 예정이며, 공공건축물을 대상으로 ZEB 인증 의무화를 단계적으로 추진할 예정이다.

<표 Ⅱ-38> 연도별 건물에너지관리시스템(BEMS) 설치 건수

(단위: 건)

구분	2020	2021	2022
공공 건축물	39	72	63
민간 건축물	1	1	2

출처: 2023 KEA 에너지 편람(한국에너지공단, 2023)

2) 기존 건축물에 대한 그린리모델링 추진

「녹색건축물조성지원법」 제27조에 따라 환경에 미치는 건축물의 영향을 최소화하고 쾌적한 거주환경을 제공하도록 기존 건축물을 녹색건축물로 전환하는 그린리모델링 사업을 추진하고 있다. 기존 건축물의 에너지 성능과 효율 개선을 위하여 단열, 창호 교체, 신재생에너지 설비 공사 등에 대한 지원이 사업의 주요 골자다.

민간 건축물의 그린리모델링 활성화를 위하여 이자 지원 정책을 운영하고 있다. 2021년에는 민간이 적극적으로 그린리모델링에 참여할 수 있도록 이자 지원 규모와 대상 건축물을 확대하고 지원 절차를 간소화하였다. 에너지 성능 개선 비율을 산정할 때 별도의 프로그램을 이용하는 대신 간이평가표로 산정하도록 변경하여 민간의 적극적인 참여를 독려하고 있다.

공공 부문에서는 온실가스 감축을 선도하기 위하여 공공건축물(경로당, 보건소, 어린이집 등)의 그린리모델링을 추진하고 있다. 공공기관 및 지방자치단체가 신청한 건축물 중 시급성과 효과성 등을 평가하여 우선순위에 따라 해당 리모델링을 지원하고 있으며, 에너지 다소비·다물량 건축물로 지원 용도를 확대하고 있다. 사업지를 선정할 때는 단열, 창호, 고효율설비, 신재생에너지 등 에너지 감축 요소와 기관의 사업추진 의지 등을 계량화한 배점표에 따라 평가하며, 이 중 에너지 감축 효과와 홍보성이 높을 것으로 예상되는 건축물을 시그니처 사업으로 선정하여 그린리모델링 사업 확대를 유도하고 있다. 시그니처 사업으로 선정된 곳에는 사업의 지역 확산을 견인하고 혁신 기술을 도입할 수 있도록 일반 지원 대상보다 최대 2배 규모의 지원을 제공한다.

2021년 민간 부문과 공공 부문의 그린리모델링 연면적과 온실가스 감축량은 각각 1,951.6천 ㎡, 36.5천 tCO_2-eq였으며, 2022년 연면적 및 온실가스 감축량은 각각 1,289.4천 ㎡, 22.2천 tCO_2-eq였다.

<표 Ⅱ-39> 연도별 그린리모델링 연면적 및 감축량

구분	2020	2021	2022
연면적(천 ㎡)	1,949.2	1,951.6	1,289.4
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	36.4	36.5	22.2

3) 건물의 에너지 사용효율 향상

(가) 가스 사용 급탕, 취사 기기의 효율 증진

건물 부문에서 소비되는 화석연료 중 가장 비중이 높은 에너지원은 도시가스이다. 따라서 도시가스를 주로 사용하는 급탕과 취사 기기의 효율을 증진한다면 건물 부문의 화석연료 사용을 줄여 온실가스를 저감할 수 있다. 대형 건물의 경우 가스온수기 신고모델의 1, 2등급 점유율이 약 56.1%에 달할 정도로 에너지 고효율 기기들이 널리 보급되어 있으며, 에너지효율 목표 설정이나 에너지소비량 평가를 통하여 에너지효율을 꾸준히 향상해 나가고 있다. 민간 부문에서는 가정용 인덕션 취사기기 사용의 확산으로 에너지효율 향상과 화석연료 소비 감소에 기여하고 있다.

(나) 건물용도별 운영효율지표 개발

2022년 공공건축물을 대상으로 에너지효율 평가체계를 도입하였으며, 2024년부터는 3천 ㎡ 이상의 상업용 건물로 평가 대상을 확대할 계획이다. 「제2차 녹색건축물 기본계획」(2019.12)에 따라 건축물 에너지의 효율적인 운영·관리 체계 구축을 위하여 기존 건축물 에너지의 사용

수준을 상호 비교·평가할 수 있는 용도별 운영효율지표의 개발도 진행 중이다. 이를 위하여 2022년에는 숙박시설의 유형을 분류하고, 연면적, 시설이용객 수, 객실 이용률 등 에너지 소비에 영향을 미치는 요소들을 분석하였고, 의료·교육·업무·판매시설을 대상으로 한 시범사업의 데이터를 바탕으로 기존의 개발된 지표를 보완하고 운영효율 보고서를 마련하였다. 2023년에는 문화시설의 유형 분류와 에너지 영향 요소를 분석하여 건축물의 운영효율을 분석하는 방법을 개발하였으며, 현재 모델 검증을 진행 중이다. 또한, 의료·교육·업무·판매·문화시설을 대상으로 한 시범사업의 데이터를 바탕으로 건물 유형 분류와 에너지 영향 요소를 분석하여 기존의 개발된 지표를 보완하였으며, 건축물 운영효율 개선 방법과 검증 모델을 개발 중이다.

(다) 지능형 전력계량시스템(AMI) 보급확대

AMI는 유·무선 통신을 이용하여 실시간 에너지사용량을 관리하는 데 필요한 핵심 인프라이다. 양방향 통신 기반의 디지털 계량기, 전기사용정보 전달 장치, 전력제어 장치로 구성되어 있으며, 유·무선 통신을 바탕으로 실시간 에너지사용량과 전력 가격을 전달하여 소비자에게는 수요 반응을, 공급자에게는 수요예측과 부하관리를 가능하게 한다. 누적된 AMI 보급 대수는 2020년 1,020만 대, 2021년 1,072만 대, 2022년 1,240만 대로 꾸준히 증가하고 있고, 2030년까지 2,250만 대의 보급을 목표로 하고 있다.

<표 Ⅱ-40> 연도별 지능형 전력계량시스템(AMI) 보급 대수

구분	2020	2021	2022	2030
AMI 보급 (누적, 만 대)	1,020	1,072	1,240	2,250

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(라) 건물 신재생에너지 확산 기반 구축

건물 부문에서 온실가스를 감축하기 위하여 건물일체형 태양광(Building Integrated PhotoVoltaic, 이하 BIPV), 태양열, 지열 히트펌프, 건물용 연료전지 등 다양한 신재생에너지를 활용하는 방안이 있다. 우리나라는 「건물일체형 태양광(BIPV) 산업생태계 활성화 방안」(2022.10)을 마련하여 건물을 대상으로 태양광 기술 보급을 확대하고 있으며, 신재생에너지 사용의 확산을 위하여 매년 '신재생에너지 보급지원사업'을 근거로 자가용 신재생에너지 설비에 대한 보조금을 지원하고 있다. 또한, BIPV 기술의 실증과 표준화 기반 구축을 위하여 '건물형 태양광 실증센터 기반구축 R&D 사업'을 추진하고 있다.

3.2.5 수송

수송 부문의 온실가스 감축 정책은 친환경차 보급 촉진, 대중교통 활성화, 내연기관 수요관리 및 저탄소화, 친환경 철도·항공·해운 정책으로 구분된다. 정부는 친환경차에 대한 보조금 및 세제혜택 지원과 관련 인프라 구축 등의 내용을 담은 「제4차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본계획」(2021.02)을 수립하여 친환경차 보급 확산을 위한 기반 마련에 힘쓰고 있다. 또한, 자가용 주행거리 단축이나 물류 수송 방식 전환을 통하여 내연기관차에 대한 수요관리를 추진하고 있다. 이와 함께 승용차 등에 대한 온실가스 배출기준과 연비 기준을 강화하고 있으며, 노후 경유차의 조기 폐차 등을 지원하여 내연기관 차량의 탄소 배출을 줄이고 있다. 도로 부문 외에 해운 부문에서도 「제1차 친환경선박 기본계획」(2020.12)을 수립하여 부문별 저탄소화를 위한 정책을 추진하고 있다.

<표 II-41> 수송 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 설명
제4차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본계획 (2021.02)	· 친환경차 신차 판매 2025년 51%, 2030년 83% 달성, 온실가스 2025년 5.9백만 톤, 2030년 17.3백만 톤 감축 · 2025년 친환경차 중심 사회·산업 생태계 구축
제1차 친환경선박 기본계획(2020.12.)	· 친환경선박 보급 촉진을 위하여 현황 파악 및 세부 추진방향 제시 · 공공 부문의 선제적 전환 및 민간 부문의 보급 확산 · 민간 선사에 대한 선박별 맞춤형 금융지원을 통하여 친환경선박으로의 전환 유도

1) 친환경차 보급 촉진

(가) 친환경차 구매에 대한 지원 확대

전기차와 수소차는 각각 전력과 수소연료전지를 동력원으로 사용하므로 내연기관차보다 화석연료 사용량이 적어 온실가스 감축에 기여한다. 이에 정부는 내연기관차에서 친환경차로의 전환을 촉진하기 위하여 2030년까지 누적 450만 대의 친환경차 보급을 목표로 전기·수소차에 대한 구매보조금 지원과 세제 감면을 추진하고 있다. 또한, 민간 부문에서 친환경차를 구매하면 국가 및 지자체에서 각각 보조금을 지급하고 있다. 특히, 전비가 우수한 차종의 보급률을 높여 온실가스 감축 효과를 증대하고자 2021년에 전기차 보조금 지침을 개정하고 보조금 지급을 확대하였다. 이와 함께 친환경차 구매 시, 개별소비세 및 취득세를 인하하여 민간 부문의 적극적인 친환경차 구매를 유도하고 있다.

(나) 무공해차 충전 인프라 구축

충전의 편의성을 높여 친환경차 보급을 촉진하기 위하여 전국적으로 충전 인프라를 구축하고 있다. 충전 인프라의 국민 접근성을 제고하기 위하여 전기자동차 충전인프라 정보시스템을 구축하였으며, 전기차 보급 확대를 위하여 2011년부터 전기차 충전기 구축 지원 사업을 추진하고 있다. 그 결과, 2022년 기준 전기차 충전소는 총 194,081기에 이른다. 정부는 앞으로 전기차충전사업자를 대상으로 국비 지원 등 충전소 지원과 관련한 설명회를 개최하고 충전산업 관리·개선 방안을 공유해 나갈 계획이다. 수소자동차 보급을 위해서는 교통물류 거점을 중심으로 수소충전소 구축을 지원하고 있다. 2022년 기준 총 229기의 수소충전소를 구축하였으며, 충전소 인허가 절차 간소화와 수소충전소 설치 선도 사례 확산을 통하여 충전 인프라를 지속적으로 확대할 계획이다.

(다) 공공기관 저공해차 의무구매·임차 강화

「대기환경보전법」(1990.08), 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」(2004.10)에 따라 국가기관, 지방자치단체, 공공기관을 대상으로 신규 차량의 일정 비율 이상을 저공해자동차로 구매·임차해야 하는 '공공기관 저공해차 의무구매·임차제도'를 시행하고 있다. 이 제도에서 저공해차는 1종 전기·수소차(무공해차), 2종 하이브리드차, 3종 저공해차 배출허용기준에 맞는 LPG·휘발유차로 구분되며, 2022년 의무구매·임차제 적용 대상은 국가기관 50개, 지방자치단체 262개, 공공기관 454개로 총 766개 기관이다.

공공기관 의무구매·임차 달성 비율은 2020년 69.3%였으나 2021년 83.7%, 2022년 92.0%로 꾸준히 증가하고 있다. 2022년의 경우 공공기관 구매·임차 차량 총 8,072대 중 저공해차 비율은 90.2%이며, 특히 전기·수소차는 전년도 대비 881대 늘어나는 등 지속해서 증가하는 추세이다.

<표 Ⅱ-42> 연도별 공공기관 저공해차 의무구매·임차 달성도

구분	2020	2021	2022	2030
의무구매·임차 비율 달성 기관 비율(%)	69.3	83.7	92.0	100

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

이와 같은 친환경차에 대한 재정적 지원, 친환경차 충전 인프라 구축, 공공기관의 친환경차 의무구매 및 임차 제도를 통하여 친환경차 보급이 확대되고 있다. 그 결과 2021년 108,959대, 2022년 174,742대의 무공해차가 보급되었다. 누적으로는 2022년까지 432,282대에 이르렀다. 이를 통하여 2021년 274천 tCO_2-eq, 2022년 413천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축하였다.

<표 II-43> 연도별 무공해차 보급 현황

(단위: 대)

구분		~2019	2020	2021	2022	2023	합계 (누적)
합계		96,025	52,556	108,959	174,742	167,277	599,559
전기차	소계	90,923	46,713	100,427	164,486	162,605	565,154
	승용	88,909	31,329	71,517	123,920	115,817	431,492
	승합	840	1,016	1,290	2,074	2,820	8,040
	화물	1,150	14,320	27,566	38,471	43,940	125,447
	기타	24	48	54	21	28	175
수소차	소계	5,102	5,843	8,532	10,256	4,672	34,405
	승용	5,085	5,783	8,473	10,104	4,294	33,739
	승합	17	60	54	152	367	650
	화물	-	-	5	-	11	16

2) 대중교통 활성화, 자가용 내연기관차 수요관리

(가) 자가용 승용차 주행거리 단축

자가용차의 주행거리를 단축하면 인센티브를 지원하는 탄소중립포인트제도, 광역 및 간선급행버스 등을 통한 대중교통망 확충 등 민간의 자가용차 주행거리를 단축할 수 있도록 정책을 펼치고 있다. 2030년까지 자가용 승용차의 총주행거리를 4.5% 줄이는 것을 목표로 하고 있으며, 자가용 승용차의 일평균 주행거리는 2021년 35.6km, 2022년 31.1km로 감소하는 추세이다.

<표 II-44> 연도별 승용-비사업용 주행거리

구분	2020	2021	2022
승용-비사업용(km/일·대)	32.8	35.6	31.1

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 지능형교통체계(ITS) 구축도로 연장

지능형교통체계(Intelligent Transport System, 이하 ITS)는 교통시스템에 최첨단 정보통신기술(information and communications technology, 이하 ICT) 기술을 접목하여 교통혼잡을 완화하고, 이용자의 안전과 편의를 도모하며, 교통체계의 운영 및 관리를 자동화·과학화하는 교통체계를 의미한다. 버스정류장의 버스 도착 안내시스템, 내비게이션의 최적 경로 제공, 교차로 특성을 반영한 신호체계 등이 대표적인 ITS 활용 사례이다. ITS 활용은 탄소중립과도 연관된다. ITS를 통하여 주행차량의 연비를 개선함으로써 화석연료

사용을 줄이고, 온실가스 감축 효과를 기대할 수 있다. 또한, 이용자 수요맞춤형 교통서비스를 제공하여 수송 부문의 에너지 효율성을 한층 더 높일 수 있다. 이에 2025년까지 전국 주요 도로를 대상으로 ITS를 구축하여 교통정체 개선, 2차 사고방지, 자율협력 주행 기반 조성을 계획하고 있다. 전국 ITS 구축도로의 길이는 2020년 18,036km, 2021년 22,236km, 2022년 26,919km로 꾸준히 증가하고 있으며, 이는 2022년 기준 국내 포장도로 총연장의 27%에 해당한다.

<표 Ⅱ-45> 연도별 지능형교통체계(ITS) 구축도로

구분	2020	2021	2022
ITS 구축도로(km)	18,036	22,236	26,919

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(다) 물류 수송 방식 전환(Modal-shift)

온실가스 배출량이 상대적으로 높은 도로 물류 수송을 철도 및 연안 해운으로 전환하는 '철도 및 연안해운 화물 전환교통 지원사업'을 통하여 온실가스를 감축하고 있다. 수송 방식을 도로에서 철도 및 연안해운 등 친환경 수송수단으로 전환하는 화물 화주에게 보조금을 지급하는 방식으로 사업은 시행된다. 2021년에는 철도 전환교통 보조금 제도를 개편하여 화물 화주가 수송 방식을 적극적으로 전환하도록 유도하였다. 이러한 정책을 통하여 도로에서 철도로 전환한 수송량은 2021년 실적 259만 톤, 2022년 실적 221만 톤을 달성하였으며, 도로에서 해운으로 전환한 수송량도 2021년 실적 273만 톤, 2022년 284만 톤을 달성하였다.

<표 Ⅱ-46> 연도별 도로 전환 화물 수송량(철도, 해운)

(단위: 만 톤)

구분	2020	2021	2022
도로→철도 전환 화물 수송량	166	259	221
도로→해운 전환 화물 수송량	262	273	284

3) 내연기관 저탄소화

(가) 자동차 온실가스·연비 기준 강화

승용차, 소형승합·화물차, 중·대형 승합·화물차를 구분하여 온실가스·연비 기준을 수립하고 있다. 15인승 이하, 총중량 3.5톤 미만인 승용·승합자동차와 3.5톤 미만인 화물차는 평균 에너지 소비 효율 기준 또는 온실가스 배출 허용 기준 중 하나를 준수하여야 하며, 달성하여야 하는 연비 등은 전기·수소차 판매 인센티브, 에코 이노베이션 실적 등을 반영하여

산정한다. 중대형 승합·화물차의 경우 현재 에너지 소비 효율 기준 또는 온실가스 배출 허용 기준의 직접적인 규제 대상은 아니나, 운영 중인 자율감축제도를 통하여 2021~2022년 실적 대비 2023년에는 2%, 2024년에는 4.5%, 2025년에는 7.5%의 감축을 목표로 하고 있으며, 향후 중대형 승합·화물차까지 단계적으로 온실가스·연비 기준을 의무화할 예정이다.

<표 II-47> 연도별 자동차 평균연비 및 온실가스 배출량

구분		2021		2022	
		실적 (인센티브 등 반영)	목표 (공차중량 반영)	실적 (인센티브 등 반영)	목표 (공차중량 반영)
평균연비 (km/L)	승용차	17.67(20.77)	24.8(21.21)	17.35(20.47)	24.8(21.06)
	소형 승합·화물차	12.55(13.68)	15.6(15.39)	12.41(13.60)	15.6(15.04)
온실가스 배출량 (g/km)	승용차	135.9(106.1)	97(107.6)	130.6(97.4)	97(108.1)
	소형 승합·화물차	177.4(130.9)	166(167.9)	170.5(116.9)	166(164.7)

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 노후 경유자동차 조기폐차 지원 및 운행제한

수송 부문에서 발생하는 온실가스의 주요 배출 원인인 노후 경유차를 근본적으로 감축하기 위하여 노후 경유 자동차 조기 폐차 지원 및 운행제한 제도를 주요 정책으로 시행하고 있다. 2005년부터 노후 경유차 조기 폐차 지원을 시행하고 있으며. 2022년까지는 5등급 경유차의 조기 폐차만을 지원하였으나 2023년부터는 지원 대상에 4등급 경유차, 지게차·굴착기를 포함하며 그 대상을 점차 확대하여 나가고 있다.

또한, 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」(2019.04) 및 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」(2018.08)에 따라 노후 자동차 운행제한 제도를 시행하고 있다. 2018년부터 수도권에서는 저공해 미조치 5등급 경유 자동차를 대상으로 상시 운행제한 제도를 시행하고 있으며, 고농도 미세먼지가 빈번하게 발생하는 계절관리제 기간(매년 12월부터 익년 3월까지)에는 수도권 외 부산광역시, 대구광역시, 광주광역시, 대전광역시, 울산광역시, 세종특별자치시로 대상 지역을 확대하여 5등급 자동차 전체를 대상으로 운행제한을 시행하고 있다.

(다) 바이오디젤 혼합의무비율 상향

석유 정제업자 및 수출입 업자를 대상으로 신재생에너지 연료 혼합 의무 비율을 늘려 온실가스 감축을 유도하고 있다. 신재생에너지 연료 혼합 의무 비율이란 신재생에너지 연료를 수송용 연료에 의무적으로 혼합하여야 하는 비율을 말한다. 수송용 연료에 대한 신재생에너지 연료 혼합 의무 비율은 신재생에너지법 및 시행령 개정을 통하여 2021년 7월부터

상향되었다. 이를 근거로 2021년부터 바이오디젤 혼합비율을 0.5%씩 단계적으로 상향 조정하여 2030년에는 5.0%까지 확대할 예정이다. 바이오디젤 혼합비율의 확대로 2021년 1,942천 tCO_2-eq, 2022년 1,880천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축하였다.

<표 Ⅱ-48> 연도별 바이오디젤 혼합 달성도

구분	2021	2022	2030
바이오디젤 혼합비율(%)	3.27	3.54	5.0
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	1,942	1,880	-

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

4) 친환경 철도·항공·해운

(가) 철도망 연장

철도망 연장을 통하여 저탄소 운송수단인 철도의 이용률을 높이고, 수소연료전지 기반 철도차량의 개발 등을 통하여 온실가스를 감축하고 있다. 2021년부터 시행 중인 「제4차 국가철도망 구축계획」(2021.06)을 바탕으로 철도·도로 등 주요 간선망을 확충하기 위하여 신규 고속 철도와 일반철도의 구축을 조기 착수하고 있다. 2030년까지 총연장 5,341km의 철도망 구축을 목표로, 2021년과 2022년에 각각 4,307km, 4,313.4km의 철도망을 구축하였다.

<표 Ⅱ-49> 연도별 철도망 연장 길이

구분	2020	2021	2022	2030
철도망 연장(km)	4,281.1	4,307	4,313.4	5,341

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 항공기 운항 효율 개선

국내에서 운항하는 국적 항공사를 대상으로 운행 효율을 개선함으로써 항공기 운행에서 발생하는 온실가스의 감축을 추진하고 있다. 항공기 엔진 세척, 중량 및 운항 관리 등을 통하여 항공기 운항 효율을 개선하고 있으며, 항공기를 도입할 때도 연료효율이 우수한 최신 항공기를 우선 도입하도록 유도함으로써 항공 분야의 온실가스 감축을 유도하고 있다. 이러한 노력으로 항공기 효율은 2021년과 2022년에 각각 전년 대비 0.87%, 0.84% 개선된 것으로 나타났다.

(다) 친환경 선박 및 육상전원장치(AMP) 보급

친환경 선박과 육상전원장치(Alternative Maritime Power supply, 이하 AMP) 보급을 확대함으로써 해운 분야의 온실가스 감축을 유도하고 있다. 친환경선박 인증제도를 통하여 LNG 추진 벌크선, 배터리전기 추진 차도선 등 친환경에너지 또는 연료를 동력원으로 사용하거나 해양오염 저감기술 또는 선박에너지효율을 높일 수 있는 기술을 적용한 선박을 친환경선박으로 인증하고 있다. 이를 통하여 민간 부문의 친환경 내항선박 보급을 확대하고 있다.

또한, 선박에 AMP를 보급하여 선박의 연료효율을 개선함으로써 온실가스를 줄여가고 있다. AMP는 항만에 접안 중인 선박에 육상 전력을 공급하는 장치이다. 2018년 8월부터 부산·인천·광양항의 총 8개 선석에 시범사업을 시작하였으며, 2023년까지 부산항 등 총 10개 항만 25개 선석에 AMP를 구축하였다. 2030년까지 13개 항만, 248개 선석으로 AMP를 확대할 계획이다.

<표 II-50> 연도별 친환경 선박 인증 및 육상전원장치(AMP) 보급 성과

구분	2020	2021	2022
인증 선박 수(척)*	-	6	10
AMP 보급(대)	11	21	22

* 국제항해선박을 제외한 실적

3.2.6 농축수산

농축수산 부문의 온실가스 감축은 크게 재배, 축산, 수산업 분야로 구분할 수 있다. 「2050 농식품 탄소중립 추진전략」(2021.12)과 「축산분야 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략」(2024.01)에 따라 재배 분야에서는 벼 재배 시 중간 물떼기, 적정 시비 보급 등과 같은 온실가스 저감 농법 확대, 축산 분야에서는 질소저감사료 보급, 가축분뇨 에너지화와 같은 저탄소 축산기술 보급을 통하여 온실가스 감축을 추진하고 있다. 수산 분야에서는 「해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵」(2021.12)과 「제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획」(2022.09)을 기반으로 기존 어선을 친환경 어선으로 전환하고, 에너지 효율적 수산설비를 도입하여 온실가스를 감축할 계획이다.

<표 Ⅱ-51> 농축수산 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 설명
2050 농식품 탄소중립 추진전략 (2021.12)	· 적정 투입 농업구조 전환 · 논물관리, 저메탄사료 등 온실가스 배출 저감 추진 · 시설원예 에너지 이용· 효율화 추진
축산분야 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략 (2024.01)	· 퇴비·액비화 시설 내 온실가스 저감 공정 확대 · 분뇨 활용 에너지화, 바이오차 생산 · 저메탄사료, 질소저감사료 보급 확대
해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵 수립 (2021.12)	· 노후어선 기관대체 및 대체건조 · 수산가공업에 에너지 효율화 장비 보급
제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획 (2022.09)	· 수산 분야 에너지감축시설 확대 · 노후 어선 대체건조 지원

1) 농업(재배) 분야 온실가스 배출 감축

(가) 논물관리 기술 개발 및 보급

중간물떼기 기술을 통하여 논물이 채워진 상태에서 유기물이 혐기성으로 분해될 때 발생하는 메탄의 발생량 감소를 추진하고 있다. 중간물떼기는 모내기 이후 한 달부터 2주 이상 용수 공급을 중단하고 배수로를 열어 논을 마른 상태로 유지하는 논물관리 기술을 말한다. 농업인들에게 논물관리 기술 보급 시범사업, 농업인 대상 교육을 통하여 중간물떼기 기술을 보급하고 있다. 중간물떼기 면적 비율은 2020년 41.0%에서 2021년 41.7%, 2022년 45.5%로 지속적으로 증가하였다. 같은 기간 벼 재배에 의한 온실가스 배출량은 2020년 5.6백만 tCO_2-eq에서 2022년 5.2백만 tCO_2-eq으로 꾸준히 감소하고 있다.

<표 Ⅱ-52> 연도별 논물 중간물떼기 성과

구분	2020	2021	2022
중간물떼기 면적 비율(%)	41.0	41.7	45.5
벼 재배에 의한 온실가스 배출량 (백만 tCO_2-eq)	5.6	5.4	5.2

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 토양검정에 근거한 시비처방 강화

농경지에 대한 과학적 분석을 바탕으로 경작지별 적정 시비량을 제시하는 토양검정에 근거한 시비처방[45]을 통하여 농업 분야의 온실가스 감축을 유도하고 있다. 농업 지역의 토양 시료를

45) 농작물이 필요로 하는 비료(질소, 인산, 칼륨) 수요량, 농경지에 함유된 비료 성분량, 가축분뇨 액비에 함유된 비료 성분량을 고려하여 1㏊당 살포할 액비 물량을 산출한 정보

채취하여 해당 지역의 토양 성격에 맞는 시비를 처방하면 토양에 적합하지 않은 질소 비료의 과다사용을 방지할 수 있고, 이를 통하여 농경지에서 발생할 수 있는 아산화질소를 감축할 수 있다. 토양검정에 근거한 시비처방은 2021년에 677천 건, 2022년에 739천 건이 발급되었다.

<표 II-53> 연도별 시비처방 발급 건수

구분	2020	2021	2022
시비처방 발급 건수(천 건)	611	677	739

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(다) 바이오차 보급

토양의 탄소저장 기능을 강화하는 바이오차[46] 개발 및 보급을 통하여 농업 분야의 온실가스 감축을 추진하고 있다. 이를 위하여 2022년에는 가축분 바이오차 생산 및 이용 활성화 방안을 수립하였고, 2023년에는 바이오차 살포 농경지를 분석하여 아산화질소 감축 효과를 평가하고 바이오차의 사용 기준과 활용 모델에 대한 연구를 진행하였다. 2027년까지 바이오차 사용기준을 설정하고 작물별 매뉴얼 발간 및 사업화 모델을 개발하여 가축분뇨를 활용한 바이오차 등 처리 방법을 다양화할 계획이다.

(라) 농업 분야 에너지감축시설 및 재생에너지시설 보급

농업 분야에서는 온실 내부의 열이 외부로 나가는 것을 막기 위하여 다겹보온커튼이나 자동 보온덮개 등을 설치하는 에너지감축시설의 보급을 확대하여 농경 시설의 에너지 효율을 높이고 있다. 2021년 누적 에너지 감축 시설의 보급 면적은 14,665ha, 2022년 누적 보급 면적은 15,300ha를 달성하였다.

또한, 저수지, 양·배수장, 유휴부지 등 농업 기반 시설을 태양광 등의 재생에너지 발전 사업지로 활용하여 재생에너지 기반 전력을 생산하고 있다. 매년 10개소 내외의 농업 기반 시설을 활용한 재생에너지시설 보급을 추진하고 있으며, 2021년 105개소(누적), 2022년 114개소(누적)를 보급하였다.

46) 생물 유기체를 뜻하는 바이오매스(Biomass)와 숯(charcoal)의 합성어로, 바이오매스를 산소가 제한된 조건에서 350℃ 이상 온도에서 열분해(탄화)하여 제조한 다공성 탄화물질

2) 축산 분야 온실가스 감축

(가) 저메탄·질소저감사료 보급

반추가축의 소화과정에서 발생하는 메탄을 줄이기 위하여 2021년부터 정부·민간 주도의 합성화합물, 미생물제와 같은 메탄저감 사료소재 개발을 추진하고 있다. 2023년 10월 「사료 등의 기준 및 규격」(2014.12) 개정으로 저메탄사료의 정의와 평가방법을 신설하여 저메탄사료의 보급 기반을 마련하였다. 아울러 분뇨 내 잉여 질소를 감축하여 가축분뇨 처리과정에서 발생하는 아산화질소 배출을 저감하고자 돼지사료 내 조단백질 함량 기준을 1~3%p 낮추고, 닭, 오리, 소 사료는 조단백질 상한치를 신규로 설정하는 등 가축사육과정에서 발생하는 온실가스를 저감하기 위한 정책을 추진하고 있다. 이를 통하여 2030년까지 저메탄사료로 308천 tCO_2-eq의 온실가스를, 질소저감사료로 443천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축할 예정이다.

(나) 가축분뇨 에너지화·정화처리 확대

축산 분야에서 온실가스 배출의 상당 부분을 차지하는 가축분뇨 처리방식의 개선을 통하여 온실가스 감축을 추진하고 있다. 기존의 퇴·액비화 처리 위주의 방식에서 가축분뇨 에너지화 시설을 설립하여 가축분뇨를 바이오가스, 바이오차 등으로 전환하는 방식으로 개선해 나가고 있다. 2022년 관련 제도 개편을 통하여 가축분뇨를 에너지화하는 공동자원화시설의 참여자격을 확대하는 한편, 주민수용성을 높이기 위하여 사업기간을 확대하였다. 또한, 퇴비 발효 시 기계교반과 강제송풍 공정을 도입할 경우 약 39% 온실가스 감축효과가 있어, 퇴비화 시설에 교반식 송풍시설 보급을 확대할 계획이다. 이러한 가축분뇨의 에너지화 및 정화처리를 통하여 2022년 약 792천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축하였으며, 2030년까지 2,058천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축할 예정이다.

3) 수산업 활동의 에너지 사용 효율화 및 저탄소 전환

(가) 노후어선 대체건조 및 노후 기관 교체

연근해어선을 대상으로 노후기관 교체 또는 신조선으로의 대체건조를 지원해 주고 있다. 이를 통하여 어선의 에너지효율이 상승하여 화석연료 사용이 줄어들면 수산업 활동을 할 때 발생하는 온실가스 배출량이 감축될 수 있다. 현재 연근해어선이 노후 기관을 교체하면 국고 및 지방비로 교체 비용의 60%를 보전해 주고 있고, 노후 어선을 대체건조하는 경우에는 자금을 이차보전해 주고 있다. 이를 통하여 2021년 1,483tCO_2-eq, 2022년 1,376tCO_2-eq의 온실가스를 감축하였다.

<표 II-54> 연도별 노후어선 대체건조 및 노후기관 교체 지원 현황

구분	2020	2021	2022
노후기관 교체(척)	350	311	300
노후어선 대체건조(누적, 척)	21	32	34
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	1,605	1,483	1,376

(나) 수산업장 에너지감축시설·설비 보급

에너지소비량이 많은 수산업장에 에너지감축시설인 히트펌프, 인버터 등을 보급함으로써 온실가스를 감축하고 있다. 해양 양식장과 수산 가공 분야는 온도를 일정하게 유지하기 위하여 냉난방이 필요하거나(양식장), 건조를 위하여 열이 필요하다(수산 가공시설). 따라서 해당 시설에 난방 효율이 좋은 히트펌프, 인버터 등을 설치하면 에너지 효율성이 제고되고, 온실가스 배출량이 감소할 수 있다. 이에 양식장에는 히트펌프와 인버터를, 수산 가공 분야에는 히트펌프를 보급하고 있다. 수산 가공시설에는 2021년과 2022년에 각각 누적으로 17개소, 24개소의 히트펌프를 보급하였으며, 2050년까지 누적 50개소 지원을 목표로 히트펌프 보급 사업을 진행 중이다.

3.2.7 폐기물

폐기물 부문의 온실가스 감축은 크게 폐기물의 원천 감량, 재활용 원료 폐자원의 안정적 공급, 고부가가치 재활용 확대 등으로 나눌 수 있다.

「제1차 자원순환기본계획」(2018.09)에 따라 폐기물 발생량 자체를 원천적으로 감량하기 위하여 일회용품 감량 정책 등을 시행하고, 재활용 원료인 폐자원의 안정적인 공급을 위한 수거체계 마련, 전기차 폐배터리 등 고부가가치 재활용 확대를 추진 중이다. 또한, 「유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법」(이하 바이오가스법)(2022.12)에 따라 2025년부터 유기성 폐자원을 배출·처리하는 공공 및 민간 사업자에게 바이오가스 생산 의무를 부여하는 동시에 정부 차원에서 바이오가스화 시설을 설치 지원함으로써 바이오가스 활용을 확대할 계획이다.

<표 Ⅱ-55> 폐기물 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 설명
제1차 자원순환 기본계획 (2018.09)	· 생산-소비-관리-재생 등 자원 全 과정 순환이용 체계 구축 · 폐기물 발생 저감을 최우선으로 하고, 고품질 물질 재활용 촉진 · 국민 참여 거버넌스를 기반으로 지역별 폐기물 처리 최적화
한국형(K)-순환경제 이행계획 (2021.12)	· 2050 국가 탄소중립 목표 달성을 위한 폐기물 감량 및 자원순환 부문 온실가스 순배출 감축 · 순환경제 사회 이행을 위한 생산·소비·재생 全 과정 순환체계 구축
전 주기 脫 플라스틱 대책 (2022.10)	· 플라스틱 재생원료, 대체 소재·서비스 확대 기반 구축 · 재활용 산업 고도화 및 경쟁력 강화
유기성 폐자원을 활용한 바이오가스의 생산 및 이용 촉진법 (2022.12)	· 지자체의 바이오가스 생산 의무화 · 민간 유기성 폐자원 (다량 배출·처리자) 바이오가스 생산 의무화 · 바이오가스 의무생산자에 대한 지원 및 바이오가스 이용 촉진

1) 생산·유통·소비·폐기 단계 폐기물 원천감량

(가) 폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수

폐기물의 재활용을 유도하기 위하여 재활용이 가능한 폐기물을 소각 또는 매립한 자에게 폐기물처분부담금을 부과하고, 재활용하는 경우 부담금을 면제하는 경제적 유인 정책을 시행 중이다. 제도가 시행된 2018년부터 2023년까지 총 9,124억 원의 부담금을 징수하였다. 이렇게 부과한 폐기물처분부담금을 폐기물 순환자원 관련 인프라 구축 및 폐기물 순환자원 진흥 관련 사업에 활용하여 국가의 폐기물 발생을 줄이는 선순환적 구조를 형성하고 있다.

(나) 매립지 메탄포집 확대

매립지 메탄포집 확대를 통하여 폐기물 분야의 온실가스를 감축하고 있다. 매립지 메탄포집 시설은 대규모 매립지의 생물학적 처리시설에서 발생하는 메탄가스를 회수하여 가스 발전 등의 에너지원으로 활용함으로써 화석연료의 사용을 줄인다. 매립지 메탄포집 시설은 2022년 기준으로 13개이며, 이를 통하여 2021년 93천 톤, 2022년 91천 톤의 메탄을 포집하고 2021년과 2022년에 각각 1,953천 tCO_2-eq, 1,911천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축하였다.

<표 II-56> 연도별 공공매립지 메탄가스 포집시설 및 메탄 포집 실적

구분	2020	2021	2022
메탄가스 회수 시설(개소)	13	13	13
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	1,869	1,953	1,911

출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

2) 재활용 원료인 폐자원의 안정적 공급

(가) 재활용 책임 강화를 위한 생산자책임재활용제도(EPR) 확립

생산자의 재활용 책임을 강화하기 위하여 2003년부터 기존의 폐기물예치금제도 대신 생산자책임재활용제도(Extended Producer Responsibility, 이하 EPR)를 도입하였다. EPR은 포장재 및 제품 생산 시 폐기물에 관한 예치금을 맡기고, 재활용하는 경우 이를 다시 돌려받는 폐기물예치금제도와는 달리 원천적으로 기업(생산자)이 제조·수입한 포장재·제품으로부터 발생한 폐기물을 원인자인 기업이 회수·재활용하도록 기업에 책임을 부여하는 제도이다. 2023년 기준 EPR 대상 품목은 「자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률」(1992.12)에 따라 총 28종(포장재 4종, 제품 24종)이다. 2022년 EPR 제도를 통하여 1,949천 톤의 폐기물이 줄어들어 1,086천 tCO_2-eq의 온실가스가 감축되었다.

<표 II-57> 연도별 생산자책임재활용제도(EPR) 대상 재활용률 및 폐기물 감축 실적

구분	2020	2021	2022
EPR 대상 재활용률(%)	71.9	73.8	72.9
폐기물 감축량(천 톤)	1,820	1,859	1,949
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	1,016	1,036	1,086

(나) 재활용 동네마당 설치지원

2015년부터 재활용 가능 자원의 분리배출을 활성화하고, 재활용률을 제고하기 위하여 농어촌, 단독주택 등 분리배출 취약지역을 대상으로 재활용 가능 자원을 용이하게 배출할 수 있는 상설 거점수거시설(재활용 동네마당) 설치지원 사업을 추진하고 있다. 2015년부터 2023년까지 설치된 재활용 동네마당은 총 2,136개소에 이른다. 이를 통하여 폐기물 소각·매립량이 감소하여 2021년에 약 7.79천 톤, 2022년에는 약 10.59천 톤의 폐기물이 줄어들었다. 이에 따라 2021년에 약 4.34천 tCO_2-eq, 2022년에는 약 5.90천 tCO_2-eq의 온실가스가 감축되었다.

<표 Ⅱ-58> 연도별 재활용 동네마당 설치 개소수 현황

구분	2020	2021	2022	2030
재활용 동네마당 개소수(누적)	1,003	1,248	1,697	4,713
폐기물감축량 (천 톤)	6.26	7.79	10.59	29.41
온실가스 감축량 (천 tCO_2-eq)	3.49	4.34	5.90	16.39

(다) 공공선별시설 확충 및 현대화

지방자치단체는 노후한 공공선별시설(폐기물처리시설)을 신·증설하거나 현대화된 시설(자동선별시설)로 교체하는데 필요한 비용을 지원함으로써, 공공재활용 선별률을 제고하고 순환경제 전환의 기반을 마련하고 있다. 그 결과 공공선별시설에서의 잔재물 발생률은 2022년 35.1%에서 2023년 34.4%로 지속 감소하고 있다. 2021년부터 2022년까지 2년간 공공선별장 확충·현대화 사업으로 877톤/일 용량을 확보하여 151천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축한 것으로 추정된다.

<표 Ⅱ-59> 연도별 공공선별장 폐기물 재활용 현황

구분	2021	2022
폐기물 재활용량(천 톤)	82.8	180.3
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	47	103

3) 고부가가치 재활용 확대

(가) 재활용 제품 공공구매 활성화

재생 원료의 사용량 확대는 플라스틱 사용 감량, 재활용 촉진 등을 통하여 순환경제 사회로의 전환 및 탄소중립 달성에 기여하도록 한다. 이에 정부는 재생 원료 사용제품 홍보 및 재활용 가능 자원 이용 활성화 등 안정적인 수요를 제공하기 위하여 노력하고 있다. 공공기관은 녹색제품 의무구매제도를 통하여 재활용제품을 비롯한 녹색제품에 대한 선도적인 수요를 창출하고 있다. 공공기관의 선도적 수요 창출을 통하여 2022년 공공기관의 녹색제품 구매액은 약 4조 원에 달한다.

(나) 고부가가치 폐기물의 재활용 확대

전기차배터리·건설폐기물과 같이 부가가치가 높은 폐기물의 재활용을 적극적으로 유도하여 순환경제를 활성화하는 동시에 온실가스를 감축하고 있다. 배터리의 재활용을 통한 핵심광물 확보 등 순환이용 생태계 조성을 기반으로 배터리 재활용 신산업 분야를 활성화하고 국내 배터리 핵심 광물 공급망 구축을 추진하고 있다. 이를 위하여 폐배터리 보관 기간 확대 및 재제조·재사용 배터리의 순환자원 지정 등 제도 개선을 추진하고 있다. 전기차의 사용 후 배터리에 대한 자원순환 클러스터 조성 등으로 재활용 산업 활성화를 위한 기반 또한 구축하고 있다. 이러한 정책을 추진한 결과, 전기차배터리 재활용에 따른 폐기물 감축량은 2022년 82톤, 온실가스 감축량은 125tCO_2-eq에 달하며, 이를 향후 2030년까지 각각 1,795톤, 2,810tCO_2-eq으로 확대할 계획이다. 2019년 4월에는 건설폐기물이 다량으로 발생하는 철거공사 시 순환골재로 재활용이 가능한 폐기물과 그렇지 않은 폐기물이 혼합되지 않도록 가연성 폐기물을 우선적으로 제거하는 분별해체 제도를 도입하였다. 이를 통하여 건설폐기물이 고품질 순환골재로 재활용되도록 유도하고 있다.

<표 II-60> 연도별 전기차배터리 재활용으로 인한 온실가스 감축량

구분	2022	2030
매각 실적(개)	183 (재사용 129, 재활용 54)	3,989 (재사용 2,274, 재활용 1,715)
폐기물감축량(톤)	82.4	1,795.1
온실가스 감축량(tCO_2-eq)	125.22	2,810.21

* 전기차 폐배터리 매각 시작연도부터 산정

(다) 유기성 폐자원 바이오가스화 시설 설치

음식물쓰레기, 가축분뇨, 하수 찌꺼기 등과 같은 유기성 폐자원을 활용하여 바이오가스를 생산하는 유기성 폐자원 바이오가스화 시설을 설치하여 온실가스를 감축하고 있다. 바이오가스화시설 설치는 유기성 폐자원에서 나타나는 메탄 발생을 방지할 뿐만 아니라, 이를 바이오가스로 전환하여 대체 연료로 활용할 수 있게 함으로써 온실가스를 감축한다. 바이오가스화 시설은 2022년까지 누적 110개소가 설치되었으며, 2030년까지 누적 140개소 설치를 목표로 추진 중이다. 또한, 바이오가스법에 따라 2024년까지 바이오가스 생산목표제 전담 운영기구인 바이오가스 센터를 설치하여 바이오가스 지원을 지속적으로 추진할 동력을 마련할 예정이다. 이러한 바이오가스화 시설 설치로 96,291Nm^3/년만큼 바이오가스를 생산할 수 있을 것으로 예상된다. 도시가스를 해당 분량의 바이오가스로 대체하면 온실가스는 114.9천 tCO_2-eq 감축할 수 있을 것으로 전망된다.

<표 Ⅱ-61> 연도별 유기성 폐자원 바이오가스화 시설 설치

구분	2022	2030
바이오가스화 시설 설치(누적, 개소)	110	140

3.2.8 흡수원·탄소포집·수소

흡수원·탄소포집·수소 부문의 온실가스 감축은 크게 산림 및 해양 흡수원 확대, 온실가스 포집 및 저장·활용, 수소경제 활성화로 구분할 수 있다. 먼저 산림 및 해양 흡수원을 확대하고자 「제3차 탄소흡수원 증진 종합계획」(2023.06) 및 「블루카본 추진전략」(2023.05)에 따라 조림 및 숲가꾸기, 연안습지와 같은 블루카본을 조성하여 산림·해양의 흡수 능력을 강화함으로써 온실가스를 감축하고 있다. 온실가스 포집 및 저장·활용을 위해서는 「이산화탄소 포집·활용 기술혁신 로드맵」(2021.06), 「CCUS 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵」(2022.11), 「이산화탄소 포집·활용 기술고도화 전략」(2023.12)에 따라 이산화탄소 포집 및 저장·활용 R&D에 대한 체계적 지원체계 및 제도적 기반을 마련하고 있다. 또한, 실효적인 이행체계를 구축하여 CCUS의 기술경쟁력을 높이고, 가격경쟁력을 확보함으로써 탄소포집을 활성화하고자 한다. 수소경제 활성화를 위해서는 「제1차 수소경제 이행 기본계획」(2021.06.), 「청정수소 생태계 조성방안」 (2021.06.)에 따라 정책을 추진하고 있다. 기존 그레이수소 중심에서 벗어나 대규모 수소 수요를 창출하는 동시에 인프라를 구축하여 청정 생태계 구축을 지원해 나갈 계획이다.

<표 Ⅱ-62> 흡수원·탄소포집·수소 부문 주요 감축 정책 방향

구분	세부 내용
제3차 탄소흡수원 증진 종합계획 (2023.06)	· 지속 가능한 산림순환경영을 통한 산림 탄소흡수능력 강화 · 신규 산림흡수원 확충 및 기존 산림흡수원 보전·복원 등
블루카본 추진전략 (2023.05)	· 해양식생 조성 및 신규 블루카본 선제적 보호 등 해양의 탄소흡수력 강화 · 신규 블루카본 인증 및 해역별 연구거점 인프라 조성 등 장기 추진 기반 마련
이산화탄소 포집·활용(CCU) 기술고도화 전략 (2023.12)	· CCU 중점기술을 현재 시점에서의 국내 기술확보 수준 및 국내기업 수요를 중심으로 유형화하여 맞춤형 기술고도화 전략 수립 · 기술유형별 주요 이슈, 기술확산 저해요인 등을 평가 분석하여 CCU 기술 확산 전략을 맞춤화
청정수소 생태계 조성방안 (2021.06)	· 수소상용차 보급, 화력발전소 연료전환 등을 통한 수소 수요 확대 · 청정수소 공급망 구축 및 청정수소 유통 인프라 확충을 통한 안정적 수소 공급

1) 산림순환경영으로 탄소 흡수·저장 기능 증진

(가) 조림 및 숲가꾸기를 통한 탄소 흡수·증진

황폐해진 산림을 복구하기 위하여 1970~1980년대에 대규모 국토녹화 사업을 추진한 이래, 경영목적과 여건을 고려하여 경제림 조성, 큰나무 조림, 산불피해 복구 등 다양한 유형의 조림 사업을 지속적으로 추진하고 있다. 2021년, 2022년 조림 실적은 각각 20,532ha, 19,114ha이며, 이에 따른 온실가스 감축량은 각각 117.4천 tCO_2-eq, 228.0천 tCO_2-eq이다. 또한, 숲가꾸기 사업을 통하여 나무의 성장단계별로 조림지 가꾸기, 어린나무 가꾸기, 큰나무 가꾸기 등으로 구분하여 산림의 탄소흡수원 기능을 강화하고 있다. 숲가꾸기 사업은 조림 작업 후, 산림 건강성 증진 및 목재가치 제고를 위하여 숲의 생육환경을 개선하는 사업을 말한다.

<표 II-63> 연도별 조림 실적

구분	2021	2022
조림 면적*(누적 ha)	20,532	39,646
온실가스 감축량(천 tCO_2-eq)	117.4	228.0

* 조림 면적은 천연하종, 맹아갱신 면적은 제외한 값
출처: 2022년 온실가스 감축 이행현황 점검(온실가스종합정보센터, 2023)

(나) 고부가가치 목재 이용 확대

목재가 지닌 탄소 저장 능력을 활용하여 온실가스를 감축할 수 있도록 건물, 시설 등의 건설에 목재 이용을 적극 장려하고 있다. 목재친화도시, 목조건축 실연사업 등 도시의 건축·거리 및 생활환경을 목재로 조성하는 선도사업을 추진하여 민간 부문의 목재 수요를 확대하여 나가고 있다. 이를 위하여 2020년에는 목조건축의 활성화를 막았던 「건축법」(1962.01) 내 목구조 높이·규모 제한 해제 등을 추진하여 민간의 목재 활용 확대를 도모하였다. 목재 이용을 통한 온실가스 감축을 위하여 2013년부터 목재의 탄소저장량 표시제도를 운영하고 있으며, 이를 통하여 목재 이용에 대한 인센티브의 다각화 및 목재 이용 지원에 관한 인프라 구축 등을 추진하고 있다. 이러한 목재 이용 활성화 노력으로 2021년, 2022년 목재 이용 실적은 각각 2,189천 ㎥, 2,077천 ㎥에 이르렀으며, 온실가스 감축량은 각각 2,106천 tCO_2-eq, 1,744천 tCO_2-eq에 달하였다.

2) 산림 및 해양 흡수원의 체계적 복원·관리

(가) 기후위기에 대응하기 위한 도시숲 조성

온실가스 감축을 위한 흡수원을 마련하고자 지역주민의 생활환경 개선을 위한 마을숲, 지역 경관 보전을 위한 경관숲, 학생들의 학습환경 제고를 위한 학교숲 등 도시 및 생활권에 다양한 도시숲을 조성하고 있다. 또한, 도시숲 우수사례 선정, 도시숲지원센터 마련 등 지방자치단체의 도시숲 조성을 체계적으로 지원하고 있다. 향후 2050년까지 1.7만 ha의 도시숲을 추가로 조성하여 도시 지역 내 신규 탄소흡수원을 마련할 계획이다.

(나) 녹지·생태공간 조성, 훼손지 복원 등 신규 흡수원 확대

기존 흡수원이 아닌 지역에 신규로 녹지, 생태공간 등 탄소흡수원을 구축하여 온실가스를 감축하고 있다. 이를 위하여 택지개발계획, 재개발계획 수립 시 녹지 공간 포함을 의무화하였으며, 방치된 장기 미집행 도시공원에 녹지를 조성하여 도시의 탄소흡수원을 확대하고 있다. 또한, 개발제한구역인 그린벨트에서 훼손지 복원사업 등을 통하여 녹지를 조성하고, 댐 홍수터와 하천 등 수변구역에도 생태구역을 조성하여 온실가스를 감축하고 있다.

(다) 내륙습지 보전을 통한 탄소흡수원 활용

습지는 식물과 토양에 이산화탄소를 저장하는 중요한 탄소흡수원으로 습지 면적의 확대를 통하여 온실가스 감축을 기대할 수 있다. 이에 습지보호지역의 생태계 보전과 체계적 관리를 위하여 습지보호지역 확대, 보호지역 내 사유지 매입, 훼손지 복원사업을 추진하고 있다. 1999년부터 생태계가 우수한 습지를 보호지역으로 지정하여 탄소흡수원을 확대하고, 연차별 확대에 따른 훼손지 복원사업으로 흡수량을 개선하고 있다. 2022년 12월에 발표된 「제4차 습지보전기본계획」(2022.12)에 따라 2022년 강원특별자치도 고성군 마동호·전라남도 순천시 와룡 산지습지를 습지보호지역으로 새롭게 지정하였으며, 기존 보호지역인 경상남도 김해시 화포천과 광주광역시 광산구 장록습지의 면적을 확대하고 운곡습지 등 훼손된 보호지역 4개소, 221,303㎡를 복원하였다. 그 결과 2022년 기준으로 습지보호지역 면적은 13.5천 ha에 이르렀다. 앞으로 매년 일정 면적 이상의 습지를 보호지역으로 지정하고, 확대된 보호지역을 대상으로 훼손지 복원사업을 추진하여 2030년까지 습지보호지역 면적을 16천 ha로 확대할 계획이다.

(라) 산림 재해 예방 및 산림 복원

산불 등 산림 재해를 예방하고, 재해 등으로 인하여 훼손된 산림을 복원함으로써 산림의 탄소 흡수 기능을 강화하는 정책을 추진하고 있다. 인공지능으로 산불 발생 여부를 실시간 감지 및 판독하는 ICT 플랫폼 구축 사업을 확대하고 있으며, 산불 발생 시 드론을 활용하여 진화

작업을 시행하는 등 진화 사각지대를 해소하는 방안으로 산림 재해를 예방하고 있다. 재해로 훼손된 산림을 복원하기 위하여 백두대간, 비무장지대(Demilitarized Zone, DMZ) 일원 등 핵심 생태축을 중심으로 생태 복원을 진행 중이며, 2021년 87ha, 2022년 165ha의 산림을 복원하여 각각 0.6천 tCO_2-eq, 1.7천 tCO_2-eq의 온실가스를 감축한 바 있다.

(마) 연안습지의 복원·보호 및 해양보호구역 관리

해양흡수원의 확대를 위하여 연안습지를 복원·보호하고 동시에 해양보호구역을 관리하고 있다. 2010년부터 블루카본 흡수량을 확대하기 위하여 갯벌복원사업을 진행하고 있으며, 2022년부터 염습지 조성을 위한 식생복원 사업 역시 추진 중이다. 또한, 연안습지와 해양생태계를 보호할 필요가 있는 구역을 해양보호구역으로 지정하여 해양의 탄소 흡수 능력을 강화하고 있다. 2021년에는 경기도 화성시 매향리 갯벌과 경상북도 포항시 호미반도를 해양보호구역으로 지정하였으며(2개소, 14.33㎢), 2022년에는 전라남도 고흥군 여자만 주변 갯벌, 경상북도 울진군 나곡리 주변 해역(2개소, 63.23㎢), 2023년에는 경상남도 사천시 광포만 갯벌과 제주특별자치도 서귀포시 오조리 갯벌(2개소, 3.7㎢)을 해양보호구역으로 지정하였다.

(바) 바다숲 조성 확대

바다숲은 해양생태계 내에서 해조류 또는 해초가 밀집하여 자라는 지역으로서, 이산화탄소를 유기물 형태로 전환하고 해양 내에 저장하여 온실가스를 감축하는 효과가 있다. 이에 2018년부터 2030년까지 누적 387.5㎢(2009~2017: 152.5㎢)의 바다숲을 조성하는 것을 목표로 바다숲 조성사업을 진행하고 있으며, 2018년부터 2023년까지 164.7㎢의 바다숲을 조성하였다. 2023년부터는 정부와 지방자치단체가 협력하여 바다숲 조성사업을 추진하고 있으며, 2024년부터는 민간기업도 바다숲 조성사업에 참여하는 등 탄소중립 실현을 앞당기기 위하여 노력하고 있다.

3) CCUS 기술 개발 및 인프라 구축

(가) 탄소 포집·이용·저장(CCUS)을 위한 제도적 기반 구축

CCUS 기술은 배출원에서 발생하거나 대기 중에 있는 이산화탄소를 포집한 후 이용 가능한 물질로 변환하여 활용하거나 지중에 안정적으로 저장하는 방법으로 온실가스를 저감하는 기술이다. 우리나라는 CCUS 기술 개발 및 활용을 위하여 「국가 CCS 종합추진계획」(2010.07)을 토대로 중장기 로드맵을 수립하여 시행하고 있다. 2024년에는 「이산화탄소 포집·수송·저장 및 활용에 관한 법률」(2024.02)을 제정하여 CCUS 활용을 위한 법적 기반을 마련하였으며, 앞으로는 하위 법령 및 세부 기준을 마련하는 등 CCUS 활성화를 위한 제도적 기반을 구축할 예정이다.

(나) 탄소 포집 및 저장(CCS) 기술 개발 및 인프라 구축

탄소 포집 및 저장(Carbon Capture and Storage, 이하 CCS) 기술은 대기 중에 있는 이산화탄소를 포집 및 저장하여 대기 중의 온실가스를 저감하는 기술이다. CCS 기술을 통하여 석탄발전, LNG발전, 철강, 시멘트, 석유화학 등 연소 및 산업공정 등에서 탄소배출이 많은 산업의 배기가스나 공기 중의 이산화탄소를 분리하여 포집한 후, 이를 폐유전, 폐가스전, 대염수층, 채광할 수 없는 석탄층과 같은 육상·해저에 초임계 형태로 저장하여 대기 중에 있는 온실가스를 저감할 수 있다. 이를 위하여 「CCUS 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵」(2022.11), 「이산화탄소 포집·활용 기술고도화 전략」(2023.12) 등 중장기 계획에 따라 이산화탄소 포집 및 수송·저장 기술 개발을 위한 R&D를 진행하고 있다. 이와 동시에 향후 포집된 이산화탄소를 저장할 인프라를 구축하고자 동해 가스전 등에 대한 탐사시추를 통하여 CCS 저장소로서의 적합성 평가를 진행하고 있다. 아울러, 호주, 말레이시아, 인도네시아 등 주요 해외 국가 및 민간기업과의 협력을 통하여 해외의 CCS 저장소를 확보하고 공동이용을 위한 사업도 적극적으로 추진하고 있다.

(다) 탄소 포집 및 활용(CCU) 기술 개발 및 인프라 구축

탄소 포집 및 활용(Carbon Capture & Utilization, 이하 CCU) 기술은 배출원에서 발생하거나 대기 중에 있는 이산화탄소를 포집하여 다른 물질로 활용함으로써 대기 중의 온실가스를 저감하는 기술이다. CCU 기술은 일반적으로 이산화탄소를 포집한 후, 이를 화학적·생물학적으로 변환하는 과정을 거쳐 CO, 포름산, 생분해 고분자 플라스틱 등 유용한 물질을 생산함으로써 대기 중의 이산화탄소를 감축하는 동시에 이를 유용한 물질로 활용할 수 있다. 현재는 2030년 이후 상용화를 목표로 2023년부터 기업 주도 실증을 통하여 핵심 원천기술을 검증하는 중이다. 대표적인 사례로 2023년 6월에 구축이 완료된 이산화탄소 활용 건식개질플랜트가 있다. 향후 다양한 R&D 및 파일럿 프로젝트를 계획하고 있으며, CCU 비즈니스 모델 확보 및 기존 산업공정에 대한 CCU 기술 적용을 골자로 하는 'CCU 메가프로젝트'를 추진할 계획이다. 이 프로젝트는 CO_2 다배출기업(전방산업)과 CCU제품 수요기업(후방산업)을 연계한 대규모 산업 클러스터 조성 사업이다.

4) 청정수소 생태계 조성 및 인프라 구축

(가) 수소 기술 개발 및 인프라 구축

수소경제 활성화를 기반으로 온실가스를 감축하기 위하여 수소 기술 개발과 인프라 구축을 추진하고 있다. 수소 부문의 온실가스 배출량을 저감하려면 재생에너지 기반의 전력을 활용한 수전해 기술이 필요하다. 이에 2030년까지 30MW 규모의 수전해 설비를 구축하고 운영하기

위한 실증사업을 추진 중이다. 2022년 가동 용량 기준으로 수전해 설비 실증규모는 2MW, 효율은 55% 수준이다. 또한, 청정수소 생산, 활용의 제도적 기반을 갖추기 위하여 2022년 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」(2020.02)을 개정하여 행정적, 재정적 지원을 받을 수 있는 청정수소의 범위와 청정수소 인증에 대한 법적 근거를 마련하였다. 향후 지속적인 기술 개발 및 청정수소에 대한 행정적, 재정적 인센티브 부여를 부여함으로써 청정수소 생태계를 구축하여 나갈 예정이다.

(나) 안정적 수소 공급 기반 구축

온실가스를 감축하기 위한 방안으로 안정적인 수소 공급 기반을 구축하고 있다. 2021년에 수립된 「제1차 수소경제 이행 기본계획」(2021.11)에 국가 온실가스 감축을 위한 수소경제의 주요 이정표로 2050년 2,790만 톤의 수소 수요와 공급 목표를 설정하였고, 2022년에 마련된 「청정수소 생태계 조성방안」(2022.11)을 통하여 원전과 연계한 수소 생산 실증 및 상용화를 추진하고 있다. 이를 근거로 전라북도 부안군, 강원도 평창군 및 동해시, 충청남도 보령시 등 4곳에는 연간 약 330톤의 수전해 수소를 생산할 수 있는 기지를, 충청북도 청주시에는 연간 990톤 규모의 탄소포집형 수소 생산 기지를 구축할 예정이다.

(다) 지속적 수소 수요 및 활용 확대

청정수소의 수요를 지속적으로 창출하여 청정수소 생태계를 구축하는 동시에 온실가스 감축을 유도하고 있다. 우선 친환경차인 수소차의 보급을 확대하여 수소 수요를 지속적으로 창출할 예정이다. 2030년까지 수소차 30만 대 보급 목표를 설정하였고, 발전에서도 수소·암모니아 혼소발전을 위하여 기술 개발과 실증 연구를 추진하고 있다. 수소 수요의 지속적인 창출을 위하여 철강 부문에서 수소환원제철에 관한 기술 연구를 진행 중이며, 2030년까지 100만 톤급 실증사업을 추진할 계획이다. 석유화학 부문에서는 나프타 분해시설(Naphtha Cracking Center, NCC) 등 석유화학 설비에 투입되는 연료를 수소로 전환하기 위한 기술 개발과 실증을 단계적으로 추진할 계획이다.

3.3 기타 감축 정책 및 조치

3.3.1 지방자치단체의 감축 정책 및 조치

지방자치단체의 기후변화·녹색성장 정책은 2018년부터 일부 지방자치단체의 자발적인 참여로 시작되었다. 2021년 5월, 서울특별시에서 개최된 '녹색성장과 2030 글로벌 목표를 위한 연대(Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030, P4G)' 정상회의에서 243개 전 지방자치단체가 발표한 2050 탄소중립 선언은 지역의 탄소중립 참여 의지를 결집하고 확산하는 계기가 되었다. 2022년 탄소중립기본법이 시행되면서 지방자치단체에도 기본계획의 수립이 의무화되었고, 탄소중립 지원센터 등의 지정으로 지역 탄소중립 녹색성장의 이행 기반이 마련되었다.

2024년 5월 9일에는 전국 17개 광역자치단체가 지역별 탄소중립 실천 전략인 「제1차 시·도 탄소중립 녹색성장 기본계획」(이하 제1차 시·도 탄소중립기본계획)을 제출하였다. 각 지방자치단체는 지역의 현장 여건과 주민의 의견을 반영하여 탄소중립 정책을 기획하고 2050 지방탄소중립 녹색성장위원회의 심의를 거쳐 지역의 탄소중립 행동 지침을 마련하였다. 또한, 국가 목표와 연계하여 2030년까지 2018년 대비 약 40% 이상의 온실가스를 감축하겠다는 목표를 제시하며 지역의 적극적인 탄소중립 실천 의지를 보여주었다. 제1차 시·도 탄소중립 기본계획은 지방자치단체의 실질적인 탄소중립 이행을 목표로 하고 2024년부터 2033년까지를 계획기간으로 하여 5년마다 연동계획으로 수립 및 시행될 예정이다.

탄소중립은 사회 전반의 변화를 수반하므로 지방자치단체의 역할이 매우 중요하다. 지방자치단체는 가정 및 상업용 건물 관리, 토지 이용, 교통 정책, 폐기물 처리와 같은 온실가스 감축 수단을 보유한 탄소중립의 실질적인 이행 주체이기 때문이다. 2018년 기준, 광역자치단체의 온실가스 총배출량은 728.1백만 tCO_2-eq(2006 IPCC GL 기준)이다. 이 중 지방자치단체가 주도적으로 관리할 수 있는 관리권한 배출량은 316.6백만 톤으로, 총배출량의 약 43%를 차지한다. 부문별 배출 비중은 건물, 수송, 폐기물, 농축수산 순이며, 건물과 수송 부문에서의 배출이 집중되고 있다.

지역별로 추진 중인 감축 정책 및 조치들은 앞으로도 지역 특성에 맞춰 다양한 형태로 계획되고 이행될 예정이다. 지방자치단체별 주요 특색사업은 아래와 같다.

<표 II-64> 지자체 감축 정책 및 조치(PaMs) 주요 사례

<table>
<tr><th>지역</th><th>부문</th><th>사례</th></tr>
<tr><td>서울</td><td rowspan="2">건물</td><td>○ 건물 에너지 신고·등급제
· (설명) 건물 유형*별 에너지 사용량 신고, 등급 공개, 건물별 등급 부착. 우수 건물은 저탄소 인증, 미흡 건물은 에너지 진단 및 건물에너지효율화 우선 지원
* (공공) 연면적 1천 ㎡ 이상 /(민간) 연면적 3천 ㎡ 이상
– (신고제) 건축물 소유주 스스로 건물 에너지 사용량을 신고, 동일용도 건물 간 비교로 건물 에너지사용량 자가진단 및 에너지 효율개선 척도로 활용
– (등급제) 건물별 에너지사용량 등급(5단계) 절대평가, 건물 전면 등급 부착, 하위등급 건물 에너지 진단 및 감축방안 컨설팅 제공
· (현황) 건물 에너지 평가 및 진단 시스템 구축(2023) ⇒ 공공건물 등급 평가 및 공개(2024) ⇒ 민간건물 등급 평가 및 공개(2024~)
· (기대효과) 건물 사용단계에서의 온실가스 관리 강화를 통하여 서울특별시 전체 온실가스 배출의 67%를 차지하는 건물부문 온실가스 집중 감축</td></tr>
<tr><td>광주</td><td>○ 온도 낮추기 우수아파트 조성
· (설명) 100세대 이상 공동주택의 온실가스 감축실적을 평가*하여 인센티브 지급
* 기준: (정량) 전기, 수도, 가스, 음식물쓰레기 등 감축실적 / (정성) 캠페인 및 홍보실적, 녹색주거환경 조성을 위한 주민참여 노력 등
· (현황) 2010년부터 매년 우수단지 선정 및 인센티브 지원
<table>
<tr><th>구분</th><th>참여단지 (개소)</th><th>우수단지 선정 (개소)</th><th>인센티브 지원 (백만 원)</th><th>에너지절약 (전기환산, TOE)</th><th>온실가스 감축 (tCO_2-eq)</th></tr>
<tr><td>총계</td><td>636</td><td>384</td><td>1,868</td><td>14,030</td><td>28,147</td></tr>
</table>
· (주요성과) 온실가스 약 28,147tCO_2-eq 감축(2010~2023)(소나무 427,331그루 식재 효과)</td></tr>
<tr><td>대전</td><td>수송</td><td>○ 첨단교통관리 시스템 구축
· (설명) 도로와 차량에 설치된 검지장치(ex. 스마트신호제어시스템, 구간검지기)를 통하여 수집되는 정보를 분석하여 교통 흐름을 관리하는 효율적 교통관리체계 고도화
· (현황) ITS 도입 및 첨단교통모델도시 선정(2002) ⇒ ITS 2단계 사업 시행(2012) ⇒ ITS 고도화(~2023) ⇒ 첨단교통관리 시스템 구축(2024)
· (기대효과) 최적의 교통환경 조성 및 교통 수요 관리를 통한 수송 부문 저탄소화</td></tr>
<tr><td>울산</td><td>폐기물</td><td>○ 소각장 폐열 활용 증기 공급사업
· (설명) 생활폐기물 소각과정에서 발생하는 폐열을 활용, 증기를 생산하여 기업체 생산 에너지로 공급(연료비 등 비용 절감 및 온실가스 감축)
· (현황) 성암소각장 생활쓰레기 소각시설 1·2호기 가동(2000) ⇒ 폐열증기 생산 및 기업체 공급 시작(2008) ⇒ 소각시설 3호기 가동(2012) ⇒ 소각시설 1·2호기 재건립 추진(2016~현재)
· (주요성과) 스팀에너지 공급(406,407t)을 활용한 탄소저감 및 기업체 에너지비용 감소
– (감축) 2023년 말 기준, 온실가스 64,619tCO_2-eq 감축(소나무 452,333그루 식재 효과)
– (비용) 세외수익 143억 원 달성 및 기업체 생산에너지 61억 원 절약</td></tr>
</table>

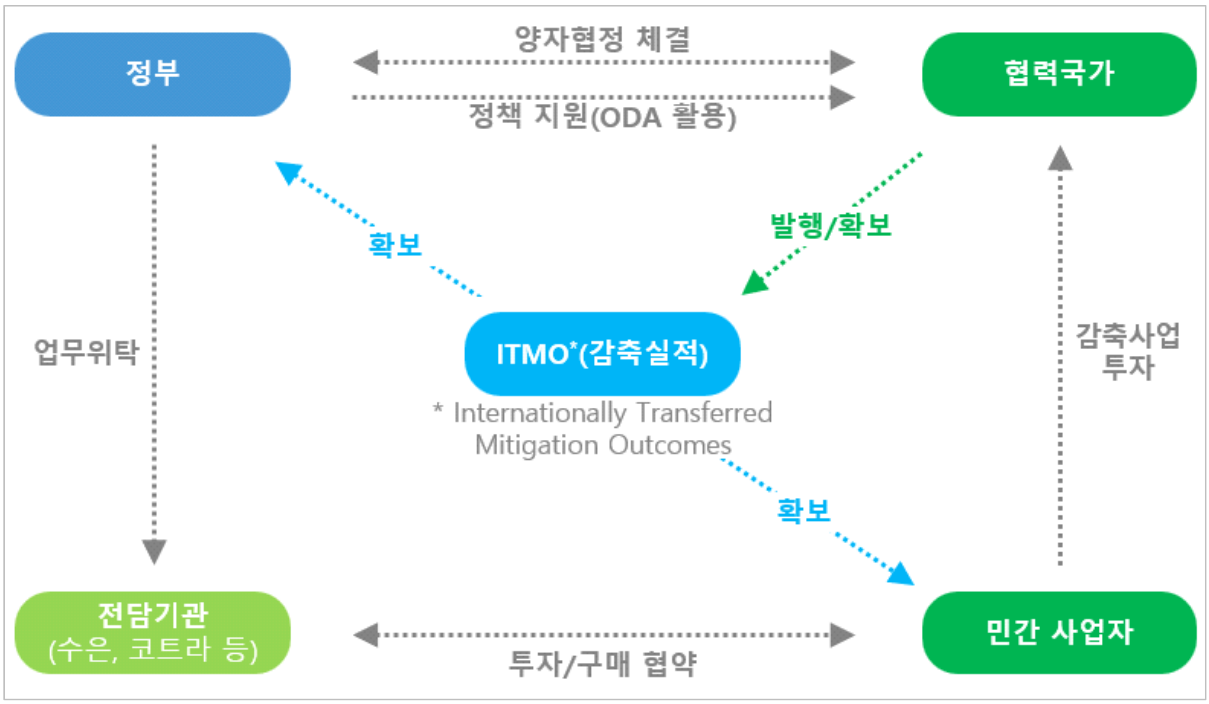
<table>
<tr><th>지역</th><th>부문</th><th>사례</th></tr>
<tr><td>전남</td><td>농축수산</td><td>○ 한우 비육기간 단축기술 보급
· (설명) 농가 대상 한우 출하월령 단축 및 사양관리, 기술* 보급, 저탄소 축산물 인증제 지원 등을 통한 농축산업 저탄소 구조 전환
* ⅰ) 농식품 부산물 활용 자가 섬유질배합사료(TMR) 제조 기술, ⅱ) 한우 비육 기간 단축 기술
· (현황) 2023년 「제1차 전라남도 탄소중립·녹색성장 기본계획」(2024.04)에 따라 신설
· (기대효과) 사료비 절감에 따른 축산 경영환경 개선 및 비육기간 단축에 따른 탄소 배출량 감소 예상</td></tr>
<tr><td>대구</td><td>흡수원</td><td>○ 그린숲 저탄소 NET 조성(Forest 대구 프로젝트)
· (설명) 금호강과 주변 숲을 25ha 규모의 대구 녹색힐링벨트로 조성, 총면적 189ha 규모의 기후변화대응 숲 조성·관리, 제2수목원 건립(45ha), 옥상 녹화 등 도심정원 조성(연 20,000㎡)
· (현황)
– (숲가꾸기) 미세먼지 공익숲 가꾸기, 어린나무 가꾸기, 조림지 가꾸기 등의 사업을 통하여 매년 1,000~2,000ha의 숲가꾸기 사업 시행
– (나무심기) 1996년부터 푸른 대구 가꾸기 사업을 통하여 2006년까지 1,093만 그루의 나무를 심어 지방도시 최초로 천만 그루 나무 심기 달성
– (정원/수목원) 금호강 국가 정원 조성 추진(2025~) 및 대구광역시 제2수목원(45ha) 조성을 통한 산림복지 인프라 확충(2025년 완공 예정)
· (주요성과) 온실가스 약 15,698.5tCO_2-eq* 감축(2019~2023)
* (나무심기) 15,576tCO_2-eq /(옥상가꾸기) 122.5tCO_2-eq</td></tr>
<tr><td>경기</td><td>기타</td><td>○ 공공기관 RE100
· (설명) 경기도 및 산하 공공기관 대상, 태양광발전 시설 및 주민참여형 햇빛발전소 설치 등을 통하여 재생에너지 보급 확대
– (목표) 2026년까지 모든 공공기관 재생에너지 비율을 100%로 상향(2023년 기준 4.1%)하고, 84MW 규모의 재생에너지를 확충
· (현황) 공공기관 및 공공용지 태양광 발전 확대
– (공공기관) 68필지 18.8MW 태양광 발전시설 설치 추진
<table>
<tr><th>구분</th><th>합계</th><th>부지발굴</th><th>컨설팅</th><th>인허가</th><th>공사추진</th><th>공사완료</th></tr>
<tr><td>대상지(개소)</td><td>68</td><td>42</td><td>7</td><td>7</td><td>11</td><td>1</td></tr>
<tr><td>발전용량(kW)</td><td>18,776</td><td>10,549</td><td>2,518</td><td>2,334</td><td>2,597</td><td>778</td></tr>
</table>
– (공공용지) 44개소 12.7MW 규모 주민참여형 햇빛발전소 설치 추진
<table>
<tr><th>구분</th><th>합계</th><th>컨설팅</th><th>사용승인</th><th>유상허가</th><th>공사추진</th><th>공사완료</th></tr>
<tr><td>공공용지(개소)</td><td>44</td><td>20</td><td>15</td><td>4</td><td>1</td><td>4</td></tr>
<tr><td>발전용량(kW)</td><td>12,718</td><td>5,194</td><td>4,276</td><td>1,680</td><td>300</td><td>1,268</td></tr>
</table>
· (기대효과) 신재생에너지 보급 확산과 저효율 에너지 소비구조 개선으로 에너지전환을 확대하여 경기도 탄소중립에 기여하고, 민간 부문 RE100으로의 확산 견인</td></tr>
</table>

3.3.2 국제감축

파리협정 제6.2조와 제6.4조는 전 지구적 관점에서 비용효율적인 탄소 감축을 유도하기 위하여 시장 메커니즘을 규정하고 있다. 특히, 각국이 자발적으로 협력하여 탄소배출을 줄이도록 설계된 제6.2조는 기후변화의 문제를 해결하는 데 중요한 수단으로 주목받고 있다.

우리나라는 NDC 달성의 보충적 수단으로 국제감축을 활용하고 있다. 탄소중립기본법에 따라 탄녹위가 국제감축사업을 총괄하며, 국토교통부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 해양수산부 등 부문별 관장기관은 부문별 감축사업 수행의 전반을 관리한다. 환경부는 국제감축등록부를 운영하며, 감축실적의 해외 이전을 승인하는 역할을 담당한다.

우리나라를 포함한 여러 국가는 파리협정 제6.2조 및 제6.4조에 따른 협력적 접근법을 기반으로 한 국제감축사업을 적극적으로 추진할 계획이다. 이를 위하여 각국은 협력국 정부와 사업 승인, 감축실적 발행 및 이전 등 협조체계를 구축하기 위한 양자협약을 체결하고 있다. 우리나라는 국제감축사업을 포함하여 포괄적인 기후변화 대응 협력을 강화하기 위하여 중요 협력대상국들과 양자 기후변화 협력 협정을 추진 중이다. 2024년 12월 현재 베트남, 몽골, 가봉, 우즈베키스탄, UAE, 모로코, 페루, 라오스, 키르기스스탄 등 9개국과 협정을 체결하였다. 또한, 국제감축사업의 조속한 추진을 위하여 협력대상국들의 여건에 따라 필요시 기관 간 약정을 통하여 협력체계를 구축·강화하고 있다.



[그림 II-13] 국제감축사업 절차

이러한 국제감축사업을 통하여 NDC 달성에 기여할 온실가스 배출 감축을 촉진하고, 감축설비 보급, 그린 분야 민간 투자 활성화 등을 통하여 개발도상국의 지속 가능한 발전에도 기여할 예정이다. 이를 통하여 상생협력 체계를 확고히 하며, 국제사회에서의 기후변화에 대한 대응에서 선도적인 역할을 할 것이다. 우리나라 각 부처에서 추진하고 있는 주요 국제감축사업 사례는 아래와 같다.

<표 Ⅱ-65> 부처별 국제감축사업 주요 추진사례

구분	사례
국토교통부	○ **국토교통 분야 온실가스 감축 및 기후변화 대응 협력을 위한 업무협약 체결** · 2023년 9월 19일, 글로벌녹색성장기구(Global Green Growth Institute, 이하 GGGI)와 「국토교통 분야 탄소 감축·기후변화 대응 등 업무 협력을 위한 양해각서(Memorandum of Understanding, 이하 MOU)를 체결하고, 업무협약에 따라 양측은 국토교통 분야에서 협력 가능한 국가 발굴 등 ITMOs 창출을 위한 협력을 추진하여 나갈 예정 · 국토교통부는 매년 개최하는 글로벌인프라협력콘퍼런스(Global Infrastructure Cooperation Conference, 이하 GICC)에 유관 고위급 인사를 초청하여 국제감축사업 협력을 위한 양자면담을 진행(2023~2024)하였으며, GICC 2024에서는 '국토교통 탄소중립 협력세미나: 지속 가능한 미래를 위한 첫걸음'을 GGGI와 공동으로 주최하였음 ○ **국토교통 부문 국제감축사업 활성화를 위한 국내 기반 마련** · 국내 관련 업계 및 기관의 이해도 제고를 위하여 '2024 사업자를 위한 국제 온실가스 감축사업 실행 가이드라인'을 개발·발간하고, 국제감축사업에 관심이 있는 기업을 대상으로 무상 컨설팅을 지원하고 있으며, 기초 및 심화 교육을 운영하는 등 국제감축사업 활성화를 위한 국내 기반 마련에도 노력하고 있음 · 2024년에는 민간기업에서 추진하는 국토교통 부문 국제감축사업의 타당성조사 지원 등을 통하여 온실가스 국제감축 아이템을 발굴하고, 2025년부터 협력국과 설치지원 시범사업을 본격적으로 추진하여 온실가스 감축실적을 확보할 계획
산림청	○ **산림 부문 국제감축사업 추진 법제 마련** · 파리협정(제5조)이 장려하는 개발도상국의 산림파괴로 인한 온실가스 감축 활동(Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation Plus, 이하 REDD+) 활동 지원을 통한 NDC 달성과 기후변화에 대한 대응에 기여하기 위하여 「개발도상국 산림을 통한 온실가스 배출 감축 및 탄소 축적 증진 지원에 관한 법률」제정(2023.8) 및 시행(2024.2) · 산림 부문 제6.2조 양자협력체계 및 제6.4조 REDD+ 활동을 UNFCCC 바르샤바 REDD+ 프레임워크를 기반으로 구축하고, REDD+ 사업 감축실적의 국가 간 이전을 통하여 2030 NDC 달성에 활용할 계획이며, 이를 체계적으로 추진하기 위하여 REDD+ 사업의 운영표준 및 종합계획을 수립할 예정
환경부	○ **몽골 울란바토르市 매립가스 포집·소각** · 2022년 5월, 몽골 환경관광부와 양자회담을 하고,「파리협정 제6조 협력적 접근에 관한 이행약정」(이하 온실가스 국제감축 이행약정)(2022.05) 및 '환경협력에 관한 MOU' 체결 · 온실가스 국제감축 이행약정을 기반으로 몽골 울란바토르市에 위치한 나랑진 매립장에서 발생하는 메탄가스를 포집하여 소각하는 방식의 시업을 추진하고 있으며, 사업기간 10년 동안 약 54만 톤의 온실가스를 감축할 수 있을 것으로 예상

구분	사례
	○ **한-카자흐스탄 온실가스 감축사업 추진을 위한 양해각서 체결** 2024년 6월, 카자흐스탄 생태천연자원부와 '온실가스 감축사업 추진을 위한 MOU'를 체결하고, 파리협정에 따른 정부 간 온실가스 국제감축사업을 추진할 법적 기반 마련 우리나라 기업(로엔컨설팅 컨소시엄)이 카자흐스탄의 최대 도시인 알마티 매립장에서 발생하는 메탄가스를 포집하여 발전에 활용하는 사업의 타당성을 검토하고 있으며, 이 사업이 실제로 추진될 경우 15년간 총 617만 톤의 온실가스를 줄이는 효과와 더불어 현지 사회의 환경 개선 효과도 얻을 수 있을 것으로 전망
해양수산부	○ **NDC 이행 지원 및 온실가스 국제감축사업 협력을 위한 업무협약 체결** 2022년 11월, GGGI와 파리협정에 따른 NDC 이행 지원 및 온실가스 국제감축사업 협력을 위한 업무협약 체결 업무협약에 따라 양측은 블루카본을 포함한 해양 분야에서 협력 가능한 국가를 발굴하고 파리협정 제6조 및 제13조에 근거한 협력국의 MRV 역량 강화 및 ITMOs 창출을 위한 국제감축사업 등을 추진할 예정 2024년부터 맹그로브, 연안지역 태양광 발전시설 보급 등 민간기업에서 추진하는 해양부문 국제감축사업 타당성조사 지원 등을 통하여 온실가스 국제감축 아이템을 발굴하고, 2025년부터 협력국과 설치지원 시범사업을 본격적으로 추진하여 온실가스 감축실적을 확보할 계획

3.3.3 국제수송

항공 및 해운 등 국제수송에서 발생하는 온실가스 배출량을 감축하기 위한 국제사회의 노력에 동참하고 있으며, 국내적으로도 이를 이행하기 위한 기반과 구체적인 계획을 수립하였다.

2024년 2월에는 국제민간항공협약 및 동 협약 부속서 XVI에서 정하는 표준과 방식에 따라 항공기의 국제운항으로 인하여 발생하는 탄소 배출량을 체계적으로 관리하여 항공산업의 건전한 발전 및 지속 가능한 성장에 이바지하고자 「국제항공 탄소배출량 관리에 관한 법률」(2024.02)을 제정하였다. 같은 해 8월에는 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)의 '2050 탄소중립' 달성을 위한 글로벌 프레임워크를 적극적으로 지지하면서 '지속 가능한 항공 연료(Sustainable Aviation Fuel, 이하 SAF)' 사용을 통한 국제항공 탄소배출량 감축 이행을 위하여 「SAF 확산 전략」(2024.08)을 마련하였다. 이에 따라 11개 국적 항공사 중 자발적 참여를 희망한 대한항공 등 9개 항공사에서 근거리 국제선 항공편에 국산 SAF를 일정량 혼합급유하여 2024년 8월부터 상용운항을 시작하였다. 2027년부터는 국내 정유사가 SAF 혼합비율을 준수하여 공항에 공급하고, 국외로 출발하는 모든 항공편에 SAF를 급유하도록 하는 'SAF 혼합사용 의무화' 제도를 추진할 계획이다.

국제해운에서 탈탄소화를 선도하고 친환경으로의 전환을 촉진하기 위한 활동도 지속적으로 전개하였다. COP27에서는 미국 정부와 공동으로 무탄소 연료 또는 기술을 적용하여 탄소배출이 없게 하는 '한-미 녹색해운항로 구축 협력'을 선언하였다. 이 선언에 따라 양국은 주요 항만 간 녹색해운항로 구축에 관한 공동연구를 통하여 구체적인 항로를 선정하였고, 현재는 로드맵 수립을 추진하고 있다. 2023년 2월에는 국제해운 부문에서 강화되는 온실가스 감축 규제 요청에 선제적으로 대응하고자 2050년까지 모든 국제항해선박의 친환경선박으로의 전환을 골자로 하는 「국제해운 탈탄소화 추진 전략」(2023.02)을 수립하였다. 이 전략에 따라 2030년까지는 친환경연료를 사용할 수 있는 이중연료 추진 선박으로 우선 전환하고, 기술 개발이 진전되면 암모니아·수소 등 무탄소선박을 도입하여 2050년까지 국제해운의 탄소중립을 실현하여 나갈 계획이다. 2023년 7월에는 「국제해운 탈탄소화 추진 전략」(2023.02)을 비롯하여 「해양수산분야 탄소중립 로드맵」(2021.12), 「탄소중립 항만 로드맵」 등 우리나라의 해운·항만 분야 탈탄소화 정책을 총망라한 「국가행동계획(Toward Green Shipping by 2050)」(2023.07)을 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)에 제출하여 전 세계를 대상으로 우리나라의 탈탄소화 해운을 실현하겠다는 의지를 표명하였다.

4. 온실가스 배출량·흡수량 전망

4.1 서론

이 장에서는 2040년까지의 온실가스 배출량 전망을 제시한다. 이 전망결과는 2021년을 기준으로 이전까지 도입된 기후 및 에너지 정책 조치의 영향이 포함된 '기존 조치 도입 시나리오(With Measures Scenario, 이하 WM 시나리오)'의 성격이다. 2021년 이전에 제안 또는 계획되었지만, 시행되지 않은 정책과 아직 확정되지 않은 법안 또는 예산이 배정되지 않은 기금, 감축 효과가 나타나지 않은 정책 및 조치는 시나리오 분석에 반영하지 않는다. 단, 감축과는 별개로 가까운 미래에 가동 또는 운영이 확정된 대규모 사업은 반영하여 전망한다.

2021년까지의 온실가스 배출량 자료는 2006 IPCC GL에 따라 산정된 2023년 국가 온실가스 인벤토리(1990~2021)를 기반으로 하며, 제1장에서 제시된 2024년 국가 온실가스 인벤토리(1990~2022)와 차이가 있다.

배출전망 결과는 가스별로 구분하여 제시한다. 가스는 7개의 직접 온실가스인 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6), 삼불화질소(NF_3)로 구분한다. 가스별 배출량은 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP 변환을 사용하여 CO_2에 상응하는 값으로 제시되며, 이는 BTR 제1장 국가 온실가스 통계에 사용된 GWP 값과 동일하다. 국제수송 및 간접온실가스와 관련된 배출량 예측은 포함하지 않는다.

4.2 온실가스 총배출량 전망

온실가스 총배출량 전망은 2021년 이후의 감축 정책 및 조치의 감축 효과를 포함하지 않는다. 2021년 이전에 채택된 정책 및 조치로 인한 감축 효과는 과거 에너지 사용 및 온실가스 배출량에 반영되어 있다는 전제하에 4.4 방법론의 거시적 변수인 인구의 변화, 경제성장 및 에너지 가격과의 관계를 분석하여 전망한 결과이다. 따라서 2021년까지 배출량에 반영된 감축 정책의 수준이 미래에 지속된다고 전제하는 WM 시나리오의 개념으로 온실가스 총배출량을 전망한다.

WM 시나리오에 따른 2040년 예상 온실가스 총배출량(LULUCF 부문의 순흡수량 미포함)은 798.0백만 tCO_2-eq으로, 1990년 이후 연평균 1.9%씩 증가할 것으로 예상된다. 다만, 1990년부터 2030 NDC의 기준연도인 2018년까지 온실가스가 연평균 3.3%씩 증가한 반면 2018년 이후 2040년까지는 연평균 0.3%씩 증가하여 연평균 증가율이 많이 감소할 것으로 예상된다.

2040년 LULUCF 부문의 온실가스 흡수량은 12.5백만 tCO_2-eq으로, 2000년 이후 지속적으로 감소할 것으로 전망된다. LULUCF 부문을 포함한 순배출량은 2040년 기준 785.5백만 tCO_2-eq으로 전망된다.

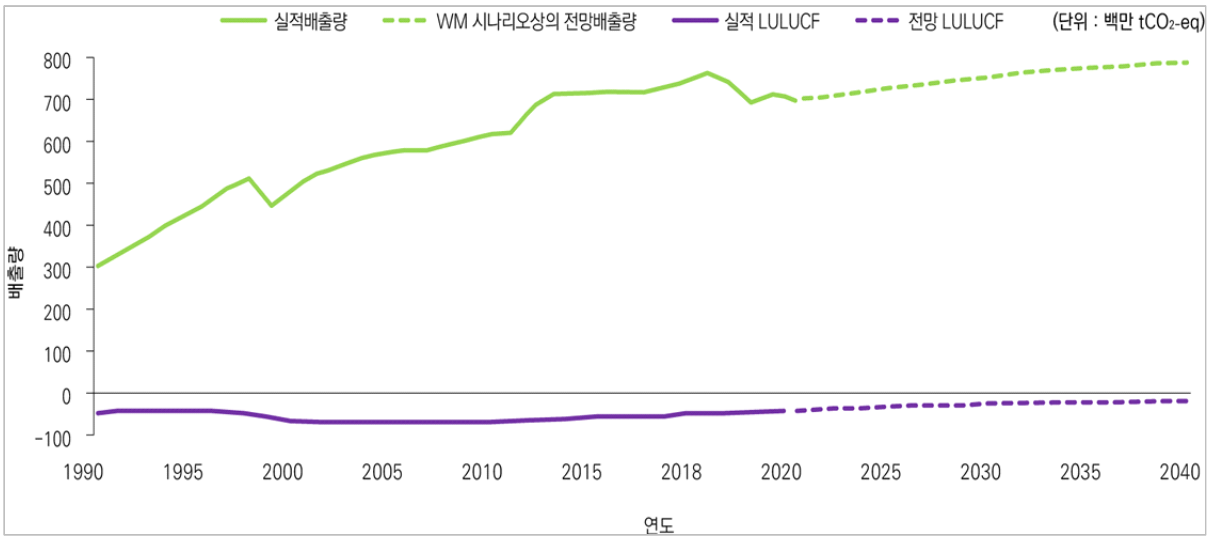
이러한 전망결과는 2021년 이후 갱신된 온실가스 감축목표를 위한 정책 및 조치를 고려하지 않은 결과임에 유의하여야 한다. 향후 최신연도를 기준으로 배출전망을 최신화할 경우 새로운 정책 및 조치가 반영되어 온실가스 총배출량은 이번 전망보다 감소할 것으로 예상할 수 있다. 그러나 세계 경제에 영향을 많이 받는 한국 산업의 특성상 향후 수출 공급망, 에너지 가격의 변화 등이 한국의 경제 발전과 그에 따른 온실가스 배출 수준에 큰 영향을 미칠 수 있으므로 모든 예측과 마찬가지로 배출량 전망 또한 상당한 불확실성이 따른다는 점을 고려할 필요가 있다.

<표 II-66> 기존 조치 도입(WM) 시나리오상의 온실가스 배출량 및 전망

(단위: 백만 tCO_2-eq)

구분	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2020	2025	2030	2035	2040
총배출량	309.8	461.2	529.8	587.1	690.6	727.0	773.0	701.6	728.0	757.1	783.3	798.0
LULUCF	-38.2	-32.4	-60.3	-56.5	-56.3	-46.6	-40.4	-37.9	-26.6	-19.9	-14.9	-12.5
순배출량	271.6	428.8	469.5	530.6	634.3	680.4	732.6	663.7	701.5	737.2	768.4	785.5

참고 : 1. 1990~2021년은 2023년 국가 온실가스 인벤토리 자료를 활용함에 따라, 제1장 인벤토리 수치와 다름
2. 2018년은 한국의 2030 NDC 기준연도로 목표 결정 시 참고한 값은 1996 인벤토리 지침에 따라 2022년도에 작성한 인벤토리 기준이므로 위의 2018년 값과 상이



[그림 II-14] 기존 조치 도입(WM) 시나리오상의 온실가스 배출량 및 전망

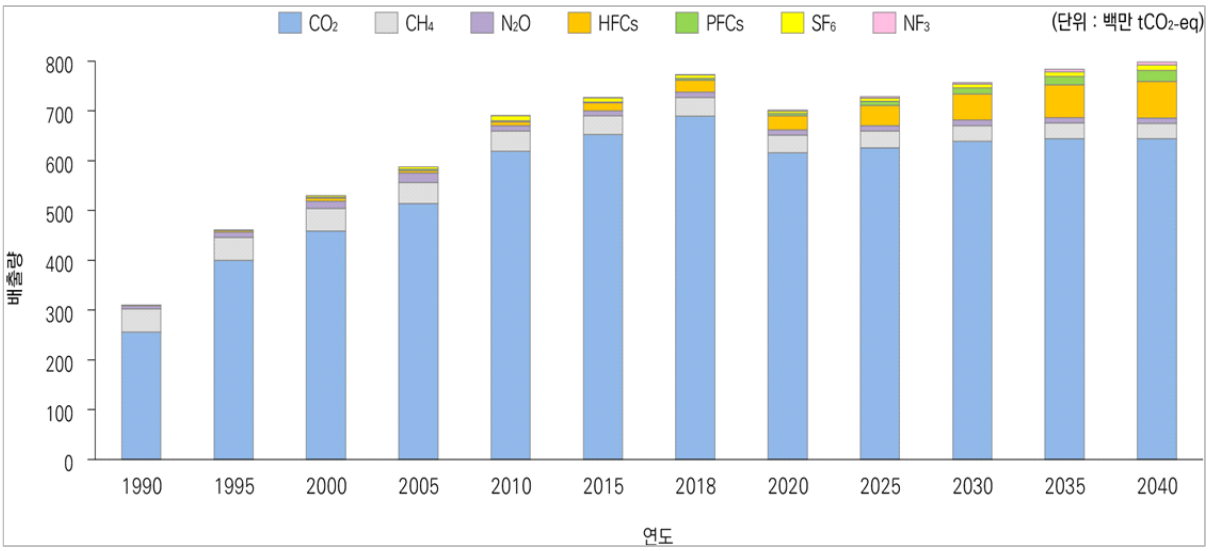
4.3 가스별 전망

가스별 과거 배출량 및 예상 온실가스 배출량 추세는 아래의 〈표 Ⅱ-67〉과 같다.

<표 Ⅱ-67> 우리나라의 가스별 배출량 및 전망

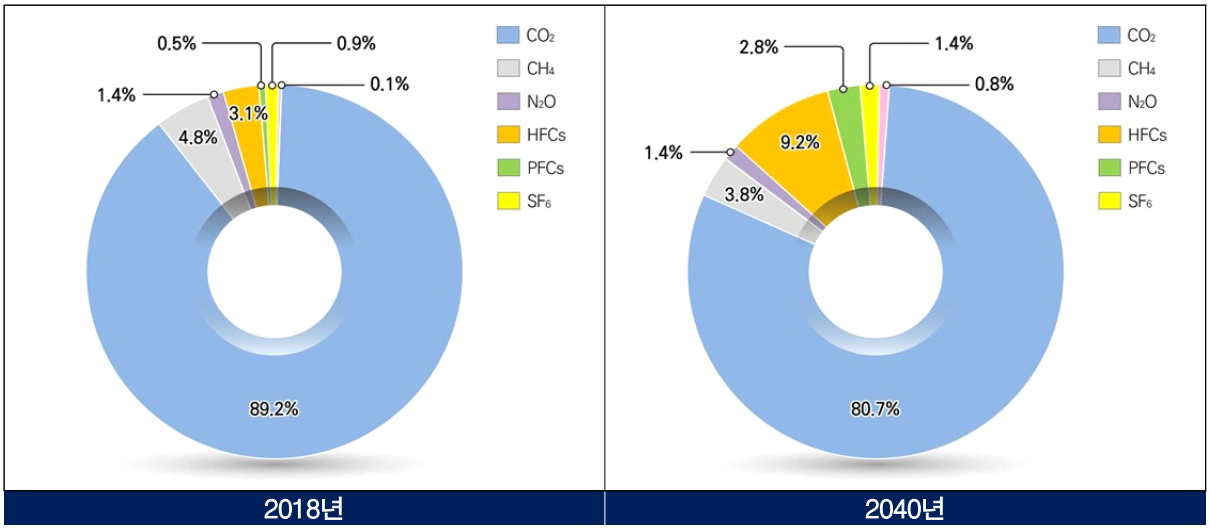
(단위: 백만 tCO_2-eq)

구분		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2018	2020	2025	2030	2035	2040
CO_2		255.4	399.4	459.0	513.9	618.7	652.2	689.4	615.5	625.5	638.5	644.2	644.3
CH_4		46.9	46.4	44.6	42.3	40.8	37.7	37.4	35.8	33.6	32.0	31.1	30.1
N_2O		6.3	10.6	14.8	18.8	10.6	10.0	10.8	10.6	10.7	10.9	11.1	11.2
HFCs		1.0	3.3	6.0	4.7	7.6	16.1	23.6	27.9	40.7	52.1	65.8	73.6
PFCs		0.0	0.0	2.5	3.2	2.5	1.8	3.9	4.5	8.8	12.3	16.6	22.0
SF_6		0.2	1.5	2.8	4.3	10.0	8.4	6.9	5.2	6.0	7.6	9.6	10.8
NF_3		0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.8	1.0	2.1	2.8	3.7	4.9	6.1
총배출량		309.8	461.2	529.8	587.1	690.6	727.0	773.0	701.6	728.0	757.1	783.3	798.0
LULUCF	CO_2	-38.6	-32.7	-60.7	-56.9	-56.7	-47.0	-40.8	-38.3	-27.0	-20.3	-15.3	-12.9
	CH_4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
	N_2O	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.03	0.02	0.01	0.02
	소계	-38.2	-32.4	-60.3	-56.5	-56.3	-46.6	-40.4	-37.9	-26.6	-19.9	-14.9	-12.5
순배출량		271.6	428.8	469.5	530.6	634.3	680.4	732.6	663.7	701.5	737.2	768.4	785.5



[그림 Ⅱ-15] 우리나라의 가스별 배출량 및 전망

[그림 Ⅱ-16]은 가스별 2018년 배출량 비율 및 2040년 예상 배출량 비율 전망을 나타낸다. 이에 따르면, WM 시나리오상의 가스별 비율은 2018년 CO_2 〉 CH_4 〉 HFCs 〉 N_2O 〉 SF_6 〉 PFCs 〉 NF_3 순에서 2040년에는 CO_2 〉 HFCs 〉 CH_4 〉 PFCs 〉 N_2O 〉 SF_6 〉 NF_3 순으로 바뀔 것으로 전망된다.



[그림 Ⅱ-16] 가스별 2018년 배출량 비율 및 2040년 예상 배출량 비율

4.3.1 이산화탄소(CO_2)

2040년의 CO_2 배출량은 총배출량 기준 NDC 기준연도인 2018년 대비 6.5% 감소한 644.3백만 tCO_2-eq일 것으로 전망된다. 2018년 기준 우리나라 총배출량에서 CO_2 배출량의 비율은 전체 배출원의 89.2%를 차지하며, 2040년에는 80.7%로 점차 감소할 것으로 전망된다.

모든 부문에서 배출되는 CO_2는 1990년부터 2018년까지 연평균 3.6% 증가하였다. 그러나 2018년 이후 단기적으로는 코로나19 팬데믹과 글로벌 경기침체, 장기적으로는 석탄과 석유 사용의 감소 및 가스와 재생에너지 사용의 증가에 따른 탄소집약도의 개선으로 2040년까지 연평균 0.3%씩 감소할 것으로 전망된다.

4.3.2 메탄(CH_4)

2040년의 CH_4 배출량은 총배출량 기준으로 2018년 대비 19.5% 감소한 30.1백만 tCO_2-eq으로 전망된다. 2018년 기준 우리나라의 총배출량 대비 CH_4 배출량 비율은 4.8%이며 2040년에는 3.8%로 점차 감소할 것으로 전망된다.

CH_4의 감소는 농업 부문의 벼재배 면적의 지속적인 감소와 폐기물 매립 부문의 음식물쓰레기 매립지 반입금지 및 재활용 비율의 증가가 주된 원인일 것으로 전망된다.

4.3.3 아산화질소(N_2O)

2040년의 N_2O 배출량은 총배출량 기준 2018년 대비 3.2% 증가한 11.2백만 tCO_2-eq으로, 거의 변화가 없을 것으로 전망된다. 2018년 기준 총배출량 대비 N_2O 배출량 비율은 1.4%이며, 2040년에도 1.4%로 거의 유사할 것으로 전망된다.

4.3.4 불소계 온실가스(HFCs, PFCs, SF_6, NF_3)

불소계 온실가스(HFCs, PFCs, SF_6, NF_3) 배출량에는 전자산업의 발전 추세, 오존층 파괴물질(Ozone Depleting Substances, 이하 ODS) 대체물질 활동자료 개선, 생산·사용·폐기에 따른 실제 배출량을 산정하는 방법론 개선이 반영되었다. 이에 따라 2018년 기준 총배출량 대비 불소계 온실가스 배출량 비율은 4.6%를 차지하고 있으며, 2040년에는 14.1%로 증가할 것으로 전망된다.

불소계 온실가스 중 ODS 대체물질사용의 대부분을 차지하는 HFCs의 배출량은 증가 추세이다. 키갈리 개정서(Kigali Amendment)상 제5조 그룹Ⅰ로 분류되는 우리나라는 2024년부터 HFCs 생산·소비량을 동결하였으므로 WM 시나리오에는 그 효과를 반영하지 않았다. 다만, 몬트리올 의정서에 따라 2030년까지 수소염화불화탄소(HCFC)의 생산 및 사용이 단계적으로 금지됨에 따라 일부 HFCs로의 소비전환을 가정하여 증가 추세를 보일 것이 예상된다. 그러나 향후 키갈리 개정서 준수 및 저GWP 냉매로의 대체, 재생냉매 사용 확대, 사용 및 폐기단계의 회수 증가 등 추가적인 감축 노력으로 배출량은 점차 감소할 것으로 전망된다.

4.4 방법론

본 보고서에서 제시하는 온실가스 배출량 자료는 2006 IPCC GL에 따라 2023년 국가 온실가스 인벤토리(1990~2021)에 담긴 2021년까지의 온실가스 배출량 통계이다. 우리나라는 처음 제출하는 BTR의 WM 시나리오를 작성하기 위하여 부문별 관계기관의 전문가들로 기술작업반을 구성하고 배출량 전망 작업을 진행하였다. 부문별 기술작업반의 전문가들이 다양한 계량경제모델 등 전망 방법론을 검토하고, 이 중에서 가장 적합한 방법을 결정하여 배출량을 전망한 후 필요에 따라 산업계, 관련 외부 전문가들의 자문을 거쳐 해당 부처, 탄녹위 등 다양한 의견을 수렴하여 최종안을 도출하였다.

온실가스 배출량 주요 활동자료 전망에는 사회 경제적인 거시경제 변수 및 전제조건과의 관계를 가장 잘 설명하는 계량경제모델을 활용하였다.

전망에 사용된 거시적 주요 변수 전망결과는 〈표 Ⅱ-68〉과 같다. 이를 위하여 우리나라의 인구, 경제성장, 유가, 산업구조 등 주요 변수를 담당하는 관계기관의 전망결과를 활용하였다.

주요 전제조건의 출처로 인구는 통계청에서 전망한 다양한 시나리오 중 중위 인구추계 전망결과를 활용하였다. 경제성장은 한국은행의 경제통계시스템 실적을 기준으로 한국개발연구원에서 전망한 장기경제전망을 활용하였다. 유가는 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)의 세계 에너지 전망(World Energy Outlook) 자료를 바탕으로 산정된 에너지경제연구원의 전망결과를 활용하였다.

<표 Ⅱ-68> 주요 변수 및 가정

구분	단위	2018	2020	2025	2030	2035	2040
인구	백만 명	51.6	51.8	51.7	51.3	50.8	50.1
GDP	조 원	1,812.0	1,839.5	2,077	2,231	2,351	2,447
유가	$/bbl	69.0	43.6	92.1	89.4	89.0	88.6

4.5 불확실성(민감도 분석)

우리나라는 파리협정에 따라 국제사회에 제출하는 WM 시나리오상의 기준배출량 전망을 최초로 작업하여 제1차 BTR에 포함하였다. WM 시나리오 외 감축 조치의 효과를 반영한 '추가 조치 도입(With Additional Measures, WAM) 시나리오' 작성과 주요 변수인 인구통계, 경제성장, 연료가격 등의 미래가치 불확실성에 대한 민감도 분석은 철저히 준비하여 향후 BTR에 수록할 예정이다.

III

기후변화 영향 및 적응

1. 국가 여건 및 제도

1.1 국가 현황

1.1.1 기후변화 현황

우리나라는 전 세계 평균보다 더 빠른 온난화 속도를 보인다. 지난 109년간(1912~2020) 연평균 기온은 매 10년당 0.2℃ 상승하였고 최근 30년(1991~2020) 연평균 기온은 과거 30년(1912~1940) 연평균 기온과 비교하여 1.6℃ 상승하였다. 이는 최근 10년(2011~2020) 전 세계 연평균 기온이 산업화 이전(1850~1900) 대비 1.09℃ 증가한 것보다 더 큰 상승폭을 보여준다.

강수량은 지난 109년간(1912~2020) 증가하였으나, 강수일수는 감소하는 추세이다. 예를 들어, 강수량은 매 10년당 17.71㎜ 증가하였으며, 강수일수는 매 10년당 2.73일 감소하였다. 또한, 극한강수의 발생 빈도가 뚜렷하게 증가하고 있다.

최근에는 폭염일수, 열대야일수와 같은 극한기후지수가 급증하고 있다. 지난 10년간(2011~2020) 폭염일수는 30년간(1991~2020) 폭염일수와 비교하여 2.8일, 열대야일수는 4.6일 증가하였다. 한랭일수, 한파일수와 같은 저온 극한기후지수는 지난 109년간 감소하는 추세이다. 예를 들어, 한랭일수는 109년간 매 10년당 1.91일, 한파일수는 109년간 매 10년당 0.61일 감소하였다.

연평균 표층 수온 역시 최근 56년간(1968~2023) 1.44℃ 상승하여, 전 세계 평균인 0.70℃보다 약 2배 이상 높았다. 인공위성으로 관측한 2023년 연평균 표층 수온은 19.8℃로, 바다 표층 수온을 관측하기 시작한 1990년 이후로 가장 높았다.

또한, 우리나라 주변 해역의 평균 해수면은 최근 35년간(1989~2023) 매년 약 3.06㎜씩 높아져 총평균 10.7cm가량 상승하였다. 특히, 최근 10년(2014~2023)간 우리나라 주변 해역의 평균 해수면 상승률은 연 3.88㎜로 상승하는 속도가 더욱 빨라지고 있다.

1.1.2 기후변화 전망

우리나라의 기후변화는 점차 심해질 것으로 예상된다. 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 공통 사회경제 경로(Shared Socioeconomic Pathways, SSP) 시나리오에 따르면, 21세기 후반(2081~2100) 우리나라의 연평균 기온은 온실가스 배출 정도에 따라 현재보다 약 2.3~6.3℃까지 상승할 것으로 예상된다. 같은 시기

연평균 강수량 또한 현재보다 약 4~16%까지 증가할 것으로 전망된다. 하지만 강수일수는 약 10~14일 줄어들 것으로 추정된다.

폭염일수와 열대야일수도 급증하여, 21세기 후반 폭염일수는 현재보다 15.4~70.7일, 열대야일수는 19.1~65.2일 증가할 것으로 예상된다. 특히, 화석연료 사용이 높고 도시 위주의 무분별한 개발 확대를 가정한 고탄소 시나리오(SSP5-8.5)에서는 21세기 중반(2041~2060) 이후 폭염일수와 열대야일수가 뚜렷한 상승세를 보이는 것으로 나타나, 21세기 후반에는 21세기 중반보다 관련 일수가 두 배 이상 증가할 것으로 전망된다.

해수면 온도 역시 2100년까지 지속적으로 상승하여 고탄소 시나리오(SSP5-8.5)에서는 최대 4℃까지 상승할 것으로 예측된다. 주변 해역의 평균 해수면 상승률은 시나리오에 따라 5.44~9.51㎜/년 정도이고, 해수면 높이는 46.8~81.8cm 상승할 것으로 전망된다.

1.2 법적 체계 및 제도적 장치

1.2.1 법적 기반 및 정책

우리나라는 기후변화의 위협을 심각한 사안으로 인식하고, 기후변화에 적응하기 위하여 최선을 다하고 있다. 기후변화에 대한 적응은 2010년 제정된 「저탄소 녹색성장 기본법」(2010.01)에서 처음으로 법제화되었다. 현재는 2021년 제정된 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)(2021.09)에 따라 국가 차원의 기후변화에 대한 대응을 의무화하고 있다. 이 법은 기후변화에 대한 적응과 관련하여, 기후위기의 감시·예측, 국가 기후위기 적응대책의 수립·이행, 대책의 추진상황 점검을 의무화하고 있다. 또한, 중앙정부뿐만 아니라 지방자치단체 및 공공기관도 적응대책을 수립하고 이행하도록 규정하고 있으며, 적응 전문기관의 설립·운영에 대한 법적 기반도 제공하고 있다.

2020년에는 2050년까지 탄소중립을 목표로 하는 '2050 대한민국 비전'을 설정하였다. 2023년에는 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(2023.04)을 수립하고 기후변화에 대응하는 정책을 추진하고 있다. 기후변화에 대한 적응과 관련해서는 2010년부터 5년 단위로 「국가 기후위기 적응대책」을 수립·이행 중이며, 현재는 기존의 「제3차 국가 기후위기 적응대책」(2020.12)을 수정·보완한 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)을 이행 중이다.

2022년, 국가인권위원회는 정부가 기후위기 상황에서 모든 사람의 인권을 보호·증진하는 것을 국가의 기본 의무로 인식하고, 기후변화를 인권의 관점에서 접근하고 대응할 수 있도록 관련 법령 및 제도를 개선하여야 한다는 의견을 표명한 바 있다. 이에 따라 우리나라의 기후변화 적응정책은 취약계층 등을 포함한 전 국민을 대상으로 점차 강화되고 있다.

1.2.2 거버넌스

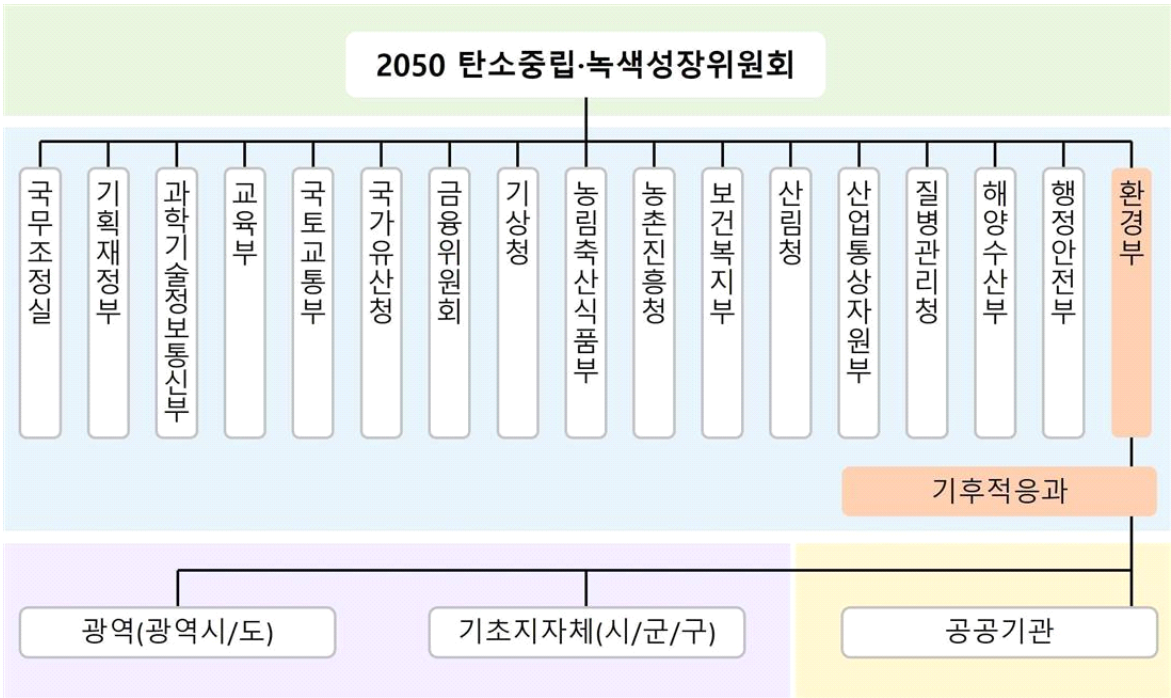
기후변화에 적응하기 위하여 포괄적인 거버넌스 체계를 구축하고 있다. 수평적으로는 중앙정부 내 15개 부처가 「국가 기후위기 적응대책」 수립·이행에 참여하고 있고, 수직적으로는 중앙정부부터 광역 및 기초자치단체의 지방자치단체, 공공기관에 이르기까지 자체적으로 적응정책을 수립·이행하고 있다. 산업계, 국민 등 다양한 적응 주체와 협력하고 있고, 노약자·저소득층 등 취약계층이 기후변화 적응 과정에서 소외되지 않도록 다양한 지원 서비스를 제공하고 있다.

환경부는 기후위기에 대한 적응을 주관하는 부처로서 5년마다 「국가 기후위기 적응대책」 수립 과정 전반을 총괄하고, 매년 추진상황을 점검하고 종합평가를 시행한다. 현재 총 15개 부처가 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)에 참여하고 있으며, 각 부처는 대책의 세부시행계획을 수립·이행하고, 추진상황을 제출한다.

17개 광역자치단체 및 226개 기초자치단체로 구성된 지방자치단체도 5년마다 「지방 기후위기 적응대책」을 수립하고 이행한다. 교통·수송, 전력 등 중요한 사회기반시설을 다루는 62개의 공공기관 역시 「공공기관 기후위기 적응대책」 수립이 의무화되어 5년마다 공공기관 차원의 적응대책을 수립·이행한다.

2050 탄소중립·녹색성장위원회(이하 탄녹위)는 탄소중립 사회로의 이행과 녹색성장의 추진을 위한 주요 정책 및 계획과 그 시행에 관한 사항을 심의·의결하기 위하여 설치된 기관으로, 적응을 포함한 주요 기후변화대응 방안을 심의하고 의결한다.

정부는 산업계, 일반 국민들도 기후변화 적응의 주요 주체로 보고 협력하고 있으며, 노약자·저소득층 같은 기후변화 취약계층에 대해서도 별도의 지원 사업을 추진하고 있다.



[그림 Ⅲ-1] 우리나라 기후변화 적응 추진 체계도

환경부는 기후위기 적응에 관한 연구, 정책 및 사업을 지원하기 위하여 국가기후위기적응센터를 설립·운영하여 오고 있다. 2009년 한국환경연구원(Korea Environment Institute, KEI) 내에 국가기후위기적응센터(Korea Adaptation Center for Climate Change, KACCC)를 설립하여, 기후위기 적응대책 수립 및 이행 지원, 국제협력, 적응정책 이행, 과학적 평가도구 개발, 대국민 교육 등을 수행하고 있다. 2021년에는 과학적 기반 구축을 위하여 국립환경과학원 내에 국가기후위기적응센터(National Adaptation Center for Climate Change, NACCC)를 추가로 지정하였다.

2. 기후변화 영향 및 리스크

2.1 과학적 평가

기후변화의 현재와 미래의 영향을 가늠하고, 그에 대한 효과적이고, 효율적인 적응전략을 수립하기 위하여 다양한 과학적 평가를 수행하고 있다. 주기적으로 '한국 기후변화 평가보고서'를 발간하고 있으며, 기후변화에 관한 국내외 연구 결과를 종합하여 의사결정자들에게 제공하고 있다.

환경부는 「국가 기후위기 적응대책」을 수립하기 위하여 5년 단위로 국가 기후 리스크 평가를 수행하고, 도출된 주요 리스크를 반영하여 적응대책을 수립한다. 2023년에는 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)을 수립하기 위하여 기존의 국가 기후 리스크를 재평가하였고, 그 결과를 적응 강화대책에 반영하였다.

또한, 관계기관들과 함께 물관리, 산림, 건강, 농업, 수산, 해양, 생태 7개 평가 부문의 상호관계를 기반으로 한 '기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형(Korean Model Of InTegrated Impact and Vulnerability Evaluation of Climate Change, MOTIVE)'을 개발하였다. 이는 기후변화의 영향 및 취약성을 평가하기 위한 과학적 지원 수단에 해당한다. 2022년부터는 물관리, 산림, 건강, 농업, 산업, 생태의 6개 부문을 대상으로 적응대책을 위한 의사결정 지원 기능을 강화하는 방향으로 모형을 고도화하고 있다.

아울러 웹 기반의 '기후변화 적응대책 수립을 위한 취약성 평가 도구(Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan, 이하 VESTAP)'를 개발하여 지방자치단체와 공공기관 등 주요 이해관계자에게 제공하고 있다. VESTAP은 기후변화 취약지역의 우선순위를 도출하여 지방 기후변화 적응대책 수립 시, 정책에 대한 의사결정의 불확실성을 저감하고 과학적 의사결정을 지원한다. 기후노출과 민감도, 적응능력 관련 지표를 바탕으로 물관리, 건강, 농수산, 국토·연안, 산업·에너지, 생태 등 총 6개 부문에 대한 취약성 평가 결과를 읍·면·동 또는 시·군·구 행정구역 단위로 제공한다.

2.2 기후변화 영향

'한국 기후변화 평가보고서'에서는 우리나라의 부문별 주요 기후변화의 영향과 최신 이상기후 사례를 정리하고 있다.[47]

2.2.1 수자원 부문

기후변화의 영향으로 여름철 강수량이 증가하고 있으며, 기준강우량(30㎜/일, 50㎜/일, 80㎜/일, 100㎜/일)을 초과하는 강우일수가 증가하였다. 지난 106년간(1912~2017) 여름철 강수량은 10년당 11.6㎜로 뚜렷하게 증가하였으며, 8대 도시를 기준으로 최근 30년간(1981~2010) 기준강우량(30㎜/일, 50㎜/일, 80㎜/일, 100㎜/일)을 초과하는 강우일수는 3.1~15% 증가하였다. 2023년 6~9월에는 전국적으로 기록적인 집중호우가 발생하여 50명 사망, 3명 실종이라는 막대한 인적 피해와 8,071억 원 가량의 재산 피해를 입었다.

2.2.2 산림 부문

장기적 온난화와 극한기상(가뭄, 폭우, 폭염, 강풍 등)의 발생 빈도와 강도가 증가함에 따라 지역별, 수종별 산림 생장, 분포, 재해 발생 패턴의 변화가 나타났다. 소나무, 잣나무 등 주요 침엽수종의 생장률이 감소하고, 대부분의 멸종위기 침엽수종(구상나무 등)이 분포하는 아고산대 침엽수림은 지난 20년(1990~2010) 동안 면적이 약 25% 감소하였다. 봄철에는 건조한 날씨와 남부 지역의 심각한 가뭄, 강풍으로 인하여 산불이 증가하고 있다. 2023년에 발생한 산불 건수는 최근 10년(2014~2023) 평균보다 5% 많았고, 피해 면적은 25% 증가하였다.

2.2.3 보건 부문

기후변화의 영향으로 온열질환 사망자가 증가하고 있다. 태풍, 폭염, 대설과 같은 기상재해로 인한 위험도 증가하고 있다. 기온이 1℃ 증가할 때 사망 위험이 5% 증가하고, 폭염 시기의 사망 위험은 8%나 증가하는 것으로 나타났다. 2023년 여름 폭염 감시체계 운영 기간에 발생한 온열질환 환자는 총 2,818명으로 전년보다 80.2% 증가하였다.

47) 기후변화의 영향에 관한 내용은 '한국 기후변화 평가보고서 2020'에서 발췌하였다. 이 보고서는 2014년부터 2020년까지 발표된 총 1,900여 편의 국내외 논문과 각종 보고서를 120명의 연구자가 분석하여 우리나라의 기후변화 영향 동향 및 전망을 집대성한 것이다. 이 밖에도 부문별 소관부처에서 발간한 기후변화 영향평가 보고서에서도 내용을 일부 발췌하였다.

2.2.4 해양 및 수산 부문

한반도 주변 해역에서 표층 수온 상승과 해양 산성화가 전 세계 평균보다 빠르게 진행되고 있다. 최근 56년간(1968~2023) 우리나라 주변 해역의 표층 수온 상승은 약 1.44℃로 전 세계 표층 수온 상승 0.70℃에 비하여 약 2배 높은 수준을 보인다. 지난 40년간 수온 상승으로 난류성어종으로 알려진 삼치와 방어는 어획량이 증가하였으며, 어장이 북상하는 추세이다. 특히, 2023년 9월에는 한반도 주변의 해수면 온도가 역대 최고치인 19.8℃를 기록하여 넙치, 전복, 멍게 등 양식생물이 대량으로 폐사하였으며, 피해 금액은 438억 원 상당에 달하였다.

2.2.5 생태계 부문

생태계 부문에서는 동물의 서식지 이동 경향이 나타나고 있다. 모기와 진드기 등 위생해충의 확산이 전국적으로 뚜렷하게 나타나고 있으며, 2022년 진드기 매개 감염병 환자는 2019년 대비 55.7% 증가하였다. 악성 말라리아의 토착화 가능성도 제기되고 있다.

2.2.6 농업 부문

농작물의 재배지가 북상하고, 월동·외래해충의 발생과 외래 잡초 및 제초제 저항성 잡초가 증가하는 현상이 나타나고 있다. 기온상승의 영향으로 고랭지 배추와 무 재배 면적이 2000년대 이후 절반 가까이 줄어들었다.

2.2.7 산업·에너지 및 정주공간 부문

폭염 및 열대야로 인하여 여름철(7~8월) 건물 부문 전력 소비량이 증가하고 있다. 농촌 지역은 도시보다 상대적으로 인구와 소득이 적고, 기반시설의 수준이 높지 않으며, 고령인구 비율이 높아 폭염에 따른 부정적인 영향을 더 크게 받는다. 특히, 주택 냉난방 효율 감소, 상하수도 설비 미흡, 주택의 노후, 대중교통 부족 등의 문제가 주요 요인으로 지적된다.

2.3 리스크 평가

국가 기후 리스크 평가를 통하여 기후변화의 주요 리스크를 도출하고, 이를 저감하기 위한 적응대책을 수립하고 있다. 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)에서는 36명의 전문가와 함께 기존 대책의 리스크를 최신 현황에 따라 재평가하였으며, 이를 통하여 7개 부문에서 72개의 리스크를 도출하였다. 부문별 주요 리스크는 다음과 같다.

2.3.1 물관리 부문

물관리 부문에서는 극한강우 및 폭우에 따른 시설물 유지관리 리스크, 극한가뭄에 의한 물 부족 리스크, 기후변화로 인한 물 환경 리스크가 높은 것으로 평가된다. 주요 리스크로는 수리 시설의 설계빈도나 예측의 한계를 초과하는 극한강우 리스크, 폭우로 인한 댐·저수지·하천 등 시설물의 구조적 안전성 저하 리스크, 운영·관리 시설물의 유지관리 리스크가 있다. 또한, 장기 연속 극한가뭄에 따른 생활, 공업, 농업용수 공급량 부족과 고온 현상으로 인한 생활, 산업, 농업 생산성 악화 등의 물 부족 리스크도 존재한다. 그 밖에 폭우 및 집중호우에 따른 오염물질 수계 이동 증가로 발생하는 수질 및 수생태계 리스크와 가뭄 및 고온현상으로 인한 건천화, 환경 유량 부족 등의 물 환경 리스크가 있다.

2.3.2 산림 부문

산림 부문에서는 산불·산사태 발생 위험과 산림생물 및 서식지 피해가 큰 것으로 평가된다. 우리나라의 산림은 침엽수 비율이 높고, 동해안의 계절풍 영향으로 산불에 취약하며, 장마, 집중호우 등 폭우로 인하여 산사태가 발생할 위험이 크다. 이 밖에 고온·가뭄 등으로 인한 산림병해충 피해 위험, 수목의 생장량 감소 및 고사 등 산림생태계 건강성 저하와 산림생물다양성 소실의 위험이 있다.

2.3.3 건강관리 부문

건강관리 부문에서는 폭염·한파 발생에 따른 온열·한랭 질환, 기온상승과 국제적 교류 증가로 인한 곤충·동물 매개체 감염병 등 건강 위험 증가 리스크가 큰 것으로 평가된다. 기후변화에 따른 신종 감염병 발생 가능성과 기후재난 등으로 인한 정신질환 리스크도 증가하는 것으로 평가된다.

2.3.4 주택·도시·기반시설 부문

주택·도시·기반시설 부문에서는 극한기상현상에 따른 집중호우 및 태풍 증가로 도시홍수 등이 발생하여 정주 공간 및 취약지역·취약계층 피해 리스크가 큰 것으로 평가된다. 또한, 이상기후 현상으로 철도, 도로 등의 육상교통 기반시설 피해가 심화될 것으로 평가된다.

2.3.5 항만·연안 부문

항만·연안 부문에서는 해수면 상승 등에 따른 연안 재해 심화와 염수 피해 리스크가 증가할 것으로 평가된다. 연안 재해 리스크로는 해수면 상승에 따른 연안 지역 침수와 범람 위험, 연안 시설물 피해, 백사장·갯벌 침식 위험이 증가할 것으로 보인다. 그 밖에, 이상기후 현상으로 인한 항만시설의 파손 및 기능 저하 등의 리스크도 존재한다.

2.3.6 농수산 부문

농수산 부문에서는 이상기후에 따른 생산 환경 변화와 식량 생산성 저하, 수급 불안 등의 리스크가 큰 것으로 평가된다. 가뭄, 폭염 등으로 농업용수가 부족해지는 생산 환경 변화 리스크와 함께, 기온상승으로 재배적지가 변화하고, 생산성이 저하되는 문제도 나타나고 있다.

2.3.7 생태계 부문

생태계 부문에서는 기후변화로 인한 종·개체수·서식지 감소 등 다양한 생태계 변화에 따른 리스크가 큰 것으로 평가된다. 기온상승, 강수량 변화 등으로 인하여 생물 종·개체수 감소, 외래 생물 증가 및 야생동물 유래 질병 증가에 대한 리스크가 큰 것으로 나타난다.

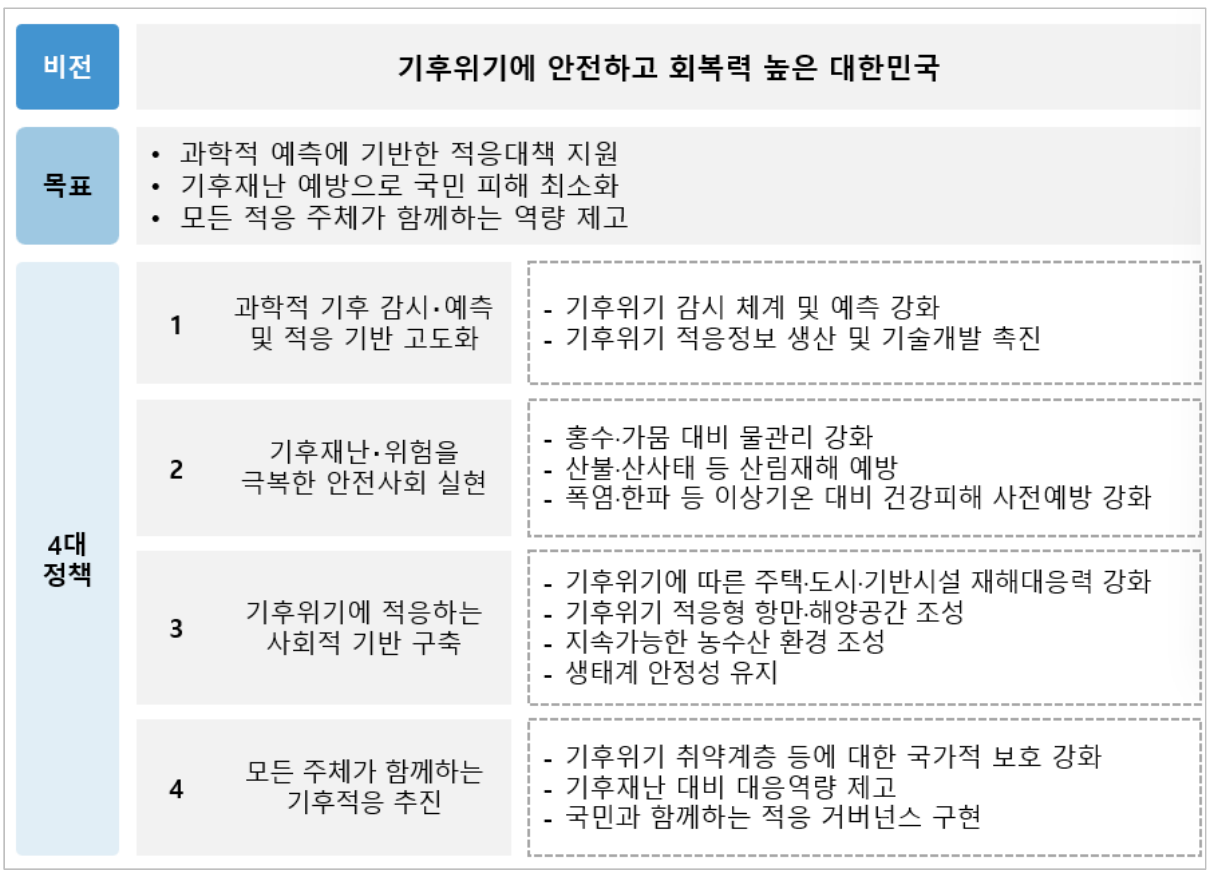
3. 기후변화 적응 전략

3.1 국가 단위 적응정책

우리나라의 국가 단위 기후위기 적응은 5년 단위로 수립되는 국가 기후위기 적응대책에 의하여 추진된다. 현재는 2023년에 수립된 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)을 이행 중이다. 이 대책은 2020년에 수립된 「제3차 국가 기후위기 적응대책」(2020.12)에 IPCC 최신 기후전망과 최근 심해진 이상기후 현상에 대한 대응 방안을 강화하고, 현장에 적용할 수 있는 액션플랜 등을 보완하여 마련한 것이다. 이 대책에는 15개 부처가 참여하고 있으며, 환경부는 기후위기 적응 총괄부처로서 적응대책 수립 과정 전반에 대한 추진상황 점검과 종합평가를 주관하고 있다.

3.1.1 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책

「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)은 '기후위기에 안전하고 회복력 높은 대한민국'이라는 비전 아래 3개 목표와 4대 정책기조로 구성되어 있다.



[그림 III-2] 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 체계도

첫 번째 정책 기조인 '과학적 기후 감시·예측 및 적응기반 고도화'는 기후변화 예측의 정확성을 높이고 국민의 적응정보 활용도를 증진하는 데 초점을 맞춘다. 이를 위하여 인구와 경제성장률 등 사회·경제적 변화를 반영한 미래 기후변화 예측을 고도화하고, 국민 눈높이에 맞는 기후변화 정보를 제공한다. 또한, 부처별로 생산된 적응정보를 연계하고, 기후위험지도를 시각화한 종합플랫폼을 구축하여 대국민 활용도를 높인다.

두 번째 정책 기조인 '기후재난·위험을 극복한 안전사회 실현'은 미래 기후변화 위험도를 반영하여 적응 인프라를 개선하고 재난 대응 능력을 강화하는 데 목적을 둔다. 이를 위하여 댐, 하수도 방재계획 등 주요 인프라를 재설계하고, 기후재난에 대응할 골든타임을 확보할 수 있도록 홍수예보, 폭염·한파 영향예보, 산불조기경보 등 예·경보 시스템을 강화한다.

세 번째 정책 기조인 '기후위기에 적응하는 사회적 기반 구축'은 국민 생활공간과 사회기반시설의 안전성을 높이고 농수산업 및 생태계의 적응력을 강화하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 반지하 등 재해취약 주택을 정비하고, 도시계획 및 도로·철도·항만 등 사회기반시설의 정비를 강화한다. 또한, 기후 적응형 품종·재배기술 개발 등을 통하여 농수산업의 적응역량을 높이고, 생물다양성 예측·모니터링·복원을 확대하여 생태계의 안정성을 확보한다.

네 번째 정책 기조인 '모든 주체가 함께하는 기후적응 추진'은 적응대책의 법적 기반을 강화하고 다양한 주체들의 협력을 촉진하는 데 초점을 둔다. 이를 위하여 국가와 지방자치단체, 산업·금융계 간의 연계방안을 마련하고, 기후변화에 취약한 계층에 대한 지원대책을 수립하며, 이를 통하여 정부, 지방, 기업, 시민사회 등 모든 적응 주체의 역량을 제고하고 기후적응을 위한 협력을 강화한다.

<표 III-1> 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책의 이행과제

정책목표	이행과제
기후위기 감시체계 및 예측 강화	기후위기 종합감시체계 다원화 및 활용·협력 체계 강화
	기후전망 생산기술 개발 및 차기 시나리오 선제 대비
	기후위험 조기예측 기술 개발 및 의사결정 지원
기후위기 적응정보 생산 및 기술개발 촉진	적응정보 종합플랫폼 마련 및 수요자 맞춤형 정보 제공
	기후위기 적응정보 시각화 및 평가방식 고도화
	감시·예측 및 대응의 전 과정에 걸친 적응기술 개발 촉진
홍수·가뭄 대비 물관리 강화	극한홍수에 대응할 골든타임 확보 및 인프라 개선
	장기연속 가뭄에 대한 대응역량 강화 및 물관리 고도화
	기후위기에 대응할 안정적이고 건강한 물환경 구축

정책목표	이행과제
산불·산사태 등 산림재해 예방	잦아지고 대형화되는 산불에 대한 선제적인 대응체계 마련
	산사태 취약지역의 피해 저감 및 복구 강화
	기후변화로부터 산림 생태계 보호
폭염·한파 등 이상기온 대비 건강피해 예방 강화	폭염·한파 모니터링 및 피해 최소화
	기후변화에 기인한 질병 연구·감시 및 대응역량 제고
	건강민감계층의 피해 확대에 따른 보호기반 강화
기후위기에 따른 주택·도시·기반시설 재해대응력 강화	재해취약주택 중점관리 및 건축물 적응력 제고
	이상기후에 대응할 사회기반시설 관리 강화
	지역 중심의 기후적응 도시계획 구축
기후위기 적응형 항만·해양공간 조성	연안재해 예방을 위한 정보제공 강화
	연안재해 대비 항만보강 및 설계기준 개선
	한국형 연안재해 대응기술 개발 및 전문성 강화
지속 가능한 농수산 환경 조성	농수산 생산·기상 정보 고도화 및 기후재난 대응
	기후재해에 대응할 생산기반 적응력 제고
	기후적응형 기술·품종 개발 및 인프라 스마트화 추진
	기후변화 대응체계 개편 및 식량안보 제고
생태계 안정성 유지	기후위기로부터 생태계를 보호하기 위한 모니터링·정보제공 강화
	생물 대발생 등 생태계 기후재난 위험에 대한 대응 강화
	기후위기 취약생물 보호 및 생태계 다양성·안정성 증진 추진
기후위기 취약계층 등에 대한 국가적 보호 강화	기후위기 취약계층 현황 파악 및 적응수단 발굴
	기후위기 취약계층 건강관리 및 에너지부담 경감
	취약계층 주거환경 개선 및 취약지역 평가·지원
기후재난 대비 대응역량 제고	신속·정확한 재난 정보제공 체계 구축
	현장에서의 대응 및 복구를 위한 대책 및 지원 강화
	함께 만들어가는 안전문화 확산
국민과 함께하는 적응 거버넌스 구현	적응사회 제도적·협력적 기반 강화 및 의사결정 지원 시스템 개발
	모든 적응주체의 적응역량 강화 및 내실화
	국민 눈높이에 맞는 홍보·교육 및 국제협력 강화

3.1.2 국가 기후위기 적응대책 성과지표

우리나라는 「국가 기후위기 적응대책」 수립 단계에서부터 모니터링 및 평가를 고려하여 성과지표를 개발하고 있으며, 이를 「국가 기후위기 적응대책」에 포함하고 있다. 「제3차 국가 기후위기 적응 강화대책」(2023.06)에는 18개 정책지표와 15개의 국민체감지표가 포함되어 있으며, 이들 성과지표는 적응대책의 모니터링 및 평가에 활용된다.

<표 III-2> 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 성과지표

정책목표	지표명	
	정책	국민체감
기후위기 감시체계 및 예측 강화	기후변화 상황지도	-
	온실가스 지상 관측망 구축	-
기후위기 적응정보 생산 및 기술개발 촉진	적응정보 표준분류체계 마련	-
홍수·가뭄에 대비한 물관리 강화	홍수예보지점 확대(개소)	소형 강우레이더 확대(기)
	전국 가뭄취약지도 서비스	하수도정비 중점관리지역 지정 수(개소)
	-	국가가뭄정보서비스 이용자 수(명/연간)
	-	가뭄기상전망 제공
산불·산사태 등 산림재해 예방	산불 예측 고도화	산사태 예·경보 고도화
	산사태위험지도 정밀화	산악기상관측망 구축(개소)
폭염·한파 등 이상기온 대비 건강피해 예방 강화	기후변화 질병부담 산출 방법론 개발	-
기후위기에 따른 주택·도시·기반시설 재해대응력 강화	비정상거처 거주 가구 공공·민간임대 이주지원(가구수)	-
	공공임대주택 그린리모델링 가구수(호)	-
기후위기 적응형 항만·해양 공간 조성	항만·어항 외곽시설 보강(개소)	-
지속 가능한 농수산 환경 조성	농작물재해보험 대상품목 확대	기후적응형 품종 개발(종)
	실시간 수온 관측망 확충(개소)	농장맞춤형 조기경보시스템 정보제공(지방자치단체 수)
생태계 안정성 유지	국가보호지역 지정(km^2)	생물대발생 발생종·발생가능종 DB 구축
	도시생태축 복원사업(사업수)	친환경 방제 가이드라인 마련
기후위기 취약대상 등에 국가적 보호 강화	적응인프라 표준모델(개)	취약계층 실태조사 및 가이드라인 마련
	-	적응인프라 조성 지원(지방자치단체 수)
기후재난 대응역량 제고	한국 기후변화 평가보고서 발간	기후위험 중점관리지역 선정방안 마련
국민과 함께하는 적응 거버넌스 구현	적응 연구기관 협의체 운영	적응아카데미 운영(누적/명)
	-	지방자치단체 적응대책 이행 지역전문가·주민지원단 운영(지방자치단체 수)

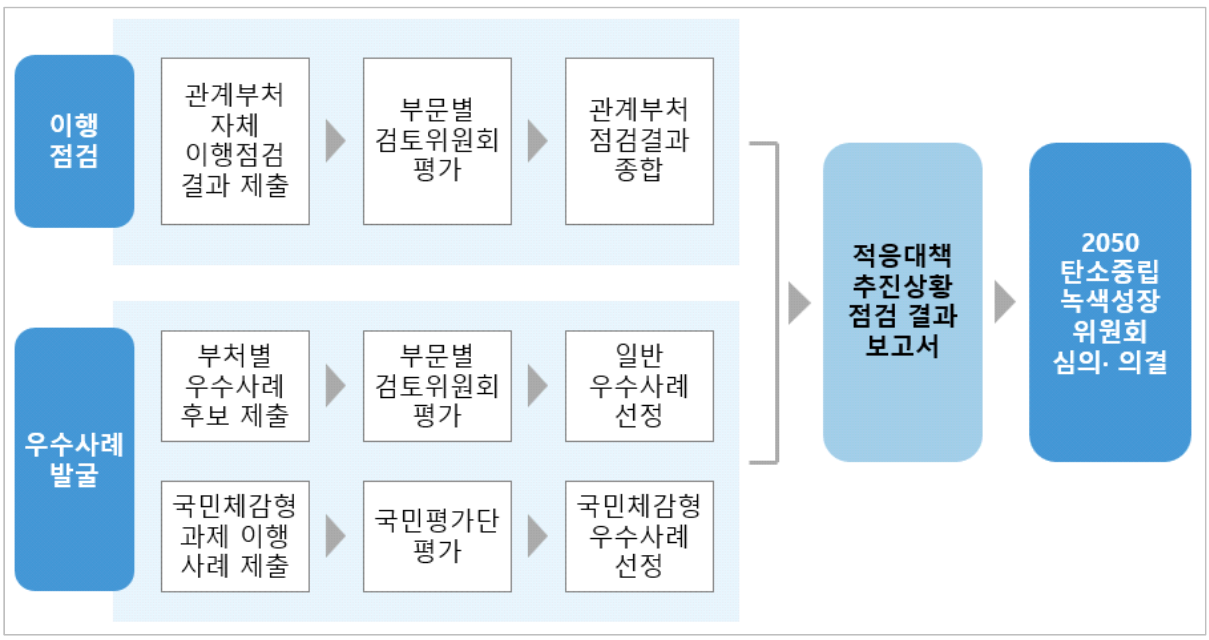
3.1.3 국가 기후위기 적응대책 모니터링 및 평가

「국가 기후위기 적응대책」에 대한 모니터링 및 평가 체계는 매년 시행하는 추진상황 점검과 3년 차에 시행하는 중간평가, 5년 차에 시행하는 최종 종합평가로 구성된다.

매년 시행하는 추진상황 점검은 각 부처의 자체 이행점검과 우수사례 발굴을 통하여 진행된다. 각 정부 부처는 전년도 이행 결과에 대한 자체 이행점검 보고서와 부처별 우수사례 및 국민 체감형 과제의 결과를 환경부에 제출한다. 환경부는 이를 취합하고, 부문별 전문가 검토위원회 등과 검토·평가하여 종합보고서를 작성한 후 탄녹위에 제출하여 심의를 받는다. 심의 결과는 각 부처에 전달되어 다음 해 시행계획 수립에 반영된다.

자체 이행점검은 전년도 추진성과에 대한 소관 부처의 자체 이행점검 보고서를 기반으로 이루어지며, 환경부는 이를 종합하고 부문별 전문가 검토위원회와 평가하여 추진상황 점검 결과를 도출한다.

우수사례 발굴은 부처별 우수사례와 국민체감형 우수사례의 두 부문으로 나뉘어 진행된다. 부처별 우수사례는 소관 부처에서 자체적으로 선정하여 제출한 우수사례를 대상으로 부문별 전문가 검토위원회의 평가를 통하여 선정한다. 국민들이 생활 속에서 체감할 수 있는 과제를 대상으로 하는 국민체감형 우수사례는 국민평가단의 평가를 통하여 선정한다.



[그림 Ⅲ-3] 제3차 국가 기후위기 적응 강화대책 연간 추진상황 점검 체계

3.2 지방자치단체 단위 적응정책

3.2.1 지방 기후위기 적응대책

탄소중립기본법에 따라 지방자치단체에서도 5년마다 각 지역의 기후변화 영향에 맞는 별도의 지방기후위기적응대책을 수립·이행한다.

17개 광역자치단체는 2012년 「제1차 광역 기후위기 적응대책」 수립을 시작으로, 현재는 「제3차 광역 기후위기 적응대책」을 수립·이행하고 있다.

기초자치단체(226개 시·군·구)는 2013년에 「제1차 기초 기후위기 적응대책」 수립을 시작하였다. 2015년부터 적응대책 수립이 의무화되면서 지방자치체의 여건에 따라 5년 단위로 적응대책을 수립하고 있고, 2024년부터 「제3차 지방 기후위기 적응대책」 수립을 시작하였다.

3.2.2 지방 기후위기 적응대책 모니터링 및 평가

지방자치단체의 기후위기 적응대책은 다음과 같은 종합적인 모니터링 및 평가 체계를 갖추고 있다. 매년 각 지방자치단체는 전년도 이행 결과에 대한 자체평가 결과를 환경부에 제출한다. 환경부는 이를 종합하여 보고서를 작성한 후 탄녹위에 제출하여 보고한다. 보고 결과는 다시 지방자치단체에 전달되어 다음 해 이행계획 수립에 반영된다.

추진상황 점검 과정에서는 대책 이행의 준비성, 추진성과·보완점 및 지방자치단체 노력 등을 종합적으로 평가한다. 준비에 관한 점검 과정에서는 전년도 점검 결과에 따른 미흡·부진사항 조치, 주민 체감형 대책 평가를 위한 지역전문가·주민참여단 운영 여부, 지방자치단체 적응역량 강화 노력 정도 등을 점검한다. 이행에 관한 점검 과정에서는 정량·정성 지표로 구분하여 추진과정의 적절성과 성과를 평가한다. 추진 과정의 적절성 평가는 목표 달성 정도, 예산 집행 정도 등의 평가로 구성되며, 성과 평가는 우수사례 발굴 및 사례의 반영 정도 등의 평가로 이루어진다.

2023년부터 광역자치단체는 지역전문가단과 주민참여단을 구성·운영하고 있다. 지역전문가단과 주민참여단은 지방자치단체에서 이행 중인 정책에 대한 주민들의 체감도를 높이고 지역의 특색을 정책에 반영하기 위하여 마련되었으며, 물관리, 산림·생태계, 건강, 농수산, 국토·연안, 산업·에너지의 6개 부문으로 나뉘어 운영되고 있다.

4. 기후변화 적응 이행 진전

4.1 기후변화 적응 우수사례

4.1.1 국가 적응 우수사례

1) 자체점검 우수사례

정부는 매년 수행하는 추진상황 점검을 통하여 우수사례를 발굴하고 공표한다. 2021~2023년 3년간 중앙정부가 추진한 적응사업 중 우수사례는 다음과 같다. 각 부처의 자체 이행점검 결과를 토대로 부문별 검토위원회에서 선정한 사례들이다.

국토교통부는 '반지하 등 재해 취약주택 점진적·단계적 정비(2023)' 과제를 추진하였다. 이 사업은 갈수록 심해지는 여름철 집중호우에 대비하여 반지하 등 취약주택과 지하주차장 등 취약시설에 차수판이나 배수펌프, 세대 역류방지 장치 등 침수피해 방지시설을 설치하는 사업이다. 2023년 11월, 상습 침수 우려 지역 4,440호에 침수피해 방지시설을 설치하였으며, 매년 정기 점검 시 해당 시설의 작동 여부를 점검할 계획이다.

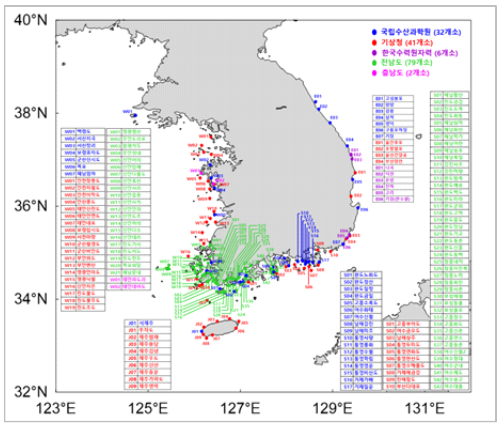
[그림 Ⅲ-4] 재해 취약주택 정비

[그림 Ⅲ-5] 포항 영일만항 방파제 준공

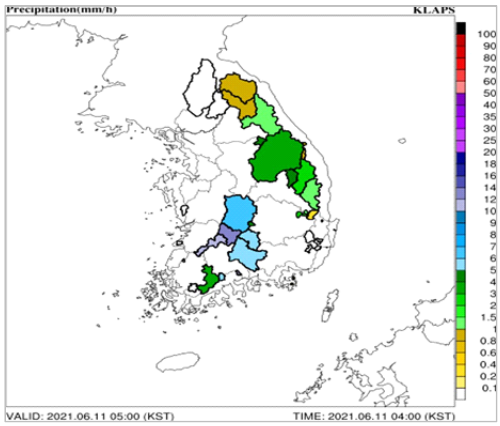
해양수산부는 '기후변화대응 항만 설계기준 개선 및 인프라 보강' 과제를 추진하고 있다. 이 과제는 해수면 상승으로부터 항만시설 및 배후권역을 보호하기 위하여 2021년 설계파 재현빈도를 50년에서 100년 주기로 강화하였다. 2023년에는 이 강화된 설계기준을 적용하여 전국 항만 외곽시설의 안전성과 침수 취약성을 평가하였다. 이를 바탕으로 2032년까지 해양 재해 대비를 위한 방파제 등 외곽시설 30개항 43개소를 보강하고, 침수피해 예상지역 16개항 22개소를 대상으로 방호벽 설치를 추진하고 있다.

해양수산부는 '수산자원·양식품종 변동 모니터링 및 사물인터넷(Internet of Things, 이하 IoT) 기반 실시간 해양 관측 자료 생산(2022)'이라는 과제를 추진하였다. 이 과제는

기후변화로 인한 양식어업 피해를 줄이기 위하여 실시간 해양 관측자료를 제공하는 데 목적이 있다. 이를 위하여 수산자원의 생태 변화를 추적하고, 첨단 장비와 IoT 기반의 실시간 해양 관측망을 구축하여 실시간 수온 관측망을 확대하였다. 또한, 어민에게 신속한 정보를 제공함으로써 고수온 대응에 필요한 시간을 충분히 확보하여 피해 저감에 기여하였으며, 유해생물항공 예찰 체계를 개발하여 적조 농도를 예측하는 알고리즘을 도입하였다.



[그림 III-6] 실시간 수온 관측망 확대



[그림 III-7] 댐유역 예측 강수량 지도 공유

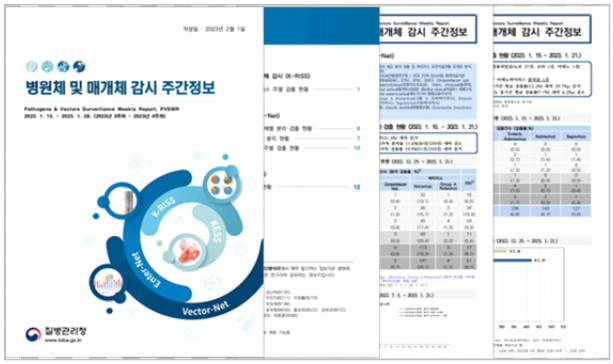
기상청은 '홍수예보 정확도 향상을 위한 관계기관 협업체계 강화(2021)'라는 과제를 추진하였다. 이 과제에서는 환경부, 홍수통제소, 수자원공사 간의 원활한 소통과 협업을 강화하였다. 이를 위하여 맞춤형 기상 예측 자료를 제공하고, 기상 관측 자료의 공동 활용을 통하여 홍수예보와 댐 운영 의사결정을 지원하였다. 또한, 합동 토의 체계를 구축하고 맞춤형 교육 프로그램을 신설하였으며, 관측 자료 수집 주기를 단축하고 기상청 관측 장비를 설치하여 정밀한 관측 정보를 공유하였다.

2) 국민체감형 우수사례

다음은 각 부처의 국민체감형 과제 중 국민평가단의 평가를 거쳐 우수사례로 선정된 사례들이다.

환경부 국립생물자원관은 '기후변화 적응 모니터링을 위한 국민 참여 확대(2023)'라는 과제를 추진하였다. 이는 일반시민, 준분류학자, 전문가 등 다양한 계층이 협력체계를 구축하여 국민이 체감하는 생물다양성 보전·관리 정책을 추진하는 과제로, 일반시민과 시민과학자가 한 팀이 되어 거주지역을 중심으로 연구에 동참하였다. 이들은 모니터링 활동을 통하여 국가 기후변화 생물지표종 100여 종을 관찰하고, 자연 관찰 앱을 활용하여 총 73,491건 검증을 완료하는 등 과학적 자료를 수집하였다. 수집된 자료는 국가 기후변화 생물지표종의 기후변화 영향을 모니터링하고 미래 분포 변화를 예측하는 데 활용되었다.

[그림 Ⅲ-8] 기후변화 적응 모니터링 합동조사



[그림 Ⅲ-9] 기후변화 감염병 정보 제공

질병관리청은 기후변화에 따른 공중보건 인식 제고를 위하여 '기후변화 기인 감염병 감시·대응 강화(2023)'라는 과제를 수행하였다. 전국 70여 개 병원 및 시·도 보건환경연구원과 연계하여 질병관리청 웹사이트 내 수인성·식품 매개 감염병 원인병원체 분석결과와 유행정보를 매주 일반 국민에게 공개하고 있다.

농촌진흥청은 '주요 작물 이상기상 피해 정량화 및 피해저감 기술 개발(2023)'이라는 과제를 추진하였다. 이를 통하여 호우, 가뭄, 이상기온 등으로 인한 농작물 피해를 정량화하였다. 원예 특용작물, 배추, 과수, 인삼 등 다양한 작물의 이상기상으로 인한 피해를 경감하는 기술을 개발하고, 기후 적응형 337품종을 육성하였다.

[그림 Ⅲ-10] 기후변화 적응형 사과 품종 '만홍'

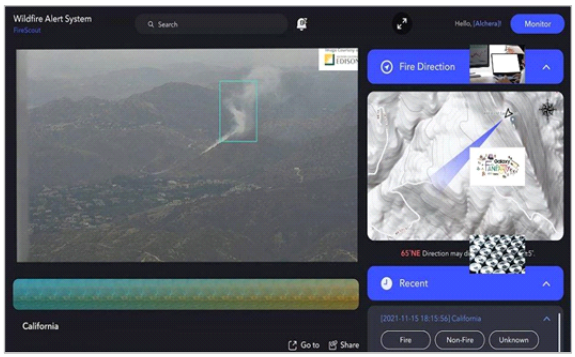
[그림 Ⅲ-11] 국민체감형 가뭄정보 제공

환경부는 '국민체감형 가뭄정보 생산 및 대국민 홍보 강화(2021)'라는 과제를 추진하였다. 이를 통하여 사용자 맞춤형 가뭄정보를 제공하고, 가상현실 기반의 비대면 가뭄 교육체험장을 구현하였고, 국민이 쉽게 접근하고 이해할 수 있는 국가가뭄정보포털을 구축하였다. 어린이 및 초등교사 등을 대상으로 가뭄 교육 및 체험 행사도 운영하였다.

3) 기타 우수사례

상기 우수사례 외에도 소관 부처에서는 다양한 적응사업을 추진하고 있다. 특히, 최근에는 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI) 등 최첨단 정보통신기술(Information and Communication Technologies, 이하 ICT)을 기후변화 적응에 활용하는 사례도 늘어나고 있다.

산림청은 '첨단 ICT 적용 산불 예방·진화 역량 강화(2023)'라는 과제를 추진하였다. 이 과제는 첨단 기술을 산불 예방 및 진화에 적용하여 기후변화로 대형화·빈번화되는 산불 대응역량을 강화하고자 마련되었다. 이를 위하여 AI 기반 '지능형 산불방지 ICT 플랫폼'을 구축하고, AI 딥러닝으로 산불 발생을 자동 탐지하고 24시간 감시하는 체계를 도입하였다. 산불 감시카메라와 산림·관계기관 CCTV를 연계·활용하여 모니터링도 강화하였다. 이 밖에 야간산불과 험준지 등의 진화역량을 강화하기 위하여 드론 산불진화대와 드론감시단을 운영하고 있다.



[그림 III-12] 산불방지 ICT 플랫폼 구축

[그림 III-13] 기후변화 취약 야외근로자 대상 이동식 쉼터 설치

취약계층에 대한 기후변화 적응 지원 사업도 확대하고 있다.

환경부는 취약계층의 기후변화 적응을 지원하는 사업을 꾸준히 추진하여 왔다. 지역아동센터와 같은 취약시설과 독거노인 등 취약가정에 폭염 대비 시설을 설치하고, 표준모델, 가이드라인 개발 등을 통하여 취약계층 지원을 체계화하고 있다. 2023년에는 기후노출, 사회경제, 주거 현황을 복합적으로 고려하여 지원이 시급한 기후변화 취약계층의 유형을 검토하였다. 취약계층의 기후변화 피해사례, 취약성, 적응정책 수요를 실태 조사하여 기후위기 취약계층에 대한 지원을 강화하기 위한 기반을 마련하였다.

산업통상자원부에서도 기후변화 취약계층의 에너지 사용 환경을 개선하는 사업을 추진하고 있다. 단열·창호 시공 및 바닥공사, 고효율 냉·난방기 교체 등을 통하여 취약계층의 기후변화에 대한 적응을 지원하고, 온실가스 저감의 공동편익을 도모하고 있다. 2021년부터 2023년까지 기후변화에 더욱 취약한 저소득층 가구와 사회복지 시설 98,149곳을 지원하였다.

산림청은 지역 거버넌스 기반의 산불피해지 산림생태복원을 추진하고 있다. 2022년 울진군 일원에 발생한 대형 산불로 산림유전자원보호구역 등 약 4,800ha의 보호구역이 황폐해졌다. 이를 복원하고자 지역주민·전문가·NGO 등으로 거버넌스를 구성하여 복원 기본계획을 마련하고 지역사회와 국민이 직접 참여하는 '기부자의 숲 캠페인'을 추진하였다. 산림의 적응 및 회복 능력이 증진되도록 산불피해지 주변에서 채취·증식한 자생식물, 자연재료, 피해목 움싹 등을 활용한 생태적 기법을 적용하여 2023년에 220ha의 산림을 복원하였다.

4.1.2 지방자치단체 적응 우수사례

다음은 지방자치단체 차원에서 2021~2023년 동안 추진한 적응사업 중 우수사례이다. 지방자치단체의 적응사업은 해당 지방자치단체의 주요 리스크와 여건에 맞게 다양한 형태로 추진된다.

경기도는 기후변화에 따른 해면·내수면 수산자원이 감소하고 생태계가 변화됨에 따라 자연기반해법의 친환경 내수면 어업 육성을 위하여 노력하고 있다. 이를 위하여 2023년에는 토산어종 치어 5품종 200만 마리와 해수면 유용 수산종자 7품종 590만 마리를 방류하였다. 특히, 부화율이 저조한 빙어의 경우 기존의 수정란 부착방식에서 부화한 치어를 직접 방류하는 방식으로 개선하였다. 바지락과 모시조개 등에는 해수분사형 고밀도 시스템을 적용하여 대량 생산 및 생산성 안정화를 달성하였다.

[그림 Ⅲ-14] 토산어종 방류

[그림 Ⅲ-15] 기후변화 대응형 벼품종 '빠르미'

충청남도는 기후변화 대응형 벼 품종개발 연구를 추진하였다. 일반적으로 벼는 생육기간이 짧으면 밥맛이 떨어지는 문제가 발생하는데, 이 연구에서는 국내 최초로 초조생종에 중간찰 특성을 도입하여 밥맛을 개선하였다. 이를 통하여 생육기간을 줄이고, 그 기간에 발생하는 메탄 발생량을 감축할 수 있다. 또한, 기후변화로 증가하는 극한기후 및 병해충 위험에 대비하여, 여러 차례에 걸친 우량계통 선발을 통하여 수량성이 양호하고 도열병에 저항성이 있는 품종으로 개발하였다.

우리나라에서 가장 더운 도시 중 하나인 대구광역시는 기후변화로 인한 폭염 피해를 최소화하기 위하여 다양한 대책을 추진하고 있다. 우선 폭염 및 도시 열섬현상에 대응하기 위한 중장기 종합계획을 수립하였으며, 재난 통합관리 플랫폼 '안심하이소' 애플리케이션을 구축하였다. 버스정류장 쿨링포그, 냉난방 유개승강장 등 폭염에 대응하는 시설을 설치하고, 양산 쓰기를 일상화하자는 시민 실천 운동을 추진하고 있다.

[그림 III-16] 공원 내 설치된 쿨링포그

[그림 III-17] 자동 점적 관수 시스템 설치

충청북도는 '이상기후 대응 노지 고추 안정생산 시범(2021)'이라는 과제를 추진하였다. 이를 통하여 가뭄이나 서리와 같은 기상이상현상에 대응하는 고추 재배 기술 지원 패키지를 마련하여 25개 농가와 농지 5.74ha에 적용하였다. 간이 비가림과 토양 수분장력 센서를 활용한 자동 점적 관수 시스템 등의 기술을 도입하고 이를 농가에 적용하면서 필요한 기술을 지원하였다. 그 결과 고추 생산량이 20% 증가하고 농가소득이 19% 증대하는 성과를 거두었다.

인천광역시 계양구는 기후변화로 인한 무더위로부터 구민들을 보호하고 취약계층을 지원하고자 '무더위 쉼터 운영, 취약계층 방문형 건강관리 사업(2021)'이라는 과제를 진행하였다. 이를 통하여 26개소에 취약계층을 위한 냉방비를 지원하고, 무더위 쉼터 28개소에 그늘막을 설치하였다. 또한, 취약계층을 대상으로 3만 6,000건의 건강관리 교육을 시행하였으며, 방문형 건강관리 서비스와 무료 셔틀차량 운행을 제공하였다.

[그림 Ⅲ-18] 취약계층 방문형 건강관리

[그림 Ⅲ-19] 반지하 취약주민 '동행파트너'

이 밖에 기존 적응대책에는 포함되어 있지 않으나 기상이변으로 인하여 추가로 필요한 사업을 신설하여 추진한 사례도 있었다.

서울특별시는 '반지하 주택 거주 재해약자를 위한 동행파트너 구성·운영(2023)'이라는 과제를 시행하였다. 지하주택이나 침수에 취약한 지역에 거주하는 중증장애인 등은 집중호우 발생 시 대피할 시간이 부족하다. 이러한 문제 해결을 위하여 근처에 거주하는 주민과 공무원으로 동행파트너를 구성하고 침수 징후가 발견되면 즉시 대피할 수 있도록 조치하였다. 동행파트너들은 반지하주택에 거주하는 장애인, 노인 등 954가구에 상황을 전파하고 신속한 대피를 지원한다.

4.1.3 공공기관 적응 우수사례

도로 등 주요 사회기반시설을 담당하는 공공기관은 법에 따라 2022년에 「공공기관 기후위기 적응대책」을 수립하고 2023년부터 본격 이행하고 있다. 공공기관의 주요 적응 사례는 다음과 같다.

한국수자원공사는 환경부의 도시침수방지 사업의 일환으로 2023년부터 디지털트윈(Digital Twin)과 AI 기반의 도시침수예보 플랫폼을 구축·운영하고 있다. 이 플랫폼은 2023년 도림천에 시범적으로 도입되었다. 고정밀 공간정보를 활용한 가상모형 시스템에 IoT 센서와 폐쇄회로 텔레비전(Closed Circuit Television, CCTV) 등 현장 계측 정보를 연계하여 침수 발생 시 도림천 인근 주민들에게 신속히 홍수 위험 정보를 제공한다. 이러한 플랫폼 구축 기술을 사우디아라비아의 디지털 대전환 프로젝트에 활용하기 위하여 국내 인터넷 서비스 기업인 네이버(NAVER)와 함께 사우디아라비아와의 협력을 추진 중이다.

[그림 III-20] 도시침수예보 플랫폼의 도시침수예측 절차

한국농어촌공사는 기후변화로 인한 농업생산기반시설의 안정적 운영을 보장하기 위하여 설계지침을 개정하였다. 개정된 지침에 따라 농업생산기반시설의 기본계획을 수립할 때는 기후변화의 영향이나 취약성 조사를 시행하여야 하며, 댐이나 관개시설 등의 설계빈도 등은 기후변화 취약성과 해당 시설의 중요도에 따라 조정할 수 있도록 하였다. 특히 농업용 댐, 농지 배수 및 농지 관개시설의 이수 및 설계 용량을 산정할 때는 미래 기상 데이터를 기반으로 한 표준 시나리오를 활용할 수 있도록 하였다. 개정된 지침을 통하여 향후 농업생산기반시설은 기후변화로 인한 리스크에 효과적으로 대응하고 농업생산성을 높일 것으로 기대된다.

[그림 III-21] 기후변화 취약성 평가결과를 활용한 사업대상지 선정 절차

4.2 기후변화 적응 협력 사례

4.2.1 국내협력

국내 기후변화 적응을 주류화하고 활성화하기 위하여 다양한 적응 관련 국내 협력을 추진하고 있다. 다음은 현재 추진 중인 국내 기후적응 협력 사례들이다.

환경부는 지방정부의 적응 의지를 고취하고자 '2023 대한민국 지방정부 기후적응 선언식'을 개최하였다. '2023 유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC) 적응주간'의 일환으로 개최된 이 행사에는 지방자치단체의 96%가 참여하여, 적응에 대한 지역의 강한 의지를 표명하였다. 참석한 지방자치단체장들은 적응정책 우선 추진 및 이행체계 구축, 기후위기 취약계층 보호, 지역경제 활성화와 일자리 창출 모색, 시민참여 등을 통하여 기후변화 적응에 앞장설 것을 다짐하였다.

[그림 Ⅲ-22] 2023 대한민국 지방정부 기후적응 선언식

[그림 Ⅲ-23] 기후변화 적응 연구기관 협의체

[그림 Ⅲ-24] IPCC 6차보고서 관련 포럼 개최

환경부는 과학 기반의 의사결정을 위하여 '기후변화 적응 관련 유관 연구기관 협의체'를 2022년부터 운영하고 있다. 협의체에서는 해양, 수산, 물관리, 생태, 기상, 농업, 산림, 보건 등 다양한 분야의 적응정보를 생산하는 10개 연구기관이 참여하여 기후변화 적응 관련 연구 협력 강화 방안을 모색하고 있다.

기상청은 기후변화에 대한 과학적 근거로서 IPCC 보고서의 중요성이 증대됨에 따라, 국내 관계기관과 IPCC 국내 대응 협의회(Korean IPCC Response Council, 이하 K-IPCC)를 조직하여 IPCC에 대한 대응을 강화하고 있다. K-IPCC는 제6차 IPCC 평가보고서 대응을 완료하고 2023년부터 제7차 평가보고서 대응을 시작하였다. K-IPCC는 주관부처인 기상청을 포함한 14개 관계부처로 구성되어 있으며 보고서의 기술적 검토를 위하여 기후변화과학(제1실무그룹), 기후변화 영향·적응·취약성(제2실무그룹), 기후변화 완화(제3실무그룹), 온실가스 인벤토리(TFI)의 총 4개 분야 전문위원회와 분야 간 연계 검토 강화를 위한 실무그룹 총괄위원회를 두고 있다. 기상청은 K-IPCC와 함께 IPCC 보고서를 국문화하고 관련 포럼을 개최하여 기후변화에 대한 국민의 관심을 높이고 있다.

4.2.2 국제협력

기후변화에 적응하기 위한 국제사회의 노력에 동참하고, 국제사회에 우리나라의 적응 지식과 경험을 공유하기 위하여 다양한 국제협력 사업을 추진하고 있다. 다음은 기후변화 적응과 관련하여 추진 중인 국제협력 사업의 일부 사례들이다.

환경부는 UNFCCC 사무국 및 기타 국제기구들과 '2023 UNFCCC 적응주간'을 개최하였다. 이 행사는 '적응의 새로운 시대: 적응의 확대와 변혁'이라는 주제 아래 총 24개의 국내외 행사 및 86개 세션으로 나뉘어 진행되었고, 전 세계 70개국에서 1,223명이 참석하여 다양한 논의를 펼쳤다. 특히, 이번 행사는 UNFCCC의 적응주간으로는 최초로 유엔환경계획(United Nations Environment Program, UNEP)과 공동 주관하여 행사의 내용과 참석 범위를 확대하였다. 특히, 적응 의제에 대한 관심도가 높은 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(Conference of the Parties, COP28)를 앞두고 개최되어 적응 분야의 논의를 진전시키는 데 기여하였다.

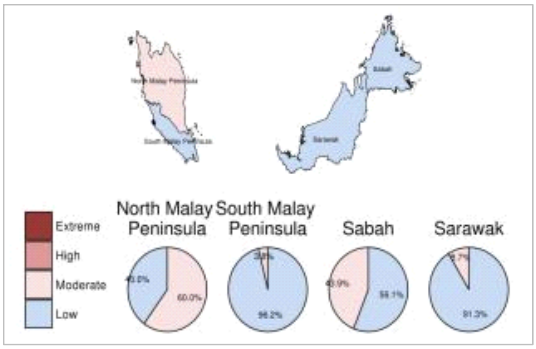
[그림 III-25] 2023 UNFCCC 적응주간 개최

[그림 III-26] 캄보디아, 라오스, 베트남 생물다양성 도감 발간

환경부는 기후변화로 위협받는 개발도상국의 생물다양성 보전과 생물자원의 지속 가능한 이용을 위하여 '해외 생물다양성 공동연구 및 협력체계 구축 사업'을 추진 중이다. 동남아시아, 아프리카, 중남미 등 10개국과 공동연구를 진행하고 있으며, 국립공원 등 보호구역 내 생물다양성 도감을 발간·기증하고 있다. 2021년에는 캄보디아, 라오스, 미얀마를 대상으로 버섯·식물도감을, 2022년에는 캄보디아, 라오스, 베트남을 대상으로 어류·나방과 나비·약용식물 도감을 발간하였다. 2023년에는 '한-태평양도서국 정상회의'를 기념하여 마크로네시아 식물도감을 발간하였다.

기상청은 아시아 태평양 경제협력체(Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC) 회원국의 이상기후에 대한 대응과 기후예측 역량을 강화하기 위하여 아태지역 기후예측기술을 개발하고 기후정보를 생산·제공하고 있다. 기후정보의 활용성을 강화하고자 인도네시아를

대상으로 운영하여 온 산불 예측 시스템 서비스를 2023년에는 말레이시아로 확대하였고, 사용자 중심의 서비스를 강화하기 위하여 동적 기후정보서비스 시스템을 구축하였다.



[그림 Ⅲ-27] 말레이시아 산불 예측 시스템 구축

[그림 Ⅲ-28] 2022 UNFCCC-CASTT 적응 아카데미 운영

환경부는 파리협정 하에서 새롭게 추가된 다양한 적응 관련 보고체계에 대한 개발도상국의 어려움을 해소하고자 UNFCCC 사무국 및 여러 국제기구와 함께 'UNFCCC-CASTT 적응 아카데미(Climate Action and Support Transparency Training, UNFCCC-CASTT)'를 운영 중이다. 2021년 아·태 지역 15개국의 30명을 교육하였고, 2022년에는 글로벌 아카데미로 확대하여 23개국 23명을 교육하였다. 2023년에는 2024년부터 시작되는 격년투명성보고서(Biennial Transparency Report, BTR) 제출을 앞두고 더 많은 개발도상국에 혜택을 제공하고자 아카데미를 온라인으로 개최, 48개국의 129명에게 교육을 진행하였다.

우리나라는 공적개발원조(Official Development Assistance, ODA) 등 기존의 국제협력에서도 기후변화에 적응하려는 노력을 확대하고 있다. 일례로 환경부는 지난 3년간 9개국에서 10개의 기후변화 적응 관련 국제협력 사업을 추진 중이다. 이 중 약 절반이 기후변화로 심화되는 홍수, 가뭄 등에 대비한 수자원 관련 협력 사업이다. 주요 사업으로는 라오스의 극한강우 대비 홍수 예·경보 시스템 구축, 캄보디아의 효율적 수자원 관리를 위한 스마트물관리 시스템 구축, 인도네시아 누산따라 신수도 탄소중립 상수도 인프라 구축, 우즈베키스탄-키르기스스탄의 가뭄 대비 스마트 관개 시스템 구축 등이 있다. 이외에도 다양한 환경 개선과 인프라 구축을 통하여 개발도상국의 기후변화 적응을 지원하고 있다.

Ⅳ

국제사회 기여

우리나라는 파리협정 하에서 지원을 제공한 '기타 당사국'으로서,[48] 파리협정이 '행동'과 '지원'을 동시에 추구하는 제도임을 명확히 인지하고 있다. 온실가스 감축과 기후변화 적응의 목표를 수립하고 이를 이행하기 위하여 노력하는 한편, 개발도상국의 기후변화대응을 지원하기 위한 자발적인 노력도 기울이고 있다.

파리협정의 취지에 맞추어 2050 탄소중립 목표와 이행체계를 법제화한 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)(2021.09)을 제정하며 개발도상국의 기후변화 대응을 지원하기 위한 국가 차원의 적극적인 국제협력 의지를 천명하였다.[49] 이어서 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(이하 탄소중립기본계획)(2023.04)을 수립하여 개발도상국의 녹색전환을 촉진하기 위한 협력 강화를 세부 정책과제로 포함하였다.

이러한 법률 및 기본계획에 근거하여, 우리나라의 많은 행정 부처가 개발도상국에 대한 재정, 기술, 역량배양 지원에 참여하고 있다. 각 부처는 기후변화대응에 특화된 지원 정책을 수립하여 이행하거나, 개발도상국에 대한 일반적인 지원 프로그램에 기후변화대응 요소를 포함하고 있다.

정부와 민간의 협력을 통한 지원 노력 또한 활발히 이루어지고 있다. 2018년에 출범한 글로벌 민관 파트너십 플랫폼인 '녹색성장과 2030 글로벌 목표를 위한 연대(Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030, 이하 P4G)'를 통하여, 정부는 최근까지 400만 달러 이상의 재원을 공여하였으며, 이를 바탕으로 기술개발 및 이전, 역량배양 부문에서 민간, 공기업, 기관의 자원과 기술을 활용한 다양한 국제협력 사업들이 진행 중이다.

그러나 민간 부문의 지원 노력에 대한 정보를 추적하는 데는 어려움이 따른다. 특히, 자발적으로 지원을 수행하는 기업들의 정보는 기밀성이 요구되기 때문에, 공적 개입을 통한 민간 재원의 조성방안 정보를 보고하는데 한계가 있다. 따라서 제1차 격년투명성보고서(Biennial Trasparency Report, 이하 BTR)에서는 상대적으로 정량 정보의 추적이 용이한 정부 주도 활동을 중심으로 국제사회 기여 정보를 제공하되, 민간 부문의 활동을 장려하는 노력과 관련된 경험 및 우수 사례는 정성적으로 설명하고자 한다.

48) 파리협정 당사국회의 결정문(Decision 18, CMA.1) 부속서 제118항
49) 제3조(기본원칙) 제8호, 제4조(국가와 지방자치단체의 책무) 제8호, 제75조(국제협력의 증진) 제2항을 통하여 국제사회의 일원으로서 개발도상국의 기후위기에 대한 대응을 위한 국제협력을 명시함

1. 재정

국제사회는 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, 이하 SDGs)의 열세 번째 목표로 '기후변화와 그 영향에 대처하기 위한 긴급행동'을 채택하고, 개발도상국의 온실가스 감축목표 달성을 강조하고 있다.

개발도상국의 기후변화대응을 위한 재정지원도 대폭 확대하고 있는데, 대표적인 활동으로 2021년 5월에 열린 'P4G 제2차 정상회의'를 들 수 있다. 이 자리에서 우리나라는 P4G회의 개최국이자 의장국(2021~2023)으로서 공적개발원조(Official Development Assistance, 이하 ODA)의 확대를 통하여 개발도상국의 녹색회복을 지원할 것을 선언하였다. 또한, 개발도상국의 기후변화대응을 지원하는 민관협력사업에 활용될 P4G 기여금 400만 달러를 신규로 공여하기로 약속하였다. 2022년 11월에는 '부산 이니셔티브'를 발표하며 기후변화, 디지털 격차, 보건위기, 식량안보, 미래세대 인력양성 등 5대 분야에 중점을 두고 개발도상국과의 맞춤형 협력을 확대하겠다는 의지를 표명하였다.

탄소중립을 목표로 하는 국제사회의 노력에 발맞춰, 글로벌 기후변화에 대한 대응 논의가 다자협력을 통하여 더욱 활발히 이루어지고 있다. 그 일환으로 우리나라는 환경 분야 전문 국제기구인 글로벌녹생성장기구(Global Green Growth Institute, 이하 GGGI)와 아시아산림협력기구(Asian Forest Cooperation Organization, 이하 AFoCO)의 설립을 주도하였으며, 녹색기후기금(Green Climate Fund, 이하 GCF) 본부도 인천광역시에 유치하였다.

1.1 재정지원 기반

1.1.1 추진체계 및 전략

1) 추진체계

우리나라의 ODA 추진체계는 2010년 1월에 제정된 「국제개발협력기본법」(2010.01)에 따라 총괄·조정기관, 주관기관, 시행기관의 3단 구조로 이루어져 있다.

국무총리가 위원장인 국제개발협력위원회에서 ODA 전반을 총괄·조정하며, 그 산하에 국제개발협력 실무위원회와 평가전문위원회를 두고 있다. 기획재정부와 외교부는 각각 양자 유상원조와 양자 무상원조의 주관기관으로서, 분야별 연간 시행계획을 작성하고 그 이행을 점검한다.

기획재정부는 유상원조의 시행기관으로 대외경제협력기금(Economic Development Cooperation Fund, 이하 EDCF)을 지정하여, 교통, 보건, 수자원, 에너지 분야의 대규모 재원이 소요되는 사업을 지원하고 있다. 2022년 말 기준, 58개국에서 503개 사업(누적 승인 27.7조 원)을 추진하였다. 외교부는 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency, 이하 KOICA)을 통하여 무상원조 사업을 시행하고, 무상원조관계기관협의회와 무상개발협력전략회의를 통하여 전체 시행기관의 사업을 조정하는 역할을 맡고 있다. 다자협력 분야에서는 기획재정부가 다자개발은행(Multilateral Development Bank, 이하 MDB) 협력을 주관하고, 외교부는 국제연합(United Nations, 이하 UN) 및 기타 국제기구와의 다자협력을 담당하고 있다.

2) 추진전략

2021~2025년까지 적용되는 「제3차 국제개발협력 종합기본계획」(2021.01)에서는 '협력과 연대를 통한 글로벌 가치 및 상생의 국익 실현'이라는 비전을 목표로 삼고, 이를 달성하기 위하여 ⅰ) 포용적 ODA, ⅱ) 상생하는 ODA, ⅲ) 혁신적 ODA, ⅳ) 함께하는 ODA 등 4대 전략목표와 12개의 중점과제를 구체화하였다.

특히, '상생하는 ODA'의 중점 추진과제로 '녹색 전환 선도'를 채택하여, 개발도상국의 기후변화대응을 지원하는 구체적인 방안을 마련하였다. 2021년 7월에는 「그린 ODA 추진전략」(2021.07)을 도입하였으며, 양자 ODA 중 그린 분야(리우마커+환경마커)의 비중을 2025년까지 경제협력개발기구(Organization for Economic Cooperation and Development, 이하 OECD) 평균 이상으로 확대하겠다는 목표를 수립하여 개발도상국의 녹색전환과 탄소중립 지원을 강화하여 나가고 있다.

이후에도 「새정부 국제개발협력 추진방향(안)」(2022.06)과 탄소중립기본계획 등을 통하여 ODA를 기반으로 한 글로벌 기후변화 대응 체계를 구축하고 있으며, 그린 분야 국제기구에 대한 추가 공여를 약속하면서 탄소중립 및 녹색성장 분야에서의 국제협력을 더욱 확대하여 나가고 있다.

<표 Ⅳ-1> 우리나라의 그린 공적개발원조(ODA) 관련 주요 정책

구분	세부 설명
국제개발협력 종합기본계획 (2011~, 5년 단위)	ODA 최상위 국가 종합전략으로 중장기 ODA 비전 및 목표 제시 (2021년 1월에 3차 기본계획 마련) 개발도상국의 녹색 전환을 지원하기 위한 그린 ODA 비중 확대, 수원국 맞춤형 그린 ODA 추진, 양자 기후변화 협력 협정 추진 및 R&D 지원 등 추진
국제개발협력 종합시행계획 (2011~, 매년)	'국제개발협력 종합기본계획'의 실현을 위한 연도별·부처별 세부 추진과제(확정액 기준) 구체화 그린 분야 ODA 사업에 대한 가점 부여, GCF 공여 약정(3억 달러) 등 전략적 ODA 추진 전략 반영
그린 ODA 추진전략 (2021.07)	그린 ODA 환경 대응을 위한 비전 및 추진전략 제시 개발도상국의 녹색 전환을 위한 지원 강화, 글로벌 협력 선도, 상생 파트너십 구축을 위한 세부과제 마련
새정부 국제개발협력 추진방향(안) (2022.06)	새정부 ODA 국정과제에 따라 향후 5년간의 ODA 방향 및 과제 마련 SDGs 및 글로벌 가치 실현을 위하여 ODA를 통한 기후변화대응 방향 제시
제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 (2023.04)	탄소중립·녹색성장 분야의 국제협력 추진 방향 및 과제 제시 '개발도상국 녹색전환 촉진을 위한 그린 ODA 확대'와 '글로벌 ODA 확산을 위한 국제사회와의 협력 강화'라는 세부 과제 마련

1.1.2 지원의 효과성 제고 노력

1) 수요 기반 지원

개발도상국의 수요와 우선순위를 효과적으로 반영하기 위한 맞춤형 지원 체계를 구축하고 있다. 2010년부터 협력국의 발전 수준, 원조 필요성, 원조 수행의 효과성 등을 종합적으로 평가하여 지원 대상 국가를 선정하는 중점협력국 제도를 운영해 왔다. 중점협력국별로 국가협력전략(Country Partnership Strategy, 이하 CPS)을 수립하여 국가별 발전 수요에 맞춘 중점협력분야와 지원방향을 설정하고, 협력국의 필요에 부합하는 맞춤형 지원을 제공하고 있다.

국가별 중점협력분야는 협력국의 중장기 국가개발전략과 분야별 개발계획 분석을 바탕으로, 협력국 정부와의 협의를 통하여 확인된 협력 수요에 따라 결정된다. CPS의 수립 및 개정 과정에서는 협력국의 중기 국가개발전략과 SDGs 이행 상황을 면밀히 검토하며, 협력국의 변화하는 수요에 맞춰 중점협력분야를 조정한다. 기후변화(환경), 물 관리, 보건위생, 교통, 지역개발, 교육, 공공행정, 에너지 등이 주요 중점협력분야로 설정되어 있다.

<표 Ⅳ-2> 국가협력전략(CPS)에 반영된 기후변화(환경) 고려 사례

협력국	분야	주요 내용
네팔	에너지	수자원 개발 등 에너지 분야에서 MDB와의 협조융자, 민간 재원 활용 등 지원방식 다변화를 통한 개발재원 확대
인도네시아	환경보호	중점적으로 지원하였던 산림보호 외에 기후변화 및 재난대응 관련 등 다양한 지원 모색
몽골	기후환경	석탄, 쓰레기 등을 태우는 난방방식으로 인한 대기오염에 대한 대응을 중심으로 산림 등 기타 환경오염에 대한 종합적 관리 역량 제고

출처: 그린 ODA 추진전략(관계부처 합동, 2021)

2) 기후위험 고려 및 성과관리

우리나라는 ODA 사업 전반에서 기후위험을 고려한 평가 및 성과관리를 중점적으로 추진하여 사업의 질적 개선을 도모하고 있다. 범정부 차원에서는 '국제개발협력 평가계획'(2022)에 따라, 'ODA 사업성과 지표 모델'을 통하여 기후변화 분야에서 활용할 수 있는 성과목표와 지표를 제시하였다. 해당 모델은 협력사업의 특성에 따라 온실가스 감축량, 수소 생산용량, 기후변화 대응 법률 및 규정 제안에 대한 공식 채택 건수 등을 주요 성과지표로 설정한다. 산출물로는 저탄소 에너지원에 대한 접근성이 개선된 가구 수, 기후친화적 작물 생산량 증가율, 기후변화대응 역량개발사업의 수혜자 수 등을 제시한다.

유·무상 ODA 사업 시행기관은 각각의 사업 특성에 맞는 구체적인 성과관리 목표와 지표를 설정하여 체계적인 성과관리를 강화하고 있다. 한국수출입은행은 유상원조 사업에서 기후위험을 사전에 분석하고, 위험 경감 방안을 마련하여 사업 종료 후 성과를 점검할 수 있는 '기후변화영향 대응체계'를 도입하였다. 이후 'EDCF 기후변화영향 대응체계 적용 가이드라인' 및 'EDCF 성과관리 프레임워크 작성 가이드라인'에 따라 유상 ODA 사업에서 기후위험을 체계적으로 관리하고, 기후변화 대응 사업의 성과관리 절차 및 방법을 구체화하였다. KOICA는 '기후행동 중기전략'과 '저탄소전환 ODA 프로그램 이행계획'을 바탕으로 개별 무상원조 사업에 탄소중립 ODA 프로그램 성과관리 프레임워크를 적용하여 기후변화 분야의 성과관리를 체계적으로 추진하고 있다.

1.2 재정지원 현황

1.2.1 양자 지원

기후 관련 재정지원 규모는 OECD 개발원조위원회(Development Assistance Committee, DAC)의 통계 보고에 사용되는 '리우마커(Rio markers)' 지표를 통하여 산출하였다. 리우마커는 1998년 리우협약(Rio Conventions)의 목표인 생물다양성, 기후변화, 사막화 방지 달성을 목적으로 하는 사업에 투입되는 자원을 식별하고, 그 달성 여부를 평가하기 위하여 설계된 지표로, ⅰ) 온실가스 감축, ⅱ) 기후변화 적응(2010년 추가 도입), ⅲ) 생물다양성, ⅳ) 사막화 방지라는 네 가지 정책마커로 구성된다. 제1차 BTR에서는 감축 및 적응 두 가지 마커가 표기된 모든 양자 지원 사업을 기준으로 지원 규모를 측정하였다.

개발도상국의 기후행동과 탄소중립을 지원하기 위한 재원을 대폭 확대하며, 그 중요성을 강조하고 있다. 기후 요소를 포함하는 양자 지원 규모는 2021년 약 14억 3,900만 달러, 2022년 약 21억 5,600만 달러에 이른다. 기후 관련 재정지원 추이를 살펴보면, '기후변화 적응' 부문에 지원을 집중하였음을 알 수 있다. 적응 부문에 대한 지원 비중은 2021년 약 79.5%, 2022년에는 61.8%에 달하였다.

<표 Ⅳ-3> 유형별 기후변화 양자 재정지원 규모

부문	2021년		2022년	
	지원액(백만 달러)	지원 비중(%)	지원액(백만 달러)	지원 비중(%)
합계	1,438.5	100.0	2,156.4	100.0
감축	152.9	10.6	532.0	24.7
적응	1,143.2	79.5	1,332.2	61.8
다부문	142.4	9.9	292.1	13.5

출처: OECD DAC Statistics(산출방식: 약정액 기준)

1.2.2 다자 지원

전 지구의 문제인 기후변화에 효과적으로 대응하기 위하여 글로벌 녹색 전환을 위한 정책 공조를 강화하고 있다. 또한, 녹색성장에 대한 우리의 경험과 기술을 바탕으로 국제사회의 기후 격차를 해소하는 '녹색 사다리'의 역할을 수행하고 있다. 기후변화대응과 관련된 다자협력 기금도 큰 폭으로 확대하며 국제사회의 기후 행동에 적극적으로 동참하고 있다.

1) 기후변화대응 기금

(가) 기후기금 공여

2013년 12월 GCF 본부를 인천광역시에 유치하며 국제사회의 기후행동에 적극적으로 참여해 왔다. 2023년까지 GCF 초기 재원보충에 1억 달러, 1차 재원보충에 2억 달러를 공여하였으며, 2024년부터는 2차 재원보충에 3억 달러를 추가로 공여할 계획이다. 국내 GCF 인증기구인 산업은행과 KOICA를 중심으로 GCF 협력사업도 활발히 발굴하고 있다. 2022년에는 국내에서 제안한 첫 번째 사업인 '인도네시아 산업계 에너지효율 개선사업'이 GCF 이사회에서 승인되었다. 이에 따라 인도네시아 중소기업들이 노후화된 산업 시설의 에너지 효율을 개선하는 데 필요한 자금을 현지 금융기관 대출로 지원받고 있다. 2024년에는 '캄보디아 기후금융 지원 프로그램'이 승인됨에 따라 캄보디아 농업개발은행이 국가 기후은행으로 전환되도록 지원할 예정이다.

유엔기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, 이하 UNFCCC), 생물다양성협약(Convention on Biological Diversity), 사막화방지협약(UN Convention to Combat Desertification, UNCCD), 스톡홀름협약(Stockholm Conventionon Persistent Organic Pollutants), 람사르협약(Conventionon Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat) 등 주요 국제환경협약의 재정 체계 역할을 하는 지구환경금융(Global Environment Facility, GEF)에도 분담금을 납부하며 활동을 지원하고 있다. 2022년과 2023년에는 각각 22.3억 원과 24.2억 원을 지원하였으며, 이 금액은 개발도상국의 생물다양성, 기후변화, 수자원, 토지 황폐화, 화학물질 및 폐기물 등 5개 분야의 사업에 사용되고 있다.

개발도상국의 기후변화에 대한 적응과 기후변화로 인한 손실 및 피해의 복구를 지원하기 위한 다양한 기금에 공여하려는 노력도 기울이고 있다. 2022년 11월에 열린 제27차 유엔기후변화협약 당사국총회(Conference of the Parties, 이하 COP27)를 계기로, 2023년부터 2025년까지 36억 원을 적응기금에 추가로 공여할 계획을 발표하였다. 이 금액은 개발도상국의 기후변화 적응 활동을 지원하는 데 사용된다. 이어 2023년에 열린 COP28에서는 기후변화로 인한 개발도상국의 경제적·비경제적 손실과 피해의 복구를 지원하기 위한 '손실과 피해 기금'이 공식으로 출범하였으며, 우리나라는 이 기금에 7백만 달러를 출연할 계획을 밝혔다.

(나) 자발적 기금 조성

녹색성장기금(Korea Green Growth Trust Fund, KGGTF)은 2012년 세계은행에 설치된 녹색성장 분야 단독 신탁기금으로 우리나라의 녹색성장 경험과 기술을 개발도상국에 전수하기 위하여 운영되고 있다. 우리나라는 이를 통하여 2022년까지 총 1억 2,337만 달러를 출연하며 녹색기술을 활용한 인프라 발전 경험을 개발도상국과 공유하였다. 특히,

신재생에너지, 스마트시티, 지능형교통체계, 생태산업단지, 폐기물 관리, 수자원 관리, 차세대 전력망 등 우리나라의 강점 분야에서 협력을 강화하고 있다.

2022년 3월에는 GGGI 신탁기금을 신설하였으며, 2026년까지 매년 60억 원을 공여하여 개발도상국의 기후대응 사업 개발 및 역량 강화를 지원할 계획이다. 기획재정부는 2022년까지 타당성조사, 투자유치, 자문 등 기후대응 사업준비 지원으로 17건(326만 달러), GCF 등 기후기금 사업 준비 지원으로 4건(58만 달러), 역량 강화 및 지식 공유에 1건(20만 달러)의 사업을 승인하였다.

2) 국제기구 및 네트워크

(가) 유엔기후변화협약(UNFCCC)

기획재정부는 2022년부터 2024년까지 총 30억 원을 공여하여 UNFCCC의 '수요 기반 기후재원 협력사업(Need-Based Climate Finance Project)'을 지원하였다. 이 사업은 지역별 기후 여건에 따른 사업 수요를 조사하고, 우선순위 설정 등 사업전략을 마련한 후, 개발도상국의 기후대응 역량 강화를 위한 사업 아이디어를 발굴하는 데 목적이 있다. 사업 전략이 실제로 이행될 수 있도록 실무훈련, 워크숍, 투자 포럼 등을 통하여 사업 재원 조성 방안을 함께 지원하고 있다.

(나) 기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)

기상청은 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 글로벌 기후변화대응 정책 수립을 지원하고 있다. 2019년부터 2023년까지는 IPCC 제6대 의장국으로서 제6차 IPCC 종합보고서 작성을 위한 기술 지원단 운영 지원금으로 총 24억 원을 공여하였다. 제6차 IPCC 종합보고서는 2023년 12월 완료된 '제1차 전지구적 이행점검(Global Stocktake, GST)'의 투입자료로 활용되었으며, 전 세계 기후변화 정책 및 전략 수립의 주요 근거자료로 사용되고 있다.

(다) 기후기술센터네트워크(CTCN)

과학기술정보통신부는 2017년부터 2020년까지 10억 원의 재원을 자발적으로 공여하여 기후기술센터네트워크(Climate Technology Centre & Network, 이하 CTCN)의 기술지원(Technical Assistance, 이하 TA) 사업을 지원하였다. 2021년에는 파리협정에서 강조하는 기술혁신과 협력적 연구개발 실증(Research, Development & Demonstration, 이하 RD&D)의 중요성을 인식하고, 개발도상국을 대상으로 TA를 활성화하기 위하여 CTCN 대한민국 협력연락사무소(CTCN Partnership & Liaison Office, 이하 CTCN PALO)의 설립을 제안하였다. 2022년 7월에 CTCN PALO가 설립된 이후, 공여된 재원을 활용하여 3건의 TA 사업이 추진되었으며, 2025년까지 CTCN PALO의 안정적 운영을 위하여 매년 20억 원이 공여될 예정이다.

(라) 세계기상기구(WMO)

기상청은 UN의 기상·기후 분야 전문 기구인 세계기상기구(World Meteorological Organization, 이하 WMO)에 2021년부터 2022년까지 약 40억 원을 공여하여 기후변화대응을 포함한 각종 활동을 지원하였다. 이 공여액은 WMO의 핵심 활동인 '유엔 모두를 위한 조기경보(Early Warning for All, EW4All)'와 '전 지구 온실가스 감시(Global Greenhouse Gas Watch, G3W) 이니셔티브' 추진 등에 사용되었다. 또한, 선진국과 개발도상국 간 기후변화대응 격차를 해소하기 위하여 2022년부터 WMO 지역훈련센터 신탁기금을 공여하고, 아시아, 아프리카, 남서태평양 지역 등의 개발도상국을 대상으로 교육과정을 운영하여 적응 역량 향상을 지원하고 있다.

(마) 국제해사기구(IMO)

해양수산부는 국제해사기구(International Maritime Organization, 이하 IMO)와 체결한 양해각서에 따라 공여된 'Voyage Together Trust Fund' 자금을 통하여 2022년부터 최빈국(Least Developed Countries, 이하 LDCs)과 군소도서국(Small Island Developing States, 이하 SIDS)을 대상으로 선박 온실가스 감축 정책 역량강화 프로그램을 운영·지원하고 있다. 교육생은 IMO의 온실가스 감축 정책과 관련된 내용을 전문가에게 교육받으며, 국가 행동계획 수립과 재정 조달에 필요한 역량을 제고하고 있다.

(바) 아시아산림협력기구(AFoCO)

2009년 한-아세안 특별정상회의를 계기로, 지속 가능한 산림경영과 산림 부문의 기후변화에 대한 대응을 목적으로 하는 AFoCO의 설립을 제안하였다. 2018년 서울특별시에 사무국이 설립된 이후, 산림청을 중심으로 아시아의 탄소중립 관련 산림 부문에 기여하기 위하여 연간 42.5억 원의 의무 분담금을 공여하며 지식 공유 및 역량배양 사업 등을 수행하고 있다. 특히, AFoCO는 산림을 통한 기후문제를 해결하기 위하여 10년간 산림 1천만 ha 복원 등의 내용을 담은 '기후행동계획'을 수립하여 이행할 계획이다.

(사) 녹색성장과 2030 글로벌 목표를 위한 연대(P4G)

P4G는 민관협력을 기반으로 기후 행동과 SDGs 달성을 촉진하기 위하여 2018년 덴마크 주도로 출범하였으며, 우리나라는 출범 때부터 회원국으로 참여하면서 2021년 제2차 P4G 정상회의를 개최하는 등 주도적인 역할을 수행하고 있다. 2021 P4G 서울 정상회의 이후에도 자발적 공여를 지속하고 있으며, P4G 이니셔티브의 확대를 위하여 2025 P4G 베트남 정상회의를 적극적으로 지원하고, 국내 친환경 스타트업 기업의 P4G 파트너십을 통한 해외 진출을 모색할 계획이다.

<표 Ⅳ-4> 기후변화 다자협력 주요 사례

구분	주요 사례
P4G	**· 제1기 P4G 파트너십(2018~2022)** 2018~2022년 기간 29백만 달러를 공여하여 8개국에서 75개 사업을 지원. 98.8백만 달러 규모의 추가 투자 및 온실가스 10.9백만 톤의 감축 효과를 이끌어낸 것으로 평가
GCF	**· 인도네시아 산업계 에너지 효율성 개선사업(247.7백만 달러, 2022년 승인)** 에너지 시장 활성화를 지원하기 위하여 현지 금융기관의 대출 보증 제공과 에너지절약 전문기업을 대상으로 지식 공유 및 역량 강화를 추진. 온실가스 3.1백만 톤의 감축 효과를 거둘 것으로 기대
GGGI	**· 투르크메니스탄 메탄가스 플레어링 사업(30만 달러, 2023년 승인)** 정유 생산과정에서 발생하는 메탄가스를 감소시켜 국가 메탄 배출 감축 로드맵 이행 지원
CTCN	**· CTCN 대한민국 협력연락사무소 설립 및 운영 지원(연간 20억 원)** ⅰ) CTCN과 GCF 간의 협력, ⅱ) 기후기술의 혁신과 협력적 RD&D 서비스의 제공, ⅲ) TA 사업 강화, ⅳ) 지역 개발도상국 NDE 역량 강화 및 회원기관 네트워크 강화
WMO	**· 개발도상국 기후서비스 역량 개발 및 기후변화 대응 강화 지원(2020~2023)** 기후서비스 제공 강화를 위한 온라인 훈련 패키지를 개발. 아시아, 북중미 및 카리브해 지역 개발도상국 전문가를 대상으로 기후서비스 역량 강화 워크숍 개최
IMO	**· 선박 온실가스 감축 정책역량 강화 프로그램** 'Voyage Together Trust Fund'를 활용하여 LDCs·SIDS의 국가행동계획 수립 및 이행을 위한 역량 구축 지원

1.2.3 주요 사례

각 개발도상국의 특성, 기후위기 취약 분야, 녹색성장 전략을 종합적으로 고려하여 개발도상국 맞춤형 지원 방식으로 개발도상국의 기후위기 극복을 위한 ODA 사업을 추진하고 있다. 아래에서는 감축과 적응 부문의 주요 유·무상 ODA 사례를 소개한다.

1) 감축 부문

무상원조 부문의 대표적인 온실가스 감축 사업으로는 2019년부터 2023년까지 진행된 '파키스탄 태양전지 모듈 인증시험소 설립 사업'이 있다. 파키스탄은 전기 품질과 전기 보급률이 낮아 3만 가구 이상이 전기를 공급받지 못하고 있으며, 그중 80%는 농촌지역에 집중되어 있다. 이를 해결하기 위하여 파키스탄 정부는 에너지 분야를 국가 개발의 중점 분야로 선정하였다. 일조 시간이 길고 일조량이 풍부한 지역적 특성을 근거로 태양광 발전의 잠재력을 높게 평가하여 농촌 전기 보급 사업에 신재생에너지를 적극적으로 활용하고자 하였다. 이러한 배경에서 KOICA는 태양전지 모듈 인증시험소를 설립하고, 선진화된 인증을 취득함으로써 파키스탄 내 태양광 제품의 품질을 제고하였다. 이 사업은 태양광 산업 발전에 기여하는 동시에 파키스탄 농촌지역의 소득과 생활환경 개선에 기여하였다.

유상원조 부문에서도 개발도상국의 에너지 정책 개선을 지원하기 위한 프로그램 차관이 제공되었다. 한국수출입은행은 인도네시아의 에너지 개혁을 지원하기 위하여 아시아개발은행(Asian Development Bank, ADB)과 공동으로 '인도네시아 지속가능·포용적 성장을 위한 에너지 분야 개선 ODA 프로그램 차관 Ⅲ'을 지원하였다. 인도네시아 정부는 이 차관을 통하여 에너지 분야 개선이 필요한 세 가지 부문을 선정하고, 부문별로 총 16개의 정책과제를 수립·이행하였다. 이러한 정책과제는 지속 가능하고 효율적이며, 민간이 적극적으로 참여할 수 있는 에너지 시장 기반을 조성하는 데 기여한 것으로 평가된다. 구체적으로는 첫째, 그동안 지나치게 낮았던 전력 요금에 발전 원가를 반영하여 재산정하고, 취약계층에는 보조금을 지급하였다. 둘째, 에너지 분야에 대한 민간 투자 활성화를 위하여 중앙과 지방정부 간 인허가 절차를 통합하고, 재생에너지 분야에는 세제 및 금융 혜택을 제공하였다. 마지막으로 청정에너지원 활성화를 위한 금융 지원을 제공하고 온실가스 배출 기준을 강화하는 등 정책을 개선하였다.

또한, 다자간 협력 사례로는 2020년부터 2022년까지 진행된 '한국-인도네시아-동티모르 태양광 에너지 접근성 향상 사업'이 있다. 인도네시아 정부는 2025년까지 신재생에너지 보급률 23% 달성을 목표로 하는 국가 에너지 전략을 수립하고, 이를 뒷받침하는 예산을 배정하며 에너지 복지 강화를 위하여 노력하고 있다. 이 사업을 통하여 KOICA와 인도네시아, 동티모르 간의 삼각 협력으로 마을 독립형 태양광 발전 설비, 태양광 워터펌프, 고효율 태양광 램프를 구축하고 유지보수 교육을 제공하여 기후변화에 대한 대응과 전력 불평등 해소에 기여하였다. 이를 통하여 농촌지역에서의 청정에너지 사용을 촉진하고 온실가스 감축을 유도할 수 있었다.

2) 적응 부문

무상원조 부문의 대표적인 사례로는 2023년부터 베트남에서 진행 중인 '정보통신기술 기반 기상·기후 재해예방을 위한 태풍 감시 및 예보 통합플랫폼 구축 사업'이 있다. 빅데이터 등 정보통신기술(Information and Communication Technologies, 이하 ICT)을 활용하여 기상·기후 정보를 수집·분석하는 자연재해 모니터링과 예보 체계를 통합한 플랫폼을 구축하는 사업이다. 베트남의 재해위험 경감 및 관리 능력을 향상하고 기후변화 대응 수준을 높여 베트남 국민의 인명과 재산 보호를 위한 안정성을 강화하는 계기를 마련한 것으로 평가된다.

유상원조 부문에서는 댐, 상하수도 등 재난 대응을 위한 수자원 인프라 건설 사업에서 다수의 성과가 있었다. 특히 '인도네시아 카리안 물 공급사업'은 민관협력(Public-Private Partnership, 이하 PPP)을 통하여 대형 인프라를 성공적으로 건설한 모범사례로 꼽힌다. 이 사업은 2010년부터 EDCF를 통하여 카리안 댐 건설을, 2022년부터 비구속성 차관인 경협증진자금(Economic Development Promotion Facility, EDPF)을 활용하여 도수로 건설을 추진하는 사업이다. 이후 진행할 대형 프로젝트인 정수장 건설 또한 PPP를 통한 복합금융을 활용하여 추진할 예정이다.

2. 기술개발 및 이전

우리나라는 기후변화에 대한 대응에서 '기술개발 및 이전'이 감축과 적응 행동을 위한 주요한 이행 수단임을 인식하고, 파리협정 제10조의 기술에 대한 국제협력 의무를 이행하기 위하여 노력해 왔다. 특히, UNFCCC와 파리협정 하에서 당사국의 기술협력 행동을 지원하는 기술 메커니즘(Technology Mechanism)의 안정적이고 확대된 운영이 당사국들의 협력과 국제사회의 기후변화에 대한 대응에 큰 역할을 할 것으로 보고, '기타 당사국'임에도 불구하고 기술 메커니즘의 활성화를 도모하는 자발적인 공여 활동을 진행하고 있다.

2.1 기술지원 기반

우리나라는 UNFCCC 하의 기술개발 및 이전을 위한 국가지정기구(National Designated Entity, NDE)로 과학기술정보통신부를 지정 및 등록하고, 기후기술 국제협력을 활성화하기 위한 정책 및 전략의 수립과 그 이행을 지원하고 있다. 국내의 기후기술 개발 및 혁신을 위한 법·정책적 기반을 마련하고, 글로벌 기후기술 협력을 위한 전략을 수립하여 개발도상국과의 협력 사업을 추진하고 있다.

2015년 9월에는 「기후변화대응 글로벌 기술협력 추진전략」(2015.09)을 수립하고, UNFCCC와 파리협정의 개발도상국 기술지원체제인 기술 메커니즘 활동에 적극적으로 참여하기로 하였다. 이후 2018년 4월에는 「기후기술협력 중장기계획」(2018.04)을 통하여 ⅰ) 혁신기술 기반 R&D 지원, ⅱ) 글로벌 기후기술 협력사업 지원 체계화, ⅲ) 기후기술 협력 기반 조성, ⅳ) 기술 메커니즘 참여 활성화, ⅴ) 범부처 협력으로 구성된 세부전략을 마련하였다.

2020년에 발표된 '2050 탄소중립' 선언 이후에는 범부처 차원의 기술혁신 전략들이 도출되기 시작하였다. 2021년 3월에는 「탄소중립 기술혁신 추진전략」(2021.03)을 통하여 구체적인 기술혁신 방안을 마련하였다. 탄소중립을 목표로 하는 국내 그린뉴딜 정책과 장기저탄소발전계획(Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy, LEDS)과의 연계성, 온실가스 배출 기여도, 산업의 저탄소 기술 고도화 등을 고려하여 '탄소중립 10대 핵심기술'을 도출하고, 부문별 중장기 혁신 전략을 마련하였다. 국제협력과 인력양성 등을 포함한 연구역량 및 기반 강화 방안도 함께 제시하였는데, 이 방안에는 UNFCCC와 파리협정의 개발도상국 기술지원체제 이행기구인 CTCN을 중심으로 탄소중립 신기술의 해외 실증 및 사업화를 도모할 계획도 담겨 있다.

2021년 9월에 '2050 탄소중립' 목표를 법제화한 탄소중립기본법이 제정됨에 따라, 2022년 10월에는 범부처 차원의 탄소중립 기술개발 방향성을 담은 「탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략」(2022.10)을 발표하였다. 이 전략에 따라 탄소중립 달성에 필요한 17개 중점 분야에 대한 '100대 핵심기술'을 선정하였고, 이를 기반으로 대규모 R&D 사업을 기획하여 혁신적 탄소감축 수단을 지속적으로 공급하는 기술혁신 생태계를 구축할 예정이다. 이 전략에는 CTCN을 통하여 개발도상국의 기술 수요를 파악하고, 국내외 재원을 활용하여 기술협력 지원을 강화할 계획도 포함되어 있다. 2023년 4월에 수립된 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(2023.04)에서도 기술혁신을 통하여 탄소중립을 실현하는 방안을 포함하고 있으며, CTCN과의 협력 확대를 목표로 명시하고 있다.

2021년 4월에 제정된 「기후변화대응 기술개발 촉진법」(2021.04)은 기술개발 및 이전을 체계적으로 확대할 법적 근거를 제공하므로 사회 각 분야의 기술개발과 국가 간 협력도 더욱 강화될 예정이다. 이 법을 바탕으로 2022년 12월 수립된 「제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획」(2022.12)에는 온실가스 감축과 기후변화 적응에 필요한 기술의 R&D 방향이 설정되어 있고, CTCN과의 협력을 통하여 국제사회에 기여하는 방안이 마련되어 있다. 특히, 개발도상국의 수요를 고려한 기후기술 현지화 사업을 지원하는 계획이 포함되어 있으며, 이러한 과정을 통하여 개발도상국을 대상으로 수요맞춤형 기후기술 협력을 추진할 예정이다.

<표 Ⅳ-5> 글로벌 기후기술 협력 및 R&D 관련 법·정책

수립 시기	법·정책	
2015.09	기후변화 대응 글로벌 기술협력 전략	
2016.06	기후변화대응기술 확보 로드맵	
2018.04	기후기술협력 중장기계획	
2021.03	탄소중립 기술 혁신 추진전략	
2022.10	탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략	기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법(2021.09)
2023.04	제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획	
2022.12	제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획	기후변화대응 기술개발 촉진법(2021.04)
2023.09	제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획 시행계획	

2.2 기술지원 현황

기후기술 국제협력 정책 및 전략들을 기반으로, 기후기술 협력을 위한 다양한 활동을 전개해 왔다. 그중에서도 특히, CTCN TA 사업에 적극적으로 참여하여 개발도상국의 기술 역량 강화를 지원하고 있으며, 이를 통하여 기후변화에 대응하기 위한 국제적 협력을 강화하고 있다.

2016년부터는 CTCN과 협력하여 개발도상국의 기술 수요를 파악하고, 우리나라 자체 재원을 활용한 프로보노 TA(Pro-bono TA) 사업을 추진해 왔다. 이 사업은 CTCN이 개발도상국으로부터 많은 TA 요청을 받지만, 예산의 제약으로 모든 요청을 받아들이기가 어려운 상황에서 우리나라가 개발도상국 TA 지원을 확대하기 위하여 제안한 공식 지원 경로 중 하나이다.

이후 CTCN으로부터 개발도상국의 TA 요청을 전달받아, 기술 및 역량을 보유한 국내 민간 부문과 매칭하여 필요한 지원을 제공하고 있으며, CTCN 기반의 TA 활동을 더욱 확대하기 위한 다양한 방안을 마련해 왔다.

<표 Ⅳ-6> 기후기술센터네트워크(CTCN) 프로보노 기술지원(TA) 사업 개요

부문	분야	건수
합계		18
감축	에너지	12
	농업	1
	산림	1
적응	물과 위생	2
다부문	다부문	2

2021년부터 2022년까지 총 18건의 CTCN 프로보노 TA 사업을 수행하였으며, 이 중 2022년에 이행 중인 사업은 9건이다. 분야별로는 감축 분야 사업을 가장 많이 추진하였으며, 부문별로는 감축(에너지), 다부문(cross-cutting), 적응(물과 위생) 순으로 많은 사업을 지원하였다. 특히, 사업을 수행하는 주체별로는 공공부문이 가장 적극적으로 사업에 참여하였으며, 민관협력을 통해서는 5건의 기후기술 협력 사업을 추가로 지원하였다. TA 유형별로는 '분야별 로드맵 및 전략 수립', '기술 실증 및 보급', '기술타당성 분석'을 지원하는 사업들을 주로 진행하였다.[50]

50) 지원된 기술유형은 UNFCCC하에서 기술메커니즘의 이행기구 CTCN의 TA 사업 지원유형에 따라 분류

<표 IV-7> 기후기술센터네트워크(CTCN) 프로보노 기술지원(TA) 사업 현황

부문	국가명	사업기간	사업명	분야	TA 유형	현황	수행 주체
감축	스리랑카	2019~2021	쿠루네갈라 기후스마트시티 개발을 위한 기술 지원	에너지	우선순위 기술 선별	완료	민간
	토고	2019~2021	농촌지역 태양에너지 기술 보급지원	에너지	기술 타당성 분석	완료	공공
	부탄	2019~2021	팀부시 도시 고형폐기물 관리체계 개선을 위한 마스터플랜 수립	에너지	법률·정책·제도 제언	완료	민관 합동
	온두라스	2021	과하나섬 마이크로그리드 시스템 지속 가능 운영 모델 개발 및 확산 기반 조성	에너지	기술 실증 및 보급	완료	민관 합동
	인도네시아	2019~2022	저탄소 통합폐기물 관리 적정 기술 거점센터 구축사업	에너지	기술 실증 및 보급	완료	공공
	베트남	2022~2023	농업분야 가축분뇨 활용 친환경 퇴비화 및 바이오가스 발전 기술지원 사업	농업	우선순위 기술 선별	진행 중	민간
	라오스	2022~2023	비엔티안 녹색대중교통시스템 기본계획 수립	에너지	분야별 로드맵 및 전략	진행 중	민관 합동
	우즈베키스탄	2022~2023	인분 활용 바이오가스 잠재력 타당성 조사	에너지	기술 타당성 분석	진행 중	민관 합동
	태국	2022~2024	그린수소 비전 및 국가계획 수립	에너지	분야별 로드맵 및 전략	진행 중	공공
	사모아	2022~2024	산림분야 탄소저장 측정을 위한 프레임워크 및 방법론 개발	산림	법률·정책·제도 제언	진행 중	공공
	방글라데시	2022~2023	타카시 대중교통 서비스의 교통정보 시스템 기술 지원	에너지	기술 타당성 분석	진행 중	공공
	캄보디아	2020~2023	E-mobility 기술 확산 로드맵	에너지	분야별 로드맵 및 분석	진행 중	공공
	스리랑카	2020~2023	농촌에너지 사업모델 발굴 및 재원연계방안 수립 연구	에너지	민간 참여 및 시장 조성	진행 중	공공
	세르비아	2021~2023	지역난방 스마트 모니터링 시스템 개발·실증 및 신재생 에너지 연계 방안 수립	에너지	기술 실증 및 보급	진행 중	민관 합동
적응	캄보디아	2020~2021	중력식 막여과 정수장치 보급 기술 지원	물과 위생	기술 실증 및 보급	완료	공공
	모잠비크	2021~2022	빗물 집수 시스템 구현을 위한 기술 지원	물과 위생	재원 연계	완료	민간
다부문	탄자니아	2020~2021	지속가능한 가정용 태양광 수도펌프 보급 기술 지원	다부문	기술 타당성 분석	완료	민간
	잠비아	2022	국가혁신체계개발	다부문	분야별 로드맵 및 전략	완료	공공

CTCN TA 사업 이외에도, 기후기술 관련 지식 공유 및 역량 배양을 위한 워크숍과 협의회를 개최해 왔다. CTCN에 가입한 국내 회원기관들이 CTCN을 통한 국제사회 기여 활동에 참여할 역량을 강화할 수 있도록 2016년부터 '국내 CTCN 회원기관 협의회'를 총 13회 개최하였다. 특히, 2022년 7월에는 과학기술정보통신부와 CTCN이 공동으로 주관한 국내 회원기관 협의회를 인천광역시에 위치한 CTCN PALO 개소식과 연계하여 개최하였다. 이와 더불어 제26차 기술집행위원회(Technology Executive Committee, TEC) 회의 및 제21차 CTCN 이사회를 인천광역시에서 초청·개최하였는데, 이는 기술 메커니즘 활성화에 대한 우리나라의 지원 의지를 보여주는 사례라 할 수 있다.

2.3 지원 우수사례

2019년, 우리나라는 CTCN 프로보노 TA 사업으로 '캄보디아 저탄소 교통 기술 도입을 위한 기술지원 사업'을 지원하였다. 캄보디아 정부는 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC)를 달성하고 특히 온실가스 배출량이 많은 수송 부문의 문제를 해결하기 위하여 CTCN에 TA를 요청하였다. 이에 과학기술정보통신부, CTCN, 캄보디아 정부는 프로보노 TA 형태로 사업을 진행하기로 협의하였으며, 민간기업 '엔벨롭스'가 사업 이행자로 선정되어 캄보디아에 저탄소 교통 기술 도입을 위한 정책 실행계획을 수립하였다.

CTCN 프로보노 TA 사업이 종료된 후, 과학기술정보통신부와 캄보디아 정부는 해당 사업을 'GCF 역량배양 프로그램(Preparatory & Readiness Programme)'을 통하여 확장하는 방향을 논의하였다. 국가녹색기술연구소는 CTCN 사업의 결과물인 재정 제안서를 활용하여 GCF 역량배양 사업을 기획하고, 이를 신청하여 승인을 받았다.

해당 사업의 주요 목적은 캄보디아 e-모빌리티 생태계를 구축하기 위한 기후기술 확산 로드맵 수립이었다. 로드맵에는 e-모빌리티 기술 도입 시 발생하는 장애요소 극복 방안과 생태계 조성을 위한 지원 정책 및 중장기 추진 전략이 포함되었다.

이 사업은 기술 메커니즘과 재정 메커니즘을 연계하였다는 점에서 의미가 있다. CTCN 프로보노 TA 사업에서 도출된 결과를 GCF 역량배양 사업으로 확장하여 적용한 사례로서, TA 측면에서 기술 메커니즘과 재정 메커니즘의 연계가 이루어진 중요한 사례로 평가된다.

3. 역량배양

탄소중립기본법에 따라 개발도상국이 기후위기에 대응할 수 있도록 정책, 기술, 재정 지원을 통한 국제협력을 적극적으로 추진하고 있다. 기후변화 대응과 관련한 개발 경험 및 지식 공유, 산림 및 온실가스 관리 능력 배양을 통한 투명성 역량 강화, 환경개선 마스터플랜 수립 지원 등 개발도상국의 감축, 적응, 투명성을 지원하는 다양한 활동을 진행하고 있다.

3.1 경험 및 지식 공유

우리나라는 개발도상국에서 선진공여국으로 도약한 국가인 만큼, 우리의 발전 경험을 협력국 상황에 특화된 방식으로 제공하는 '지식공유 ODA 사업'을 활발히 운영하고 있다. 협력국의 실질적인 변화를 이끌어낼 수 있도록, 협력국의 수요에 따라 정책 문제 진단, 정책 경험 공유, 제도적·기술적 역량 개발 등을 지원하고 있다. 2021년부터 2022년까지 시행한 '경제발전경험공유사업(Knowledge Sharing Program, KSP)' 89개 중에서 21개 사업은 환경, 수자원, 에너지 부문에서 기후변화와 관련된 지식을 공유하는 데 중점을 두고 있다.

온실가스 감축 분야에서는 파리협정 이행에 적극적인 르완다 정부를 대상으로, e-모빌리티 분야의 국제감축 실적 개선을 위한 역량 강화 사업을 2022년부터 2023년까지 진행하였다. 전체 온실가스 배출량의 13%를 차지하는 수송 부문의 녹색 전환을 위하여 전기버스 확대 정책을 수립한 르완다 정부에 정책 제언과 역량 강화 교육을 제공하였으며, 국제감축 실적을 인정받기 위한 제도적 조건을 도출하고 e-모빌리티 도입 프로젝트를 구체화하여 제안하였다.

기후변화 적응 분야에서는 도미니카공화국 정부를 대상으로 수처리 효율화를 위한 정책 자문 사업을 2022년부터 2023년까지 진행하였다. 사업에서는 수처리 시스템의 효율적 인프라 개발이 시급한 도미니카공화국에 상·하수 처리 자동화 시스템 구축 방안과 신재생에너지 활용 및 에너지 감축 기술 등을 자문하고, 이를 운영할 수 있도록 이해관계자를 대상으로 하는 교육 프로그램을 제안하였다. 협력국의 인프라 개발 과정에서 지속 가능성을 제고하기 위한 제도적·기술적 요인을 파악하고, 한국의 경험을 구체적인 사례로 제시하였다. 또한, 한국물산업협의회, 한국환경연구원, 한국환경공단 등과의 파트너십을 구축하고, 국제기구 차관 사업과 연계한 실행 계획을 제안함으로써 양국 간 지식 공유 결과의 실질적인 이행을 도모하였다.

3.2 투명성 지원

환경부 온실가스종합정보센터(Greenhouse Gas Inventory and Research Center of Korea, 이하 GIR)는 2011년부터 '국제 온실가스 전문가 교육과정(UNFCCC-GIR-CASTT Programme on Greenhouse Gases)'을 매년 3~4주간 운영하며 개발도상국의 온실가스 관리 역량 배양을 지원하고 있다.

지난 2017년부터는 UNFCCC 사무국과 양해각서를 체결하고 교육과정 홍보, 교육생 선발, 강의 및 실습을 공동 기획·운영하고 있다. 교육생들은 국내 정부 관계자, 온실가스 산정기관 담당자, 국제기구 전문가 등으로 구성된 전문 강사진과 함께 온실가스 산정 및 감축에 관한 기술적인 내용을 학습하며, 자국의 인벤토리 구축 경험 및 한계를 공유한다. 교육 프로그램은 국가 보고 및 검토 의무 사항, 온실가스 배출 산정·보고·검증(Measurement, Reporting, Verification, 이하 MRV) 방법론, 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침(Intergovernmental Panel on Climate Change Guidelines, IPCC GL) 활용 방법, 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Document, NID) 작성, 온실가스 배출 전망 등으로 구성된다.

2011년부터 2023년까지 442명이 교육을 수료하였으며, 실제로 많은 국가에서 교육 내용을 온실가스 통계 관리에 적용하고 있다. 이에 따라 교육과정에 참여하기를 원하는 국가도 꾸준히 증가하는 추세이다.

COP28에서 UNFCCC 사무국은 GIR과 공동으로 기획·운영 중인 개발도상국 역량배양 지원을 위한 교육 프로그램을 대표적인 우수사례로 소개하고 개발도상국의 지속적인 관심과 참여를 요청하였다.

<표 IV-8> 연도별 국제 온실가스 전문가 교육과정 수혜국 및 수료생 현황

구 분	기 간	참가국	교육생	구 분	기 간	참가국	교육생
제1차	2011.6.27~7.22	21	44	제8차	2018.6.25~7.19	30	30
제2차	2012.7.2~7.25	22	42	제9차	2019.7.22~8.14	32	32
제3차	2013.7.8~7.30	28	38	제10차	2020.8.20~11.10	32	34
제4차	2014.7.3~7.25	29	34	제11차	2021.8.2~10.8	31	41
제5차	2015.6.29~7.21	27	37	제12차	2022.7.25~8.12	21	25
제6차	2016.7.4~7.21	24	31	제13차	2023.7.10~7.28	26	26
제7차	2017.6.26-7.20	28	28	합계			442

3.3 분야별 지원 사례

3.3.1 에너지

에너지는 우리나라가 기술적 강점을 보유한 분야로서, 많은 개발도상국이 한국과의 협력을 희망하는 분야이기도 하다. 그 예로 2019년부터 2022년까지 모로코에서 진행된 '스마트 멀티마이크로그리드(multi-microgrid) 연구개발 역량강화사업'을 들 수 있다. 이 사업은 2030년까지 모로코의 재생에너지 비중을 52%까지 늘리려는 목표를 달성하기 위하여 추진되었다. 이를 위하여 멀티 마이크로 그리드 분야의 연구개발 환경을 구축하고 연구 역량을 강화하여 농촌지역의 전력 공급에도 기여하고자 하였다. 또한, 모로코가 독자적인 연구 기반을 갖출 수 있도록 관련 장비와 설비를 제공하고, 우수한 인력과 시설을 지원하였다.

환경부는 2021년부터 2022년까지 이집트 카이로에서 '폐기물에너지화 마스터플랜' 수립을 지원하였다. 이에 따라 단순 매립으로 처리되던 폐기물을 재활용하고 에너지화할 수 있는 정책이 수립되었다. 2024년부터는 후속사업으로 폐기물자원화시설 구축 및 기술이전 지원을 추진하여 관련 시설을 제공하였으며 현지 기술 역량을 강화하는 데 기여하였다. 이후 한국수출입은행은 이집트 전역에 '폐기물 연료화 시설 보급사업'을 추진하기 위하여 타당성 조사를 진행하고 있다.

3.3.2 농업

우리나라는 한국 전쟁(1950~1953) 전후 복구와 농업 생산량 증대에 성공한 국가로서, 기후변화에 따른 개발도상국의 식량위기 해결에 적합한 모범사례로 자리 잡고 있다. 대표적으로 KOICA가 2021년부터 GCF와 협력하여 수행하는 '과테말라 중부 및 동부 농촌지역 기후회복력 강화 사업'이 있다. 이 사업은 과테말라 기후변화 취약지역의 저소득 농가에서 기후 적응형 농법을 도입할 수 있도록 역량을 배양하고, 커피와 카카오 생산량 증대에 기여하고 있다. 또한, 인프라 제공과 판로 개척을 통하여 지속 가능한 농촌 생계 기반을 마련하여 주민 소득 증대와 식량안보 위기 개선에도 기여하고 있다.

농촌진흥청은 아시아, 아프리카, 중남미 등 대륙에서 '농식품기술협력협의체'를 운영하며 기후변화대응 기술개발을 지원하고 있다. 2018년부터 아시아 회원국과 함께 '기후변화 대응 내재해 벼 개발'과 '기후에 적합한 채소 품종 개발' 연구를 추진하고 있다. 참여국은 가뭄, 침수에 강한 36종의 우수 벼 유전자원을 확보하였으며, 인도네시아, 라오스, 키르기스스탄은 자국의 기후에 맞는 고추 품종 4종과 토마토 품종 6종을 개발하였다. 2020년부터는 과테말라, 니카라과, 볼리비아, 온두라스, 코스타리카, 콜롬비아, 파나마, 파라과이, 페루 등

10개국과 함께 '가축분뇨 퇴비화를 통한 토양 비옥도 개선 및 작물 생산성 향상 연구'를 추진하고 있다. 참여국은 연구용 퇴비 제조시설을 구축하고 다양한 자원을 활용한 친환경 퇴비 제조법을 개발하여 작물 생산성을 높이는 동시에 온실가스 배출량 감축에 기여하고 있다.

나아가 해외농업기술개발사업(Korea Partnership for Innovation of Agriculture, KOPIA)을 통하여 농업이 GDP에서 큰 비중을 차지하는 개발도상국의 기후변화대응을 지원하고 있다. 기후변화와 원인불명 병으로 생산성이 급감한 우간다 지역의 오렌지 생산을 지원하고자 빗물 유도로와 1나무 1저수 시설을 통하여 가뭄을 해결하였다. 에콰도르에서는 탄소 배출이 없는 무경운으로 소규모 농가에서 고산 비탈지에 다수확 감자 경작을 가능하게 하는 '무경운 점파 감자심기 기술'을 개발하였다. 이 기술은 2022년 유엔식량농업기구(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) 산하 중남미 농업 기후 행동 플랫폼(Platform of Latin America and the Caribbean for Climate Action on Agriculture, PLACA)의 '솔루션 은행' 콘테스트에서 최종 5개 솔루션 중 하나로 선정되었다.

3.3.3 산림

성공적인 녹화 경험을 바탕으로 개발도상국의 온실가스 감축과 기후변화 적응 역량 강화를 위하여 산림협력사업을 추진하고 있다.

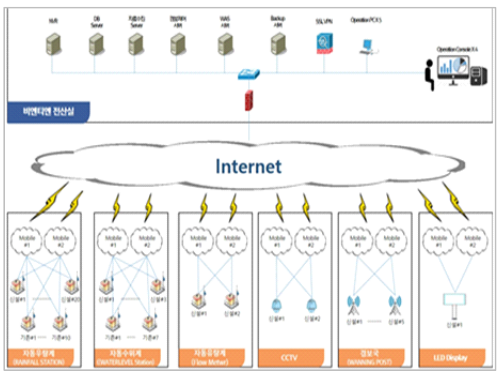
2019년부터 2022년까지 '인도네시아 잠비주 이탄지 복원·보전 ODA 사업'을 수행하여 재조림(200ha)과 재침수(1,000ha) 작업을 완료하였다. 이 지역은 2015년과 2017년에 발생한 산불로 인하여 많은 양의 온실가스가 배출된 곳이다. 이 사업을 통하여 이 지역의 훼손된 이탄지의 추가 훼손과 사막화를 방지하고 산림을 복원하여 탄소 배출 예방에 기여하였다. 지속 가능한 이탄지 관리를 위하여 지역 주민을 대상으로 이탄지 보호 인식 개선 및 기술 교육을 시행하였다. 나아가, 인접 10개 마을의 주민들에게 혼농림수산업 기술, 양어장 관리, 생산품 재가공 등의 기술을 전수하여 취약계층과 여성의 일자리를 창출하며 주민의 소득 증대와 삶의 질 개선에 기여하였다.

산림청은 2012년부터 '산림파괴로 인한 온실가스 감축 활동(Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation Plus, 이하 REDD+)'과 관련된 역량배양 교육 프로그램을 운영하고 있다. 이 프로그램은 개발도상국의 REDD+ 담당자를 대상으로 ICT를 활용한 산림 관리 능력 향상과 산림재해 관리 기술 보급, MRV 개선 등 REDD+ 역량 강화에 중점을 두고 있다. 2022년에는 도미니카공화국, 에콰도르, 온두라스, 파라과이, 페루 등 5개국의 9명을, 2023년에는 캄보디아, 라오스, 미얀마, 베트남, 동티모르, 부탄, 인도네시아 등 7개국의 17명을 대상으로 교육을 진행하였다. 지금까지 총 19차례의 교육 프로그램을 통하여 250여 명의 수료생을 배출하였다.

3.3.4 물관리

개발도상국이 빈번해지는 자연재해에 적응할 수 있도록, 마스터플랜 수립 등 정책 컨설팅을 제공하여 수자원 관리 플랫폼 구축과 댐, 상하수도 등 관련 인프라 건설을 지원하고 있다. 특히 2007년부터는 '마스터플랜 수립 지원 사업'을 통하여 개발도상국의 환경 관리 수요를 도출하고, 협력 지역 및 분야에 대한 기본계획 수립을 지원하고 있다. 기후변화로 심화되는 홍수 및 가뭄에 대비할 수 있도록 2020년 이후부터는 라오스, 필리핀 등 아시아 국가들의 기후변화 적응 지원을 확대하여 나가고 있다.

대표적인 사업으로는 KOICA, 기상청, 환경부가 추진하는 '라오스 수자원관리 역량강화 프로그램'이 있다. 라오스는 태풍, 집중호우, 가뭄과 같은 자연재해의 발생 빈도와 강도가 증가함에 따라, 수자원 관리 역량을 강화하여 자연재해로부터 안전한 사회를 조성할 필요성이 커졌다. 이에 KOICA는 2020년부터 라오스 남능강 유역에 하천 모니터링, 댐 운영 시스템 등 수자원 관리 시스템을 구축하고 있으며, 기상청은 2020년부터 2023년까지 태풍 감시·예측 통합 플랫폼을 구축하였다. 환경부는 2020년부터 2021년까지 '라오스 국가 홍수 예·경보 시스템 구축 마스터플랜 수립 지원 사업'을 통하여 라오스 정부의 홍수 대응을 지원하였으며, 후속 사업으로 2022년부터 '세방히양 하천유역의 기후적응형 홍수 예·경보 시스템 구축 사업'을 추진하여 홍수로 인한 재산 및 인명 피해 예방을 지원하였다. 이전까지 인접국인 태국의 기상 예보에 의존하였던 현지 주민들은 이 사업 이후 기상 및 홍수 예보의 정확성이 높아지면서 자국의 기상 예보를 청취하게 되었다고 밝히기도 하였다.[51]



[그림 Ⅳ-1] 라오스 기후적응형 홍수 예·경보 시스템 체계도

[그림 Ⅳ-2] 인도네시아 누산따라 신수도 탄소중립 상수도 인프라 구축 사업 시설 조감도

51) 출처: '기후변화 대응 ODA 사업 평가' 연구보고서(대외경제정책연구원, 한국환경연구원, 2023)

Annex I

제5차 국가보고서

Ⅰ. 연구 및 체계적 관측

1. 연구 및 기술개발

1.1 제도 체계

우리나라는 전 지구적 기후위기에 대응하는 데 필요한 기술의 연구개발(Research & Development, 이하 R&D)에 주력하고 있다. 국가와 민간의 연구개발을 뒷받침할 수 있는 제도적 기반을 마련하고 있으며, 민간 투자가 미치지 않는 기술은 국가연구개발사업을 통하여 지원하고 있다. 기술 혁신이 기후위기에 대한 대응은 물론 새로운 성장 동력의 핵심 축이 될 수 있도록 연구개발 정책도 추진 중이다. 기후변화와 관련한 기초, 응용 및 실증 연구를 종합적으로 지원하고, 연구활동의 현황과 성과에 대한 체계적인 모니터링도 진행하고 있다.

1.1.1 법·제도적 기반

2021년 4월에 제정된 「기후변화대응 기술개발 촉진법」(2021.04)은 온실가스 감축과 기후변화에 대한 적응 기술을 체계적으로 육성하기 위하여 마련되었다. 이 법은 국가 차원에서 기후기술 개발을 종합적으로 지원할 수 있는 법적 틀을 제공한다. 또한, '탄소중립기술특별위원회'가 대통령 직속 국가과학기술자문회의 산하에 설치되어 범부처 탄소중립 연구개발 정책을 총괄·조정하고 있다. 이를 통하여 정책의 유기적인 연계 강화와 효율적인 기술 개발이 이루어지고 있다.

2022년 10월에 발표된 「탄소중립 녹색성장 기술 혁신 전략」(2022.10)은 민간 주도의 임무 중심 기술 혁신, 연구개발 투자 강화, 혁신적 기술 개발을 위한 기반 조성을 목표로, 2030 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, NDC) 및 2050 탄소중립을 달성하기 위한 기술 혁신 방향을 제시한다. 이에 따라 전환, 산업, 수송, 건물, 폐기물, 흡수원 등 17개 중점 부문을 대상으로 탄소중립을 이행하는데 필요한 '한국형 탄소중립 100대 핵심기술'을 선정하였다.

<표 Annex Ⅰ-1> 탄소중립 100대 핵심기술

분야		핵심기술명	분야		핵심기술명
태양광		초고효율 태양전지	석유화학	자원순환	폐플라스틱 열분해
		사용처 다변형 태양광 시스템			폐플라스틱 가스화
		폐태양광 재활용		신공정	연료유·부산물의 기초화학원료 전환
풍력		초대형 풍력터빈			저에너지 반응 공정
		해상풍력 부유체 시스템			저에너지 분리 소재·공정
		해상풍력 발전 운영·관리			스마트 플랜트 전환
		수직축 방식의 부유식 풍력발전	시멘트		비탄산염 원료 대체
		해상풍력 설치·시공			혼합재 함량 증대
수소공급	생산	알칼라인 수전해			신규 혼합재 제조
		PEM 수전해			순환자원 연료 대체
		차세대 수전해			저탄소 신열원 활용
	저장운송	기체수소 저장·운송	CCUS	포집	습식 포집
		액체수소 저장·운송			건식 포집
		수소전용 배관망			분리막 포집
	해외도입	해외 암모니아·수소 대용량 저장·운송			차세대 포집
		차세대 해외수소 저장·운송		저장	저장소 탐사·평가·선정
		액체수소 운송선			저장 시설·설비 설계·구축
		액체수소 인수기지			저장소 CO_2 주입 및 운영
무탄소신전원		수소 혼소 가스터빈 발전			CO_2 저장 모니터링
		수소 전소 가스터빈 발전		활용	화학적 전환
		석탄보일러 암모니아 혼소			광물 탄산화
		초고효율 연료전지 복합발전			생물학적 전환
		고효율 연료전지 열병합 시스템	산업 일반		산업공정용 수소·암모니아 활용
전력저장		단주기 에너지 저장 시스템			공정가스 대체(반도체·디스플레이)
		장주기 에너지 저장 시스템			공정가스 처리(반도체·디스플레이)
		사용후 배터리 ESS 시스템			친환경 냉매
전력망		지능형 송배전 시스템			전동기·전력변환기 효율화
		실시간 전력거래 플랫폼			그린 데이터센터
		분산전원 및 유연자원 통합 운영			탄소배출 저감 효과 모니터링
에너지통합시스템		산업용 고온·초저온 히트펌프	친환경자동차		이차전지 셀 고도화
		복합에너지 시스템			이차전지 시스템 고도화
		열에너지 저장 시스템			구동 모터 성능 향상
원자력		소형모듈원자로(SMR)			전력변환장치 고도화
		선진 원자력 시스템			유선충전 고속화
		원자력 폐기물 관리			무선충전 고용량화
철강		고로 연·원료 대체			연료전지 시스템 고도화
		전로 원료 대체			차량용 수소저장시스템
		탄소 저감형 전기로			수소 충전소
		한국형 수소환원제철	선박 탄소중립		탄소중립 내연기관
		철강산업 하공정 무탄소 연료전환			선박용 연료전지·배터리 시스템
		철강 부산물 재자원화			선박 전기추진 시스템
석유화학	연료대체	전기가열로 NCC 시스템			연료 후처리 및 에너지효율 향상
		무탄소 연료 NCC 공정	건물 제로에너지		고성능·다기능 외피
		부생가스 고부가 전환			건물 설비 전기화·고효율화
	원료대체	바이오 나프타·올레핀			건물 신재생에너지 및 에너지융합시스템
		바이오 PEF			건물에너지 관리·제어·데이터 활용
		바이오폴리올	환경		생분해성 바이오 플라스틱
	자원순환	폐플라스틱 자동선별			리뉴어블 플라스틱
		폐플라스틱 용매 추출			금속자원 회수
		폐플라스틱 해중합			국토공간별 탄소흡수 증진

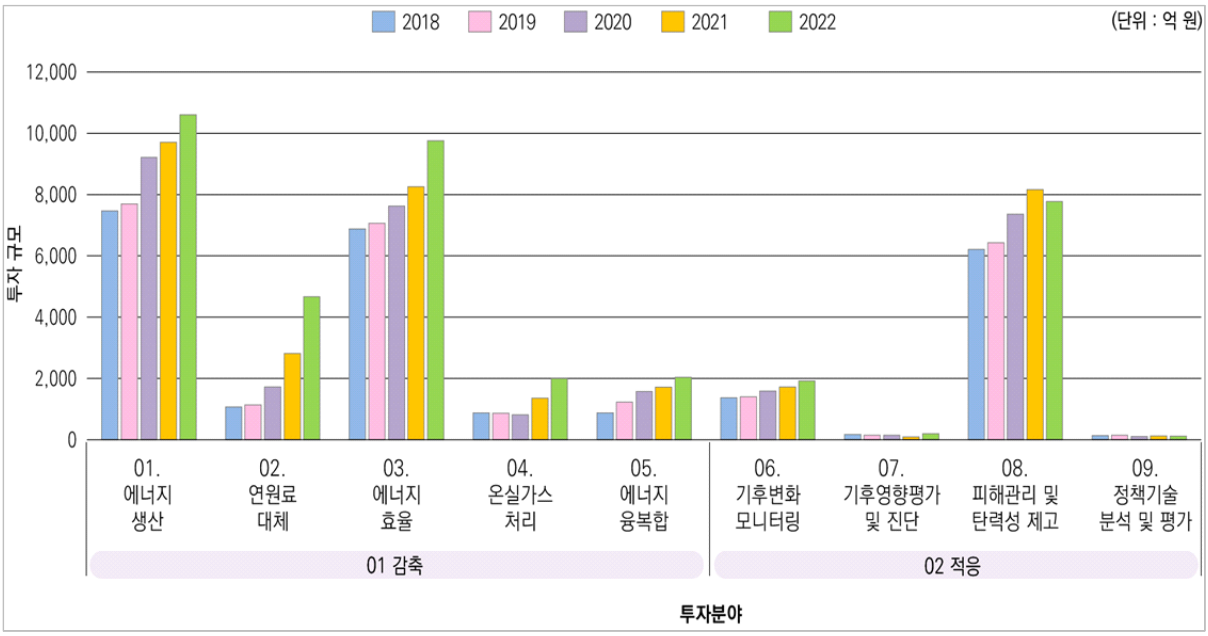
1.1.2 연구개발 투자 현황

이러한 정책적 흐름에 따라 기후기술 국가연구개발사업에 투자한 규모는 2022년 기준으로 총 3조 9,073억 원이다. 이는 국가 전체 연구개발비의 약 12.9%를 차지한다. 기후기술 연구개발 총투자액 중에서 온실가스 감축 부문에는 2조 9,072억 원(74.4%), 적응 부문에는 1조 원(25.6%)을 투자하였다. 온실가스 감축 부문 중에서 가장 높은 비중을 차지하는 분야는 에너지 생산으로, 1조 611억 원을 이 분야에 투자하였다. 그 다음으로 에너지 효율 분야에 9,761억 원, 연/원료 대체 분야에 4,666억 원을 투자하였다. 기후변화에 대한 적응 부문 중에서 가장 높은 투자 비중을 차지하는 분야는 피해관리 및 탄력성 제고 분야로, 7,779억 원을 이 분야에 투자하였다. 그다음으로 기후변화 모니터링 분야에 1,913억 원, 기후영향평가 및 진단 분야에 196억 원을 투자하였다.

<표 Annex Ⅰ-2> 2022년도 기후기술 및 국가 R&D 투자 규모

구분	2022년 기후기술 R&D 대분류별 투자 현황 총괄			국가 전체 R&D
	감축기술	적응기술	총계	
투자 총액(억 원)	29,072	10,000	39,073	286,801
비중(%)	74.4	25.6	100	-

출처: 기후기술 국가연구개발사업 투자현황분석(2018~2022)(국가녹색기술연구소, 2022)



[그림 Annex Ⅰ-1] 연도별 기후기술 및 국가 R&D 투자 규모

출처: 기후기술 국가연구개발사업 투자현황분석(2018~2022)(국가녹색기술연구소, 2022)

1.2 주요 연구개발 사례

1.2.1 감축 부문

1) 전환

(가) 태양광, 풍력, 파력 발전

신재생에너지의 보급·확대를 위한 기술 고도화에 집중하고 있다. 태양광 에너지 분야에서는 초고율화를 목표로 고효율·대면적 페로브스카이트 탠덤 셀 제조 기술 개발에 성공하였다. 도심형 및 이동기기용 태양전지와 같은 사업화에 적합한 기술을 개발하여 기후산업 육성과 보급 확대도 추진하고 있다. 풍력 기술은 경제성을 제고하기 위하여 초대형화와 해상풍력 기술 확보에 주력하고 있다. 8MW 규모의 국산 해상풍력시스템 개발에 성공하였으며, 10MW 규모의 대규모 해상풍력시스템 개발을 추진 중이다. 장기적으로는 수직축 부유식 풍력발전의 부품 및 시스템을 개발하고, 하부 구조물 기술과 해상풍력단지 운영·관리 기술을 상용화할 계획이다. 연료전지 기술도 선도적으로 개발하여 전력 저장 수요 증가에 대비하고 있으며, 단·장주기 저장시스템, 사용 후 배터리 재활용 기술, 고체산화물 연료전지 개발을 활발히 진행 중이다.

<표 Annex Ⅰ-3> 태양전지와 연료전지 연구개발 추진 성과

분야	R&D 추진 성과
태양전지	비할로겐 용매 사용 유기태양전지 세계 최고 모듈 효율 인증
	상용화를 위한 고효율·대면적 페로브스카이트 태양전지 제조 기술 개발
연료전지	Tube-Type 소재의 고성능 산소극 소재 개발
	고성능 이중스택 양성자교환막 연료전지의 양극 재순환시스템 최적화 설계 기술 개발

파력, 해양 그린수소 등 친환경 해양에너지 상용화를 위한 기술도 활발히 개발하고 있다. 제주특별자치도 해변가에 방파제를 활용한 파력발전 실증플랜트를 구축하여 전력 시범 생산과 실증 운영에 성공하였으며, 해당 기술은 민간에 이전되었다. 현재는 신축 중인 방파제와 연계한 다수모듈 파력발전 성능 고도화 기술을 개발 중이다. 해양에너지와 연계한 고정식 그린수소 생산시스템 구축을 위하여 육상성능시험을 완료하였으며, 파력발전으로 생산된 전력을 활용한 해상성능시험, 해수를 담수화 후 전기분해를 통한 수소생산 등 해양 그린수소 생산기술을 확보하기 위한 연구도 다각도로 진행 중이다.

(나) 수소 공급

수소 산업 성장을 위하여 생산, 저장, 운송, 활용에 이르는 전주기 기술 개발을 적극적으로 지원하고 있다. 수소 생산을 위하여 수전해 기술을 확보하였으며, 저장 및 운송의 경제성을 높이기 위하여 대용량화와 효율 개선에 집중하고 있다. 수소 신시장 창출을 위한 기술 개발에도 지원을 확대할 계획이다. 과학기술정보통신부는 2019년부터 2023년까지 '수소에너지혁신기술개발사업'을 통하여 친환경·고효율 수소 에너지 원천기술 개발을 지원하였으며, 2021년부터는 미래형 기술에 특화된 '미래수소원천기술개발사업'을 추진 중이다.

수소 생산 및 저장에 대한 연구는 이미 높은 성과를 달성하였다. 수소 생산을 위한 수전해 과정에 집중적인 투자가 이루어져 핵심 기술 확보에 성공하였다. 알칼라인 수전해 과정에서는 내구성이 높은 전극과 분리막을 개발하였으며, 고분자 전해질막 수전해 과정에서는 고성능 산소극을 개발하였다. 미래선도형 기술로는 태양광, 열화학, 생물화학적 방법을 통한 수소 생산 기술을 개발 중이며, 2021년부터 2024년까지 기술 이전을 진행 중이다. 수소 저장을 위하여 다공성 흡착 소재와 최적 구조 설계 기술을 개발하고 있으며, 암모니아를 활용한 대용량 저장 및 수소 추출 기술도 개발 중이다. 액상유기수소운반체를 통한 고효율 수소 저장 및 방출 기술 개발로 원천기술을 확보하는 성과도 이루어냈다.

(다) 원자력 에너지

지속 가능한 원자력 생태계를 구축하기 위한 연구와 개발을 적극적으로 추진 중이다. 특히, 혁신형 소형모듈원자로(innovative Small Modular Reactor, i-SMR), 원전 해체, 원자력 폐기물 관리의 핵심 기술을 확보하고 기술 고도화에 주력하고 있다. 혁신형 소형모듈원자로에 대한 표준설계 기술과 경제성이 높은 혁신제조 기술을 개발 중이며, 원전의 장기 운영 안전성을 강화하기 위한 고장·사고 최소화 예측 기술과 극한 환경에서의 사고 예방을 위한 안전기술을 연구하고 있다. 운전을 종료한 원전을 안전하게 해체하기 위하여 절단 및 제염 등 해체 기술에 대한 실증을 완료하였으며, 관련 인프라도 구축 중이다. 방사성 폐기물 관리 분야에서는 고준위 방폐물 안전관리 기술 개발을 통한 종합안전성 입증보고서 발행을 목표로 하고 있다.

(라) 에너지 활용·관리

에너지 공급체계의 안정적 관리와 효율적 활용을 위한 기술 개발도 추진하고 있다. 재생에너지 수용성 확대와 분산전원 활성화를 위하여 전력망 기술 고도화 연구를 활발히 진행 중이다. 수도권 전력망 안정화를 목표로 대규모 전력변환장치와 고압직류송전(High Voltage Direct Current, HVDC) 기술을 개발 및 적용하고 있다. 대용량 에너지저장장치의 화재안전성 평가기술도 개발하여 세계 최대 규모의 이차전지 검증센터를 구축하였다.

에너지 효율 및 수요관리와 관련하여, 산업·건물·수송 분야에서는 고효율·저소비 구조로 전환하기 위한 기술을 활발히 개발하고 있다. 이를 통하여 저손실 전력변환기, 고효율 전동기 설계, 스마트팜 냉난방 에너지 감축 기술, 초급속 충전기 개발 등의 성과를 도출하였다. 향후에는 에너지 다소비 업종의 전력효율을 더욱 높이고, 피크 전력 감축을 위한 수요관리 기술을 통하여 저탄소 산업생태계를 더욱 확장할 계획이다.

2) 산업

철강, 석유화학, 시멘트 산업과 같은 탄소 다배출 업종의 에너지 효율화와 연·원료 대체를 위한 연구를 추진하고 있다. 철강 산업에서는 중장기적으로 한국형 수소환원제철 기술 개발에 주력하고 있으며, 석유화학 분야에서는 에너지 저감형 신공정을 개발하고 있다. 시멘트 산업 분야에서는 원료 대체와 공정 배출 감축을 위한 기술 개발을 진행할 예정이다.

탄소 포집 및 활용(Carbon Capture & Utilization, CCU) 기술 개발도 적극적으로 추진 중이다. 이미 확보된 원천기술을 바탕으로 중·대규모 실증 사업을 통하여 조기 상용화를 목표로 하며, 차세대 원천기술 개발도 지원하고 있다. 온실가스, 부생가스, 유기성 폐자원의 이산화탄소를 활용한 제품 생산 기술을 개발하는 '탄소자원화 플랫폼화합물 제조기술 개발사업'을 진행 중이며, 석탄화력발전 배출가스에서 이산화탄소를 포집하여 혁신적인 원료를 생산하는 기술도 개발 중이다. 이 외에도 수소 생산 과정에서 발생하는 이산화탄소를 포집하기 위한 대규모 공정을 개발 중이다.

중소기업의 기후변화대응력 강화를 위한 기술 개발도 적극적으로 지원하고 있다. 중소벤처기업부는 탄소 다배출 업종을 대상으로 공정에 공통으로 적용할 수 있는 탄소중립 기술을 개발하여 중소기업의 저탄소 촉진 발판을 마련하였고, 공정 확산 방안을 통하여 기술의 보급·확산을 추진하고 있다. 2022년부터 중소기업의 기술 수요를 반영한 16개 과제를 선정하여 개발 중이며, 완료된 기술은 지원사업과 연계하여 사업화될 수 있도록 지원할 계획이다. 또한, 중소기업의 기술 개발을 지원하는 전략기술 로드맵을 통하여 친환경·저탄소 분야의 원천기술을 보유한 연구기관과 중소기업의 협력을 촉진하고 있다. 이와 함께, 중소규모 공정에 적합한 온실가스 배출량 산정 및 검증방법론도 개발하여 지원하고 있다.

<표 Annex Ⅰ-4> 탄소 포집·활용 기술 연구개발 추진 성과

분야		R&D 추진 성과
부생가스/CO_2 동시 활용	부생가스와 CO_2 동시 전환	부생가스와 CO_2를 동시 전환하여 합성가스, 올레핀 등을 생산하는 기술의 개발 분리/전환/정제 통합 공정 파일럿 규모 실증
	부생가스 중 탄소자원 분리	부생가스로부터 고부가가치 화학 원료가스(일산화탄소, 이산화탄소, 수소) 회수를 위한 막분리-흡착 혼성공정 개발 분리막/흡착제의 스케일-업 및 혼성 공정 실증
재생에너지 연계 CO_2 전환	수소화에 의한 탄화수소 생산	재생에너지 기반 수소를 이용하여 포집 CO_2 또는 CO_2가 농후한 부생가스로부터 납사 등 액체 탄화수소 생산 Power-to-Liquid 핵심 공정 파일럿 규모 실증
	재생에너지 전력을 이용한 CO_2 전환	재생에너지 전력을 직접 이용하여 포집 CO_2로부터 올레핀을 생산하는 전기화학 전환기술 개발 전기화학 CO_2 전환 통합 공정 파일럿 규모 실증
유기성폐자원/CO_2 동시 활용	CO_2 및 바이오매스 부산물 동시 전환	CO_2 및 바이오매스 부산물을 동시 전환하여 폴리머 플랫폼 화합물을 생산하는 기술의 개발 그린 폴리머 생산 연계 공정 파일럿 규모 실증
	바이오가스 전환 통합 공정개발	바이오가스 생산, 정제, 바이오납사/윤활기유로의 전환 연계 통합 공정의 개발 바이오납사/윤활기유 생산 통합 공정 파일럿 규모 실증

3) 건물

건물의 에너지 사용 저감을 위하여 건축물 에너지 사용량 통계 및 관리 기술을 고도화하고 있다. 전국 건축물의 에너지원별 총사용량을 계측하고, 이를 연구, 분석하고 있다. 건축물 에너지 사용에 영향을 미치는 다양한 요소를 선별하고, 건축물 정보와 연계한 데이터 기반을 구축하여 에너지 사용 분석을 진행하고 있다. 정보통신기술을 활용한 건물 에너지 진단 및 관리 기술을 개발 중이며, 노후 건축물의 에너지 성능을 빠르게 진단하는 연구도 병행하고 있다. 향후에는 그린리모델링 효과를 분석하여 건물의 에너지 성능 향상과 탄소 배출 저감 방안을 제시할 계획이다.

4) 수송

항공 및 해양 운송 분야에서 온실가스 배출을 줄일 다양한 기술을 개발하고 있다. 항공 분야에서는 2014년부터 한국형 항공위성서비스 체계(Korea Augmentation Satellite System, 이하 KASS)를 구축하였고, 2022년부터 이를 본격적으로 활용하고 있다. KASS는 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)의 표준에 따라 높은 정확도의 위치정보를 제공하며, 항공기 접근 과정에서 이산화탄소 배출량을 크게 줄이는 데 기여하고 있다. 이를 통하여 항공기 1회 접근 시 이산화탄소가 약 31.6㎏ 감축되는 효과를 보았다.

해운 분야에서는 탈탄소화를 위하여 친환경 선박 기술 개발과 실증 사업을 추진하고 있다. 2022년부터 선박 폐열을 활용한 발전시스템과 암모니아 연료 기술을 개발 중이며, 전기 추진 시스템 육상 실험평가 설비와 친환경 연료 공급망을 구축하고 있다. 또한, 항만에서 충전할 수 있는 이동식 배터리를 동력으로 사용하는 전기 추진 선박을 건조하여 실증 운항 중이다. 중소형 선박을 위한 배출 감축 기술을 개발하여 건식 온실가스 저감 장치의 성능을 평가하고, 중소형 선박에 적용할 가능성을 검토할 예정이다.

5) 폐기물

환경보호를 위하여 폐기물 관리와 자원의 재사용·재활용 촉진을 위한 기술 개발에 주력하고 있다. 환경부는 2019년부터 가축분뇨의 에너지화 연구를 시작하였으며, 하·폐수를 혼합한 가축분뇨에서 에너지를 회수하는 혐기소화액 폐수처리 기술을 실증하고, 질소·인과 같은 유용 자원을 회수하여 재활용하는 기술을 개발 중이다. 가축분뇨에서 발생하는 메탄을 활용하는 기술의 현장 적용 성능 평가도 진행하고 있으며, 돈분 처리 시스템과 매립지 미생물 활성화 기술의 상용화를 위하여 축산업 및 매립지 관련 온실가스 감축량 인증 체계를 도입할 계획이다.

자원 재활용을 극대화하기 위한 연구도 진행 중이다. 폐플라스틱 열분해, 폐기물 전환 공정 시스템 개발, 혼합 폐플라스틱을 활용한 수소 생산 기술 개발 등을 추진하고 있다. 태양광 폐패널과 전기자동차 폐이차전지 등 신규 폐자원의 적정처리와 폐이차전지에서 버려지는 유가자원을 회수하여 재활용하고, 폐이차전지의 순환이용성을 향상하고자 설계부터 처리까지 전 주기를 관리하는 기술도 개발하고 있다. 유기성 폐자원과 산업 폐가스를 열화학적·생물학적 방법으로 에너지화하는 기술 또한 활발히 개발하고 있다.

해양폐기물 감소를 위한 기술 개발도 강화하고 있다. 해양수산부는 2021년에 「제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획」(2021.05)을 수립하고, 해양폐기물의 발생 예방부터 수거·처리까지 전 주기를 관리하기 위한 다양한 연구개발을 추진하고 있다. 해양 플라스틱 수거를 위하여 접근이 어려운 해안 지역에 투입할 수 있는 수륙양용선과 같은 장비를 개발 중이며, 해양폐기물 발생량 추정 및 이동 경로 예측을 위한 시공간 데이터 기반 기술도 개발하고 있다. 도서 및 어촌 지역에 맞춘 소규모 해양폐기물 열분해 시스템 구축도 추진 중이다. 해양 미세플라스틱의 유입량 및 유입원별 특성 등을 연구하여 환경 거동과 생태계 위해성을 분석하고 있으며, 이를 바탕으로 해양 미세플라스틱 대응을 위한 과학적 기초자료를 확보하고 있다. 스티로폼 부표로 인한 미세플라스틱 발생을 방지하기 위한 세라믹 기반 친환경 부표 개발도 진행 중이다.

6) 흡수원

탄소흡수원의 관리와 개발에 관한 연구도 활발히 진행하고 있다.

산림청은 산림 흡수원의 온실가스 감축 효과를 극대화하기 위한 연구개발을 진행하고 있다. 2022년부터 '산림부문 탄소중립 추진기반 및 실증기술 연구'를 통하여 산림의 탄소 흡수·저장량을 증진할 유망 수종을 발굴·육성하고 있으며, 숲가꾸기와 목재수확 등 지속 가능한 산림경영 기술을 개발 중이다. 도시숲과 맹그로브 같은 다양한 공간별 탄소흡수 효과를 평가하는 연구와 산림토양의 탄소저장량을 국제 기준에 맞춰 산정하는 연구도 진행하고 있다.

환경부는 2022년부터 내륙습지의 탄소 흡수·배출 기능을 정량적으로 평가하고, 내륙습지 복원을 통한 흡수 능력 증진 기술을 개발하고 있다. 2023년에는 생태계 유형별 탄소흡수량의 측정·평가 방식을 고도화하기 위한 연구를 시작하여, 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)의 권고 수준으로 개선을 추진하고 있다. 이러한 연구를 통하여 생물다양성 유지와 탄소흡수 능력 증진을 위한 과학적인 근거를 마련할 계획이다.

해양생태계의 탄소흡수원을 보호하고 확대하기 위한 기술 개발도 활발히 추진하고 있다. 해양수산부는 자연기반해법을 통하여 블루카본 저장 능력을 향상하는 기술, 신규 블루카본의 국제인증 연구, 탄소흡수형 해안 조성을 위한 기술을 개발하고 있다. 특히, 탄소 흡수 및 저장 능력이 뛰어나다고 알려진 비식생 갯벌, 해조류, 대륙붕 퇴적물의 신규 블루카본으로의 국제 인증연구를 진행하고 있다. 인공어초 등의 대안적 탄소흡수원도 확대할 계획이다.

1.2.2 적응 부문

1) 취약성 평가

과학 기반의 적응정책을 수행하기 위하여 2014년부터 '기후위기 취약성 평가 도구(Vulnerability assessment tool To build climate change Adaptation Plan, 이하 VESTAP)'를 활용하여 재해 관리 강화를 추진해 왔다. VESTAP은 건강, 국토·연안, 농축산, 산림·생태계, 해양·수산, 물, 산업·에너지 등 7대 부문의 취약성을 행정구역별로 측정하는 도구이다. 2022년부터는 이 도구의 기술 고도화를 위한 연구도 진행하고 있으며, 적응정책을 다각화하기 위한 연구로 기후·대기 전망 분석, 미래 사회·경제 시나리오 작성, 적응효과 분석, 자연기반해법을 활용한 재해 대응 방안 등의 연구를 함께 추진하고 있다.

2) 기후변화 예측

홍수 피해 최소화를 위하여 인공지능(Artificial Intelligence, 이하 AI)을 활용한 과학적 홍수관리 기술 개발을 진행 중이다. 2020년에는 AI 홍수예보 시스템 구축을 위한 연구에 착수하였다. 2024년부터 이를 도입하여 기존 75개소였던 예보지점을 223개소로 확대하였고, 이를 통하여 홍수 대응의 정확성과 신속성이 크게 향상되었다.

산림청은 2023년부터 AI와 센서를 활용한 산불 감시·예측 정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICT) 플랫폼을 도입하여 활용하는 등 기후변화로 인하여 증가하는 산림재난에 대응하기 위한 감시 및 예측 기술을 고도화하고 있다. 산불확산 예측시스템의 고도화와 산림유량관측망 구축을 통하여 실시간 산불·산사태 위험도를 제공하는 계획을 진행 중이다.

해양수산부는 지구온난화로 인한 해수면 상승에 대비하여, 미국, 뉴질랜드, 이탈리아 등 10개국 21개 기관과 국제협력 관측 프로그램(Land-Ice/Ocean Network Exploration with Semiautonomous Systems, LIONESS)을 구성하고, 동남극 테라노바만 및 서남극 스웨이츠빙하 지역의 빙권 변화를 연구하고 있다. 이 연구를 통하여 해수면 상승 예측 모델 개선과 빙붕 붕괴 속도를 늦추는 기작을 규명하는 성과를 거두었으며, 이를 바탕으로 전 세계 해수면 상승 예측에 기여할 것으로 전망된다. 기후변화에 대한 수산업의 적응력을 향상하기 위한 연구도 2023년부터 진행하고 있다. 고해상도 해양기후모델을 구축하여 2100년까지의 예측 자료를 생산하고, 수산분야의 취약성을 분석하여 장기 예측을 기반으로 한 대응 방안을 마련하고 있다.

과학기술정보통신부는 기후변화를 근본적으로 이해하기 위하여 전 지구적 탄소 거동에 대한 이해를 증진하는 연구를 2021년부터 진행하고 있다. 해양-육상-대기 공간에서의 이산화탄소 거동과 관련 현상 파악을 위한 기초연구로 한반도 온실가스 저장능력 변화 관찰과 기후변화 예측 이해의 기반을 마련하여 우리나라의 기후변화에 대한 대응 능력 향상에 기여할 것으로 기대된다.

3) 기후변화 시나리오

(가) 국가 기후변화 표준 시나리오

기상청은 2019년에서 2021년까지 IPCC 국제 프로젝트에 참여하여 전 지구 및 동아시아 지역의 국가 기후변화 표준 시나리오를 산출하였다. 자체 개발한 모델을 바탕으로 기후변화 예측정보를 IPCC 6차 평가보고서의 근거 자료로 제출하여 국제 다중 앙상블 시나리오

산출에 기여하였다. 2021년에는 기상청과 학계가 협력하여 동아시아 지역의 4종 시나리오를 추가로 산출하였다. 이를 바탕으로 작성된 미래 전망 정보는 '한반도 기후변화 전망보고서 2020 개정판'에 수록되었다.

2022년에는 국가 및 지방의 기후위기 적응대책과 탄소중립 정책 수립을 지원하기 위하여 고해상도 '남한상세시나리오'(수평해상도 1㎞)를 산출하였다. 이 시나리오는 통계적 상세화 기법을 활용하여 공통 사회경제 경로(Shared Socio-economic Pathways, SSP) 4종을 기반으로 작성되었으며, 기온과 강수량 외에도 풍속, 습도, 일사량 등 다양한 변수를 포함하여 정책 활용도를 높였다. 이를 바탕으로 '남한상세 기후변화 전망보고서 개정판'을 발간하고, 기상청 '기후정보포털'을 통하여 자료와 전망보고서를 공개하였다.

2023년에는 국가 기후변화 표준 시나리오를 기반으로, 17개 광역자치단체, 260여 개 기초자치단체, 3,500여 개 읍·면·동의 기후변화 예측정보를 산출하고, 기후정보포털과 기후변화 상황지도를 통하여 공표하였다. 또한, 2022년에서 2024년 동안의 농업, 산림, 보건, 방재, 수자원, 동물생태 등 여러 부문의 응용지수와 극한기후 발생 빈도 및 강도, 미래 고농도 미세먼지 및 오존 발생 전망, 유역별 극한강수 전망, 여름철 열스트레스 전망 등 다양한 기후변화 영향 정보를 분석하여 제공하였다. 2024년에는 복합적인 극한기후 현상에 대응하기 위한 복합 극한기후지수 등 새로운 미래 전망정보를 산출하였다.

(나) 해양분야 시나리오

기상청은 2022년에 해수면 고도, 해수면 온도, 해빙 면적, 표층 염분 등에 대한 전 지구 해양기후변화 시나리오 4종을 제공하였다. 2023년부터는 수평해상도가 8㎞인 고해상도의 해양기후변화 시나리오를 개발하여 수온과 염분 시나리오 2종을 산출하고 있으며, 2024년에는 파랑과 폭풍해일 시나리오 및 해양폭염일수 영향 정보를 제공하여 해양 기후변화에 대응하고 있다.

해양수산부는 2023년에 한반도 주변 해역에 대한 수평해상도 3~5㎞의 해수면 높이, 수온, 염분, 해류에 대한 해양기후변화 시나리오를 생산하였다. 2022~2026년 동안에는 연구개발사업을 추진하여 한반도 주변 해역(수평해상도 5㎞) 및 북태평양(수평해상도 13㎞)에 대한 수온, 염분, 영양염 등 10여 개 항목에 대한 시나리오를 생산하는 등 해양기후변화 대응력을 증진할 계획이다.

국립해양조사원은 장기적인 해수면 상승을 분석하기 위하여 30년 이상의 조위관측소 데이터를 기반으로 해수면 높이 관측자료를 분석하여 매년 해수면 상승률을 제공하고 있다.

또한, 공통 사회경제 경로 시나리오를 적용하여 북서태평양 지역의 2100년까지의 해수면, 수온, 해수유동 예측 정보를 산출하고, 그중 해수면 전망 정보를 국립해양조사원 누리집 '바다누리 해양정보 시스템'을 통하여 제공하고 있다.

국립수산과학원은 이상기후로 인한 해양수산 재해에 대응하기 위하여 2017년부터 이상수온예측시스템을 구축하여 우리나라 연안해역의 고수온, 저수온, 동해 냉수대 등의 이상수온 예측 정보를 제공하고 있다. 2019년에는 '수산분야 기후변화 평가 백서', 2022년과 2023년에는 '수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서'를 발간하여 기후변화가 수산업에 미치는 영향을 분석하고 있다. 2022년부터는 연안해역에서 발생하는 산소부족물덩어리의 변동 예측 정보도 제공하고 있다.

2. 체계적 관측

2.1 제도 체계

2.1.1 법·제도적 기반

생태계와 기후체계를 보호하고 공공복리를 증진하기 위하여 기후변화에 대한 감시·예측 체계를 강화하고 있다. 지상, 해양, 항공, 극지, 위성을 연결하는 입체적 관측망을 구축하여 기후현상을 효율적으로 관측하고 있으며, 종합감시체계를 통하여 생산된 정보의 활용을 다각화하고 있다. 이를 통하여 기후재해로부터 국민의 안전을 지키고 농림·수산업 등의 피해를 예방하고 있다.

2021년 9월, 기후변화에 대한 과학적인 감시 및 예측을 명시한 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(2021.09)을 제정하였고, 2023년에는 그 후속조치로 「기후·기후변화 감시 및 예측 등에 관한 법률」(2023.10)을 제정하였다. 정부는 이를 토대로 「기후·기후변화 감시 및 예측 기본계획」을 준비하고 있으며, 기상청, 환경부, 해양수산부, 농림축산식품부, 산림청 등 소관 부처는 중장기 계획을 수립하여 기후관측 및 예측 정보를 체계적으로 제공하고 있다.

2.1.2 부처별 추진 현황

기상청은 「기상업무발전 기본계획」을 통하여 기후위기 감시·분석체계를 단계적으로 고도화하고 있다. 「제3차 기상업무발전 기본계획」(2016.12)에서 '기후변화 대응 정책 지원 및 협력 확대' 전략을 채택하고, 「제4차 기상업무발전 기본계획」(2022.12)에서도 '기후·기후변화정보 고도화'를 중점전략으로 도입하여 추진 중이다.

환경부는 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(2023.04)에 따라 국가 및 지방자치단체의 온실가스 감시 체계를 강화하고 있다. 온실가스 인벤토리의 정확도와 시의성을 개선하기 위하여 지상 및 위성 기반의 실시간 온실가스 감시·분석 체계를 단계적으로 확충하고 있다.

해양수산부는 「해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵」(2021.12)을 마련하고, 정책 이행을 위하여 「제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획」(2022.09)을 수립하였다. 이 계획을 통하여 해양기후변화 관측체계 개선, 국내외 협력 거버넌스 강화, 극지·대양 생태계 연구 강화 등을 추진하고 있다.

농림축산식품부는 「농업분야 기후위기 적응대책」과 「기후위기 적응 강화 대책」을 마련하여 농업·농촌, 농업용수 및 농업생산기반의 기후변화 실태조사 및 영향·취약성 평가를 고도화하고, 기후변화 영향 정보에 대한 민간의 접근성을 확대하고 있다.

산림청은 「2050 탄소중립 달성을 위한 산림부문 추진전략」(2021.12)을 마련하고, 2023년부터 5년간의 주요 정책 이행을 위한 「제3차 탄소흡수원 증진 종합계획」(2023.06)을 수립하였다. 이후 산림 기상·생태계 모니터링, 산림재난 예측·대응 등을 통하여 기후변화 관측 인프라를 강화하고 관련 기술 연구 및 개발을 추진하고 있다.

2.2 관측시스템

2.2.1 대기 관측시스템

기후변화 원인 물질의 대기 중 변화를 파악하기 위하여 1987년부터 소백산 기상관측소에서 배경대기관측을 시작하였다. 이후 1989년부터 세계기상기구(World Meteorological Organization, 이하 WMO)의 지구대기감시 프로그램(Global Atmosphere Watch, 이하 GAW)에 참여하면서, 기후변화 감시의 국제 표준에 발맞추어 관측을 강화해 왔다. 2024년을 기준으로 안면도, 고산(제주), 포항, 울릉도·독도에 기후변화감시소를 운영하고 있으며, 7개 대학 및 연구기관이 위탁 관측소로 지정되어 다양한 기후변화 요소를 측정하고 있다. 특히 4개의 주요 감시소에서는 WMO의 권고에 따라 온실가스, 반응가스, 에어로졸, 성층권 오존·자외선, 대기복사, 총대기침적 등 기후변화 감시 6대 분야에서 총 37종의 물질을 관측하고 있다. 이들 관측자료는 매년 지구대기감시보고서로 발간되며, WMO 지구대기감시 세계자료센터를 통하여 국제기구, 각국 정부 및 연구자들에게 제공되어 기후 정책 수립과 연구에 활용된다. 특히, 기후변화감시소의 온실가스 배경농도는 WMO 전 지구 평균에 포함될 뿐만 아니라 우리나라 배경농도의 기준이 되고 있다.

기후변화 감시 정보를 좀 더 광범위하게 활용하기 위하여 노력한 결과, 2021년부터 이산화탄소 관측을 시작하게 되었다. 2022년에는 7종, 2023년에는 12종의 관측 자료를 '기후정보포털'에 실시간으로 표출하여 총 20종의 데이터를 시계열 형태로 제공하고 있고, 이를 통하여 기후변화에 영향을 주는 물질들의 현황을 신속하게 제공하고 있다.

지상기상관측도 종관기상관측장비 98개소, 방재기상관측장비 539개소, 황사관측장비 36개소를 통하여 진행하고 있다. 고층기상관측은 레윈존데 7개소와 연직바람관측장비 13개소에서 수행되며, 현업용 기상레이더관측소 10개소와 소형 기상레이더 3개소가 운영 중이다. 또한, 주요 공항에는 공항기상레이더 관측망이 구축되어 항공기 안전운항을 지원한다. 자체적으로 개발된 기상레이더 자료 품질 관리 기술과 강수량 추정, 강수 실황 예측 기술을 활용하여 고품질의 기상 정보를 제공하고 있다. 일본, 중국, 러시아 등 주변국의 43개 관측소와 레이더 자료를 교환하여 동아시아 기상현상 감시와 예측에도 적극적으로 활용하고 있다.

온실가스 상승 원인을 파악하기 위한 노력도 지속하고 있다.[52] 2020년부터 지상 감시소, 기상항공기, 기상관측선, 지상원격장비, 고층타워, 위성을 활용한 입체감시망을 구축하였으며, 2021년에는 관측결과와 대기수송모델을 결합하여 하향식 배출·흡수 정보를 산출하는 온실가스

52) 우리나라에서 가장 긴 온실가스 연속 관측자료를 보유한 곳은 안면도 기후변화감시소이다. 관측 첫해인 1999년에는 평균 369.2ppm이었고, 이후 2012년에 400.3ppm, 2023년에 427.6ppm 등 온실가스가 지속적으로 상승하는 추세가 관측되고 있다.

기원 추적 시스템인 'INVERSE-KOREA'가 아시아 최초로 WMO의 공식 프로젝트로 승인받는데 성공하였다. 2023년에 기원 추적 모델 개발을 완료하였으며, 2024년부터는 관련 시스템 구축에 착수하였다. 이를 바탕으로 국가 규모의 온실가스 흡수 및 배출 과정을 정량화하여 기후위기 대응 정책을 지원할 예정이다.

지상 및 위성 온실가스 관측망을 통하여 전국 주요 배출원과 흡수원 지역을 대상으로 높은 공간해상도의 온실가스 관측 정보도 생산하고 있다. 이를 위하여 2024년 기준으로 국가 온실가스 관측망 10개소를 운영 중이며, 2042년까지 96개소를 추가로 구축할 예정이다. 신규 관측망에서는 온실가스뿐만 아니라 에어로졸과 반응가스를 함께 관측할 계획이다. 관측 정보는 '에어코리아' 및 '국가 기후위기 적응정보 종합플랫폼'을 통하여 공개되어 다양한 분야에서 활용될 예정이다.

2.2.2 해양 관측시스템

관할 해역의 체계적인 관리와 장기적인 해양 관측자료 수집을 위하여 국가해양관측망을 구축·운영하고 있다. 2024년을 기준으로 국가해양관측망은 조위관측소 56개소, 해양관측부이 36개소, 해수유동관측소 44개소, 해양과학기지 3개소 등 총 139개소로 구성되어 있다. 조위관측소는 연안에 설치되어 조위, 수온, 염분, 해양기상 등을 장기적으로 관측하고, 해양관측부이는 연안 및 먼바다의 해수유동과 해양기상을 감시한다. 연안 해역의 표층 해수 흐름은 해수유동관측소를 통하여 전파로 관측하며, 해양과학기지는 먼바다에서 종합적인 해양관측과 연구를 수행한다. 특히 이어도 해양과학기지는 태풍 경로에 위치하여 재난 예방을 위한 정보를 제공하는 데 중요한 역할을 하고 있다.

국가해양관측망에서 수집된 관측자료는 '바다누리 해양정보'를 통하여 실시간으로 제공한다. 이 자료는 기후변화, 항해 안전, 어업, 해양 레저, 해상 인명구조 등 다양한 분야에서 활용된다. 특히 장기간 축적된 조위 정보는 해수면 상승과 같은 기후변화 분석 및 대응을 위한 중요한 자료로 활용된다.

극지 연구도 활발히 진행하고 있다. 남극 세종과학기지, 장보고과학기지, 쇄빙연구선 아라온호, 북극 다산과학기지, 북극관측거점 등을 활용하여 핵심 기후요소와 관련된 자료를 생산하고 있으며, 위성관측시스템을 통하여 해빙 감시 정보를 제공하고 있다. 남극 세종과학기지에서는 메탄, 아산화질소, 육불화황, 할로겐 화합물, 삼불화질소, 이산화탄소 등 다양한 지구대기감시 물질을 관측하고 있으며, 장보고과학기지는 이산화탄소, 아산화질소 상시 연속관측을 비롯하여 오존전량, 유기에어로졸 등의 자료를 수집한다. 쇄빙연구선 아라온호는 남북극 극지해역의 환경 및 생태계에 관한 핵심 기후요소를 관측하고 있으며, 앞으로도 대기, 해양물리, 생지화학 등

추가적인 핵심 기후요소에 대한 관측자료를 생산할 계획이다. 한편, 노르웨이의 북극 다산과학기지를 포함한 북극이사회 6개국의 동토지역에 설치된 북극관측거점에서는 대기·육상(동토)·피오르 연안의 관측 자료를 활용한 기후환경 변화를 지속적으로 연구하고 있다.

동·서·남해 연근해 및 동중국해 207개 정점에서는 수온, 염분, 용존산소, 해양이산화탄소, 영양염류, 동물플랑크톤 등 11종의 해양물리·화학·생물적 요소를 관측하고 있다. 이 정보는 '국립수산과학원 누리집'과 '해양조사연보'를 통하여 제공되며, 장기간에 걸쳐 수집된 정보는 분석 과정을 거쳐 기후변화의 해양환경 및 생태계 영향을 평가하는 데 활용된다. 2023년부터 '수산분야 기후변화 영향 및 연구보고서'에 이러한 내용을 수록하고, 해양수산 분야의 기후변화 영향 평가 및 적응 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

해양기상 관측도 강화하고 있다. 기상청은 2023년 기준으로 해양기상부이 31개소, 파고부이 73개소, 연안기상관측장비 18개소, 기상관측선 1척, 선박기상관측장비 22개소, 해양안개관측장비 100개소, 등표기상관측장비 9개소, 항만기상관측장비 4개소 등 총 8종 258개소의 관측망을 운영 중이다. 또한, 주변 해양 변동성 분석과 상시 해양관측자료 수집을 위하여 2001년부터 WMO와 국가 간 해양과학위원회(Intergovernmental Oceanographic Commission, IOC)가 공동으로 추진하는 실시간 전 세계 해양관측사업인 'Argo 공동연구 프로그램'에 참여하고 있다. 기상청은 이 사업에서 한반도 주변 및 북서태평양 해역에 해양관측기기를 투하하여 수온·염분 관측자료를 수집하며, 해당 자료를 국제자료센터(Global Data Assembly Center, GDAC)와 공유하여 국제공인 지역자료센터(Regional Data Assembly Center, RDAC)의 역할을 수행하고 있다.

2005년부터는 한반도로 다가오는 집중호우, 대설, 태풍 등의 위험기상을 사전에 탐지하기 위하여 최서단 무인도인 북격렬비도에 서해종합기상관측기지(제1해양기지)를 운영 중이다. 2022년부터는 덕적도에 수도권 지역을 위한 해양기상관측기지(제2해양기지)를 운영하고 있으며, 2024년부터는 안마도에 제3해양기상기지를 설치하여 호남지역 위험기상을 선제적으로 감시할 예정이다.

2.2.3 농업 관측시스템

수도권기상청을 비롯하여 전국 10곳의 보조 농업기상관측관서에서 WMO 기술규정에 따라 농업기상관측을 수행하고 있다. 1990년대 후반부터는 지방 농촌진흥기관에서도 자동기상관측장비를 설치하여 농업기술 보급에 활용하기 시작하였다. 2023년 12월 기준으로 농업기상 관측 지점은 212개소에 달한다. 주요 관측 요소는 기온, 습도, 강수량, 풍속·풍향, 토양수분, 일사량, 일조시간 등 11종이며, 이들 자료는 분 단위로 측정하여 수집한다.

수집된 관측 정보는 농작물 주산지의 상세 농업기상정보로 가공되어 농업인, 정책결정자, 연구원 등에게 제공되며, 병해충 예찰, 시비량 결정, 작황 예측 등에 활용된다. 이 밖에, 농업기상정보서비스는 농업인용, 농업기상 담당자용, 농업기상관제용, 연구자용 등 4가지 용도에 맞게 정보를 제공하여 다양한 사용자층의 필요를 충족시키고 있다.

2.2.4 산림 관측시스템

기후변화에 따른 산림재해 예방과 산림관리 체계 강화를 위하여 산악기상관측망을 운영하고 있다. 2012년 구축사업을 시작으로, 2023년 현재 전국 산악지역에 479개소를 운영 중이며, 2032년까지 620개소로 확대할 계획이다. 산악기상관측망은 기온, 습도, 풍향, 풍속, 대기압, 지면온도, 강수량 등 주요 기상 정보를 분 단위로 관측하고 있으며, 일부 지점에서는 연료습도, 토양수분, 일사량 등 산림에 특화된 정보도 함께 수집하고 있다.

수집된 산악기상관측 정보는 다양한 방식으로 활용된다. 기상청은 '산악기상정보시스템'과 '공공데이터 포털'을 통하여 실시간으로 기상 정보를 제공하며, 주요 100대 명산과 산림휴양림 162개소에 대한 실시간 날씨 및 3일 예보 정보도 함께 제공한다. 또한, 주요 산림지역의 개화 및 단풍 시기 예측, 등산쾌적지수 등 국민 공감형 콘텐츠를 통하여 산림 정보를 더욱 풍부하게 전달하고 있다. 여름철 집중호우 시기에는 강우 및 산사태 위험정보를 제공하고 봄철·가을철 산불조심기간에는 산불위험지수도 제공한다.

빅데이터와 인공지능 기술을 활용하여 산림재해 예측을 고도화하려는 노력도 기울이고 있다. 산악기상 빅데이터는 기상청의 클라우드 방재기상정보시스템, 행정안전부 생활안전지도, 국방부 비무장지대(Demilitarized Zone, DMZ) 산악기상관측망, 개방형 인터페이스(Open-API) 기반 정보 제공 서비스 등에 폭넓게 활용되고 있다.

2.2.5 위성 관측시스템

우리나라 최초의 위성관측시스템인 천리안위성 1호는 2010년부터 2020년까지 운용되었으며, 이후 2018년에 발사된 천리안위성 2A호는 날씨와 기후 관련 위성자료를 관측하고 수집하여 국내외 사용자에게 제공하고 있다. 전 세계 30여 개 위성의 자료를 수신하고 활용하여 기후 감시에 중요한 역할을 수행하고 있다.

천리안위성 2A호에는 차세대 기상영상기(Advanced Meteorological Imager, AMI)와 우주기상 탑재체(Korean Space wEather Monitor, KSEM)가 장착되어 있다. 이전 모델인 천리안위성 1호의 기상영상기와 비교하여 공간해상도는 4배, 관측주기는 18배, 관측 파장대는 3배 향상되어 위험 기상 현상을 더욱 정밀하게 관측할 수 있다. 이 위성은 52종의

기상산출물을 4개 그룹(장면분석·표면, 구름·강수, 복사·에어로졸, 대기·항공)으로 분류하여 제공한다. 활용 분야는 초단기, 태풍·해양, 융합, 기후·환경감시 등 4개로 구분된다. 천리안위성 2A호의 임무를 지속하기 위하여 천리안위성 5호를 2025년부터 2031년까지 개발할 예정이다.

[그림 Annex Ⅰ-2] 천리안 2A호 관측 체계

출처: 위성기상관측(기상청 누리집)

천리안위성 2B호 환경탑재체(Geostaionary Environment Monitoring Spectrometer, GEMS)와 해양탑재체(Geostationary Ocean Color Imager-Ⅱ, GOCI-Ⅱ)는 대기와 해양 관련 정보를 관측하고 데이터를 수집한다. 정지궤도 환경위성으로는 세계 최초인 환경탑재체는 한반도를 포함하여 동서로는 일본부터 인도까지, 남북으로는 몽골부터 인도네시아까지 약 20개국의 대기오염물질 및 단기체류 기후변화 유발물질을 관측한다. 이를 통하여 위성 관측자료를 실시간으로 제공하여 국내외 대기질 예보 정확도를 향상하고, 국민건강 보호에 기여한다. 해양탑재체는 한반도 주변 해역에 대한 적조, 녹조, 염분 농도, 해양오염, 해류 순환, 어장 환경 변동, 연안 수질, 해무, 해빙 등에 대한 26종의 해양위성정보를 높은 수준의 공간해상도와 시간해상도로 구현한다. 이를 통하여 해양 환경 모니터링과 해양재해에 대한 조기 대응을 지원하고 있다.

2.3 관측 연구

2.3.1 위성 개발 및 활용

1) 초소형 온실가스 관측 위성 개발

온실가스 관측을 위한 초소형 위성 개발을 추진하고 있다. 2023년 6월에는 전문가 의견을 수렴하고 온실가스 감시 및 배출량 산정·검증을 위한 위성 개발의 필요성을 확인하였다. 2023년 기획연구를 통하여 배출원 수준의 온실가스를 관측할 수 있는 높은 공간해상도(100m 이하)의 초소형 위성 5기 개발 및 지구 저궤도(600㎞ 이하)에서의 운영 전략을 수립한 후 2024년부터 국내 기업체와의 계약을 통하여 해당 초소형 위성을 개발하고 있다. 이 위성은 단파적외선 센서를 탑재하여 메탄을 관측할 계획이며, 후속위성(저궤도 및 정지궤도) 개발을 위한 기술 확보를 목적으로 이산화탄소도 관측할 것이다. 이를 통하여 얻은 관측 자료는 온실가스 배출 관리 및 감축, 기후위기에 대한 적응 계획 수립 등에 활용할 예정이다. 또한, 대기 중에 존재하는 대표적인 온실가스인 이산화탄소의 전 지구적 시·공간 분포 및 이동 특성을 파악하기 위하여 소형 위성(100㎏급, 저궤도 운영) 개발도 추진하고 있다. 국내 독자 기술로 소형 위성을 개발하기 위하여 사용자 요구사항 분석, 개발 단계별 중점 추진 기술 분석, 위성 개발 추진전략 등을 수립하고 있다.

2) 위성 개발 및 활용 연구

산림 및 농업 분야 관측을 위하여 위성을 개발하고 운영할 계획이다. 위성은 2020년부터 2024년까지 개발하고 2025년에 발사할 예정이며, 광역 단위의 지구관측 영상을 수집할 예정이다. 수집한 영상은 산림청과 농촌진흥청이 공동으로 활용하게 된다. 산림청은 지금까지 산림재난에 대한 대응, 산림자원 평가, 산림생태계 모니터링 등 활용산출물 알고리즘 개발을 진행해 왔다. 앞으로는 산불, 산사태를 준실시간으로 감지하여 대응 시간을 단축하고, 산림의 면적, 수종, 바이오매스, 탄소량 등을 평가하여 지속 가능한 산림 관리에 필요한 자료를 확보할 예정이다. 또한, 산림의 이상 현상을 조기에 발견하고 산림생태계의 건강성을 모니터링하여 대국민 서비스를 향상하여 나갈 예정이다.

3) 환경위성 활용 연구

세계 최초 정지궤도 환경위성 활용을 극대화하기 위한 연구도 진행 중이다. 온실가스와 대기오염물질은 동시에 배출되므로 환경부에서는 환경위성에서 관측되는 이산화질소(NO_2)를 이산화탄소(CO_2) 농도 등 배출 정보로 변환하여 제공할 예정이다. 환경부에서는 이와 별도로 2023년부터 국외위성 등이 관측한 자료를 활용하여 국가 온실가스(CO_2, CH_4) 인벤토리를 구축하고 있으며, 고해상도 공간 표출 기술을 개발하고 있다. 이를 통하여 국가 온실가스 인벤토리의 정확도를 개선하고, 국가-지방자치단체의 탄소중립 이행평가 등을 지원할 예정이다.

4) 해양위성 정확도 연구

해양위성 산출물의 정확도를 높이기 위하여 국립해양조사원은 위성정보 검·보정 기지를 설치하고 운영 중이다. 2022년부터 해양위성의 알고리즘을 개선하기 위한 연구를 지속적으로 진행하였으며, 2024년까지 검·보정 기지 5개소와 기본산출물 12종에 대한 품질검증체계를 구축하였다. 다종위성 기반 활용산출물 개발 연구를 수행하여 해수면 온도, 괭생이모자반 탐지, 해류도 등 11개의 활용산출물을 신규로 개발하였다. 해양위성정보 활용을 증진하기 위하여 미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)과 함께 해양위성정보의 검·보정 및 해양 상태에 대한 자료 융합 사업도 추진하고 있다.

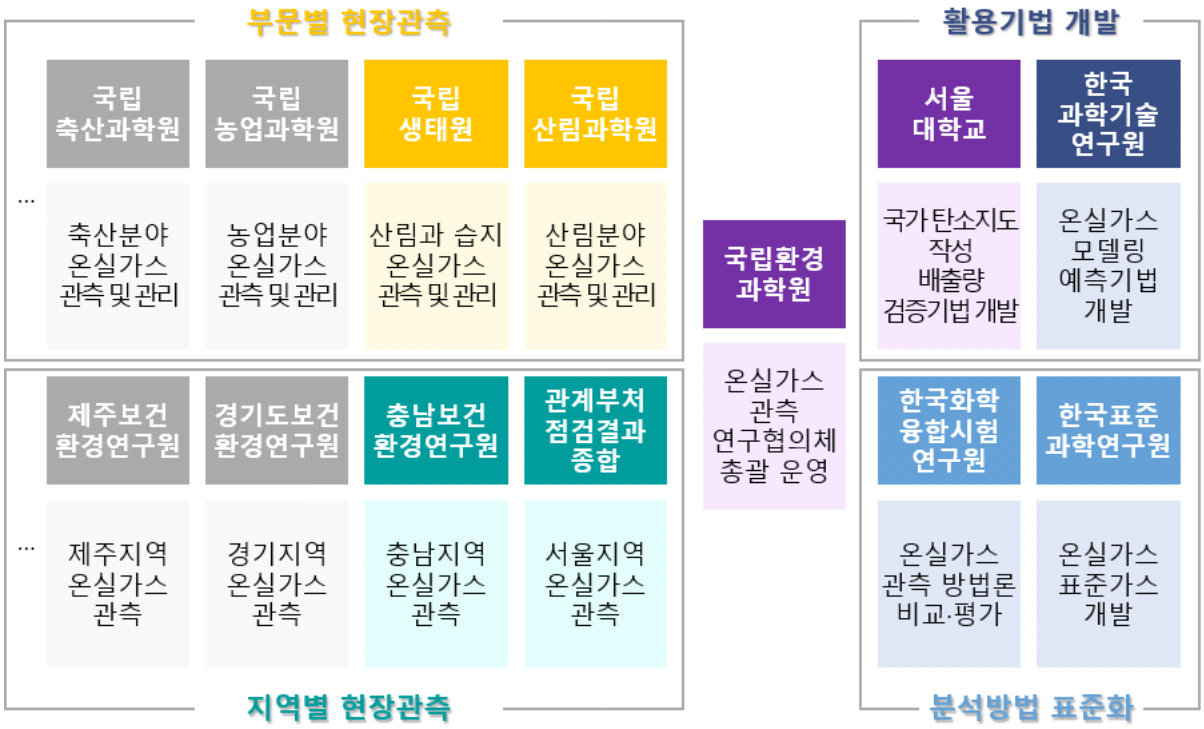
2.3.2 국제 공동연구

1) 온실가스 감시 역량강화

국제사회의 온실가스 감시 역량 강화에도 중요한 역할을 수행하고 있다. 2012년에는 WMO로부터 '육불화황 세계표준센터'로 승인받았으며, 이를 계기로 육불화황(SF_6)의 표준 관측기법을 WMO 보고서(WMO GAW No.239)로 발간하였다. 또한, 매해 전 세계 온실가스 관측 담당자를 대상으로 교육훈련과정을 운영하여 온실가스 관측에 대한 이해를 높이고 정확한 관측을 수행할 수 있도록 지원하고 있다. WMO GAW 네트워크의 관측소에 방문하여 관측장비 성능, 분석기법 최적화 여부, 장비 담당자의 숙련도, 관측환경 등에 대한 적합성 평가를 수행하고 있다. 육불화황 세계표준센터는 이러한 다양한 활동을 바탕으로 온실가스 관측자료 품질 개선 기술을 전 세계에 전수하고 있다.

2) 온실가스 배출량 분석 협의체

온실가스 관측 분야에서 다양한 학술 협력 사업을 진행하고 있다. 국립환경과학원은 2019년 IPCC 국가 온실가스 인벤토리 가이드라인 개정안에 따라, '국가 및 지자체 온실가스 배출 인벤토리 검증과 지역별 배출량 측정에 대한 연구'를 지속해 왔다. 2021년부터는 측정자료의 품질 개선과 활용 확대를 위한 공동연구 및 기술협력을 목표로 한국표준과학연구원을 포함한 9개 참여기관과 다수의 참관기관으로 구성된 온실가스 관측 분야 연구협의체를 운영해 왔다. 이를 통하여 국내 지역별, 부문별 온실가스 관측 및 연구 인프라 공유를 촉진하고 있다. 2024년에는 미국 항공우주국(NASA)과 함께 지상, 항공, 위성 관측을 통하여 대기오염과 온실가스 배출원을 조사하는 국제공동 캠페인인 '아시아 국제 대기질 협력 연구(An International Collaborative Study of Air Quality in Asia, Asia-AQ)'를 주관하였다.



[그림 Annex Ⅰ-3] 온실가스 관측 분야 연구협의체 구조도

3) 판도라 아시아 네트워크

2020년 2월 세계 최초 정지궤도 환경위성 발사 후 아시아 지역의 대기질 개선을 선도하기 위하여 유엔 아시아·태평양 경제사회위원회(United Nations Economic and social Commission for Asia and the Pacific, UN ESCAP) 및 한국국제협력단(Korea International Cooperation Agency, KOICA)과 공동으로 '판도라 아시아 네트워크(Pandora Asia Network, PAN)'를 구축하고 있다. 이 네트워크는 위성 관측 자료와 지상 원격 관측망을 공유하며, 대기오염 및 단기 기후변화 체류물질에 대한 실시간 위성 관측 정보를 제공한다. 2022년부터는 매년 워크숍을 개최하여 수혜국의 정책결정자와 지상원격 관측장비 운영자에게 환경위성과 판도라 장비 등 대기질 관련 교육을 제공하고 있다. 2024년까지 태국, 베트남, 인도네시아, 몽골, 캄보디아, 필리핀, 라오스 등 7개국에 20개소의 지상원격 관측망을 설치하고, 이를 통하여 아시아 대기질 개선을 위한 협력사업 등을 추진할 예정이다.

Ⅱ. 교육 및 시민참여

1. 교육 및 인력양성

우리나라는 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」(이하 탄소중립기본법)(2021.09)을 제정하고, 국민이 일상생활에서 에너지와 자원을 절약하고 녹색제품 소비를 늘려 온실가스 배출을 최소화할 수 있도록 다양한 시책을 마련하였다. 지방자치단체, 기업, 민간단체 등과 협력체계를 구축하여 교육과 홍보를 강화하는 범국민적 녹색생활 운동의 전개도 의무화하였다.

2023년 4월에는 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」(이하 탄소중립기본계획)(2023.04)을 수립하고 '모든 사회구성원의 공감과 협력을 통하여 함께하는 탄소중립'을 전략으로 제시하였다. 이를 위하여 ⅰ) 전 국민의 탄소중립 교육 활성화, ⅱ) 산업구조 전환에 따른 신규 인력 수요에 대비한 인적자원의 육성 지원, ⅲ) 공공·기업·시민사회 간 협업 캠페인의 확대 등을 추진하여 전 국민이 기후변화에 대응하는 문화를 조성하고 있다.

기후변화에 대한 대응과 탄소중립 사회로의 전환을 위하여, 미래 환경시민을 양성하고 전 국민이 환경문제를 극복하는 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 양질의 교육을 제공하고 있다. 이러한 교육은 유치원 및 초·중·고등학교에서 이루어지는 '학교환경교육', 일반 시민을 대상으로 하는 '사회환경교육', 탄소중립 전문인력 양성을 위한 교육으로 구분된다.

1.1 환경교육

1.1.1 학교환경교육

1) 법·제도적 기반

인간과 환경의 공존, 지속 가능한 사회를 위한 생태교육, 기후변화에 대응하는 교육의 중요성이 강조되고 있다. 2021년에 개정한 「교육기본법」(1997.12), 2022년에 개정한 「환경교육의 활성화 및 지원에 관한 법률」(이하 환경교육법)(2008.03) 및 탄소중립기본법 제정으로 학교환경교육과 사회환경교육의 법적 근거를 마련하고 환경교육 활성화를 지원하고 있다. 특히 환경교육법에 따라 2023년부터 초·중학교에서 환경교육을 의무화하여, 기후변화의 당사자인 학생들이 탄소중립과 기후변화에 대응하는 데 필요한 소양과 역량을 조기에 갖출 수 있도록 환경 학습권을 보장하고 있다. 또한, 유아교육기관부터 대학까지 전 교육 단계에서 환경교육이 활성화될 수 있도록 다양한 지원을 제공하고 있다. 각 시·도교육청에서는 「학교환경교육 진흥 조례」를 제정하여 환경교육 활성화를 위한 정책을 추진하고, 학교환경교육의 제도적 기반을 강화하고 있다.

2) 교육 현황

미래세대가 기후위기를 인식하고 대처할 수 있도록 유아를 대상으로 맞춤형 교육을 시행하고 있다. 전국에 지정된 3개소의 유아환경교육관을 통하여 3~5세 유아를 대상으로 놀이와 체험 중심의 교육 프로그램을 운영하여 기후 감수성을 높이고 있다. 기상청은 유아용 동화책, 애니메이션 등 다양한 콘텐츠를 개발하여 기후정보포털을 통하여 제공함으로써 미래세대가 기후변화에 대한 과학적 지식을 습득할 수 있도록 지원하고 있다.

초·중·고등학교의 경우, 정규 교육과정에 환경·기후·탄소중립 관련 내용을 다수 포함하였다. 사회, 과학 등 주요 과목의 성취기준에 이를 반영하였을 뿐 아니라 2025년부터 새롭게 적용되는 교육과정에서는 기후·환경 관련 과목을 신설하는 등 기후변화의 심각성과 탄소중립의 중요성을 인식하고 실천하는 교육을 강화할 예정이다. 또한, 초·중·고등학생을 대상으로 창의적인 체험활동 등을 제공함으로써 학교, 지역사회, 가정과 연계된 실천 중심의 교육활동을 추진하고 있다. 환경부, 교육부, 농림축산식품부, 해양수산부, 산림청, 기상청이 협력하여 전국 초·중·고등학교에 탄소중립 중점학교 및 시범학교 774개소를 지정하고, 부처별 전문성을 연계한 학교환경교육 우수 모델을 발굴·확산하고 있다. 2024년부터는 온실가스 배출이 없는 수소버스를 교육 차량으로 도입하여 전국 곳곳에서 학생들에게 환경교육을 체험할 기회를 제공하고 있다.

대학에서도 기후변화 대응을 포함한 환경교육을 일반 교양과목으로 개설하여 대학생들의 환경 관련 기초 소양을 높이고, 그린리더십 양성과정 운영 대학을 지정하여 친환경 인재 양성과 친환경 대학문화 확산을 지원하고 있다. 예비 교원들을 대상으로 하는 환경교육도 강화하여 교원양성대학을 통한 환경교육 수업을 개설·운영하고 있다. 또한, 국가환경교육 통합플랫폼을 통하여 전 교육 단계에 맞는 다양한 탄소중립 및 기후변화 교육 콘텐츠를 지속 개발·배포하여 교원과 학생들의 환경교육에 대한 접근성을 제고하고 있다.

1.1.2 사회환경교육

학교 교육 외에도 일반 시민들을 대상으로 기후위기에 대한 관심을 높이고 실천을 독려하는 다양한 사회환경교육을 추진하고 있다. 공공기관이나 민간단체 등이 일반 시민들을 대상으로 환경 문제에 대한 이해를 높이는 활동을 전개하고 있다. 최근에는 공무원, 교사, 공공기관 종사자를 대상으로 탄소중립, 녹색성장 등의 환경교육이 확대되고 있으며, 기업 임직원을 대상으로도 업종별·계층별 교육이 강화되고 있다. 2021년 환경교육 실태조사 결과에 따르면, 사회환경교육에서 가장 큰 비중을 차지하는 주제는 기후변화와 탄소중립인 것으로 나타났다.

환경부는 환경교육의 질과 신뢰성을 높이기 위하여 환경교육 프로그램을 기획하고 실행할 수 있는 환경교육사를 국가전문자격으로 운영하고 있다. 2022년부터는 환경교육사 교육 과정에 기후변화 관련 과목을 개설하여 기후위기 문제를 이해하고 탄소중립을 실천하도록 이끌 전문가를 양성하고 있으며, 이를 통하여 좀 더 전문성 있는 기후교육의 확산을 도모하고 있다. 또한, 환경부와 국가기후위기적응센터는 2023년부터 기후적응 아카데미를 운영하여 일반 시민에게 기후위기 및 적응에 관한 기본 교육을 제공하고 있으며, 이를 통하여 기후위기에 대한 관심과 적응 정책에 대한 체감도를 높이고 있다. 기상청은 2022년부터 기후변화과학 강사를 양성하여 다문화가족지원센터, 노인복지센터 등을 대상으로 기후변화과학에 대한 양질의 교육을 제공하고 있다.

1.2 인력양성

저탄소 기술의 전문성과 정책, 경제, 사회에 대한 이해를 바탕으로 저탄소 녹색산업 전환을 이끌 인력을 양성하고 있다. 2023년에 수립된 「제5차 환경기술·환경산업·환경기술인력 육성계획」(2023.02) 및 탄소중립기본계획을 기반으로 인력양성 체계를 마련하고 대학과 다양한 교육 과정을 통하여 저탄소 및 녹색 분야를 선도할 인재를 배출하고 있다.

1.2.1 대학원 인력양성

지속 가능한 미래사회를 이끌 고급 인력을 양성하기 위하여 2023년을 기준으로 기후변화, 탄소중립, 폐자원에너지 등 4개 분야에서 15개의 특성화대학원을 운영하고 있다. 또한, 「기후변화대응 기술개발 촉진법」(2021.04)을 근거로 2022년부터 '기후기술 인재양성 시범사업'을 시행하여 국내 대학원생들의 글로벌 역량 배양을 지원하고 있다. 동남아시아 4개국(인도네시아, 말레이시아, 필리핀, 베트남) 관계자를 초청하여 기후기술 개발 현황 및 수요 기술을 파악하였고, 공동연구를 위한 기후기술 확산 세미나를 개최하였다. 카타르와 UAE의 신재생에너지 연계 저탄소 담수화 기술과 관련된 대학, 연구소, 플랜트 현장, 워크숍 및 기술박람회 등에 참여하는 현장 방문 연수도 진행하였다.

1.2.2 전문 교육훈련

탄소중립 전환을 지원하기 위한 다양한 실무 연계 및 재직자 교육을 마련하고 있다. 16개 전문인력 양성 과정을 통하여 전문인력을 양성하고 있으며, 2023년에는 기업의 환경, 사회, 지배구조(Environmental, Social, and Governance, ESG)와 관련한 전문인력 양성 교육을 신설하였다. 2024년에는 기후공시, 공급망 실사, 전 과정 탄소배출량 산정 등 중요도가 높은 주제에 대한 심화 과정을 도입하여 체계적인 인력양성 프로그램을 강화하고 있다. 한국환경공단은 구직자를 대상으로 기후변화의 이해, 온실가스 배출량 산정 등 이론교육과 실습교육을 제공하며, 취업 지원까지 연계하여 온실가스 관리 전문가를 양성하고 있다.

에너지 분야에서도 전문인력 양성을 추진하고 있다. 산업통상자원부는 탄소중립을 달성하기 위하여 에너지 신산업, 융복합 교육 등 에너지산업의 최신 트렌드를 반영한 전문교육 과정을 운영하고 있다. 또한, 에너지 분야의 주요 정책 동향 및 관련 배경지식을 함양하기 위하여 다양한 교육 과정을 마련하고 에너지 패러다임의 변화를 주도할 전문인력을 배출하고 있다.

산업구조의 전환 과정에서 소외될 수 있는 노동자를 보호하고 친환경 인력을 양성하기 위한 교육도 시행하고 있다. 고용노동부는 저탄소 전환 등 산업구조 전환에 따른 인력의 양성과 재직자의 직무 전환을 선제적으로 지원하기 위하여 다양한 방안을 마련하고 있다. 중소기업의

산업전환 진행단계 진단과 직무분석을 통하여 훈련 로드맵을 수립하고, 2022년에는 산업전환 공동훈련센터를 개소하여 중소기업 재직자를 대상으로 맞춤형 직무전환 훈련을 제공하고 있다. 공공 직업교육 훈련 기관인 한국폴리텍대학에서는 저전력반도체설계, 전기자동차 등 친환경·저탄소 유망 분야의 학과를 신설하고, 이론교육과 프로젝트 중심의 교육훈련을 병행하여 다양한 수준의 전문인력을 양성하고 있다.

2. 정보확산 및 시민참여

2.1 기후변화 정보확산

국민이 일상 속에서 기후변화에 대응하는 활동에 적극적으로 참여할 수 있도록 기후변화 관련 정보를 국민에게 투명하게 공개하고 있다.

2.1.1 기후정보포털

기후정보포털(climate.go.kr)은 지구온난화와 기후변화에 대한 과학적 정보를 종합적으로 제공하는 인터넷 기반 시스템이다. 이를 통하여 대기, 육상, 해양의 변화에 대한 종합적인 기후변화 감시 정보, 국가 기후변화 표준 시나리오를 기반으로 한 미래 기후전망 정보, 그리고 이를 시각화한 기후변화 상황지도를 제공한다. 더불어 기상, 농업, 산림, 생태계 등 각 분야에서 나타나는 지구온난화의 현황과 미래에 미칠 영향에 대한 기후변화 영향 정보를 제시한다. 정부는 이 포털을 처음 개발한 2000년 이후 지속적으로 개편해 왔으며, 기후변화 모니터링과 연구에 필요한 데이터베이스를 체계적으로 구축해 오고 있다.

기후변화 적응정책 수립을 위한 과학적 정보를 공유하고 양방향 소통과 산학연 협업을 지원하고자 한국환경연구원 국가기후위기적응센터(kaccc.kei.re.kr) 포털과 국립환경과학원 국가기후위기적응센터 홈페이지(nier.go.kr/nacccc)를 운영하고 있다. 이를 통하여 적응 정책 동향, 연구 및 교육 자료, 국가와 광역·기초지자체 단위 적응 계획, 산업계 및 공공기관 적응 대책 수립 지원을 위한 자료 등을 제공하고 있다. 또한, 사용자들은 홈페이지를 통하여 기후변화 영향·취약성 평가도구를 이용할 수 있다.

2.1.2 탄소중립 정책·실천 안내

2021년에는 탄소중립 사회로의 전환을 촉진하기 위하여 일상생활 속에서 온실가스를 줄이는 방법을 제시하는 '탄소중립 생활 실천 안내서'를 발간하였다. 이 안내서는 가정, 학교, 기업 등 3개 부문에서 에너지, 소비, 수송, 자원순환, 흡수원 등 5대 분야에 적용할 수 있는 81개의 실천 수칙과 시설 개선 방안을 포함하고 있다. 다양한 생활실천 상황을 반영하기 위하여 청년 서포터즈, 시민단체, 지자체, 교육청, 관계부처 등의 의견을 담아 작성하였다.

2050 탄소중립 정책포털과 2050 탄소중립 실천포털은 정부와 국민 간의 소통 채널로서, 탄소중립 정책 정보와 실천 방법을 제공한다. 정책포털에서는 기후변화 대응 정책 현황과 온실가스 배출 통계 등의 정보를 확인할 수 있으며, 실천포털에서는 일상 속 탄소중립 실천 방법과 다양한 캠페인을 소개하고 있다.

2.2 공공인식 제고 및 시민참여

2.2.1 기후변화 대국민 캠페인

국민이 스스로 탄소중립을 실천할 수 있도록 다양한 정보와 프로그램을 제공하고 있으며, 여러 캠페인을 통하여 생활 속 참여를 독려하고 있다.

먼저, 탄소중립을 위한 일상 속 친환경 활동에 참여하면 인센티브를 받을 수 있는 제도를 운영하고 있다. 예를 들어, 가정이나 상업시설에서 전기, 수도, 도시가스 사용량을 감축하거나 자동차 주행거리를 줄이는 참여자에게 연간 최대 10만 원의 인센티브를 지급한다. 2022년부터는 녹색생활 탄소중립 포인트 제도를 도입하여 텀블러 사용, 일회용컵 반환, 리필스테이션 이용, 친환경 제품 구매 등 10가지 활동에 대하여 연간 최대 7만 원의 혜택을 제공하고 있다.

2009년부터는 지구의 날(4월 22일)을 중심으로 1~2주간 '기후변화주간'을 운영하고 있다. 이 기간에는 전국 각지에서 소등 행사를 비롯한 다양한 기후 친화적 생활 실천 행사를 개최하여 탄소중립과 녹색성장의 필요성을 홍보하며, 국민의 적극적인 참여를 독려한다. 농촌진흥청은 이 기간에 농업 분야에서의 탄소중립 실천 캠페인 등 다양한 활동을 전개한다.

폐기되는 사무용 집기류 등을 재사용 기관으로 연결하는 '자원 多잇다' 플랫폼 사업도 운영하여 자원순환 문화의 확산에 기여하고 있다. 2022년 이후 13개 기업이 이 사업에 참여하여 총 3,244개의 물품을 공급하였으며, 55개 기관이 이 중 2,845개의 물품을 재사용하였다. 사업에 대한 기업의 참여를 더욱 활성화하기 위하여 성과를 정량화하고 우수사례를 적극적으로 홍보하고 있으며, 플라스틱 사용 줄이기를 촉구하는 '바이바이플라스틱(Bye Bye Plastic)' 캠페인도 공공기관, 기업, 국민의 참여 속에 활발하게 진행하고 있다.

2021년부터는 청년층을 중심으로 탄소중립 서포터즈를 구성하는 등 국민참여 거버넌스를 확대하여 기후변화 대응과 탄소중립 실천 캠페인을 기획하고, 정부의 정책과 일상 속 탄소 감축 방법에 대한 온라인 콘텐츠를 제작하여 탄소중립 실천 문화를 확산하고 있다.

기후변화에 대한 과학적 이해를 높이기 위한 노력도 기울이고 있다. 기상청은 기후변화과학에 대한 인식을 개선하고 국민이 쉽게 기후변화과학에 접근할 수 있도록 '달콤기후' 브랜드를 개발하였으며, 이를 바탕으로 공모전과 버스킹 등을 개최하며 다양한 참여와 소통 활동을 펼치고 있다.

대중교통 이용을 장려하기 위하여 대중교통비 지원 사업도 시행하고 있다. 2020년부터 알뜰교통카드 사업을 운영하여 대중교통 이동거리에 따라 마일리지를 제공하고 있으며, 청년층과 저소득층을 위한 혜택을 확대하고 있다. 이러한 노력으로 대중교통 이용 횟수가 월평균 7회 정도 증가하는 효과를 거두었으며, 알뜰교통카드는 2021년 세계대중교통협회(International Association of Public Transport, UITP)에서 특별상을 받는 등 친환경 교통수단 활성화에 대한 기여를 인정받았다.

2.2.2 시민참여 활동

탄소중립 녹색성장 정책의 수립 과정에서 사회 각계의 의견을 폭넓게 수렴하고 있다. 2050 탄소중립녹색성장위원회는 주요 배출 업종 관계자와 학계 등 이해관계자를 대상으로 의견 수렴 및 공청회를 진행하였으며, 청년, 시민단체, 산업계, 노동계와의 토론회를 통하여 다양한 의견을 정책에 반영하였다. 기후금융, 기후기술, 지역별 탄소중립 추진 현황, 국제 탄소중립 동향 등을 소개하고 의견을 수렴하는 대국민 포럼도 정기적으로 개최하고 있다.

이와 함께, 「제3차 국가 기후변화 적응대책」(2020.12)에 따라 '기후변화 적응정책 국민평가단'을 운영하고 있다. 일반 국민 50명으로 구성된 평가단은 기후변화 적응 정책과 대책에 관한 교육을 받은 후, 49개 과제에 대한 평가에 참여하였다. 국민평가단 운영은 정책에 대한 국민의 이해를 높이고 의사결정 과정의 투명성과 책임성을 강화하는 데 기여하였다.

탄소중립이 국가 미래 전략으로 제시됨에 따라 산업계, 교육계, 종교계, 시민사회 등 다양한 분야에서 자발적인 참여가 확대되고 있다. 산업계에서는 36개 기업이 자발적으로 RE100 가입을 선언하고 재생에너지 활용에 동참하고 있으며, 철강, 석유화학, 자동차 등 주요 온실가스 배출 업종을 중심으로 '수소경제협의체'를 발족하여 감축 의지를 표명하였다.

종교계에서도 탄소중립을 위한 적극적인 움직임이 이어지고 있다. 2021년 5월 기독교의 탄소중립 선언을 시작으로, 천주교 수원교구는 2040년 탄소중립 계획을 발표하였고, 불교기후행동 역시 2040년 탄소중립 달성을 촉구하는 계획을 발표하였다. 시·도 교육청도 2021년 환경공동선언을 발표하는 등 사회 전반에서 기후변화에 대응하려는 노력이 확산되고 있다.

Annex Ⅱ

국가 온실가스 인벤토리 보고서

UNFCCC 웹사이트에 등록될 예정인 공통보고표(Common Reporting Tables, CRT) 및 국가 온실가스 인벤토리 보고서(National Inventory Document, NID)를 참고한다.

Annex III

NDC 진전 추적 정보

〈 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안(2021.10) 〉

구분	정보
목표	NDC 상향안은 2030년까지 2018년 국가 온실가스 총배출량(727.6백만 CO_2-eq) 대비 40%를 감축하는 것이 목표며, 목표 달성을 위해 국내적 감축 노력(산림흡수원 포함)과 함께 파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획
목표유형	단일연도 감축목표
목표연도	2030
기준연도 및 배출량	2018년, 727.6백만 tCO_2-eq(LULUCF 제외)
이행 기간	2021.01.01 ~ 2030.12.31
부문	전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원
온실가스	CO_2, CH_4, N_2O, HFCs, PFCs, SF_6
ITMOs 활용 여부	파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획
NDC 갱신 내용	2018년 총배출량(LULUCF 제외) 대비 26.3% → 40%로 감축목표 강화

1. NDC 이행·달성 진전추적을 위한 지표 설명

지표	설명
연간 온실가스 총배출량(LULUCF 제외)	
기준점	2018년, 732.9백만 tCO_2-eq(LULUCF 제외)
NID 재계산에 따른 갱신사항	2024년 12월에 산정된 최신 통계에 따라 2018년 배출량이 기존 727.6백만 tCO_2-eq에서 732.9백만 tCO_2-eq으로 재계산
NDC와의 연관성	NDC 달성 진전 추적 지표

2. NDC 이해를 위한 정보

지표 정의	
연간 온실가스 총배출량	LULUCF 분야를 제외한 에너지, 산업공정 등 분야별 연간 배출량의 합계
NIR과 상이한 부문 또는 카테고리	
부문	전환, 산업, 건물, 수송, 농축수산, 폐기물, 흡수원
적응행동 및 경제다변화 계획에 따른 감축 공편익	
감축 공편익	- ※ 적응행동 등을 통한 부수적 감축효과를 NDC에 제시한 경우

3. 방법론에 대한 설명

보고 항목	설명
파리협정 제4조에 따른 제1차 NDC	
방법론 (파리협정 제4조 제13~14항과의 일관성에 관한 내용 포함)	• 배출량 및 흡수량 산정 시, 투명성, 정확성, 완전성, 비교가능성, 일관성 원칙 준수와 환경건전성 및 이중계산 방지를 위하여 아래와 같은 산정방법론을 적용 [방법론] - 결정문 24/CP.19와 1996 IPCC GL을 기반으로 산정 - 일부는 IPCC GPG 2000, IPCC GPG-LULUCF 2003, 2006 IPCC GL 적용 [공통측정단위] 제2차 IPCC 평가보고서 GWP
파리협정 제4조에 따른 제2차 및 후속 NDC	
방법론 (파리협정 제4조 제13~14항과의 일관성에 관한 내용 포함)	-
IPCC GL 및 공통측정단위와의 부합 정도	-
방법론과 GHG 자료 간의 일관성	-
전망치의 과대/과소 산정 방지(안)	-
파리협정 제4조에 따른 각각의 NDC	
IPCC · CMA 산정방법론 및 공통측정단위에 따른 배출량 및 흡수량	
감축목표 이행·달성 평가를 위한 방법론	기준연도인 2018년 총배출량(LULUCF 제외)과 목표연도인 2030년 순배출량(LULUCF 포함) 간 비교하여 감축목표 이행·달성 평가
베이스라인 방법론	-
산정방법론과 감축목표 이행·달성 평가를 위한 방법론이 상이할 경우, 방법론별 설명	-
NDC 달성에 관한 조건 및 가정	-
주요 매개변수, 가정, 정의, 자료 출처, 모형	-
IPCC GL	IPCC 1996 GL 적용. 일부 IPCC GPG 2000, IPCC GPG-LULUCF 2003, 2006 IPCC GL 활용
측정단위	제2차 IPCC 평가보고서 GWP

보고 항목	설명
자체 산정방법론(IPCC 지침을 사용하지 않은 경우)	-
감축 정책 및 조치 이행 추적을 위한 산정방법론	-
기후변화협약 下 IPCC GL에 따른 분야, 부문 또는 활동에 관련한 가정, 방법론, 접근방식	IPCC 1996 GL 적용. 일부 IPCC GPG 2000, IPCC GPG-LULUCF 2003, 2006 IPCC GL 활용 2006 IPCC GL, 2013 KP 보충서, 2013 습지 보충서 적용 준비 중
'관리된 토지'의 자연적 교란으로부터 발생하는 배출량 및 후속 흡수량에 대한 접근법과 IPCC 지침과의 일관성	관리된 토지에서의 자연적 교란에 의하여 발생하는 배출량 및 후속 흡수량에 대하여 2013 KP 보충서에 따라 산정 및 보고할 예정
목재제품 배출량 및 흡수량 산정에 활용한 IPCC 지침	목재제품으로 인한 배출량 및 흡수량에 대하여 2006 IPCC GL과 2013 KP 보충서를 활용하여 산정 및 보고할 예정
산림 영급구조 효과 산정방법론과 IPCC 지침과의 일관성	특정 연령에 집중된 산림의 영급 구조를 개선하여 안정적으로 흡수량을 확보할 수 있도록 산림을 지속적으로 관리하고 있음
기후변화협약 下 기존 방법 및 법적 문서	2006 IPCC GL, 2013 KP 보충서, 2013 습지 보충서 적용 준비 중
적응행동 및 경제다변화 계획에 따른 감축공편익 산정방법론	- ※ 적응행동 등을 통한 부수적 감축효과를 NDC에 제시한 경우
순배출량 감소에 관한 이중계산 방지(안)(해당할 경우, 파리협정 제6조에 관한 지침 포함)	국제감축사업이 초기 단계이므로 ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지(안)에 대해선 후속 BTR부터 보고할 예정
NDC 관련 기타 방법론	-
NDC 보고 및 이행 간 방법론의 일관성 보장	
NDC 보고 및 이행 간 베이스라인을 포함해 범위, 부문, 정의, 자료 출처, 측정단위, 가정, 방법론의 일관성 유지 방법	NDC 상향안 제출(2021) 이후 부문, 정의, 자료 출처, 측정단위, 가정, 산정방법론 등 변동사항 없음
NIR GHG 자료 및 방법론과의 일관성	NDC 상향안(2021)에서는 1996 IPCC GL과 제2차 IPCC 평가보고서의 GWP 활용함. 다만, BTR 1장의 최신 NID는 기존 6대 온실가스* 및 삼불화질소(NF_3)을 대상으로 2006 IPCC GL과 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP을 활용함. 이에 따라 상호 간 보고대상 온실가스, 산정방법론, 공통측정단위(common metrics)에서 차이 존재 * 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6)

보고 항목	설명
기준점, 기준 수준 또는 전망치 갱신을 위한 기술적 변화	
NIR 관련 기술적 변경사항	1장의 NID 산정방법론은 기존 6대 온실가스* 및 삼불화질소(NF_3)을 대상으로 2006 IPCC GL과 제5차 IPCC 평가보고서의 GWP을 적용하기 때문에 NDC 기준점에 관한 산정방법론(1996 IPCC GL)과 차이가 있음 * 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O), 수소불화탄소(HFCs), 과불화탄소(PFCs), 육불화황(SF_6)
방법론의 일관성 유지를 위한 정확성 개선 관련 기술적 변경사항	-
NDC 이행 기간 내 기술적 변경사항	-
카테고리에 관한 사항	
카테고리 산정방법론	[산정방법론] - 1996 IPCC GL을 통하여 산정 - 일부는 IPCC GPG 2000, IPCC GPG-LULUCF 2003, 2006 IPCC GL 적용 [공통측정단위] 제2차 IPCC 평가보고서 GWP [산정등급] - 인벤토리 산정 시 Tier1 등급을 주로 사용 - 일부 부분은 Tier2를 적용 > 에너지 분야: (1) 연료연소 부문 CO_2, (2) 공공전기 및 열생산 CH_4, N_2O > 산업공정 분야: (3) 반도체 및 액정표시장치 제조 부문 PFCs, HFCs, SF_6 > 농업 분야: (4) 벼재배 부문 CH_4, (5) 농경지토양 부문 N_2O > LULUCF 분야: (6) 산림지 부문 CO_2 > 폐기물 분야: (7) 폐기물매립 부문 CH_4, (8) 하·폐수 처리 CH_4, (9) 폐기물소각 부문 N_2O
카테고리 관리방안	-
제외한 카테고리	-
파리협정 제4조에 따른 협력적 접근법 참여(ITMOs의 NDC 활용) 또는(NDC 달성이 아닌) 국제감축목적으로 허가한 감축실적 사용	
협력적 접근법(ITMOs 사용 포함) 관련 방법론	현재 국제감축사업이 초기 단계이므로 ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지(안)에 대해선 후속 BTR에서 보고할 계획
협력적 접근법을 통한 지속가능개발 촉진 방법	상동
협력적 접근법을 통한 투명성(거버넌스 포함) 촉진 방법	상동
이중계산 방지(안)	상동
파리협정 제6조 관련 기타 정보	상동

4. NDC 이행·달성을 위한 진전 상황 추적 정보

보고 항목	단위	기준점[1] (2018)	NDC 이행 기간		목표 수준[2]	목표 연도	NDC 진전 현황
			2021	2022			
NDC 이행·달성 진전 추적을 위한 지표 및 관련 정보							
연간 온실가스 총배출량	백만 tCO_2-eq	732.9	690.8	671.2	40%	2030	2022년 기준, 2018년 대비 약 8.4% 감축
NDC 적용범위의 온실가스 총배출량	백만 tCO_2-eq	732.9	690.8	671.2	–	–	–
LULUCF	–	–	–	–	–	–	–
NDC 관련 ITMOs 활용 정보	국제감축사업이 초기 단계이므로 ITMOs의 NDC 활용과 이중계산 방지(안)에 대해서는 후속 BTR에서 보고할 계획						
NDC 이행 기간 다년간 배출량 추적 또는 예산	–	–	–	–	–	–	–
NDC와 일관된 NDC 이행 기간 다년간 배출량 추적 또는 예산	–	–	–	–	–	–	–
주최국이 식별한 배출·흡수원 범주 또는 해당되는 경우, NDC에서 적용되는 배출원 및 흡수원에 의한 연간 인위적 배출·흡수량	–	–	–	–	–	–	–
NDC에 적용되는 배출·흡수원에 의한 연간 인위적 배출·흡수량 또는 해당되는 경우, NDC의 일부로부터의 배출·흡수량	–	–	–	–	–	–	–
당사국이 NDC 이행 및 달성 진전 추적을 위하여 사용하며, 18/CMA.1의 부속서 65항에 따라 선택된 관련 비 GHG 지표의 연간 수준	–	–	–	–	–	–	–
첫 이전된 연간 ITMOs	–	–	–	–	–	–	–
기타 목적으로 허가된 연간 MO	–	–	–	–	–	–	–
NDC 달성을 위한 연간 ITMOs	–	–	–	–	–	–	–
연간 순 ITMOs	–	–	–	–	–	–	–
ITMOs 축적량	–	–	–	–	–	–	–
상응조정량	–	–	–	–	–	–	–
2/CMA.3 부속서 23(f)항의 연간 정보와 관련된 누적 정보	–	–	–	–	–	–	–

보고 항목	단위	기준점[1] (2018)	NDC 이행 기간		목표 수준[2]	목표 연도	NDC 진전 현황
			2021	2022			
상응조정이 적용된 연간 배출량	–	–	–	–	–	–	–
Non-GHG에 대한 상응조정량	–	–	–	–	–	–	–
기타 정보	–	–	–	–	–	–	–
NDC 달성 여부	우리나라 NDC는 2030년 단일연도 목표이므로 제1차 BTR에서 달성 여부 확인 불가능						

1) 재계산에 따른 수치 최신화(727.6 → 732.9)
2) 목표 달성을 위해 국내적 감축 노력(산림흡수원 포함)과 함께 파리협정 제6조에 따른 자발적 협력을 보충적으로 활용할 계획

5. 파리협정 제4조에 따른 NDC 이행 및 달성에 관한 정책·조치

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
다부문	온실가스 배출권거래제	다배출 업체를 대상으로 배출권을 할당하여 할당범위 내에서 온실가스 배출을 허용하며, 배출권 여분 또는 부족분에 대해서 타 업체와 거래를 통하여 확보	국가가 다배출 업체에 대하여 온실가스 배출허용총량(배출권)을 설정·할당하고 배출권 여유 및 부족 업체 간 거래를 허용하여 온실가스 감축 추진	경제적 수단	이행	에너지 산업공정	CO_2 CH_4 N_2O HFCs PFCs SF_6	2015	환경부 국토교통부 농림축산식품부 기획재정부 산업통상자원부 해양수산부	-	-	-
다부문	온실가스 목표관리제	온실가스 다량 배출사업장을 대상으로 매년 감축목표를 설정하고, 목표미달성 시 과태료를 부과	온실가스 배출권거래제 대상은 아니지만, 일정 수준 이상의 온실가스를 배출하는 기업들을 관리업체로 지정하여 온실가스 감축목표를 설정하고 관리	기타	이행	에너지 산업공정	CO_2 CH_4 N_2O HFCs PFCs SF_6	2010	환경부	-	-	-
전환	노후석탄발전 폐지	노후 석탄발전소를 조기 폐쇄하고 온실가스 배출량이 낮은 발전설비(LNG 등)로 대체	온실가스 배출량아 큰 노후 석탄발전 폐지하고 배출량이 낮은 액화천연가스(LNG) 대체로 온실가스 감축에 기여	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2020	산업통상자원부	570	11,458	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
전환	원자력 발전 계속 운전	무탄소 전원인 원전의 운전 비중을 확대하기 위하여 설계수명에 도달하는 원전의 계속운전 계획 수립 및 인허가 추진	설계수명에 도달하는 원자력발전소를 계속운전함으로써 저탄소 전력믹스 달성 및 온실가스 감축	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2022	산업통상자원부	–	–	–
전환	신재생에너지 설비 금융 지원	신재생에너지 설비 설치비에 장기저리의 융자 지원	재생에너지 발전 확대를 통한 전환부문 온실가스 감축 도모	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2006	산업통상자원부	–	–	–
전환	전력기금 기반 주택 신재생에너지 보급 지원	단독·공동 주택에 신재생에너지 설비 설치비를 지원	재생에너지 발전 확대를 통한 전환부문 온실가스 감축 도모	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	1993	산업통상자원부	–	–	–
전환	전력기금 기반 건물 신재생에너지 보급 지원	주택을 제외한 건물에 신재생에너지 설비 설치비를 지원	재생에너지 발전 확대를 통한 전환부문 온실가스 감축 도모	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	1993	산업통상자원부	–	–	–
전환	전력기금 기반 융복합 신재생에너지 보급 지원	2종 이상의 신재생에너지원간 융합 또는 지역 마을단위의 사업 지원	재생에너지 발전 확대를 통한 전환부문 온실가스 감축 도모	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2013	산업통상자원부	–	–	–

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
전환	신재생에너지 공급 의무화 제도 (RPS 제도)	신재생에너지 공급의무비율 달성을 위하여 발전사업자는 신재생에너지 공급인증서(REC)를 확보(설비 설치 또는 구매 등) 하여야 하며 신재생에너지 발전사업자는 REC를 발급받아 판매	500MW 이상 발전설비를 보유한 업체에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급하여 신재생 발전 확대에 기여	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2012	산업통상자원부	-	-	-
전환	재생에너지 사용 확인제도 (한국형 RE100) 이행 지원	일반 전기소비자가 REC를 구매할 수 있도록 제도 개선, 민간 기업들이 송·배전자에 추가 비용을 납부하여 재생에너지 전기 구매, 재생에너지 발전사업자와 전기소비자 간 전력 구매 계약 체결 등의 이행수단 마련	민간의 자발적인 재생에너지 사용(RE100) 이행을 지원하여 신재생에너지 보급 및 온실가스 감축에 기여	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2021	산업통상자원부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
전환	미래형 전력 계통 체계 구축	전력수요 증가 및 전원믹스 변화를 수용하는 최적화된 전력망 계획 수립 및 적기 보강 추진, 전력수급의 안정성 유지를 위한 스마트하고 유연한 계통운영 기반 마련	고압직류송전(HVDC), 에너지저장장치(ESS) 등 미래 전력수요 증가에 대응하는 전력 계통체계를 구축하여 신재생에너지 보급 확대의 기반 마련	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O SF_6	–	산업통상자원부	–	–	–
전환	분산에너지 활성화 기반 마련	'분산에너지 활성화 특별법'을 제정하여 분산에너지 설치 의무, 전력계통 영향평가 제도, 분산에너지 활성화를 위한 인센티브 지원책 마련	전력 수요지 인근에서 발전을 시행하게 함으로써 전력망 부하 문제를 완화	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2023	산업통상자원부	–	–	–
산업	탄소중립 달성을 위한 기술 R&D 강화	4대 탄소 다배출 업종 (철강, 석유화학, 시멘트, 반도체·디스플레이)의 제조공정 단계에서 발생하는 탄소 배출 저감을 위한 탄소중립 핵심기술 개발	산업현장 중심 필수적 공정/설비 혁신 달성 및 저탄소 산업구조로의 전환 촉진	기타	이행	산업공정	CO_2 HFCs PFCs	2023	산업통상자원부	–	–	–

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
산업	민간의 기술 투자를 위한 지원 강화	「조세특례제한법」에 온실가스 감축 관련 기술 49종을 신규 반영하여 감축 기술 R&D에 투자하는 경우 세액공제. 또한, '탄소중립 선도프로젝트 융자지원 사업'을 시행하여 탄소중립 목적의 민간 시설 투자 및 R&D 투자에 융자 지원 또는 이차보전 시행	기술의 지원체계 구축·상용화 등을 통한 탄소중립 실현 핵심기술 확보	경제적 수단	이행	에너지 수송 산업공정 폐기물	CO_2 CH_4 N_2O HFCs PFCs SF_6	2022	산업통상자원부	-	-	-
산업	에너지경영 시스템 인프라 구축	에너지 효율화 컨설팅, 에너지 사용 현황 실시간 계측 및 모니터링 시스템 구축 등 에너지경영시스템 인프라와 구축된 인프라를 활용한 실질적 에너지절감 활동 지원	기업들의 에너지경영시스템 인프라 구축을 지원하여 기업의 에너지효율성 제고를 유도	경제적 수단	이행	에너지	CO_2	2014	산업통상자원부	-	-	-
산업	자발적 에너지효율 목표제	에너지다소비사업장 (연간 에너지사용량 2,000TOE 이상)과 에너지원단위 개선 목표를 협의 및 설정, 목표 달성 시 인센티브 제공	에너지효율 목표를 설정 및 목표 달성 시 인센티브를 제공하여 에너지 다소비 사업자들의 자발적인 에너지효율성 개선을 유도	기타	이행	에너지	CO_2	2020	산업통상자원부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
산업	에너지절약 시설 투자 지원	자금조달이 어려운 기업에 에너지절약전문기업(ESCO)이 투자 대행 또는 투자 시 저리융자·이차보전을 지원하는 사업	자금조달 난항으로 인하여 좌초되는 에너지절약시설 투자를 지원하여 기업의 에너지절약을 유도	경제적 수단	이행	에너지	CO_2	1980	산업통상자원부	-	-	-
산업	탄소중립 선도플랜트 구축지원	주요 다배출업종에서 온실가스를 획기적으로 줄이도록 최적기술을 적용한 탄소중립 선도플랜트 구축에 필요한 자금을 지원	탄소 다배출업종의 최적기술을 적용한 탄소중립 선도플랜트 보급을 촉진하여 온실가스 감축 유도	경제적 수단	이행	에너지 산업공정	CO_2	2022	산업통상자원부	-	-	-
산업	에너지 사용계획 협의	대규모 사업시행 전 에너지 수급 및 이용효율향상 등의 계획에 대한 협의를 의무화하는 제도	에너지 사용계획에 대한 협의를 의무화하여 기업들의 에너지 효율 향상 및 신재생에너지 보급 유도	규제	이행	에너지	CO_2	1991	산업통상자원부	-	-	-
산업	중소기업 에너지서포터 파견	에너지관리 전문 인력이 부족한 중소기업을 대상으로 에너지전문 인력인 에너지서포터 파견	에너지서포터의 현장방문, 기술지도, 컨설팅 등을 통하여 중소기업의 에너지 절감 유도	기타	이행	에너지	CO_2	2010	산업통상자원부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
산업	에너지 진단 의무화	에너지를 많이 사용하는 에너지다소비업자에게 일정 주기로 에너지 이용 실태와 손실요인을 파악하는 에너지 진단을 받을 것을 의무화하는 제도	에너지 진단을 통하여 사업장의 에너지 절감 방안을 발굴 및 에너지 효율성 향상 유도	규제	이행	에너지	CO_2	2007	산업통상자원부	–	–	–
산업	탄소중립 정부-산업계 거버넌스 마련	탄소중립 달성을 위하여 탄소중립 관련 정부-산업계 간 소통채널인 탄소중립 추진위원회 출범	탄소중립 추진위원회를 통하여 민간의 자발적인 온실가스 감축 실천을 유도 및 법·제도적 장벽 제거	기타	이행	에너지 수송 산업공정	CO_2 CH_4 N_2O HFCs PFCs SF_6	2021	산업통상자원부 국무조정실 국토교통부 기획재정부 농림축산식품부 중소벤처기업부 환경부	–	–	–
건물	제로에너지 건축물 보급	신규 건축물의 제로에너지화로 신재생에너지를 통한 에너지자립률 향상 및 화석연료 사용량 저감	에너지성능을 강화한 제로에너지건축물을 보급하여 건축물의 에너지 소비 최소화	규제	이행	에너지 기타(건물)	CO_2 CH_4 N_2O	2017	국토교통부 산업통상자원부	101	114	354
건물	건물에너지 관리시스템 보급	신축 건축물에 건물에너지 사용 절감을 유도하는 에너지관리시스템 설치를 의무화	신규 건축물에 에너지관리시스템을 보급하여 신규건축물의 에너지효율성 향상	규제	이행	에너지 기타(건물)	CO_2 CH_4 N_2O	2017	국토교통부 산업통상자원부	–	–	–

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
건물	그린리모델링	노후 건축물들의 에너지효율을 높이고, 단열 등을 향상하는 방향으로 리모델링 시행 및 지원	노후건축물의 에너지 효율 향상을 통한 건축물의 에너지 절감 유도	경제적 수단	이행	에너지 기타(건물)	CO_2 CH_4 N_2O	2013	국토교통부	37	22	-
건물	가스 사용 급탕, 취사기기의 효율 증진	대형 건물의 에너지효율 목표 설정, 에너지소비량 평가 등을 통하여 건물의 가스사용기기의 효율성 증진	건물의 가스 사용기기의 효율성을 증진하여 화석연료 사용량 감소 및 온실가스 감축 유도	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2001	산업통상자원부	-	-	-
건물	건물용도별 운영효율지표 개발	건축물을 대상으로 에너지효율성을 평가할 수 있는 지표 및 평가체계를 마련	건물들의 에너지효율 평가체계를 통하여 건물의 효율적 에너지 관리체계 구축 및 자발적인 온실가스 감축 유도	기타	이행	에너지 기타(건물)	CO_2 CH_4 N_2O	2019	산업통상자원부 국토교통부 환경부	-	-	-
건물	지능형 전력계량시스템 보급 확대	유·무선통신을 통하여 실시간으로 건물의 에너지사용량을 관리하는 지능형 전력계량시스템을 보급	지능형전력계량시스템을 통하여 건축물의 에너지사용량 절감 유도	기타	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2010	산업통상자원부	-	-	-
건물	건물 신재생에너지 확산 기반 구축	건물일체형 태양광(BIPV), 태양열, 지열 등 건물에 신재생에너지를 보급하여 연료 전환을 유도	건물부문의 신재생에너지 보급을 통하여 화석연료 사용 절감 및 온실가스 감축	경제적 수단	이행	에너지	CO_2	2022	산업통상자원부 국토교통부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
수송	친환경차 보급 촉진 전기·수소차 등 친환경차 보급 촉진	친환경차 구매 지원, 무공해차 충전 인프라 구축, 공공기관 저공해차 의무구매 및 임차 등을 통하여 친환경차 보급 유도	저공해차(전기, 수소) 보급을 통한 도로교통 부문의 온실가스 배출량 저감	경제적 수단	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2011	환경부 국토교통부 기획재정부 산업통상자원부	274	413	-
수송	자가용차 주행거리 단축	개인 자가용차 주행거리 단축 시 인센티브를 제공하여 자가용차 주행거리 단축을 유도	자가용차의 주행거리를 단축하여 화석연료 사용 절감 및 온실가스 배출량 감축	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2018	국토교통부 환경부	-	-	-
수송	지능형 교통 시스템 구축도로 연장	첨단기술을 도로 및 교통에 적용하여 이용자의 안전과 편의를 도모하고, 관리체계의 자동화 및 최적화로 교통수단의 효율을 개선	지능형 교통시스템 구축을 통하여 ITS 주행 차량의 연비 개선 및 화석연료 사용 저감 유도	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2020	국토교통부	-	-	-
수송	물류 수송방식 전환 (도로→철도)	도로운송에서 친환경 철도 운송으로의 전환 유도	상대적으로 온실가스 배출량이 낮은 철도 운송을 활성화하여 온실가스 배출량 감축	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2010	국토교통부	-	-	-
수송	물류 수송방식 전환 (도로→해운)	도로운송에서 친환경 해운 운송으로의 전환 유도	상대적으로 온실가스 배출량이 낮은 해운 운송을 활성화하여 온실가스 배출량 감축	경제적 수단	이행	에너지	CO_2 CH_4 N_2O	2010	해양수산부	454	439	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
수송	자동차 온실가스·연비 기준 강화	15인승 이하, 총 중량 3.5톤 미만인 승용·승합자동차와 3.5톤 미만인 화물차 대상 평균 연비 및 온실가스 배출량에 대한 기준 마련	자동차의 온실가스 및 연비 기준을 강화하여 화석연료 사용량 감소 및 온실가스 배출량 절감	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2012	환경부 국토교통부 산업통상자원부	-	-	-
수송	노후 경유자동차 조기폐차 지원 및 운행제한	에너지절약 및 교통난 해소를 위하여 대상차량, 시행기간 및 시간 등을 설정하여 운행을 제한	연비가 나쁜 노후 경유차의 운행을 감소시켜 온실가스 배출량 절감	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2005	환경부 국토교통부	-	-	-
수송	바이오디젤 혼합 의무비율 상향	석유정제업자 및 수출입업자에게 연간 일정 비율 이상의 신재생에너지 연료를 수송용 연료에 혼합하도록 의무 부여	수송용 연료에 온실가스 배출량이 낮은 바이오디젤을 의무적으로 혼합하여 온실가스 배출량 절감	기타	이행	수송	CO_2	2018	산업통상자원부 국토교통부	1,942	1,880	-
수송	철도망 연장	저탄소 운송수단인 철도망을 연장하여 철도이용 활성화 유도	철도망을 연장함으로써 이동·운송 시 철도 이용 확대를 유도하여 온실가스 배출량 절감	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2018	국토교통부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
수송	항공기 운항 효율 개선	국내 운항하는 국적항공사의 항공기를 대상으로 항공기 엔진세척, 중량 및 운항관리 등을 함으로써 항공기의 운항 효율 개선을 유도	항공기의 효율을 개선하여 동일 거리 운행 시 연료 사용량 및 온실가스 배출량 절감	기타	이행	수송	CO_2	2018	국토교통부 산업통상자원부	-	-	-
수송	친환경 선박 보급	액화천연가스 등 환경친화적 에너지를 동력원으로 사용하는 선박 등에 인증을 부여하여 민간부문 보급 확산에 기여	온실가스 배출량이 낮은 친환경 선박으로 전환을 유도하여 온실가스 배출량 절감	경제적 수단	이행	수송	CO_2	2021	해양수산부	-	-	-
수송	육상전원장치 (AMP) 보급	화석연료대신 육상전원공급장치를 통하여 선박에 전원을 공급	선박 정박중 육상전기를 사용하여 연료에 의한 발전에 의한 온실가스 배출을 저감하는데 기여	기타	이행	수송	CO_2 CH_4 N_2O	2019	해양수산부	-	-	-
농축수산	논물관리 기술 개발 및 보급	벼 재배 면적 중 2주 이상 용수 공급을 중단하고 배수로를 열어 논을 마른 상태로 유지	논물관리인 중간물떼기를 확대하여 벼 재배 과정에서 발생하는 메탄 발생량 감축	기타	이행	농업	CH_4	2022	농림축산식품부	-	-	-
농축수산	토양검정 근거 시비처방 강화	농경지 토양의 적정 시비를 유도하기 위하여 과학적 토양 분석을 바탕으로 경작지별 적정 시비량 제시	농경지 토양에 적정비료를 공급하여 과다시비로 인하여 발생하는 아산화질소 감축	기타	이행	농업	N_2O	2023	농림축산식품부	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
농축수산	바이오차 보급	토양의 탄소저장 기능을 강화하는 바이오차 개발 및 보급	토양의 탄소저장 능력을 강화하여 토양의 아산화질소 저장 능력 강화	기타	계획	농업	N_2O	2026	농림축산식품부	-	-	-
농축수산	농업 부문 에너지절감 시설 및 재생에너지 보급	에너지 절감 시설 도입 및 태양광 등 재생에너지 보급 확대를 통한 탄소감축 추진	농업 부문의 에너지효율성 개선 및 온실가스 감축 유도	기타	이행	농업	CO_2	2023	농림축산식품부	-	-	-
농축수산	저메탄·질소 저감사료 보급	관행사료 대비 10% 이상의 메탄저감효과가 확인된 메탄저감제를 첨가한 사료 및 현행 기준 대비 조단백질 함량을 낮춘 질소저감사료를 가축에 급여하는 활동	저메탄사료 및 질소저감사료 보급량을 확대하여 장내발효 메탄발생량 및 가축분뇨처리 아산화질소 감축	규제	계획	농업	CH_4 N_2O	2024	농림축산식품부	-	-	751
농축수산	가축분뇨 에너지화·정화처리 확대	가축분뇨 퇴액비 처리 이외에 에너지화, 정화처리 등으로 가축분뇨 처리방식 다각화	가축분뇨에너지화로 화석연료 대체 및 퇴액비 살포로 인한 농경지 아산화질소 배출 감소	규제	이행	농업	CH_4 N_2O	2022	농림축산식품부	-	792	2,058
농축수산	노후 어선 대체건조 및 노후 기관 교체	연근해어선 대상 노후기관 교체 시 보조 (국고 30%, 지방비 30%, 자부담 40%), 노후어선 대체건조 시 자금 이차보전	수산 부문 중 어선어업 분야의 온실가스 감축	경제적 수단	이행	수송	CO_2	2021	해양수산부	1	1	1

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
농축수산	수산업장 에너지절감 시설·설비 보급	양식장, 수산 가공 업장에 에너지절감시설인 인버터 및 히트펌프 보급	수산업장에 에너지절감 시설을 보급하여 에너지효율성 제고 및 온실가스 감축 유도	기타	계획	에너지	CO_2	2020	해양수산부	-	-	-
폐기물	폐기물 소각·매립 부담금 부과·징수	재활용이 가능한 폐기물을 소각 또는 매립 처분한 자에게 폐기물처분 부담금을 부과 및 징수	폐기물처분 부담금을 부과·징수하여 폐기물의 재활용 유도 및 온실가스 감축	규제	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2021	환경부	-	-	-
폐기물	비위생 매립지 정비	과거 설치된 비위생매립지를 굴착·폐기물 선별 이적	비위생매립지 매립 폐기물의 선별·이적을 통한 유기성 폐기물의 분해에 따른 메탄 발생 방지	기타	이행	폐기물	CH_4	1995	환경부	-	-	-
폐기물	매립지 메탄포집 확대	생물학적 처리시설에서 발생하는 메탄가스를 회수하여 에너지원으로 활용	매립지 메탄포집을 통한 화석연료 사용 절감 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CH_4	2009	환경부	1,758	1,720	-
폐기물	재활용 책임 강화를 위한 생산자책임재활용제도 확립	기업이 제조·수입한 포장재·제품으로부터 발생한 폐기물을 원인자인 기업이 회수·재활용하도록 책임을 부여	기업에 폐기물 재활용에 대한 책임을 원천 부여함으로써 폐기물 감량 및 온실가스 감축 유도	규제	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2003	환경부	1,036	1,086	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
폐기물	재활용 동네마당 설치지원	분리배출 취약지역을 대상으로 재활용가능자원을 용이하게 배출할 수 있는 상설거점수거시설인 재활용 동네마당 설치를 지원	분리배출 취약시설의 재활용가능자원 분리배출을 용이하게 하여 재활용 활성화 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2015	환경부	4	6	16
폐기물	공공선별시설 확충 및 현대화	노후된 공공선별시설을 신증설 및 현대화된 선별시설로 교체	공공재활용 선별률 제고를 통한 재활용 강화 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2000	환경부	47	103	-
폐기물	재활용 제품 공공구매 활성화	공공기관 녹색제품 의무구매제도를 통하여 재활용제품에 대한 선도적 수요 창출	공공기관이 재활용 제품을 구매하여 재활용 확산 유도 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2005	환경부	-	-	-
폐기물	전기차배터리 재활용 확대	폐배터리 보관 기관 확대, 재제조·재사용 배터리 순환자원 지정 등 폐배터리 재활용을 위한 제도적 지원 확대	폐배터리의 재활용을 통한 순환경제 활성화 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2022	환경부 국토교통부 산업통상자원부	-	0.1	2.8

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
폐기물	건설폐기물 재활용 확대	철거공사 시 순환골재로 재활용이 가능한 폐기물과 그렇지 않은 폐기물이 혼합되지 않도록 가연성 폐기물을 우선적으로 제거하도록 분별해체 제도를 도입 등 건설폐기물 재활용을 위한 제도적 지원 확대	건설폐기물의 재활용 확대를 통한 순환경제 활성화 및 온실가스 감축	기타	이행	폐기물	CO_2 CH_4 N_2O	2019	환경부	-	-	-
폐기물	유기성 폐자원 바이오가스화 시설 설치	음식물쓰레기, 가축분뇨 등 유기성 폐자원을 활용하여 바이오가스를 생산하는 유기성 폐자원 바이오가스화시설을 설치	유기성폐자원에서 나타나는 메탄 발생 방지 및 메탄을 바이오가스화하여 대체연료로 활용하여 온실가스 감축	경제적 수단	이행	에너지 폐기물	CO_2 CH_4	2022	환경부	-	-	115
흡수원·CCUS·수소	조림	지속 가능한 산림경영 활성화를 위한 조림사업 추진으로 산림흡수원 기능 강화	조림으로 산림흡수원 저장 기능 유지 및 증진	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	산림청	117	228	1,202
흡수원·CCUS·수소	숲가꾸기	나무의 성장단계별로 조림지 가꾸기, 어린나무 가꾸기, 큰나무 가꾸기 등으로 시업을 구분하여 시행	숲가꾸기를 통하여 산림의 탄소흡수원 기능 강화 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	산림청	-	-	-

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
흡수원·CCUS·수소	고부가가치 목재이용 확대	건물, 시설 건설 등에 목재 이용을 적극적으로 장려하여 목재의 탄소 저장량 확대에 기여	목재 이용 장려를 통한 목재의 탄소저장능력 강화 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	산림청	2,106	1,744	1,871
흡수원·CCUS·수소	기후위기 대응을 위한 도시숲 조성	도시 인근 지역에 신규 흡수원인 도시숲 조성	도시숲 조성을 통한 신규 흡수원 마련 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	산림청 국토교통부 농림축산식품부 환경부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	녹지·생태공간 조성, 훼손지 복원 등 신규 흡수원 확대	장기미집행 도시공원 녹지 조성, 그린벨트 훼손지 복원 사업 등을 통하여 신규 흡수원 확충	신규흡수원을 마련하여 탄소흡수능력 강화 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	–	산림청 국토교통부 환경부 농림축산식품부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	내륙습지 보전을 통한 탄소흡수원 활용	습지보호지역 확대, 보호지역 내 사유지 매입, 훼손지 복원사업 등을 통하여 습지보호지역의 생태계 보전 및 체계적 관리 추진	습지 면적 확대 및 생태계 보전을 통하여 습지의 이산화탄소 저장능력 강화 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	환경부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	산림 재해 예방 및 산림 복원	AI 산불감시 플랫폼 및 첨단 진화작업 등을 통하여 산불 진화사각지대 해소 및 산림 재해 예방	산림 재해 예방 및 훼손된 산림 복원을 통하여 산림 탄소 흡수 기능 강화 및 온실가스 감축	규제	이행	LULUCF	CO_2	2021	산림청	1	2	18

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
흡수원·CCUS·수소	연안습지의 복원·보호 및 해양보호구역 관리	갯벌식생 염습지 조성 및 해양보호구역 지정·관리를 통하여 해양흡수원 기능 강화	해양흡수원의 탄소저장 강화를 통하여 온실가스 감축	기타	이행	LULUCF (연안습지)	CO_2 CH_4 N_2O	2022	해양수산부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	바다숲 조성 확대	해양 생태계 내 해조류, 해초 밀집지역인 바다숲 조성을 통한 신규 해양탄소흡수원 확보	바다숲 조성을 통한 해양흡수원 탄소 저장 강화	기타	이행	기타	CO_2	2018	해양수산부	8	9	11
흡수원·CCUS·수소	탄소 포집·이용·저장을 위한 제도적 기반 구축	CCUS 기술개발 및 인프라 구축을 위한 관련 법률 및 추진계획 등 제도적 기반 마련	탄소 포집·이용·저장을 통한 이산화탄소 감축	기타	계획	기타	CO_2	–	국무조정실 과학기술정보통신부 산업통상자원부 해양수산부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	탄소 포집 및 저장 기술 개발 및 인프라 구축	CCS 기술개발 및 인프라 구축을 위하여 R&D 및 탄소 저장소 적합성 평가 추진	탄소 포집 및 저장을 통한 이산화탄소 감축	기타	계획	기타	CO_2	2026	산업통상자원부 해양수산부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	탄소 포집 및 활용 기술 개발 및 인프라 구축	CCU 기술개발 및 인프라 구축을 위한 R&D 및 파일럿 프로젝트 추진	탄소 포집 및 활용을 통한 이산화탄소 감축	기타	계획	기타	CO_2	2026	과학기술정보통신부	–	–	–

부문	명칭	설명	목적	형태	현황	영향 받는 부문	영향 받는 가스	이행 시작 연도	이행기관	온실가스감축량 (kt CO_2-eq)		
										달성 감축량 (2021)	달성 감축량 (2022)	예상 감축량 (2030)
흡수원·CCUS·수소	수소 기술개발 및 인프라 구축	「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 개정 및 수전해기술 실증 사업 등을 통한 수소 인프라 구축	수소 경제 달성을 위한 기술 개발을 통한 청정 수소 생태계 구축 및 온실가스 감축	기타	이행	기타	CO_2	2022	과학기술정보통신부 산업통상자원부 해양수산부 환경부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	안정적 수소 공급 기반 구축	수전해 수소 생산 기지 구축을 통한 안정적 수소 공급 기반 구축 추진	안정적 수소 공급을 통한 수소 경제 활성화 및 온실가스 감축	기타	이행	기타	CO_2	2022	산업통상자원부 과학기술정보통신부 해양수산부 환경부	–	–	–
흡수원·CCUS·수소	지속적 수소 수요 및 활용 확대	수소·암모니아 혼소 발전, 수소환원제철 등을 통한 온실가스 감축	수소차 활용, 수소환원제철 등을 통한 온실가스 감축	기타	이행	기타	CO_2	2022	산업통상자원부 과학기술정보통신부 해양수산부 환경부	–	–	–

6. 우리나라의 분야별·가스별 온실가스 배출량 전망(WM)

(단위: 백만 tCO_2-eq)

	NIR 최신연도	전망			
	2021	2025	2030	2035	2040
분야					
- 에너지	-	-	-	-	-
- 수송	-	-	-	-	-
- 산업공정 및 제품 사용	-	-	-	-	-
- 농업	-	-	-	-	-
- LULUCF	-	-	-	-	-
- 폐기물	-	-	-	-	-
- 기타	-	-	-	-	-
가스					
- CO_2(LULUCF 포함)	594.9	598.5	618.2	628.9	631.4
- CO_2(LULUCF 제외)	633.1	625.5	638.5	644.2	644.3
- CH_4(LULUCF 포함)	36.0	34.0	32.4	31.5	30.5
- CH_4(LULUCF 제외)	35.6	33.6	32.0	31.1	30.1
- N_2O(LULUCF 포함)	10.7	10.73	10.92	11.11	11.22
- N_2O(LULUCF 제외)	10.7	10.7	10.9	11.1	11.2
- HFCs	30.3	40.7	52.1	65.8	73.6
- PFCs	4.7	8.8	12.3	16.6	22.0
- SF_6	5.2	6.0	7.6	9.6	10.8
- NF_3	1.8	2.8	3.7	4.9	6.1
순배출량(LULUCF 포함)	683.6	701.5	737.2	768.4	785.5
총배출량(LULUCF 제외)	721.4	728.0	757.1	783.3	798.0

7. WM 시나리오상의 온실가스 배출량 전망

주요 지표	단위	NID 최신연도	전망			
		2021	2025	2030	2035	2040
순배출량(LULUCF 포함)	백만 tCO_2-eq	683.6	701.5	737.2	768.4	785.5
총배출량(LULUCF 제외)	백만 tCO_2-eq	721.4	728.0	757.1	783.3	798.0

8. 주요 변수 및 가정

구분	단위	최신	전망			
		2020	2025	2030	2035	2040
인구	백만 명	51.8	51.7	51.3	50.8	50.1
GDP	조 원	1,839.5	2,077	2,231	2,351	2,447
유가	$/bbl	43.6	92.1	89.4	89.0	88.6

■ 약어표

	약어	영문	국문
	1996 IPCC GL	Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	1996 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침
	2006 IPCC GL	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories	2006 기후변화에 관한 정부간 협의체 지침
A	ADB	Asian Development Bank	아시아개발은행
	AFoCO	Asian Forest Cooperation Organization	아시아산림협력기구
	AFOLU	Agriculture, Forestry and Other Land use	농업, 임업 및 기타 토지 이용
	AMI	Advanced Metering Infrastructure	지능형전력계량시스템
	AMP	Alternative Maritime Power System	육상전원공급장치
	APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation	아시아태평양 경제협력체
B	BAU	Business As Usual	배출전망치
	BEMS	Building Energy Management System	건물에너지관리시스템
	BIPV	Building Integrated Photovoltaic	건물일체형 태양광
	BM	Benchmark	배출효율 기준 할당방식
	BTR	Biennial Transparency Report	격년투명성보고서
	BUR	Biennial Update Report	격년갱신보고서
C	CBDR	Common But Differentiated Responsibilities	공동의 그러나 차별화된 책임
	CCS	Carbon Capture and Storage	탄소 포집 및 저장
	CCU	Carbon Capture and Utilization	탄소 포집 및 활용
	CCUS	Carbon Capture, Utilization, and Storage	탄소 포집·활용·저장
	CDM	Clean Development Mechanism	청정개발체제
	CH_4	Methane	메탄
	CMA	Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement	파리협정 당사국회의
	CO_2	Carbon Dioxide	이산화탄소
	CO_2-eq	Carbon Dioxide Equivalent	CO_2 환산량
	COP	Conference of the Parties	유엔기후변화협약 당사국총회
	CPS	Country Partnership Strategies	국가협력전략
	CRT	Common Reporting Tables	공통보고표
	CTCN	Climate Technology Centre & Network	기후기술센터네트워크

	약어	영문	국문
	CTF	Common Tabular Formats	공통표양식
D	DAC	Development Assistance Committee	개발원조위원회
	DMZ	Demilitarized Zone	비무장지대
E	EDCF	Economic Development Cooperation Fund	대외경제협력기금
	EDPF	Economic Development Promotion Facility	경협증진자금
	ETF	Enhanced Transparency Framework	강화된 투명성체계
	ETS	Emission Trading System	배출권거래제
	ESG	Environmental, Social, and Governance	환경, 사회, 지배구조
F	F-gas	Fluorinated Gas	불소계 온실가스
G	GAW	Global Atmosphere Watch	지구대기감시
	GCF	Green Climate Fund	녹색기후기금
	GDP	Gross Domestic Product	국내총생산
	GEF	Global Environment Facility	지구환경금융
	GEMS	Geostationary Environment Monitoring Spectrometer	환경탑재체
	GGGI	Global Green Growth Institute	글로벌녹색성장기구
	GHG	Greenhouse Gas	온실가스
	GIRS	GHG Inventory Reporting System	국가 온실가스 인벤토리 시스템
	GWP	Global Warming Potential	지구온난화지수
H	HCFC	Hydrogenated Chlorofluorocarbon	수소염화불화탄소
	HFCs	Hydrofluorocarbons	수소불화탄소
	HVDC	High Voltage Direct Current	고압직류송전
I	ICAO	International Civil Aviation Organization	국제민간항공기구
	ICT	Information & Communication Technology	정보통신기술
	IEA	International Energy Agency	국제에너지기구
	IMO	International Maritime Organization	국제해사기구
	INDC	Intended Nationally Determined Contribution	의도된 국가 결정 기여
	IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission	정부간 해양과학위원회
	IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change	기후변화에 관한 정부간 협의체

	약어	영문	국문
	IPCC GPG 2000	Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories 2000	IPCC 우수실행지침 2000
	IPCC GPG-LULUCF 2003	Good Practice Guidance for Land Use, Land-use Change and Forestry 2003	IPCC 우수실행지침 LULUCF
	IPPU	Industrial Processes and Product Use	산업공정 및 제품 사용
	ITMOs	Internationally Transferred Mitigation Outcomes	국제감축실적
	ITS	Intelligent Transport System	지능형교통체계
	i-SMR	innovative Small Modular Reactor	혁신형 소형모듈원자로
K	KASS	Korea Augmentation Satellite System	한국형 항공위성서비스 체계
	K-BIS	Korea Blue Carbon Information System	국가 블루카본 정보시스템
	K-IPCC	Korean IPCC Response Council	IPCC 국내 대응 협의회
	K-ESG	K-ESG Guideline	K-ESG 가이드라인
	KGGTF	Korea Green Growth Trust Fund	녹색성장기금
	KOSIS	Korean Statistical Information Service	국가통계포털
	KP	Kyoto Protocol	교토의정서
	KSP	Knowledge Sharing Program	경제발전경험공유사업
L	LCA	Life Cycle Assessment	전 과정 탄소배출량 산정
	LDCs	Least Developed Countries	최빈국
	LEDS	Long-Term Low Greenhouse Gas Emission Development Strategy	장기저탄소발전계획
	LNG	Liquefied Natural Gas	액화천연가스
	LPG	Liquefied Petroleum Gas	액화석유가스
	LULUCF	Land Use, Land-Use Change and Forestry	토지 이용, 토지 이용 변화 및 임업
M	MDB	Multilateral Development Bank	다자개발은행
	MEAs	Multilateral Environmental Agreements	국제환경협약
	MOU	Memorandum of Understanding	양해각서
	MOTIVE	Korean Model Of InTegrated Impact and Vulnerability Evaluation of Climate Change	기후변화 영향 및 취약성 통합평가 모형
	MPGs	Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework	투명성체계 방식·절차·지침
	MRV	Measurement, Reporting, Verification	산정·보고·검증
N	N_2O	Nitrous Oxide	아산화질소

	약어	영문	국문
	NbS	Nature based Solutions	자연기반해법
	NC	National Communication	국가보고서
	NDC	Nationally Determined Contribution	국가 온실가스 감축목표
	NDE	National Designated Entity	국가지정기구
	NID	National Inventory Document	국가 온실가스 인벤토리 보고서
	NIR	National Inventory Report	국가 온실가스 인벤토리 보고서
	NIRS	National Inventory Report System	국가 온실가스 통계 보고 시스템
	NF_3	Nitrogen Trifluoride	삼불화질소
	NO_2	Nitrogen Dioxide	이산화질소
	NO_x	Nitrogen Oxide	질소산화물
O	ODA	Official Development Assistance	공적개발원조
	ODS	Ozone Depleting Substance	오존층 파괴물질
	OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development	경제협력개발기구
P	P4G	Partnering for Green Growth and the Global Goals 2030	녹색성장과 2030 글로벌 목표를 위한 연대
	PaMs	Policies and Measures	감축 정책 및 조치
	PFCs	Perfluorocarbons	과불화탄소
	PPA	Power Purchase Agreement	전력수급계약
	PPP	Public-Private Partnership	민관협력
Q	QA	Quality Assurance	품질보증
	QC	Quality Control	품질관리
R	R&D	Research & Development	연구개발
	RD&D	Research, Development & Demonstration	연구개발 및 실증
	REC	Renewable Energy Certification	신재생에너지 공급인증서
	REDD+	Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries	산림파괴로 인한 온실가스 감축 활동
	RPS	Renewable Portfolio Standard	신재생에너지 공급 의무화 제도
S	SAF	Sustainable Aviation Fuel	지속가능한 항공 연료
	SDGs	Sustainable Development Goals	지속가능한발전목표

	약어	영문	국문
	SF_6	Sulfur Hexafluoride	육불화황
	SIDs	Small Island Developing States	군소도서국
	SO_x	Sulfur Oxides	황산화물
	SSP	Shared Socioeconomic Pathways	공통 사회경제 경로
	SSP1-2.6	Shared Socioeconomic Pathways 1-2.6	저탄소 시나리오
	SSP5-8.5	Shared Socioeconomic Pathways 5-8.5	고탄소 시나리오
T	TA	Technical Assistance	기술지원
	TMS	Greenhouse Gas Target Management System	온실가스 목표관리제
	TOE	Ton of Oil Equivalent	석유환산톤
U	UN	United Nations	국제연합
	UNCCD	United Nations Convention to Combat Desertification	사막화방지협약
	UNEP	United Nations Environment Program	유엔환경계획
	UNESCAP	United Nations Economic and social Commission for Asia and the Pacific	유엔 아시아·태평양 경제사회위원회
	UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change	유엔기후변화협약
V	VESTAP	Vulnerability Assessment Tool to Build Climate Change Adaptation Plan	기후변화 취약성 평가 도구
W	WB	World Bank	세계은행
	WAM Scenario	With Additional Measures Scenario	추가 조치 도입 시나리오
	WM Scenario	With Measures Scenario	기존 조치 도입 시나리오
	WMO	World Meteorological Organization	세계기상기구
Z	ZEB	Zero Energy Building	제로에너지건축물
	ZEV	Zero-Emission Motor Vehicle	무공해 차량

■ 참고문헌

제1장. 국가 온실가스 통계

국립기상과학원 (2022) *남한상세 기후변화 전망보고서: SSP 4종 시나리오에 따른 기후변화 전망*, http://www.nims.go.kr/
기상청·국립기상과학원 (2021) *우리나라 109년(1912~2020) 기후변화 분석보고서*, http://www.nims.go.kr/
관계기관 합동 (2015) *제1차 국가 온실가스 통계 총괄관리계획*, https://www.gir.go.kr/
관계기관 합동 (2020) *제2차 국가 온실가스 통계 총괄관리계획*, https://www.gir.go.kr/
온실가스종합정보센터 (2020) *국가 온실가스 배출·흡수계수 개발·검증 지침*, https://www.gir.go.kr/
한국은행 (2023) *국민계정*, https://www.bok.or.kr/

Anna Schreyőgg (2022) *Good Practices in GHG Inventories for the Waste Sector,* https://transparency-partnership.net/
IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2014) *IPCC Fifth Assessment Report*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2019) *2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2023) *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change,* https://www.ipcc.ch/
UN (2014) *Fundamental Principles of Official Statistics,* https://unstats.un.org/unsd/dnss/gp/fundprinciples.aspx.
UNFCCC (2018) *Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement(Decision 18/CMA.1)*, https://unfccc.int/

제2장. NDC 이행·달성 진전 추적

2050 탄소중립녹색성장위원회 (2023) *2022년도 탄소중립·녹색성장 이행점검 결과,* https://www.2050cnc.go.kr/
2050 탄소중립녹색성장위원회 (2023) “탄소중립·녹색성장 이행관리를 위한 점검단 발족”

(2023.7.26.), https://www.2050cnc.go.kr/
2050 탄소중립녹색성장위원회 (2024) *위원회 조직*, https://www.2050cnc.go.kr/
과학기술정보통신부 (2023) *이산화탄소 포집·활용 기술고도화 전략*, https://www.msit.go.kr/
관계부처 합동 (2010) *국가 CCS 종합추진계획*, https://www.korea.kr/
관계부처 합동 (2016) *기후변화대응체계 개편방안*, https://www.korea.kr/
관계부처 합동 (2016) *제1차 기후변화대응 기본계획*, https://www.me.go.kr/
관계부처 합동 (2018) *제1차 자원순환 기본계획*, https://www.me.go.kr/
관계부처 합동 (2019) *제2차 기후변화대응 기본계획*, https://www.me.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *이산화탄소 포집·활용 기술혁신 로드맵*, https://www.msit.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *제1차 수소경제 이행 기본계획*, https://www.motie.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *제4차 환경친화적자동차 개발 및 보급 기본계획*, https://www.motie.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *탄소중립 기술혁신 추진전략*, https://hrstpolicy.re.kr/
관계부처 합동 (2022) *CCUS 분야 탄소중립 기술혁신 전략로드맵*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *전 주기 脫 플라스틱 대책*, https://www.korea.kr/
관계부처 합동 (2022) *청정수소 생태계 조성방안*, https://www.korea.kr/
관계부처 합동 (2023) *제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획*, https://www.2050cnc.go.kr/
국가온실가스 배출량 종합정보 시스템 (2024) *업종별 에너지소비량*, https://min24.energy.or.kr/
국가통계포털 (2024) *무역의존도(GDP 대비 수출입 비율)*, https://kosis.go.kr/
국무조정실 (2022) "탄소중립 비전과 온실가스 감축 의지 법제화, 2050 탄소중립 사회로 나아갑니다" (2022.3.22.), https://www.opm.go.kr/
국토교통부 (2019) *제2차 녹색건축물 기본계획*, https://www.molit.go.kr/
국토교통부 (2021) *국토교통 탄소중립 로드맵*, https://www.molit.go.kr/
국토교통부 (2022) *연도별 건축물 현황*, https://stat.molit.go.kr/
국토교통부 (2023) *2022 국가교통통계(국내편)*, https://www.ktdb.go.kr/
국토교통부 (2023) "'22년 건물에너지, 기준년('18년) 대비 단위면적당 에너지사용량 4.8% 감소" (2023.5.31.), https://molit.go.kr/
국토교통부 (2024) *자동차등록현황보고*, https://stat.molit.go.kr/
국토교통부·산업통상자원부 (2024) *지속가능항공유(SAF) 확산 전략*, https://www.molit.go.kr/
국토지리정보원 (2020) *대한민국 국가지도집*, http://nationalatlas.ngii.go.kr/
국토지리정보원 (2024) *대한민국 전도*, https://www.ngii.go.kr/world/mapdownload05_en.html
기상청 (2024) *기후통계분석*, https://data.kma.go.kr/
농림축산식품부 (2021) *2050 농식품 탄소중립 추진전략*, https://www.mafra.go.kr/
농림축산식품부 (2024) *배합사료 생산실적 및 원료사용실적*, https://www.mafra.go.kr/

농림축산식품부 (2024) *축산분야 2030 온실가스 감축 및 녹색성장 전략*, https://www.mafra.go.kr/
대한민국정부 (2016) *2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵*, https://www.korea.kr/
대한민국정부 (2018) *2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안*, https://www.korea.kr/
대한민국정부 (2019) *UNFCCC에 따른 제4차 대한민국 국가보고서,* https://www.gir.go.kr/
대한민국정부 (2020) *2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)*, https://www.2050cnc.go.kr/
대한민국정부 (2020) *2050 장기저탄소발전전략*, https://www.mofa.go.kr/
대한민국정부 (2023) *2024년도 온실가스 감축인지 기금운용계획서,* https://likms.assembly.go.kr/
산림청 (2021) *2020 산림기본통계,* https://www.forest.go.kr/
산림청 (2023) *제3차 탄소흡수원 증진 종합계획*, https://www.forest.go.kr/
산업통상자원부 (2021) *탄소중립 산업·에너지 R&D 전략*, https://www.motie.go.kr/
산업통상자원부 (2023) 2021~2022 *산업통상자원백서(에너지편),* https://www.motie.go.kr/
산업통상자원부 (2023) *제10차 전력수급기본계획, https://www.motie.go.kr/*
산업통상자원부·환경부 (2021) *한국형(K)-순환경제 이행계획*, https://www.korea.kr/
온실가스종합정보센터 (2023) *2022년 온실가스 감축 이행현황 점검,* https://www.gir.go.kr/
자원순환정보시스템 (2024) *전국폐기물 발생 및 처리현황*, https://www.recycling-info.or.k
정부조직관리정보시스템 (2024) *정부기구도*, https://org.go.kr/
지표누리 (2024) *가축분뇨 발생량 및 처리현황*, https://www.index.go.kr/
지표누리 (2024) *농약 및 화학비료 사용량*, https://www.index.go.kr/
통계청 (2023) *장래인구추계: 2022~2072*, https://kosis.go.kr/
통계청 (2024) *광업제조업조사*, https://kosis.go.kr/
통계청 (2024) *양곡소비량조사*, https://kosis.go.kr/
한국농촌경제연구원 (2019) "쌀 소비 감소 전망, 소비 변화 반영한 정책 추진 필요". (2019.6.13.), https://www.krei.re.kr/
한국무역협회 (2024) *무역통계*, https://stat.kita.net/
한국에너지공단 (2023) *2023 KEA 에너지 편람,* https://www.energy.or.kr/
한국에너지공단 (2024) *2024 KEA 에너지 편람,* https://www.energy.or.kr/
한국육류유통수출협회 (2024) *소비현황*, http://www.kmta.or.kr/
한국은행 (2024) *국민계정, 주요지표(연간지표)(2015년 기준).* https://ecos.bok.or.kr/
한국전력공사 (2023) *2022년 한국전력통계(제92호).* https://home.kepco.co.kr/
한국전력공사 (2024) *전력통계월보,* https://home.kepco.co.kr/
해양수산부 (2020) *제1차 친환경선박 기본계획*, https://www.meis.go.kr/
해양수산부 (2021) *해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵 수립*, https://www.meis.go.kr/
해양수산부 (2022) *제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획*, https://www.meis.go.kr/
해양수산부 (2022) *국가해양생태계종합조사 2022,* https://www.meis.go.kr/

해양수산부 (2023) *국가행동계획(Toward Green Shipping by 2050)*, https://www.imo.org/
해양수산부 (2023) *국제해운 탈탄소화 추진 전략*, https://www.mof.go.kr/
해양수산부 (2023) *블루카본 추진전략*, https://www.mof.go.kr/
해양수산부 (2023) "2022년 어선 총 64,385척으로 나타나… 수산자원 관리 위한 어선 감척사업 등 영향. (2023.6.29.), https://www.mof.go.kr/
해양수산부 (2024) *등록어선통계*, https://www.mof.go.kr/
해양수산부 (2024) *연안습지면적현황*, https://www.mof.go.kr/

IPCC (1995) *IPCC Second Assessment: Climate Change 1995*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (1996) *Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2000) *Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2003) *Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2006) *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, https://www.ipcc.ch/
IPCC (2014) *IPCC Fifth Assessment Report*, https://www.ipcc.ch/
UN (2022) *World Population Prospects 2022,* https://population.un.org/
UNFCCC (2013) *Decision 24/CP.19 Revision of the UNFCCC reporting guidelines on annual inventories for Parties included in Annex I to the Convention*, https://unfccc.int/
UNFCCC (2018) *Decision 18/CMA.1 Modalities, procedures and guidelines for the transparency framework for action and support referred to in Article 13 of the Paris Agreement*, https://unfccc.int/
UNFCCC (2022) *Decision 5/CMA.3 Guidance for operationalizing the modalities, procedures and guidelines for the enhanced transparency framework referred to in Article 13 of the Paris Agreemen*t, https://unfccc.int/
World Bank (2024) *Manufacturing, value added(% of GDP)*, https://databank.worldbank.org

제3장. 기후변화 영향 및 적응

관계부처 합동 (2020) *제3차 국가 기후위기 적응대책*, https://www.gir.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *국가 탄소중립 녹색성장 전략*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *제3차 국가 기후위기 적응 강화대책*, https://www.mois.go.kr/

기상청 (2020) *한국 기후변화 평가보고서 2020*, https://www.kma.go.kr/
대구광역시 (2020) *폭염 및 도시 열섬현상에 대응하기 위한 중장기 종합계획.*

제4장. 국제사회 기여

관계부처 합동 (2015) *기후변화대응 글로벌 기술협력 추진전략.*
관계부처 합동 (2016) *기후변화대응기술 확보 로드맵*, https://www.pacst.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *그린 ODA 추진전략*, https://odakorea.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *제3차 국제개발협력 종합기본계획*, https://odakorea.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *탄소중립 기술혁신 추진전략*, https://www.msit.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *국제개발협력 평가계획*, https://odakorea.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *새정부 국제개발협력 추진방향(안)*, https://odakorea.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *제1차 기후변화대응 기술개발 기본계획*, https://www.msit.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *탄소중립·녹색성장 국가전략 및 제1차 국가 기본계획*, https://www.2050cnc.go.kr/
대외경제정책연구원, 한국환경연구원 (2023) *'기후변화 대응 ODA 사업 평가' 연구보고서.*
대한민국정부 (2020) *장기저탄소발전계획*, https://www.gir.go.kr/
한국수출입은행 (2021) *EDCF 기후변화영향 대응체계 적용 가이드라인.*

부록. 제5차 국가보고서

관계부처 합동 (2020) *제3차 국가 기후변화 적응대책*, https://www.gir.go.kr/
관계부처 합동 (2021) *제1차 해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리 기본계획*, https://www.mof.go.kr/
관계부처 합동 (2022) *탄소중립 녹색성장 기술혁신 전략*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *국가 탄소중립 녹색성장 기본계획*, https://www.2050cnc.go.kr/
관계부처 합동 (2023) *제5차 환경기술·환경산업·환경기술인력 육성계획*, https://www.pacst.go.kr/
국가녹색기술연구소 (2022) *기후기술 국가연구개발사업 투자현황분석(2018~2022)*, https://www.nigt.re.kr/
국립기상과학원 (2022) *남한상세 기후변화 전망보고서 개정판.*
기상청 (2016) *제3차 기상업무발전 기본계획*, https://www.kma.go.kr/
기상청 (2022) *제4차 기상업무발전 기본계획*, https://www.kma.go.kr/
기상청 (2024) *위성기상관측*, https://www.kma.go.kr/kma/biz/observation04.jsp
산림청 (2023) *제3차 탄소흡수원 증진 종합계획*, https://www.forest.go.kr/
해양수산부 (2021) *해양수산분야 2050 탄소중립 로드맵*, https://www.mof.go.kr/
해양수산부 (2022) *제4차 기후변화대응 해양수산부문 종합계획*, https://www.mof.go.kr/
환경부 (2021) *탄소중립 생활 실천 안내서*, https://me.go.kr/

■ 발간정보

「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제77조에 따른 〈제1차 격년투명성보고서 및 제5차 국가보고서〉는 환경부 온실가스종합정보센터 주관 하에 다음과 같은 정부부처 및 기관들의 협력으로 작성되었다. 이후 총괄편집위원회 검토와 2050 탄소중립녹색성장위원회 심의를 거쳐 발간되었다.

- 정부부처 및 기관

제1실무그룹 (온실가스 통계)	국무조정실, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 해양수산부, 통계청, 농촌진흥청, 산림청 국가미세먼지정보센터, 국립농업과학원, 국립산림과학원, 국립생태원, 국립축산과학원, 에너지경제연구원, 한국교통안전공단, 한국에너지공단, 한국토지주택공사, 한국환경공단, 해양환경공단
제2실무그룹 (NDC 이행)	국무조정실, 과학기술정보통신부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 국토교통부, 해양수산부, 통계청, 농촌진흥청, 산림청 국립농업과학원, 국립산림과학원, 국립생태원, 국립수산과학원, 국립축산과학원, 국립환경과학원, 산업연구원, 에너지경제연구원, 한국건설기술연구원, 한국교통연구원, 한국생산기술연구원, 한국에너지기술연구원, 한국환경연구원, 한국교통안전공단, 한국해양교통안전공단, 한국환경공단
제3실무그룹 (기후변화 적응)	국무조정실, 교육부, 과학기술정보통신부, 행정안전부, 농림축산식품부, 산업통상자원부, 환경부, 보건복지부, 국토교통부, 해양수산부, 국가유산청, 농촌진흥청, 산림청, 질병관리청, 기상청, 금융위원회 국립산림과학원, 한국환경연구원, 국립수산과학원, 국립해양조사원
제4실무그룹 (국제사회 기여)	국무조정실, 기획재정부, 외교부, 과학기술정보통신부, 산업통상자원부, 환경부, 해양수산부, 산림청 국립산림과학원, 대외경제정책연구원, 한국환경산업기술원, 한국환경연구원, 국가녹색기술연구소, 한국수출입은행, 한국국제협력단, 한국해양교통안전공단

- 총괄편집위원회

김래현(국립산림과학원), 노동운(한양대학교), 명수정(한국환경연구원),
유승직(숙명여자대학교), 유연철(유엔글로벌콤팩트), 이동근(서울대학교),
전의찬(세종대학교), 정지원(대외경제정책연구원), 조영준(대한상공회의소)

〈환경부 온실가스종합정보센터〉

센 터 장	정은해
기획총괄팀	김지수
	신동혁
	강병준
정보관리팀	최형욱
	이소향
	민경서
감축목표팀	최선두
	윤소원
	방종철
	이재민

유엔기후변화협약 및 파리협정에 따른
제1차 격년투명성보고서 및 제5차 국가보고서

발 행 처 환경부 온실가스종합정보센터

28166 충청북도 청주시 흥덕구 오송읍 오송생명로 210 오송스퀘어 2~3층

대 표 전 화 043-714-7511 Fax 043-714-7510

홈 페 이 지 http://www.gir.go.kr

작성·편집 지원 (재) 한국기계전기전자시험연구원

발간등록번호 11-1480906-100003-11

| 비매품 |

본 보고서를 무단 전재 또는 복제 행위 시 저작권법에 따라 처벌을 받게 됩니다.