



2026. 7.

국회예산정책처 | 경제현안분석 | 제108호

2035 NDC 주요 부문 감축경로 점검

2035 NDC Sectoral Mitigation Pathways Assessment



국회에산정책처
NATIONAL ASSEMBLY BUDGET OFFICE

2035 NDC 주요 부문 감축경로 점검

경제현안분석 제108호

2035 NDC 주요 부문 감축경로 점검

총괄 | 정 지 은 경제분석국장

기획·조정 | 권 일 산업자원분석과장

김 윤 희 경제분석관

김 용 균 경제분석관

작성 | 김 윤 희 경제분석관

조 은 영 경제분석관

김 용 균 경제분석관

유 기 환 경제분석관

이 진 희 경제분석관

지원 | 양 희 열 행정실무관

이 아 라 자료분석연구원

「경제현안분석」은 국회가 관심 있게 다룰 재정 현안이나 정책 이슈에 대해 객관성 있는 분석정보를 적시성 있게 제공함으로써, 국회의 예산 및 법안 심사와 의제 설정을 실효성 있게 지원하기 위한 것입니다.

문의 : 경제분석국 산업자원분석과 | 02) 6788-3781 | nabo3781@nabo.go.kr

이 보고서는 국회예산정책처 홈페이지(www.nabo.go.kr)를 통하여 보실 수 있습니다.

• 이 보고서는 재생지를 사용하였습니다.

2035 NDC 주요 부문 감축경로 점검

2026. 7.

이 보고서는 「국회법」 제22조의2 및 「국회예산정책처법」 제3조에 따라 국회의원의 의정 활동을 지원하기 위하여, 국회예산정책처 「보고서발간심의위원회」의 심의(2026. 6. 25.)를 거쳐 발간되었습니다.

차 례

요약 / 1

I. 서론 / 1

- 1. 검토 배경 1
- 2. 선행연구 검토 4
- 3. 보고서 개요 10

II. 주요 부문의 현황과 과제 / 12

- 1. 2030 NDC 이행 현황과 2035 NDC의 수립 12
- 2. 전력 부문 20
- 3. 산업 부문 38
- 4. 수송 부문 54
- 5. 온실가스 배출 감축 과제 59

III. 주요 부문의 온실가스 배출 저감 수단 / 64

- 1. 전력 부문 64
- 2. 산업 부문 80
- 3. 수송 부문 94

IV. 온실가스 감축경로 시나리오 분석 / 113

- 1. 모형 114
- 2. 시나리오 분석 119

V. 결론 및 시사점 / 139

- 1. 결론 139
- 2. 시사점 142

표 차례

[표 II-1] 2030 NDC 부문별 배출량 및 감축량('96 IPCC 지침 기준) ...	13
[표 II-2] NDC 주요 수립 경과	15
[표 II-3] 2035 NDC 부문별 온실가스 감축목표	17
[표 II-4] 2035 NDC 전력 부문 온실가스 감축목표	21
[표 II-5] 에너지원별 발전량 및 배출량 추이	23
[표 II-6] 발전원별 온실가스 배출 강도 비교	24
[표 II-7] 에너지원별 발전설비 용량 및 발전량 비중	26
[표 II-8] 송변전설비 현황(2024년 기준)	29
[표 II-9] 신재생 발전설비·발전량(2025년)	31
[표 II-10] 현행 재생에너지 지원체계	36
[표 II-11] 2035 NDC 산업 부문 온실가스 감축목표	38
[표 II-12] GDP 대비 온실가스 배출량 비중	39
[표 II-13] 2035 NDC 수송 부문 온실가스 감축목표	55
[표 III-1] 전력 부문 주요 감축 수단	65
[표 III-2] 2040년 조기 탈석탄을 위한 대응방향	68
[표 III-3] SF ₆ 가스 대체율 및 주요 내용	72
[표 III-4] 제4차 계획기간 유상할당 목표비율	77
[표 III-5] 산업 부문 주요 감축 수단	80
[표 III-6] 주요 철강 부생가스의 성분, 발열량, 발생량 비교	83
[표 III-7] 수송 부문 주요 감축수단	95
[표 III-8] 전기차 차종별 국고보조금 전환 예시(2026년)	97
[표 III-9] 승용차 국고보조금 혜택 예시(2026년)	98
[표 III-10] 내연기관차와 전기차의 특징 비교	103
[표 III-11] 자동차 형식별 평균연비	109
[표 III-12] 자동차 종류별 평균전비	109
[표 III-13] 바이오디젤 연도별 혼합의무비율	111

[표 IV-1] 온실가스 배출 감축경로 시나리오 개요	120
[표 IV-2] S.1 현재 추세 연장 경로의 주요 감축수단 전제	124
[표 IV-3] S.2 2035 NDC(61%) 모형의 주요 감축 수단 전제	130

그림 차례

[그림 II-1] 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)	13
[그림 II-2] 우리나라 전력 부문 온실가스배출량(1990~2024)	22
[그림 II-3] 석탄 발전설비 이용률	24
[그림 II-4] 에너지원별 발전설비 용량	27
[그림 II-5] 에너지원별 발전량	27
[그림 II-6] 전력계통 개념도	28
[그림 II-7] 지역별 전력공급과 전력수요(2021년)	31
[그림 II-8] 국내 전력시장 구조 및 전력 거래 흐름도	33
[그림 II-9] 재생에너지 발전사업자의 수익 구조	36
[그림 II-10] 주요국 GDP 대비 제조업 비중	40
[그림 II-11] 주요국 산업 부문의 온실가스 배출 비중(2022년)	41
[그림 II-12] 산업 부문의 화석연료 에너지 소비량	42
[그림 II-13] 철강 생산 구조	44
[그림 II-14] 납사 분해 공정	45
[그림 II-15] 석유화학 산업 온실가스 배출 구조	46
[그림 II-16] 시멘트 생산 구조	48
[그림 II-17] 산업별 온실가스 배출량 추이	49
[그림 II-18] 산업별 및 배출 유형별 온실가스배출량 추이	50
[그림 II-19] 철강 산업 동향	51
[그림 II-20] 석유화학 산업 동향	52
[그림 II-21] 시멘트 산업 동향	53
[그림 II-22] 수송부문 온실가스배출량 추이	54
[그림 II-23] 도로운송 수단의 CO2 배출량	56
[그림 II-24] 연료별 자동차 등록 대수 추이	57
[그림 II-25] 세계 주요국 탄소집약도	59
[그림 II-26] 전력 발전량	60

[그림 II-27] 전력 부문의 온실가스 배출 비중	60
[그림 II-28] 전력 부문 탄소집약도	61
[그림 II-29] 에너지원별 전력 발전량	61
[그림 II-30] GDP 중 제조업 비중	62
[그림 II-31] 산업 부문 온실가스 배출 비중	62
[그림 II-32] 연료별 자동차 주행 거리	63
[그림 II-33] 수송 부문 온실가스 배출 비중	63
[그림 II-34] 대중교통 수송 비중	63
[그림 II-35] 승용차 평균 연비	63
[그림 III-1] 2035 NDC 달성을 위한 재생에너지 보급 확대 목표	66
[그림 III-2] 해상풍력 LCOE	68
[그림 III-3] 에너지원별 설비용량 및 발전량	68
[그림 III-4] 2024년 지역별 에너지 자급률	70
[그림 III-5] 에너지고속도로 단계별 구축안	70
[그림 III-6] 재생에너지 변동성 확대	71
[그림 III-7] 분산에너지 발전량 비중	71
[그림 III-8] 철강 산업 에너지원별 비중	81
[그림 III-9] 전기로강 생산 공정	82
[그림 III-10] 석유화학 산업 에너지원별 비중	84
[그림 III-11] 시멘트 산업 에너지원별 비중	86
[그림 III-12] 석유화학 제품의 재활용 기술	92
[그림 III-13] 전기차 보급대수 추이(전체)	96
[그림 III-14] 전기차 보급대수 추이(승용)	96
[그림 III-15] 전국 누적 충전기 구축현황	99
[그림 III-16] 자동차 주행거리(2024년)	100
[그림 III-17] 평균 1일 주행거리(2024년)	100
[그림 III-18] 전기차 화재건수 및 재산피해	102
[그림 III-19] 전기차 화재발생상황	102
[그림 III-20] 주요국 소매 전기요금 가격지수	104
[그림 III-21] 리튬가격 추이	105

[그림 III-22] 글로벌 xEV/ESS 배터리 수급전망	105
[그림 III-23] 교통수단별 수송분담률	106
[그림 III-24] 내연기관차의 연간 주행거리	106
[그림 III-25] 비사업용 차종별 일평균 주행거리	106
[그림 III-26] 비사업용 연료별 일평균 주행거리	106
[그림 III-27] 바이오디젤 연간 생산량 및 보급용량	112
[그림 IV-1] EPS 모형의 구조	115
[그림 IV-2] 전력 부문 모형 구조	116
[그림 IV-3] 산업 부문 모형 구조	117
[그림 IV-4] 수송 부문 모형 구조	118
[그림 IV-5] 전력 부문 전제 예시(신재생에너지 발전량 비중 증가 추세) ...	122
[그림 IV-6] 산업 부문 전제 예시(전기로강 생산 비중 추이)	123
[그림 IV-7] 수송 부문 전제 예시(전기자동차 신규 등록 비중)	124
[그림 IV-8] S.1 현재 추세 연장 경로 결과	127
[그림 IV-9] S.2 2035 NDC 목표 달성 경로 결과	132
[그림 IV-10] 글로벌 수소 생산 규모 전망	135
[그림 IV-11] 글로벌 수소 시장 규모 전망	135
[그림 IV-12] 부문별 수소 기술 적용 예시	136
[그림 IV-13] S.3 추가 감축 수단 적용 경로 결과	138

BOX 차례

[BOX 1] 국가 온실가스 인벤토리 산정기준 변경과 배출량 차이	14
[BOX 2] 2030 NDC 대비 2035 NDC 주요 변경 사항	19
[BOX 3] HVDC 기술 개요 및 도입 배경	30
[BOX 4] 분산자원 기반 전력망 구조	76
[BOX 5] 2035 NDC 추진 현황	144

요 약

1. 검토 배경 및 목적

□ (검토 배경) 파리협정에 따른 '2035 NDC(온실가스 감축목표)' 확정·발표로 부문별 감축경로 및 이행 가능성 점검 필요

- 정부는 2035년까지 2018년 대비 온실가스 순배출량을 53~61% 감축하는 2035 NDC를 확정(2025.11.11.)하고 유엔기후변화협약 사무국에 제출
 - 그러나 현재는 최종 목표량만 제시되었을 뿐, 2035년까지의 연도별 감축경로와 부문별 구체적 감축 방안은 제시되지 않은 상황
 - 헌법재판소의 「탄소중립기본법」 헌법불합치 결정(2024.8.29.)에 따라 중장기 감축경로를 점검하고 이를 법제화해야 할 필요성 대두

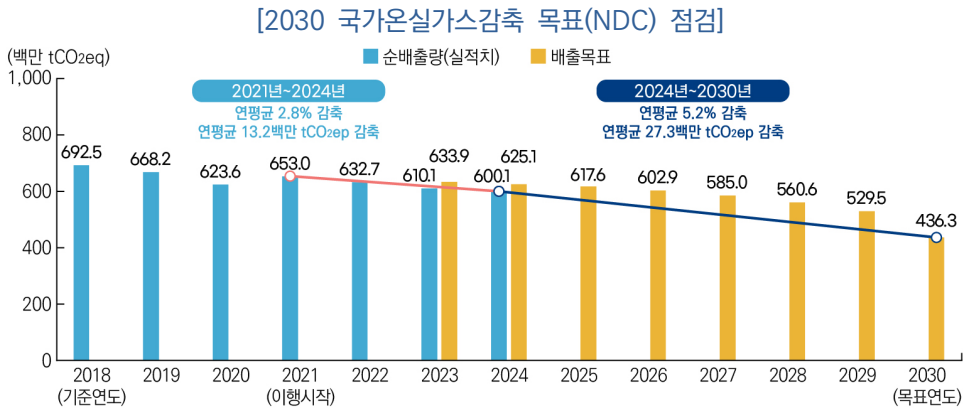
□ (목적) 2035 NDC 달성을 위해 필요한 감축 수단의 적용 수준과 감축경로를 점검하여 정책적 시사점을 도출

- IPCC 권고사항에 따라 2030 NDC 대비 상향된 목표(2018년 순배출량 대비 53~61% 감축)를 확정하였지만, 구체적인 감축경로는 제시되지 않음
 - 범위형 목표(53~61% 감축)설정은 주력 산업의 감축 여력, 기술 발전의 불확실성 등을 고려한 결정이나, 이행 과정에서 하한선(53%)이 사실상의 목표로 인식될 우려
 - 특히, 전력·산업·수송 등 다배출 부문은 기술적·산업구조적 한계로 인하여 현 수준에서는 감축 여력이 크지 않은 상황
- 전력·산업·수송 등 주요 배출 부문의 현황과 감축 과제를 진단하고, 시나리오 분석을 통해 2035 NDC 감축경로를 점검하고, 2050 탄소중립 달성을 위한 추가 감축 수단을 검토
 - 기존 선행연구의 한계를 보완하여, 부문별 현황부터 시나리오 분석까지 통합 검토함으로써, 실효성 있는 정책 마련을 위한 근거를 제공
 - 또한 현행 감축 수단만으로는 2035년 이후 감축 속도가 둔화되어 감축경로가 정체될 전망이므로, 추가적인 감축 수단 도입을 가정해 감축 효과를 분석

2. 주요 부문의 현황과 과제

□ 국가기후위기대응위원회(2025.12.)의 2030 NDC 이행점검 결과 2024년 국가 온실가스는 연도별 목표 대비 초과 감축 달성

- 2030 NDC 이행점검 결과, 2024년 배출량은 600백만tCO₂eq으로 목표 배출량 625백만tCO₂eq 대비 4.0% 초과 감축을 달성
 - 2030 NDC는 1996 IPCC 기준에 따라 설정하였으므로, 이행점검도 동일한 기준을 적용(2035 NDC 설정은 2006 IPCC 기준을 적용)
 - 2024년까지 3년간 53백만tCO₂eq을 감축하였으며, 이는 연평균(CAGR) 약 2.8%의 감축률(연간 약 13.2백만tCO₂eq 감축)에 해당
 - 2030년 NDC 목표(437백만tCO₂eq) 달성을 위해서는 향후 6년간 164백만 tCO₂eq, 연평균(CAGR) 약 5.2%의 감축(연간 약 27백만tCO₂eq 감축) 필요



주: 연도별 감축목표는 「제1차 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획(23.4.)」에 따라 2023년부터 제시
 자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025. 12.

- NDC 부문별로는 전력·산업·건물 부문은 2024년 목표를 달성하였으나, 수송·농축수산·폐기물 부문은 목표에 미달

□ 2035 NDC의 상향된 감축 목표 달성을 위해 국가 온실가스 배출 중 큰 비중을 차지하는 다배출 부문의 감축이 중요

- 2035 NDC에서 전력, 산업, 수송 부문은 2024년 기준 국가 온실가스 총배출량(692백만tCO₂eq)의 81.9%, 순배출량(651백만tCO₂eq)의 87.0%를 차지

- 하한 목표(53%)는 배출권거래제 등 규제와 연동된 목표이고, 상한 목표(61%)는 기술 발전 및 에너지 전환의 불확실성 등을 반영하는 동시에 이행 유연성을 확보하고자 하는 목적
 - 목표 수준의 적정성, 수립 과정의 투명성, 각계 의견 반영 여부 등에 관한 논란과 함께, 범위형 구조가 정책적 불확실성을 확대하고 수용성에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 우려 존재

[2035 NDC 부문별 온실가스 감축목표]

(단위: 백만tCO₂e)

구분	부문	'18년	'24년	2035 NDC			
				△53%		△61%	
				배출량 (*18년대비 감축률)	감축량 (*24년대비)	배출량 (*18년대비 감축률)	감축량 (*24년대비)
	순배출량	742.3	651.4	348.9	△302.5	289.5	△361.9
배출	총배출량	784.0	691.6	-	-	-	-
	· 전력	283.0	218.3	88.3(△68.8%)	△130.0	70.0(△75.3%)	△148.3
	· 산업	276.3	250.9	209.1(△24.3%)	△41.8	190.6(△31.0%)	△60.3
	· 수송	98.8	97.5	39.3(△60.2%)	△58.2	36.8(△62.8%)	△60.7
	· 건물	52.1	43.6	24.2(△53.6%)	△19.4	22.8(△56.2%)	△20.8
	· 냉매	23.1	35.0	27.4(+18.6%)	△7.6	25.5(+10.4%)	△9.5
	· 농축수산	27.6	25.6	20.0(△27.5%)	△5.6	19.5(△29.3%)	△6.1
	· 폐기물	19.4	17.5	9.2(△52.6%)	△8.3	9.0(△53.6%)	△8.5
	· 탈루	3.7	3.2	2.6(△29.7%)	△0.6	2.4(△35.1%)	△0.8
	· 수소	0	0	8.1	+8.1	6.5	+6.5
흡수 및 제거	흡수원	-41.6	-40.2	-38.3	+1.9	-39.3	+0.9
	CCUS	0	0	-11.2	△11.2	-20.3	△20.3
	국제감축	0	0	-29.8	△29.8	-34.0	△34.0

주: ()안 값은 '18년 대비 감축률

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

□ (전력 부문) 주요 부문 중 가장 높은 감축률(22.9%)을 달성했음에도, 2035 NDC 달성을 위해서는 가장 큰 규모의 추가 감축이 필요

- 2024년 전력 부문 배출량은 218백만tCO₂e로 국가 온실가스 총배출량의 31.6%, 순배출량의 33.5%를 차지
- 2035년 전력 부문 배출 상한 목표(70백만tCO₂e)를 달성하기 위해서는 2024년 대비 67.9%(약 148백만tCO₂e)를 감축해야 하며, 이는 NDC 전 부

문 중 가장 큰 감축 규모에 해당

- 2024년에는 2018년 대비 원자력(23.4%→31.7%) 및 신재생에너지(6.9%→10.6%)의 발전 비중이 확대되는 전원믹스(Power Mix)의 변화로 전력수요 증가에도 불구하고 배출량이 감소
 - 다만 화석연료 발전 비중이 여전히 56.2%(석탄 28.1%, 가스 28.1%)에 달해 전원믹스의 추가적인 저탄소화가 필요한 상황
- 발전설비는 비수도권에, 전력수요는 수도권에 집중되어 전력 공급의 지역 간 불균형이 심화
 - 교류(AC) 중심 송전망의 한계로 송전 병목과 출력 제어 발생 가능성 확대
 - 이에 따라 초고압직류송전(HVDC) 등 장거리·대용량 전력망 인프라 확충 필요

□ (산업 부문) 생산 구조상 에너지를 다소비하고 에너지원 중 화석연료 의존도가 높아 온실가스를 다량 배출하는 산업의 온실가스 감축이 중요

- 2024년 산업 부문 배출량은 251백만tCO₂eq로 국가 온실가스 총배출량의 36.3%, 순배출량의 38.5%를 차지
 - 우리나라의 GDP 대비 제조업 비중(28.7%)은 OECD 최고 수준이며, 철강·석유화학·시멘트 등의 에너지 다소비 업종의 배출량이 큼
- 2035년 산업 부문 배출 상한 목표(191백만tCO₂eq)를 달성하기 위해서는 2024년 대비 24.0%(약 60백만tCO₂eq)를 추가 감축해야 함
- (철강) 탄소기반 원료와 연료에 대한 높은 의존도로 인해 온실가스를 다량으로 배출하며 직접배출 비중(86%)이 높음
 - 코크스를 환원제로 사용하는 고로 공정 특성상 화석연료(석탄) 의존도가 83.2%에 달하며 2024년 기준 100백만tCO₂eq의 온실가스를 배출
 - 건설경기 침체 및 저가 수입재 유입으로 수출이 감소(2022년 384.5억달러 → 2025년 302.9억 달러)하여 설비 전환 투자 재원 확보 난항
- (석유화학) 원유를 정제할 때 나오는 납사(Naphtha)를 고온의 열분해를 통해 기초유분을 생산하는 과정에서 직접배출(68%)과 제품 제조 공정에서 전력·열 사용에 따른 간접배출(31%)이 다량으로 발생
 - 석유화학 산업의 에너지원 중 석유 비중이 83.0%를 차지
 - 중국의 자급률 상승, 글로벌 공급 과잉, 범용제품 수익성 저하 등 업황 부

- 진이 지속되며 복합적인 감축 수단 도입을 위한 투자 여력 저하
- (시멘트) 중간 부산물인 클링커(Clinker)를 생산하는 과정에서 고온의 소성 과정이 필요해 온실가스가 다량으로 발생
 - 석회석 소성 과정 중 화학 반응으로 인해 발생하는 공정 배출 비중(66%)이 크며 2024년 39백만tCO₂eq 배출
 - 원료·연료대체, 폐열 회수 등 비용 부담이 큰 감축수단이 요구되나, 최근 수년째 이어진 건설경기 위축으로 공정배출 저감을 위한 투자 여력 약화

□ (수송 부문) 온실가스 감축은 최근 둔화세를 보이고 있으며, 이는 내연기관 차의 수요 지속, 온실가스 배출 구조의 분산성 등에 기인

- 2024년 수송 부문 온실가스 배출량은 98백만tCO₂eq로 국가 온실가스 총배출량의 14.1%, 순배출량의 15.0%를 차지하며, 대부분 도로 부문에서 발생
- 2035년 수송 부문 배출 상한 목표(37백만tCO₂eq)를 달성하기 위해서는 2024년 대비 62.3%(약 61백만tCO₂eq)를 감축해야 함
- 무공해차 보급 등을 통해 온실가스 배출량이 2019년을 정점으로 감소하고 있으나, 2024년에는 0.3% 감소로 정체
 - 2024년 자동차 등록 대수가 전년대비 1.3%(34.9만대) 증가, 경유차(약 40만대) 감소와 전기·수소차(15.1만대) 증가에도 불구하고, 휘발유·하이브리드 차량이 증가(48.4만대)한 것에 기인
- 수송 부문의 온실가스 감축목표는 대폭 상향되었으나 온실가스 배출 구조의 분산성, 석유 의존성 및 감축의 경직성, 수송 수요의 증가, 전기차 충전 인프라 부족 등으로 인해 감축 여력은 제한적
 - 수송 부문은 수많은 개별 차량과 이용자로 구성되어 있어 탄소가격제나 규제의 효과가 분산되어 있고 개별 주체들의 행동 변화 유도가 어려움

□ (주요 감축 과제) 저탄소 전원믹스와 주요 부문의 전기화 등 탈탄소 노력

- NDC 각 부문의 전기화와 전원믹스를 신재생에너지 등 저탄소 발전원 위주로 변경
- 2035 NDC 목표 달성을 위해서는 생산 공정에서 온실가스 배출이 다량으로 발생하는 산업구조를 고려해 원료와 연료의 탈탄소화 노력 필요

3. 주요 부문의 온실가스 배출 저감 수단

□ (전력 부문) 재생에너지 보급 확대와 전력계통·인프라 확충이 주요 과제

- (전원믹스) 2030년까지 재생에너지 설비용량 100GW를 추가 보급하고, 2035년 재생에너지 발전 비중을 30% 이상으로 확대
 - 가동 중인 석탄발전소 60기 중 39기를 2038년까지 순차적으로 폐지
- (운영·계통 기반) 안정적인 전력 공급과 재생에너지 수용성 제고를 위한 전력계통 및 인프라 확충
 - 초고압직류송전(HVDC) 기술 확대 적용, 재생에너지 변동성에 대응한 분산형 전원 확대, ESS 구축을 통한 차세대 전력망 운영체계 구축
- (수요관리) 시장 기능을 활용한 전력수요 분산·최적화, 수요반응(DR) 활성화 및 가상발전소(VPP) 기술 도입 확대
- (시장·제도) 배출권거래제 개선과 전력시장 구조 개편 등을 통한 감축 유인 강화

[전력 부문 주요 감축 수단]

구분	감축의 성격 및 세부 수단	감축의 성격 및 역할
① 전원믹스	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 재생에너지 보급 확대 ▪ 재생에너지 기술 고도화 ▪ 석탄 및 LNG 발전 비중의 단계적 축소 	직접적·구조적 제거 (배출원 차단)
② 운영·계통 기반	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 에너지 고속도로 구축 및 송전 기술 고도화 ▪ 차세대 전력망 운영체계 도입 및 유연성 확보 ▪ 충전기기 내 온실가스(SF₆)의 친환경 가스 대체 	인프라 조성 (시스템 안정화 및 전제조건)
③ 수요관리	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 가격 신호를 통한 수요 분산 및 최적화 ▪ 지능형 인프라(AMI) 및 수요반응(DR) 시장 활성화 ▪ 가상발전소(VPP) 기술 도입 및 분산 자원 통합 관리 	간접적·보완적 관리 (효율화 및 수급 최적화)
④ 시장·제도	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 제4차 배출권거래제(26~30) 개편 ▪ 전력시장 구조 개편 	이행 유인 강화 (이행동력)

자료: 국회예산정책처

□ (산업 부문) 원료·연료의 탈탄소화와 에너지 효율화가 중요한 감축 수단

- (원·연료 전환) 탄소기반 원료와 연료를 대체하여 온실가스 발생 원인을 근원적으로 감축
- (에너지 효율화) 공정 효율 향상과 노후설비 교체 등을 통한 에너지 효율화

- (순환자원 활용) 이미 생산된 자원을 재활용하여 제품 생산에 따른 온실가스 배출을 감축

[산업 부문 주요 감축 수단]

감축수단	업종	주요내용
연·원료 전환	철강	전기로강 생산, 대체철원(HBI) 활용, 합수소가스 취입
	석유화학	연료(LNG, 수소) 전환, 집단에너지 및 자가발전 연료전환 (LNG, 바이오매스, 수소 등), 바이오납사 투입
	시멘트	혼합시멘트 생산, 포틀랜드 혼합재 비율 상향, 비탄산염 원료 대체
	공통	화석연료 사용 장비의 전기화, 자가발전 연료전환(수소)
에너지 효율화	철강	전기로 집약도 개선
	석유화학	노후설비 교체, 전력·열 사용 최적화
	시멘트	예열·냉각 공정 효율 향상
순환자원 활용	철강	철스크랩 투입비율 상향(상저취전로)
	석유화학	폐플라스틱 재활용(물리적·화학적·열분해·해중합)
	시멘트	유연탄 순환자원 대체

자료: 국회예산정책처

□ (수송 부문) 탄소기반 연료 의존도를 낮춤과 동시에 수요관리를 통한 감축

- (도로) 전기차 보급 확대, 수요관리, 연비 개선, 바이오디젤 혼합률 상향 등을 통해 온실가스를 감축
 - (전기차 보급) 정부는 충전인프라 확충, 화재 안정 강화, 안정적 전기요금 체제 유지를 통하여 전기차 신차 비중을 2030년 40%, 2035년 70%로 확대할 계획
 - (수요관리) 정부는 대중교통 이용을 늘려 비사업용 내연기관차의 총 주행 거리를 2018년 대비 40% 이상을 감축
 - (연비개선) 정부는 2035년까지 내연기관차의 연비를 매년 0.2% 개선하기 위해 유종별 온실가스 및 연비 기준을 강화
 - (바이오디젤 혼합률 상향) 차세대 바이오디젤을 도입하여 경유 의무 혼합 비율을 2030년까지 8%, 2035년까지 8% 이상 상향할 계획
- (비도로) 친환경 철도 도입과 효율 개선, 친환경 선박 도입 등을 통하여 온실가스 배출을 감축

[수송부문 주요 감축수단]

구분		△53%	△61%
도로	전기차 보급	신차 비중 (30년) 40%, (35년) 70%(승용기준)	신차 비중 (30년) 40% 이상, (35년) 70% 이상(승용기준)
	수요 관리	내연차(비사업용) 총 주행거리 '18년 대비 40% 감소	내연차(비사업용) 총 주행거리 '18년 대비 40% 이상 감소
	연비 개선	매년 0.2% 개선	매년 0.2% 이상 개선
	연료 대체	바이오디젤 혼합률 8%로 확대	바이오디젤 혼합률 8% 이상 확대
비도로	철도	친환경철도(수소열차) 도입 10%/ 효율 개선 15%	
	해운	저탄소 무탄소 등 친환경 선박 88척 전환	
	항공	매년 1% 효율 개선	

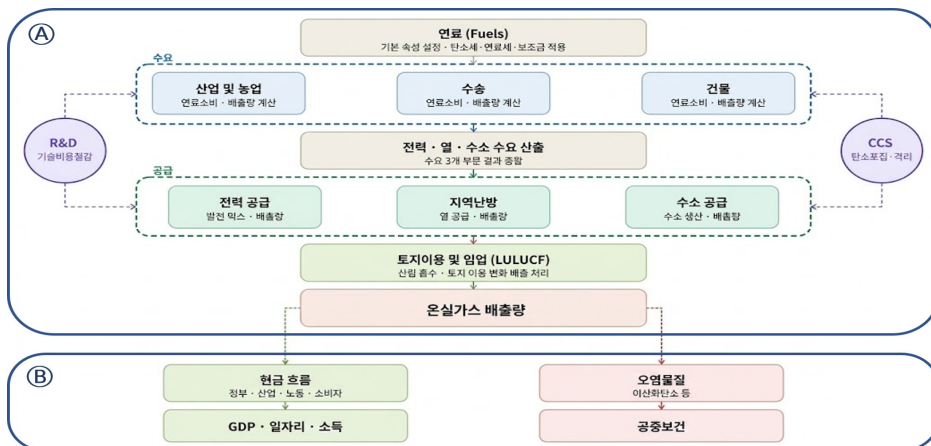
자료: 기후에너지환경부 내부자료

4. 온실가스 감축경로 시나리오 분석

□ 에너지 정책 시뮬레이터 모형을 통하여 NDC 감축경로에 대한 세 가지 시나리오를 정량적으로 분석

- 에너지 정책 시뮬레이터(Energy Policy Simulator, EPS)는 시스템 다이내믹스 방법론에 기반하여 에너지·경제 시스템의 상호작용과 동태적 변화를 반영한 모형

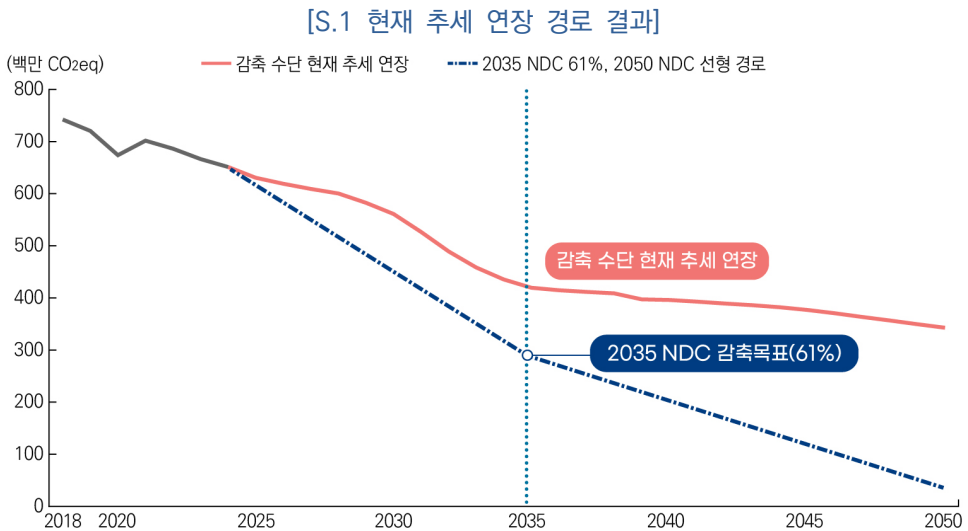
[EPS 모형의 구조]



주: 본 분석에서는 전체 EPS모형(A+B)에서 온실가스배출 및 감축 경로에 중점을 두기에 A만 고려 자료: '에너지 수요 전망 모형 정책연구용역 보고서'를 바탕으로 국회예산정책처 작성

□ (현재 추세 연장 경로) 현재 정부가 진행 또는 계획(2025년 기준)한 감축 수단을 적용한 추세 및 통계 전망을 반영하여 감축경로를 점검

- (전제) 「제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)」, 전기로강 생산 추세, 전기차 보급 속도 등 반영하여 청정 전력 발전량, 시스템 설계 개선, 무공해 차량 판매 등에서 현행 통계 및 보급 추세를 그대로 유지¹⁾
 - 현재 추세를 반영한 시나리오 분석을 통하여 2035 NDC 목표 달성을 위해 추가로 필요한 정책적 노력의 규모를 점검해 볼 수 있음
 - 이미 적용 중이거나 2035년까지는 상용화될 감축 수단만 적용
- (결과) 현재 감축수단 적용 추세를 이어갈 경우 국가 온실가스 감축목표 달성에는 제약이 따를 수 있을 것으로 전망
 - 시나리오에 따른 모형 결과 2035년 온실가스 순배출량은 2018년 대비 43.5% 감축된 수준으로 예상
 - 신재생에너지 발전량 비중 확대 속도 및 송배전망 수용의 제약, 전기요금 부담 및 기술 실증의 한계로 인한 전기화 속도 둔화, 전기차 충전 인프라 확충 지연 등이 복합적으로 작용하기 때문

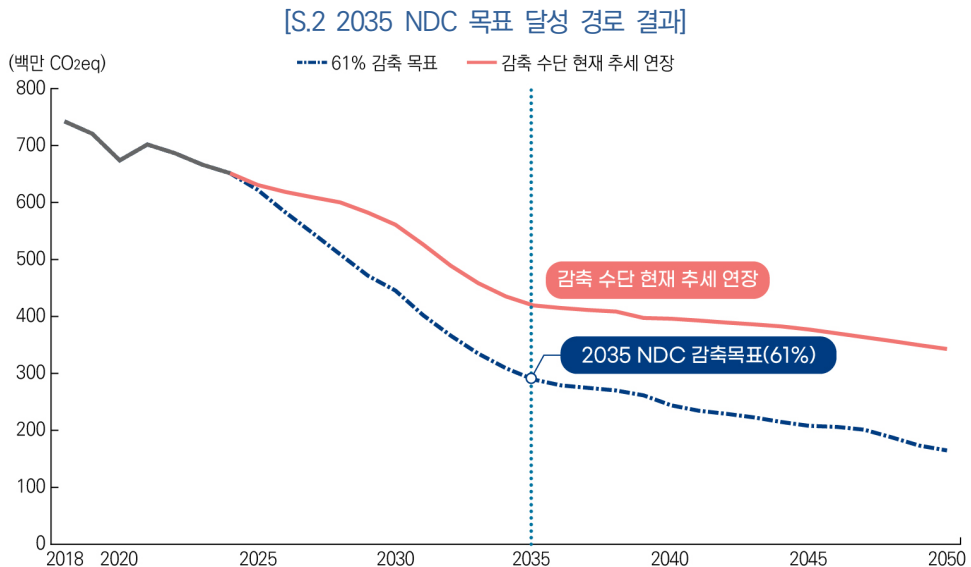


자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

1) 시나리오 분석 자료(2025년까지)의 가용한 실적, 잠정 통계치를 반영한 추세를 참고하였다.

□ (2035 NDC 목표 달성 감축경로) 2035년까지 2018년 대비 61% 감축목표 달성을 전제로, 2035년까지의 감축경로를 분석

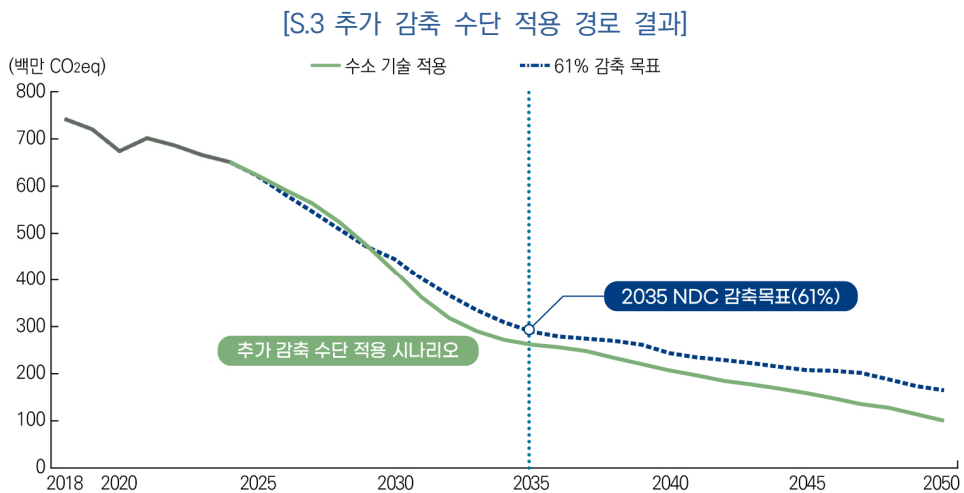
- (전제) 청정 전력 발전량 비중 확대, 시스템 설계 개선, 무공해 차량 판매 비중 확대 등 이론상 가용한 감축 수단을 최고 수준으로 적극 적용
 - 2035 NDC 목표가 달성되는 경로 분석을 통하여 각 부문별로 요구되는 정책 이행 강도 확인
- (결과) 현재보다 강화된 감축수단 적용이 전제될 경우에만 2035 NDC 목표 달성이 가능
 - 2050년까지 신재생에너지 발전량 비중 90%, 산업 부문의 생산 공정의 전기화율 60%, 수송 부문의 친환경 자동차 신규 보급 비율 100% 수준 등 각 감축 수단의 강도 높은 수준의 적용이 필요
 - 2035 NDC 목표 달성을 위해서는 경제 위기로 경제활동이 위축되며 줄어든 배출량에 해당하는 규모의 온실가스 감축이 지속되어야 함
 - 2035년 이후 기술적으로 가용한 감축 수단의 감축 여력이 떨어지며 배출량 감소세가 점차 둔화될 것으로 전망



자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

□ (추가 감축 수단 적용 경로) 2035 NDC에 더하여 여러 추가적인 감축 수단 중 전력, 산업, 수송에 모두 적용이 가능한 수소 기반 기술을 추가하여 2050 NDC 달성 경로를 점검

- (전제) 수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철, 수소연료 전지 차량 등 수소 기반 감축 수단 도입을 가정(예시적인 사례 분석임)
 - 2035년 목표 달성을 넘어 2050년 탄소중립으로 이어지기 위한 추가적인 감축 수단 확보가 온실가스 감축 정도에 미치는 영향을 분석
- (결과) 추가 감축 기술을 적용하는 경우 2035년 이후 감축 여력 추가 확보 가능
 - 추가적인 감축 기술로서 수소 혼소·전소 발전 및 수소환원제철 등의 수소 기술을 적극적으로 적용할 경우 2035년 이후에도 온실가스 감축 속도가 유지
 - 2035 NDC에서 제시된 감축 수단들에만 의존하기보다 핵심 신기술의 개발과 현장 보급을 적극적으로 추진할 필요가 있음



주: '추가 감축 수단 적용 시나리오'는 2035 NDC 감축목표 (61%) 달성을 위한 감축 수단 적용 전제에 추가적인 감축 수단(수소 기술)을 적용한 시나리오

자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

5. 결론 및 시사점

□ 2035 NDC는 각 부문의 전기화와 원·연료 탈탄소화를 통한 구조적 온실가스 감축을 목표로 전력·산업·수송 부문별로 주요 감축 수단을 제시

- (전력) 신재생에너지 발전량 확대를 통한 전력 부문 온실가스 배출 최소화
 - 탈석탄 가속화 및 무탄소 에너지(원자력·재생에너지) 비중 확대를 통한 구조적 감축 추진
 - 재생에너지 변동성 대응을 위한 지능형 전력망·ESS 등 계통 인프라 확충 및 CCUS 등 탄소저감 기술 병행 필요
- (산업) 공정의 전기화, 연료 전환 및 탄소 기반 원료 의존도 축소
 - 철강·석유화학·시멘트 등 다배출 3개 업종이 국가 전체 배출량의 28.0% (2024년 기준)를 차지하므로, 산업 부문 감축이 전체 목표 달성에 중요
 - 전기로 활용 확대, 화석연료 사용 장비의 전기화 등 업종별 공정 전기화와 함께 대체철원·혼합시멘트·순환자원 활용 등 원료 탈탄소화 동시 추진
- (수송) 전기·수소차 보급 확대, 수요 관리 및 연비 개선 유도
 - 도로: 전기·수소차 등 무공해차 보급 가속화, 연비 개선, 저탄소 연료 대체 및 대중교통 이용 활성화를 통한 수요 관리
 - 비도로: 수소 열차·친환경 선박 도입 등 부문별 친환경 연료 전환 추진

□ 시나리오 분석 결과, 현행 추세 유지(2025년 기준)시 2035년 NDC 목표 달성이 어려울 뿐만 아니라 2050년 탄소중립으로의 연속적 이행도 어려울 것으로 전망

- 에너지 정책 시뮬레이터(EPS) 모형을 활용하여 분석한 결과, 현재 감축 수단의 한계가 존재하며 추가 감축 수단(기술)의 도입이 필요함을 확인
 - (S1. 현재 추세) 2035년 순배출량은 2018년 대비 43.5% 감축되며 NDC 목표 달성에 제약이 따를 수 있을 것으로 예상
 - (S2. NDC 목표 달성) IEA·IRENA·ICCT 등 국제기구의 전제를 고려하여 가용 감축 수단을 최고 수준으로 적용 시 2035 NDC목표(61%)는 달성 가능, 다만 추가 감축수단 적용의 한계로 감축경로가 정체될 것으로 예상
 - (S3. 추가 감축 수단 적용) 수소 기반 감축 수단을 예시로 추가 반영 시, 2035년 NDC 및 2050 탄소중립 달성 경로 개선에 기여, 다만 이는 하나의 예시로서 향후 다양한 기술 조합과 정책 경로를 고려한 유연한 접근 필요

□ 2035 NDC가 2050년 탄소중립으로 이어지기 위해서는 단기 목표 달성을 넘어, 감축경로의 연속성과 이행 실효성의 확보를 위한 정책 대응이 필요

- 첫째, 감축 수단 이행 속도와 목표 간 격차를 축소하기 위한 실질적 정책 수단 마련 필요
 - 전기로강 생산 비중 감소, 전기차 보급 둔화 등 실제 지표는 목표 달성 경로와 상당한 괴리를 보임
 - 따라서 단기 목표 설정을 넘어 탄소가격 신호 강화, 저탄소 기술에 대한 금융 지원 확대, 규제 체계 정비 등 시장 기능을 활용한 실질적 정책 수단을 마련할 필요
- 둘째, 자산 고착화 심화를 방지하기 위한 선제적 전환 경로 확보가 과제
 - 온실가스 다배출 업종은 설비 수명이 길고 투자 규모가 큰 장치산업으로, 특정 기술 경로에 투자가 이루어지면 전환이 어려운 자산 고착화(Lock-in) 현상이 발생
 - 고착화 심화 전에 외부 효과의 시장 가격 반영을 위한 제도적 기반을 마련하고, 민간 부문과 전환 리스크를 함께 분담하는 방안을 구체화할 필요
- 셋째, 2050년 탄소중립으로 이어지는 감축경로의 연속성 확보가 필요
 - 현행 감축 수단의 강도 높은 적용에도 불구하고 2035년 이후 감축 동력이 크게 약화되는 구조적 한계(추가 감축수단 적용의 한계)가 존재, 이는 2035년 목표 달성이 2050년 탄소중립 달성으로 직결되지 않음을 의미
 - 새로운 감축 기술의 조기 도입 및 확대를 통해 장기 감축경로를 의미있게 개선할 수 있도록 다양한 기술 조합과 정책 경로를 고려하여 연구개발 투자 확대와 제도적 기반 등을 준비할 필요

I. 서론

1. 검토 배경

파리협정(2015)은 당사국들이 지구 평균기온 상승을 산업화 이전 대비 2°C 이하, 나아가 1.5°C 이내로 억제하기 위해 5년마다 국가 온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contribution)를 수립·제출하도록 규정하고 있다. 세계 198개 당사국(Party, 197개국 + EU)은 이 원칙에 따라 2025년 말까지 2035년을 목표 연도로 하는 차기 NDC를 유엔기후변화협약(UNFCCC) 사무국에 제출하여야 한다.

우리나라도 2025년 11월 10일 2050 탄소중립녹색성장위원회(2026년 1월 1일부터 '국가기후위기대응위원회'로 명칭 변경) 전체 회의 심의를 거쳐,¹⁾ 다음 날 국무회의에서 2035 NDC를 최종적으로 심의·의결하였다.²⁾ 확정된 목표는 2018년 순배출량(742백만tCO₂eq) 대비 2035년까지 53~61%를 감축하는 것으로, 기후위기 대응의 시급성과 IPCC 권고, 헌법재판소 헌법불합치 결정³⁾ 취지, 미래세대 감축 부담, 산업계 여건⁴⁾ 등을 종합적으로 고려하여 설정되었다. 이는 2030 NDC의 단일 목표 방식과 달리 기술 진보 등 미래 불확실성을 고려하여 EU⁵⁾·호주⁶⁾·캐나다⁷⁾ 등 주요국과 같이 범위 형태로 수립하였다는 점이 특징이다.⁸⁾

1) 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「탄소중립위, 2035년까지 '온실가스 53~61% 감축안' 의결」, 2025.11.10.

2) 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「2035 국가 온실가스 감축목표 및 제4기 배출권거래제 할당계획, 국무회의서 확정」, 2025.11.11.

3) 헌법재판소, 「기후위기 대응을 위한 국가 온실가스 감축목표 사건(2020헌마389 등)」결정요지, 2024.8.29.

4) 대한상공회의소·한국철강협회·한국화학산업협회·대한석유협회 등 8개 업종별 협회는 NDC 확정 직전 「2035 NDC 관련 산업계 공동 건의문」을 제출(2025.11.4.)해 “기업 입장에서는 48% 감축 수준이 현실적”이라며 정부안(하한 53%)이 “산업 경쟁력에 상당한 부담”이라고 명시적으로 반대 의견을 냈다.

5) EU는 COP30에 맞춰 2035 NDC를 제출했으며, 1990년 대비 온실가스를 66.25%~72.5% 감축(LULUCF 포함)하는 범위 형태의 목표를 제시했으며 2040년 90% 감축 중간목표도 동시에 제시하고 EU ETS 확대안을 밝힌 것이 특징이다.(Climate Action Tracker, 「EU 2035 NDC Analysis」, 2025.)

6) 호주는 COP30 이전에 2035 NDC를 발표했으며, 2005년 대비 62%~70% 감축이라는 새로운 2035년 배출량 감축목표를 제시했고, COP31 유치 의지와 연동된 기후 리더십을 보여줬다는 평가를 받는다.(Herbert Smith Freehills Kramer, 「Australia Sets 2035 Emissions Reduction Target」, 2025.9.24.)

7) 캐나다는 2025년 2월 12일 2035 NDC를 UNFCCC에 제출했으며, 2005년 대비 온실가스를 45%~50% 감축하는 목표를 설정하며 세 나라 중 가장 낮은 감축 수준을 보인다.(Climate Action

이번 2035 NDC 수립은 다양한 이해관계자의 요구를 수용한 결과이기도 하다. 우선, 헌법재판소는 2024년 8월 29일, 「탄소중립기본법」 제8조 제1항이 2031년부터 2049년까지의 감축목표에 관한 정량적 수준을 어떠한 형태로도 제시하지 않은 것은 '과소보호금지원칙' 및 '법률유보원칙'에 위반된다며 헌법불합치 결정을 선고하고 2026년 2월 28일까지 개선입법을 요구하였다.⁹⁾ 이 결정은 2035 NDC와 연동되는 2031~2049년 중장기 감축경로를 법률로 명시해야 할 국회의 입법 의무를 확인한 것으로, 탄소중립 이행에 관한 국가의 헌법적 책무를 법적으로 재확인하는 계기가 되었다. 또한 지구 평균기온이 2024년 기준 산업화 이전 대비 1.55°C까지 상승하면서 파리협정이 제시한 1.5°C 한계선이 처음으로 초과되는¹⁰⁾ 등 기후위기가 현실적 위협으로 가속화되고 있으며, 미국의 파리협정 탈퇴에도 불구하고 국제 기후대응 공조 체계를 유지·강화해야 한다는 국제사회의 압력도 커지고 있다.¹¹⁾

한편, 2035 NDC 목표 달성 여부는 전적으로 부문별 감축 이행 역량에 달려 있다. 2030 NDC의 이행 현황을 살펴보면, 2024년 국가 온실가스 총배출량은 639백만tCO₂eq(1996 IPCC 기준)으로¹²⁾ 2018년 대비 약 13% 감축에 그쳐, 2030년까지 40% 감축이라는 목표 시한을 6년 남겨두고도 기대 감축치(약 20%)¹³⁾에 미치지 못하고 있다. 특히 전력·산업·수송 등 다배출 부문에서의 감

Tracker(CAT), 「Canada 2035 NDC」, 2025.)

8) 다만 글로벌 기후정책 분석기관인 Climate Action Tracker(CAT)는 한국의 2035 NDC(53~61%)를 '불충분(Insufficient)' 등급으로 평가하였다. CAT는 한국의 새로운 목표가 2030년 목표 대비 크게 향상되지 않았으며, 1.5°C 경로에 부합하기 위해서는 석탄 발전의 2030년 조기 폐지 등 보다 강력한 조치가 뒷받침되어야 한다고 지적하였다.(CAT, 「South Korea: 2035 NDC Analysis」, 2026.)

9) 헌법재판소, 최근 주요 결정(2020헌마389등)「저탄소 녹색성장기본법 제42조 제1항 제1호 위헌 확인」, 2024.8.29.

10) 세계기상기구(WMO)의 「2024년 전 지구 기후 현황 보고서」는 2024년 전 지구 평균 지표면 온도가 1850~1900년 산업화 이전 평균 대비 1.55 ± 0.13°C 상승했으며, 이는 175년 관측 역사상 가장 높은 수치임을 확인하였다.(World Meteorological Organization (WMO), 「State of the Global Climate 2024」, WMO-No. 1368, Geneva: WMO, 2025.3.19.)

11) EU와 중국은 2025년 7월 24일 공동 기후 성명을 통해 UNFCCC와 파리협정의 중심적 역할을 지지하고 그 목표와 원칙을 충실히 이행할 것을 약속하며, 양측이 공동 리더십을 발휘해 글로벌 공정 전환을 이끌겠다고 선언했다.(EU Council, 「Joint EU-China Press Statement on Climate」, 2025.7.24.)

12) 환경부-온실가스종합정보센터 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

13) 2018년 기준배출량 732.9백만톤(1996 IPCC 지침)에서 2030년 목표배출량 439.7백만톤(△40%)까지의 총 감축량 293.2백만톤을 12년으로 균등 배분하면 연간 24.4백만톤 감축이 요구된다. 이를 2018년으로부터 6년이 경과한 2024년에 적용하면 누적 기대 감축량은 146.6백만톤, 기대 감축률(146.6 ÷ 732.9)은 약 20%이다.(2030 NDC 총배출량 기준, 국회예산정책처 추정, 2026.6.)

축 실적 이 목표에 비해 저조한 상황이다.¹⁴⁾ 전력 부문의 경우 원자력 및 신재생에너지 확대가 추진되고 있으나 물리적 한계로 2035 NDC 목표 상향 여력이 부족하고, 산업 부문은 높은 제조업 비중과 에너지 다소비 업종 중심의 산업구조적 한계로 감축 시나리오 도출에 어려움이 있으며, 수송 부문은 전기차 수요 캐즘(Chasm)¹⁵⁾과 인센티브 축소로 무공해차 보급 목표 달성에 차질이 발생하고 있다. 특히 산업 부문의 탄소중립 지원 정책이 연구개발(R&D) 중심으로 추진되어 기술 개발의 성패와 적용 시기에 따른 불확실성이 내재되어 있다. 이러한 현황을 고려할 때, 전력·산업·수송 부문 2035 NDC의 실현 가능성에 대한 면밀한 검토가 요구된다.

이와 같은 배경 아래 본 보고서는 전력·산업·수송 등 주요 배출 부문의 현황과 감축 과제를 진단하고, 기후에너지환경부가确定的한 2035 NDC 부문별 감축 시나리오¹⁶⁾의 적정성과 이행 가능성을 자산 교체 주기와 인프라 제약 등 현실적 장벽을 고려한 정량적 모형 분석을 통해 입체적으로 검증하고자 한다. 특히 정부의 목표 경로와 실제 가용한 기술·수단 적용 추세 간의 구조적 괴리를 규명함으로써, 국회 심의 과정에 필요한 정책적 근거를 제공하는 것을 목적으로 한다. 아울러 헌법재판소 헌법불합치 결정에 따라 요구되는 국회의 탄소중립기본법 개정 논의¹⁷⁾에도 기여하고자 한다.

- 14) 임길환, 「2035 NDC 수립 현황과 주요 쟁점」, NABO 포커스 제106호, 국회예산정책처, 2025.
 15) 초기 시장(얼리어답터)에서 대중 시장으로 넘어가는 단계에서 높은 가격, 충전 불편, 화재 불안 등으로 수요가 일시적으로 정체되는 현상
 16) 기후에너지환경부는 국무회의에서 2035 NDC를 확정하고, 2가지 시나리오(53~61%)와 부문별 주요 감축 수단을 발표했다.

2035 NDC 부문별 감축목표 요약

부문	△53% 시나리오	△61% 시나리오	주요 감축 수단
전력	△68.8%	△75.3%	재생에너지 확대, 석탄발전 축소
산업	△24.3%	△31.0%	연·원료 탈탄소화, 저탄소 제품 생산
건물	△53.6%	△56.2%	제로에너지 건축, 그린리모델링
수송	△60.2%	△62.8%	전기·수소차 보급 확대

자료: 기후에너지환경부, 「2035년 부문별 온실가스 감축목표」, 2025.11.11.

- 17) 제22대 국회는 2025년 3월 기후위기특별위원회(이하 기후특위)를 구성하고 「탄소중립기본법」 및 「배출권거래법」에 대한 입법권을 부여하였다. 기후특위는 공론화 결과를 바탕으로 법 개정을 논의하였으나 여야 간 합의에 이르지 못했고, 결국 활동을 종료(2026.5.29)하였다. 이로 인해 헌법재판소가 요구한 「탄소중립기본법」 개정 시한(2026.2.28.)을 넘긴 상태에서 입법 지연 상태가 지속되고 있다. 다만, 최근 국회 본회의에서 기후특위 구성 건이 의결(2026.6.11.)됨에 따라, 향후 국회 후반 기 원 구성 이후 재구성된 기후특위 또는 관련 상임위원회를 중심으로 관련 입법 논의가 재개될 것으로 전망된다.

2. 선행연구 검토

본 보고서와 관련된 선행연구는 감축목표의 이행부터 구체적인 부문별 이행 수단, 그리고 이를 둘러싼 외부 환경의 변화까지 고려한다. 이를 위해 관련 내용을 첫째, NDC 감축목표의 이행에 관한 연구, 둘째, NDC 부문별 감축 수단에 관한 연구, 셋째, 새로운 환경 변화가 NDC 이행에 미치는 영향에 관한 연구로 나누어 서술한다.

가. NDC 감축목표의 이행

NDC 감축목표의 이행 관련해서는 감축목표 달성의 구조적 제약(산업구조, 기술 상용화 지연, 재정 부족)과 기회요인(에너지 전환, 탄소시장)을 분석한 연구가 많다. 국내 2035 NDC의 달성 가능성에 관한 연구들은 주로 한국의 고탄소 산업구조와 현재의 이행 속도를 결합하여 목표의 적절성을 평가하고 있다.

국내 주요 연구는 대체로 현재의 감축 속도가 목표치에 미달하고 있음을 지적한다. 추다해 외(2025)는 2024년 기준 감축률(약 13%)이 2030 NDC 목표를 위한 기대 경로(20%)를 하회하고 있음을 실증 분석하며, 2030년 이후 감축 경로가 급격히 가팔라지는 '하키 스틱(Hockey-stick)'형 경로에 따른 위험성을 경고하였다.¹⁸⁾ 임길환(2025) 또한 과거 10년간의 배출 집약도 개선 속도가 정체되어 있음을 근거로, 2035년 하한선(53%)을 달성하기 위해서라도 현재보다 2배 이상의 감축 가속화가 필요하다고 분석하였다.¹⁹⁾ 이러한 선행연구들은 물리적 제약을 유예한 채 목표 달성만을 위해 역산(Backcasting)한 정부의 경로가 지닌 취약성을 지적한다.

기술적 측면에서는 철강, 석유화학 등 난감축(Hard-to-abate) 업종의 탈탄소화를 위한 혁신 기술의 상용화 지연이 핵심적인 제약 요인으로 논의된다. 우리나라 산업부문 중 배출량 비중이 높은 철강·석유화학·시멘트 업종은 대표적인 난감축 업종으로, 전환 부문이 2018~2022년 중 약 20% 감축을 달성한 것과 달리 산업 부문은 같은 기간 약 6% 감축에 그치며 감축 지체 양상이 두드

18) 추다해·이승호·김수일·신힘철, 「탄소중립 이행점검 및 2035 NDC 경로 최적화 연구」, 기본연구 25-20, 에너지경제연구원, 2025.12.

19) 임길환, 앞의 글.

러지고 있다.²⁰⁾ 유승훈 외(2024)는 정부의 탄소중립 기술혁신 전략 로드맵을 근거로 시멘트(연·원료 대체, 2030년), 철강(수소환원제철, 2040년), 석유화학(전기가열로, 2040년) 등 다배출 업종의 저탄소 기술이 2035년까지 상용화되기 어렵고, 기술의 고착효과(lock-in effect)를 고려할 때 저탄소 기술이 등장하더라도 계단식 기술전환이 예상된다고 분석하여 2035 NDC 산업부문 목표 달성의 구조적 불확실성을 지적하였다.²¹⁾ 한국에너지기술연구원(2025) 또한 신기술의 시장 진입 지연이 NDC 상한 목표(61%) 달성을 가로막는 '기술적 임계점'으로 작용할 수 있음을 경고하였다.²²⁾

재정적 측면에서는 탄소중립 달성을 위한 막대한 소요 예산과 실제 확보된 재원 사이의 상당한 격차가 핵심 제약 요인으로 지목된다. 진익·김윤희(2017)는 파리협정 이행을 위한 재정의 역할을 분석하며, 정부 재정 지출의 효율적 배분과 기후 금융의 활성화가 온실가스 감축목표 달성의 필수 전제조건임을 강조하였다.²³⁾ 특히 정부의 재정 수지 균형을 유지하면서도 NDC 이행을 위한 투자 재원을 안정적으로 확보하는 것이 국가 경제 성장과 환경 목표를 동시에 달성하기 위한 핵심 과제를 실증적으로 제시하였다. 정은미(2020)는 철강·시멘트·석유화학 3개 업종에서만 2050년까지 최소 400조 원이 필요하고, 국내 전 산업계로는 800~1,000조 원이 소요될 것으로 추정하였고,²⁴⁾ 김태은(2024)은 기후대응기금이 탄소중립 이행에 필요한 재원을 충분히 확보하지 못하고 있음을 지적하며, 2025년 기후대응기금 규모가 2조 6,224억 원에 그쳐 기후대응기금의 주요 수입원들이 각각 한계가 있고 현재 탄소중립 이행에 필요한 재원을 충분히 확보하지 못하고 있다고 평가하였다.²⁵⁾ 임길환(2025) 또한 철강·석유화학 등 에너지 다소비 업종의 공정 전환을 위한 대규모 설비 투자의 필요성을 강조하며, 현재 예방 및 대비 사업에 대한 재정 투자 비중이 낮아 재원 조달 및 배분 방식의 개선이 시급하다고 지적하였다.²⁶⁾

20) 탄소중립녹색성장위원회, 「NDC 3.0 설정 방향 검토」, 위원 칼럼, 2050 탄소중립녹색성장위원회, 2024.

21) 유승훈· 이상준, 「2035 국가온실가스감축목표(NDC) 설정 제언(산업부문을 중심으로)」, 한국경제인협회 연구용역 보고서, 2024.11.

22) 한국에너지기술연구원, 「무탄소 공정 혁신 기술의 TRL 평가 및 상용화 로드맵 연구」, 2025.

23) 진익·김윤희, 「신기후체제 이행을 위한 기후금융 역할 분석」, 「예산정책연구」 제6권 제2호, 2017.

24) 정은미, 「2050 저탄소 발전전략(LED)S 제2차 산업계 토론회 발표」, 산업연구원, 2020.10.26.

25) 김태은, 「기후대응기금 평가」, 사업평가보고서, 국회예산정책처, 2024.11.13.

26) 임길환, 앞의 글.

기회요인과 관련하여 선행연구들은 에너지 전환의 가속화와 탄소시장의 고도화를 감축목표 달성의 핵심 동력으로 제시한다. 에너지 전환 측면에서, 에너지경제연구원(2024)의 「2024 장기 에너지 전망」은 원자력과 신재생에너지 중심의 무탄소 전원으로의 전환이 발전 부문 온실가스 배출을 2023년 대비 2050년까지 46.1% 감소시킬 수 있음을 전망하며,²⁷⁾ 에너지 전환이 감축목표 달성의 핵심 동력임을 확인하였다. 또한 국제에너지기구(IEA, 2025)는 「World Energy Outlook 2025」에서 분산형 에너지 시스템과 스마트그리드 투자가 계통 안정성을 확보하고 지역 균형발전을 도모하는 유효한 기회요인으로 작용한다고 분석하였다.²⁸⁾ 한편, 윤여창(2024)은 탄소세와 배출권거래제를 통한 탄소가격 지지가 기술개발 유인을 효과적으로 제고할 수 있으며, 산업 부문에서 온실가스 감축 유인을 제고해 감축기술에 대한 투자를 충분한 수준으로 끌어올리기 위해서는 탄소차액계약제도²⁹⁾ 도입이 필요하다고 분석하였다.³⁰⁾

국제기구 및 해외 연구는 한국의 목표를 글로벌 기준과 비교하는 한편, 에너지 전환과 시장 기반의 기회요인을 조명하고 있다. 유엔환경계획(UNEP, 2025)은 「Emissions Gap Report 2025」를 통해 파리협정의 1.5°C 목표를 수호하기 위해서는 선진국들이 2035년까지 2019년 대비 최소 60% 이상의 순배출량 감축이 필요하다고 명시하였다.³¹⁾ 이는 한국의 상한 시나리오(61%)가 국제적 기대치에는 부합하나, 산업계가 주장하는 현실적 한계선(48%)과는 상당한 괴리가 있음을 시사한다. 국제에너지기구(IEA, 2025)는 「World Energy Outlook 2025」에서 재생에너지와 원자력을 포함한 무탄소 전원(CFE)으로의 에너지 전환이 감축목표 달성의 핵심 동력임을 확인하였다. 글로벌 에너지 및 기후 싱크탱크인 Ember(2025)는 한국의 전력 부문 데이터를 분석하여, 최근 태양광 발전의 기록적인 성장과 석탄 발전의 감소 추세를 긍정적 기회요인으로 진단하였다.³²⁾ 다만, 2035 NDC에서 제시된 신재생에너지 비중 목표(30%)가 기

27) 에너지경제연구원, 「2024 장기 에너지 전망」, KESIS, 2024.

28) IEA, *World Energy Outlook 2025*, International Energy Agency, Paris, 2025.11.

29) 탄소차액계약제도(CcFd, Carbon Contract for Difference)는 정부가 기업과 10년 이상 장기 계약을 통해 고정된 탄소 가격을 보장하여, 기업의 저탄소 기술 투자 불확실성을 해소하는 제도.

30) 윤여창, “저탄소 전환을 위한 배출권거래제 운영의 개선 방안,” 「저탄소경제 전환 전략과 정책과제」, 연구보고서, 한국개발연구원, 2024.

31) United Nations Environment Programme (UNEP), *Emissions Gap Report 2025: New climate pledges only slightly lower dangerous global warming projections*, 2025.11.

32) Ember, *Asia Climate Pledges: South Korea Country Profile 2025*, 2025.

술 발전 속도 및 글로벌 추세에 비해 보수적임을 강조하며, 전력망 유연성 확보를 통한 에너지 전환 가속화를 촉구하였다.

선행 연구들은 공통으로 '목표의 설정'보다 '이행의 연속성'을 강조하였다. 특히 헌법재판소의 결정(2024) 이후, 2031~2049년 사이의 연도별 감축목표를 법률로 명시하여 정책의 예측 가능성을 높이는 것이 목표 달성의 선결 과제를 확인할 수 있다.

나. NDC 부문별 감축 수단에 관한 연구

2035 NDC 달성의 핵심은 시나리오별로 어떤 감축 수단을, 어떤 강도로 적용하느냐에 달려 있다. 따라서 대표적인 NDC 부문인 전력, 산업, 수송을 중심으로 선행연구들이 제시하는 주요 수단들을 검토한다.

먼저 전력 부문은 전체 감축의 기여도가 가장 큰 부문으로, 재생에너지 확대와 석탄발전의 조기 폐지가 주된 수단이다. 국제재생에너지기구(IRENA, 2025)는 한국의 해상풍력 잠재력이 시나리오 상한 달성의 핵심 변수임을 강조하며, 인허가 절차 간소화와 계통 연계 인프라 확충이 선행될 경우 2035년 전력 부문 감축률을 75%까지 끌어올릴 수 있다고 보았다.³³⁾ 이종민(2022)은 수소·암모니아 혼소 발전이 기존 발전 인프라를 유지하면서 단·중기적으로 이산화탄소 감축을, 장기적으로는 탄소중립을 달성하는 현실적 대안임을 분석하면서, 이 기술의 실현 가능성을 좌우하는 가장 중요한 요인으로 수소 및 암모니아의 해외 공급망 안정성과 가격 경쟁력을 제시하였다.³⁴⁾

산업 부문은 연·원료 탈탄소화와 저탄소 제품 생산이 주요 수단으로 제시되지만, 기술적 불확실성이 높다. 철강 산업의 경우, 고로를 전기로로 교체하는 수준을 넘어 수소환원제철 기술의 상용화 시점이 2035 NDC 상한(31.0%) 달성의 임계점이다. 그러나 권영민외(2025)는 수소환원제철 기술이 2033년부터 설비 도입이 시작될 것으로 분석하되, 이 기술의 전제인 그린수소 공급망이 뒷받침되지 않을 경우 수소환원제철 확대가 지연되면서 철강 부문의 온실가스 감축 목표 달성이 사실상 불가능해질 것으로 경고하였다. 특히 현행 정부 계획대로

33) International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Statistics 2025*, 2025.

34) 이종민, 「수소·암모니아 가스터빈 발전의 기술 동향 및 전망」, 에너지포커스 제19권 제3호(통권 제87호), 에너지경제연구원, 2022.

그린수소를 80% 이상 해외에서 수입할 경우, 철강 1톤당 생산원가가 국내 조달 시보다 약 38% 높아져 수소환원제철로의 전환 자체가 경제성을 확보하지 못할 수 있다고 지적하였다.³⁵⁾ 포집된 탄소의 저장 관련해서도 이지혁(2024)은 한국의 지리적 특성상 포집된 탄소를 저장할 심부 지층 확보가 어렵다는 점을 지적하며, 국내저장소 확보와 함께 해외 저장소와의 국제 협력이 산업 부문 감축 수단의 핵심임을 강조하였다.³⁶⁾

수송 부문은 전기·수소차 보급 확대(Electrification)가 주된 수단이다. 관련하여 박지영 외(2024)는 수송부문 탄소중립 달성을 위해 전기차 충전 인프라의 양적 확충뿐 아니라 운영전략의 질적 개선 및 교통·도시계획과의 연계가 필수적임을 분석하였다.³⁷⁾ 김현석(2024) 역시 구매보조금보다 충전인프라 보강이 비용 효과적인 전기차 보급 수단임을 실증하며, 단순 지원금 확대를 넘어선 수요 관리 정책의 전환이 필요함을 강조하였다.³⁸⁾ ICCT(2026)는 글로벌 ZEV(무공해차, Zero Emission Vehicle) 전환 현황 분석에서 2025년 현재 각국의 강력한 정책 파이프라인을 구속력 있는 의무 규정으로 전환하고, 모든 차종으로 기준을 확대하며, 신흥시장의 급속한 전기차 성장세를 지속시켜야 파리협정 목표에 부합하는 배출 경로로의 전환이 가능하다고 강조하였다.³⁹⁾

위의 선행 연구들은 2035 NDC 달성을 위해 전력(재생에너지·혼소), 산업(수소제철·CCUS), 수송(무공해차) 부문의 핵심 감축 수단 도입이 필수적이나, 기술 상용화 시점과 인프라 적기 확보 등 기술적 불확실성 관리가 이행 성과를 좌우하는 결정요인임을 공통적으로 제시하고 있다.

35) 권영민·김다슬, 「수소환원제철 국내 정착을 위한 핵심 과제: 그린수소 조달 방안을 중심으로」, 기후솔루션, 2025.6.26.

36) 이지혁, 「우리 정부의 CCUS 정책과 우리 기업의 크로스보더 CCS 프로젝트 참여 사례」, 국가·지역동향, 한국수출입은행 해외경제연구소, 2024.2.13.

37) 박지영·김범일·김찬성·김영호·노형우, 「수송부문 탄소중립을 위한 전기차 인프라 국가 전략 연구 — 교통과 전력 수요 커플링 중심으로」, 한국교통연구원, 2024.4.30.

38) 김현석, 「친환경차 보급정책 개선 방향」, KDI FOCUS, 한국개발연구원, 2024.

39) ICCT, *Vision 2050: Update on the global zero-emission vehicle transition in 2025*, International Council on Clean Transportation, 2026.2.

다. 새로운 환경 변화와 NDC 이행

최근의 대외 환경 변화는 NDC 이행을 단순한 환경 정책에서 국가 경제 전략으로 격상시키고 있는데 이에 대한 선행연구들은 아래와 같다. 먼저 글로벌 기후 무역장벽의 확산에 따라 장영욱 외(2024)는 EU의 CBAM 확대와 미국의 기후 관련 통상 압력이 한국 제조업의 수출 경쟁력에 직접적인 위협이 되고 있다고 분석하며, NDC 감축 수단 도입이 비용이 아닌 생존을 위한 투자임을 시사하였다.⁴⁰⁾ 이에 더해 정은미 외(2025)는 탄소 국경세가 철강·알루미늄 등 에너지 집약 산업의 공급망 재편을 강요하고 있으며, 국내 감축 실적이 뒷받침되지 않을 경우 글로벌 공급망(GVC: Global Value Chain)에서 한국 기업의 배제 가능성을 경고하였다.⁴¹⁾ 김재운 외(2024) 또한 기후대응 정책 강도에 따라 기후변화 리스크가 실물경제에 미치는 영향이 장기간에 걸쳐 상이하게 나타나며, 적극적인 NDC 이행을 통한 저탄소 전환만이 잠재성장률 하락 리스크를 방어할 수 있는 유일한 경로임을 강조하였다.⁴²⁾

또한 최근 미국의 파리협정 재탈퇴 등 정치적 불확실성 속에서 EU와 중국이 공동 기후 성명(2025.7.)을 통해 글로벌 표준을 주도하려는 움직임은 한국의 2035 NDC가 국제적 고립을 피하기 위한 전략적 도구가 되어야 함을 보여준다.⁴³⁾ 이런 상황에서 문진영 외(2024)는 탄소중립 대응 측면에서 우리나라와 유사 입장국 간 협력 또는 다자국간 협력의 틀을 최대한 활용하여 글로벌 규범 논의에 대응해야 한다는 점을 강조하고 있다.⁴⁴⁾ 강택구 외(2025) 역시 기후 및 재생에너지 분야가 기술 표준화와 자원 공급망을 포함한 경제·지정학적 경쟁의 핵심축으로 전환되고 있음을 보여주며, 한국의 2035 NDC가 국내 감축목표를 넘어 글로벌 규범 형성에 적극 참여하기 위한 외교적 수단으로 기능해야 함을 시사한다.⁴⁵⁾

40) 장영욱·한형민·오태현·윤형준, 「EU의 기후중립 전략기술 육성 정책이 글로벌 공급망 재편에 주는 함의」, 기본연구보고서 24-12, 대외경제정책연구원, 2024.

41) 정은미·조재한·김종기·강재원, 「한국 산업의 도약과 과제: III. 주력산업 경쟁력 강화」, i-KIET 산업경제이슈 제191호, 산업연구원, 2025.

42) 김재운·김준철·나승호, 「기후변화 리스크가 실물경제에 미치는 영향: 기후대응 시나리오별 분석」, BOK 이슈노트 제2024-30호, 한국은행, 2024.

43) EU Council, *Joint EU-China Press Statement on Climate*, 2025.7.24.

44) 문진영·나승권·이성희·김은미, 「에너지안보 강화와 탄소중립을 위한 한국의 대응방안」, 정책연구브리핑 24-15, 대외경제정책연구원, 2024.7.29.

45) 강택구·박혜윤·홍명더·심창섭, 「트럼프 2.0 미·중 기후 및 재생에너지 쟁점과 시사점」, 정책보고서

마지막으로 2024년 헌법재판소의 결정은 탄소중립 이행이 현 세대의 선택이 아닌 미래 세대의 기본권 보장을 위한 국가의 헌법적 의무임을 명확히 하였다. 성봉근(2024)은 이를 '세대 간 형평성'의 관점에서 분석하며, 2035년까지의 공격적인 감축 수단 도입이 2040년 이후의 사회적 갈등 비용을 최소화하는 최적의 경로임을 입증하였다.⁴⁶⁾ 박태현(2025)은 헌법재판소 판결 이후의 후속 입법 연구를 통해, 감축목표의 '법률 유보' 원칙이 강화됨에 따라 2035 NDC의 연도별 세부 경로를 시행령이 아닌 법률로 직접 규정하여 이행의 강제성을 높여야 한다고 역설하였다.⁴⁷⁾

위의 선행연구들은 글로벌 기후 규제 강화와 국제 정치적 변동성, 그리고 미래세대의 기본권 보호라는 법적 책무가 2035 NDC를 국가의 생존과 경쟁력에 영향을 주는 핵심 경제·외교통상 도구로 확장시키고 있음을 보여준다. 이런 기존 선행연구들은 NDC 이행의 구조적 제약과 기회요인, 부문별 감축 수단, 대외 환경 변화가 NDC 이행에 미치는 영향을 각각의 분석 목적에 따라 개별적으로 다루어 왔다. 본 보고서는 이러한 선행연구의 성과를 토대로 하되, 전력·산업·수송 부문의 현황 진단부터 감축 수단의 이행 가능성 평가, 시나리오별 감축경로 분석까지를 하나의 통합적 흐름 속에서 검토함으로써, 2035 NDC 목표 달성을 위한 정책적 판단에 필요한 종합적 근거를 제공하고자 한다.

3. 보고서 개요

I 장(서론)에서는 검토 배경으로 파리협정(2015) 이행 의무에 따른 2035 NDC 확정 경위와 함께, 헌법재판소의 탄소중립기본법 헌법불합치 결정(24.8) 등 입법·제도적 배경을 설명하였다. 이어서 2035 NDC 감축 목표의 이행 가능성, 부문별 핵심 수단, 글로벌 기후 규제(EU CBAM 등)가 국내 통상 환경에 미치는 영향에 관한 국내외 선행연구를 검토하였다.

2025-04, 한국환경연구원, 2025.7.

46) 성봉근, "기후소송에 관한 헌법재판소 결정의 평석과 향후 과제," 「환경법연구」 제46권 제3호, 한국환경법학회, 2024.

47) 박태현, "기후위기 대응과 미래세대의 기본권 보호 - 헌법재판소 2024.8.29. 선고 2020헌마411 등 결정에 대한 고찰 -," 「환경법연구」 제47권 제1호, 한국환경법학회, 2025.

II장(주요 부문의 현황과 과제)에서는 2035 NDC의 수립 배경과 목표를 정리하고, 국내 온실가스 배출의 81.9%(총배출량 기준)를 차지하는 다배출 3개 부문(전력·산업·수송)의 현황을 진단한다. 전력 부문은 재생에너지 및 원전 확대 추진 현황과 계통망 포화 등 구조적 제약을 살피고, 산업 부문은 철강·석유화학 등 에너지 다소비 업종 중심의 고탄소 산업구조와 온실가스 감축 실태를 검토한다. 수송 부문은 무공해차 보급 실적 및 전기차 시장 역성장 등 목표 달성 차질 현황을 분석한다. 아울러 전력·산업·수송 부문별 감축 현황 점검 결과를 바탕으로 온실가스 감축 과제를 종합 정리한다.

III장(주요 부문의 온실가스배출 저감 수단)에서는 정부의 감축목표 시나리오별로 전력(재생에너지·혼소발전 등), 산업(수소환원제철·CCUS 등), 수송(전기차 등) 부문의 핵심 감축 수단을 검토한다. 특히 기존 설비의 잔여 수명으로 인한 '경제적 고착화(Lock-in) 효과'와 인프라 확충 시차를 감안하여, 정부가 확정된 부문별 감축 경로의 실질적인 적정성과 이행 가능성을 평가한다.

IV장(온실가스 감축경로 시나리오 분석)에서는 시스템 다이내믹스 기반의 에너지 정책 시뮬레이터(EPs) 모형을 활용하여, 주요 3대 부문의 감축 수단 적용 수준에 따른 3가지 핵심 경로(① 현재 추세 연장 경로, ② 61% 감축목표 달성 경로, ③ 추가 감축 수단 추가 적용 경로)를 비교·분석한다. 신재생에너지 발전 비중, 산업의 전기화율, 무공해차 판매 비중 등 각 시나리오별 구체적인 매개변수 설정 수치를 바탕으로, 2035 NDC 목표 달성을 위해 추가로 요구되는 정책적 노력의 규모와 2050년까지의 장기 배출 경로를 정량적으로 검증한다.

V장(결론 및 시사점)에서는 각 장의 분석 결과를 요약하고, 2035 NDC 감축목표 달성을 위한 부문별 감축 수단의 적용 가능성과 한계를 종합한다. 현재 가용한 수단을 최고 수준으로 적극 적용하더라도 현실적 장벽이 존재함을 확인하고, 현재 추세 연장선과의 간극을 좁히기 위한 정책적 제언을 도출한다. 아울러 2035년 목표 달성을 넘어 2050년 탄소중립으로 이어지는 경로를 실현하기 위해 추가적인 감축 수단(예를들어 수소 기반 기술)의 선제적 도입 및 구체적인 보급·유통 계획 수립 등 국회 심의와 법률 개정 논의에 필요한 실효성 있는 정책 시사점을 제시한다.

II. 주요 부문의 현황과 과제

1. 2030 NDC 이행 현황과 2035 NDC의 수립

파리협정의 5년 주기 NDC 제출 의무에 따라, 우리나라는 2025년 12월 '2035 국가온실가스감축목표(NDC)' 최종안을 유엔기후변화협약(UNFCCC) 사무국에 제출하였다. 이에 새로운 목표의 실현 가능성을 검토하기 위해 기존 2030 NDC의 이행 실적을 먼저 점검하고, 이를 토대로 2035 NDC의 수립 배경과 감축목표 구조 및 이행과제를 살펴보았다.

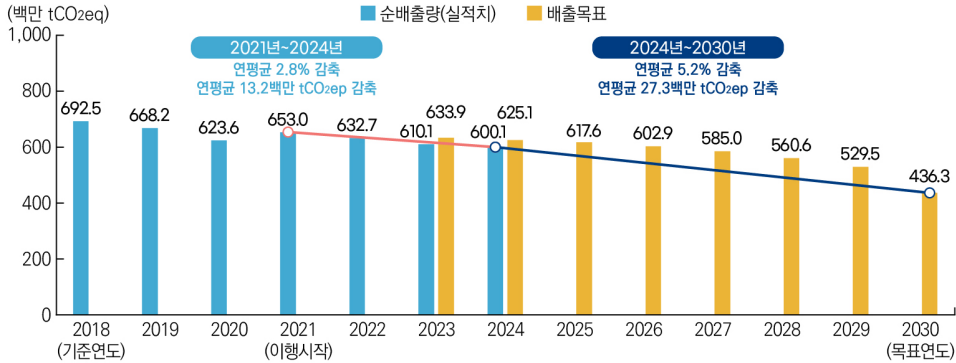
가. 2030 NDC 이행 점검¹⁾

우리나라의 2030 NDC 이행 실적²⁾을 살펴보면, 2024년 국가 온실가스 순배출량(1996 IPCC 기준, 잠정)은 600백만tCO₂eq으로, 연도별 목표(625백만 tCO₂eq) 대비 4.0% 초과 감축을 달성하였다. 파리협정 이행 기간이 시작된 2021년(653백만tCO₂eq)을 기준으로 보면, 2024년까지 3년간 53백만tCO₂eq을 감축하였으며, 이는 연평균 약 2.8%의 감축률(연간 약 13백만tCO₂eq 감축)에 해당한다. 다만 2030년 NDC 목표(437백만tCO₂eq) 달성을 위해서는 향후 6년간 164백만tCO₂eq을 추가로 감축해야 하는데, 이는 연평균 약 5.2%의 감축 속도(연간 약 27백만tCO₂eq 감축)를 요구한다. 현재 이행 기간(2021~2024년) 중 달성한 감축 속도와 비교할 때 약 두 배 수준의 가속화가 필요한 상황이다.

1) 2024년까지의 이행실적은 2030 NDC 기준에 따른 것으로, 탄소중립녹색성장위원회(현 국가기후위 기대응위원회)는 2025년 11월 「국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 2024년도 이행점검 결과」 및 12월 「'24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」를 발표하였다. 본 보고서의 2030 NDC 이행실적은 해당 자료를 바탕으로 작성하였다.

2) 2030 NDC는 1996 IPCC 기준에 따라 기준연도는 총배출량, 비교연도는 순배출량으로 설정되어 있으나, 본 이행실적은 자료 간 비교 혼선을 방지하기 위해 국가기후위기대응위원회 이행점검 기준(기준연도·비교연도 모두 순배출량 기준)을 적용하여 작성하였다. 또한 2035 NDC는 2006 IPCC 기준을 적용하고 있어 연도별·부문별 배출량 수치가 2030 NDC 이행실적과 상이하다. 아울러 2030 NDC와 2035 NDC 간 주요 변경 사항은 [BOX 1]을 참고할 수 있다.

[그림 II-1] 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)



주: 연도별 감축목표는 「제1차 국가 탄소중립 녹색성장 기본계획(23.4)」에 따라 2023년부터 제시
 자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025. 12.

부문별로는 전력·산업·건물 부문이 2024년 목표를 달성한 반면, 수송·농축수 산·폐기물 부문은 목표에 미달하였다. 전력 부문은 단기 목표를 충족하고 있으나, 재생에너지 발전량이 2030 NDC 선형경로(70,701GWh) 대비 76%(53,651GWh)³⁾ 수준에 그쳤다. 산업 부문의 감축은 경기 둔화에 따른 생산량 감소의 영향이 크게 작용한 측면이 있으며, 철강·석유화학 등 주요 업종의 탄소집약도는 2018년 대비 오히려 증가하였다. 수송 부문은 전기·수소차 신규 보급이 2022년 이후 둔화되면서 목표 달성에 미달하였다. 이에 따라 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 보다 강화된 중간목표로서 2035 NDC를 설정할 필요성이 제기되었다.

[표 II-1] 2030 NDC 부문별 배출량 및 감축량('96 IPCC 지침 기준)

(단위: 백만tCO₂e)

구분	2024년			2030년	
	배출량(A)	목표(B)	목표대비 실적(B-A)	목표(C)	잔여 감축량(C-A)
순배출량	600.1	625.1	+25.0 (달 성)	436.6	163.5 [5.2%]
전력	212.9	218.4	+5.5 (달 성)	145.9	67.0 [6.1%]
산업	242.7	256.1	+13.4 (달 성)	230.7	12.0 [0.8%]
수송	94.6	88.7	-5.9 (미달성)	61.0	33.6 [7.1%]
건물	43.3	47.0	+3.7 (달 성)	35.0	8.3 [3.5%]
농축수산	24.1	22.4	-1.7 (미달성)	18	6.1 [4.8%]
폐기물	15.7	14.7	-1.0 (미달성)	9.1	6.6 [8.7%]

주: [] 안은 2025년부터 2030년까지 연평균 감축률

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 2024년도 이행점검 결과」, 2025.11.
 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025.12.

3) 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025. 12.

[BOX 1] 국가 온실가스 인벤토리 산정기준 변경과 배출량 차이

우리나라의 온실가스 배출량은 IPCC 가이드라인에 따라 국가 온실가스 인벤토리 방식으로 산정된다. 이에 따라 적용 기준이 변경되면 동일 연도의 배출량도 달라질 수 있다. 2030 NDC 이행실적과 2035 NDC 목표의 배출량 수치는 적용된 인벤토리 기준이 달라 동일 연도라도 차이가 발생한다. 이는 실제 배출량 변화가 아니라 산정기준 개편에 따른 것이다.

IPCC 가이드라인 변경에 따른 배출량 산정 기준 차이

구분	적용 기준	특징
2030 NDC 실적	IPCC 1996 개정	잠재배출량 일부 허용, 배출원·가스 반영 범위 제한
2035 NDC 목표	IPCC 2006	신규 배출원 및 실제 배출량 기준 반영

IPCC 2006 가이드라인은 1996 기준 대비 산정 방법론과 분류체계를 전면 개편하였다. 주요 특징은 다음과 같다.

① 부문 분류체계 개편: 5개 부문 → 4개 부문

‘농업’과 ‘토지이용·임업(LULUCF)’ 부문을 통합하여 AFOLU(Agriculture, Forestry and Other Land Use) 체계를 도입하고, ‘산업공정’과 ‘용제 사용’을 IPPU(Industrial Processes and Product Use)로 통합하였다.

② 배출량 산정 원칙 변경: 잠재 배출량 허용 → 실제 배출량 기준

일부 분야에서 사용되던 잠재 배출량(Potential Emissions) 방식 대신 실제 대기 중 배출량(Actual Emissions) 중심으로 산정체계를 개편하였다.

③ 산정 범위 확대: 신규 온실가스 및 배출원 추가 반영

NF3 등 신규 온실가스와 이산화탄소 포집·저장(CCS), 페탄광 메탄 등 새로운 배출원을 반영하였다.

④ 산정 정확도 제고: 배출계수 및 산정모형 고도화

폐기물·농업 분야 등에 보다 정교한 배출계수와 산정모형(FOD 모델 등)을 적용하여 통계의 정확성과 투명성을 높였다.

이에 따라 동일한 활동자료를 적용하더라도 IPCC 2006 가이드라인 기준에서는 배출량이 더 높게 산정될 수 있다. 따라서 2030 NDC 이행실적과 2035 NDC 목표를 비교할 때에는 적용된 인벤토리 기준 차이를 함께 고려할 필요가 있다.

나. 2035 NDC 수립 배경과 경과

국제적으로는 파리협정 제4조에 따라 당사국이 5년 주기로 NDC를 갱신해야 하며, 2025년이 차기 제출 시한에 해당함에 따라 새로운 목표 설정이 요구되었다. 또한 2050 탄소중립 경로와의 정합성 확보 및 국제사회의 감축목표 상향 요구에 대응할 필요성도 제기되었다.

우리나라는 2015년 파리협정 채택 이후 국가온실가스감축목표(NDC)를 수립·제출해 왔다. 최초 NDC는 2030년 배출전망치(BAU⁴) 대비 37% 감축을 목표로 하였으며, 이후 2021년 「기후위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제정을 계기로 2018년 대비 40% 감축으로 상향된 갱신 NDC가 마련되었다. 이후 2023년 「제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획」이 수립되며 중장기 감축 이행의 정책 기반이 마련되었다.

이를 배경으로 정부는 2024년부터 2035 NDC 수립 작업에 착수하였다. 먼저 기존 2030 NDC의 부문별 이행 성과와 미이행 요인을 점검하고, 주요국의 NDC 상향 동향 및 국제 규범 강화 흐름을 분석하였다. 이를 바탕으로 감축기술 도입 속도, 에너지 전환 여건, 산업 구조 변화 등을 고려한 복수의 감축 시나리오를 도출하였으며, 관계부처 협의, 산업계·시민사회 등 이해관계자 의견수렴, 탄소중립녹색성장위원회 심의 등의 절차를 거쳐 최종 목표안을 2025년 11월에 확정하였다.

[표 II-2] NDC 주요 수립 경과

시기	주요 내용
2015.12	파리협정 채택, INDC ¹⁾ 제출
2016.11.3	최초 NDC(2030년 BAU 대비 37% 감축) 국회 비준동의 및 UN 비준서 기탁(12.3. 발효)
2021.8	「탄소중립·녹색성장 기본법」 제정
2021.12	수정 NDC 제출(2030년 2018년 대비 40% 감축으로 상향)
2023.4	제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획 수립
2024.상반기	2035 NDC 수립 착수, 부문별 이행 실적 점검
2024.하반기	감축 시나리오 분석 및 부문별 목표 배분 검토
2025.상반기	관계부처 협의 및 이해관계자 의견수렴
2025.11.10	탄소중립녹색성장위원회 ²⁾ , 2035 NDC 확정·발표(2018년 대비 53~61% 감축)

주: 1) INDC(Intended NDC)는 각 당사국이 파리협정 채택 전 제출한 잠정 감축목표

2) 2026년 1월 1일부터 '2050 탄소중립녹색성장위원회'가 '국가기후위기대응위원회'로 명칭 변경

자료: 국가기후위기대응위원회 보도자료 등을 바탕으로 국회예산정책처 정리

4) BAU(Business As Usual)는 별도의 온실가스 감축 정책을 추가로 시행하지 않을 경우를 가정한 배출전망치로, 감축목표 설정 시 기준선으로 활용된다.

다. 2035 NDC 감축 목표와 이행과제

최종적으로 설정된 2035 NDC는 2018년 대비 53~61% 감축이라는 범위형 목표 구조를 채택하였다. 이는 단일 수치가 아닌 범위로 목표를 제시함으로써, 기술 발전 및 에너지 전환의 불확실성을 반영하는 동시에 이행 유연성을 확보하고자 한 것이다. 하한선인 $\Delta 53\%$ 시나리오는 현재 상용화된 감축 수단을 중심으로 실현 가능한 경로를 상정한 것으로, 배출권거래제 등 기존 규제와 연동된 목표로 설정되었다. 반면 상한선인 $\Delta 61\%$ 시나리오는 정부 지원의 대폭 확대, 혁신적 기술 개발, 산업 체질 개선 등을 전제로 우리나라가 나아가야 할 방향과 미래세대의 요구를 반영하여 설정되었다.

다만 이러한 범위형 목표 제시 방식에 대해서는 다양한 이견도 제기되고 있다. 목표 수준의 적정성, 수립 과정의 투명성, 산업계 여건 반영 여부에 관한 논란과 함께, 범위형 구조가 오히려 정책적 불확실성을 확대하고 수용성에 부정적 영향을 미칠 수 있다는 우려도 존재한다.⁵⁾ 특히 범위형 목표에서는 $\Delta 61\%$ 시나리오가 선언적 의미에 그칠 수 있으며, 실제 이행 과정에서는 $\Delta 53\%$ 가 사실상의 목표로 고착될 수 있다는 지적도 있다. 따라서 보다 도전적인 감축경로로의 전환을 유인하기 위한 별도의 정책적 기제의 보완이 필요하다는 의견이 제시되고 있다.⁶⁾

따라서 이러한 감축 목표의 실현 가능성을 평가하기 위해서는 현재의 배출 구조를 함께 살펴볼 필요가 있다. 이러한 관점에서 우리나라의 온실가스 배출 현황을 살펴보면, 2024년 온실가스 총배출량은 692백만tCO₂e(2006 IPCC 기준)이다. 이 중 전력·산업·수송 세 부문이 각각 31.6%, 36.3%, 14.1%를 차지하여 전체의 81.9%⁷⁾를 점하고 있다.⁸⁾ 순배출량(651백만tCO₂e) 기준으로도 전력·산업·수송 부문의 비중은 각각 33.5%, 38.5%, 15.0%로, 전체의 87.0%에 이

5) 박지영, “2035 NDC ‘범위형 목표’ 논란… “하한선이 실제 목표 될 것.” 파이낸셜뉴스, 2025.11.6.
최상현, “두 마리 토끼 잡으려다 다 놓쳤네…산업·환경 모두 ‘범위형 NDC’ 비판,” MTN뉴스, 2025.11.7.

6) 이원희, “2035 NDC 53~61%가 낮다?...다른 선진국 보니 비슷한 수준,” 에너지경제신문, 2025.11.10.

7) 각 부문별 비중은 소수점 둘째 자리에서 반올림한 수치이며, 소수점 둘째 자리까지 산출 시 전력 (31.56%), 산업(36.28%), 수송(14.10%)으로 그 합은 81.94%로 둘째 자리에서 반올림하면 81.9%이다.

8) 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

른다. 이들 부문은 에너지 소비 및 경제활동과 밀접하게 연계되어 있고, 국가온실가스배출 및 감축 구조를 이해하는 주요 분석 대상이 된다.

[표 II-3] 2035 NDC 부문별 온실가스 감축목표

(단위: 백만tCO₂eq)

구분	부문	'18년	'24년	2035 NDC			
				△53%		△61%	
				배출량 (*18년대비 감축률)	감축량 (*24년대비)	배출량 (*18년대비 감축률)	감축량 (*24년대비)
	순배출량	742.3	651.4	348.9	△302.5	289.5	△361.9
	총배출량	784.0	691.6	-	-	-	-
배출	· 전력	283.0	218.3	88.3(△68.8%)	△130.0	70.0(△75.3%)	△148.3
	· 산업	276.3	250.9	209.1(△24.3%)	△41.8	190.6(△31.0%)	△60.3
	· 수송	98.8	97.5	39.3(△60.2%)	△58.2	36.8(△62.8%)	△60.7
	· 건물	52.1	43.6	24.2(△53.6%)	△19.4	22.8(△56.2%)	△20.8
	· 냉매	23.1	35.0	27.4(+18.6%)	△7.6	25.5(+10.4%)	△9.5
	· 농축수산	27.6	25.6	20.0(△27.5%)	△5.6	19.5(△29.3%)	△6.1
	· 폐기물	19.4	17.5	9.2(△52.6%)	△8.3	9.0(△53.6%)	△8.5
	· 탈루	3.7	3.2	2.6(△29.7%)	△0.6	2.4(△35.1%)	△0.8
	· 수소	0	0	8.1	+8.1	6.5	+6.5
	흡수 및 제거	흡수원	-41.6	-40.2	-38.3	+1.9	-39.3
CCUS		0	0	-11.2	△11.2	-20.3	△20.3
국제감축		0	0	-29.8	△29.8	-34.0	△34.0

주: ()안 값은 '18년 대비 감축률

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

부문별로 감축 여건과 요구 수준이 상이한 가운데, 우선 전력 부문은 2024년 218백만tCO₂eq에서 2035년 70백만~88백만tCO₂eq으로, 2024년 대비 130백만~148백만tCO₂eq 감축이 요구되어 세 부문 중 절대 감축량이 가장 크다. 석탄 발전 감축을 통해 2018년 대비 이미 22.9%(65백만tCO₂eq 감축)를 줄인 성과가 있음에도, 경제성장에 따른 전력 수요 증가가 지속되는 상황에서 추가적인 대규모 감축을 위해서는 재생에너지 및 무탄소 전원의 획기적인 확대가 불가피하다.

산업 부문은 총배출량에서 가장 큰 비중(36.3%)을 차지하면서도 2018년 대비 감축률은 9.2%에 그쳐 세 부문 중 감축 속도가 가장 더디다. 탄소다배출 산업 중심의 산업구조로 인해 공정 배출 비중이 높아 에너지 전환만으로는 목표 달성에 한계가 있다. 2035년까지 2018년 대비 24.3%~31.0% 감축이 요구되며, 이를 위해 2024년 대비 42백만~60백만tCO₂eq를 추가로 줄여야 한다.

수송 부문은 그간의 친환경차 보급 확대에도 불구하고 내연기관차 등록 대수의 지속적인 증가로 인해, 2018년 대비 배출량 감소율이 1.3% 수준에 머물러 있다. 그러나 2035년 NDC 목표에 따르면 수송 부문에는 60.2%~62.8%에 달하는 고강도 감축이 요구되며, 이는 전력(에너지 공급) 부문을 제외한 에너지 수요 부문 중 가장 가파른 감축경로이다. 이는 향후 단기간 내에 친환경 자동차(전기차·수소 등)로의 전환이 광범위하게 이루어져야 함을 의미한다.

이처럼 각 부문은 최대 규모의 감축 요구(전력), 구조적 감축의 어려움(산업), 높은 감축률 요구(수송)라는 서로 다른 이행 과제를 안고 있다. 이하에서는 전력·산업·수송 각 부문의 배출 현황과 구조적 특성을 보다 구체적으로 분석한다.

[BOX 2] 2030 NDC 대비 2035 NDC 주요 변경 사항

2035 NDC는 단순한 목표 상향에 그치지 않고, 산정 방식과 통계 기준 자체를 전면 개편하였다. 따라서 두 NDC의 수치를 단순 비교할 경우 방법론적 차이를 간과할 수 있어 해석에 주의가 필요하다.

2035 NDC 주요 변경 사항

구분	2030 NDC(2021년 상향안)	2035 NDC(2025년 확정안)
적용 지침	1996 IPCC 지침	2006 IPCC 지침
산정 방식	총순 방식(비대칭)	순순 방식(기준 통일)
기준 연도배출량	2018년 총배출량 728백만tCO ₂ eq	2018년 순배출량 742백만tCO ₂ eq
목표 연도	2030년 순배출량	2035년 순배출량
감축 목표	40%(단일 수치)	53%~61%(범위 목표)

① 산정 방식: 총순 → 순순

2030 NDC는 기준 연도에 총배출량을 적용하면서 목표 연도에는 순배출을 사용하여 흡수량만큼 감축률이 실제보다 높게 산출된다는 비판이 제기되었다. 2035 NDC는 기준 연도와 목표 연도 모두 순배출량으로 통일하였다.

② 통계 기준: 1996 → 2006 IPCC 지침

2035 NDC부터는 최신 국제 기준인 2006 IPCC 지침을 적용한다. 지침 전환에 따라 동일한 2018년 기준연도임에도 배출량 수치가 1996 지침 기준 728백만tCO₂eq에서 2006 지침 기준 742백만tCO₂eq로 상향 조정되었다.

③ 목표 형태: 단일 수치 → 범위 목표

2030 NDC가 40%라는 단일 수치를 제시한 반면, 2035 NDC는 53%~61%의 범위 형태 목표를 도입하였다. 하한선인 53%는 기준연도(2018년)부터 탄소 중립(2050년)까지의 선형경로이며, 상한선인 61%는 추가적인 감축 노력을 통해 미래세대 부담을 완화하고 IPCC 권고 수준에 부합하는 감축경로이다.

④ 부문 구성 변경: 부문 신설(냉매)·명칭 변경(전력, 탈루)

2035 NDC는 온실가스 배출 특성을 보다 정밀하게 반영하기 위해 부문 구성을 일부 조정하였다. 기존 산업 부문에 포함되던 HFCs 등 불소계 온실가스 배출은 '냉매' 부문으로 분리·신설되었으며, '전환' 부문은 '전력'으로, '기타(탈루 등)' 부문은 '탈루'로 명칭이 변경되었다.

2. 전력 부문

가. 온실가스 배출 현황

전력⁹⁾ 부문은 국가 온실가스 배출의 31.6%(2024년 기준)¹⁰⁾를 차지하며, 재생에너지 등 비교적 성숙한 대체 기술을 이미 보유한 부문이다. 수송·건물·산업 부문의 감축이 내연기관차의 전기차 전환, 화석연료 보일러의 히트펌프¹¹⁾ 전환 등 에너지 전기화를 통해 추진된다는 점에서, 전력 부문은 타 부문 감축의 전제 조건이기도 하다. 전력 생산이 저탄소화되지 않으면 전기화는 실질적인 온실가스 감축으로 이어지지 않으며, 국가 차원의 탄소중립 달성도 어려워진다. 이에 2035 NDC는 전력 부문에 2018년 대비 68.8~75.3% 감축이라는, 타 부문 대비 가장 높은 목표를 부여하고 있다.

실제 수치를 보면 전력 부문 온실가스 배출량은 2018년 283백만tCO₂eq에서 2024년 218백만tCO₂eq(잠정)으로 약 22.9% 감소하였다. 이는 같은 기간 국가 순배출량과 총배출량 감소율(각각 12.2%, 11.8%)의 약 두 배 수준으로, 주요 배출 부문 중 가장 큰 감축 폭이다. 그러나 2035년 국가온실가스감축목표(NDC) 달성을 위해서는 전력 부문 배출량을 53% 감축 시나리오 기준 88백만tCO₂eq, 61% 감축 시나리오 기준 70백만tCO₂eq까지 줄여야 한다. 이는 2024년 대비 각각 130백만tCO₂eq와 148백만tCO₂eq를 추가 감축해야 하는 수준이다. 이에 따라 전력 부문이 국가 총배출량에서 차지하는 비중은 2018년 36.1%에서 2035년 18.3~20.6% 수준으로 낮아질 전망이며, 절대 감축량 기준으로도 전 부문 중 가장 큰 감축 부담을 지게 될 것으로 예상된다.

9) 국제기후변화협약(UNFCCC) 및 IPCC 온실가스 인벤토리 지침상 해당 부문의 공식 명칭은 '에너지 전환(Energy Transformation)' 또는 '전환 부문'으로, 발전·열 생산 등 에너지 전환 과정에서 발생하는 배출을 포함한다. 국내에서도 2030 NDC 수립 당시까지는 '전환 부문'이 공식 용어로 사용되었다. 그러나 2035 NDC 수립 과정에서 정부는 탄소중립녹색성장위원회 심의·의결(2025. 11.) 및 관련 보도자료 등 공식 문서에서 해당 부문을 '전력 부문'으로 표기하기 시작하였으며, 이후 기후에너지환경부 등 소관 부처의 정책 문서에서도 '전력 부문'이 통용되고 있다. 본 보고서는 이러한 정부의 최근 공식 용례를 따라 '전환 부문' 대신 '전력 부문'으로 표기하였음을 밝혀 둔다.

10) 환경부 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

11) 히트펌프(Heat Pump)는 저온의 열원을 이용하여 고온으로 열을 전달하는 장치로, 난방 과정에서 화석연료를 직접 연소하지 않아 온실가스 배출이 적다. 또한 직접 열을 생성하는 기존 방식 대비 에너지 효율이 3~4 배에 달한다.

[표 II-4] 2035 NDC 전력 부문 온실가스 감축목표

(단위: 백만CO₂eq, %)

부문	2018년	2024년	2035 NDC			
			△53%		△61%	
			배출량 (‘18년대비 감축률)	감축량 (‘24년대비)	배출량 (‘18년대비 감축률)	감축량 (‘24년대비)
순배출량 [총배출량(A)] ¹⁾	742.3 [784.0]	651.4 [691.6]	348.9 [428.2]	△302.5 [△263.4]	289.5 [383.1]	△361.9 [△308.5]
전력 부문 배출량(B)	283.0	218.3	88.3 (△68.8%)	△130.0	70.0 (△75.3%)	△148.3
전력 부문 비중(B/A) ²⁾	36.1	31.6	20.6	49.4	18.3	48.1

주: 1) []안 값은 총배출량

2) 부문별 배출 비중은 흡수원 등 제거량이 포함된 순배출량이 아닌 총배출량(A) 대비로 산정

1. ()안 값은 '18년 대비 감축률

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

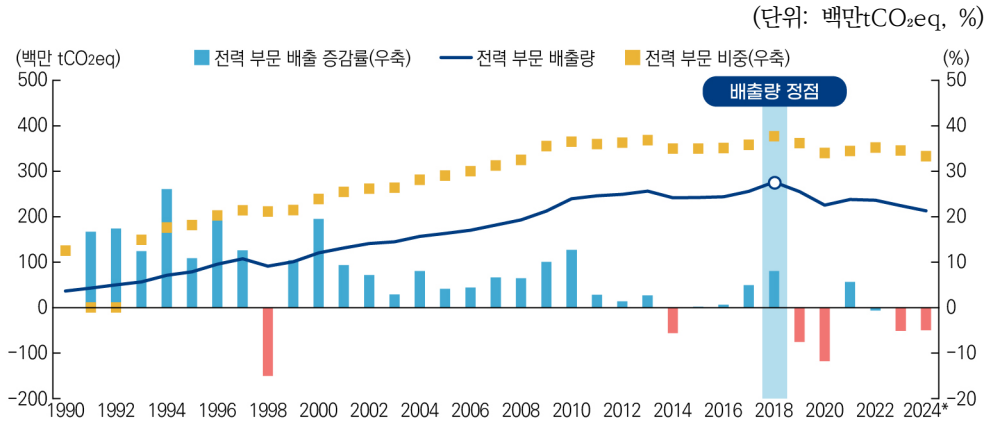
(1) 전력 부문 온실가스 배출 규모 및 추이

① 1990년 이후 장기 추이(1996 IPCC 기준¹²⁾)

1990년대부터 2000년대 중반까지 전력 부문 배출량은 전력수요 증가와 화석연료 기반 발전 확대에 따라 추세적으로 증가하였다. 2000년대 후반 이후 전력 부문 배출량은 여전히 증가세를 유지하였으나, 증가율은 점차 둔화되었다. 이후 2018년에 최고 수준에 도달한 이후 감소세로 전환되었다. 전체 배출량에서 전력 부문 비중은 장기간에 걸쳐 상승한 이후 최근에는 35% 내외 수준에서 정체 또는 소폭 하락하는 양상을 보이고 있다.

12) 온실가스 배출량은 IPCC 산정지침에 따라 산정된다. 1990년부터의 장기 추세 분석에는 장기 시계열 자료가 구축된 1996년 지침을, 최근 현황에는 개선된 배출계수를 반영한 2006년 지침(국가 온실가스 인벤토리 기준)을 적용하였다. 두 지침은 산정 범위와 방법론에서 차이가 있으므로 시계열 해석 시 유의할 필요가 있다.

[그림 II-2] 우리나라 전력 부문 온실가스배출량(1990~2024)



주: 1996 IPCC 기준, 2023년, 2024년은 잠정치

자료: 온실가스종합정보센터 제출자료; 환경부 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

② 2018년 정점 이후 현황(2006 IPCC 기준)

2018년 이후 전력 부문의 온실가스 배출 감소는 일시적 경기 요인보다는 발전원 구성의 변화에 따라 지속적으로 나타난 것이 특징이다.

2019~2020년에는 전력수요 둔화와 함께 미세먼지 대응 정책에 따른 석탄 화력 발전량 감축¹³⁾이 본격화되며 배출량이 큰 폭으로 감소하였다. 특히 2020년에는 석탄 발전량이 전년대비 약 13.7% 줄고, 신재생 발전이 확대되면서 발전·열생산 부문 배출량이 전년대비 약 11.9%¹⁴⁾ 감소하였다.

2021년에는 코로나19 이후 산업활동 회복으로 총발전량이 증가하면서 배출량이 소폭 반등하였으나, 석탄 대비 배출계수가 낮은 LNG 발전 확대와 고효율 설비 도입, 석탄 비중 축소 등의 영향으로 온실가스 배출 증가 폭은 제한적¹⁵⁾이었다. 전력원단위(tCO₂eq/MWh) 역시 지속적으로 개선되며 발전량 증가와 배출 증가 간의 비례관계가 약화되는 양상을 보였다.

이후 2022~2024년에는 원자력과 재생에너지 발전량이 본격적으로 확대되고 석탄 발전이 지속적으로 감소하면서, 총발전량이 증가하거나 정체된 상황에서 배출량은 다시 뚜렷한 감소세로 전환¹⁶⁾되었다.

13) 환경부 보도자료, 「온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상」, 2021.6.9.

14) 국가 온실가스 인벤토리 기준 공공전기 및 열 생산 부문 온실가스 배출량은 2019년 257.5백만 tCO₂eq에서 2020년 226.9백만tCO₂eq로 11.9% 감소하였다.

15) 환경부 보도자료, 「2021년 국가 온실가스 배출량, 6억 7,960만톤 예상」, 2022.6.28.

[표 II-5] 에너지원별 발전량 및 배출량 추이

구분	'18년(A)	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년(B)	B-A	
전력부문배출량(a) (백만tCO ₂ eq.) ¹⁾	283.0	263.6	233.0	245.5	242.6	230.9	218.3	△64.7	
원단위(a/b) (tCO ₂ eq/MWh)	0.496	0.468	0.422	0.426	0.408	0.393	0.367	△0.129	
총 발전량(b) (TWh)	570.6	563.0	552.2	576.8	594.4	588.0	595.6	25.0	
에너지원별	석탄	239.0 (41.9)	227.4 (40.4)	196.3 (35.5)	198.0 (34.3)	193.2 (32.5)	184.9 (31.4)	167.2 (28.1)	△71.8
	원자력	133.5 (23.4)	145.9 (25.9)	160.2 (29.0)	158.0 (27.4)	176.1 (29.6)	180.5 (30.7)	188.8 (31.7)	55.3
	가스	152.9 (26.8)	144.4 (25.6)	145.9 (26.4)	168.4 (29.2)	163.6 (27.5)	157.7 (26.8)	167.2 (28.1)	14.3
	신재생 등 ²⁾	39.5 (6.9)	42.1 (7.5)	47.5 (8.6)	50.1 (8.7)	59.6 (10.0)	63.4 (10.8)	71.3 (12.0)	31.8
	유류	5.7 (1.0)	3.3 (0.6)	2.3 (0.4)	2.4 (0.4)	2.0 (0.3)	1.5 (0.3)	1.2 (0.2)	△4.5

주: 1) 2006 IPCC지침 기준, 23, 24년 잠정

2) 신재생 등: 신재생, 폐기물, 양수, 기타(폐열 등)

1. ()은 에너지원별 비중

자료: 온실가스종합정보센터 제출자료; 한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계」 제94호, 2025.5.30.

특히 2024년에는 폭염 등으로 전력 사용량이 전년대비 1.3% 증가했음에도 불구하고, 석탄 발전량이 약 9.6% 감소하고 원자력·재생에너지 발전이 확대되면서 전력 부문 배출량은 전년대비 5.5% 감소한 것으로 나타났다.¹⁷⁾

종합하면, 전력 부문은 석탄 중심의 발전 구조에서 벗어나 원자력·재생에너지 비중을 확대와 발전 효율 개선을 병행함에 따라, 전력수요 증가에도 불구하고 최근 온실가스 배출량이 감소(탈동조화)하는 추세를 보이고 있는데, 이는 발전 구조 변화의 결과로 볼 수 있다.

16) 환경부 보도자료, 「2022년 온실가스 잠정배출량 전년대비 3.5% 감소한 6억 5,450만톤 예상」, 2023.7.25.

환경부 보도자료, 「2023년 온실가스 배출량 6억 2,420만톤… 전년대비 4.4% 감소, 2년 연속 감소 추세」, 2024.9.10.

17) 환경부 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

(2) 전력 부문 온실가스 배출의 구조적 특성

전력 부문은 배출이 일부 발전원에 집중되어 있어 전원 구성과 발전 운영 방식의 변화가 배출량에 직접적으로 반영되는 특징이 있다. 최근에는 전력수요가 증가하는 상황에서도 배출량이 감소하는 탈동조화 경향이 나타나고 있으며, 전기화 확산에 따른 전력수요 증가를 흡수하는 구조에서 전력 부문의 저탄소화 수준은 산업·수송 부문의 간접 감축에도 영향을 미친다.

① 배출의 특정 발전원 집중

전력 부문의 온실가스 배출은 전력 수요량보다 전원 구성, 즉 어떤 연료로 전기를 생산하느냐에 의해 결정된다. 배출량은 고배출 발전원인 석탄 화력에 집중되어 있는데, 이는 발전원별 배출 강도 차이에서 비롯된다. 석탄은 LNG 발전 대비 약 2배, 무탄소 전원(원자력·재생에너지)¹⁸⁾ 대비 10배 이상의 온실가스를 배출하며 발전량 비중 대비 배출 강도(emissions intensity, tCO₂eq/MWh)가 상당히 높다.

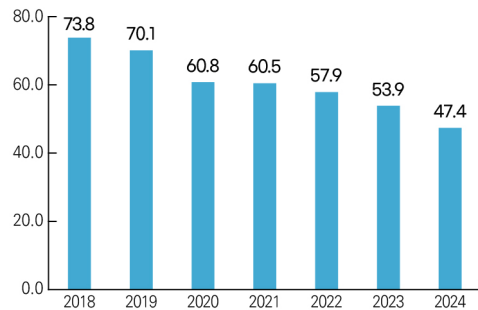
따라서 총발전량이 증가하더라도 원자력·재생에너지 비중이 확대되면 배출량 증가는 제한적이다. 반면 석탄 발전의 비중과 설비이용률 변화는 전체 배출량에 직접 영향을 미치며, 석탄 가동 축소는 전력 부문 배출 감축에서 가장 큰 영향을 미치는 요인이다.

[표 II-6] 발전원별 온실가스 배출 강도 비교

구분	발전원별 CO ₂ 배출량 (tCO ₂ eq/MWh)
석탄 화력	매우 높음(기준): 0.888
LNG 발전	석탄의 약 절반: 0.499
무탄소 전원	매우 낮음 (0에 수렴) · 태양광 0.085 · 원자력 0.029

자료: The World Nuclear Association, *Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources*, WNA Report, 2021.

[그림 II-3] 석탄 발전설비 이용률



자료: 한국전력공사, 「전력통계월보」 제566호, 2026.2.13.

18) 무탄소 전원은 발전기 운영 단계에서의 배출은 없으나, 발전설비를 만드는 제조·건설 및 연료 공급(우라늄 채굴 등) 단계를 모두 포함(전 과정 평가, LCA)하는 경우 소량의 탄소가 배출된다.

다만 발전원 구조를 단기간에 바꾸기는 어렵다. 석탄 화력은 설계 수명이 약 30년으로, 한번 건설되면 배출 구조가 고착되는 잠김(lock-in) 효과가 발생한다. 조기 폐쇄나 설비 전환 시에는 좌초자산(stranded assets) 문제와 지역 경제 위축 등 구조적 전환 비용도 수반된다.

② 전력수요와 배출 간 탈동조화

전원 구성 중심의 배출 구조는 발전량과 배출량 간 상관관계 약화로 이어지고 있다. 2018년 이전까지는 총발전량 증가 시 배출량도 함께 증가하는 경향이 뚜렷했으나, 이후 이 관계는 점차 느슨해지고 있다. 총발전량이 정체 또는 완만한 증가세를 보이는 동안에도 전력 부문 배출량과 전력원단위(tCO₂ eq/MWh)는 지속적으로 감소하였다. 이는 석탄 발전 비중 축소와 원자력·재생에너지 확대에 따른 전원 전환 효과, 고효율 설비 도입에 따른 원단위 개선이 복합적으로 작용한 결과다.

③ 타 부문 감축의 지렛대(Leverage) 역할과 전기화

전력 부문은 자체 배출 감축에 그치지 않고 산업·수송·건물 등 타 부문의 감축을 가능하게 하는 매개 부문으로 기능한다. 특히 내연기관차의 전기차 전환, 화석연료 보일러의 전기 히트펌프 전환 등 전기화가 확산될수록 최종 소비 단계의 직접 배출은 줄어드는 반면, 전력 수요는 구조적으로 증가한다.

이때 전력 부문의 배출 강도가 높으면 전기화는 배출원 이전에 불과하지만, 저탄소화가 진전될수록 국가 전체 배출 감축으로 이어진다. 전력 부문의 저탄소화는 타 부문 전기화 정책의 감축 효과를 결정하는 전제조건이다.

④ 감축 기술의 성숙도와 정책 이행의 직접성

전력 부문은 감축 대안이 비교적 명확하고, 정책 결정이 배출량 감소로 이어지는 경로가 단순하다. 산업 부문이 수소환원제철·CCUS(탄소 포집·활용·저장) 등 기술 개발과 대규모 실증이 필요한 과제에 직면한 것과 달리, 전력 부문은 태양광·풍력·원자력 등 상용화된 저탄소 기술을 이미 보유하고 있어 대규모 기술 혁신 없이도 발전설비 간 비중 조정만으로 비교적 단기간 내 감축 성과를 낼 수 있다. 수송·건물 부문이 다수 소비자의 행태 변화와 장기간의 설비 교체

를 필요로 하는 반면, 전력 부문은 전원 구성 조정이 중앙집중적 의사결정을 통해 상대적으로 빠르게 조정¹⁹⁾ 될 수 있다.

이상에서 살펴본 바와 같이, 전력 부문의 배출 성과는 어떤 발전원으로 전력을 생산하느냐에 의해 직접 결정된다. 따라서 2035 NDC 달성 가능성을 판단하기 위해서는 배출 구조를 결정짓는 발전원별 설비 구성과 계통 인프라의 현황을 살펴볼 필요가 있다.

나. 전력 생산 및 계통 인프라 구조

(1) 발전원별 설비 및 발전량 구성

2018년 이후 우리나라 전력 생산 구조는 총 설비용량 확대와 함께 발전원 구성의 점진적 변화가 진행되었다. 전체 발전설비용량은 2018년 119.1GW에서 2024년 153.1GW로 증가하였으며, 신재생에너지 설비 확대와 석탄 발전 비중 감소가 나타났다. 다만 발전량 기준으로 화석연료 비중이 2024년에도 57.0%를 차지하고 있어, 전력 생산 구조는 여전히 화력발전에 대한 의존도가 높은 상황이다.

[표 II-7] 에너지원별 발전설비 용량 및 발전량 비중

(단위: %)

		2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	증감 (18→24)
원자력	설비용량	18.3	18.5	18.0	17.3	17.8	17.1	17.0	▽1.3%p
	발전량	23.4	25.9	29.0	27.4	29.6	30.7	31.7	8.3%p
신재생	설비용량	11.3	12.8	15.9	18.5	20.4	21.7	22.7	11.4%p
	발전량	6.9	7.5	8.6	8.7	10.0	10.8	12.0	5.1%p
양수	설비용량	3.9	3.7	3.6	3.5	3.4	3.3	3.1	▽0.9%p
	발전량	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.8	0.1%p
화력	설비용량	66.4	64.9	62.5	60.6	58.4	57.9	57.3	▽9.1%p
	발전량	69.7	67.0	63.8	64.5	60.8	59.0	57.0	▽12.7%p
- 석탄	설비용량	31.0	29.5	28.5	27.9	27.6	27.1	26.3	▽4.8%p
	발전량	41.9	40.4	35.6	34.3	32.5	31.4	28.1	▽13.8%p
- 가스	설비용량	31.8	31.6	31.9	30.7	29.8	29.9	30.3	▽1.5%p
	발전량	26.8	25.6	26.4	29.2	27.5	26.8	28.1	1.3%p
- 유류·기타	설비용량	3.6	3.8	2.1	2.0	1.0	0.9	0.7	▽2.9%p
	발전량	1.0	1.0	1.8	1.0	0.8	0.8	0.8	▽0.2%p

주: 화력은 석탄 + 가스 + 유류·기타의 합

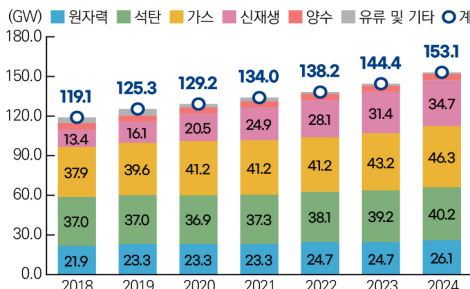
자료: 한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계(제94호)」, 2025.5.30.

19) 실제로 석탄 발전 상한제, 노후 석탄화력 폐지, 계절관리제 시행 등 제도적 조치는 발전량 구성 변화로 직결되었으며, 석탄 설비용량은 2019년 약 70%에서 2020년 61%로 하락하며 배출량 감소로 이어졌다.(환경부 보도자료, 「온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상」, 2021.6.9.)

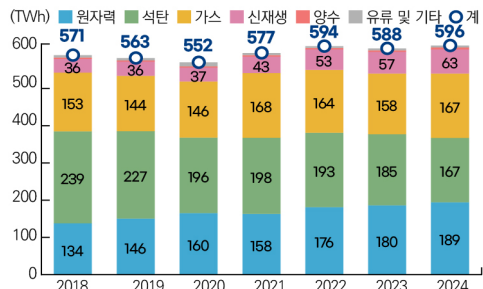
발전설비 구조 측면에서 가장 두드러진 변화는 신재생에너지의 확장이다. 신재생 설비는 2018년 13.4GW(11.3%)에서 2024년 34.7GW(22.7%)로 약 2.6배 증가하였다. 석탄 발전설비는 동기간 37.0GW에서 40.2GW로 절대 규모는 소폭 늘었으나 비중은 31.0%에서 26.3%로 하락하였다. 원자력은 21.9GW에서 26.1GW로 완만히 증가했으나, 전체 설비 비중은 18.3%에서 17.0%로 소폭 감소하였다. 가스 발전설비는 37.9GW에서 46.3GW로 확대되며 전체 설비의 약 30% 수준을 유지하고 있다.

발전량 기준 구성 변화는 설비 구조와 다소 다른 양상을 보인다. 석탄 발전 비중은 2018년 41.9%에서 2024년 28.1%로 크게 감소하였으며, 발전량은 약 71.8TWh 줄었다.²⁰⁾ 원자력은 설비 비중이 정체된 가운데에서도 발전량 비중이 23.4%에서 31.7%로 상승하며 기저전원²¹⁾으로서의 역할이 강화되었다. 가스 발전은 설비·발전량 비중 모두 안정적으로 유지되고 있다. 신재생에너지는 발전량 비중이 6.2%에서 10.6%로 확대되었으나, 설비 비중 증가에 비해 발전량 비중이 낮아 낮은 설비이용률과 출력 변동성²²⁾이라는 구조적 특성을 드러낸다.

[그림 II-4] 에너지원별 발전설비 용량



[그림 II-5] 에너지원별 발전량



자료: 한국전력공사, 「전력통계월보」 제566호, 2026.2.13. 자료: 한국전력공사, 「전력통계월보」 제566호, 2026.2.13.

종합하면, 2018년 이후 전력 생산 구조는 신재생에너지 확대와 석탄 발전 비중 감소를 중심으로 변화하고 있으나, 화석연료 발전 의존은 여전히 높은 수준을 유지하고 있다. 또한 변동성 전원 비중 확대에 따라 안정적인 전력 공급과 전력계통 운영을 위한 인프라 중요성도 함께 커지고 있다.

20) 미세먼지-온실가스 감축 정책과 발전 이용률 조정의 영향을 받은 것으로 관련 내용은 (1) 전력 부문 온실가스 배출 규모 및 추이 ② 2018년 정점 이후 배출 현황(2006 IPCC 기준)에서 다루었다.
 21) 기저전원은 전력수요의 기초부하를 담당하기 위해 24시간 안정적으로 연속 운전되는 발전원을 의미하며, 일반적으로 원자력 및 석탄발전이 이에 해당한다.
 22) 태양광·풍력 등은 기상 조건에 따라 발전량이 시간대별로 크게 변동하는 특성을 지닌다.

(2) 전력계통 인프라 구성

전력계통(power system)은 발전된 전력을 수요지로 안정적으로 전달하기 위한 기반 인프라로, 계통의 중추를 이루는 송·변전설비와 최종 수요처에 전력을 공급하는 배전설비로 구분된다. 송·변전설비는 한국전력이 설비계획을 수립·보강하고, 전력거래소가 전력 흐름과 설비 상태를 분석하여 안정적 운영계획을 수립·관리한다.



| ← 발전설비 → | | ← 송·변전설비 → | | ← 배전·고객설비 → |

자료: 산업통상자원부 보도자료, 「안정적 전력계통 운영을 위한 전력계통 혁신방안 발표」, 2021.12.28.

① 송전설비

2024년 기준 국내 송전선로 연장은 총 35,856c-km²³⁾로, 전압급별²⁴⁾로는 154kV가 24,187c-km(67.5%)로 가장 큰 비중을 차지하며, 345kV 10,070c-km, 765kV 1,024c-km 순이다. 초고압 송전망은 대규모 발전단지와 수도권 수요처를 연결하는 핵심 인프라로, 단계적 보강이 지속되고 있다. HVDC(초고압직류 송전) 선로는 492c-km로 2022년(231c-km) 대비 2배 이상 확충²⁵⁾되었으나 전체 송전망에서 차지하는 비중은 아직 제한적이다.

23) c-km(Circuit-kilometer, 회선 킬로미터)는 송전로 거리(km)에 가설된 회선(전력선 뭉치) 수를 곱한 단위이다. 실제 전기가 흐르는 선로의 전체 연장을 나타내므로 전력 수송 능력을 파악하는 지표로 활용된다.

24) 전력계통에서 송전 전압(kV)은 전압이 높을수록 동일한 전력을 수송할 때 발생하는 저항 손실이 감소하여 장거리 대용량 수송에 최적화된다.

25) 한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계(제94호)」, 2025.5.30.

② 변전설비

2024년 기준 변전소는 총 925개소로 2022년(895개소) 대비 30개소 증가하였다. 154kV급이 788개소(85.2%)로 대부분을 차지하며, 345kV 122개소, 765kV 9개소가 운영 중이다. 변압기 총 용량은 368,758MVA로 2022년 대비 6.1% 증가하였다. 신규 발전원 연계 및 안정적인 전력 수송을 위한 변전 인프라 보강이 양적·질적으로 지속되고 있음을 시사한다.

[표 II-8] 송·변전설비 현황(2024년 기준)

송전설비	선로길이 (c-km)					지지물 (기)
	765kV	345kV	154kV 이하	HVDC180kV	합계	
	1,024 (2.9%)	10,070 (28.1%)	24,270 (67.7%)	492 (1.4%)	35,856	42,770
변전설비	변전소 (개소)				변압기 (MVA)	
	765kV	345kV	154kV 이하	합계		
	9 (1.0%)	122 (13.2%)	794 (85.8%)	925	368,758	

주: ()안은 비중

자료: 한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계(제94호)」, 2025.5.30.

③ 배전설비

배전설비는 배전사업자인 한국전력공사가 설비계획 수립 및 운영·관리를 전담하고 있다. 배전선로 연장은 2024년 기준 258,782c-km로 2022년(250,118c-km) 대비 약 8,664c-km 증가²⁶⁾하였다. 배전망 확충은 전력 공급 신뢰도 유지와 분산형 전원의 계통 수용성 확대, 증가하는 신규 전력 수요 대응 측면에서 중요성이 커지고 있다.

종합하면, 송·변전·배전 전 단계에 걸쳐 설비 규모가 점진적으로 확대되고 있으나, 초고압 송전망과 HVDC 비중은 아직 제한적 수준에 머물러 있다. 이는 대규모 전원 연계와 지역 간 전력 수송 부담 증가에 대응하기 위한 계통 확충이 지속적으로 요구되는 배경으로, 이어서 살펴볼 전력 생산 및 계통의 구조적 특징과 직결된다.

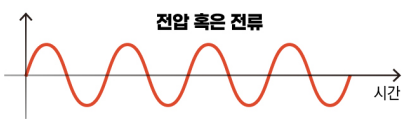
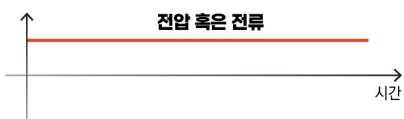
26) 한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계(제94호)」, 2025.5.30.

[BOX 3] HVDC 기술 개요 및 도입 배경

HVDC(초고압직류송전)은 전력용 반도체를 활용하여 교류(AC)를 직류(DC)로 변환한 후, 초고압 상태로 장거리로 송전하는 기술을 의미한다.

과거에는 직류의 전압 변환과 제어가 어려웠으나, 최근 전력용 반도체 기술의 발전으로 고압 직류의 변환·제어가 가능해지면서 기술적 활용성이 크게 향상되었다. 또한 재생에너지 확대에 따라 발전원과 수요처 간 거리가 증가하고, 변동성이 큰 전원의 계통 연계 필요성이 커지면서 장거리·대용량 송전과 유연한 전력 흐름 제어가 가능한 HVDC의 수요가 증가하고 있다.

AC(교류)-DC(직류) 비교

구분	교류(AC)	직류(DC)
특징		
	일정 주파수로 진동(60Hz)	시간에 따라 주파수 변동 없음
장·단점	변압과 전력 차단이 용이하나, 장거리 송전시 전력손실 높음	주파수가 없어 전력 차단이 어려우나, 전자파 논란이 없고, 장거리 송전 유리

자료: 기후에너지환경부 보도자료, 「국가전력기간망 시스템 혁신의 도약을 위한 HVDC 산업육성전략」, 2025.10.1.

HVDC는 교류 송전 대비 송전손실이 낮아 장거리 송전에 유리하고, 지중화 거리 제약이 없어 장거리 육상 및 해저 송전에 적합하다. 또한 전력 흐름을 정밀하게 제어할 수 있어 계통 안정성 확보에 기여하며, 계통 고장 시 영향 확산을 제한할 수 있다. 아울러 동일 송전 용량 기준으로 설비 규모를 줄일 수 있는 장점도 있다.

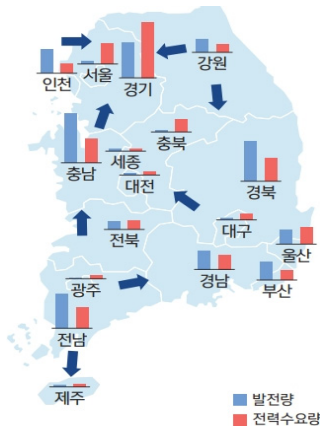
(3) 전력 생산 및 계통 구조의 특성

국내 전력망은 국제 연계가 부재한 ‘계통섬’ 구조, 교류 중심 송전망의 물리적 제약, 그리고 발전원과 수요처 간의 지역적 불균형이라는 세 가지 특성이 중첩된 형태로 운영된다. 이러한 여건은 전력 수요 변동이나 발전 구조 변화에 대한 계통의 대응 여력을 제한하며, 재생에너지 확대와 대규모 전력 수요 증가가 동시에 진행될 경우 계통 운영 부담은 더욱 가중될 것으로 예상된다.

① 지역 전력수급 불균형

주요 발전원은 수도권 외 지역에 집중된 반면, 전력 소비는 수도권에 집중되어 있어 지역 간 대규모 전력 이동 의존도가 높다. 향후 데이터센터·반도체 공장 등 대규모 수요 시설이 수도권에 추가 입지할 경우 불균형은 더욱 심화될 수 있다. 아울러 재생에너지 설비가 호남권을 중심으로 집중되는 경향이 있어, 재생에너지 확대가 지속될수록 송전 병목²⁷⁾과 출력 제어(curtailment)²⁸⁾ 문제가 심화되고 계통 운영의 복잡성이 증대될 것으로 예상된다.

[그림 II-7] 지역별 전력공급과 전력수요(2021년) [표 II-9] 신재생 발전설비·발전량(2025년)



권역별	발전설비(MW)		발전량(GWh)	
수도권	3,991	(10.3)	8,798	(12.9)
충청권	7,609	(19.6)	13,700	(20.1)
호남권	12,980	(33.5)	21,710	(31.9)
영남권	9,011	(23.3)	13,493	(19.8)
강원권	3,608	(9.3)	7,355	(10.8)
제주권	1,548	(4.0)	2,976	(4.4)

자료: 한국에너지공단

주: ()은 전국 대비 권역별 비중

자료: 한국전력공사, 「전력통계월보」 제566호, 2026.2.13.

27) 전력망 병목현상(Grid Bottleneck)은 특정 구간의 송전 선로 용량이 해당 경로를 통해 흐르는 전력량을 수용하기에 부족하여 전력 흐름이 정체되는 현상이다. 주로 대규모 발전 단지와 수요지(수도권 등)를 연결하는 핵심 선로에서 발생하며, 이를 방지할 경우 선로 과부하로 인한 사고 방지를 위해 발전기의 출력을 강제로 제한하는 출력제어(Curtailment)가 수반되기도 한다.

28) 출력 제어(curtailment)란 전력계통의 혼잡, 계통 안정성 저하 우려, 전력 수요 부족 등의 사유로 인해 발전설비가 기술적으로 생산 가능한 전력량보다 낮은 수준으로 발전 출력을 제한하는 계통 운영 조치를 의미한다.

② 교류(AC) 중심 송전망의 물리적 제약

국내 전력망은 일부 직류 송전선로를 제외하고 대부분 교류 설비로 구성²⁹⁾되어 있다. 교류 송전은 장거리 수송 시 전압 안정성과 효율이 저하되고, 전력 흐름을 운영자가 직접 제어하기 어렵다는 구조적 한계가 있다. 대규모 발전원이 수요지와 멀리 떨어진 국내 여건에서 이는 초고압 송전망 확충을 불가피하게 만드나, 입지 선정·환경 영향·주민 수용성 문제로 인해 확충 속도에 제약이 따른다. HVDC는 이러한 한계를 보완할 수 있으나, 현재 제주-육지 연계 등 일부 구간에만 한정적으로 적용³⁰⁾되어 있다.

③ 계통섬

우리나라 전력계통은 인접국과 전력망이 연결되지 않은 계통섬(islanded grid) 구조로 운영된다. 유럽과 달리 국가 간 전력 거래나 외부 계통을 통한 수급 조절에 제약이 존재하며, 발전설비 구성·예비력 확보·계통 안정성 유지를 모두 국내 여건만으로 해결해야 한다. 이로 인해 계통 안정성 확보를 위한 관리·운영 부담이 상대적으로 크다.

④ 재생에너지 확대에 따른 전력계통 안정성 저하

재생에너지 비중 확대는 계통 관성³¹⁾ 감소로 이어지고 있다. 원자력·화력 등 전통적 발전원은 회전 관성을 통해 사고 시 주파수 급락을 완충하는 반면, 태양광·풍력은 이러한 관성을 제공하지 못한다. 계통섬 구조인 우리나라는 외부에서 관성 자원을 조달할 수 없어 ESS·동기조상기³²⁾ 등 보완 자원을 국내에서 자체 확보해야 하나, 현재 이들의 확충 속도가 재생에너지 보급 속도를 따라가지 못하고 있어 계통 안정성 유지에 대한 우려가 커지고 있다.

29) 교류(AC)는 변압기를 통한 전압 변환이 용이하고 설비가 표준화되어 경제성이 높아 전력망의 기본 구조로 활용되어 왔다. 또한 초기 전력 시스템이 교류 방식으로 구축된 이후 기존 설비와의 호환성으로 AC 중심의 확장이 지속된 경로 의존성도 작용한다.

30) 관련 내용은 (2) '전력계통 인프라 구성'에 다루었다.

31) 계통 관성(Grid Inertia)은 전력망에 사고가 발생하여 주파수가 급격히 변동할 때, 이를 물리적으로 억제하고 버텨주는 회전 에너지를 의미한다.

32) 동기조상기(synchronous condenser)는 발전 기능 없이 회전하는 동기기 형태로 계통에 연결되어 관성을 제공하고 무효전력 조절을 통해 전압을 안정화하는 설비로, 재생에너지 확대에 따른 계통 관성 저하를 보완하는 수단으로 활용된다.

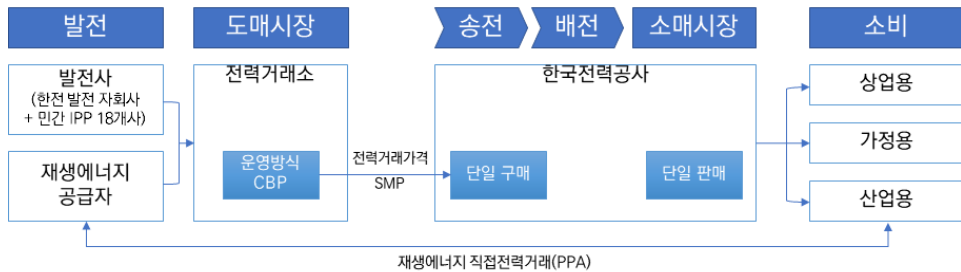
다. 제도적 환경 및 시장 구조

우리나라 전력시장은 비용기반 급전과 SMP 중심의 가격 결정, 단일 구매·판매 구조라는 제도적 특성을 바탕으로 안정적으로 운영되고 있으나, 가격 신호의 전달 범위와 시장의 대응 유연성 측면에서는 구조적인 제약이 존재한다. 이러한 특성으로 인해 재생에너지 비중 확대와 전력 수급 구조 변화에 대응하는 과정에서 제도의 보완이 요구되는 상황이다.

(1) 전력시장 구조 및 운영 방식

우리나라 전력시장은 「전기사업법」에 근거한 중앙집중형 도매시장과 규제 기반 소매시장으로 이원화되어 운영된다. 발전사업자는 전력거래소(KPX)가 운영하는 도매시장을 통해 전력을 판매하고, 한국전력공사는 이를 구매하여 최종 소비자에게 공급하는 단일 구매·판매 구조다.

[그림 II-8] 국내 전력시장 구조 및 전력 거래 흐름도



자료: 국회예산정책처

도매시장은 비용기반 풀(CBP) 방식으로 운영된다. 발전사업자가 변동비 자료를 제출하면 전력거래소가 이를 기준으로 변동비가 낮은 발전기부터 순차적으로 가동하는 경제 급전 순서를 결정한다. 전력 거래 가격은 계통한계가격(System Marginal Price, SMP)을 중심으로 결정된다. SMP는 해당 시간대 수요를 충족하기 위해 마지막으로 투입되는 한계발전기의 변동비를 기준으로 산정되며, 여기에 정산조정계수, 용량요금(capacity payment) 등 보조적인 정산 요소가 적용되어 최종 거래 금액이 확정된다.

소매시장은 한전의 사실상 독점 구조로 운영되며, 최종 소비자 전기요금은 시장 가격보다는 정부의 요금 규제와 정책적 판단에 따라 결정된다. 이로 인해 도매시장 가격 변동이 소매 요금에 직접 연동되지 않는 구조적 특성이 나타난다.

이러한 시장 구조에서 탄소 배출 등 외부비용이 SMP에 내재화되는 수준은 제한적이며, 연료 전환을 유도하는 가격 신호도 충분히 형성되기 어렵다. 또한 단일 구매자 중심의 시장 구조는 전력 공급의 안정성과 요금 관리 측면에서 중요한 역할을 수행해 왔으나, 소비자의 자발적 수요 조정과 에너지 효율화 유인을 제한하며, 직접전력거래(Power Purchase Agreement, PPA)³³⁾ 등 새로운 전력 거래 방식의 확산도 제도적 틀 안에서 제한적으로 이루어지고 있다.

(2) 전력시장 내 탄소가격 신호 전달 구조

탄소 가격은 배출권거래제를 통해 발전 부문에 부과되며 계통한계가격에 간접 반영되는 경로를 갖추고 있으나, 비용기반 급전 체계와 소매요금 규제로 인해 가격 신호가 발전원 선택과 소비 행태 변화로 충분히 전달되지 못하는 구조적 제약이 존재한다.

① 발전 단계

우리나라 전력시장에서는 배출권거래제(K-ETS)를 통해 발전 부문에 탄소 가격이 부과되고 있다. 발전사업자는 배출량에 상응하는 배출권을 확보해야 하며, 배출권 구매 비용은 발전 변동비의 일부로 반영되어 SMP에 간접적으로 영향을 미친다. 정부는 경제성 중심의 급전 체계에 탄소 비용을 보다 명확히 반영하기 위한 제도적 보완으로, 2022년부터 배출권 비용의 발전 기회비용을 고려하는 환경급전(Environment Dispatch) 제도를 도입³⁴⁾하였으나, 석탄화력과 LNG 간 연료비 격차가 크고 현재 배출권 가격 수준이 낮아 석탄의 급전 순위를 LNG보다 일관되게 후순위로 전환하기에는 한계가 있다.

33) PPA는 전력 소비자가 발전사업자로부터 전력을 장기적으로 직접 구매하는 계약 형태를 의미한다. 예를 들어 기업이 태양광·풍력 발전사업자와 계약을 체결하여 일정 기간 동안 고정된 조건으로 전력을 공급받는 방식이 이에 해당한다.

34) 환경부 보도자료, 「제3차 계획기간(2021~2025) 국가 배출권 할당계획 마련」, 2021.1.27.

② 도매시장 단계

비용기반 풀(CBP) 체계에서는 배출권 비용이 시장 가격에 즉각 반영되기 보다 제도적으로 인정된 비용을 기준으로 사후 정산을 통해 보전된다. 탄소 비용의 SMP 반영 경로가 간접적인 만큼 연료 전환을 유도하는 가격 신호의 강도는 제한된다. 이로 인해 탄소 비용이 SMP에 반영되는 경로는 간접적이며, 가격 변동성이 완화되는 대신 연료 전환을 유도하는 신호의 강도는 제한된다.

③ 소매요금 단계

도매시장 단계에서 형성된 탄소 비용 신호는 소매시장으로 전달되는 과정에서 추가적인 제약을 받는다. 현행 전기요금 체계에서는 연료비 연동제 및 환경비 연동 요소가 제도적으로 마련되어 있으나, 물가 안정 등 정책적 고려로 실제 요금 반영이 유보되는 경우가 있어 배출권 가격 변동이 소비자 요금에 즉각 반영되지 않는다. 그 결과 소비자가 전력 사용에서 탄소 가격을 체감하기 어렵고, 에너지 효율 설비로의 전환이나 저탄소 시간대로의 수요 이동 유인도 제한적으로 작동한다.

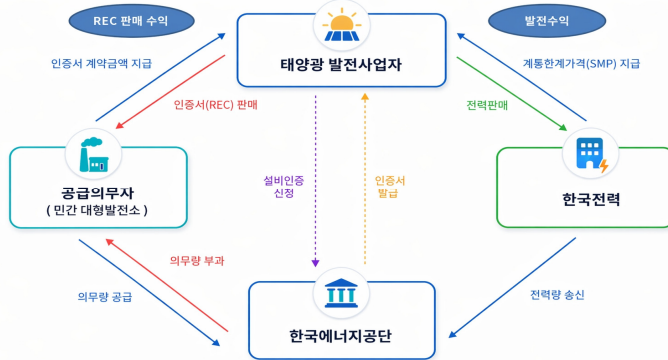
(3) 재생에너지 지원제도 및 발전 수익 구조

현행 전력시장은 단기 변동비와 수급 여건을 반영하는 SMP 중심으로 운영되어 재생에너지의 높은 초기 투자비와 수익 불확실성을 해소하기 어렵다. 이에 따라 재생에너지 지원제도는 시장 외부에서 수익 안정성을 보완하는 역할을 해 왔다.

① 국내 재생에너지 지원제도의 기본 구조

국내 재생에너지 지원제도는 신재생에너지공급의무화제도(Renewable Portfolio Standard, RPS)를 중심으로, 전력시장 가격인 SMP와 재생에너지 공급인증서(Renewable Energy Certificate, REC) 거래를 결합한 이중 수익 구조(SMP+REC)로 운영된다. RPS는 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」에 근거하여 설비용량 500MW 이상의 발전사업자에게 총 발전량의 일정 비율 이상을 신재생에너지로 공급하도록 의무를 부과하는 제도이다. 의무공급자는 자체 재생에너지 발전 또는 REC 구매를 통해 의무를 이행한다. REC는 재생에너지 발전량을 기준으로 발급되는 환경가치 인증서로, 현물시장 또는 장기계약을 통해 거래된다. 재생에너지 발전사업자는 전력 판매 수익과 함께 REC 판매 수익을 확보할 수 있다.

[그림 II-9] 재생에너지 발전사업자의 수익 구조



자료: 본 이미지는 생성형 AI를 이용하여 국회예산정책처에서 제작

한편, 정부는 SMP·REC 가격 변동에 따른 수익 불확실성을 완화하기 위해 장기·고정가격 계약 제도를 운영하고 있다. 발전사업자는 장기 계약을 통해 SMP와 REC를 결합한 고정 단가로 전력을 판매할 수 있으며, 이를 통해 안정적인 수익 구조와 투자 기반을 확보할 수 있다.

[표 II-10] 현행 재생에너지 지원체계

구분	성격	목적
RPS	제도	시장 수요 창출 및 보급 의무 이행
REC	상품	환경 가치의 화폐화 및 추가 수익원 제공
고정가격계약	계약방식	투자 수익의 안정성 확보 및 금융 조달 지원

자료: 국회예산정책처

② 재생에너지 지원제도의 구조적 한계와 최근 개편 논의

현행 재생에너지 지원제도는 고정가격계약과 보조금 지원을 중심으로 운영되어 초기 재생에너지 보급 확대에는 기여했으나, 전력시장 가격 신호와의 연계와 계통 운영 책임 반영 측면에서는 한계를 안고 있다. 현재 제도는 발전사업자의 수익 안정성을 우선적으로 보장하는 구조로 설계되어 있어, 재생에너지가 시장 가격이나 수급 상황 변화에 능동적으로 대응할 유인이 제한적이다. 또한 출력제어와 계통 혼잡 발생 시 비용 부담과 책임 구조가 명확하지 않아, 계통 안정화와 수급 조정에 대한 재생에너지의 역할과 책임도 충분히 반영되지 못하고 있다. 이로 인해 재생에너지는 독립적인 시장 참여자라기보다 정책 지원에 의존하는 형태로 운영되는 측면이 존재한다.

최근에는 이러한 한계를 개선하기 위해 기존 RPS 중심 체계를 정부 주도의 재생에너지 계약시장 체계로 전환하는 제도 개편이 추진되고 있다. 국회 기후에너지환경노동위원회는 2026년 5월 19일 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법 일부개정법률안」을 의결하였으며, RPS 제도는 2026년 말 일몰되고, 2027년 1월 1일부터는 장기고정가격 계약시장을 중심으로 전환될 예정이다. 이에 따라 정부가 경쟁입찰을 통해 보급 물량과 가격을 결정하고, 발전사업자와 장기 고정가격 계약을 체결하는 방식이 재생에너지 지원의 기본 체계로 자리잡게 된다.³⁵⁾ 이번 개편은 REC 현물시장 중심 구조에서 발생한 가격 변동성과 수익 불확실성을 완화하고, 전력수급계획 및 계통 여건과 연계한 재생에너지 보급을 보다 체계적으로 관리하려는 목적을 가진다. 아울러 소규모 사업자의 참여 확대를 위해 가상발전소(VPP) 기반 통합 입찰 구조 도입도 함께 논의되고 있다.

35) 신유경, “RPS 제도 올해 말 ‘일몰’ 확정… 태양광 시장, 정부 주도 입찰제로 전환,” 매일경제, 2026.5.21.

3. 산업 부문

가. 온실가스 배출 현황

우리나라는 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위해 부문별 감축 이행을 추진하고 있으며, 그중 산업 부문은 생산활동과 직접 연결된다는 점에서 중요한 검토 대상이다. 산업 부문 감축은 단순한 에너지 절약에 그치지 않고 생산공정 전환, 원료·연료 대체, 설비투자, 기술개발을 수반한다. 특히 제조업 기반이 큰 국내 산업구조에서는 감축 노력과 산업경쟁력 유지가 동시에 요구되므로, 산업 부문의 배출 구조와 감축 여건을 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

이러한 필요성은 산업 부문의 배출 규모에서도 확인된다. 2024년 기준 산업 부문의 온실가스 배출량은 251백만tCO₂eq로 총배출량의 36.3%를 차지하며, 국내 온실가스 배출에서 가장 큰 비중을 차지하였다. 산업 부문 배출량은 전력 부문 218백만tCO₂eq뿐만 아니라 건물·수송·냉매·농축수산·폐기물·탈루·수소 부문을 합산한 222백만tCO₂eq보다도 크다. 이는 철강, 석유화학, 시멘트 등 온실가스 다배출 산업을 포함하고 있는 제조업 부문이 우리나라 경제활동에서 차지하는 비중이 상대적으로 크기 때문이다.

[표 II-11] 2035 NDC 산업 부문 온실가스 감축목표

(단위: 백만tCO₂eq, %)

부문	2018	2024	2035 NDC			
			△53%		△61%	
			배출량 (*18년 대비 감축률)	감축량 (*24년 대비)	배출량 (*18년 대비 감축률)	감축량 (*24년 대비)
순배출량 [총배출량(A)] ¹⁾	742.3 [784.0]	651.4 [691.6]	348.9 [428.2]	△302.5 [△263.4]	289.5 [383.1]	△361.9 [△308.5]
산업 부문 배출량(B)	276.3	250.9	209.1 (△24.3%)	△41.8	190.6 (△31.0%)	△60.3
산업 부문 비중(B/A) ²⁾	35.2	36.3	48.8	15.9	49.8	19.5

주: 1) []안 값은 총배출량

2) 부문별 배출 비중은 흡수원 등 제거량이 포함된 순배출량이 아닌 총배출량(A) 대비로 산정

1. ()안 값은 '18년 대비 감축률

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

국가 전체의 온실가스 배출 수준을 경제 규모와 비교해 보아도 우리나라는 주요 선진국보다 온실가스 배출 부담이 큰 편이다. 최근 발표된 국제 통계에 따르면 우리나라의 GDP 대비 온실가스 배출량 비중은 2023년 기준 3.8%로 인도, 중국, 브라질보다는 낮지만 미국, 일본, 독일, 프랑스, 영국 등 주요 선진국 보다는 높은 수준이다. 우리나라의 GDP 대비 온실가스 배출량 비중은 2018년 4.7%에서 2023년 3.8%로 낮아져 경제활동 대비 배출 수준은 점차 개선되는 흐름을 보이고 있다.

그러나 주요 선진국과 비교하면 여전히 높은 수준을 유지하고 있어, 동일한 경제 규모를 창출하는 과정에서 상대적으로 많은 온실가스 배출이 수반되는 구조로 볼 수 있다. 이는 에너지 소비 구조, 전력 생산 방식, 산업구조가 복합적으로 작용한 결과이며, 특히 제조업 비중이 높고 에너지 다소비 업종이 산업 생산에서 중요한 역할을 하는 국내 경제 구조와도 관련된다.

[표 II-12] GDP 대비 온실가스 배출량 비중

(단위: %)

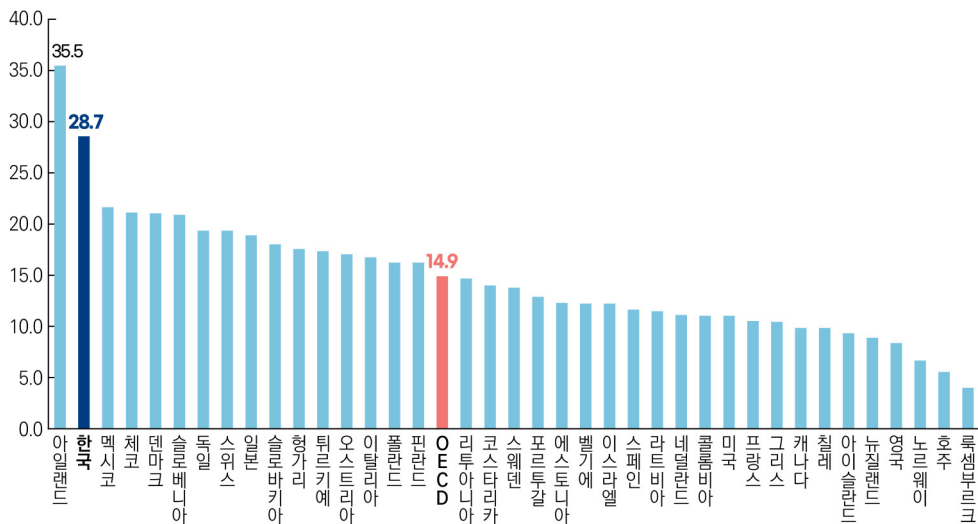
국가	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년
인도	14.0	13.5	13.7	13.4	13.2	12.9
중국	10.0	9.6	9.5	9.2	8.9	8.8
브라질	6.7	6.6	6.8	6.9	6.7	6.6
한국	4.7	4.5	4.3	4.2	4.0	3.8
호주	4.2	4.1	3.9	3.8	3.6	3.6
미국	3.2	3.1	2.9	2.9	2.8	2.7
일본	2.7	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4
이탈리아	2.2	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9
독일	2.4	2.2	2.1	2.1	2.0	1.9
프랑스	1.8	1.7	1.7	1.7	1.6	1.5
영국	1.6	1.5	1.5	1.4	1.3	1.2

자료: EDGAR, 「EDGAR_2025_GHG」; World Bank, 「World Development Indicators」; 기후에너지
지환경부, 「온실가스통계」

이러한 배출 특성은 제조업 비중이 높은 국내 경제구조를 통해 보다 구체적으로 설명된다. 2023년 기준 우리나라의 국내총생산(GDP) 대비 제조업 비중은 28.7%로 OECD 회원국 중 아일랜드(35.5%)³⁶⁾ 다음으로 높은 수준이며, OECD 회원국 평균(14.9%)을 크게 상회한다.³⁷⁾ 여기에 더해 국내 제조업은 철강, 석유화학, 시멘트와 같이 에너지 소비와 온실가스 배출이 큰 기초소재 업종이 산업 전반의 생산활동과 밀접하게 연결되어 있다는 특징을 가진다.³⁸⁾ 이처럼 제조업 비중이 높은 산업구조와 탄소 다배출 기초소재 업종의 특성이 결합되면서, 국내 온실가스 배출은 산업 부문 생산활동의 영향을 크게 받는 구조를 보인다.

[그림 II-10] 주요국 GDP 대비 제조업 비중

(단위: %)



주: 2025년 통계 기준 (한국, 멕시코, 일본, 코스타리카, 이스라엘, 콜롬비아, 호주는 2024년, 뉴질랜드는 2023년, 캐나다는 2022년, 미국은 2021년 통계)

자료: OECD, National Accounts Database

36) 아일랜드는 제약, IT, 생명과학 분야에서 다국적 기업들의 생산기지 역할을 하여 제조업 비중이 높게 나타난다.

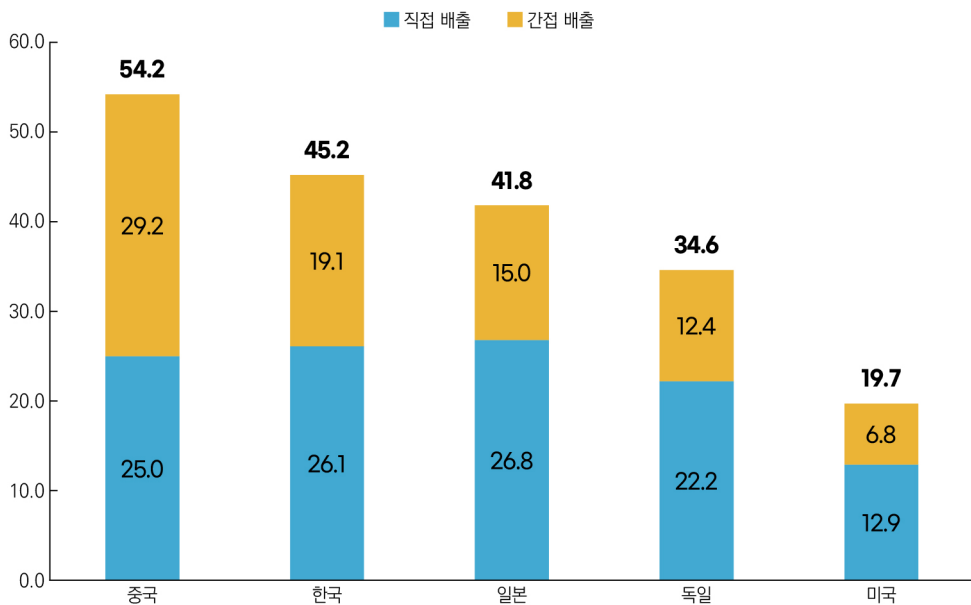
37) 해당 통계에는 중국이 포함되어 있지 않다. 다만, 세계은행의 WDI(World Development Indicators) 통계에 따르면, 중국은 26.2%로 가장 높았으며, 그 뒤를 이어 한국(24.3%), 멕시코(20.1%), 튀르키예(19.5%), 일본(19.2%), 인도네시아(18.7%), 독일(18.5%) 순으로 나타난다.

38) 2020년 기준으로 제조업 내 철강, 석유화학, 시멘트 업종의 온실가스 배출 비중은 60.9%이다. (EG-TIPS 에너지온실가스종합정보 플랫폼, 2026.5. 접속.)

제조업 중심의 산업구조는 온실가스 배출 구성에서 뚜렷하게 나타난다. 2022년 우리나라의 온실가스 배출량 중 산업 부문의 비중은 약 45.2%로 중국 다음으로 높은 수준이다.³⁹⁾ 세부적으로는 직접 배출이 26.1%, 간접 배출이 19.1%로 나타나는데, 직접 배출은 일본과 유사한 수준이고 간접 배출은 중국 다음으로 높은 수준이다. 이는 국내 산업 부문 배출이 생산공정 내 연료 사용 뿐 아니라 전력·열 사용과도 함께 연결되어 있음을 보여준다. 특히 직접 배출과 간접 배출이 모두 높은 구조는 산업 부문의 감축이 특정 배출원 하나의 개선만으로 달성되기 어렵다는 점을 시사한다. 따라서 국내 산업 부문의 배출 구조를 이해하기 위해서는 제조업 내 업종 구성뿐 아니라, 산업 부문이 어떤 에너지원에 의존하고 있는지도 함께 살펴볼 필요가 있다.

[그림 II-11] 주요국 산업 부문의 온실가스 배출 비중(2022년)

(단위: %)



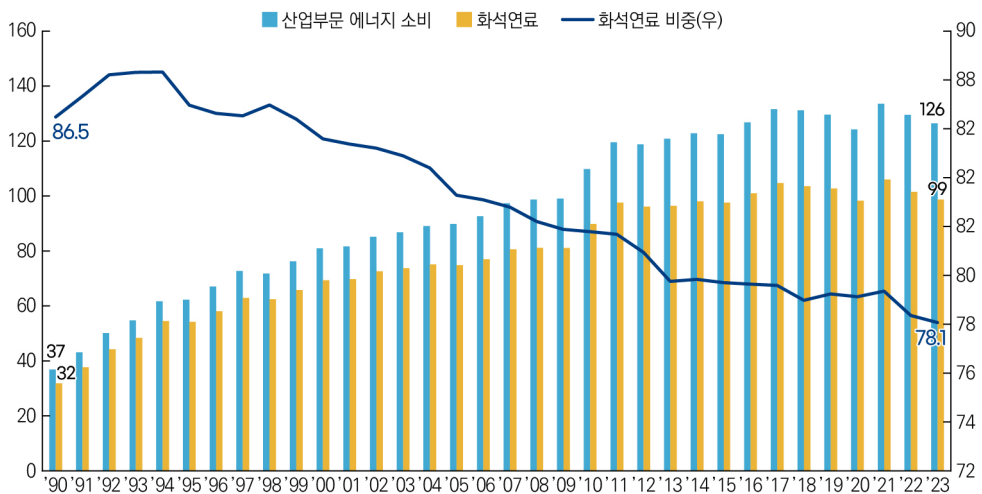
자료: Climate Transparency, 2022 Climate Transparency Report, 2022.

39) 온실가스종합정보센터(2025.1.2.)에서는 우리나라의 2022년 온실가스배출량 확정치(총배출량 6억 7,120만톤, 산업부문 배출량 2,449만톤)와 2023년 잠정치(총배출량 6억 4,790만톤, 산업부문 배출량 2,376만톤)를 발표하였으나, 주요국과의 국제비교를 위해 기후 투명성 기구(Climate Transparency)의 최신 자료(2022년)를 이용하였다.

우리나라 산업 부문은 화석연료(석탄, LNG, 석유) 중심의 에너지 소비 구조를 갖고 있다. 「에너지통계연보」기준 산업 부문 에너지 소비량은 1990년 37백만toe에서 2023년 126.4백만toe로 크게 증가했으며, 같은 기간 화석연료 소비량도 32백만toe에서 98.7백만toe로 증가했다. 화석연료 비중은 1990년 86.5%에서 2023년 78.1%로 낮아졌지만, 에너지 소비 규모가 확대되면서 화석연료 사용량 자체는 장기간 높은 수준을 유지하고 있다. 이는 산업 부문의 온실가스 배출 감축을 위해서는 에너지 효율 개선뿐 아니라 석탄, 석유, LNG 등 화석연료 사용량 자체를 줄이고, 이를 저탄소 에너지와 고효율 설비로 대체하는 전환이 필요함을 보여준다.

[그림 II-12] 산업 부문의 화석연료 에너지 소비량

(단위: 백만 toe, %)



자료: 에너지경제연구원, 「에너지통계연보」, 2025.

나. 산업 부문 생산 구조

국가 탄소중립 달성을 위해서는 산업 부문의 탄소중립이 중요한 과제이다. 우리 경제는 주력 산업 중 탄소 다배출 산업이 높은 비중을 차지하고 전력, 열 등 에너지 소비량이 큰 산업구조⁴⁰를 가졌다. 또한 공정배출도 높은 수준이므

40) 한국에너지공단의 최종에너지 소비구조 비교에 따르면 2021년 기준 에너지 다소비업종(1차금속, 석유화학, 비철금속, 비금속 업종)의 비중은 한국(41.6%), 일본(28.7%), 미국(14.7%), 독일(23.1%) OECD(18.5%) 순이다.

로 기술 개발을 통해 생산 방식을 변경하거나 산업 공정 전반을 변경하는 설비 교체가 필요하다. 따라서 대규모 설비투자가 동반되어야 하므로 탄소중립 이행이 산업에 미치는 영향도 다른 국가들에 비해 커진다.

온실가스 배출은 발생 원천과 성격에 따라 직접 배출, 간접 배출, 공정 배출로 구분된다. 직접 배출은 기업 또는 기관이 소유하거나 관리하는 설비에서 직접 발생하는 배출을 의미한다. 간접 배출은 외부에서 공급받은 전기, 열, 스팀의 사용 과정이나 가치사슬 전반에서 유발되는 배출이다. 공정 배출은 연료 사용과는 별도로, 산업 공정에서 일어나는 화학적·물리적 반응에 의해 발생하는 배출이다. 산업부문의 경우 업종별 생산 방식과 원료·연료 투입 구조가 상이하므로, 온실가스 배출의 주요 발생 지점과 직접·간접·공정 배출의 구성 비중도 서로 다르게 나타난다. 철강, 석유화학, 시멘트의 생산 구조를 함께 살펴보면 온실가스 배출이 어떤 공정과 에너지 이용 구조에서 비롯되는지 보다 명확하게 파악할 수 있다.

(1) 철강 산업 개요 및 온실가스 배출 구조

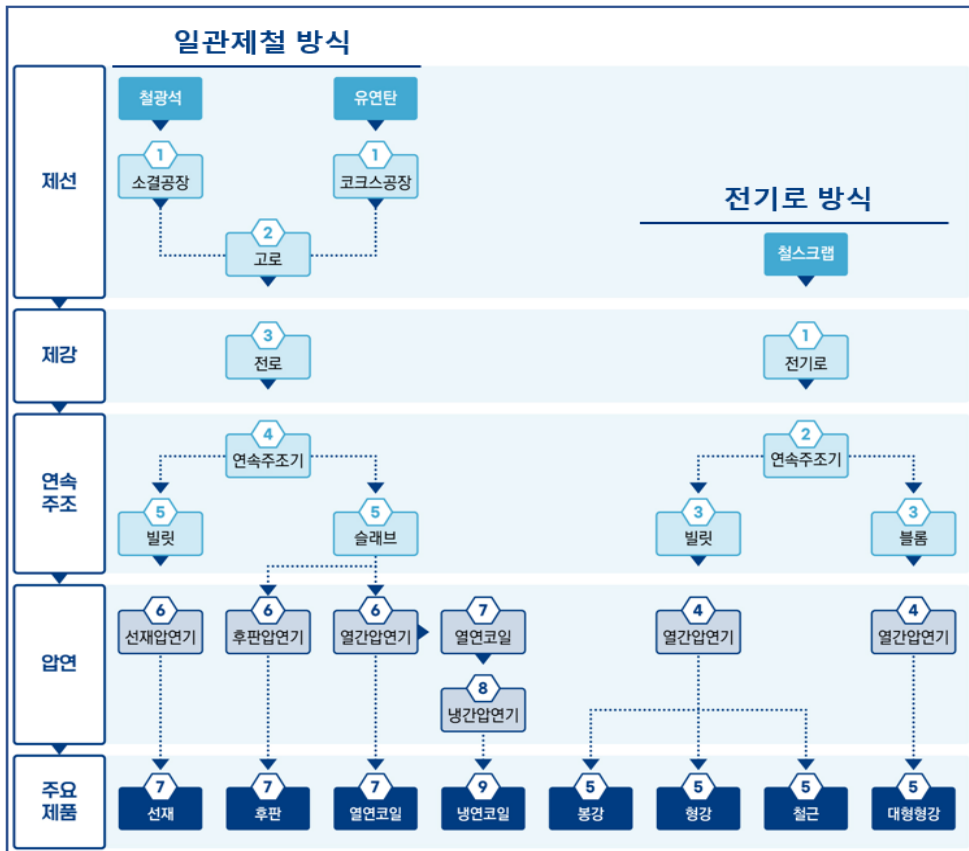
철강 산업은 철광석이나 철스크랩을 원료로 쇳물을 만들고, 이를 제강·연속주조·압연 과정을 거쳐 각종 강재로 가공하는 대표적 기간산업이다. 철강은 강도가 높고 가공성이 우수하며 가격 경쟁력도 갖추고 있어 건설, 자동차, 조선, 전기·전자 등 주요 산업에 널리 활용되는 기초소재이다. 이에 따라 철강 산업은 개별 업종을 넘어 국내 제조업 전반의 생산활동과 공급망을 뒷받침하는 기반 산업으로 평가된다.

철강의 생산 구조는 크게 일관제철 방식과 전기로 방식으로 구분된다. 일관제철 방식은 용광로에 철광석과 유연탄 등을 투입해 선철을 생산한 뒤 제강과 압연을 거쳐 제품을 만드는 구조이고, 전기로 방식은 철스크랩을 전기로에 투입해 전기 아크열로 녹여 쇳물을 생산하는 구조이다. 이 과정에서 철강 제조는 대체로 제선, 제강, 압연의 단계로 구성되며, 특히 철광석을 환원해 쇳물을 만드는 제선 및 제강 공정이 배출 구조의 핵심을 이룬다.

철강 산업에서 온실가스 배출이 크게 발생하는 이유는 생산공정 자체가 석탄계 연·원료를 활용한 고온 환원반응에 기반하고 있기 때문이다. 특히 코크스

를 환원제로 사용하여 철광석과 반응시키는 과정에서 탄소가 다량으로 배출되므로, 철강의 탄소 배출 문제는 단순한 에너지 소비를 넘어 생산 방식 자체에 내재된 구조적 특성에 가깝다. 또한 철강 산업은 설비 규모가 거대하고 투자 회수기간이 긴 자본집약적 장치산업으로서 공정 전환 부담이 크다. 생산 과정에서 높은 원료 수입의존도, 전기로 부문의 전력비와 고철 가격 변동성 등에 더해 최근에는 수요 부문에서 건설경기 침체와 글로벌 공급과잉, 저가 수입재 유입까지 겹치고 있어, 철강 산업의 저탄소 전환은 기술 도입뿐 아니라 원료 조달, 에너지 비용, 설비투자, 수요 여건을 함께 고려해야 하는 구조적 과제이다.

[그림 II-13] 철강 생산 구조



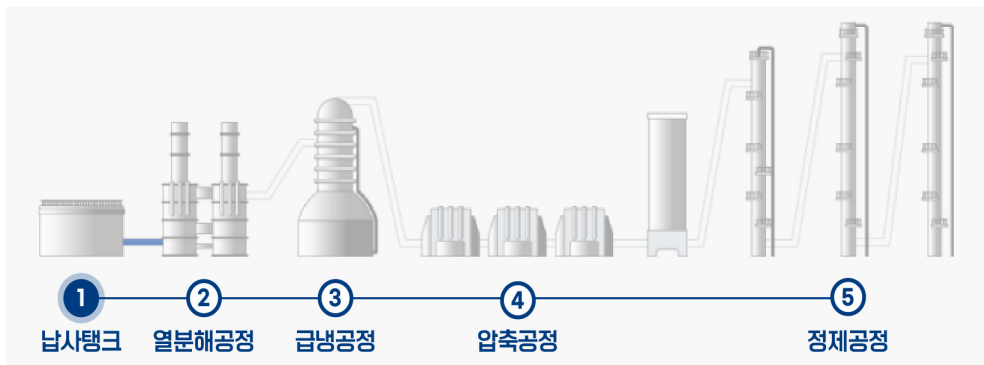
자료: 'EG-TIPS 에너지온실가스종합정보 플랫폼'을 바탕으로 국회예산정책처 작성

(2) 석유화학 산업 개요 및 온실가스 배출 구조

석유화학 산업은 납사, 천연가스, 석탄 등 원료를 활용해 에틸렌, 프로필렌, 부타디엔, 벤젠, 톨루엔 등 기초유분을 생산하고, 이를 다시 합성수지(플라스틱), 합성섬유(폴리에스터, 나일론 등), 합성고무 등 다양한 중간재와 화성품을 제조하는 대표적 기초소재 산업이다. 석유화학제품은 자동차, 전기·전자, 건설, 섬유 등 전방산업의 원료와 중간재로 폭넓게 사용되며, 제조업 전반의 생산활동을 뒷받침하는 기반 역할을 수행한다.

석유화학의 생산 공정은 투입 원료에 따라 납사 기반의 NCC(Naphtha Cracking Center), 에탄 기반의 ECC(Ethane Cracking Center), 석탄 또는 메탄올 기반의 CTO/MTO(Coal-to-Olefins/Methanol-to-Olefins) 공정으로 구분된다. 납사는 원유 정제 과정에서 생산되는 액상 석유제품으로 저장과 해상 운송이 상대적으로 용이하며, 국내에서는 대규모 정유설비와 연계된 납사 조달 구조를 바탕으로 NCC 공정이 주로 활용된다. 그림에서와 같이 납사 분해는 열분해공정, 급냉공정, 압축공정, 정제공정을 거치는데, 이 과정 전반에서 대량의 열과 에너지가 필요하다.

[그림 II-14] 납사 분해 공정

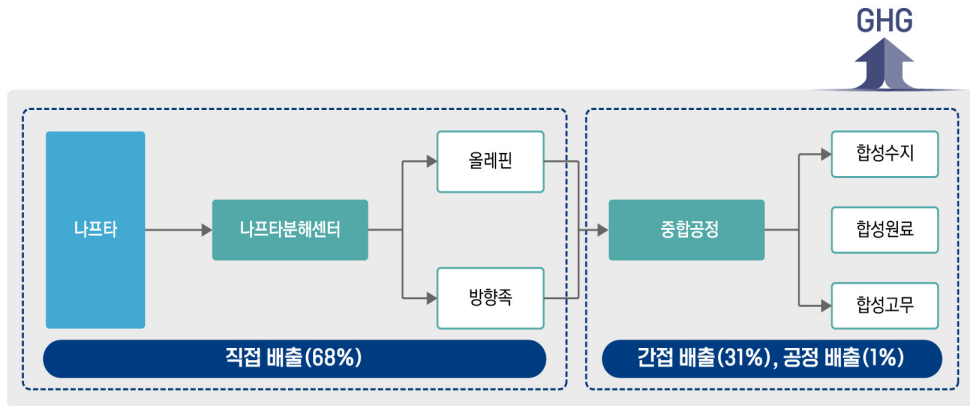


자료: 한국화학산업협회

특히 석유화학은 특정 단일 공정이 아니라 생산 전 과정에서 온실가스를 직·간접적으로 배출하는 구조를 보이는데, 직접 배출이 약 68%로 가장 큰 비중을 차지하고, 제품 생산 과정에서 많은 전력을 필요로 하는 특성상 간접배출도

약 31%에 이르며, 산업공정 배출은 1% 수준으로 상대적으로 낮다.⁴¹⁾ 즉 석유 화학 산업의 배출 문제는 단순한 전력 사용의 문제가 아니라, 고온 열분해를 중심으로 한 공정 구조 전반에 탄소 배출 요인이 내재해 있다는 점에서 구조적 성격이 강하다.

[그림 II-15] 석유화학 산업 온실가스 배출 구조



자료: 산업연구원

이와 같은 배출 구조는 석유화학 산업의 탄소중립 대응을 어렵게 만드는 요인으로 작용한다. 석유화학은 공정의 다단성과 배출원의 분산 특성으로 인해 일부 설비의 효율 개선만으로는 감축에 한계가 있으며, 감축을 위해서는 전 공정 과정에 걸친 기술혁신이 요구된다. 이에 따라 전기가열 기술, 수소·암모니아 등 대체 연료 활용, 바이오매스 기반 원료 전환, 폐플라스틱 재활용, 저에너지 납사 분해와 같은 대응 수단을 복합적으로 추진할 필요가 있다. 다만 우리나라 석유화학의 최대 수요국인 중국의 자급률 상승과 글로벌 공급과잉, 범용 제품 중심의 수익성 저하까지 겹치고 있어, 저탄소 전환은 기술 도입뿐 아니라 투자 부담과 산업 구조 재편을 함께 수반하는 장기 과제이다.

41) 산업연구원, 「석유화학산업 탄소중립 전략과 정책적 대응방안」, 2021.12.31.

(3) 시멘트 산업 개요 및 온실가스 배출 구조

시멘트 산업은 인프라 구축, 주택·건축물 건설, 콘크리트 제조 등에 사용되는 대표적 기초소재 산업이다. 국내 시멘트 산업은 내수 중심 구조를 보이며, 전체 생산량의 대부분이 국내 수요에 투입되고 수출 비중은 낮은 편이다. 주요 생산 제품은 보통 포틀랜드 시멘트⁴²⁾가 중심을 이루며, 슬래그 시멘트⁴³⁾ 등 혼합시멘트가 이를 보완하는 구조를 보인다. 시멘트는 건설과 토목 전반에 필수적으로 사용된다는 점에서 우리 산업과 사회기반시설을 뒷받침하는 핵심 소재이다.

시멘트의 생산 구조는 석회석 채광에서 출발하여 원료 혼합 및 분쇄, 소성, 시멘트 생산 및 출하의 단계로 이루어진다. 원료를 1,450℃ 이상의 고온으로 가열하는 소성 공정을 통해 반제품인 클링커를 만든 뒤, 여기에 석고 등을 첨가하여 시멘트를 생산한다. 생산 공정 중 클링커 생산은 시멘트 제조의 중심 공정이자 가장 많은 에너지와 열을 필요로 하는 단계로, 생산 구조상 온실가스 배출의 핵심 원천이 된다.

시멘트 산업에서 온실가스 배출이 크게 나타나는 이유는 석회석이 소성 과정에서 분해되며 이산화탄소를 배출하는 공정 특성 때문이다. 여기에 고온 소성을 위한 연료 사용과 전력 소비가 더해지면서 직접배출과 간접배출도 함께 발생한다. 그러나 시멘트는 전체 배출에서 공정배출 비중이 가장 크기 때문에 에너지 효율 개선만으로는 감축에 한계가 분명하며, 원료 및 연료 대체, 폐열 회수 발전, 전기설비 고효율화, CCUS 등을 함께 추진해야 한다. 다만 비탄산염 원료 대체 기술과 신열원 기술은 실증 지연과 투자 부족의 제약을 받고 있고, CCUS도 높은 비용 부담이 존재한다. 이에 따라 시멘트 산업의 탄소중립 전환은 기술 개발과 정책 지원이 함께 요구되는 과제이다.

42) 포틀랜드 시멘트는 특성 및 용도에 따라 5종류로 구분되며, 일반적으로 사용되는 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트로 주로 토목, 건축의 공사에 사용된다.

43) 슬래그 시멘트는 수재 슬래그와 수경성 시멘트를 적당한 비율로 균일하게 혼합하여 분말로 한 시멘트를 의미한다.

[그림 II-16] 시멘트 생산 구조



자료: EG-TIPS 에너지온실가스 종합정보 플랫폼

다. 산업별 온실가스 배출 현황 및 동향

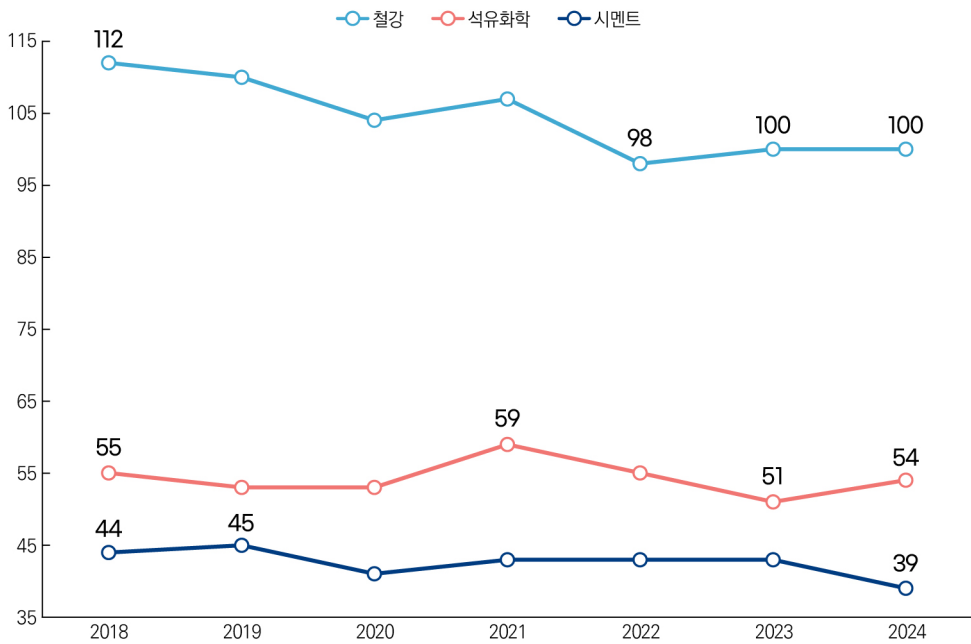
(1) 산업별 온실가스 배출 현황

철강, 석유화학, 시멘트는 모두 국내 제조업의 기반을 이루는 대표적 탄소 다배출 업종이다. 2024년 온실가스 배출량은 철강, 석유화학, 시멘트 순으로 많으며, 최근 추이는 철강·석유화학의 반등과 시멘트의 감소세가 병존하는 등 업종별 생산 여건과 공정 특성에 따라 상이하게 나타난다.

철강 산업은 자동차·조선·건설 등 산업 전반에 소재를 공급하는 핵심 기간 산업으로, 총배출량은 2018년 112백만tCO₂eq에서 2022년 98백만tCO₂eq까지 전반적으로 감소했으나, 2023년과 2024년 각각 100백만tCO₂eq으로 다시 반등했다. 석유화학 산업은 플라스틱, 합성섬유, 합성고무 등 다양한 전방산업의 중간재를 생산하는 대표적 자본집약형 장치산업으로, 총배출량은 2018년 55백만 tCO₂eq에서 2021년 59백만tCO₂eq까지 증가하였다가 2023년 51백만tCO₂eq까지 감소했으나, 2024년 54백만tCO₂eq으로 다시 증가했다. 시멘트 산업은 인프라, 건설 부문 등에 필수 기초소재를 공급하는 내수 중심 산업으로, 총배출량은 2018년 44백만tCO₂eq에서 2019년 45백만tCO₂eq까지 증가한 뒤 감소세로 전환되어 2024년에는 39백만tCO₂eq으로 낮아졌다.

[그림 II-17] 산업별 온실가스 배출량 추이

(단위: 백만tCO₂eq)

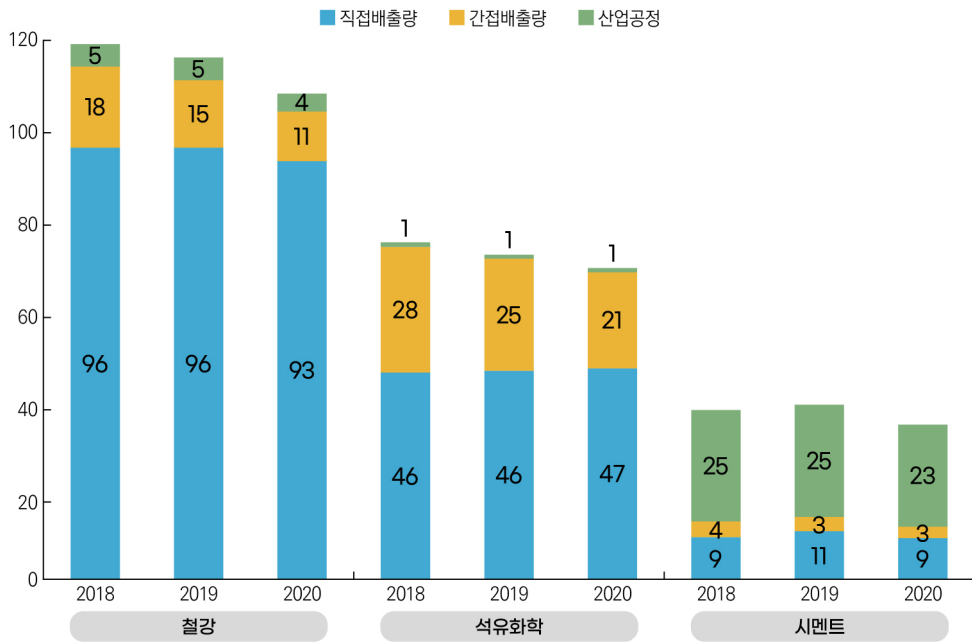


주: 시멘트는 비금속광물 포함 기준
 자료: 온실가스종합정보센터

철강과 석유화학은 모두 직접배출 중심의 배출 구조를 보이는 반면, 시멘트는 산업공정 배출 중심이라는 점에서 구별된다. 철강 산업은 2020년 기준 직접배출이 93백만tCO₂eq으로 가장 크고, 간접배출과 산업공정 배출은 각각 11백만tCO₂eq, 4백만tCO₂eq 수준으로 나타나 고로 중심 생산 체계와 화석연료 연소에 기반한 직접배출 구조가 두드러진다. 석유화학 산업도 직접배출이 47백만tCO₂eq으로 가장 크고 간접배출이 21백만tCO₂eq으로 뒤를 잇는 반면, 산업공정 배출은 1백만tCO₂eq에 그쳐 NCC 공정 중심의 고온 열분해와 전력·스팀 사용이 많은 연속 공정의 특성이 반영된 것으로 볼 수 있다. 반면 시멘트 산업은 산업공정 배출이 23백만tCO₂eq으로 직접배출 9백만tCO₂eq, 간접배출 3백만tCO₂eq을 크게 상회하는데, 이는 석회석 소성 과정에서 발생하는 공정배출이 산업 특성상 구조적으로 높은 비중을 차지하기 때문이다.

[그림 II-18] 산업별 및 배출 유형별 온실가스배출량 추이

(단위: 백만tCO₂eq)

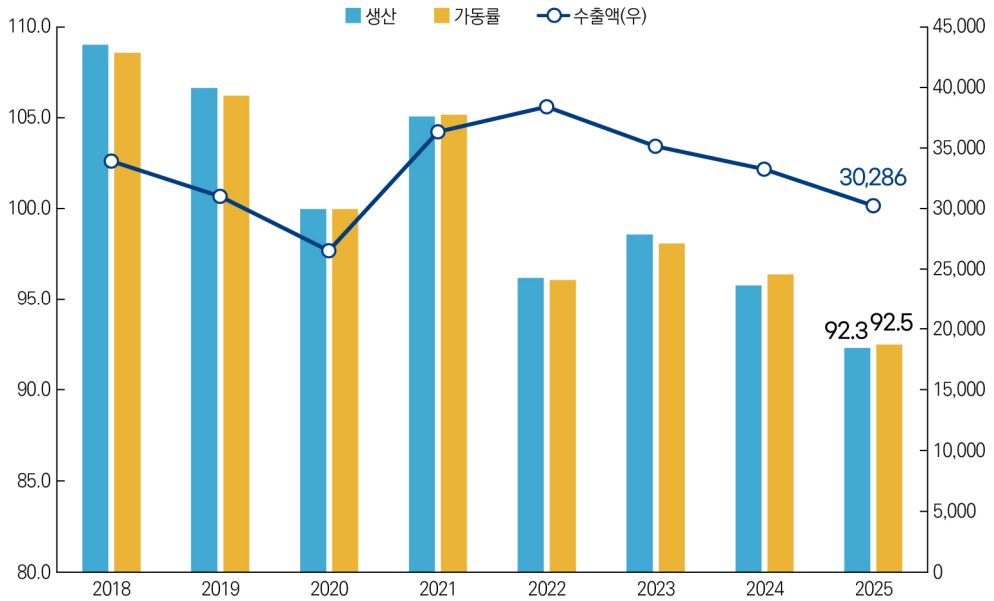


주: 국가인벤토리 기준 산업부문 세부업종별 배출량 자료 기준
 자료: EG-TIPS 에너지온실가스종합정보 플랫폼

최근 철강 산업은 생산과 수출 지표가 모두 약화되면서 저탄소 전환을 위한 투자 여건이 부담을 받고 있다. 광업제조업동향조사에 따르면 철강 생산은 2024년 95.8에서 2025년 92.3으로 낮아졌고, 가동률도 같은 기간 96.4에서 92.5로 하락하였다. 수출액 역시 2022년 38,447백만 달러에서 2025년 30,286백만 달러로 약 21.2% 감소하였다. 이는 건설경기 둔화, 글로벌 공급과잉, 저가 수입재 유입 등으로 철강 수요와 수익성이 동시에 압박받고 있음을 보여준다. 철강은 고로·전기로 등 대규모 설비 전환이 필요한 산업인 만큼, 업황 둔화는 전기로 확대, 수소환원제철, 공정 효율화 등 저탄소 투자의 속도를 제약하는 요인으로 작용할 수 있다.

[그림 II-19] 철강 산업 동향

(단위: 2020=100, 백만 달러)

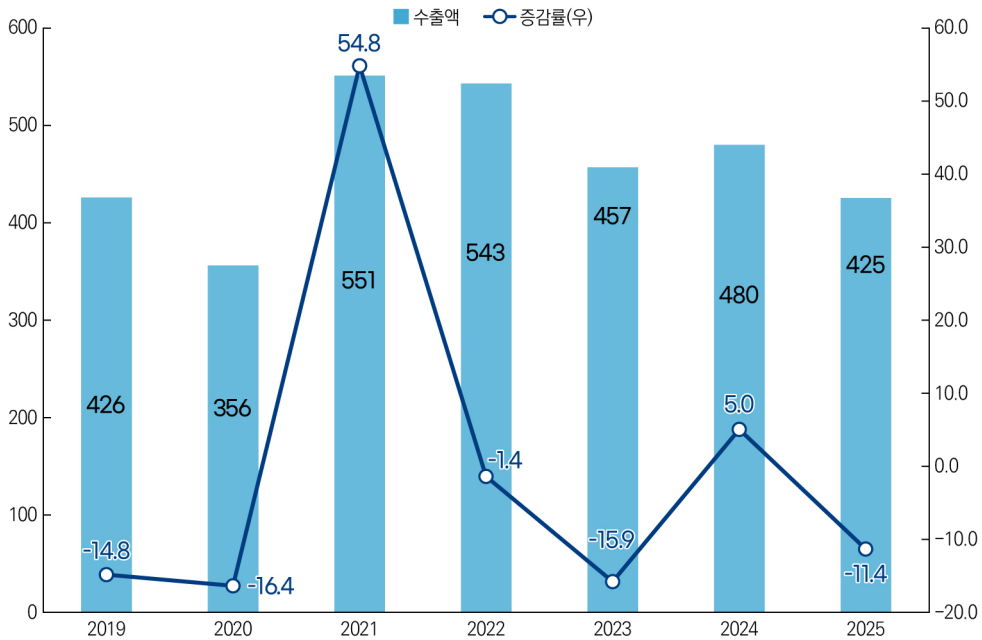


자료: 국가데이터처, 「광업제조업동향조사」; 산업통상부, 한국무역협회

석유화학 산업도 수출 여건이 악화되면서 공정 전환과 저탄소 투자 부담이 커지고 있다. 석유화학 산업 수출액은 2021년 551억 달러에서 2022년 543억 달러, 2023년 457억 달러로 감소했고, 2024년에는 480억 달러로 일시 반등했으나 2025년에는 다시 425억 달러로 낮아졌다. 2025년 수출액은 2021년 대비 약 22.9% 낮은 수준으로, 최근 수출 여건이 전반적으로 악화되고 있음을 보여 준다. 석유화학은 중국 자급률 상승, 글로벌 공급과잉, 범용 제품 수익성 저하가 지속되는 가운데 고온의 납사 분해 공정과 전 공정에 걸친 배출 구조를 가지고 있어, 전기가열, 대체연료 활용, 원료 전환, 자원순환 확대 등 복합적인 감축수단이 요구된다. 이에 따라 석유화학 산업의 탄소중립 대응은 기술 확보뿐 아니라, 업황 부진 속에서도 전환투자를 지속할 수 있는 여건 마련이 중요한 과제로 부각된다.

[그림 II-20] 석유화학 산업 동향

(단위: 억 달러, %)

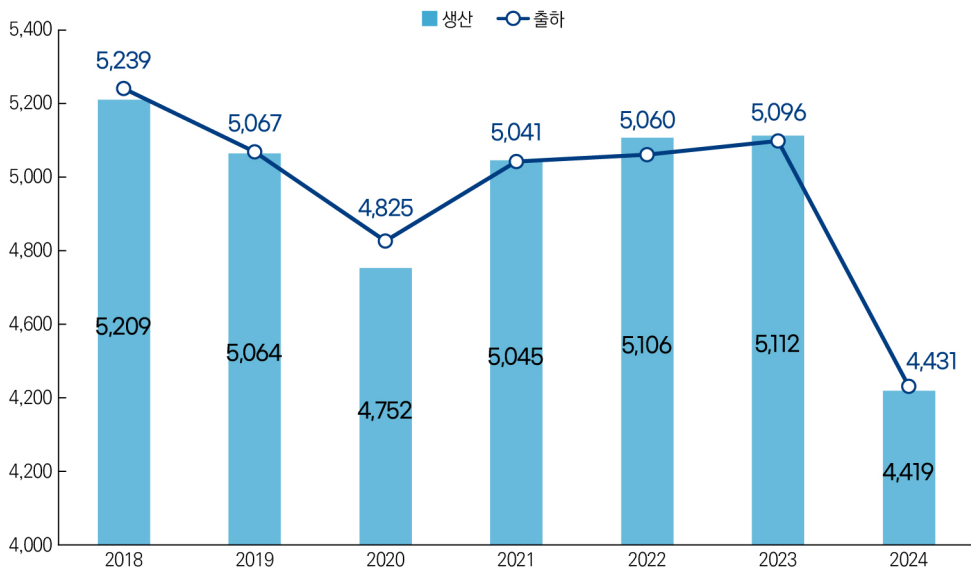


자료: 산업통상부, 한국무역협회

시멘트 산업은 건설경기 둔화로 인해 생산과 출하가 동시에 위축되는 흐름을 보이고 있다. 시멘트 생산량은 2023년 5,112만 톤에서 2024년 4,419만 톤으로 약 13.6% 감소했고, 출하도 동 기간 5,096만 톤에서 4,431만 톤으로 약 13.0% 감소했다. 시멘트는 석회석 소성 과정에서 발생하는 공정배출 비중이 높아 원료 대체, 연료 대체, 폐열 회수, CCUS 등 비용 부담이 큰 감축수단이 요구된다. 따라서 생산과 출하가 둔화되는 상황에서는 기업의 투자 여력이 약화될 수 있으며, 공정배출 저감을 위한 기술개발과 정책 지원의 필요성이 더욱 커진다.

[그림 II-21] 시멘트 산업 동향

(단위: 만 톤)



자료: 한국시멘트협회

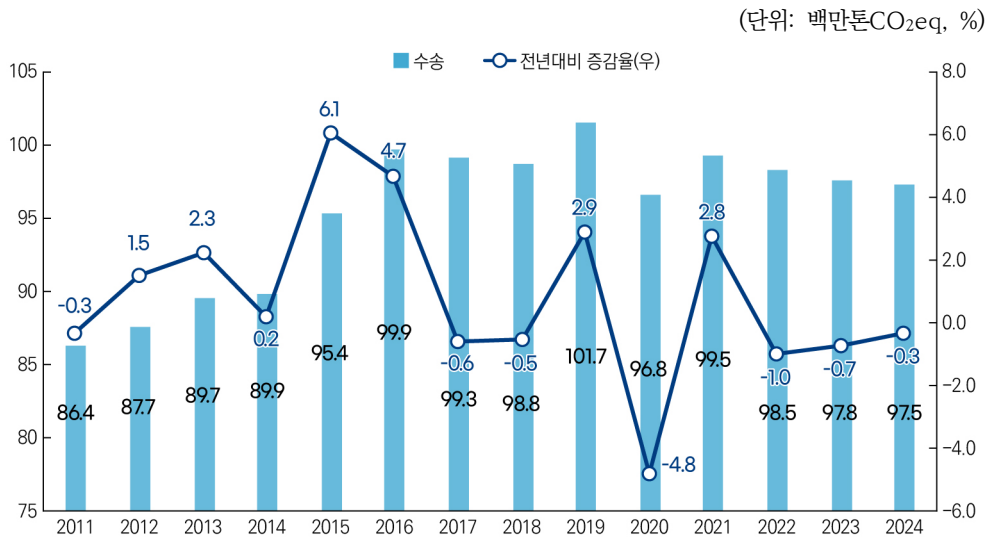
국내 산업부문의 온실가스 배출은 제조업 중심의 산업구조, 에너지 다소비 업종의 생산 특성, 화석연료 중심의 에너지 소비 구조가 결합 되어 나타난다. 철강·석유화학·시멘트는 산업 전반에 필요한 소재와 중간재를 공급하는 기반산업이기 때문에 생산활동을 단순히 축소하기 어렵고, 생산 공정 자체에서도 상당한 온실가스 배출이 발생한다. 2018년 대비 2024년 온실가스 배출량은 전반적으로 낮아졌으나, 업황 부진과 대규모 설비 전환 부담이 병존하고 있어 산업 부문의 탄소중립은 기술개발, 에너지 전환, 투자 여건 개선이 함께 요구되는 구조적 과제이다.

4. 수송 부문

가. 온실가스 배출 현황

수송부문의 온실가스 배출량은 2024년 98백만tCO₂eq으로 총 온실가스 배출량의 14.1%를 차지한다. 수송부문 온실가스배출이 대부분 도로수송에서 발생하는데, 2022년 기준 95백만tCO₂eq으로 96.5%에 이른다.⁴⁴⁾ 수송부문 온실가스 배출량은 2019년을 고점으로 감소세를 보이고 있으나 2024년에는 전년 대비 0.3% 감소에 그쳤다.

[그림 II-22] 수송부문 온실가스배출량 추이



주: 2023년과 2024년은 잠정치

자료: 「국가온실가스통계」, 기후에너지환경부

정부는 2035년까지 수송부문의 온실가스배출을 2018년 대비 60.2~62.8% (37~39백만tCO₂eq) 감축할 계획이다. 주요 감축수단으로 무공해차 보급 및 충전 인프라 확대, 대중교통비 환급지원 등을 통한 수요관리 강화, 자동차 배출가스 관리사업, 수소열차 도입, 친환경 선박 전환, 항공효율 개선 등이 있다. 이 중에서 가장 많은 예산이 투입되는 사업은 무공해차 보급과 무공해차 충전인프라 구축 사업으로⁴⁵⁾, 다음 절에서는 도로운송 부문을 중심으로 살펴보도록 하겠다.

44) 한국교통연구원, “수송분야 부문별 온실가스 배출량 현황,” <<https://www.koti.re.kr>, 접속: 2026.1.7.>

[표 II-13] 2035 NDC 수송 부문 온실가스 감축목표

(단위: 백만tCO₂eq, 괄호안 값은 '18년 대비 감축률)

부문	2018	2024	2035 NDC			
			△53%		△61%	
			배출량 (‘18 대비 감축률)	감축량 (‘24 대비)	배출량 (‘18 대비 감축률)	감축량 (‘24 대비)
순배출량(A)	742.3	651.4	348.9	△302.5	289.5	△361.9
수송 부문 배출량(B)	98.8	97.5	39.3 (△60.2%)	△58.2	36.8 (△62.8%)	△60.7
수송 부문 비중(B/A)	13.3	15.0	11.3	19.2	12.7	16.8

자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

수송운송은 운송수단에 따라 철도운송, 도로운송, 해운/수상 운송, 항공운송으로 구분된다. 철도운송은 동력장치의 위치와 동력의 종류에 따라 나뉘는데, 기차 맨 앞에서 뒤에 연결된 객차나 화차를 끌고 가는 ‘머리’ 역할만 하는 기관차(locomotive)와 승객이 타는 객차 자체에 엔진이나 모터가 달려 있어서 스스로 달릴 수 있는 동차(rail car)로 구분된다. 이를 동력에 따라 고속차량, 디젤기관차, 전기기관차, 전기동차, 디젤동차로 세분화할 수 있다.⁴⁶⁾ 철도운송 수단의 2016년 대비 2024년 증감률을 살펴보면, 고속차량과 전기동차는 여객 수송의 효율성 제고로 14.7%(1,744량), 15.8%(2,948량) 증가한 반면, 전국 철도망의 전철화가 이루어지고 가감속의 효율성이 선호되면서 디젤기관차(27.8%)와 디젤동차(77.0%), 전기기관차(10.3%)는 감소하였다.⁴⁷⁾

해운운송의 경우 선박 수는 감소하였지만 대형화되었는데 이는 글로벌 무역량이 늘어나면서 초대형 컨테이너선이나 거대한 LNG 운반선, 초대형 원유 운반선(VLCC) 등이 많이 도입된 데 기인한다. 참고로 선박 수는 2023년 8,416 척으로 2016년 대비 8.3% 감소하였으나 용량은 20,025천톤으로 53.2% 증가하였다.

45) 정부는 2026년 수송부문 온실가스감축인지 사업에 약 6.9조원을 배정하였다. 무공해차 보급과 무공해차 충전인프라 구축 사업으로 2026년 예산안은 각각 약 2.3조원과 0.9조원이다.

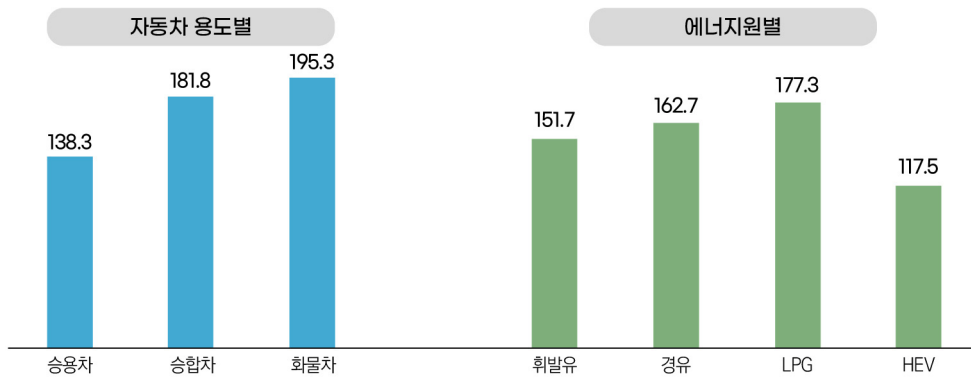
46) 철도산업정보센터: 고속열차동력시스템 <<https://www.kric.go.kr>, 접속: 2026.5.21.>

47) KTX-새마을, KTX-이음 등이 모두 동차이다.

도로운송 수단의 온실가스배출량은 다른 운송수단에 비해 많다. 유럽환경청에 따르면, 승객이 1km 이동할 때 항공의 온실가스배출량이 160gCO₂eq로 가장 많고 자동차(143gCO₂eq), 버스(80gCO₂eq), 선박(61gCO₂eq), 기차(33gCO₂eq)의 순으로 나타났다.⁴⁸⁾ 자동차도 용도에 따라 온실가스 배출량이 차이를 보이는데, 승용차는 138.3gCO₂eq인 반면 화물차는 195.3gCO₂eq에 달한다. 이는 사용하는 에너지원의 영향을 받는데, 휘발유는 151.7gCO₂eq인 반면 경유는 162.7gCO₂eq, LPG는 177.3gCO₂eq로 높다. 하이브리드 차량(Hybrid Electric Vehicle, HEV)의 온실가스 배출량은 117.5gCO₂eq로 상대적으로 낮은데 가솔린 엔진과 전기 모터의 동력을 효율적으로 조합하여 연비를 극대화하기 때문이다. 즉, 감속이나 브레이크를 밟을 때 운동에너지로 배터리를 충전하고 모터 주행 비중을 높이며, 저속 또는 정차 시 엔진 작동을 멈춰 에너지 손실을 최소화하기 때문이다.

[그림 II-23] 도로운송 수단의 CO₂ 배출량

(단위: 1g/km)



자료: 한국에너지공단, 「2025 자동차 에너지소비효율 분석집」, 2025.

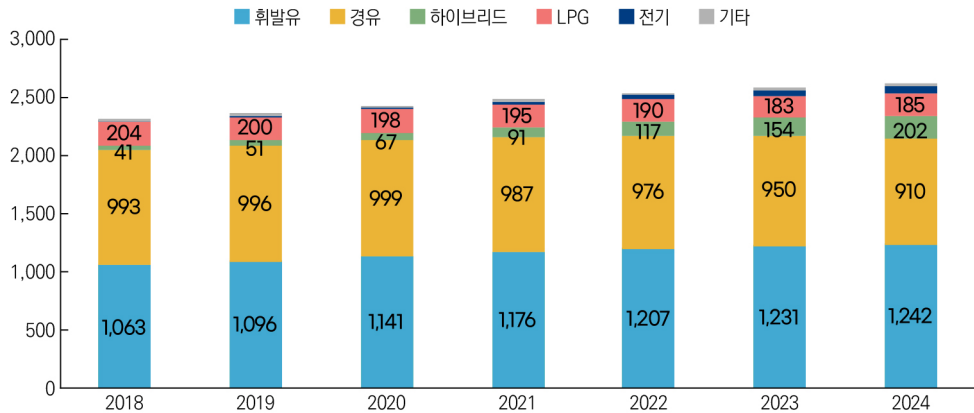
이런 가운데 연료별 차량 증감이 수송부문 온실가스배출량 증감에 영향을 미치고 있다. 우리나라 자동차 누적등록대수는 2024년 약 2,630만대이다. 연료별로는 휘발유 1,242만대(47.2%), 경유 910만대(34.6%), 하이브리드 202만대(7.7%), LPG 185만대(7.0%), 전기 68만대(2.6%), 수소 3.8만대(0.14%), 기타 18만대(0.69%)로 구성된다. 신규 누적등록대수 증가율은 매년 둔화되고 있는데

48) European Environment Agency <<https://www.eea.europa.eu>, 접속: 2026.5.21.>

2024년에는 전년대비 1.3%(34.9만대) 증가에 그쳤다. 이 중 휘발유·전기 하이브리드 차량이 48.4만대, 전기·수소차가 15.1만대로 증가한 반면, 경유차는 950만대에서 910만대로 약 40만대(4.2%) 감소하여 온실가스배출량을 줄이는데 기여하였다.⁴⁹⁾

[그림 II-24] 연료별 자동차 등록 대수 추이

(단위: 만대)



자료: 국토교통부

나. 수송 부문의 특징

수송부문의 경우 전력이나 산업, 건물 부문에 비해 온실가스배출량은 작지만 배출 구조의 분산성, 석유 의존성과 감축의 경직성, 수송 수요 증가, 전력 부문과의 상호의존성으로 인해 온실가스배출 감축이 쉽지 않으며 산업 경쟁력 및 정책 파급효과 측면에서 중요성이 높은 부문이다.⁵⁰⁾

① 배출 구조의 분산성

전력이나 산업 부문은 상대적으로 소수의 대규모 배출원(발전소, 공장 등)에 집중되어 있어 규제나 재생에너지 전환, 공정 개선 등 기술 전환의 적용이 비교적 효율적이다. 반면 수송부문은 수많은 개별 차량과 이용자로 구성되어 있어 정책 집행과 모니터링 비용이 높다. 또한 탄소가격제나 규제의 효과가 분산되고, 행동 변화 유도가 쉽지 않은 것이 특징이다.

49) 국토교통부 내부자료, 「자동차 연료별 등록현황(2000~2024년)」

50) 윤병효, “수송부문 온실가스 4년간 고작 0.3% 감소…관건은 항공·해운,” 에너지경제, 2024.5.26.

② 석유 의존성과 감축의 경직성

수송부문은 에너지 소비의 상당 부분을 석유 기반 연료에 의존하고 있다. 전력부문은 재생에너지로 빠르게 전환이 가능하지만, 수송은 내연기관 차량의 긴 수명, 전기 충전인프라의 부족, 기술 전환 비용 부담 등으로 탈탄소화가 느리다. 따라서 온실가스 감축 목표를 달성하기 위해 장기적 구조전환이 필요한 부문이다.

③ 수요 증가

경제 성장, 도시화, 전자상거래 확대 등으로 인해 수송 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 특히 물류·항공 부문은 감축 노력에도 불구하고 총배출이 증가하고 있다.⁵¹⁾ 수송장비의 효율 개선만으로 효과가 부족하고, 대중교통, 도시 계획, 물류 최적화 등 수요관리까지 포함한 접근이 필요하다.

④ 전력 부문과의 상호의존성

전기차 확산은 수송부문의 탈탄소화 주요 전략인 관계로 전력 부문과 긴밀히 연결되어 있다. 전력의 탄소집약도가 낮아야 실질적 감축 효과 발생하게 된다.

⑤ 산업 경쟁력 및 정책 파급효과

수송부문 전환은 자동차, 배터리, 수소 등 주요 산업과 직결된다. 내연기관 차에서 전기차로 전환이 이루어지면서 제조 중심에서 플랫폼 및 서비스 산업으로 전환이 이루어지고 있고⁵²⁾ 안정적인 고성능 배터리 수요도 증가하고 있다. 수소차는 전기차만큼 활발히 확대되고 있지 않지만 상대적으로 충전시간이 짧고 에너지 밀도가 높아 장거리 운송, 트럭이나 버스, 선박, 항공 등 중대형 운송을 중심으로 수요가 늘어날 전망이다.

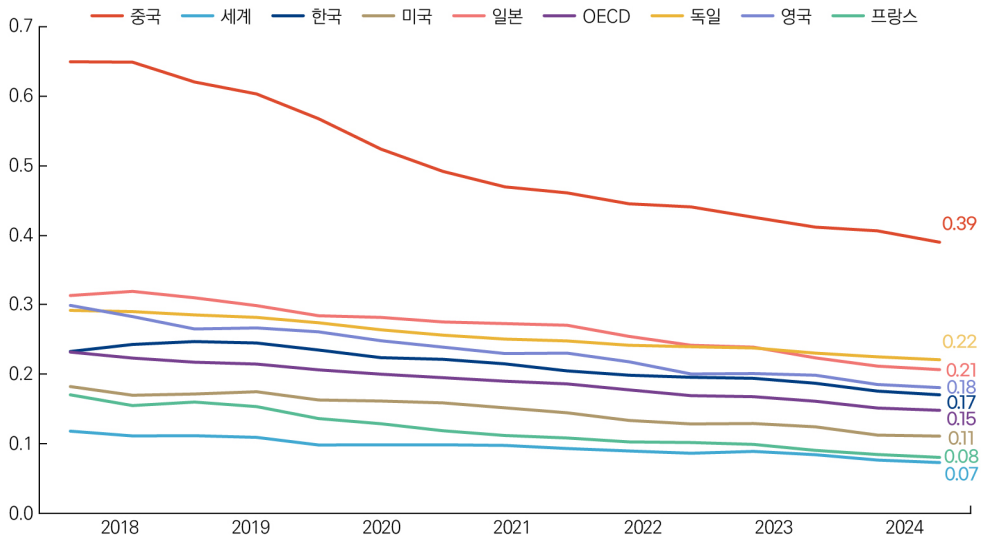
51) 글로벌 경제 호황과 저가항공사(LCC)의 확대로 항공 수요가 폭발적으로 증가하며 탄소 배출량은 약 10억tCO₂에 이르렀고 코로나 팬데믹 시기였던 2020년 6억tCO₂으로 감소하였다. 엔데믹 이후 여행과 물류 수요가 급증하면서 2023년 배출량이 2019년의 90% 이상인 9.5억tCO₂까지 회복된 것으로 나타났다.(IEA, *CO2 Emissions in 2023, 2024.3.*)

52) 즉, 내연기관차 제조사는 차를 제조 판매하였다면 전기차 제조사는 스마트폰처럼 차량 내 소프트웨어를 무선으로 업데이트하거나 새로운 기능을 추가할 수 있다. 차량 판매 후에도 자율주행 기능, 스트리밍 미디어, 배터리 관리 등 다양한 서비스를 구독 형태로 제공하여 지속적인 수익을 창출할 수 있다. 또한 차량이 수집하는 주행 데이터, 충전 정보, 사용자 패턴 등을 활용하여 차량 공유, 물류, 맞춤형 광고, 스마트 시티 인프라 등과 연계된 새로운 비즈니스 생태계가 만들 수 있다. 또한 배터리의 잔존 가치를 활용하거나, 배터리 대여, 교환, 재사용 및 재활용 등 배터리를 기반으로 한 새로운 서비스를 제공할 수 있다.

5. 온실가스 배출 감축 과제

정부는 2035 NDC 계획을 통하여 2035년까지 순배출량 기준 2018년의 742백만tCO₂e_q 대비 53%에서 61% 감축할 목표를 제시하였다. 이는 2030 NDC의 2018년 대비 40.0%⁵³⁾ 감축보다 상향된 목표이다. 2035 NDC의 감축 목표를 달성하기 위해서는 전 부문, 특히 전력, 산업, 수송 등의 다배출 부문에서 적극적인 감축 수단의 적용이 필요한 상황이다. 2024년 기준 한국의 탄소집약도⁵⁴⁾는 0.21⁵⁵⁾로 세계 평균 탄소집약도 0.22보다는 낮지만, OECD 평균 0.15보다는 높은 수준이다. 주요 국가와 비교해보면, 한국의 탄소집약도는 중국의 0.39보다는 낮지만, 미국(0.18), 일본(0.17), 독일(0.11), 영국(0.08), 프랑스(0.07) 보다는 높은 수준이다.

[그림 II-25] 세계 주요국 탄소집약도



주: 단위는 2021년 기준 미달러(PPP) 당 kgCO₂e_q

자료: 세계은행

53) 2030 NDC의 감축 목표는 IPCC 1996 작성지침으로 작성되었으며, 2018년 기준년도는 총배출량(728백만tCO₂e_q) 기준, 2030년은 순배출량(437백만tCO₂e_q) 기준이다. 2030 NDC 목표 배출량의 2018년 순배출량(686백만tCO₂e_q) 대비 감축률은 36.4%이다. 2035 NDC는 IPCC의 권고사항에 따라 2030 NDC 보다 상향된 감축률을 목표로 하고 있다.

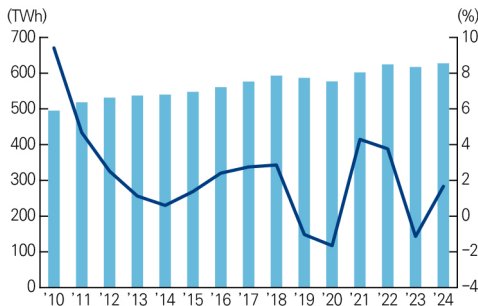
54) 탄소집약도(Carbon Intensity)는 GDP, 생산량, 매출액 등 일정 단위의 경제활동 당 발생하는 온실가스 배출량을 의미하며 탄소 배출의 효율성을 측정하는 지표이다. 해당 탄소집약도는 2024년 기준 세계은행에서 발표하는 지표를 활용하고 있다.

55) 해당 탄소집약도 단위는 2021년 기준 구매력평가(Purchasing Power Parity, PPP) 1미달러 당 kg 이산화탄소 환산량, 즉 kgCO₂e_q per 2021 PPP USD이다.

한국 경제의 탄소집약도가 상대적으로 높은 것은 제조업 의존도가⁵⁶⁾ 제조업 중 생산공정 상 온실가스를 다량으로 배출하는 다배출 산업들의 비중이 크기 때문이다. 정부는 2035 NDC는 감축목표 달성을 위한 주요 수단으로 각 부문의 적극적인 전기화 및 무탄소 원료·연료로의 대체를 주요 감축 수단으로 제시하고 있다. 경제 규모의 성장에 따른 전력수요 증가에도 불구하고 전력 부문의 온실가스 배출은 감소하고 있으나, 전체 온실가스 배출 중 산업과 수송 부문의 비중은 계속 증가하고 있는 상황이다.

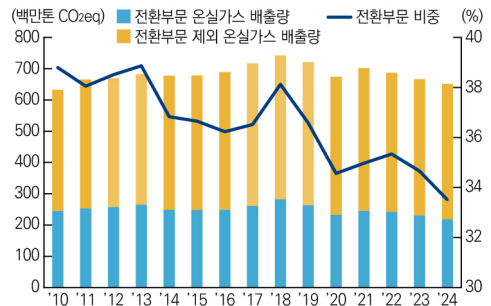
각 부문의 탄소기반 연료에 대한 의존도를 낮추기 위한 전력 공급을 늘리는 것이 중요하기 때문에 온실가스 배출량을 줄이면서도 전력 공급량을 증가시키는 것이 중요 과제이다. 우리경제의 규모가 성장하며 전력에 대한 수요는 계속 증가하고 있지만, 전력 부문의 온실가스 배출 비중은 계속 감소하고 있는 추세이다. 2018년 전력 발전량은 592.9TWh이던 것이 2024년에는 627.8TWh 까지 증가하였으나, 전력 부문의 온실가스 배출 비중은 38.1%에서 33.5%로 감소하였다.

[그림 II-26] 전력 발전량



자료: 전력통계정보시스템

[그림 II-27] 전력 부문의 온실가스 배출 비중



자료: 온실가스종합정보센터

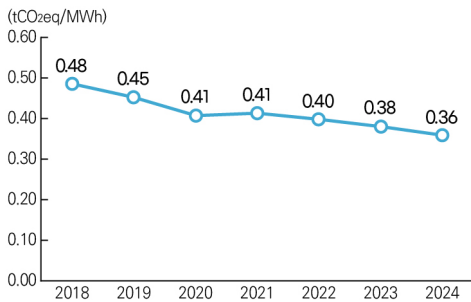
전력 생산을 위한 에너지믹스⁵⁷⁾가 온실가스 배출을 저감하는 방향으로 개선이 되면서 전력 부문의 탄소집약도⁵⁸⁾가 감소하여 온실가스 배출 비중도 감소

56) 2024년 기준, 한국 제조업의 GDP 중 비중은 28.7%로 독일의 19.9%나 일본의 19.0%보다 높은 수준이다.

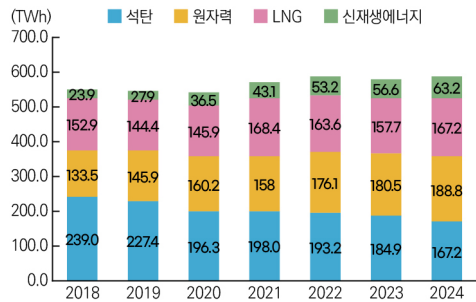
57) 에너지믹스(energy mix)는 필요한 에너지를 생산하기 위하여 사용되는 석유, 석탄, 천연가스, 원자력, 재생에너지 등 다양한 에너지원의 구성비를 말한다.

한 상황이다. 2018년 0.48tCO₂eq/MWh였던 전력 부문 탄소집약도는 꾸준히 줄어 2024년 0.36tCO₂eq/MWh를 기록하였다. 이는 온실가스 다배출 에너지원에서 탈피하여 저탄소 에너지원의 활용 비중이 커진 데에 따른 것이다. 2024년 기준 온실가스 배출량이 큰 석탄을 활용한 전력 발전량은 2018년 대비 30.0% 감소한 167.2TWh인 반면, 신재생에너지를 활용한 전력 발전량은 2018년 대비 164.4%증가한 63.2TWh였다. 에너지믹스의 비중을 살펴보면, 석탄 발전은 2018년 43.5%였던 것이 2024년 28.5%까지 감소하며 원자력, LNG, 신재생에너지 등 저탄소 발전원 비중이 계속 증가하였다. 특히 신재생에너지는 2018년 4.3%이던 발전량 비중이 10.7%로 크게 증가하며 온실가스 배출량 감소에 크게 기여하고 있음을 알 수 있다.

[그림 II-28] 전력 부문 탄소집약도



[그림 II-29] 에너지원별 전력 발전량



자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025.12. 자료: 한국전력통계

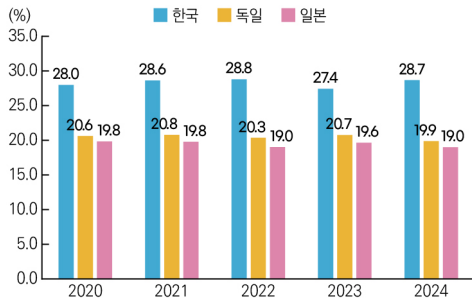
전기화에 이은 2035 NDC의 주요 감축 과제는 탄소기반 원료와 연료에 대한 의존도를 낮추는 것이다. 철강, 석유화학, 시멘트 등의 온실가스 다배출 산업⁵⁹⁾은 제품 자체가 탄소기반 원료를 기반으로 생산되기 때문에 근본적인 생산 공정과 기술에 대한 변화가 필요하다. 더불어 수송부문에 있어서도 아직 내연기관을 동력으로 삼고 있는 운송수단의 비중이 더 크기 때문에 연료의 탈탄소화 노력이 중요한 상황이다.

58) 전력 부문의 탄소집약도는 전력생산량에 대한 온실가스 배출량에 대한 지표로 tCO₂eq/MWh을 사용한다.

59) 우리 경제는 제조업이 차지하는 비중이 크며 철강, 석유화학, 시멘트 등 산업공정 상 온실가스가 다량으로 발생하는 산업이 제조업의 큰 비중을 차지하고 있다. 2024년 기준 철강, 석유화학, 시멘트 산업의 온실가스 배출이 국가 온실가스 순배출 중 27.9%를 차지하였다.

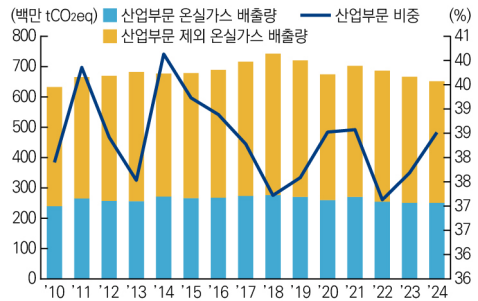
산업 부문은 2024년 기준 우리나라의 온실가스 총배출량의 36.3%를 배출하여 제일 큰 비중을 차지하였다. 제조업 비중이 상대적으로 높은 독일과 일본하고 비교해 보면, 2024년 기준 한국의 제조업은 국내총생산 중 비중이 28.7%로 독일의 19.9%나 일본의 19.0%보다 높은 수준임을 볼 수 있다. 제조업이 우리 경제에서 차지하는 비중이 매우 큰 가운데, 최근 산업 부문의 온실가스 배출의 비중이 증가하는 추세를 보이고 있어 2035 NDC 목표 달성을 위해서는 보다 적극적인 탈탄소화 노력이 필요한 상황이다.

[그림 II-30] GDP 중 제조업 비중



자료: OECD

[그림 II-31] 산업 부문 온실가스 배출 비중

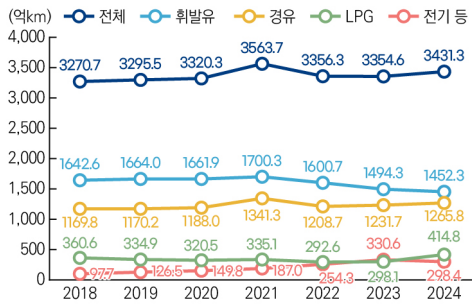


자료: 온실가스종합정보센터

산업 부문의 온실가스 배출 비중이 최근 증가하는 가운데 산업 부문 전체의 탄소집약도는 점차 감소하는 추세를 보이고 있는 상황이다. 그러나 산업 부문 온실가스 배출 중 비중이 큰 철강과 석유화학 산업의 경우 탄소집약도가 증가하고 있어 2035 NDC 목표 달성에 있어 넘어서야 할 큰 과제로 남아 있다. 철강 산업과 석유화학 산업의 경우 제품 생산 과정에서 탄소기반 연료와 원료를 활용하기 때문에 생산활동의 결과로 온실가스가 다량으로 발생할 수 밖에 없는 구조이다. 그렇기 때문에 적용 가능한 부문에서 최대한 전기화 비율을 높이고 저탄소 기반 원료로의 대체기술이 필요한 상황이다. 더욱이 산업 부문은 주요 시장의 경기 둔화나, 국제 공급망의 불확실성 증대 등 경제 여건으로 인하여 온실가스 배출에 영향을 받는 경우가 종종 발생할 수 있다. 시장 수요 감소로 인하여 저탄소 배출 상품 생산이 감소하거나 저탄소 연료와 원료의 수급 문제로 인하여 온실가스 다배출 연료와 원료를 사용해야 하는 경우가 발생할 수 있어 원천적인 탈탄소기술 개발이 중요한 과제이다.

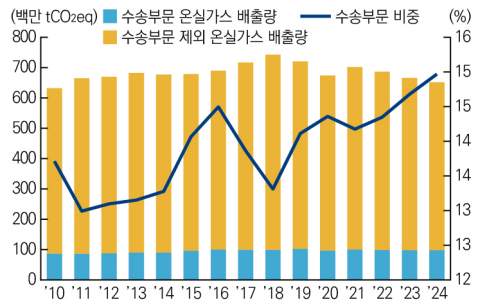
2024년 기준 수송 부문의 온실가스 총배출량 중 비중은 14.1%을 기록하였다. 전력이나 산업 부문보다는 작은 비중이지만 최근 그 비중이 증가하고 있다. 2021년의 14.2%로부터 4년 연속 증가세를 기록하고 있다. 2025년 자동차 등록대수는 2,651.5만대로 전년대비 21.7만대 늘어나며 꾸준히 증가하고 있다. 전기자동차, 수소자동차의 보급 또한 원유 수급의 불안정으로 인하여 최근 증가하였다.

[그림 II-32] 연료별 자동차 주행 거리



자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025.12.

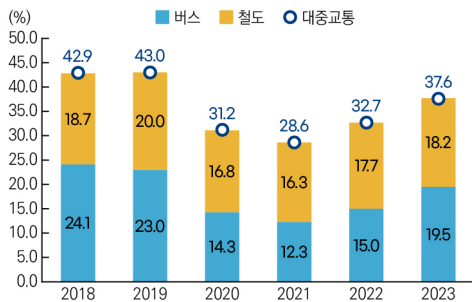
[그림 II-33] 수송 부문 온실가스 배출 비중



자료: 온실가스종합정보센터

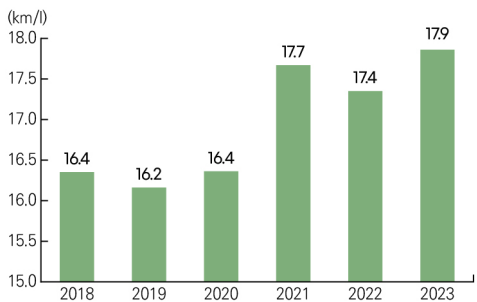
더욱이 승용차 연비의 개선이 이루어지고 있고 대중교통 수송분담 비중이 증가하고 있음에도 불구하고 2024년 수송 부문의 온실가스 배출은 2018년 대비 1.3% 감소하는데 그쳤다. 이는 전력 부문이 22.9%, 산업 부문이 9.2% 감소한 것에 비하여 낮은 감축 수준이다. 운송 수단으로서의 자동차의 주행거리는 증가세에 있기 때문에, 친환경자동차의 보급 확대, 저탄소 연료 기술 개발 및 적용, 수요관리를 통한 대중교통의 적극적인 활성화 등이 필요한 상황이다.

[그림 II-34] 대중교통 수송 비중



자료: 2050 탄소중립녹색성장위원회, 「24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025.12.

[그림 II-35] 승용차 평균 연비



자료: 온실가스종합정보센터

Ⅲ. 주요 부문의 온실가스 배출 저감 수단

1. 전력 부문

전력 부문의 탈탄소화는 석탄발전 축소와 무탄소 전원 확대를 중심으로 한 전원믹스 재편이 주된 감축 수단으로 제시되고 있으나, 재생에너지 비중 확대에 따라 출력 변동성과 계통 불안정 문제도 함께 확대될 가능성이 있다. 이에 따라 안정적인 전력 공급을 유지하기 위해서는 송·배전망 보강과 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS) 확충, 지능형 전력망 구축 등 계통 인프라 정비가 병행될 필요가 있다.

아울러 전력 수요 측면에서도 수요반응(Demand Response, DR), 가상발전소(Virtual Power Plant, VPP) 등 유연성 자원의 활용 확대를 통해 전력 소비 구조를 보다 효율적으로 조정하는 것이 중요하다. 이와 함께 전력시장 제도 개선과 가격·투자 유인 체계 정비는 민간 투자 확대와 감축 수단 확산을 위한 기반으로 논의되고 있다. 즉, 전력 부문의 감축은 발전원 전환만으로 달성되기 어려우며, 계통 운영·수요관리·시장 제도가 상호 연계된 형태로 추진될 필요가 있다. 이에 본 절에서는 정부가 발표한 2035 NDC 관련 자료¹⁾를 바탕으로 전력 부문의 주요 감축 수단과 이행 과제를 네 가지 범주로 구분하여 검토한다.²⁾

1) 전력 부문의 2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위한 정부의 주요 감축수단은 다음 자료를 바탕으로 정리하였다.

- 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.
- 관계부처합동, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 공청회, 2025.11.6.
- 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「'35년까지 '18년 대비 온실가스 53~61% 감축」, 2025.11.10.
- 기후에너지환경부, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2025.11.

2) NDC는 「파리협정」(2015) 제4조에 따라 각 당사국이 스스로 결정하여 제출하는 온실가스 감축 공약으로, 국제법상 제출 의무가 부과된다. 한국은 2030 NDC(2018년 대비 40% 감축)에 이어 2035 NDC를 2025년 11월 확정하였으며, 해당 목표는 「탄소중립·녹색성장기본법」에 따른 국가 기본계획과 중장기 에너지·산업 정책의 기본 방향을 제시한다. 따라서 향후 감축경로와 감축수단을 검토하기 위해서는 민간·시장 차원의 대응에 앞서 정부의 정책 방향과 계획을 우선적으로 살펴볼 필요가 있다.

[표 III-1] 전력 부문 주요 감축 수단

구분	감축의 성격 및 세부 수단	감축의 성격 및 역할
① 전원믹스	<ul style="list-style-type: none"> ■ 재생에너지 보급 확대 ■ 재생에너지 기술 고도화 ■ 석탄 및 LNG 발전 비중의 단계적 축소 	직접적·구조적 제거 (배출원 차단)
② 운영·계통 기반	<ul style="list-style-type: none"> ■ 에너지 고속도로 구축 및 송전 기술 고도화 ■ 차세대 전력망 운영체계 도입 및 유연성 확보 ■ 충전기기 내 온실가스(SF₆)의 친환경 가스 대체 	인프라 조성 (시스템 안정화 및 전제조건)
③ 수요관리	<ul style="list-style-type: none"> ■ 가격 신호를 통한 수요 분산 및 최적화 ■ 지능형 인프라(AMI) 및 수요반응(DR) 시장 활성화 ■ 가상발전소(VPP) 기술 도입 및 분산 자원 통합 관리 	간접적·보완적 관리 (효율화 및 수급 최적화)
④ 시장·제도	<ul style="list-style-type: none"> ■ 제4차 배출권거래제('26~'30) 개편 ■ 전력시장 구조 개편 	이행 유인 강화 (이행동력)

자료: 국회예산정책처

가. 전원믹스의 탈탄소화

(1) 세부 감축 수단

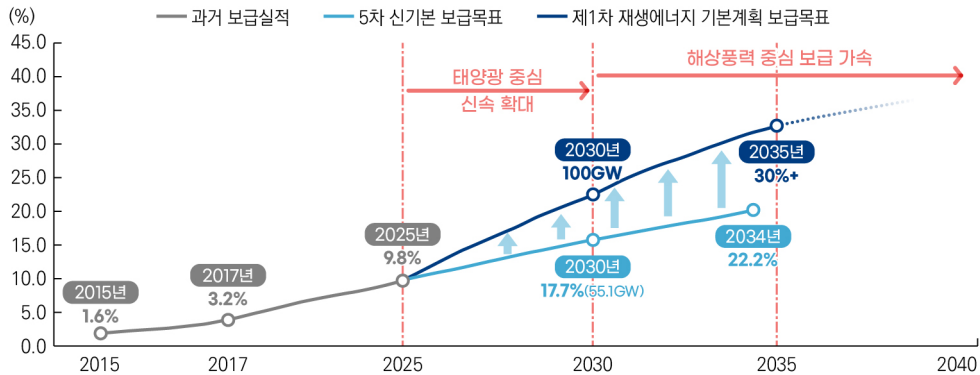
① 재생에너지 보급 확대

정부는 2030년까지 재생에너지 발전설비 100GW 보급과 2035년 재생에너지 발전 비중 30% 이상 달성을 추진하고 있다. 이는 2025년 기준 9.8% 수준인 재생에너지 발전 비중을 대폭 확대하는 것으로, 전력부문 온실가스 배출량을 2018년 대비 2035년까지 △68.8~△75.3%(△194.7~△213백만tCO₂eq) 감축하는데 중추적인 수단으로 제시되고 있다. 2026년 5월 발표된 「제1차 재생에너지 기본계획」³⁾에 따르면 재생에너지 확대는 2025년 이후 태양광 중심의 신규 보급 확대를 기반으로 추진되며, 2030년 이후에는 대규모 해상풍력 보급이 본격화될 전망이다. 아울러 계통 여유지역 중심의 재생에너지 단지 조성, 산업단지·주차장 등 유휴부지를 활용한 태양광 확대, 재생에너지 변동성 보완을 위한 에너지저장장치(ESS) 활용 강화 등이 주요 이행 과제로 제시되었다.⁴⁾

3) 「재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 개정(2026.3)으로 종전의 「제6차 신·재생에너지 기본계획」 대신 2026년 5월 「제1차 재생에너지 기본계획」이 발표되었다. 이에 따라 폐기물·비재생성 에너지를 포함한 '신재생에너지' 에서 태양광·풍력 등 '재생에너지' 중심으로 조정되었다.

4) 기후에너지환경부 보도자료, 「제1차 재생에너지 기본계획」, 2026.5.19.

[그림 III-1] 2035 NDC 달성을 위한 재생에너지 보급 확대 목표



자료: 기후에너지환경부 보도자료, 「제1차 재생에너지 기본계획」, 2026.5.19.

보급 확대 과정에서는 입지 규제와 장기간의 인허가 절차가 재생에너지 확산의 주요 제약 요인으로 지적되어 왔다. 이에 따라 태양광의 경우 지자체별로 상이하게 운영되던 태양광 이격거리 규제가 2026년 2월 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 개정⁵⁾을 통해 국가 차원의 일관된 기준으로 정비되었다.

아울러 농지의 제한적 활용을 전제로 한 영농형 태양광⁶⁾ 확대와 관련하여, 농지 이용 기준과 사후관리 체계 등을 포함한 제도 정비 논의도 이루어지고 있다. 재생에너지 설비 확대 과정에서 환경영향평가 적용 기준을 조정하는 논의도 이루어지고 있다. 이에 따라 집단에너지 공급시설로 설치되는 태양광·풍력·연료전지 발전 시설의 환경영향평가 대상 기준은 기존 발전시설용량 1만kW 이상에서 10만kW 이상으로 변경⁷⁾되었다.

규제 개선과 함께 실제 입지 여건과 주민 수용성을 고려한 유형별 재생에너지 보급 모델의 확산도 병행될 필요가 있다. 태양광 부문에서는 산업단지 지붕

5) 2026년 2월 12일 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」 개정안이 국회 본회의를 통과함에 따라, 지자체의 재생에너지 이격거리 규제는 '원칙적 금지, 예외적 허용' 방식에서 탈피하여, 상위 법령에 근거한 합리적 기준 중심으로 운영될 예정이며, 지역별 규제 편차 완화와 사업 예측 가능성 제고가 기대된다.

6) 영농형 태양광은 농지 상부에 일정 높이로 태양광 설비를 설치하고, 하부에서는 작물 재배를 지속하는 방식으로 발전과 영농을 병행하는 형태를 의미한다. 영농형 태양광은 입지 확보 문제를 완화하고 농가소득을 보완하는 수단으로 평가된다. 이에 따라 농지의 타용도 일시사용 허용, 설치·운영 기준, 영농 지속 의무, 사후관리 및 원상복구 의무 등을 규정하는 것을 주요 내용으로 하는 '영농형 태양광 특별법' 제정이 추진되고 있다. 동 법률안은 국회에 발의되어 현재 제정 논의가 진행 중이다.

7) 법무법인 세종, 「신재생설비 환경영향평가 대상 범위 조정 등 환경영향평가법 시행령 개정」, 2023.4.3.

형, 영농형, 수상형, 접경지역 유희부지 활용 등 입지 특성에 기반한 다양한 공급 방식이 논의되고 있다. 또한 공공부문의 RE100 이행 확대⁸⁾는 초기 수요 기반 형성과 민간 참여 유도 측면에서 관련 시장 확대에 기여할 것으로 예상된다.

② 재생에너지 기술 고도화

제한된 국토 여건 하에서 단위 면적당 재생에너지 발전 효율을 높일 수 있는 기술 개발도 중요한 과제로 제시된다. 태양광 분야에서는 기존 실리콘 기반 기술의 한계를 보완할 수 있는 페로브스카이트 탠덤 셀⁹⁾ 상용화가 추진되고 있으며, 이를 통해 2030년까지 모듈 효율을 28% 수준으로 높이는 방안이 제시되고 있다. 풍력 분야에서는 20MW급 국산 해상풍력 터빈 개발과 부유식 해상풍력 기술 실증이 병행¹⁰⁾되고 있으며, 설비 대형화와 운영 효율 개선을 통해 해상풍력 발전단가(LCOE)를 2024년 kWh당 288원에서 2035년에는 kWh당 150원 이하 수준으로 낮추는 것이 목표¹¹⁾하고 있다. 이러한 기술 고도화는 동일 면적 내 발전량 확대와 재생에너지의 경제성 확보 측면에서 중요한 의미를 갖는다.

③ 석탄 및 LNG 발전 비중의 단계적 축소

석탄발전 감축은 전력 부문의 직접적인 배출 저감을 위한 최우선 수단으로 제시되고 있다. 「제11차 전력수급기본계획 2024~2038(2025.3.13.)」에 따르면 현재 가동 중인 석탄발전소 60기 중 39기를 2038년까지 단계적으로 폐지하고, 2040년 탈석탄을 목표로 중장기 이행 로드맵을 마련하는 방안이 제시되어 있다.

2025년 12월 기준 석탄 발전설비용량은 약 40.8GW로 전체 설비의 25.9%를 차지하고 있으며, 발전량 역시 약 171.0TWh로 전체 발전량의 29.0% 수준이다.¹²⁾ 이에 따라 2026년에는 태안 2호기, 하동 1호기, 보령 5호기 등이 순차적으로 가동을 중단할 예정¹³⁾이다.

8) 기후에너지환경부 보도자료, 「재생에너지 중심 에너지 대전환으로 화석연료 의존적 경제구조 탈피」, 2026.4.6.

9) 탠덤 셀(Tandem Cell)은 서로 다른 파장의 빛을 흡수하는 태양전지를 적층해 발전 효율을 높인 차세대 기술로, 단일형 대비 발전량을 향상시킬 수 있다. 그 대표적 유형인 페로브스카이트 탠덤 셀은 실리콘 전지 위에 페로브스카이트 층을 적층해 30% 이상 고효율 구현이 가능하다.

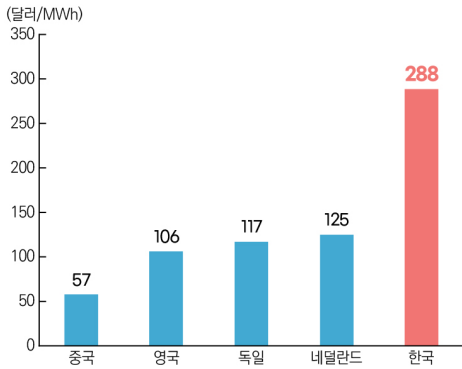
10) 관계부처합동 보도자료, 「초혁신경제 15대 선도프로젝트 추진계획(III)」, 2025.11.26.

11) 기후에너지환경부 보도자료, 「해상풍력 2030년까지 연간 4GW 보급 기반 구축한다… '인프라 확충 및 보급 계획' 발표」, 2025.12.10.

12) 한국전력, 「전력통계월보」, 제567호, 2026.3.13..

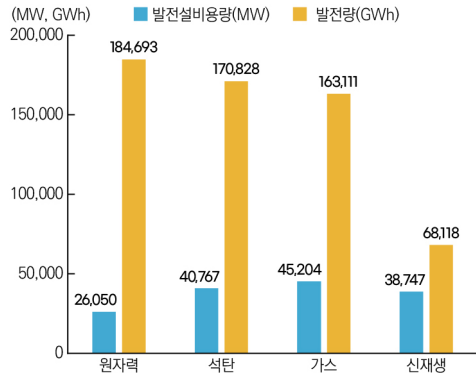
13) 산업통상자원부 보도자료, 「제11차 전력수급기본계획」, 2025.3.13.

[그림 III-2] 해상풍력 LCOE



주: LCOE는 BNEF, 2024년 기준
 자료: 기후에너지환경부 보도자료, 「해상풍력 2030년
 까지 연간 4GW 보급 기반 구축한다... '인프라
 확충 및 보급 계획' 발표」, 2025.12.10.

[그림 III-3] 에너지원별 설비용량 및 발전량



주: 설비용량은 2025년 12월 기준, 발전량은 2025년
 기준
 자료: 한국전력, 「전력통계월보」, 제567호, 2026.3.13.

다만 석탄발전 축소는 발전설비 감축에 그치지 않고 지역경제와 고용에 대한 영향도 수반할 가능성이 크다는 점에서, 폐지 지역 지원과 전환 대책 마련 필요성도 함께 제기되고 있다. 이에 국회 기후에너지환경노동위원회에서는 2026년 5월 19일 「석탄화력발전소 노동자 및 폐지지역 지원 특별법안」¹⁴⁾을 의결하였다. 한편 LNG 발전은 재생에너지 확대 과정에서 계통 안정성을 보완하는 역할을 수행¹⁵⁾하되, 중장기적으로는 발전 비중을 점진적으로 축소하는 방향이 검토되고 있다.

[표 III-2] 2040년 조기 탈석탄을 위한 대응방향

주요 추진 내용	세부 항목
공론화를 통한 '40년 탈석탄 로드맵 수립	석탄화력발전 폐지지역 지원 및 보상 관련 특별법 제정 석탄화력발전 조기 감축 시 감가상각 보상 추진 등 포함
일자리 전환, 지역 환경 전환 등 재정 지원	LNG 발전소 재배치, 직업 전환, 재취업 교육 폐쇄 발전소를 산단, 재생e 클러스터 등으로 전환 지원

자료: 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2025 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

14) 해당 법안은 석탄화력발전소 폐지에 따른 고용 감소와 지역경제 위축 문제에 대응하기 위해 노동자 직무 전환과 고용 지원, 폐지 지역 지원 등을 제도적으로 뒷받침하는 내용을 담고 있다

15) 산업통상자원부 보도자료, 「제11차 전력수급기본계획」, 2025.3.13.

(2) 감축 수단 적용의 과제

재생에너지 보급 확대를 위한 제도 개선이 추진되고 있으나, 입지 규제, 주민 수용성, 환경영향평가, 계통 연계, 전환지원체계 등 구조적 과제가 여전히 존재한다. 또한 장기적으로는 재생에너지와 연계한 수소 생산·활용 체계도 에너지 전환을 촉진하는 감축 수단으로 검토할 필요가 있다.

우선, 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 재생에너지 확대를 더욱 가속화할 필요가 있다.¹⁶⁾ 또한 이격거리 규제 개선이 추진되고 있으나, 하위 규정과 지자체별 예외 적용¹⁷⁾에 따라 사업 여건은 여전히 달라질 가능성¹⁸⁾이 있다. 또한 재생에너지 사업 갈등은 개발이익 배분 구조와 밀접하기 때문에 주민 참여형 투자와 발전수익 공유 등 이익 환원 장치를 확대할 필요가 있다. 환경영향평가의 경우 사업 유형과 지역별로 심의 기준과 절차가 상이하게 적용¹⁹⁾되면서 인허가 지연이 발생하고 있어, 심의 기준의 예측 가능성과 일관성을 높일 필요가 있다.

아울러 2040년 탈석탄 추진 과정에서 전환지원기금, 재취업 지원, 대체 산업 육성 등 다양한 방안이 논의되고 있으나, 지원 범위와 재원 조달 방식 등에 대한 구체화가 필요하다. 또한 LNG 발전은 재생에너지 확대 과정에서 계통 안정성을 보완하는 역할을 수행할 수 있으나, 화석연료 기반 발전 의존이 장기간 지속되지 않도록 감축 속도와 전환 경로를 보다 명확히 설정할 필요가 있다.

한편, 전력 부문의 중장기 감축경로를 구체화하기 위해서는 수소·암모니아 활용에 대한 검토도 필요하다. LNG 발전설비를 활용한 수소·암모니아 혼소·전소 방식은 설비 교체 없이 연료의 탄소 집약도를 단계적으로 낮출 수 있다는 점에서 과도기적 감축 수단으로 논의되고 있다. 다만 높은 연료 비용, 공급망 구축 등 과제가 남아 있어, 발전 부문 내 역할과 CCUS 연계 가능성 등을 포함한 중장기 활용 전략의 구체화가 필요하다.²⁰⁾

16) 이에 본 보고서의 IV 장에서 시행한 NDC 경로 시나리오에서는 IEA의 *Net Zero by 2050* 시나리오를 참고하여 2050년 재생에너지 발전 비중을 50~90%의 수준으로 전제하였다.

17) 지방정부 조례에 따른 규제가 지속되면서 재생에너지 보급 확대를 위한 입지 규제 등 제도개선이 추진되었으나 그 효과는 제한적인 것으로 평가되고 있다. (기후에너지환경부, 「제1차 재생에너지 기본계획」, 2026.5.)

18) 조현식, “태양광 이격거리 기준 법제화, 지방자치권과의 조화가 관건,” 전기신문, 2025.11.7.

19) 김·장 법률사무소, 「평가체계 차등화 등 환경영향평가법 개정 동향」, 뉴스레터, 2025.1.2.

20) 발전부문에서의 수소 활용을 포함한 감축경로는 IV장 시나리오 분석에서 별도로 검토하였다.

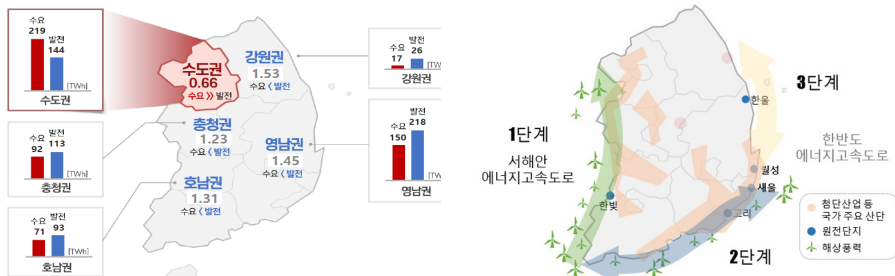
나. 전력계통 및 인프라 혁신

(1) 세부 감축 수단

① 에너지 고속도로 구축 및 송전 기술 고도화

재생에너지 발전이 집중되는 지역과 대규모 전력 수요지를 효율적으로 연결하기 위해 이른바 '에너지 고속도로' 구축이 추진되고 있다. 에너지 고속도로의 구축은 단계적 확장 전략에 따라 추진되며, 1단계로 2030년대 서해안을 중심으로 한 전력망을 우선 구축하고, 이후 남해안 및 동해안으로 확장하여 2040년대에는 전국을 연결하는 U자형 전력망을 완성하는 방안이 제시되고 있다. 2025년 3월 「국가기간 전력망 확충 특별법」 제정을 계기로 서해안 권역을 중심으로 한 광역 송전망 구축 논의가 본격화되었으며, 중장기적으로는 전국 단위 전력망 연계 체계 구축이 검토되고 있다.

[그림 III-4] 2024년 지역별 에너지 자급률 [그림 III-5] 에너지고속도로 단계별 구축안



자료: 기후에너지환경부 보도자료, 「국가전력기간망 시스템 혁신의 도약을 위한 HVDC 산업육성 전략」, 2025.10.1. 자료: 민주연구원, 「에너지고속도로 10문 10답」, 2025.5.29.

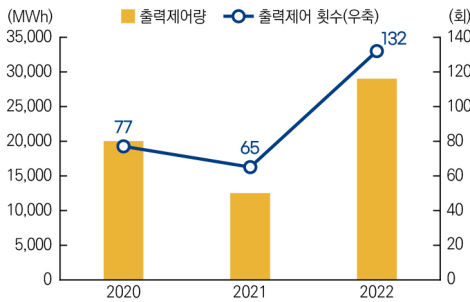
재생에너지 발전 비중이 확대되면서 계통 불안정성과 장거리 송전에 따른 전력 손실 문제가 주요 과제로 제기되고 있다. 이에 따라 재생에너지 발전 밀집 지역과 대규모 수요지를 효율적으로 연결하기 위한 초고압직류송전(HVDC) 등 첨단 송전 기술의 활용이 확대되고 있으며, 관련 설비의 국산화와 실증도 함께 이루어지고 있다.²¹⁾

21) 기후에너지환경부 보도자료, 「국가전력기간망 시스템 혁신의 도약을 위한 HVDC 산업육성전략」, 2025.10.1.

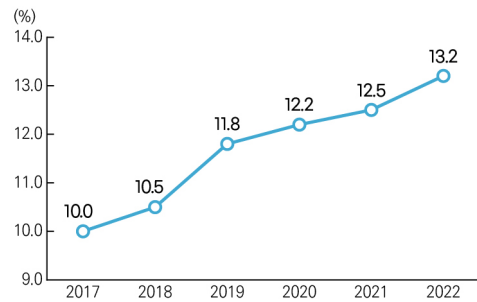
② 차세대 전력망 운영 및 유연성 확보

재생에너지 발전 비중이 확대되면서 출력 변동성과 양방향 전력 흐름에 대응할 수 있는 전력망 운영체계 전환 필요성이 커지고 있다. 이에 따라 2023년 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」²²⁾이 수립되었으며, 2027년까지 분산형 전원 비중을 18.6% 수준으로 확대하는 목표가 제시²³⁾되었다.

[그림 III-6] 재생에너지 변동성 확대



[그림 III-7] 분산에너지 발전량 비중



자료: 산업통상자원부 보도자료, 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」, 2023.2.14.

자료: 산업통상자원부 보도자료, 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」, 2023.2.14.

분산에너지 확대와 함께 계통의 물리적 유연성을 확보하는 수단으로 에너지저장장치(Energy Storage System, ESS)의 역할도 강화²⁴⁾되고 있다. ESS는 재생에너지의 출력 변동성을 완화하고 단기 수급 불균형을 조정하는 설비로, 정부는 민간 중심의 ESS 시장이 위축²⁵⁾된 이후 중앙계약 방식 도입 등을 통해 사업자의 수익 안정성과 투자 예측 가능성을 보완하고 시장 활성화를 유도하고 있다. 2025년 제1차 ESS 중앙계약시장에서 563MW, 제2차에서 540MW 규모의 구축 사업이 확정²⁶⁾되었으며, 「제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)」에 따라 2038년까지 23GW 규모의 장주기 ESS를 구축하고 이 중 2.22GW를 2029년까지 우선 확보할 계획이다.

22) 산업통상자원부 보도자료, 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」, 2023.2.14.

23) 산업통상자원부 보도자료, 「분산에너지 활성화를 위한 지능적이고 유연한 전력체계 구축 - 제3차 지능형전력망 기본계획 확정」, 2023.2.14.

24) 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

25) 화재 사고로 인한 안전성 우려, ESS 연계 REC 가중치 축소, 수익성 악화 등의 영향으로 민간 중심의 투자 수요는 다소 위축된 상태이다.

26) 기후에너지환경부 보도자료, 「2차 에너지저장장치(ESS) 중앙계약시장 개설, 540MW 입찰 공고」, 2025.11.27.

③ 증전기기 내 온실가스(SF₆)의 친환경 가스 대체

전력 설비 운영 및 유지관리 과정에서는 배전 및 변전 설비의 절연용으로 사용²⁷⁾되는 육불화황(SF₆)이 주요 배출원으로 지목된다. SF₆는 지구온난화지수가 높은 불소계 온실가스로, 설비 누출 시 온실가스 배출로 이어지는 특성이 있다.

이에 따라 최근에는 배전·변전 설비에서 사용되는 SF₆를 친환경 대체 가스로 전환²⁸⁾하려는 움직임이 확대되고 있다. 기술 적용이 가능한 154kV 이하 신규 설비를 중심으로 대체 기술 도입이 검토되고 있으며, 기술적 제약이 상대적으로 큰 초고압 설비의 경우에는 단계적 전환과 함께 관련 기술 개발 및 실증이 병행되고 있다. 이러한 방식은 발전 연료 전환과는 구별되는 설비 기반의 비CO₂ 감축 수단에 해당한다.

[표 III-3] SF₆ 가스 대체율 및 주요 내용

구분	154kV 이하	254kV 초과
신규 변전 설비의 대체율	100%	50%
주요 특징	현장 적용 중인 기술로, 당초 '40년 목표를 앞당겨 '35년 100% 대체	기술적 난이도가 높은 상황을 감안하여 대체율 50%로 하향 조정

자료: 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

(2) 감축 수단 적용의 과제

전력계통 및 인프라 혁신은 재생에너지 확대를 뒷받침하기 위한 기반으로 제시되고 있으나, 실제 이행 과정에서는 송전망 건설 지연, 계통 제약, 제도 전환, 기술 성숙도 등과 관련한 구조적 과제가 함께 제기되고 있다.

우선, 재생에너지 보급 확대의 전제인 송전망 확충은 지역 주민 반발과 부지 확보 갈등 등 사회적 수용성 문제로 인해 건설 지연이 반복되고 있다. 「국가기간 전력망 확충 특별법」 제정 등을 통해 인허가 절차 간소화와 사업 추진 기반이 마련되었으나, 절차적 공정성과 보상 체계에 대한 갈등이 지속될 가능성²⁹⁾이 있다.

27) SF₆은 전기가 새어나가지 않도록 막아주는 절연 가스로, 전력설비 내부에 채워져 전기를 안전하게 차단하고 스위치 작동 시 발생하는 불꽃(아크)을 억제하는 데 사용된다. SF₆는 지구온난화지수(GWP)가 약 23,500에 달하는 불소계 온실가스로, 동일 질량 기준 이산화탄소 대비 2만 3,500배의 온난화 효과를 미친다.

28) 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

또한 재생에너지 발전 확대에 따라 장거리 송전과 계통 혼잡 문제가 증가하면서, 현행 전력시장 구조가 지역별 계통 제약 비용을 충분히 반영하지 못한 다는 지적도 제기되고 있다. 이에 따라 실시간 전력시장과 지역별 한계가격 제³⁰⁾ 도입 등을 통한 시장 신호 개선 필요성이 논의되고 있다.

분산에너지 확대와 재생에너지 출력 변동성 증가는 기존 중앙집중형 계통 운영 체계의 전환 필요성을 높이고 있다. 이에 따라 배전망운영자(Distribution System Operator, DSO) 체계³¹⁾ 도입이 검토되고 있으나, 현행 계통운영 체계와의 역할 분담 및 비용 배분 기준은 아직 명확하게 정립되지 않은 상황이다.

한편, ESS 확대와 관련해서는 화재 사고 이후 안전성 우려와 수익성 저하 등으로 민간 투자 기반이 위축된 상황이며, 장주기 저장 기술의 경제성과 운영 안정성 확보도 과제로 남아 있다. 특히 ESS 설치와 관련한 중앙정부 차원의 안전·이격거리 기준이 명확하지 않아 지역별 규제 편차와 사업 불확실성이 발생할 가능성이 있다는 지적³²⁾도 제기된다.

마지막으로 SF₆ 대체 기술은 적용 전압대별 기술 성숙도 차이에 따른 단계적 이행 과제가 존재한다. 특히 초고압 대용량 설비의 경우 대체 가스의 절연 성능 및 안정성 확보가 주요 과제로 남아 있으며, 기술 실증과 국제 표준화 진행 상황에 따라 실제 적용 범위와 이행 시점이 영향을 받을 가능성이 있다.

한편, 재생에너지 확대에 따른 계통 유연성 확보 수단으로 수소 활용도 논의³³⁾되고 있다. 수소는 재생에너지의 잉여전력을 저장하였다가 수요가 높은 시점에 활용할 수 있어, 계절 간 수급 불균형을 보완하는 장주기 저장 수단으로 평가된다. 다만 경제성 확보와 저장·운송 인프라 구축 등의 과제가 제기된다.

29) 조윤진, “줄줄이 밀리는 송전망 건설…전국 곳곳 송전망 ‘병목,’” 서울경제, 2026.5.18.

30) 한계가격제 도입 관련 내용은 본 보고서 「라. 시장·제도 기반 감축 유인 강화」 중 「(1) 세부 감축 수단 ② 전력시장 구조 개편」에서 다루고 있다.

31) 배전망운영자(DSO)에 대한 설명은 [BOX 4] 분산자원 기반 전력망 구조에 제시되어 있다.

32) 대한상공회의소 보도자료, 「대한상의, 규제합리화추진단에 ‘규제합리화’ 과제 제출」, 2026.4.30.

33) 박신영, 박용정, 「무탄소 에너지 전환을 위한 청정수소의 역할: Clean Hydrogen for Sustainable Energy Transition」, VIP 리포트 25-02(통권 744호), 현대경제연구원, 2025.11.5.

다. 수요관리 고도화

(1) 세부 감축 수단

① 가격 신호를 통한 수요 분산 및 최적화

전력 수요의 시공간적 분산을 유도하기 위해 시간대별 차등 요금제(Time-of-Use, TOU)가 단계적으로 개편되고 있다. 시간대·계절·계통 혼잡도 등을 반영하여 전기요금을 차등화함으로써 소비자가 가격 신호에 따라 피크 시간대 전력 사용을 조정하도록 유도하는 방식이다. 특히 2026년 4월 16일부터 산업용(을) 대상 시간대별 전기요금 체계가 개편되면서 시간대 구분 기준 변경, 시간대별 요금 단가 조정, 봄·가을 주말 낮 시간 요금 할인 등이 도입되었다. 향후에는 계통 혼잡 비용과 재생에너지 출력 상황까지 반영하는 보다 유연한 요금체계 도입 필요성³⁴⁾도 제기되고 있다. 이러한 방식은 피크 시간대 전력 수요를 분산하고 계통 운영 부담을 완화하기 위한 제도이다.

② 지능형 인프라(AMI) 및 수요반응(DR) 시장 활성화

수요관리의 기술적 기반으로는 지능형 원격검침인프라(Advanced Metering Infrastructure, AMI)와 수요반응(Demand Response, DR) 제도가 활용되고 있다. AMI는 스마트미터와 양방향 통신망을 통해 실시간 전력 사용량과 요금 정보를 제공함으로써 소비자의 자발적 수요 조정을 지원하는 체계로, 국내에서는 2024년 기준 약 2,005만 호에 대한 보급이 완료되었다.³⁵⁾ AMI를 기반으로 수요반응 제도가 운영되고 있으며, 이렇게 구축된 데이터 인프라는 향후 가상발전소(Virtual Power Plant, VPP) 운영과 분산형 전력거래 활성화의 기반으로도 활용될 수 있다.

아울러 전력 수급 상황에 따라 소비자가 자발적으로 사용량을 조정하는 DR 제도도 다양한 방식으로 확대되고 있다. 현재는 소규모 참여 확대를 위한 국민 DR, 계통 이상 시 신속하게 수요를 조정할 수 있는 Fast DR, 재생에너지 출력 제어 완화를 목적으로 한 플러스DR 등이 운영³⁶⁾되고 있으며, 이는 피크 부하 완화와 재생에너지 변동성 대응을 통해 계통 유연성을 높이는 데 기여할 수 있다.

34) 윤여창, 「재생에너지 확대에 대응한 전력도매시장 구조 개선 방향」, KDI FOCUS 제144호, 한국개발연구원, 2025.9.4.

35) 한국전력공사, 「스마트미터링(AMI)으로 만들어 갈 새로운 에너지 세상!」, KEPCO, 제619호(2025년 1월호), 2025.

36) 산업통상자원부 보도자료, 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」, 2023.2.14.

③ 가상발전소(VPP) 기술 도입 및 분산 자원 통합 관리

소규모 재생에너지 설비와 에너지저장장치(ESS) 등 분산 자원을 ICT 기반으로 통합 운영하는 가상발전소(VPP) 체계도 확대되고 있다. VPP는 다수의 분산 자원을 하나의 발전 자원처럼 운영함으로써 전력 수급을 보다 정밀하게 관리하고 계통 운영 효율을 높이는 방식이다. 최근에는 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」 등을 통해 VPP 기반 유연자원 확보와 관련 실증 사업이 추진되고 있다.³⁷⁾ 또한 분산에너지 특구 등과 연계³⁸⁾하여 지역 단위의 생산·소비 균형을 강화하고, 분산 자원의 통합 관리를 통해 전력망 안정성을 높이는 수단으로 활용하려는 정책도 추진되고 있다.

(2) 감축 수단 적용의 과제

수요반응 자원의 실시간 수요 조정 기능 강화와 참여 기반 확대가 필요하다. 현재 수요반응 제도는 주로 피크 관리와 계통 교란 대응 중심으로 운영되고 있어, 전력시장과 연계한 실시간 수요 조정 기능을 강화³⁹⁾하고 소규모 분산 자원의 시장 참여를 확대할 수 있는 제도적 기반 마련이 요구된다. 또한 VPP·분산자원(Distributed Energy Resources, DER)⁴⁰⁾의 통합 운영을 위해서는 독립적인 배전망운영자(Distribution System Operator, DSO) 체계 구축과 함께 분산 자원의 계통 기여도를 반영할 수 있는 시장 보상 체계 정비가 주요 과제로 제기된다. 아울러 VPP 역시 계통 연계 기준, 시장 참여 구조, 수익성 확보 방식 등이 아직 정착 단계에 있어 실제 운영 과정에서 추가적인 제도 보완이 필요하다는 지적이 제기⁴¹⁾된다.

37) 기후에너지환경부, 「2026년도 지능형전력망 시행계획」, 2026.4.29.

38) 기후에너지환경부 보도자료, 「전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정」, 2025.11.5.

39) 문석·이소진·유정민·이혜진, 「서울시 전력수요반응 제도 활성화 통한 스마트 에너지 감축 방안」, 탄소중립센터, 2026.

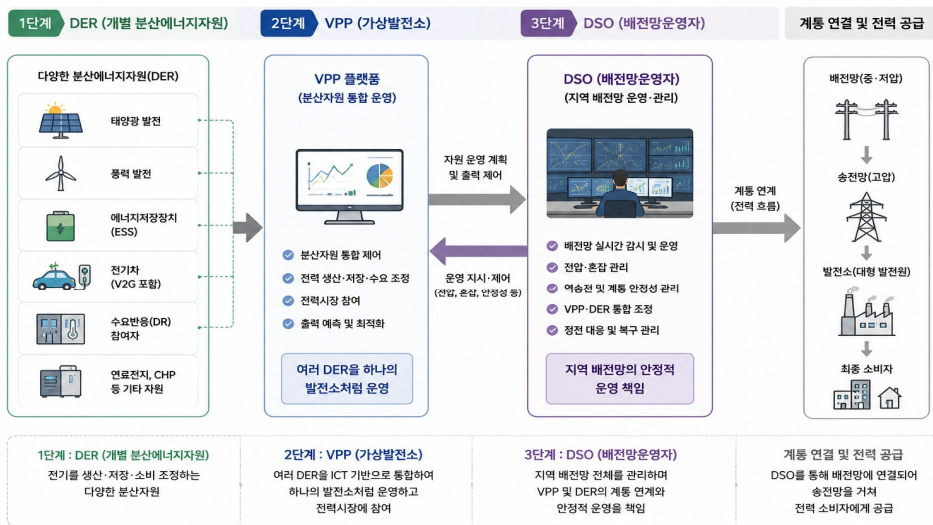
40) 분산자원에 대한 설명은 [BOX 4] 「분산자원 기반 전력망 구조」에 제시되어 있다.

41) 임장혁, 「재생에너지 기반 전력시스템으로의 전환: 가스발전소에서 가상발전소(VPP)로」, 기후솔루션, 2025.8.

[BOX 4] 분산자원 기반 전력망 구조

기존 전력망은 대규모 발전소에서 생산한 전력을 중앙집중적으로 공급하는 구조였기 때문에, 송전망 중심의 계통 운영만으로도 수급 관리가 가능하였다. 그러나 태양광·ESS·전기차·DR 등 전력 소비지 인근에 분산되어 설치·운영되는 소규모 전력 자원 및 유연성 자원인 분산자원(DER)이 빠르게 확대되면서, 지역 배전망 차원에서 분산 자원을 실시간으로 통합 관리할 필요성이 커지고 있다. 이에 따라 개별 DER를 ICT 기반으로 묶어 하나의 발전소처럼 운영하는 VPP가 도입되고 있으며, VPP와 DER의 계통 연계를 조정하고 지역 배전망의 전압·혼잡·안정성을 관리하기 위한 배전망운영자(DSO) 체계 필요성도 함께 제기되고 있다. 이러한 구조를 통해 분산 자원은 배전망과 송전망에 연결되어 전력시장과 최종 소비자 공급 체계에 통합되는 방식으로 운영된다.

분산에너지 계통 연계 구조



DER → VPP → DSO → 계통 연결 → 전력 공급 의 3단계 구조로 안정적이고 효율적인 전력 시스템을 구현

자료: 본 이미지는 생성형 AI를 이용하여 국회예산정책처에서 제작

라. 시장·제도 기반 감축 유인 강화

기술적 감축 수단이 계획에 그치지 않고 실질적인 이행으로 이어지기 위해서는 이를 뒷받침하는 가격 신호와 재정·금융 지원 체계의 정비가 병행되어야 한다. 이에 탄소 가격 기능 회복과 민간의 전환 투자를 촉진하는 제도적 기반은 중요하다.

(1) 세부 감축 수단

① 제4차 배출권거래제('26~'30) 개편⁴²⁾

제4차 계획기간(2026~2030년)의 배출권거래제 개편은 누적된 배출권 잉여 물량과 낮은 탄소 가격으로 인해 약화된 감축 유인을 보완하는 방향으로 추진되고 있다. 특히 탄소 가격이 기업의 투자와 에너지 사용 결정에 보다 실질적으로 반영될 수 있도록 시장 기능을 강화하는 데 초점이 맞춰져 있다.

주요 변화로는 발전 부문 유상할당 비율이 확대되었다. 유상할당 비율은 2026년 15%에서 시작해 2030년까지 단계적으로 확대될 예정이며, 이는 발전 부문의 탄소 비용 부담을 점진적으로 높여 가격 신호 기능을 강화하기 위한 조치이다. 다만 전력요금 반영 여부와 산업계 부담 수준에 따라 실제 감축 유인 효과는 달라질 가능성이 있다.

[표 III-4] 제4차 계획기간 유상할당 목표비율

구분		2026	2027	2028	2029	2030
탄소누출 비우려업종	발전 부문	15%	20%	30%	40%	50%
	발전외 부문	15%	15%	15%	15%	15%
탄소누출 우려업종		0%	0%	0%	0%	0%
특례업종		0%	0%	0%	0%	0%

자료: 기후에너지환경부, 「온실가스 배출권거래제 제4차 계획기간(2026~2030년) 국가 배출권 할당계획」, 2025.11.

42) 제4차 배출권거래제에 관한 설명은 기후에너지환경부의 「제4차 배출권거래제 기본계획」(2024.12.)과 기후에너지환경부의 「온실가스 배출권거래제 제4차 계획기간(2026~2030년) 국가 배출권 할당 계획」(2025.11.)을 참고하여 작성하였다.

아울러 배출권 시장의 가격 변동성과 잉여 물량 문제에 대응하기 위한 시장 안정화 장치도 강화되었다. 8,528만톤 규모의 한국형 시장안정화예비분(K-MSR)이 도입되어 배출권 가격 하락이나 시장 내 잉여 물량 증가 시 자동적으로 시장에 개입하는 구조가 마련되었다. 또한 배출권 이월 제한과 차입 한도도 완화되면서 기업의 단기적 이행 부담을 조정할 수 있는 유연성이 확대되었다.

② 전력시장 구조 개편

전력시장 구조 개편은 계통 혼잡 비용과 지역별 수급 여건을 전력 가격에 반영함으로써 발전설비 입지와 전력 소비의 효율성을 높이기 위한 수단이다. 기존에는 지역별 송전 혼잡과 계통 여건 차이가 전력 가격에 충분히 반영되지 않아, 발전설비 입지와 전력 소비가 계통 효율성과 괴리⁴³⁾된다는 한계가 지적되어 왔다.

이러한 문제를 보완하기 위해 소매 요금 체계에서 지역별 계통 여건을 반영하는 차등요금제 도입이 추진되고 있으며, 도매 전력시장에서는 지역별 한계비용을 실시간으로 산정하는 지역별 한계가격(Locational Marginal Pricing) 체계 도입 논의⁴⁴⁾도 이루어지고 있다. 두 방식 모두 송전 혼잡 비용과 지역별 수급 여건을 가격에 반영함으로써 전력 생산과 소비가 계통 여건에 맞게 분산되도록 유도하려는 취지이다. 특히 재생에너지 확대 과정에서 특정 지역에 발전설비가 집중될 경우 계통 혼잡과 출력 제한 문제가 발생할 가능성이 커지고 있어, 가격 신호를 활용한 입지 분산 필요성이 높아지고 있다.

한편 재생에너지 지원제도는 기존 RPS 중심 구조에서 계약시장제도(입찰) 방식으로의 전환이 논의⁴⁵⁾되고 있다. 현행 RPS는 비재생에너지 발전량 감소에 따라 공급의무량이 축소되는 구조적 한계와 함께, REC 현물시장 변동성 확대에 따른 비용 불확실성 문제가 지속적으로 제기되어 왔다. 이에 따라 신규 재생에너지 사업을 경쟁 입찰 기반의 장기 계약 방식으로 전환하려는 논의가 이루어지고 있으며, 이를 통해 가격 변동성을 완화하고 재생에너지 투자 예측 가능성을 높이려는 방향이 제시되고 있다.

43) 재생에너지 출력 제어 및 수도권 전력 자급률 문제에 대해서는 앞의 「나. 전력계통 및 인프라 구조 (3) 전력계통의 구조적 특징 ③ 지역 전력수급 불균형」에서 설명하고 있다.

44) 전력거래소, 「전력시장 개선방향」, 2024년 전력시장 개선방향 설명회 자료집, 2024.1.26.

45) 한국에너지공단, 「재생에너지 보급 제도 개편 및 법 개정 방향(안)」, 재생에너지 대전환을 위한 보급제도 개편 방향 입법 토론회 자료집, 2026.3.12.

(2) 감축 수단 적용의 과제

배출권거래제는 유상할당 확대와 시장 안정화 장치 도입에도 불구하고, 누적된 잉여 물량과 낮은 탄소 가격으로 인해 실질적인 감축 유인이 충분히 작동하지 못할 가능성이 있다. 또한 시장 안정화와 기업 부담 완화를 위한 유연성 확대 조치는 배출권 공급 과잉 상태를 장기화할 가능성도 함께 제기된다.

전력시장 구조 개편의 경우 지역별 차등요금제와 LMP 도입이 계통 효율성 제고에 기여할 수 있으나, 지역 간 요금 격차 확대와 산업 경쟁력 영향, 소비자 수용성 문제가 주요 과제로 남아 있다. 아울러 분산에너지 활성화 특별법에 따라 도매·소매요금 차등화 일정이 제시되었음에도, 구체적인 시행 시점과 운영 방식은 아직 확정되지 않아 제도 시행 지연 가능성도 제기되고 있다.⁴⁶⁾

재생에너지 보급 제도의 계약시장제도(입찰) 중심 전환은 경쟁 입찰을 통한 비용 하락과 재생에너지 투자 안정성 제고에 기여할 수 있으나, RPS 현물시장 폐지 및 기존 사업자 전환 과정에서의 혼란 최소화, 소규모 사업자 보호 등 질서 있는 전환⁴⁷⁾을 위한 제도 설계의 정교화가 요구된다.

46) 민성빈, “균형발전 촉진 ‘지역별 전기요금제’ 제자리걸음”, 단비뉴스, 2026.3.5.

47) 한국에너지공단, 「재생에너지 보급 제도 개편 및 법 개정 방향(안)」, 재생에너지 대전환을 위한 보급제도 개편 방향 입법 토론회 자료집, 2026.3.12.

2. 산업 부문

정부는 2035 NDC는 산업 부문의 온실가스 배출량 감축을 위하여 생산 공정의 전기화를 기본으로 탄소기반 연료와 원료의 대체, 에너지 및 공정 효율 개선, 순환자원 활용 등의 감축 수단⁴⁸⁾을 제시하고 있다. 산업 부문은 생산 공정상 온실가스를 다량 배출하는 철강, 석유화학, 시멘트 등의 중화학 산업들을 포함하고 있어 전체 온실가스 배출량 중 그 비중이 크다. 2024년 기준 철강 산업, 석유화학 산업, 시멘트 산업은 전체 온실가스 배출량 중 각각 14.5%, 7.8%, 5.7%를 차지하며 이 세 산업의 배출량만으로도 전체 배출량의 27.9%를 차지한다. 그렇기 때문에 전체 온실가스 배출량을 줄이기 위해서는 산업 부문, 특히 온실가스 다배출 산업의 적극적인 온실가스 감축 노력이 매우 중요한 상황이다.

[표 III-5] 산업 부문 주요 감축 수단

감축수단	업종	주요내용
연·원료 전환	철강	전기로강 생산, 대체철원(HBI) 활용, 합수소가스 취입
	석유화학	연료(LNG, 수소) 전환, 집단에너지 및 자가발전 연료전환(LNG, 바이오매스, 수소 등), 바이오납사 투입
	시멘트	혼합시멘트 생산, 포틀랜드 혼합재 비율 상향, 비탄산염 원료 대체
	공통	화석연료 사용 장비의 전기화, 자가발전 연료전환(수소)
에너지 효율화	철강	전기로 집약도 개선
	석유화학	노후설비 교체, 전력·열 사용 최적화
	시멘트	예열·냉각 공정 효율 향상
순환자원 활용	철강	철스크랩 투입비율 상향(상저취전로)
	석유화학	폐플라스틱 재활용(물리적·화학적·열분해·해중합)
	시멘트	유연탄 순환자원 대체

자료: 국회예산정책처

48) 산업 부문의 2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성을 위한 정부의 주요 감축수단은 다음 자료를 바탕으로 정리하였다.

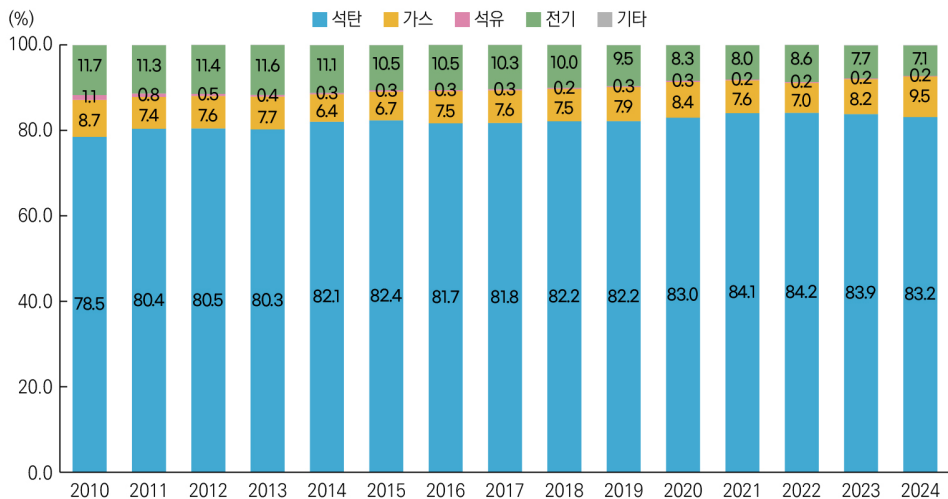
- 최민지, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 산업 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 환경부, 2025.9.26.
- 오일영, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 공청회, 관계부처 합동, 2025.11.6.
- 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「'35년까지 '18년 대비 온실가스 53~61% 감축」, 2025.11.10.

가. 연·원료 전환

(1) 철강 산업의 세부 감축 수단

철강 산업은 화석연료를 활용하여 고온에서 환원제를 투입하여 철광석에서 산소를 떼어내어 철강을 생산한다. 이러한 생산 공정의 특성 상 철강을 생산하는 과정 자체가 온실가스를 배출하는 과정이다. 2024년 기준 철강 산업의 에너지원별 사용 비중은 석탄이 83.2%로 가장 컸고, 가스 9.5%, 전기 7.1%, 석유 0.2%가 그 뒤를 이었다. 철강 생산 공정에서 철광석에서 산소를 제거해주는 원료는 물론 용광로의 고열을 발생시키기 위한 연료로 석탄을 활용하기 때문에, 무탄소 연·원료로의 대체가 온실가스 배출 감축에 있어 중요한 수단인 상황이다.

[그림 Ⅲ-8] 철강 산업 에너지원별 비중



자료: KOSIS

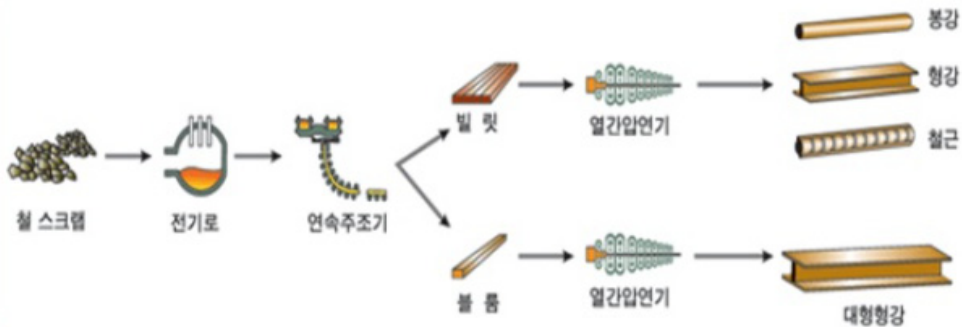
철강 산업의 대표적인 감축 수단으로는 전기로강 생산과 합수소가스 고로 취입 기술 등이 있다. 전기로강 생산 공정은 일반적으로 고철(scrap)을 전기 아크(arc)열이나 저항열, 유도열 등으로 녹여 강을 만드는 공정이다. 전기로의 경우, 사용하는 전기열의 종류에 따라 전기아크로, 전기저항로, 전기유도로 등이 있으나 전기아크로가 가장 일반적으로 사용된다.

전로강은 철광석과 원료탄(coking coal)을 이용하여 선철(pig iron)을 만들고 선철의 탄소 함량을 조절하여 강(steel)을 만든다. 생산 공정상 탄소기반 연

료를 사용하여 고열로 철광석을 가열하고 탄소를 활용하여 철광석의 산소를 빼어내는 과정에서 온실가스가 다량 발생하게 된다. 전기로강의 생산 공정은 이러한 전로강 생산에 비해 상대적으로 간단하다. 전기로 안에 고철을 장입한 후 상부에서 전극봉을 넣고 전극봉에 강한 전류를 흘려보내면 전기아크(electric arc)가 발생하고 이 아크열을 이용하여 고철을 녹이고 용강을 만든다. 불순물 제거와 가열 시 탄소기반 원료 및 연료를 직접적으로 사용하지 않기 때문에 온실가스가 적게 발생한다. 이후는 전로강과 유사한 생산 공정을 따른다. 전기로에서 생산된 용강으로 연속주조 공정을 통해 블릿(billet)이나 블룸(bloom) 등의 반제품을 만들고 이를 압연 공정을 통해 최종 철강 제품으로 가공한다.

이러한 특성은 전기로강으로 만드는 철강재의 종류에 영향을 미친다. 전기로강으로 생산하는 최종 철강재는 봉강, 형강, 철근, 대형형강 등이다. 대부분이 건축 및 토목자재로 건축물이나 땅속에 묻혀 철강재가 밖으로 드러나지 않는 제품들이다. 반면, 전로강으로 만드는 제품은 주로 판재류가 많으며 냉연강판이나 열연강판 등은 전자제품이나 자동차 등의 외장재로 사용되기 때문에 불순물 함량이 낮고 철강재 표면 품질이 우수해야 한다. 전기로강과 전로강 제품 품질이 다르기 때문에 각각을 이용하여 만들 수 있는 최종 철강재가 서로 다르다. 전기로강으로 고품질강을 생산하기 위해서는 이미 전로강으로 생산된 고품질 제품의 스크랩을 활용할 필요가 있다⁴⁹⁾.

[그림 III-9] 전기로강 생산 공정



자료: 한국철강협회

49) 강병욱, 「탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구」, 에너지경제연구원, 2025.7.

함수소가스란 수소를 함유하고 있는 가스를 일컫는다. 따라서 함수소가스 고로 취입 기술은 수소를 일정 비율로 함유하고 있는 가스를 고로 내에 취입함으로써 수소가 탄소의 환원 역할을 일부 대체하도록 하는 것이다. 전통 고로 제철 방식에서는 고로에 코크스와 소결광을 장입한 후 열풍로에 열풍과 미분탄을 주입하여 철광석의 환원반응을 일으킨다. 이러한 열풍로에 수소, 혹은 수소를 함유하고 있는 가스를 함께 취입할 경우 탄소에 의한 환원 뿐만 아니라 수소에 의한 환원 반응이 동시에 일어나 결과적으로 코크스 장입량을 줄이고 온실가스 배출을 줄일 수 있다. 함수소가스 고로 취입 기술에 활용될 수 있는 함수소가스는 COG(Cokes Oven Gas, 코크스로가스), BFG(Blast Furnace Gas, 고로가스)와 LDG(Linz-Donawitz converter Gas, 전로가스) 등이 있다. 이 중 COG는 다른 철강 부생가스들에 비해 매우 높은 수소 함량을 갖는다. BFG와 LDG는 수소 함량이 5% 미만인데 비해 COG는 수소 함량이 56.4%로 월등히 높다. 더불어 COG는 철강 공정 내 발생하는 부생가스로 별도 구입, 운송 등의 과정이 불필요하다.

[표 III-6] 주요 철강 부생가스의 성분, 발열량, 발생량 비교

	BFG	COG	LDG
CO ₂ (%)	20.7	3.1	17.8
CO (%)	20.0	8.4	64.2
H ₂ (%)	3.2	56.4	2.0
CH ₄ (%)	-	26.6	-
N ₂ (%)	54.1	2.3	15.9
C _m H _n (%)	-	2.0	-
발열량 (kcal/Nm ³)	750	4,400	2,000
발생량 (Nm ³ /thm)	1,400~1,600	300~350	80~100

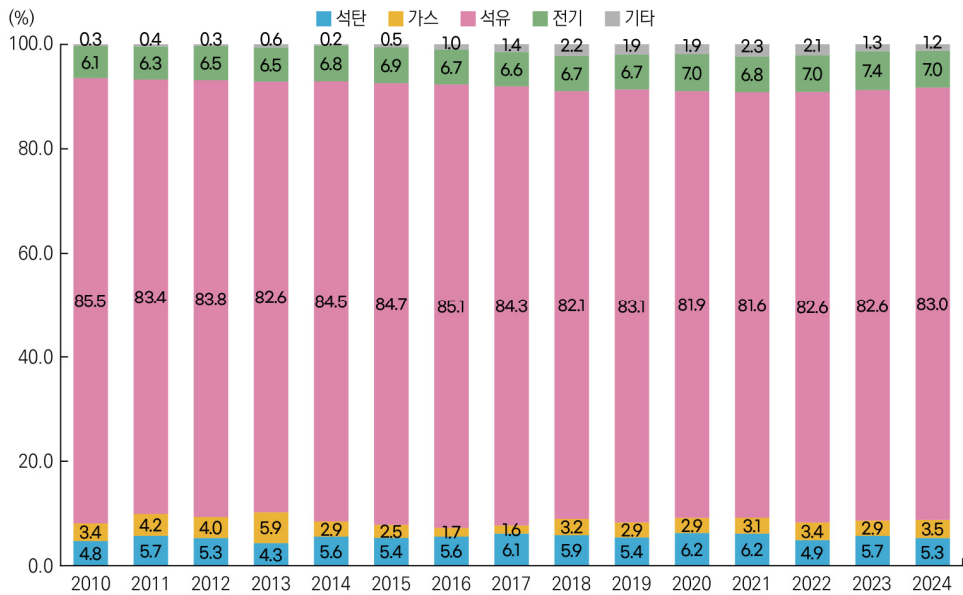
주: C_mH_n는 탄화수소가스, Nm³는 노멀 입방미터(normal cubic meter), thm은 열량 단위 섬(therm, 1thm=25,200kcal)을 의미

자료: 장병록 외, 「제선용 수소 제조(증폭) 모델 및 적용 소재 개발 방안 수립」, 2017.6.15.

(2) 석유화학 산업의 세부 감축 수단

석유화학 산업의 온실가스 배출은 석유화학 기초유분 생산을 위한 납사 열분해 공정에서의 고열 가열을 위한 연료 연소와 생산 공정에 필요한 전력과 스팀 등을 생산 시 발생한다. 2024년 기준 석유화학 산업의 에너지원별 사용 비중은 석유 83.0%, 전기 7.0%, 석탄 5.3%, 가스 3.5%를 기록하였다. 석유화학 산업은 납사 생산에 석유를 원료로 활용하고 납사의 열분해 과정에서의 탄소기반 연료에 대한 의존도가 높다. 더불어 생산 공정에 필요한 전력 사용량도 상대적으로 높은 편이다. 석유화학 산업 또한 철강 산업과 마찬가지로 무탄소 연·원료로의 대체가 온실가스 배출 감축에 있어 중요한 수단인 상황이다.

[그림 III-10] 석유화학 산업 에너지원별 비중



자료: KOSIS

국내 석유화학의 공정이 원료와 연료 모두 탄화수소 납사를 중심으로 구성되어 있어, 석유류 제품 소비로 인하여 다량의 온실가스가 배출된다. 그렇기 때문에 원료 대체는 석유화학 산업의 주요 온실가스 배출 감축 수단이다. 탄소기반 원료 탈피를 위해서 단기적으로는 바이오 원료 활용이 가능하며 장기적으로는 부생가스를 활용한 전환 기술을 고려할 수 있다.

바이오납사는 폐식용유, 팜유 등을 원료로 활용하여 제조하며, 바이오납사를 이용하여 생산한 메탄올을 통하여 올레핀을 생산한다(Methane to Olefin, MTO). MTO 공정은 1,000℃를 넘는 납사 열분해로 대신 350℃ 정도 수준의 상대적으로 낮은 온도에서 진행되기 때문에 열 공급을 위한 에너지 소비 감축을 통하여 온실가스 배출을 줄일 수 있다.

부생가스 활용 전환 기술은 메탄, 이산화탄소 등 석유화학 공정 중 발생하는 부생가스를 열원 활용 대신 고부가가치 화합물로 전환하는 기술이다. 납사 열분해 과정 중 발생하는 부생가스의 주요 성분인 메탄을 특수 촉매나 미생물을 활용하여 에틸렌(올레핀), 방향족 화합물 등으로 직접 전환하여 원료를 대체할 수 있는 방안이다. 촉매 반응을 통하여 메탄을 산소나 이산화탄소와 반응시켜 일산화탄소와 수소의 혼합물인 합성가스(Syngas)를 만들거나, 중간 과정 없이 바로 기초유분으로 전환할 수 있다. 저온, 저압에서도 이러한 가스 전환을 가능하게 하는 촉매 공정이 연구 중이다. 미생물의 발효 작용을 통해 부생가스를 고부가가치 화학물질이나 바이오 플라스틱 소재로 전환하는 기술 또한 연구 중에 있다.

국내 석유화학 산업은 높은 에너지 효율 수준을 달성하고 있어 연료 부문에 있어 추가적인 감축 여력은 높지 않다, 그럼에도 촉매 활용이나 열교환 시스템 개선 등이 에너지 효율 개선 등의 추가적인 에너지 효율화 방안이 있다. 그중에서도 촉매를 활용하여 반응열을 낮추는 저에너지 납사 분해 기술은 2030년에 파일럿 실증 수준에 도달하고 2035년 상용화를 목표로 기술 개발이 추진되고 있다. 연료대체 측면에서는 가열을 위해 사용되는 연료의 연소 배출 감축을 위해, 2040년까지 재생에너지 연계 전기가열로 20% 정도를 대체하는 방안 등이 고려된다.

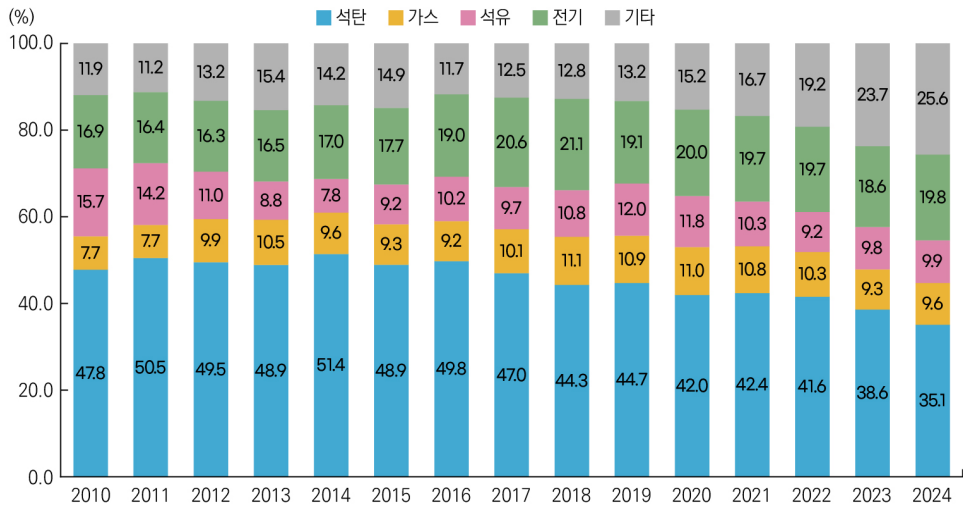
수소혼소, 수소 NCC, 전기 NCC와 같이 NCC 공정에 투입되는 석유화학 연료 및 메탄 사용량 저감을 위한 공정 개선은 기존 NCC에 투입하는 연료의 일부 또는 전부를 수소나 그린전력으로 대체하는 공정이다. 석유화학의 에너지 소비가 65~75%가 열분해 공정에서 사용된다는 것과 생산공정의 직접배출이 온실가스 배출의 대부분을 차지한다는 점을 고려하면, NCC 공정의 연료를 무탄소원으로 전환이 배출 저감에 필수적이다.⁵⁰⁾

50) 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

(3) 시멘트 산업의 세부 감축 수단

시멘트 산업의 온실가스 배출의 대부분이 석회석에 포함된 탄산칼슘이 산화칼슘과 이산화탄소로 분해되는 과정에서 발생한다. 그렇기 때문에 온실가스 총배출 감축 차원에서는 배출의 대부분을 차지하는 공정 배출 감축을 위한 원료 전환과 새로운 제조법의 개발이 매우 중요하다. 또한, 높은 유연탄 소비 비중을 대체하기 위한 연료 전환, 에너지 효율 개선을 통한 직·간접 배출억제도 중요하다. 2024년 기준 시멘트 산업의 에너지원별 비중은 석탄 35.1%, 기타 25.6%, 전기 19.8%, 석유 9.9%, 가스 9.6% 였다.

[그림 III-11] 시멘트 산업 에너지원별 비중



자료: KOSIS

시멘트 산업에서 발생하는 직접 배출은 시멘트의 핵심 원료인 석회석을 화학 분해하는 과정에서 다량 발생한다. 시멘트 산업의 온실가스 배출 저감을 위해서는 최종 상품인 시멘트의 품질을 유지하면서 다른 원료 대체를 통하여 석회석 기반 클링커의 비중을 낮추는 것이 중요하다. 현재 철강 부산물인 고로 슬래그, 플라이 애시 등을 사용하여 석회석 원료 일부를 비탄산염으로 대체하고 있으나, 부원료 비중의 증가로 인해 시멘트 품질 저하 문제가 발생하고 철강 산업의 탈탄소화 추진에 따라 장기적인 대체 방안으로 활용되기는 어렵다. 이를 대신하여 콘크리트 미분말, 페록(ferrock) 등 신규 원료 개발이 진행 중으

로, 현재 2% 수준의 혼합재 함량을 2050년까지 12%까지 높이는 감축 방안이 고려되고 있다.⁵¹⁾

원료 대체를 위하여 시멘트 제조에 사용하는 혼합재 비중을 현재 10%에서 20%까지 상향하는 기술개발과 혼합시멘트 생산 비중 확대 방안을 연구 중에 있다. 포틀랜드 시멘트는 한국산업표준⁵²⁾에 따라 그 품질과 규격이 엄격하게 관리되고 있는데, 생산 규정에 따르면 고로 슬래그, 포조란, 플라이 애시 등은 5%까지 혼합 가능하고 석회석 분말을 5%까지 혼합하여 최대 10%까지 혼합재를 혼합하여 생산하도록 하고 있다. 시멘트 제조 과정 중 클링커 생산에서 발생하는 배출 비중이 가장 크기 때문에, 혼합재의 사용을 비율을 2050년까지 최대 20%까지 증가시키고 클링커 사용량을 줄이게 되면 공정과정에서의 배출량을 감축할 수 있다. 더불어 시멘트 제조 시 클링커 사용량 감소를 위해 일반적인 포틀랜드시멘트가 아닌 고로 슬래그 시멘트와 같은 저탄소 혼합 시멘트 생산 비중을 확대하는 것이 가능하다. 혼합 시멘트는 시멘트 생산 단위 당 클링커 사용량이 현저히 낮아, 포틀랜드시멘트 대비 감축량이 50%에 이르는 것으로 파악된다⁵³⁾.

시멘트 제조에서 발생하는 직접, 간접 배출의 상당량이 소성로 가열에서 발생하므로, 더 낮은 온도에서 소성이 가능한 대체 원료 개발이 중, 장기적인 원료 전환 감축 방안이다. 광화제 투입이나 산업 부산물 활용을 통하여 1450℃ 보다 낮은 1300℃ 정도의 온도에서 클링커를 제조하여 연료 연소를 줄임으로 온실가스 배출을 저감할 수 있다.

(4) 감축 수단 적용의 과제

철강, 석유화학, 시멘트 산업은 공정 자체가 온실가스를 다량으로 배출하는 과정이기 때문에 원료와 연료 대체를 통한 온실가스 배출을 감축하는 것이 매우 중요하다. 그러나, 기존 탄소기반 연료만큼 효율을 내면서 온실가스를 배출하지 않는 대체 연료를 확보하는 것은 상당히 까다로운 과제이다. 철강, 석유화학, 시멘트 등과 같이 초고온(1,000℃ 이상)의 열이 필요한 산업에서 전기나 바

51) 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

52) 포틀랜드 시멘트는 한국산업표준 KS L 5201로 표준이 규정되어 있다.

53) 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

이오 연료만으로 기존 탄소기반 연료를 전적으로 대체하는 것은 기술적으로 한계가 있다. 더불어 그린 수소(재생에너지로 만든 수소)나 수소환원제철 같은 혁신 기술은 아직 연구 단계이거나 상용화 초기 단계에 머물러 있어 시장 형성도 제대로 되지 않은 상황이다. 그렇기에 탄소기반 연료를 대체한 청정에너지에 대한 공급망 또한 부재한 상황이다. 수소나 암모니아, 바이오 연료를 적극 활용하고자 하여도 이를 안정적으로 공급받을 수 있는 인프라(배관망, 저장소 등)가 부족한 상황이다. 온실가스 배출 감축을 위하여 적극적으로 전기화를 적용하려 하여도 국내 신재생에너지 발전량 비중이 낮은 수준이고 청정 전력을 안정적으로 보급할 전력망도 부족한 상황이다.

또한 모든 온실가스 배출 저감 수단 적용에 있어서 철강, 석유화학, 시멘트 산업의 공통적인 과제이지만, 이들 산업은 대표적인 장치산업으로서 설비 설치와 교체에 막대한 자본을 필요로 한다. 대체 원료와 연료 사용을 위하여 설비를 신규로 설치하거나 새로운 기술을 적용한 설비로 교체하는 것은 비용적 부담이 매우 큰 것이 현실이다. 더불어 현재로서는 시장이 제대로 형성되어 있지 않아 청정 원료와 연료의 가격이 매우 높게 형성되어 있어 청정 원료와 연료의 원활한 공급에 대한 어려움이 있다. 산업 부문의 시설 신규 설치와 교체는 자본적 지출(Capital Expenditure, CAPEX)과 운영비용(Operational Expenditure, OPEX)적 측면에서 온실가스 배출 감축 수단의 적극적인 적용에 부담이 있다.

나. 에너지 효율화

(1) 철강 산업의 세부 감축 수단

철강 산업의 전기로 집약도 개선은 철스크랩 투입 비율을 늘리고 에너지 효율을 높임으로써 온실가스 배출을 감축할 수 있는 수단이다. 철광석을 직접적으로 활용할 수 없는 전기로의 사용 비중을 높이기 위해서 열간 브리켓 철(Hot Briquetted Iron, HBI)이라는 것을 원료로 쓸 수 있다. HBI란 직접환원철인 DRI(Direct Reduced Iron)를 덩어리로 뭉친 것을 말한다. 철강업에서 온실가스가 많이 배출되는 것은 탄소를 환원제로 철광석의 불순물을 제거하는 과정에서 이산화탄소가 다량으로 발생하기 때문이다. 이는 철강 생산 과정에서 산화철을 사용하기 때문인데, DRI를 이용한 제강법은 이미 산소를 떼어낸(환원

된) 철광석을 사용하는 방식이다. DRI는 샤프트로(shaft furnace)에 철광석과 환원가스를 넣어 환원반응을 일으켜서 미리 환원된 고급 철원을 만든 것이다. DRI의 원료는 철광석과 천연가스라고 할 수 있는데, 고체인 철광석의 운반이 기체인 천연가스에 비해 용이하기 때문에 DRI 생산은 주로 천연가스 생산지역 근처에서 이루어지게 된다. 샤프트로 내의 철광석은 수소나 일산화탄소와 반응하여 환원되며 부산물로 물, 또는 이산화탄소를 생성하게 된다. HBI를 활용한 전기로 생산 방식은 일반적인 고로 환원 생산공정 보다 이산화탄소 배출량을 75%까지 감축할 수 있다⁵⁴⁾.

(2) 석유화학 산업의 세부 감축 수단

석유화학 산업은 생산 공정 중 전력과 열(스팀)을 사용으로 인한 간접배출 비중이 크다. 공정 통합(process integration), 전기화 전환, 스팀 시스템 제어 고도화 등을 통하여 이러한 간접배출을 감축할 수 있다. 공정 통합을 통하여 열교환 네트워크(Heat Exchanger Network, HEN)의 고도화를 구현하여 생산 공정에서 발생하는 폐열 회수를 보다 효율적 수행할 수 있다. 히트펌프를 활용하면 중·저온의 폐열의 온도를 다시 올려 공정열로 재활용이 가능한데, 이 때 고효율 인버터를 통하여 전력 소모를 줄여 효율성을 제고할 수 있다. 스팀 시스템 제어를 고도화하면, 압력별 스팀 수요를 실시간으로 분석하여 보다 최적화된 스팀 활용이 가능하다.

(3) 시멘트 산업의 세부 감축 수단

시멘트 산업의 생산 공정은 고온에서의 소성 과정을 통하여 클링커를 생산하고 이를 급격하게 냉각시켜 안정화하게 된다. 이러한 가열과 냉각 공정의 효율성을 높이면 온실가스 배출 또한 감축할 수 있다. 가열 공정은 예열 공정을 통하여 그 효율성을 높일 수 있다. 다만 사이클론 예열기를 활용하면 원료를 단계적으로 예열하여 열효율을 극대화하고 하소로(calciner)에서 발생하는 연도가스(flue gas)의 폐열을 원료 가열에 재사용할 수 있다. 냉각의 경우 노후화된 냉각 설비를 그레이트(grate) 또는 워킹 플로어(walking floor) 방식으로 (클

54) 강병욱, 「탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구」, 에너지경제연구원, 2025.7.

링커 쿨러(clinker cooler) 현대화하여 고온의 클링커를 급속하게 냉각하여 광물 구조를 안정화할 수 있다.

(4) 감축 수단 적용의 과제

철강, 석유화학, 시멘트 산업은 전통적인 제조업으로서 지속적인 효율성 제고를 통하여 현재의 생산 공정을 완성한 상황이다. 그렇기 때문에 추가적으로 효율성을 높이는 여력이 높지 않은 상황이다. 단지, 이전의 효율성 제고는 온실가스 배출에 대한 고려 없이 산업의 경쟁력과 효율성만을 추구하였기 때문에 온실가스 배출 감축을 위하여 최적화의 목표가 달라진 상황이다. 더불어 에너지 효율화를 통한 감축 수단은 아직 상용화에 이르지 못한 연구 단계에 있는 기술들이 많기 때문에 단기간 내에 큰 온실가스 배출 감축 효과를 기대하기 어려운 부분이 있다.

다. 순환자원 활용

(1) 철강 산업의 세부 감축 수단

고로에 장입된 철광석 소결광은 코크스 등과 반응하여 선철을 생산하고, 이는 전로에서 정련과정을 거쳐 전로강을 생산한다. 전로강에는 이러한 선철과 함께 철 스크랩(고철)이 투입되는데, 현재 철강 생산 공정에서 선철과 철 스크랩의 비율은 85 대 15 수준으로 투입하여 생산한다. 이 때 선철의 비중을 줄이고 철 스크랩의 비중을 늘리면, 전로강 생산량이 고정된 상태에서 고로의 선철 생산량이 감소하여 온실가스 배출량을 감축할 수 있다. 상저취전로 기술은 기존 상부에서만 산소를 유입시키던 방식에서 전로 상하부에서 산소를 유입시켜 철 스크랩 사용량을 증대시켜주는 방식이다.

(2) 석유화학 산업의 세부 감축 수단

자원순환은 폐플라스틱의 물리적·화학적 재활용을 중심으로 업사이클링 기술을 통해 온실가스 배출을 최소화하는 감축 방법이다. 기존의 폐플라스틱 활용은 폐기물을 이용한 소각열 생산(열적 재활용)이었던 것에 반해, 업사이클링 기술은 폐플라스틱을 소각하면서 발생하는 이산화탄소 배출량을 저감함과 동시

에 폐플라스틱을 재활용하여 자원순환 시스템을 구축하는 방식이다.

폐플라스틱 자원순환 관련 주요 기술은 물리적, 화학적 재활용 방식으로 구분된다. 더 나아가 화학적 재활용은 열분해, 가스화, 해중합으로 세분된다. 물리적 재활용은 단일 폐플라스틱을 수거, 파쇄, 재가공하여 동일 재질의 플라스틱 제품을 생산한다.

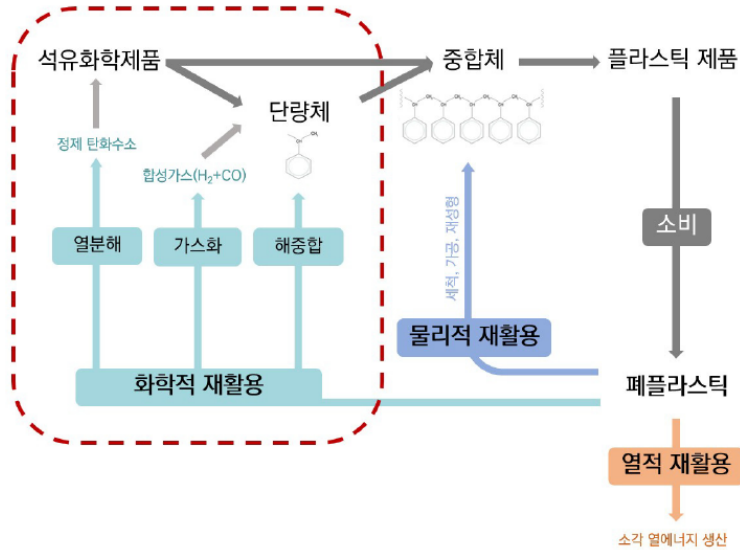
화학적 재활용의 열분해 방식은 700~800℃의 무산소 조건에서 플라스틱의 고분자 사슬을 분해시켜 올레핀 등이 함유된 열분해유를 생산하는 방식으로 재활용한다. 가스화 방식은 고온의 가스화기를 통해 플라스틱이나 기타 화합물을 가열해 수소나 메탄올을 전환해 화학제품을 생산한다. 마지막으로 해중합 방식은 폐플라스틱을 단량체로 분해하고 용매와 함께 반응시켜 생산하게 된다. 화학적 재활용은 물리적 재활용에 비해 산업적 활용도가 더 높은 것으로 알려져 있는데⁵⁵⁾, 이는 이론적으로 재활용 횟수와 무관하게 원료와 유사한 수준의 플라스틱을 재생산할 수 있기 때문이다.

현재 가장 많이 활용되고 있는 방법은 물리적 재활용이다. 열분해 방식을 기술적 장벽이 상대적으로 낮아 상용화에 근접해 있는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 초기에는 물리적 재활용 방식을 가장 우선 도입하고, 2040년 이후 바이오 기반 플라스틱 등을 확대하여 해중합 방식을 확대하는 방법이 추진 중이다. 화학적 재활용은 각 방식으로 생산할 수 있는 화학제품이 다르고 에너지 사용 측면에서도 상이한 특성을 지녀 모든 재활용 방식에 대한 기술개발이 추진 중이다⁵⁶⁾.

55) 한국과학기술평가원, 「폐플라스틱 화학적 재활용 기술」, 2023.11.30.

56) 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

[그림 III-12] 석유화학 제품의 재활용 기술



자료: 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

(3) 시멘트 산업의 세부 감축 수단

국내 시멘트산업은 유연탄을 포함한 석탄류와 석유류 연료 사용 비중이 매우 높아서 대체 연료 확대와 친환경 열원화를 통한 온실가스 배출 감축이 필수적이다. 이를 위해, 시멘트산업의 연료 전환 수단으로 예열기에 사용 중인 유연탄 비중을 낮추고 순환자원을 활용해 유연탄 대체를 2030년까지 30%, 2050년까지 50% 확대하는 방법이 추진 중에 있다. 순환자원은 폐타이어, 폐합성수지, 고무류, 폐목재 등 가연성 폐기물 등이며, 시멘트산업의 화석연료 사용과 기존의 폐기물 매립 및 소각 처분을 동시에 감소시키는 효과가 있다.

순환자원 활용 외에도 수소·바이오 등과 같은 신규 열원 도입을 위한 기술 개발이 연구 중에 있다. 이러한 신규 연료원 활용은 중·장기적인 온실가스 배출 감축 수단으로, 수소 열원의 경우 2040년 이내에 상용화를 위하여 연구 중에 있다. 바이오 열원의 경우, 이미 바이오매스 연료에 해당하는 폐목재가 일부 활용되고 있으며 다양한 바이오매스 연료로의 대체가 가능한 상황이지만, 유연탄 대비 낮은 열량과 경제성 문제로 공정에 적극적으로 활용되고 있지는 않다. 다만, 이를 해결하기 위해 바이오매스 기반 연료원을 건조하거나 탄화, 가스화시켜 에너지밀도를 고도화하는 기술개발이 추진 중이다⁵⁷⁾.

(4) 감축 수단 적용의 과제

온실가스 배출 감축을 위한 순환자원 대체 적용을 위해서는 안정적인 공급망 부족과 기술적 한계 극복이라는 과제가 있다. 아직 고품질의 순환자원은 대량으로 공급되기 어려운 상황이기 때문에 제품 생산에 필요한 플라스틱, 알루미늄 등의 고품질 순환자원의 충분한 공급량을 확보할 수 있는 체계 구축이 필요하다. 더불어 순환자원의 수거와 선별 단계에서 이물질이 섞이거나 단일 재질로 분리되지 않으면, 재활용 단가가 올라가고 최종 제품의 품질이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다. 단순히 소각을 통한 열원으로서의 활용에서 벗어나 화학적 재활용이나 고순도 재생원료 활용이 이루어져야 온실가스 배출 감축의 효과가 클 수 있으나 아직 기술적 한계와 경제적 장벽이 존재하고 있는 상황이다. 폐플라스틱을 화학적으로 분해해 다시 깨끗한 원유 상태로 만드는 ‘열분해’나 ‘해중합’ 기술 등은 아직 상용화 초기 단계이거나 대규모 생산 공정을 갖추기 어려운 상황이며 친환경 순환자원의 공급 단가가 아직 높기 때문에 비용적 부담도 큰 상황이다.

57) 에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

3. 수송 부문

정부는 수송부문의 온실가스 배출량을 2018년 99백만tCO₂e_q에서 2035년 33~44백만tCO₂e_q으로 감축하는 것을 목표로 하고 있다. 이는 2018년 온실가스 배출량의 55.2~67.0% 감축에 해당되며, 이를 위해 운송수단마다 다양한 방안이 제시되고 있다.⁵⁸⁾ 운송수단은 도로부문과 비도로부문으로 구분되며, 비도로 부문은 철도, 해운, 항공을 포함한다.

도로 부문의 경우 전기차를 중심으로 무공해차 보급 확대, 비사업용 내연차의 총주행거리 감축, 내연차의 연비개선, 바이오연료 혼합률 상향 등이 주요 전략으로 추진되고 있다. 우선, 무공해차 보급을 늘리기 위해 수요측면에서 차량 구매 시 보조금 지원과 세제감면, 충전 인프라 확충 등이 시행되고 있다. 공급측면에서는 무공해차의 성능 개선을 위해 1회 충전주행거리 연장, 배터리팩 경량화, 모터효율 개선 등 기술적 지원이 이루어지고 있고 배터리 구동모터 등 핵심 부품의 국산화 지원, 경/소형차 전기차 개발 확대 등도 병행되고 있다. 한편 내연차 저감 및 퇴출을 유도하기 위해 온실가스 배출기준을 강화하고 대기 관리권역 내 노후 경유차 운행 제한을 확대할 예정이다. 또한 EU나 영국 등 주요국의 사례를 참고하여 내연차 신차의 판매를 제한하는 것을 검토 중에 있다. 정부는 이를 통해 2035년까지 전체 차량 중 무공해차 등록대수 비중을 30~35% 이상 늘릴 계획이다. 이 밖에도 건설기계, 농기계, 이륜차 등 운송수단에 대한 전동화 추진을 포함하고 있다.

한편, 2035년 비사업용 내연차의 총 주행거리를 2018년⁵⁹⁾ 대비 35~40% 이상 감축하는 것을 목표로 대중교통 이용 확대와 자전거 및 보행환경 개선 등이 시행되고 있다. 이를 위해 광역철도, 광역급행버스 등 노선을 다양화하고 요금 할인을 확대하며 농어촌 지역 콜버스, 친환경 수상 교통 등 대체 교통수단 확대에도 노력을 기울이고 있다.

비도로 부문의 경우 수소 열차로 전환, 친환경 선박의 도입, 항공 운행효율 개선 등이 주요 전략으로 제시되고 있다. 수소연료전지를 활용한 기관차와 트램을 도입하여 2035년까지 10%의 경유 열차를 수소 열차로 대체할 예정이다.

58) 환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 -수송 부문-」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

59) 2018년 비사업용 내연차의 총 주행거리는 2.718억km이다.

또한 고중량 철도차량의 부품을 경량 부품으로 대체하고 공기저항을 감소시킴으로써 철도차량의 효율을 개선할 계획이다. 해운의 경우 LNG·하이브리드·혼합연료 등 친환경 선박으로 전환을 지원하고 저전력 고효율 항만시설로 개선함으로써 친환경 해운물류 인프라를 구축할 계획이다. 항공의 경우 연료 효율이 우수한 최신 항공기와 연료 소비 감소를 위한 비행 기법의 도입을 통해 항공 운항 효율을 연평균 1%씩 개선하는 것을 목표로 하고 있다.

문제는 정책 목표를 달성하기에 인프라, 기술적, 재정적 요인 등에서 제약 사항이 있다는 점이다. 본 절에서는 온실가스 배출의 대부분을 차지하는 도로 부문의 정책 현황과 감축 수단 적용의 과제를 중심으로 살펴보도록 하겠다.

[표 III-7] 수송 부문 주요 감축수단

구분		△53%	△61%
도로	전기차 보급	신차 비중 (30년) 40%, (35년) 70%(승용기준)	신차 비중 (30년) 40% 이상, (35년) 70% 이상(승용기준)
	수요 관리	내연차(비사업용) 총 주행거리 '18년 대비 40% 감소	내연차(비사업용) 총 주행거리 '18년 대비 40% 이상 감소
	연비 개선	매년 0.2% 개선	매년 0.2% 이상 개선
	연료 대체	바이오디젤 혼합률 8%로 확대	바이오디젤 혼합률 8% 이상 확대
비도로	철도	친환경철도(수소열차) 도입 10%/ 효율 개선 15%	
	해운	저탄소 무탄소 등 친환경 선박 88척 전환	
	항공	매년 1% 효율 개선	

자료: 기후에너지환경부 내부자료

가. 전기차 보급 확대

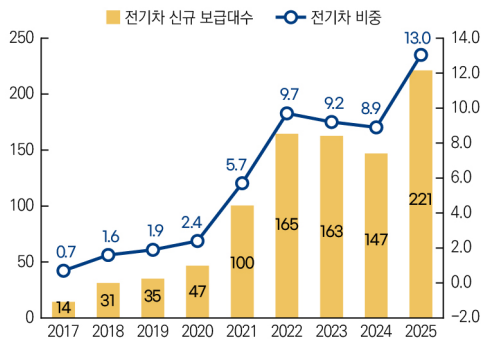
(1) 현황

정부는 2035 NDC 계획에 따라 온실가스를 2018년 대비 53% 감축하기 위해 2030년에 신차 비중의 40%, 2035년에 70%를 전기차로 보급할 계획이다. 이를 위해 정부는 전기차 구매보조금 예산을 2016년 2,129억원에서 2026년 2조 1,409억원으로 늘려왔다.⁶⁰⁾ 이에 따라 연간 신차 보급 중 전기차 비중이 2016년 연간 신차 대비 0.3%에서 2025년에는 약 13.0%까지 증가하였다.⁶¹⁾

정부 계획에 따라 2030년 신차 비중을 40%까지 늘리려면 신차 중 전기차 비중을 매년 5.4%p씩 증가시켜야 한다. 2025년 신차(약 169.5만대) 중 전기차는 22.1만대였으므로 2026년 전기차 보급대수가 5.4%p 증가할 경우 전년대비 9만대 증가한 약 31.1만대에 이를 것으로 추정된다. 참고로 전기차 신차 보급대수는 2021년과 2022년 각각 10.0만대, 16.4만대로 전년대비 5.4만대, 6.4만대 증가하였으나 2023년과 2024년에는 전기차 캐즘현상 등으로 전년대비 0.2만대, 1.6만대 감소하였다.

[그림 III-13] 전기차 보급대수 추이(전체)

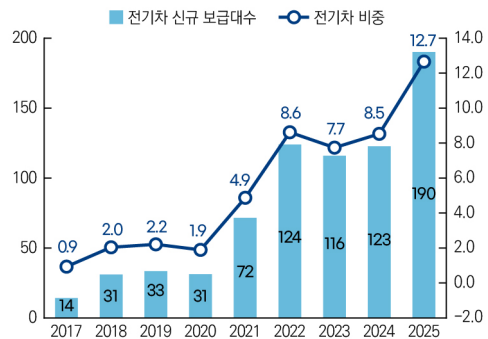
(단위: 천대, %)



자료: 국토교통부

[그림 III-14] 전기차 보급대수 추이(승용)

(단위: 천대, %)



자료: 국토교통부

정부는 2025년의 전기차 보급 증가세를 이어가기 위해 차량보조금 지원을 확대하였다. 전기승용차 도입 예산은 2026년 7,800억원이며 보조금 단가는 승

60) 다만, 정부는 2025년 이전까지 보조금 의존도를 낮추고 저가 전기차 위주의 시장 경쟁을 유도하기 위해 보조금 단가를 매년 100만원씩 줄여왔다.

61) 승용차를 기준으로 2017년 연간 신차 대비 0.9%에서 2025년 약 12.7%로 증가하였다.

용차의 경우 최대 580만원으로 전년과 동일하다. 다만, 3년 이상 보유한 내연기관차를 폐차 또는 매각하고 전기 승용차를 구매할 경우 추가로 최대 100만 원을 받게 된다. 한편 2026년부터 국내 출시된 적이 없던 소형급 전기승합차와 중대형급 전기화물차에 대해서도 소형급 전기승합차 최대 1,500만원, 중형급 전기화물차 4,000만원, 대형급 전기화물차 6,000만원을 지원한다.

다만, 예년과 달리 국고보조금이 차량 가격, 주행거리, 배터리 효율, 충전 편의성, 제조사 평가 등에 따라 차등 지급될 예정이다.⁶²⁾ 차종에 따라 기준이 다른데, 승용차의 경우 주행거리, 전비⁶³⁾, 충전속도, 차량가격 등 기술 성능이 우선이라면, 승합차는 차급·주행거리·충전성능·운송 목적을, 화물차는 차급·적재능력·실주행거리 등에 비중을 두고 있다.

[표 III-8] 전기차 차종별 국고보조금 전환 예시(2026년)

차종	국고보조금 기본 범위	추가특별
승용차	최대 약 580만 원 (기본) → ~680만 원 (전환 포함)	성능·가격 비율 차등, 지자체 추가 가능
승합차	대형 ~7,000만, 중형 ~5,000만, 소형 ~1,500만	어린이 통학용 추가 지원
화물차	대형 ~6,000만, 중형 ~4,000만, 소형/경형·초소형	택배·업종별 추가지원 가능

자료: 무공해차 통합누리집

한편 보조금 추가 지급 기준도 매년 강화될 예정인데, 2027년에는 승용차의 경우 충전속도가 100~250kW에서 150~300kW로, 화물차는 150kW에서 180kW로 상향된다. 1회 충전 주행거리의 경우 소형화물은 280km에서 308km 이상으로, 에너지 밀도도 365~500Wh/L에서 383~525Wh/L로 상향된다. 이에 반해 전기승용차 전액지원 가격 기준이 2027년부터 5,300만원에서 5,000만원으로 낮아질 예정이다.⁶⁴⁾

62) 무공해차 통합누리집 참고

63) 전비는 전기 용량 1kWh 당 자동차가 갈 수 있는 거리(km)로, 내연기관차의 연비(연료용량 1리터 당 자동차가 갈 수 있는 거리)에 대응되는 개념이다.

64) 기후에너지환경부 보도자료, 「2026년도 전기차 구매보조금, 내연차 전환은 촉진하고 산업기반은 키우는 방향으로 개편」, 2026.1.1.

[표 III-9] 승용차 국고보조금 혜택 예시(2026년)

	구분	보조금 혜택
주행 거리	400 km 이상	최대 보조금에 가까움
	300~400 km	기본 보조금 수준 유지
	300 km 미만	보조금 감액 또는 하한 적용
전비 수준	전비 우수형 (예: 5.0km/kWh 이상)	높은 보조금 산정
	보통형 (4.0~5.0km/kWh)	중간 보조금
	낮은 전비	감액 가능성
충전 속도 (DC)	≥ 250 kW	추가 보조금 우대
	200~250 kW	중간 수준 우대
	150~200 kW	소폭 우대
	< 150 kW	인센티브 없음
차량 가격	약 5,300만 원 이하	최대 보조금 100% 지급
	약 5,300~8,500만 원	50% 수준 지급
	8,500만 원 초과	국고보조금 없음

자료: 무공해차 통합누리집

(2) 감축수단 적용의 과제

전기차 보급이 당분간 전기차 가격의 하락과 충전시설의 확대로 증가할 것으로 예상되나 (1) 급속 충전시설의 미비⁶⁵⁾, (2) 화재 안전성, (3) 전기료의 인상 가능성, (4) 배터리 가격의 변동 등이 2035 NDC 목표 달성에 제약요인으로 작용할 소지가 있다.

① 급속 충전시설의 미비

배터리 충전기는 보조금 지원하에서 2020년 3.5만기에서 2025년 46.9만기로 빠르게 증가하고 있다. 2025년 10월 기준 전기차가 72.8만대이므로 충전기 1기당 전기차가 1.55대인 셈이다. 이와 같이 충전기가 빠른 속도로 증가함에도

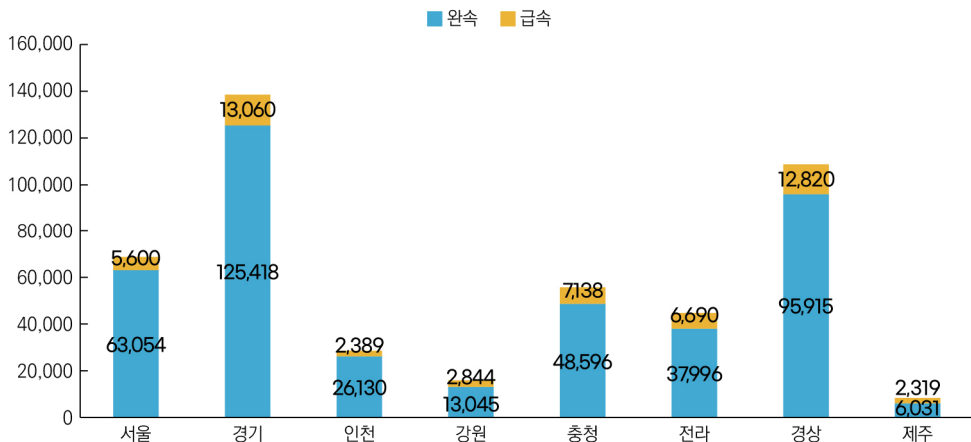
65) 류한별 외, “장래 전기차 충전 인프라 보급 수준 평가 및 계획을 위한 시도별 전기차 보급 성장 예측 모형 개발,” 「교통연구」 제31권 제3호, 한국교통연구원, 2024.6.4.

불구하고 소비자 접근성은 떨어진다는 평가를 받고 있다. 예를 들면, 충전소가 공동주택을 중심으로 설치되면서 다세대 밀집지역의 충전기는 부족한 상황이다. 지역별로 충전기 구축 현황을 살펴보면, 경기도 13.8만기(29.5%), 경상도 10.9만기(23.2%), 서울 6.9만기(14.6%)의 순이지만 충전기 1대당 전기차 대수는 경기도 1.2대, 서울 1.27대, 경상도 1.65대, 인천 2.5대, 제주도 5.66대로 격차를 보이고 있다.

한편 대부분 충전기가 완속충전기로 보급되고 있다. 완속충전기의 경우 방전에서 완전충전까지 4~5시간이 소요된다. 따라서 완속충전기는 장시간 주차가 가능한 시설을 중심으로 설치되고 있다. 이에 반해 고속도로 휴게소나 공공기관, 주차시설 등에 주로 설치되는 급속충전기는 완전방전에서 80% 충전까지 약 30분이 소요된다.⁶⁶⁾

[그림 III-15] 전국 누적 충전기 구축현황

(단위: 기)



주: 2026년 5월 21일 기준

자료: 차지인포

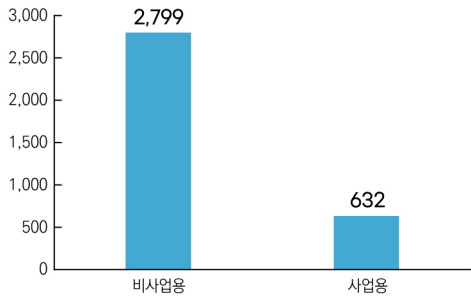
문제는 지역별 충전기 보급 격차와 완속충전기 위주의 보급이 전기차 확대를 통한 온실가스 감축목표 달성에 제약요인이 될 수 있다는 점이다. 정부 계획대로 전기차 연간 증가율이 약 6%대로 유지된다면 전기차 비중은 2030년 약 12.4%, 2035년 29.2%에 이를 것으로 예상된다. 2035년 정부의 차량 추정치는

66) 참고로 급속충전기를 설치하기 위해서는 100kW급의 고용량 전력이 필요하다.

2,828만대이므로 전기차는 약 830만대에 이를 전망이다. 이에 따라 2035년 내연기관차는 약 2천만대로 추정되는데, 이는 2018년 내연기관차(약 2,314만대)의 약 86.3%에 해당된다. 결과적으로 2035년 내연기관차가 2018년 대비 13.7% 감소하는 반면, 2035 NDC 계획에 따라 온실가스배출량은 60.2% 감축되어야 하는 셈이다.

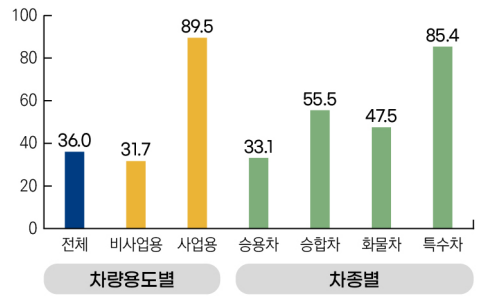
정부는 이런 격차를 줄이기 위해 계획보다 많은 내연기관차를 친환경차로 전환해야 하며, 특히 1일 평균 주행거리가 상대적으로 긴 사업용 차량의 친환경차 전환을 촉진할 필요가 있다. 참고로, 사업용 자동차는 2024년 196만대로 전체 등록차량의 7.5%에 불과하지만 연간 주행거리는 2024년 632억km로 비사업용 자동차의 22.6%를 차지한다. 1일 평균 주행거리도 89.5km로 비사업용 차량(31.7km)의 2.8배에 달한다.

[그림 III-16] 자동차 주행거리(2024년)
(단위: 억km)



자료: 한국교통안전공단

[그림 III-17] 평균 1일 주행거리(2024년)
(단위: km)



자료: 한국교통안전공단

정부도 이런 점을 고려하여 사업용 차량의 전기차 전환을 지원하고 있다. 다만 향후 늘어날 사업용 전기차 대수, 장거리 운행과 이동성 등을 고려하여 적재적소에 급속 충전시설 확충이 선행될 필요가 있다. 전국의 충전시설 중 급속 충전기 비중은 2025년 말 11.3%(5.3만기)로 30~50% 수준에 이르는 선진국에 비해 낮은 편이다. 급속충전기 보급이 낮은 것은 높은 설치 및 유지비용⁶⁷⁾, 전력 공급 인프라의 제약⁶⁸⁾, 운영사의 수익성 문제⁶⁹⁾ 등 복합적 요인에 기인한다.

67) 7kw 내외 완속충전기의 설치비는 50~100만원 내외인 반면 급속충전기의 설치비는 1,000 ~ 3,000만원에 달한다. 고전압(DC) 급속충전기를 설치하려면 해당 지역의 전력 용량을 늘려야 하거나 특고압 변압기를 설치해야 하는 등 전기공사 비용이 크게 발생하기 때문이다.

② 배터리의 안정성 문제

전기차 배터리⁷⁰⁾의 안전성 문제가 전기차 전환의 주요 제약요인으로 작용할 소지가 있다. 소방청 자료에 따르면, 전기차의 화재 횟수는 전기차 보급과 함께 2016년 5건에서 2024년 73건으로 증가하였다. 전기차 화재 횟수가 내연기관차에 비해 드문 편이나 1만대 당 화재횟수는 비슷하거나 다소 낮은 편이다.⁷¹⁾ 전기차 화재 통계를 분석한 결과, 최초 발화점은 배터리 부분이 53.9%를 차지하는 것으로 나타났다. 화재발생 상황으로 분류해 보면, 주차(28.6%) 중이거나 충전(17.2%) 중 발생 비중이 높고 열폭주 현상⁷²⁾으로 인화가 쉽지 않으며 충전소가 지하주차장에 위치해 있어 다른 차량으로 화재가 번지면서 피해가 확대된 사례가 있다.

이에 다양한 제도적 보완책이 시행되고 있다. 우선 정부는 전기차 배터리 안정성 인증제 및 이력관리제를 2025년 2월부터 도입하였다. 즉, 정부가 배터리의 안정성을 직접 시험하고 인증하여 배터리 식별번호를 부여한 후 자동차등록원부에 등록함으로써 교체 및 폐기까지 전주기 이력을 관리한다. 또한 정부는 전기자동차 제작사의 책임을 강화하기 위해 2025년부터 제조물 책임보험을 가입하지 않을 경우 보조금 지급에서 제외하고 있다. 마지막으로 충전시설의 안전관리를 위해 충전사업자의 무과실 책임보험 가입 의무화를 2025년 11월부터 시행 중이며 충전량을 제어하여 화재를 예방할 수 있는 스마트제어 충전기에 대해 추가적인 보조금을 지원하고 있다.

68) 급속충전기는 대형 설비가 필요하여 주차 공간이 좁은 주거지나 도심 건물에는 설치하기 어렵고 완속(100Ω 이하)보다 훨씬 엄격한 10Ω 이하의 특별 제3종 접지저항 기준을 충족해야 한다.

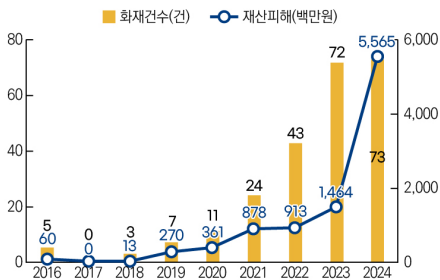
69) 김상욱, “전기차 100만 시대… 급속충전기 확충, 왜 안되나,” 브릿지경제, 2025.10.20.

70) 전기차 배터리는 양극재 성분에 따라 고에너지 밀도의 NCM/NCA(삼원계)와 경제적인 LFP(리튬인산철)/나트륨이온계로 나뉘며, 형태(폼팩터)에 따라 원통형, 각형, 파우치형으로 분류된다. 이 외에도 차세대 기술인 전고체 배터리도 개발되고 있다. NCM(니켈·코발트·망간) 배터리는 니켈 비중을 높여 에너지 밀도를 극대화하여 주행거리가 상대적으로 길다. 반면, LFP(리튬·인산철) 배터리는 철(Fe)을 사용하여 가격이 저렴하나 무겁고 에너지 밀도가 낮은 것이 특징이다.

71) 김만건, “전기차 화재 사고 원인분석에 관한 연구,” 「2024 한국화재조사학회 추계학술대회논문집」, 2024.

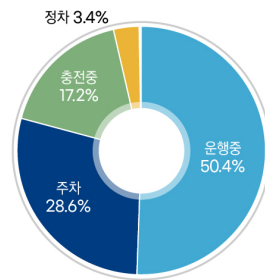
72) 전기차에 주로 사용되는 리튬이온배터리가 사용된다. 리튬이온배터리의 양극재와 음극재를 분리하는 분리막에 손상이 가해질 경우 두 극이 만나 과도한 단락전류가 흐르고 높은 열이 발생하게 된다. 전기차 배터리는 수백개의 배터리 셀을 결합하여 제작되는데 한 곳에 붙은 불이 전이되면서 온도가 오르는 열폭주 현상이 발생하게 된다.(한국선급 대체연료기술연구팀, “배터리 화재 및 예방”)

[그림 III-18] 전기차 화재건수 및 재산피해
(단위: 건, 억원)



자료: 소방청

[그림 III-19] 전기차 화재발생상황
(단위: %)



자료: 소방청

한편 배터리 안전에 대한 기술적 보완도 이루어지고 있다. 예를 들면, 배터리 상태를 실시간 모니터링하여 이상징후 발견시 전원을 차단하거나 경고하여 화재를 예방하는 배터리 관리 시스템(BMS)의 고도화를 들 수 있다. 또한 배터리 팩에도 셀과 셀 간의 열 전이를 차단하는 특수 단열재를 적용하거나 열폭주 상황에서 가스를 안전하게 배출하는 배출 벨트 기술을 들 수 있다.⁷³⁾ 고강도 알루미늄 하우징과 하부 충격 방지 설계 등이 적용되고 있다. 다만, 미세한 손상이나 예측 불가능한 내부 단락의 문제점이 발견되지 않을 수 있다. 무엇보다 전기차 배터리는 하부에 탑재되어 있어 도로 이물질이나 과속 방지턱 등에 의한 물리적 충격에 노출되기 쉬워 기술적 보완만으로 화재를 예방하는데 한계가 있다.⁷⁴⁾

③ 전기료의 인상 가능성

전기차는 전기모터로 직접 구동되기 때문에 구동 효율이 내연기관차에 비해 높은 편이다. 특히 전기요금이 유류비에 비해 저렴하다는 점은 전기차 전환의 주요 요인으로 꼽힌다.⁷⁵⁾ 일례로 자동차 소비자 조사보고서에 따르면,⁷⁶⁾ 전기차 구매의 주요 요인으로 낮은 연료비용(57%), 환경에 대한 우려(43%), 낮은 유지비용(38%), 정부 보조금(35%) 등인 것으로 나타났다.

73) 열폭주로 발생한 인화성 가스를 밖으로 배출시키면서 배터리 팩의 모양을 유지함으로써 전체 셀에 불이 붙는 것을 막을 수 있다.

74) 김재웅, “전기차 화재 포비아 대책으로 ‘BMS’ 주목…현대차·기아 기술 공개 자신감 드러내,” 전기신문, 2024.8.20.

75) 전기자동차가 내연기관 자동차보다 신차 가격이 비싸지만, 전기자동차의 연간 유류비(충전비용)는 내연기관 자동차의 절반 수준인 것으로 나타났다.(오철, “얼마를 쓰느냐가 중요… 고유가 시대, 전기차 경제성 ‘압승,’” 전기신문, 2026.3.24.)

76) 한국 딜로이트 그룹, 「2025 글로벌 자동차 소비자 조사, 2025.

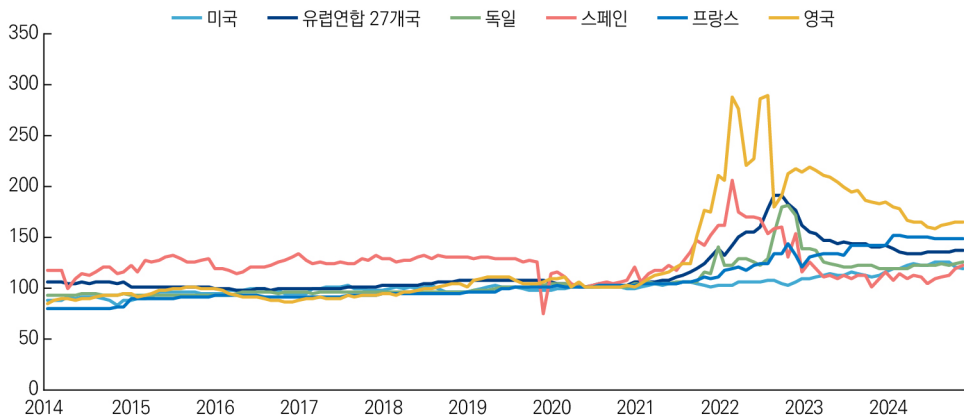
[표 III-10] 내연기관차와 전기차의 특징 비교

항목		전기차 (EV)	내연기관차 (ICE)
작동 원리	동력원	배터리 → 전기모터	연료(가솔린/디젤) 연소
	구동방식	전기모터 직접구동	엔진 → 변속기 → 바퀴
	에너지 변환	전기 → 기계적 힘	화학 에너지 → 열 → 기계적 힘
성능		최대 토크가 거의 0rpm부터 즉시 발생하므로 정지 상태에서 빠른 가속력 우위 (예: 0-100 km/h 가속이 빠른 모델 많음)	토크가 엔진 회전수에 따라 상승하므로 저속에서는 힘이 덜하고 고속에서 더 효과적
에너지 효율 · 연비	표현 방식	km/kWh(전력 소비)	km/L (연료 소비)
	에너지 효율	매우 높음 (~80-90% 구동 효율)	낮음 (~25-30% 열효율)
	연료비	저렴 (전기 요금)	높음 (유류비)
주행 거리 / 연료 보관		1회 충전 주행거리: 300~600km 수준 (차종에 따라 다름)	1회 주유 주행거리: 500~800km이상 가능
		급속 30~1시간 필요 (완속 충전 시 약 4~5시간)	주유 시간이 5분 정도
소음, 진동, 제어감		매우 조용하고 진동이 거의 없음	엔진 소음/진동 존재
		회생제동(감속 시 배터리 충전)으로 운전 감각이 다름	동력 전환이 기계적으로 이루어짐
환경 영향		직접 배출 배기가스 없음 (발전 방식에 따라 간접 배출은 존재)	직접 탄소/오염물질 배출
유지비		구조가 단순하여 정비 빈도가 적음	엔진/변속기/배기계 등의 정비가 필요
		오일 교환·엔진 정비가 없음	소모품 비용 발생

자료: 생성형 AI

문제는 최근 전기차 충전요금이 빠르게 증가하고 있다는 점이다. 2025년 요금이 2021년 대비 약 30~40% 이상 증가하였다. 우리나라의 전기요금은 다른 나라에 비해 상대적으로 저렴한 편이지만 향후 전기요금이 다른 에너지원에 비해 빠르게 인상될 경우 전기차 전환에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 예를 들면, 유럽의 경우 우크라이나-러시아 전쟁 초기에 LNG 등 에너지 가격이 상승하면서 전기요금의 변동폭이 컸고, 이는 일시적으로 전기차 수요에 부정적인 영향을 미쳤다.⁷⁷⁾⁷⁸⁾

[그림 III-20] 주요국 소매 전기요금 가격지수



자료: 한국가스공사

④ 배터리 가격의 변동

최근 이천만원 후반대의 중국산 전기차가 국내에 도입되면서 국내외 기업들의 전기차 가격경쟁이 심화되고 있다. 여기에 보조금까지 받을 경우 체감 가격은 더 낮아질 것으로 예상된다. 특히 전기차 가격에서 높은 비중을 차지하는 배터리 가격이 일시적인 글로벌 전기차 수요 둔화와 중국발 배터리 공급과잉으로 당분간 하향안정세를 보일 전망이다.

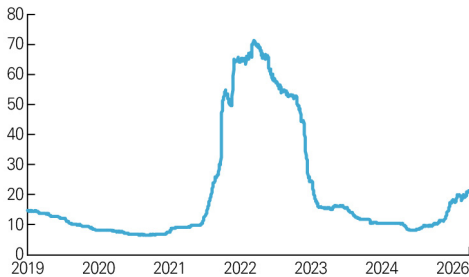
문제는 배터리 가격의 하향안정세가 원자재 가격 인상과 수급불균형에 의해 변동될 소지가 있다는 점이다. 2022년과 2023년 글로벌 전기차 수요의 증

77) 김하경, “Shell 설문조사 ‘유럽, 전기차 전환 의향 급감…미국보다 빠른 심리 위축,’” 「기후에너지경제」, 2025.6.25.

78) 이태민, “‘완충에 2~3만원 시대’ 전기차 완속 충전요금 상승의 구조적 딜레마와 시장 재편,” 「Korea Business Review」, 2026.3.30.

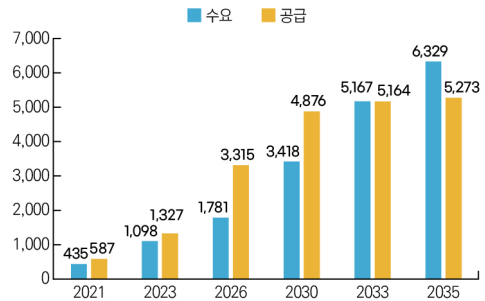
가와 코로나19 팬더믹으로 신규 리튬 광산의 개발이 지연되고 배터리 제조사의 선제적 물량 확보까지 이루어지면서 리튬 가격이 kg당 7달러대에서 2022년 11월 71.2달러로 급등하였다. 한편, SNE리서치의 전망(2024. 2)에 의하면, 2035년 이후 글로벌 전기차의 배터리와 에너지 저장장치(Energy Storage System, ESS)의 수요가 공급을 초과할 것으로 예상되고 있어 향후 배터리 가격과 전기차 보급에 차질을 줄 수 있다.

[그림 III-21] 리튬가격 추이
(단위: USD/kg)



자료: Investing.com

[그림 III-22] 글로벌 xEV/ESS 배터리 수급전망
(단위: GWh)



자료: SNE리서치

나. 수요관리 강화

(1) 현황

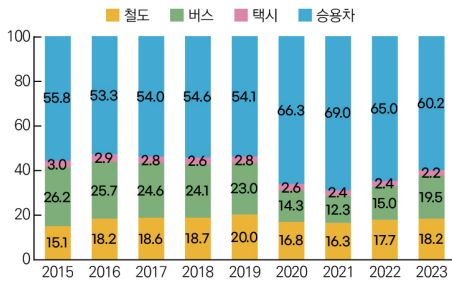
정부는 온실가스배출 감축을 위한 방안으로 대중교통 이용을 늘려 비사업용 내연기관차의 총 주행거리를 2018년 대비 40% 이상 감축할 계획이다. 대중교통(철도와 버스) 수송분담률은 2015년 41.3%에서 2018년 42.9%로 증가하였으나 코로나 팬더믹이었던 2021~2022년 동안 28.5 ~ 32.7%로 감소하였다. 대중교통 수송분담률이 2023년에는 37.6%로 다소 회복되었으나 예전 수준에 미치지 못하는 상황이다. 특히 버스의 수송분담률이 감소하고 이를 승용차가 대체하면서 승용차 수송분담률은 2015년 55.8%에서 2023년 60.2%로 증가하였다.

이런 추세는 비사업용 내연기관차의 연간 주행거리 증가로 이어지고 있다. 비사업용 내연기관차의 연간 주행거리는 2015년 2,423억km에서 2018년 2,655억km로 증가하였다. 비사업용 차량의 1일 평균 주행거리가 2018년 34.9km로

2015년과 동일한 수준임에도 불구하고 비사업용 차량이 동기간 2,456만대에서 2,720만대로 증가하였기 때문이다. 비록 코로나 팬더믹으로 거리두기가 시행되면서 비사업용 내연기관차의 연간 주행거리는 2021년 2,863억km까지 증가하였으나 2023년 2,493억km로 감소한 이후 비슷한 수준을 유지하고 있다. 특히 비사업용 차량의 약 86%를 차지하는 승용차, 특히 휘발유 차량의 일평균 주행거리는 감소하였는데, 이는 고유가에 따른 운행감소와 하이브리드 및 전기 차량으로 전환에 기인한다.

[그림 III-23] 교통수단별 수송분담률

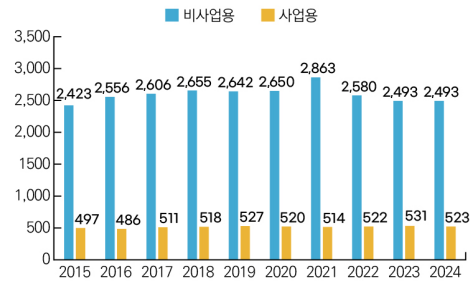
(단위: %)



자료: 국토교통부, 「교통부문수송실적보고」

[그림 III-24] 내연기관차의 연간 주행거리

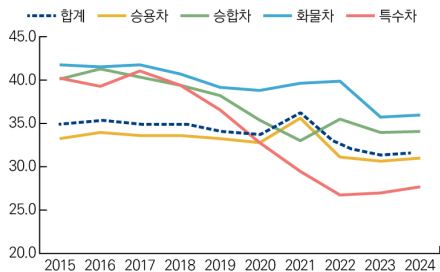
(단위: 억km)



자료: 한국교통안전공단

[그림 III-25] 비사업용 차종별 일평균 주행거리

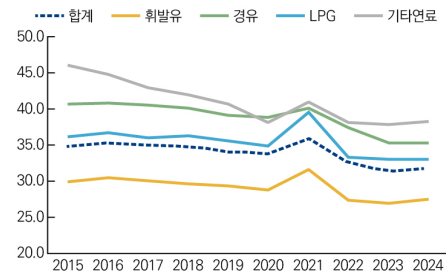
(단위: km/대)



자료: 한국교통안전공단

[그림 III-26] 비사업용 연료별 일평균 주행거리

(단위: km/대)



자료: 한국교통안전공단

이런 가운데 정부는 온실가스배출 감축을 위한 방안으로 2024년 5월부터 대중교통 이용자를 대상으로 교통비 지출액의 일부를 지원하고 있다. 2026년 대중교통비 환급지원 예산은 5,580억원으로 전년대비 135.0% 증가하였다.⁷⁹⁾ 해당 사업은 국고보조사업(서울 40%, 그 외 50%)으로, 이를 통해 온실가스배출이 2026년에 217,010tCO₂eq에서 2030년에 456,182tCO₂eq으로 감축될 것으

79) 국토교통부, 「세입세출 및 기금 결산 사업설명자료(II-1<3>)」, 2026.5.

로 추정된다.⁸⁰⁾ 이를 연간 주행거리로 환산하면 2026년 15.4억km에서 2030년 32.3억km로 2018년 비사업용 승용차의 연간 주행거리(2,140억km)의 0.72%와 1.19%에 해당된다. 예산안에서 2026~2030년 동안 대중교통 연평균 이용자가 매년 20.4% 증가하는 것으로 가정되고 있다. 이런 추세가 2035년까지 유지된다고 하더라도 2035년 감축되는 연간 주행거리는 2018년 연간주행거리의 3%에 불과하다. 만약 전기차 보급이 2035 NDC 계획대로 진행된다 하더라도 2030년과 2035년 내연기관차 비중이 2018년 대비 105.0%, 86.6%임을 감안할 때 대중교통 이용 확대를 통한 온실가스배출 감축 효과는 높지 않을 것으로 보인다.

(2) 감축수단 적용의 과제

대중교통비를 보조해 줌으로써 자가용 이용자의 대중교통 이용을 늘리는 정책은 비용보다는 효율성 측면에서 자가용을 선호하는 경우 그 효과가 제한적일 수 있다.⁸¹⁾ 자가용을 이용할 경우 출발과 도착 시간이 자유롭고 접근성이 좋으며 승차나 환승에 따른 대기 시간을 줄일 수 있다. 또한 대중교통의 노선이 제한적이고 출퇴근 시간에 혼잡도가 높다는 점, 환승에 따른 불편함 등은 정부가 자차 이용자에게 보조금을 통해 대중교통 이용을 늘리는데 제약사항이 될 수 있다.⁸²⁾

80) 이는 K-패스 이용 전후 자가용 이용자의 대중교통 전환효과를 고려하여 산출되었다. K-패스 이용자 중 자가용을 직접 운전하는 이용자 비율(25%), 주 평균 자가용 이용횟수 감소분(1.66일/주), 자동차 1대 평균 온실가스 배출량(2020년, 141.3g/m), 자동차 1대 평균 통근거리(23년 6월, 18.4km)로 가정하고 있다. 참고로 K-패스의 이용자는 2024년과 2025년 각각 266.1만명, 362.6만명으로 빠르게 증가하고 있으며 예산안에서는 2030년까지 881만명에 이를 것으로 가정하고 있다.

81) 이창·김영범, “서울 시민이 자동차에 부여하는 상징과 애착에 따른 사회적영향 분석,” 서울연구원, 2026.3.13.

82) 박세현·이창, “승용차 이용자의 심리적 요인이 대중교통 수단전환 의사에 미치는 영향 분석: 확장된 계획행동이론을 바탕으로,” 『대한교통학회지』, Vol.41, No.2, pp.166-182, 2023.4.

다. 연비 개선

(1) 현황

정부는 2035년까지 내연기관차의 연비를 매년 0.2% 개선하기 위해 유종별 온실가스 및 연비 기준을 강화하는 가운데 신차 중 친환경차를 늘림으로써 온실가스배출을 줄일 계획이다.

연비(전비)는 소모된 연료량(L) 또는 전기(kWh) 당 주행할 수 있는 거리(km)를 의미한다.⁸³⁾⁸⁴⁾ 연비가 높아 연료효율이 좋을수록 온실가스 배출량은 감소하게 된다. 평균연비는 연료에 따라 차이를 보이는데, 휘발유와 경유의 경우 리터당 11~12km인 반면 LPG는 7~8km로 낮다. 이는 휘발유나 경유 대비 LPG의 연료 밀도와 발열량이 낮기 때문이다. 한편 하이브리드 자동차(HEV)의 연비는 14~15km대로 휘발유 차량에 비해 높는데, 이는 에너지 재활용, 엔진과 전기모터의 효율적인 동력 분배, 그리고 시내 주행 환경에서의 전기모터 중심 구동에 기인한다.⁸⁵⁾

전비도 차종에 따라 차이를 보이는데 승용차의 경우 2024년 약 5km/kWh 반면, 화물차의 경우 3.16 km/kWh로 낮다. 이는 화물차의 중량, 공기 역학적으로 불리한 구조, 그리고 고부하 주행 환경 등에 기인한다. 참고로 평균연비를 산정할 때 기술적 제약으로 전기차와 수소차를 제외한 내연기관 차량과 하이브리드 차량만을 대상으로 산정하고 있다.

평균연비⁸⁶⁾의 추이를 살펴보면, 2020년 11.5km/L에서 2022년 11.2km/L로 감소하였다. 이는 승용차보다 연비가 낮은 SUV와 대형 차종의 판매 비중이 증가한 데 기인한다.⁸⁷⁾ 한편 2023년에는 평균연비가 11.5km/L로 전년 대비

83) 내연기관차는 km/L로, 전기차는 전기에너지 효율인 km/kWh로 표시한다. 참고로 내연기관차의 연비가 15.0 km/L 이상인 경우 1등급, 8.3 km/L 이하인 경우 5등급으로 구분한다.

84) 동일 연료나 전기로 더 먼 거리를 이동할수록(즉, 수치가 높을수록) 연료 소비율이 적은 효율적인 차량으로 평가된다. 정부가 인정한 공인연비(전비)는 한국에너지공단에서 시내 및 고속도로 주행 모드(정부 공인 표준 모드)를 통해 실험실에서 측정하여 인증된 수치이다.

85) 에너지 재활용의 경우 하이브리드 차량이 감속하거나 브레이크를 밟을 때 발생하는 운동 에너지를 전기에너지로 변환하여 고전압 배터리를 충전한다. 일반 내연기관차가 브레이크를 밟을 때 마찰열로 버려지는 에너지를 다시 활용함으로써 연비를 극대화하는 것이다. 하이브리드 차량은 가속 시 엔진에 모터가 힘을 보태어 엔진 부하를 줄여 효율을 높인다. 또한 도심 주행 시 정체 구간이나 저속 주행 시 엔진을 끄고 배터리 전력으로 모터만 구동하는 'EV 모드'를 활용함으로써 연비를 높이게 된다.

86) 평균연비는 총 주행거리(총 등록차량대수 * 해당 연간주행거리)를 총 소모된 연료량으로 나눠 산출하게 된다.

2.2% 증가하였다. 이는 내연기관차에 비해 상대적으로 평균연비가 높은 하이브리드 차량의 판매가 증가하였기 때문이다. 참고로 2023년 하이브리드 차량의 판매대수는 38.4만대로 전년대비 49.0% 증가하였다. 이에 반해 2024년 평균연비는 11.5km/L로 전년대비 0.3% 하락하였는데, 이는 전기차 캐즘현상으로 전기차 판매가 정체된 상황에서 유가 상승에 따라 휘발유나 경유에 비해 경제성이 있는 LPG 차량이 13.3만대(전년대비 98.2% 증가) 판매된 데 기인한다.

[표 III-11] 자동차 형식별 평균연비

(단위:km/L)

		2020	2021	2022	2023	2024
내연기관 (ICEV)	휘발유	11.5	11.3	11.1	11.1	11.1
	경유	11.4	11.2	10.7	10.5	11.9
	LPG	8.5	8.3	8.3	8.2	7.5
	소계	11.2	11.0	10.8	10.8	10.4
하이브리드(HEV)		15.4	14.0	14.0	14.3	14.0
합계		11.5	11.3	11.2	11.5	11.5

주: ICEV(Internal Combustion Engine Vehicle), HEV(Hybrid Electric Vehicle)

자료: 한국에너지공단, 「자동차 에너지소비효율 분석집」, 2025.12.19.

[표 III-12] 자동차 종류별 평균전비

(단위:km/kWh)

		2020	2021	2022	2023	2024
승용차	일반형	5.2	4.9	4.9	4.6	5.0
	다목적형	5.2	5.0	4.8	4.7	4.9
	기타형	5.7	5.4	5.3	5.2	5.0
	소계	5.2	5.0	4.9	4.7	5.0
화물차		3.1	3.1	3.1	3.1	3.2
합계		4.3	4.3	4.4	4.2	4.7

자료: 한국에너지공단, 「자동차 에너지소비효율 분석집」, 2025.12.19.

87) 참고로 SUV 차량은 2021년 61.3만대에서 2025년 81.8만대로 연평균 7.5% 증가하였다. 3000cc급 이상 차량의 CO2 배출량은 199.1g/km로 1500cc급 차량 대비 1.7배에 달한다. (최지영, “운행대수 800만대 돌파… ‘SUV 전성시대’ 계속된다,” 문화일보, 2026.2.23.)

비록 친환경차가 늘어나고 있지만 여전히 SUV와 대형 차종, LPG 차량에 대한 선호가 지속되고 있고 높은 비중을 차지하는 내연기관차의 연비가 혁신적으로 향상되지 않는다면 평균연비의 개선은 쉽지 않은 상황이다.

(2) 감축수단 적용의 과제

내연기관차의 연비를 향상시키는 데는 물리적, 기술적, 환경적 제약이 있다. 우선 내연기관차의 낮은 에너지 효율을 들 수 있다. 우선, 내연기관차의 경우 연료를 태워 발생하는 열에너지를 기계적 에너지로 바꾸는 과정에서 약 70% 이상의 연료 손실이 발생한다.⁸⁸⁾ 엔진 내 많은 부품이 상하/회전 운동을 하면서 발생하는 마찰 손실이 크고 엔진, 변속기, 연료탱크 등의 무게로 인해 공차중량⁸⁹⁾의 연료 소모가 높다.⁹⁰⁾ 또한, 차량 또한 내연기관차는 특정 RPM 영역에서만 고효율을 내는데 시내 주행처럼 잦은 정지와 출발, 공회전 상황에서는 연료가 비효율적으로 소모된다. 마지막으로, 환경 및 안전 규제 강화로 유해 배출가스를 줄이기 위한 장치(DPF⁹¹⁾, SCR⁹²⁾ 등을 부착할 경우 차량 무게 증가로 연비가 감소하게 된다.

라. 바이오디젤 혼합률 상향

(1) 현황

정부는 차세대 바이오디젤을 도입하여 경유 의무혼합비율(신재생에너지 연료혼합의무)⁹³⁾을 2030년까지 8%, 2035년까지 8% 이상 상향 보급할 계획이다. 바이오디젤은 식물성 기름(대두유, 팜유, 유채유 등)이나 동물성 지방, 폐식용유에 메탄올과 촉매를 반응시켜 생산된다. 경유(디젤)와 성질이 유사해 엔진의 개

88) U.S. Department of Energy. *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*, Fueleconomy.gov, 2026.6.5. 접속

89) 공차 중량(Kerb Weight)은 연료, 냉각수, 윤활유 등을 가득 채우고 스페어타이어 및 기본 공구를 갖춘, 즉시 주행 가능한 상태의 차량 무게를 의미한다.

90) MIT Energy Initiative. *Insights into Future Mobility*. Massachusetts Institute of Technology, 2019.

91) DPF(Diesel Particulate Filter, 매연저감장치)란 미세매연 입자로 분출되는 매연을 포집하고 연소시켜 제거하는 매연저감장치이다.

92) SCR(Silicon Controlled Rectifier, 실리콘 제어 정류기)는 대전류/고전압 스위칭 및 전력 제어에 쓰이는 반도체 소자(사이리스터)를 지칭한다. 게이트 신호로 온/오프를 제어하며, 릴레이/조명 조광장치, 인버터 등에 사용된다.

93) 연도별 의무혼합량 = (연도별 혼합의무비율) × [수송용연료의 내수판매량] ÷ 100

조 없이 혼합 사용이 가능한데, 주로 경유(디젤) 자동차 연료에 혼합하여 사용되고 있으며 바이오 선박유나 발전용 연료로도 활용되고 있다. 정부는 2015년부터 수송용 연료 공급자가 바이오디젤을 일정비율 혼합하도록 의무화하는 ‘신·재생에너지 연료 혼합의무화제도(RFS)’를 운영하고 있다.⁹⁴⁾ 이 제도에 따르면 최대 혼합비율은 2026년 4%이고 2030년까지 5%로 상향될 예정이었다.

[표 III-13] 바이오디젤 연도별 혼합의무비율

	'15.7.31 ~ '17년	'18년 ~ '21.6월	'21.7월 ~ '23년	'24년 ~ '26년	'27년 ~ '29년	'30년 이후
혼합의무 비율	2.5%	3.0%	3.5%	4.0%	4.5%	5.0%

주: 연도별 혼합의무비율은 2015년 7월 31일 기준으로 3년마다 재검토

자료: 한국에너지공단

바이오디젤의 최근 5년간 연간 보급용량은 120만~140만 kL 내외, 에너지 생산량은 약 60만~70만 toe 수준에서 비교적 안정적으로 유지되고 있다. 국내 주요 정유사는 2024년부터 2030년까지 바이오연료 사업에 총 6조원 규모의 투자를 계획하고 있어⁹⁵⁾ 향후 바이오디젤 및 차세대 바이오연료의 보급량은 증가할 전망이다.

바이오디젤은 화석연료 대비 탄소 배출량을 크게 줄일 수 있고 생분해성이 높아 환경오염이 적다. 다만, 경유 대비 필터 막힘점이 상대적으로 높고 겨울철 사용 시 저온 특성을 보완할 필요가 있다. 또한 지방산 메틸에스테르 분자 내 존재하는 산소 및 이중결함으로 산화안정성에 취약하며 알데하이드, 알코올, 카르복실산 등 침전물이 생성될 수 있는데, 이 침전물은 연료시스템에 고장을 유발할 수 있다. 만약 수분이 포함되어 있다면 가수분해가 일어나고 부식이 발생하게 된다. 이런 단점을 보완한 것이 수첨바이오디젤(Hydrogenated Vegetable Oil, HVO)로, 폐식용유, 동물성 지방 등 바이오 원료에 수소를 첨가해 생산된

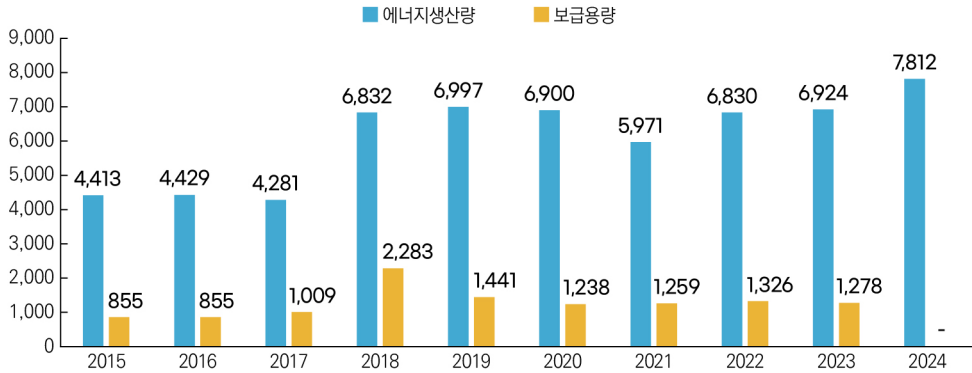
94) 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」제23조의2(신·재생에너지 연료 혼합의무 등) ① 기후에너지환경부장관과 산업통상부장관은 신·재생에너지의 이용·보급을 촉진하고 신·재생에너지 산업의 활성화를 위하여 필요하다고 인정하는 경우 대통령령으로 정하는 바에 따라「석유 및 석유대체연료 사업법」제2조에 따른 석유정제업자 또는 석유수출입업자(이하 “혼합의무자”라 한다)에게 일정 비율(이하 “혼합의무비율”이라 한다) 이상의 신·재생에너지 연료를 수송용연료에 혼합하게 할 수 있다.

95) 최호, “정유4사, 바이오 연료에 6조 투자...SAF·HBD 3.6조로 최대,” 전자신문, 2024.1.24.

다. 정부는 2022년 ‘친환경 바이오연료 확대 방안’으로 경유와 분자구조가 동일한 수첨바이오디젤을 도입해 2030년까지 혼합비율을 8%까지 확대할 계획이다.

[그림 III-27] 바이오디젤 연간 생산량 및 보급용량

(단위: Tcal, 천kl)



주: 2024년 바이오디젤 보급용량은 미집계

자료: 한국에너지공단, 「2024년 신·재생에너지 보급통계」, 2025.12.31.

(2) 감축수단 적용의 과제

바이오디젤의 혼합비율이 상향되면서 연간 필요한 원료는 늘고 있으나 국내 원료 수급률이 2022년 기준 24.3%에 불과하여 공급에 제약사항으로 작용할 수 있다. 바이오연료는 다양한 원료의 수입에 의존하고 있다. 팜유계 원료 외에도 팜유보다 수입 단가가 높은 정제 후 대두유 뿐만 아니라 바이오디젤을 완제품 형태로 수입하고 있다. 팜유계 원료의 비중이 2019~2024년 연평균 74%에 달하고 있으나 대규모 산림훼손, 인권침해, 공급망 투명성 부족 등이 문제가 되고 있어 증가하는 바이오디젤 수요를 충족할 만큼 안정적인 공급이 어려울 수 있다.⁹⁶⁾⁹⁷⁾

96) 정상필, “차세대 바이오디젤 공백에 경우 혼합을 상향 ‘표류,’” 에너지플랫폼뉴스, 2026.1.8.

97) 김혜린 김정도 정신영, 「녹색 허상, 붉은 현실: 한국 바이오연료 정책의 지속가능성 평가와 개선 과제」, 기후해양정책연구소, 2025.7.

IV. 온실가스 감축경로 시나리오 분석

국가기후위기대응위원회에서 제시한 2035 NDC 계획은 2035년까지의 감축 목표치를 밝혔을 뿐, 그 감축 경로에 대해서는 구체적인 내용이 공개되어 있지 않다. 제시된 감축목표 수치만으로는 민간과 공공부문 모두가 중간 단계의 이행 수준을 가늠하기 어렵고, 연도별 감축 경로가 부재한 상태에서는 정책 수단의 우선순위 설정이나 자원 배분의 합리적 근거를 마련하는 데에도 한계가 따른다.

이에 본 보고서에서는 2035년까지 2018년 대비 온실가스 감축이 실제로 이루어진다면 어떠한 경로를 따를 것인가를 에너지 정책 시뮬레이터 모형을 활용하여 살펴보았다. 동 모형은 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 방법론에 기반한 분석 도구로서, 시스템 다이내믹스는 복잡한 시스템이 각 구성 요소들의 상호관계성에 따라 시간이 지나면서 어떻게 변화하는지를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 분석하는 기법이다.¹⁾ 이 기법의 핵심적인 특징은 각 변수 간의 피드백 구조를 명시적으로 반영한다는 점으로, 현재의 상태가 이전 시스템의 결과로부터 영향을 받는 동태적 인과관계를 모형화할 수 있다. 또한 다양한 시나리오를 설정하고 시뮬레이션을 반복함으로써 정책 대안의 효과나 외부 환경 변화에 따른 시스템 전체의 반응을 체계적으로 분석할 수 있다는 점에서 정책 분석 도구로서의 유용성이 높다.²⁾

2035 NDC 감축 경로의 검토는 감축이 어떤 경로를 통해 이루어질 것인지, 어떠한 감축 수단에서 주도적으로 이루어질 것인지를 파악하는 데 의미가 있다. 특히 앞에서 논의된 전력, 산업, 수송 부문의 주요 감축 수단의 감축 기여도를 살펴보고, 나아가 2035년의 감축목표 달성이 2050년 탄소중립으로 이어지는 경로를 확보하는 데 충분한지를 함께 살펴보는 것이 중요하다. 이러한 검토는 향후 관련 예산 편성 및 정책 설계의 근거를 마련하는 데도 중요한 의미가 있다.

1) 김기찬 외 역저, 「Vensim을 활용한 System Dynamics」, 서울경제경영, 2007.10.

2) 문태훈 외, 「기후변화 대응역량 강화를 위한 시스템다이내믹스 모델 개발」, 한국환경정책평가연구원, 2016.12.

이하에서는 모형 구조와 주요 가정을 먼저 소개한 후, ① 현재 추세 연장 경로, ② 2035 NDC 목표 달성 감축경로, ③ 추가 감축수단 적용 경로의 세 가지 시나리오 분석 결과를 순서대로 살펴본다.³⁾

1. 모형

본 보고서에서 활용한 분석 도구는 에너지 정책 시뮬레이터(Energy Policy Simulator, 이하 EPS)이다.⁴⁾ EPS는 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 방법론에 기반하여 에너지·경제 시스템의 상호작용과 동태적 변화를 반영하도록 설계된 통합 에너지 정책 시뮬레이션 모형으로, 이를 활용하여 다양한 정책 시나리오에 따른 온실가스 감축, 에너지·경제 영향 및 기술 보급 효과를 통합적으로 비교·평가할 수 있다. 분석 기간은 2024년부터 2035 NDC 목표 연도 및 탄소중립 목표 연도인 2050년까지이며, ① 현재 추세 연장 경로, ② 2035 NDC 목표 달성 감축경로, ③ 추가 감축수단을 적용한 온실가스 배출 감축 경로의 세 가지 시나리오를 상정한다. 모형은 각 부문별로 에너지 활용의 흐름을 구조화하여 이러한 감축 수단의 적용 결과를 살펴볼 수 있도록 해준다.

모형은 전력, 산업, 수송, 건물 및 가전제품, 농업 및 토지 사용, 지역난방 및 수소, 교차 부문, 연구개발, 정부 수익 회계 등의 부문으로 구성되어 있다. 시뮬레이션을 통해 모형은 정책 설정, 연료 수요, 배출계수, 기술혁신 등의 요소가 산업·수송 등 수요 부문과 전력·지역난방 및 수소 등 공급 부문 간의 상호작용을 통해 최종 에너지 수요로 이어지는 경로를 도출한다. 최종 에너지 수요에 기반하여 감축 수단과 정책이 온실가스 배출량에 미치는 영향 분석이 가능하다. 수요 부문에서 연료 수요, 전력, 지역난방 및 수소 등의 수요가 발생하고 공급 부문은 이러한 수요에 대응하여 공급량을 결정하고, 흡수·포집 조정을 거쳐 최종 온실가스 배출량이 계산된다. 감축 수단의 적용은 이러한 에너지 수요

3) ③은 시나리오 분석 시 참고한 연구용역의 모형에서 고려한 기존 감축 수단만으로는 2050년 탄소중립 달성에 어려움이 있을 수도 있는 점을 감안하여 수소 기술의 추가적인 기여 가능성을 검토하기 위해 별도로 수행한 보완적 분석이다.

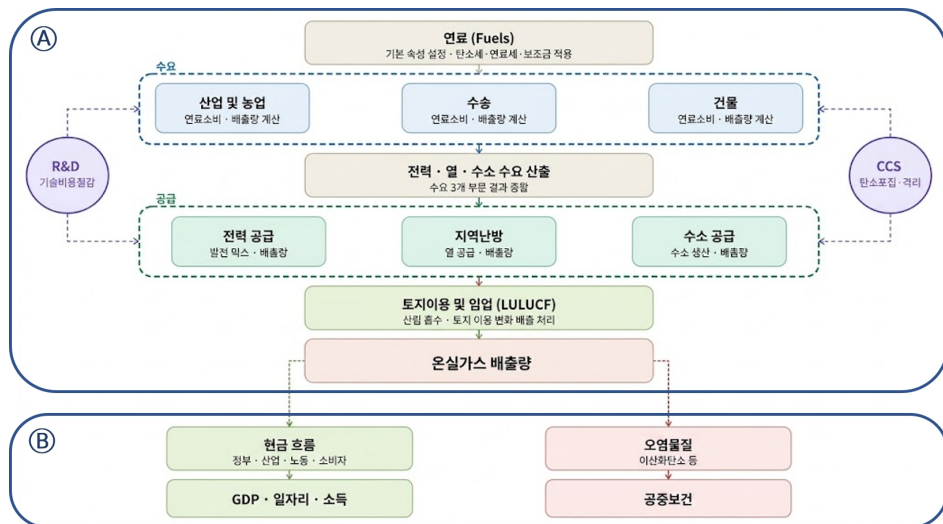
4) EPS(Energy Policy Simulator) 모형은 미국 싱크탱크인 에너지 이노베이션(Energy Innovation)이 개발하였으며, 본 분석에 적용된 EPS는 국회예산정책처가 연구용역사업(2025.3.)을 통해 사단법인 넥스트와 협업하여 구축하였다. 관련 모형은 온실가스종합정보센터 등에서도 활용하고 있다.(온실가스종합정보센터(사)넥스트, 「탄소중립 이행을 위한 증장기 이슈분석」 요약 보고서, Issue Brief, 2023.1.)

에 변화를 주어 최종 온실가스 배출량에 영향을 미치도록 설계되어 있다.

아래는 EPS 모형 전체 흐름도이다. 연산은 연료 → 수요 부문 → 공급 부문 → 배출 집계 → 경제·사회 분석 순으로 진행되며, 정책 변화가 에너지 소비, 발전 구조, 온실가스 배출 및 경제·사회 전반에 미치는 영향을 단계적으로 산정한다.

연료 부문은 에너지 시스템 전반에서 사용되는 연료의 가격·공급 구조·배출 특성을 분석하며, 탄소세·연료세·가격 자유화 정책에 따른 연료 가격과 수요 변화를 산정한다. 수요 부문은 산업·농업·수송·건물 부문의 에너지 소비와 배출량을 산정하여 전력·열·수소 수요로 집계하고, 연료 전환·전기화·에너지 효율 향상 등의 정책 효과를 반영한다. 공급 부문은 전력·지역난방·수소 공급으로 구성되며, 수요 부문의 에너지 수요를 충족하도록 발전 구조 및 배출량 변화를 분석한다. 이후 토지이용 및 임업(LULUCF) 부문에서 산림 흡수와 토지 이용 변화에 따른 배출·흡수량을 반영하여 총 온실가스를 집계하고, 경제 분석에서는 산업연관표(I/O)를 활용하여 GDP·고용·임금·현금흐름 영향을 분석한다. 한편 R&D 모듈은 태양광·풍력·배터리·CCS 등 기술의 내생적 학습 효과를 통해 보급 확대에 따른 비용 하락을 반영하고, CCS 모듈은 탄소 포집·관리 효과를 배출 집계에 반영한다.

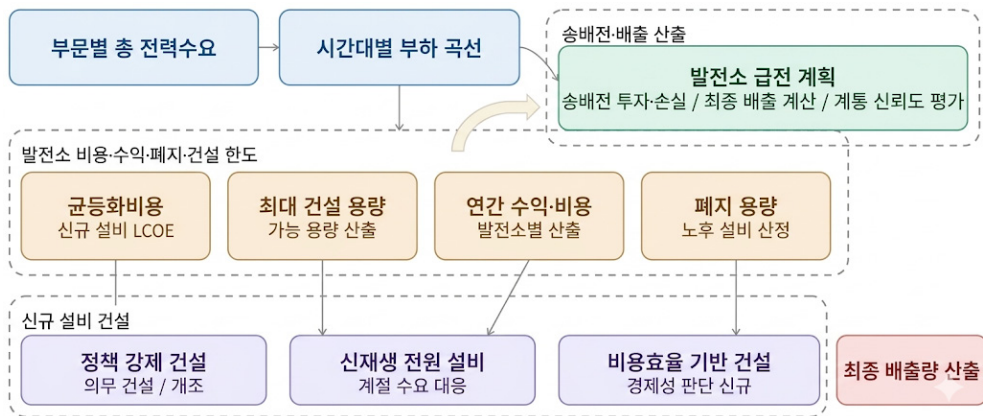
[그림 IV-1] EPS 모형의 구조



주: 본 분석에서는 전체 EPS모형(A+B)에서 온실가스배출 및 감축경로에 중점을 두기에 A만 고려
 자료: '에너지 수요 전망 모형 정책연구용역 보고서'를 바탕으로 국회예산정책처 작성

본 보고서에서 그 분석 대상으로 삼고 있는 주요 온실가스 배출 부문인 전력, 산업, 수송 부문은 각각 다음과 같은 모형 구조를 갖는다. 먼저 전력 부문은 다양한 정책 설정과 발전기술을 종합적으로 고려하여 발전설비 건설 및 전력 수급 계획을 시뮬레이션하는 구조로 설계되어 있다.⁵⁾ 전력 부문 모형은 크게 세 단계 구조로 작동한다. 먼저 산업·수송·건물 등 각 부문에서 발생하는 전력 수요를 합산하고, 이를 시간대별 부하 곡선으로 변환한다. 이 부하 곡선은 발전소가 시간대별로 얼마만큼의 전력을 생산해야 하는지를 결정하는 기준이 된다. 다음으로 각 발전소의 수익과 비용을 비교하여 경제성이 낮은 노후 설비의 폐지 여부를 판단하고, 신규 설비 건설에 필요한 균등화발전비용(LCOE)과 건설 가능 용량을 산정한다. 마지막으로 이 정보를 바탕으로 신규 발전설비를 세 가지 방식으로 추가한다. 재생에너지 의무화 등 법령에 근거한 정책 강제 건설, 계절별 전력 수요 변동에 대응하기 위한 신재생 전원 설비 건설, 그리고 경제성 평가를 통과한 비용효율 기반 건설이 그것이다. 이렇게 결정된 발전설비 구성을 토대로 송배전 투자·손실, 최종 배출량 계산, 계통 신뢰도 평가가 순차적으로 이루어지며 최종적으로 이 값을 합산하여 전화 부문 전체의 온실가스 배출량을 산출한다.

[그림 IV-2] 전력 부문 모형 구조

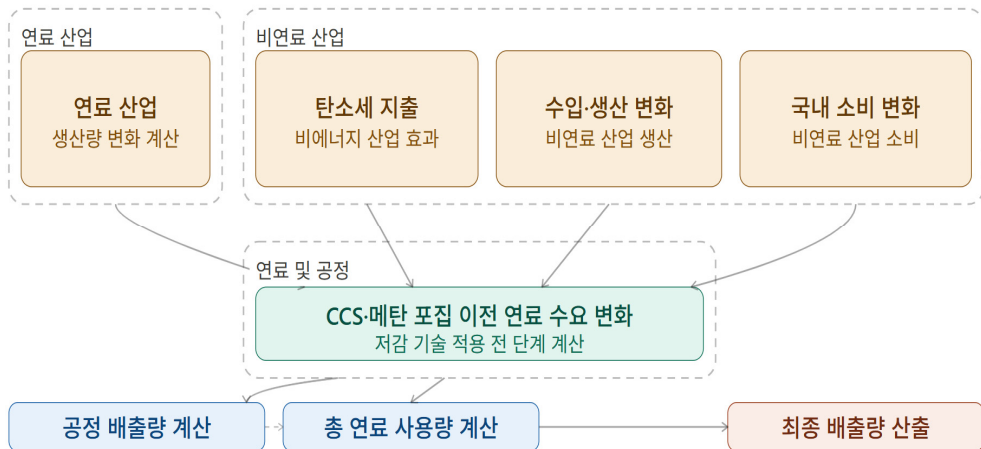


자료: '에너지 수요 전망 모형 정책연구용역 보고서'를 바탕으로 국회예산정책처 작성

5) 전력 부문의 주요 감축 수단: 신규 발전소 증설 제한(정책 전환형), 청정 전력 발전 비중(목표 설정형), 수요 반응 개선(변화량 설정형), 발전소 조기 폐지(목표 설정형), 송전 및 배전 손실 감소율(변화량 설정형)

산업 부문은 연료 산업(fuel industries)과 비연료 산업(nonfuel industries)의 생산 변화, 에너지 수요 변화, 공정 배출량(process emissions)을 포함하여 총 온실가스 배출량을 산정하는 구조를 갖는다.⁶⁾ 산업 부문 모형은 연료 산업과 비연료 산업이라는 두 개의 흐름을 병렬로 처리한 뒤 이를 통합하는 방식으로 운영된다. 연료 산업 경로에서는 탄소세 부과나 에너지 가격 변화로 인해 석유·가스·석탄 등 연료 생산 산업의 생산량이 변화하고, 이 변화가 산업 전반의 에너지 수요에 영향을 미친다. 비연료 산업 경로에서는 탄소세 지출, 수입·생산량 변화, 국내 소비 변화를 단계적으로 계산한다. 두 경로를 합산한 뒤에는 CCS(탄소 포집·저장)나 메탄 포집 등 감축 기술을 적용하기 이전 단계의 연료 수요 변화를 산출한다. 이어서 연료 연소에 따른 총 연료 사용량과, 연료 연소 이외의 원인으로 발생하는 공정 배출량(시멘트 소성, 화학반응, 철강 제조 공정 등)을 별도로 계산한다. 최종적으로 이 두 값을 합산하여 산업 부문 전체의 온실가스 배출량을 산출한다.

[그림 IV-3] 산업 부문 모형 구조

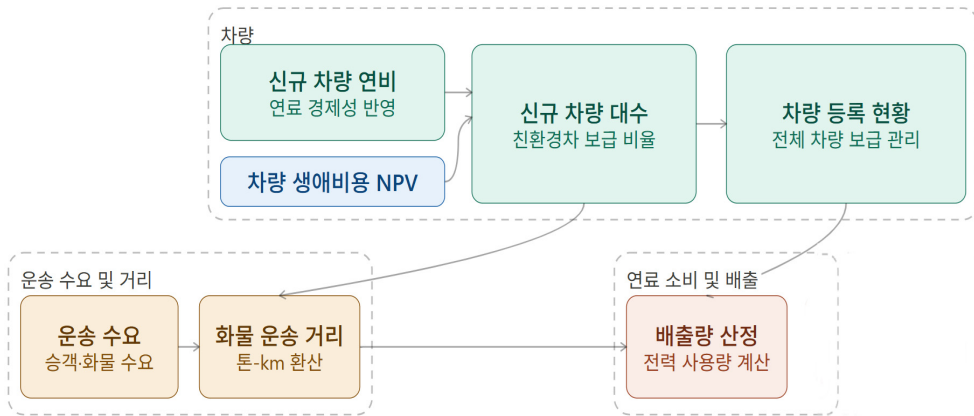


자료: '에너지 수요 전망 모형 정책연구용역 보고서'를 바탕으로 국회예산정책처 작성

6) 산업 부문의 주요 감축 수단: 탄소포집 및 격리 수준(변화량 설정형), 시멘트 클링커 대체율·전기화 비율·F-가스 대체율·수소 연소율·시스템 설계 개선율(목표 설정형), 원료 전환율(변화량 설정형), 산업 에너지 효율화

수송 부문은 운송 수요 및 거리(demand and distance), 차량(vehicles), 연료 소비 및 배출(fuel and emissions)로 구성되며, 수송 부문 모형은 차량 스톡(stock) 관리와 운송 수요를 연계하여 최종 배출량을 산출하는 구조로 설계되어 있다.⁷⁾ 차량 영역에서는 신규 차량의 연료 경제성과 차량 생애비용(NPV)을 기반으로 친환경 신규 차량의 보급 비율을 결정하고, 이를 기존 보유 차량 데이터와 통합하여 전체 차량 등록 현황을 관리한다. 여기서 차량 생애비용은 초기 구매 비용뿐 아니라 연료비·유지비 등 운용 기간 전체의 비용을 반영하므로, 내연기관차와 전기차·수소차 간의 경제적 비교를 통해 친환경차 보급 속도를 내생적으로 결정한다. 운송 수요 및 거리 영역에서는 승객 및 화물 운송 수요를 기반으로 승객-거리(passenger-miles)와 화물 운송 거리(ton-miles)를 산정한다. 결정된 차량 보급 현황과 운송 수요·거리가 연료 소비 및 배출 영역으로 연계되면, 차량 및 기술별 연료 소비량과 전력 사용량을 계산하고 오염물질 배출 계수와 결합하여 총 온실가스 배출량을 산정한다.

[그림 IV-4] 수송 부문 모형 구조



자료: '에너지 수요 전망 모형 정책연구용역 보고서'를 바탕으로 국회예산정책처 작성

7) 수송 부문의 주요 감축 수단: 전기차 충전기 보급률(변화량 설정형), 연비 표준 변화(변화량 설정형), 저탄소 연료 기준 상향(목표 설정형), 이동 수단 전환율(변화량 설정형), 무공해 차량 판매 비중(목표 설정형)

2. 시나리오 분석

본 절에서는 EPS 모형을 활용한 시나리오 분석을 통하여 감축 수단의 적용 수준에 따른 온실가스 배출 감축경로를 살펴보고자 한다. 2024년 기준으로 전체 온실가스 배출 중 전력·산업·수송 부문의 비중이 87%(순배출량 기준)를 차지하므로, 본 시나리오는 이들 핵심 3대 부문의 주요 감축 수단을 중심으로 온실가스 배출 감축경로 시나리오를 구성⁸⁾하였다. 분석 시나리오는 총 세 가지 유형으로, 현재 추세(2025년 기준)를 반영한 기준 시나리오와 2035 NDC 감축 목표인 61% 달성 시나리오, 그리고 여기에 추가 감축 수단을 더한 시나리오로 구성된다.

첫 번째, '현재 추세 연장 경로'는 전력·산업·수송 부문의 기수립된 이행 목표와 최근의 발전 추세를 반영한 시나리오이다. 구체적으로는 「제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)」상의 신재생에너지 발전량 비중 목표(2035년 29.5%, 2038년 33.0%)를 비롯하여 전기로강 생산 비중의 최근 추이, 전기자동차 보급 속도 등 현재 관측되는 통계적 추세를 종합적으로 반영하였다. 본 경로에서는 2050년 기준 '청정 전력 발전량 비중' 50%, '전기화율' 40%, '시스템 설계 개선율' 50%, '무공해 차량 판매 비중' 50% 수준을 전제로 온실가스 배출 추이를 분석한다. 이는 현행 추세 지속 시 달성 가능한 감축 수준을 객관적으로 제시함으로써, 향후 2035 NDC 목표 달성을 위해 추가로 요구되는 정책적 노력의 규모를 가늠하는 기준선(Baseline) 역할을 한다는 데 의의가 있다.

두 번째, '2035 NDC 목표달성 경로'는 2018년 대비 61% 감축목표 달성을 전제하고 이에 필요한 부문별 감축 수단의 적용 수준을 도출하는 시나리오이다. 구체적으로는 현재 이론적으로 가용한 온실가스 감축 수단들을 과감한 정책적 의지를 반영한 수준으로 도입하였을 때의 배출 경로를 분석하며, 이를 통해 목표 달성 가능성과 함께 각 부문에 요구되는 정책 이행 강도를 확인한다. 이에 따라 본 경로에서는 2050년까지 '청정 전력 발전량 비중' 90%, '전기화율' 60%, '시스템 설계 개선율' 100%, '무공해 차량 판매 비중' 100% 등 현재의 보급·이행 수준을 상회하는 매우 적극적인 감축 수단 도입을 가정한다.

세 번째, '수소 기술 추가 적용 경로'는 기존 감축 수단의 한계를 극복하고

8) 시나리오 분석 모형은 전 부문의 감축 수단을 포괄하고 있으나, 본 보고서에서는 배출 비중이 큰 전력·산업·수송 부문을 중심으로 감축 수단의 적용 전제와 결과를 기술한다.

궁극적인 2050년 탄소중립을 달성하기 위해 설정한 보완적 시나리오이다. 본 경로에서는 전력·산업·수송 부문에 대해 현재의 2035 NDC 계획 등에는 명시적으로 구체화되지 않은 수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철, 수소연료전지 차량 등의 차세대 수소 기반 감축 수단을 추가로 반영하였다. 이는 중기(2035년) 감축목표 달성을 넘어 장기적인 2050년 탄소중립으로 이어지는 경로의 실현 가능성을 검증하는 데 목적이 있다. 특히 기존 수단만으로는 탄소중립 달성에 구조적 한계가 존재함을 고려하여, 수소 기술의 본격적인 확산이 전력·산업·수송 부문의 추가적인 배출 감축을 견인한다는 가정하에 기술 도입의 정량적 효과를 분석하는 데 중점을 두었다.

[표 IV-1] 온실가스 배출 감축경로 시나리오 개요

시나리오		핵심 목표 및 특징	부문별 주요 감축 수단 적용 예시	분석 의의 및 목적
2035 NDC 경로	① 현재 추세 연장 경로 (S.1)	현재 정부가 진행 또는 계획한 감축 수단을 적용한 추세 및 통계 전망을 그대로 반영	* 청정 전력 발전량, 시스템 설계 개선, 무공해 차량 판매 등에서 현행 통계 및 보급 추세를 그대로 유지 ※ 「제11차 전력수급기본계획」, 전기로강 생산 추세, 전기차 보급 속도 등 반영	* 현재의 추세 유지 시 달성 가능한 감축 수준 파악 * NDC 목표 달성을 위해 추가로 필요한 정책적 노력의 규모 기능
	② 2035 NDC 목표 (61%) 달성 경로 (S.2)	2035년까지 2018년 대비 61% 감축목표 달성을 전제로, 현 시점부터 2035년까지 어떠한 감축경로가 형성되는지 분석	* 청정 전력 발전량 비중 확대 * 시스템 설계 개선 * 무공해 차량 판매 비중 확대 ※ 이론상 가능한 감축 수단을 최고 수준으로 적극 적용	* 61% 목표 달성 가능성 검토 * 각 부문별로 요구되는 정책 이행 강도 확인
추가 경로 (2050 NDC)	③ 추가 감축수단 적용 경로 (예: 수소) (S.3)	2050년 탄소중립 달성을 위해 여러 감축 수단 중 전력, 산업, 수송에 적용가능한 수소 기반 기술을 추가 반영한 경로	* 수소 기반 감축 수단 도입: 수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철, 수소연료전지 차량 등 ※ 2035 NDC 계획에서 명시되지 않은 신기술 추가	* 2035년 목표 달성을 넘어 2050년 탄소중립으로 이어지는 경로의 실현 가능성 타진

주: 본 분석의 모든 시나리오에 적용된 감축 수단별 도입 수준은 2050년 최종 달성치를 의미하며, 현재 관측되는 통계적 추세를 기반으로 2050년까지 선형적으로 증가한다는 가정하에 산출되었음.

가. 현재 추세 연장 경로

(1) 전제

첫 번째 시나리오(S.1)는 과거부터 현재(2025년 기준)까지 온실가스 감축 수단의 도입 속도를 추세적으로 적용할 경우의 온실가스 배출 감축경로를 시뮬레이션하였다.⁹⁾¹⁰⁾ 정부의 2035 NDC 목표 달성을 위해서는 감축 수단을 현재의 실제 적용 속도를 현저히 앞지르는 수준으로 도입해야 하나, 실제 지표는 이와 큰 격차를 보이고 있다.¹¹⁾ 철강 산업의 전기로강 생산 비중은 2022년 이후 지속 감소하여 2025년 기준 27%에 머물렀고, 전기자동차 신규 보급 비율 또한 2025년 기준 13.0%에 그쳐, 목표 달성 시나리오의 전제치와 상당한 괴리가 존재한다. 본 시나리오는 이러한 현실적 추세를 그대로 반영하여, 현행 감축 수단 적용 속도가 유지될 경우 도달 가능한 감축 수준을 살펴보는 데 분석의 의의가 있다.

부문별로 살펴보면, 전력 부문의 경우 최근 발전량 통계(잠정치 포함)와 공개된 계획 목표까지를 반영하였다. 법정 계획인 「제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)」은 신재생에너지 발전량 비중 목표를 2035년 29.5%, 2038년 33.0% 수준으로 제시하고 있다. 아래 그림과 같이 최근 계획과 실적 추세를 반영할 경우, 신재생에너지 발전량 비중은 점진적으로 증가하더라도 2050년에는 약 50% 수준에 머무를 것으로 예상된다.

이러한 정책 계획과 2024년까지의 실적 추세를 연계하여 분석한 결과, 현 추세가 유지될 경우 2050년 신재생에너지 발전량 비중은 50% 미만에 머무를 것으로 전망된다. 향후 사회적 공감대 확산으로 설비 확충이 가속화될 가능성을 배제할 수는 없으나, 현재의 보급 속도를 감안할 때 국제사회에서 권고하는 90% 보급률에는 미치지 못할 가능성이 높다. 더욱이 설비 확충에 수반되는 대규모 재정적 비용 부담과 안정적인 송배전망 확보 문제도 핵심 제약 요인으로 작용한다. 현재 국가 기반의 전력망 확충 노력이 이어지고 있으나, 전력 계통의

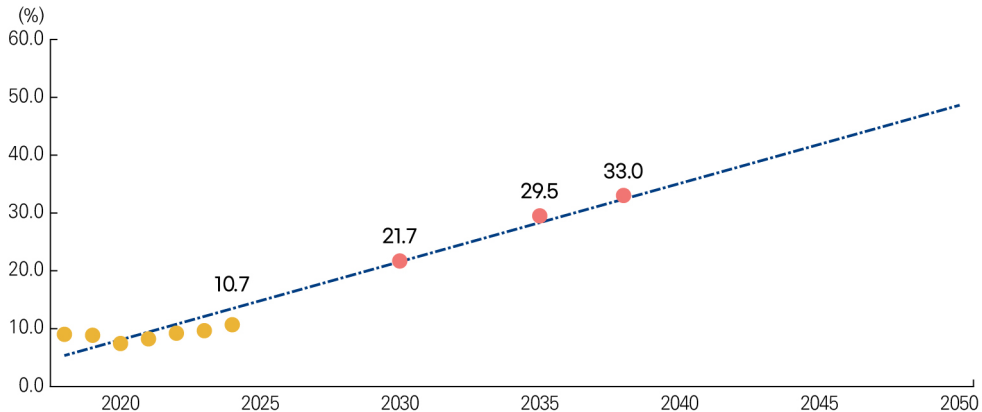
9) 에너지·기후 정책 시뮬레이션 분야에서는 현재의 정책 기조와 시장 추세가 그대로 유지되는 경우를 상정한 '현행 정책 시나리오(Current Policies Scenario)'를 기준 경로(baseline)로 설정하는 것이 일반적인 관행이다. 예를들어 IEA도 「World Energy Outlook」에서 현행 정책 시나리오(STEPS)를 기준 경로로 활용하고 있다.(IEA, 「World Energy Outlook 2025」, 2025.11.)

10) 시나리오 분석 자료(2025년까지)의 가용한 실적, 잠정 통계치를 반영한 추세를 참고하였다.

11) 시나리오 1에서 정부의 2035 NDC 목표를 달성하기 위해서는 감축 수단을 매우 적극적으로 도입해야 했으며, 이는 현재의 실제 적용 속도를 현저히 앞지르는 수준이다.

수용 한도 문제로 인해 비수도권에서 생산된 신재생에너지 중 상당량이 계통에 접속하지 못하는 연계 적체 현상을 겪고 있다.

[그림 IV-5] 전력 부문 전제 예시(신재생에너지 발전량 비중 증가 추세)



주: 신재생에너지 발전량 비중은 과거치 자료와 제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)의 2030년, 2035년, 2038년 계획을 포함하여 선형 추세 도출

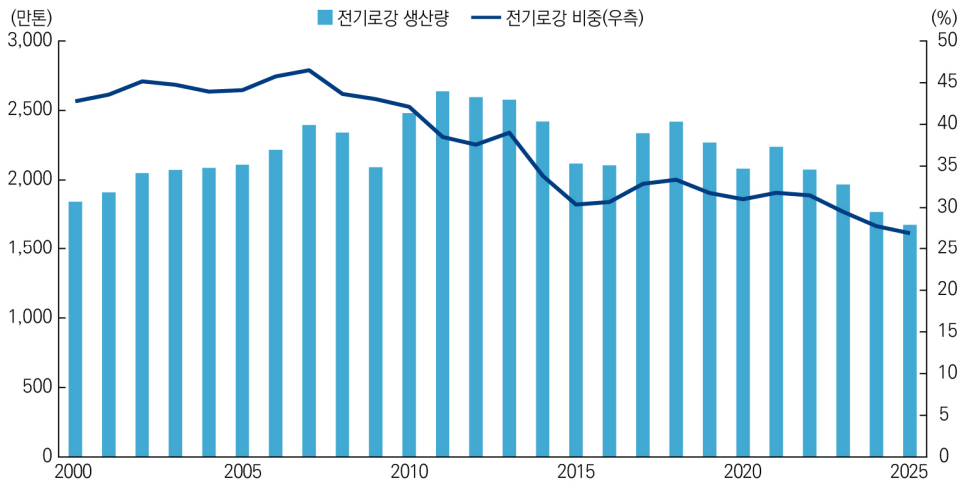
자료: 한국에너지공단

산업 부문에서는 온실가스 배출 감축을 위한 핵심 수단으로 주요 생산 공정의 전기화를 제시하고 있다. 이는 철강, 석유화학, 시멘트 등 탄소 기반 연료를 사용하여 원료를 고온으로 가열하는 다배출 업종의 공정을 전력 사용 공정으로 전환하는 방식이다. 대표적으로 철강 산업의 경우, 화석연료 기반의 고로(용광로) 대신 전기를 사용하는 전기로 방식으로 전환하여 배출량을 감축하고자 하나, 아래 그림과 같이 국내 전기로강의 생산량과 비중은 최근 오히려 감소하는 추세를 보이고 있다. 구체적으로 전기로강 생산량은 2011년 2,600만 톤 이상으로 정점을 기록한 이후 지속해서 감소하여 2025년에는 1,600만 톤 대로 축소되었다. 이에 따라 전체 철강 생산량 중 전기로강이 차지하는 비중 역시 2010년대 초반 40% 수준에서 2025년에는 약 27% 수준까지 하락하며 후퇴하는 양상을 보였다. 이러한 하락세는 전기로강이 주로 건설용 봉형강을 생산하기 때문에 국내외 건설 경기 변동에 취약할 뿐만 아니라, 주원료인 철스크랩의 높은 원료 비용과 전력 요금 인상 부담이 상존하기 때문이다.¹²⁾ 따라서 비용 부담과 고품질강 생산을 위한 기술적 한계가 명확한 현재 상황에서, 전기로 비

12) 이경숙, '탄소중립 목표 달성에 따른 주요국 철스크랩 시장 변화와 시사점', 월간 CEO&, 2023.09.12.

중의 급격한 확대는 현실적인 제약이 따른다. 석유화학과 시멘트 산업 역시 가열 공정을 전력으로 대체하는 기술이 상용화 단계에 이르지 못하고, 현재 기술 실증 단계에 머물러 있는 상황이다.

[그림 IV-6] 산업 부문 전제 예시(전기로강 생산 비중 추이)

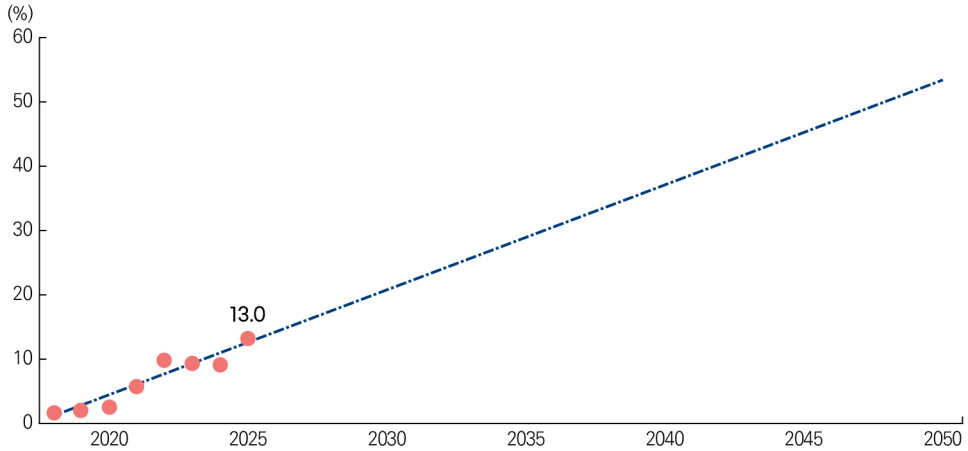


자료: KOSIS, 「철강통계조사」

수송 부문은 2050년까지 신규 차량을 전량 친환경차로 전환하고 대중교통 이용률을 극대화하는 것을 주요 감축 수단으로 삼고 있다. 그러나 아래 그림과 같이 국토교통부 실적 자료를 바탕으로 도출한 전기자동차 신규 등록 비중의 선형 추세는 목표 달성 경로에 비해 완만한 수준이다. 실제 전기차 신규 등록 비중은 2025년 기준 13.0%를 기록하며 점진적인 상승세를 보이고는 있으나, 이와 같은 과거 실적 기반의 선형 추세선(점선)이 2050년까지 그대로 유지될 경우, 최종 도달 비중은 약 54~55% 수준에 그칠 것으로 전망된다. 이는 모형이 전제하는 '2050년 신규 차량 100% 친환경차 보급'이라는 목표치와 약 45%p 이상의 격차가 발생함을 의미한다. 전기차 보급 확대를 위해서는 차량 공급뿐만 아니라 충전 인프라의 획기적인 확충이 동반되어야 하나, 초기 비용 부담과 충전 여건 미비는 여전히 시장 확대의 주요 제약 요인으로 작용하고 있다. 아울러 모형에서는 대중교통 이용률을 기술적 최고 수준으로 가정하고 있으나, 국내 대중교통 수송분담률은 지난 20년간 40%대에 정체되어 있는 실정이다.

따라서 단기간 내 강력한 수요관리를 통해 대중교통 분담률을 획기적으로 전환하는 것 또한 현실적인 제약이 따를 것으로 판단된다.

[그림 IV-7] 수송 부문 전제 예시(전기자동차 신규 등록 비중)



주: 전기자동차 신규 등록 비중은 과거치 자료를 바탕으로 선형 추세 도출
 자료: 국토교통부

각 부문별 감축 수단의 현재 추세를 반영한 시나리오에서 고려된 대표적인 변수의 구체적인 적용 수준 및 내용은 다음과 같다.

[표 IV-2] S.1 현재 추세 연장 경로의 주요 감축수단 전제

부문	감축 수단	적용 수준	내 용
전력	신재생에너지 발전	50%	2050년까지 신재생에너지를 통하여 생산된 전력의 비중
산업	전기화	40%	2050년까지 산업 부문 생산공정의 전기화율
수송	친환경 자동차 보급	50%	2050년까지 친환경 자동차 신규 보급 비율

주: 각 부문 감축 수단의 현재 적용 추세를 반영하여 산정

(2) 결과

감축 수단 현재 추세 적용 시나리오 추정 결과, 주요 부문별 감축 수단의 과거-현재 추세를 반영한 순배출량은 2018년(742.3백만tCO₂eq) 대비 점진적으로 감소하는 경로를 그리는 것으로 전망되었다. 온실가스 순배출량은 2024년 약 651.4백만tCO₂eq, 2030년 약 561.2백만tCO₂eq를 지나 2035년에는 2018년 대비 약 43.5% 감축된 약 419.5백만tCO₂eq 수준까지 도달할 것으로 전망된다. 이는 현재의 가용한 통계 추세에 기반한 감축 노력이 일정 부분 성과를 이루더라도, 향후 강화될 국가 중장기 감축 목표를 안정적으로 달성하기에는 현실적인 제약이 따를 가능성이 높음을 실증한다.

특히 감축 수단 현재 추세 적용 시나리오의 감축경로를 연도별 흐름으로 살펴보면, 초기에는 기존 제도의 관성적 연장선상에서 배출량이 비교적 가파르게 감소하는 경향을 보이나, 시일이 경과할수록 감축 속도가 완만해지는 흐름이 확인된다. [그림 IV-8]의 붉은색 곡선으로 나타난 감축경로를 주요 시기별 단계로 세분화하여 살펴보면, 시기별 정책 관성과 제약 요인에 따라 감축 기울기가 변화하는 흐름이 더욱 뚜렷하게 관측된다.

첫째, 2018년~2024년 구간은 과거 실측치 데이터가 반영된 기간으로, 기준연도 배출량(742.3백만tCO₂eq)에서 출발하여 2024년 약 651.4백만tCO₂eq를 기록하며 2018년 대비 약 12.2% 감축된 것으로 분석되었다. 이 시기는 신재생에너지 발전, 전기차 보급 등의 감축 수단이 시장에 본격적으로 안착하기 이전의 실제 통계 흐름을 보여주며, 기존 화석연료 중심의 시스템적 관성이 작용하여 배출량 감소 기울기가 비교적 완만하게 유지된 실적 구간이다. 본 모형의 시나리오 추정(시뮬레이션)은 이와 같은 과거 실측치 추세를 기반으로 2025년부터 본격적으로 적용된다.

둘째, 2024년~2030년 구간의 2030년 순배출량은 약 561.2백만tCO₂eq(2018년 대비 약 24.4% 감축)로 추정되며, 붉은색 곡선의 기울기가 한층 더 평탄해지는 정체 양상을 보일 것으로 예측되었다. 이는 시나리오 전제상 철강 부문의 전기로 생산 비중 감소 추세와 전기차 보급 속도의 일시적 둔화, 그리고 초기 신재생에너지 설비 확대에 따른 송배전망 접속 적체 등 현실적인 인프라 병목 현상이 본격적으로 누적되면서 실질적인 감축 효율이 상쇄될 수 있음

을 시사한다.

셋째, 2030년~2035년 구간에서는 순배출량이 약 419.5백만tCO₂eq 수준으로 하락하며 2018년 대비 약 43.5% 감축을 달성할 것으로 추정된다. 이와 같은 결과는 기존에 수립된 법정 계획인 「제11차 전력수급기본계획(2025.3.13.)」 등의 이행 목표와 누적된 기술 진보가 선형적으로 반영됨에 따라 해당 구간에서 감축 폭이 다시 상대적으로 가파르게 확대되는 경로로 구현된 것으로 해석할 수 있다.

전력 부문의 신재생에너지 확대, 산업 부문의 생산공정 전기화, 수송 부문의 친환경 자동차 보급 등이 시장에 흡수되는 초·중기 단계에서는 이처럼 정책 이행 시차에 따라 완만함과 가파름을 오가는 하향 곡선을 그리며 감축경로가 전개될 것으로 모의되었으나, 중장기적으로는 점차 구조적 한계에 부딪히며 감축 선이 평탄해지는 양상을 띤다. 실제로 [그림 IV-8]에서 관측되듯 2035년(약 419.5백만tCO₂eq) 이후부터 2050년(약 345.9백만tCO₂eq)까지의 장기 경로에서는 연평균 감축량이 대폭 축소되며 배출량 감소 폭이 눈에 띄게 둔화되는 특징을 보인다¹³⁾¹⁴⁾.

이러한 장기적인 감축 정체 현상은 산업 부문의 전기로 확대와 공정 전기화 과정에서 발생하는 전기요금 부담 및 기술 실증의 한계, 수송 부문의 전기차 충전 인프라 확충 지연, 그리고 전력 부문의 신재생에너지 송배전망 수용 제약 등이 복합적으로 작용하기 때문으로 해석된다. 결론적으로, [그림 IV-8]에서 제시된 바와 같이 추가적인 제도 보완이나 혁신 기술 도입 없이 현재의 감축 수단 보급 속도와 정책 이행 수준만을 그대로 유지할 경우, 향후 장기적인 국가 온실가스 감축 목표를 달성하는 데 상당한 정체 국면을 맞이할 수 있음을 명확히 보여준다.

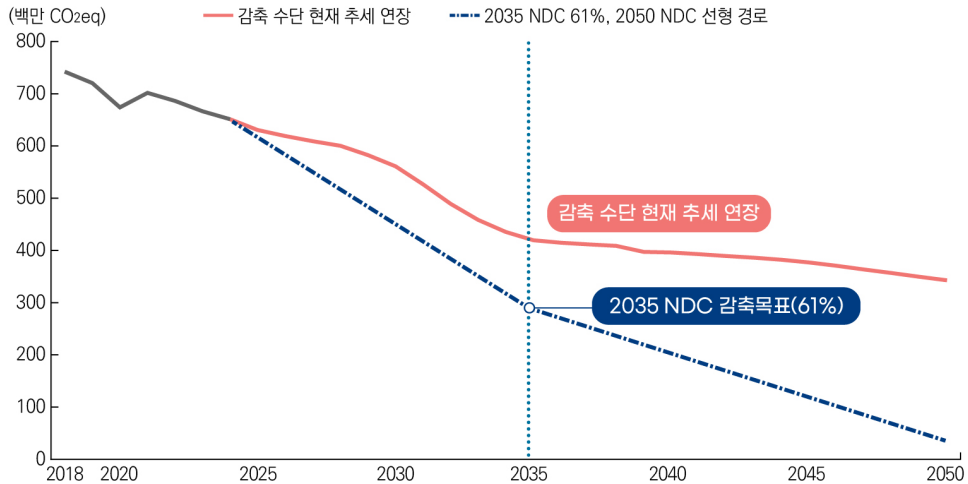
이처럼 현재의 추세를 그대로 이어가는 것만으로는 국가 온실가스 감축 목표를 달성하는 데 명확한 한계가 존재한다. 따라서 이어지는 다음 시나리오에

13) 「제11차 전력수급기본계획」 등 2025년 기준 가용 통계치를 포함한 현재 추세를 적용한 시나리오에 따르면 전력 부문의 주요 온실가스 배출 감축 수단인 신재생에너지 발전량 비중이 2024년부터 2035년까지 연평균 9.8% 증가하는 반면, 2035년부터 2050년까지는 연평균 3.6% 증가에 그치며 2035년 이후의 전력수요에 대응하기 위한 전력 발전 시 온실가스 배출 감축 폭이 감소하는 추세를 보인다.

14) 온실가스 배출량 감소 속도는 온실가스 감축 수단들이 적용되면서 그 감소 폭이 줄어드는 '한계체감'의 모습을 보이고 있다.

서는 정부가 제시한 2035 NDC 목표를 달성하기 위해 온실가스 감축 수단들을 최고 수준으로 활용할 경우 배출 경로가 어떻게 변화하는지 살펴보고자 한다.

[그림 IV-8] S.1 현재 추세 연장 경로 결과



자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

나. 2035 NDC 목표 달성 경로

(1) 전제

두 번째 시나리오(S.2)는 정부의 2035 NDC 감축목표를 달성하는 것을 바탕으로 한다. 이를 위해 2018년 배출량을 기준으로 2035년까지 최대 61% 감축¹⁵⁾하는 것을 전제로 하여 감축경로를 분석하였다. 이를 위해 모형에서 설정한 온실가스 감축 정책 수단을 최고 수준으로 활용하는 경우를 고려하였다.

시나리오 분석을 위한 부문별 핵심 감축 수단으로는 우선 '전기화'를 설정하였다. EPS 모형의 구조에서 확인되듯이 산업·수송·건물 등 주요 수요 부문의 연료 소비량은 '전력·열·수소 수요 산출' 과정을 거쳐 '전력 공급(발전 믹스)' 메커니즘과 유기적으로 연계된다. 따라서 수요 부문의 화석연료 소비를 전력으로 대체하는 전기화가 핵심적인 감축 동력으로 작용한다. 또한 정부의 2035 NDC 목표는 각 부문의 적극적인 전기화를 통해 온실가스 배출을 줄이는 계획을 제시하

15) 시나리오 설계 과정에서 61% 감축경로를 상위 목표로 설정함에 따라, 2035년 NDC의 하한 기준인 53% 감축목표는 모형에서 고려하지 않았다.

고 있으므로, 목표 달성을 위해서는 전력 부문의 감축경로가 무엇보다 중요하다. 이에 따라 시나리오 분석에서 전력 부문의 주요 감축 수단으로 신재생에너지의 과감한 보급 확대를 반영하였으며, 분석 모형에서는 2050년까지 신재생에너지 발전량 비중이 90%까지 증가하는 것으로 가정하였다.¹⁶⁾ 이는 2050년 탄소중립이 실현 가능하기 위해서는 2050년 기준으로 기저발전을 제외한 대부분의 전력을 신재생에너지로 조달하는 수준을 모사한 것이다. 이러한 높은 수준의 전환이 가능하려면 생산된 전력을 수요처까지 안정적으로 수송할 수 있는 전력망 확충이 선행되어야 하며, 화석연료 발전소의 신규 증설 중단 및 노후 발전소의 조기 폐지가 이뤄져야 하는 과제가 존재한다.

각 부문의 전기화를 뒷받침할 저탄소 전력 생산과 함께, 산업 부문의 온실가스 배출량을 감축하는 것 역시 중요하다. 우리나라 산업부문 배출량에서 철강, 석유화학, 시멘트 등 온실가스 다배출 업종이 차지하는 비중이 크기 때문이다.¹⁷⁾ 본 모형에서는 각 산업별로 특화된 온실가스 감축 수단과 더불어, 전 부문에 공통 적용이 가능한 전기화¹⁸⁾ 및 CCUS 기술 등을 적극적으로 활용하였다. 이처럼 산업 부문에서 가용한 주요 감축 수단들을 모형이 허락하는 최대 수준으로 적용하였을 때 2035 NDC의 61% 감축목표 달성이 가능함을 확인하였다.

주요 업종별 감축 수단을 살펴보면, 우선 철강 산업의 경우 환원제로 코크스¹⁹⁾를 사용하여 온실가스 배출량이 큰 고로 공정 대신, 전력 기반의 전기로 활용을 확대하는 방안을 적용하였다. 철스크랩을 녹여 생산하는 전기로강은 기존 고로 대비 공정 중 온실가스 배출을 70% 이상 감축할 수 있다. 다만, 전력 사용에 따른 간접 배출이 발생하고 고품질강 생산을 위한 원료(스크랩) 확보에 한계가 따르며, 높은 원료 및 전력 비용을 부담해야 하는 경제적·기술적 제약 요인도 존재한다. 이에 따라 추가적인 공정 효율화를 위해 노후 가열 설비를 고효율

16) IEA(International Energy Agency, 국제에너지기구)의 ‘Net Zero by 2050(2021.5.18.)’에서 제시한 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 필요한 신재생에너지의 발전량 비중이다.

17) 2020년 기준으로 제조업 내 철강, 석유화학, 시멘트 업종의 온실가스 배출 비중은 60.9%이다. EG-TIPS 에너지온실가스종합정보 플랫폼, 2026.5. 접속.

18) 2050년까지 산업 부문은 60%의 전기화를 이룰 것으로 가정하였는데, 이는 IEA의 ‘Net Zero by 2050(2021.5.18.)’과 IRENA(International Renewable Energy Agency, 국제재생에너지기구)의 ‘World Energy Transitions Outlook 2022(2022.3.29.)’에서 제시한 2050년까지 탄소중립 달성을 위해 필요한 전기화 비율을 참고하여 산정한 수준이다.

19) 탄소가 주성분인 화석연료를 정제하여 불순물이 거의 없이 탄소만 농축시킨 고탄소화 물질이다.

연소 설비로 교체하여 열효율을 높이고, 고로 배기가스 및 폐열을 회수하여 증기로 변환한 뒤 발전이나 공정에 재사용하는 경로를 통합 반영하였다.

석유화학 산업의 경우, 생산 공정의 효율을 높이기 위해, 공정 통합 기술로 열교환 네트워크(Heat Exchanger Network, HEN)를 고도화하여 폐열을 더 효과적으로 회수하는 방안을 반영하였다. 연료 측면에서는 탄소 기반 연료를 수소·암모니아 등 무탄소 연료로 대체하고, 고효율 촉매 기술을 개발해 분해 온도를 낮추며 공정 내 폐열 회수 기술을 적극 활용하여 효율성을 극대화한다. 원료 측면에서는 폐플라스틱 등 자원 재활용을 확대하고 바이오매스 소재로 석유 기반 납사를 대체하는 친환경 원료 전환 수단을 적용하였다.

시멘트 산업의 경우, 소성로 가열에 화석연료 대신 전기를 활용하는 기술을 도입하고, 생활폐기물이나 폐타이어·폐플라스틱 등의 활용을 통한 저탄소 연료 대체 방안을 반영하였다. 또한, 석회석 사용량을 줄이기 위해 슬래그나 플라이애시 같은 공정 부산물로 원료를 대체하여 배출량을 감축한다. 아울러 질소산화물을 저감하는 선택적 촉매 환원(Selective Catalytic Reduction, SCR) 기술 등 생산 공정의 전반적인 효율화 수단도 함께 고려하였다.

마지막으로 수송 부문에서는 탄소 기반 연료를 대체하기 위한 친환경 자동차 보급 확대²⁰⁾와 대중교통 이용 활성화를 통한 수요 관리가 핵심 감축 수단으로 작용한다. 본 시나리오에서는 2035 NDC 목표 달성을 위해 2050년 기준 신규 보급되는 모든 차량이 전기자동차로 전환되는 것을 전제하였으며, 대중교통 이용률 또한 모형이 허용하는 최고 수준으로 도달하는 경로를 가정하였다. 이러한 주요 부문별 감축 수단 시나리오에 반영된 세부 변수의 추이와 구체적인 내용은 다음과 같다.

20) IEA의 'Net Zero by 2050(2021.5.18.)'와 ICCT(International Council on Clean Transportation, 국제청정교통위원회)의 'Vision 2050(2025.1.13.)'에서 제시한 2050년까지 탄소중립을 달성하는데 필요한 친환경 자동차 신규 보급 비율을 참고하였다.

[표 IV-3] S.2 2035 NDC(61%) 모형의 주요 감축 수단 전제

부 문	감축 수단	적용 수준	내 용
전력	신재생에너지 발전	90%	2050년까지 신재생에너지를 통하여 생산된 전력의 비중
산업	전기화	60%	2050년까지 산업 부문 생산공정의 전기화율
수송	친환경 자동차 보급	100%	2050년까지 친환경 자동차 신규 보급 비율

주: 전력 부문 신재생에너지 발전량 비중은 IEA, 산업 부문 전기화 비율은 IEA, IRENA, 수송 부문의 친환경 자동차의 신규 보급 비율은 IEA, ICCT 등에서 제시한 시나리오를 참고하여 산정

(2) 결과

모형 분석 결과에 따르면, 각 부문의 주요 감축 수단인 전기화와 이를 뒷받침하기 위한 신재생에너지 발전 비중 확대를 중심으로 시나리오를 구성할 때 2035 NDC의 부문별 감축목표 달성이 가능한 것으로 전망되었다. 본 시나리오에서는 전기화를 축으로 모형 내 설정된 부문별 감축 수단들을 도전적인 수준으로 반영하였으며, 이에 따라 2035년 목표 달성을 위해 온실가스 배출량이 2024년 이후 단기간에 상당히 가파르게 감소하는 경로가 도출되었다.

특히 그래프상의 감축경로를 실현하기 위한 연간 이행 강도는 과거 우리나라의 감축 성과와 비교했을 때 매우 높은 수준이다. 온실가스종합정보센터가 발표한 공식 국가 온실가스 배출량 통계에 따르면, 코로나19 확산으로 온실가스 배출량이 감소했던 2020년 당시 전년 대비 감축량은 약 44백만tCO₂eq이었으며, 경기 둔화와 원전 발전 확대 등이 맞물렸던 2023년의 감축량도 전년 대비 약 26백만tCO₂eq 수준이었다.²¹⁾

반면, 본 모형의 시뮬레이션 데이터에 따른 2035 NDC 감축경로(61% 감축 시나리오 기준)를 시기별로 비교해보면 다음과 같이 대조적인 흐름을 보인다. [그림 IV-9]의 파란색 점선으로 제시된 바와 같이, 감축 조치가 본격적으로 적용되는 2024년 이후부터 2030년까지의 구간은 국가 배출량이 과거 현재 추세 적용 시나리오(붉은색 선)와 비교하여 현저하게 급격한 기울기로 감소할 것으로 추정되었다. 이는 과거 경제 위기나 외부 충격이 발생했을 때의 연간 감축 폭을

21) 온실가스종합정보센터 보도자료, 「2023년 온실가스 배출량 6억 2,420만톤…전년 대비 4.4% 감소, 2년 연속 감소 추세」, 2024.9.10.

매년 연속해서 달성해야 하는 강도 높은 경로다.

그러나 이러한 온실가스 배출량의 감축 속도는 이후 완전한 정체 국면으로 이어진다. 2030년부터 목표연도인 2035년까지의 구간 역시 가파른 하향 곡선을 유지하며 최종적으로 2035년에 정부의 61% 감축 목표인 289.5백만tCO₂eq에 도달하는 경로로 예측되었다. 강도 높은 감축 수단 적용으로 2035년까지는 온실가스 배출량의 감축 속도가 빠르지만, 2035년부터 2040년까지의 5년 경로에서는 배출량 감소 기울기가 급격히 완만해지며 소폭 감소에 그치는 정체 현상이 관측된다.²²⁾

이러한 결과는 2035년까지의 단기 목표 달성에만 치중할 경우 2035년까지의 초·중기에는 막대한 이행 부담을 초래하는 반면, 목표 달성 직후(2035~2040년)에는 추가적인 감축 동력이 고갈되어 구조적 고착화(Lock-in) 현상이 발생할 가능성이 존재함을 시사한다. 더욱이 실제 현실에서는 각 산업 부문이 경기 여건과 시장 수요에 따라 제품 생산을 결정하므로 불확실성이 존재할 뿐만 아니라, 본 시뮬레이션은 기술적 적용 가능 수준만을 분석한 것이어서 경제적 비용 증가에 따른 제약 요인은 반영되지 않았다.

이와 같은 실제 산업 현장의 감축 수단 적용에 따른 불확실성과 비용 부담을 종합적으로 고려할 때, 몇 가지 중요한 시사점을 도출할 수 있다. 결론적으로 매년 수십 백만tCO₂eq 규모의 급격한 감축을 전제로 하는 2035 NDC 목표(61% 감축)를 실현하려면, 이론적으로 가용한 모든 감축 수단을 선제적으로 적용하는 것이 필수적이다.²³⁾ 그러나 주요한 쟁점은 정부가 발표한 '2035 국가 온실가스 감축목표(안)'²⁴⁾에 제시된 부문별 주요 과제들의 실제 현장 적용 가능성

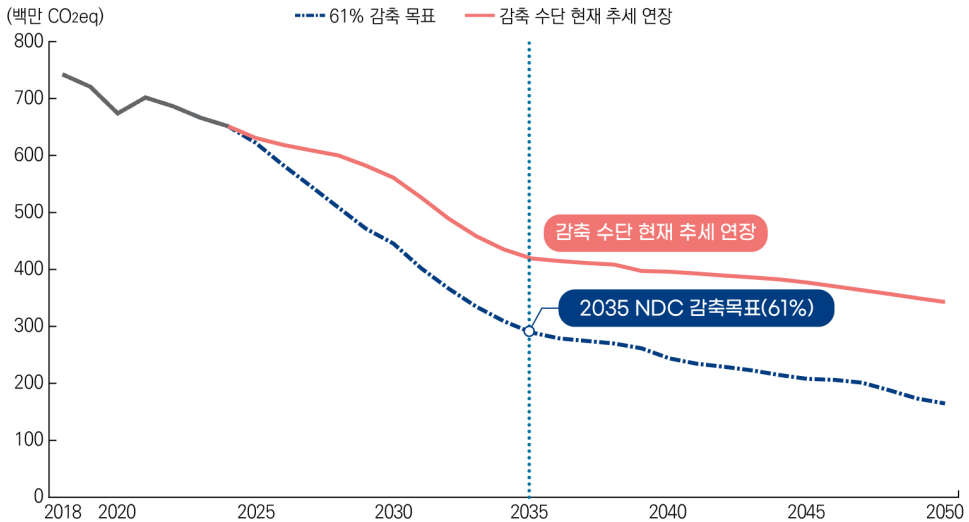
22) 이와 같이 2035년을 기점으로 감축경로가 급격히 정체되는 것은 모형의 구조적 특성과 감축 수단의 한계성에 기인한다. 본 모형은 2035년까지의 법정 목표(2018년 대비 61% 감축)를 강제적으로 충족하기 위해, 현재 상용화되었거나 기술적 실증 단계에 있는 전력·산업·수송 부문의 가용 수단(신재생에너지 발전 비중 90%, 공정 전기화율 60%, 친환경차 보급률 100% 등)을 한계 수준까지 적용하는 것을 전제한다. 강도 높은 감축 수단 적용으로 2035년 이전에는 빠른 감축 속도를 보이지만, 2035년 목표 달성 이후에는 감축 속도가 크게 둔화되는 결과가 나타난다. 즉, 수소원전발전이나 무탄소 연료 대체 등 2035년 이후에 본격적으로 도입되어야 할 차세대 혁신 기술의 상용화 경로가 모형 내에 연속적으로 이어지지 못하고, 기존 기술의 확장성만으로는 추가 감축이 불가능한 기술적 한계에 직면하기 때문이다.

23) 다만 본 모형의 시뮬레이션에서 나타난 2035년 전후의 감축 정체 현상은, 단기간 내에 고강도 목표를 달성하기 위해 감축 수단의 입력값을 기술적 상한선까지 극단적으로 적용한 데 따른 모형 상의 특성으로 이해할 수 있다.

24) 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「'35년까지 '18년 대비 온실가스 53~61% 감축」, 2025.11.10.

이다. 수소환원제철 실증, 전기 NCC 원천기술 개발 등 정부가 제시한 수단들은 대부분 단기간 내에 상용화하거나 제도를 정착시키기 까다로운 고난도의 과제들로 채워져 있어, 2035년까지 남은 시간 동안 이들 수단이 계획대로 전면 도입될 수 있을지는 여전히 불투명한 실정이다.²⁵⁾

[그림 IV-9] S.2 2035 NDC 목표 달성 경로 결과



자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

25) 관계부처합동, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 공청회, 2025.11.6.

다. 추가 감축 수단 적용 경로

(1) 전제

2035년 NDC 목표와 2050년 탄소중립 목표 달성을 실질적으로 연계하기 위해, 수소 기술을 추가로 적용한 경로(S.3)를 별도로 구성하였다. 앞서 분석한 두 개의 시나리오만으로는 현행 가용한 감축 수단의 한계로 인해 2035년 목표 달성은 물론, 궁극적인 2050년 목표 달성까지 완수하는 데 어려움이 따를 수 있다는 점을 고려하여, 수소 기술의 추가적인 기여 가능성을 검토하고자²⁶⁾ 수행한 보완적 분석이다.

본 경로에서는 현재의 2035 NDC 계획에서는 구체적·세부적으로 제시되지 않았지만, 전력·산업·수송 부문에서 주요 차세대 감축 수단으로 고려되는 수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철,²⁷⁾ 수소연료전지 차량 등의 수소 기반 감축 수단을 추가로 반영하였다. 특히, 각 부문의 온실가스 배출량 감축 수단으로 적극적인 전기화 추진을 계획하며 신재생에너지 발전량 비중을 늘리기 위해서는 재생에너지 발전원의 간헐성²⁸⁾에 대한 대응책으로서 수소의 역할이 클 수 있음을 감안하였다.

다만, 2035 NDC 목표 달성을 위한 단기 감축 수단으로서 수소는 현재 정부가 추진하는 구체적인 이행 계획에서 다소 배제되어 있다. 일례로 현재 수립 중인 「제12차 전력수급기본계획」 논의 과정에서도, 수소에너지 및 연료전지 활용 시장은 현시점의 높은 기술적 난이도와 경제성 부족 등을 이유로 2035년 전후의 주력 감축 수단으로 본격화되지 못하고 있는 실정이다.²⁹⁾ 그러나 정부가 발표한 ‘2035 국가 온실가스 감축목표(안)’에 따르면, 수소 부문은 2018년 기준 ‘0’에서 2035년까지 상한 기준 650만 톤 규모의 청정수소(그린·핑크·블루

26) 본 장에서는 앞서 분석한 두 가지 시나리오에서 배제되었던 감축 수단 중 하나로, 전력·산업·수송 부문 전반에 걸쳐 적용이 가능한 수소 기술의 도입을 추가로 고려하였다(상세 내용은 이하 본문 참조).

27) 철강 산업은 국내 산업 배출량의 약 35.0%를 차지하는 최대 배출원(2024년 기준, 온실가스종합정보센터)으로, 기존 고로 공법을 수소환원제철과 친환경 전기로 공법으로 대체하면 이산화탄소 배출을 원천 차단(100% 감축)할 수 있는 혁신적인 대안이다.

28) 재생에너지의 경우 일조량이나 풍량 등 통제하기 어려운 변수들로 인하여 전력 생산이 이루어지지 않는 구간이 발생하는 간헐성 문제가 해결해야하는 중요 과제이다.

29) 전지성, “12차 전기본, LNG ‘30년 제한’ 검토…수소발전도 사실상 퇴출 수순,” 에너지경제신문, 2026.4.9.

수소)를 생산 및 전환 공급하는 목표가 명시되어 있다.³⁰⁾ 이는 정부 역시 장기적인 감축 여력 확보를 위해 수소를 핵심 포트폴리오로 인식하고 있음을 보여주는 대목이다. 아울러 국회에서도 청정수소 발전의 제도적 안착과 수소 전주기 생태계 조성을 위한 청정수소법 및 수소경제 관련 논의³¹⁾와 입법 보완 조치³²⁾가 활발히 전개되고 있어, 향후 기술 성숙에 따른 경로 다변화의 제도적 기반이 마련되고 있음을 시사한다.

앞선 시나리오 분석을 통하여 살펴본 바와 같이, 2035 NDC 목표 달성과 2050년 탄소중립을 위해서는 추가적인 감축 수단의 확보가 중요하다. 최근 시장 수요의 불확실성으로 인하여 수소 생산계획이 취소되거나 지연되는 경우가 발생하고는 있으나, 중국을 중심으로 수소 생산 비용의 저감이 기대됨에 따라 2050년까지 글로벌 수소 생산량은 416백만 톤으로 비약적으로 증가할 것으로 예상되고 있다.³³⁾ 아래 그림의 국제에너지기구(IEA) 전망에 따르면, 2050년 전

30) 기후에너지환경부 보도자료, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2025.11.

31) 국회에서는 수소경제포럼, 국가미래비전포럼 등을 중심으로 지속적인 정책 토론회를 통하여 수소 관련 현황 파악과 함께 정책에 대한 논의가 진행되고 있다.

32) 「수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률」 등 관련하여 발의된 12건 중 2건은 공포되었다.

제22대 국회 수소경제 관련 입법 동향

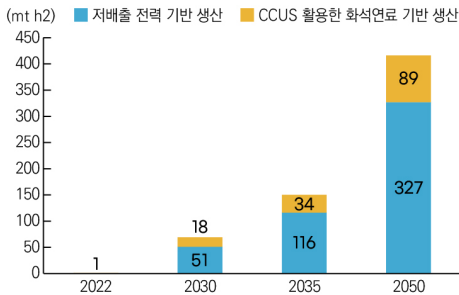
제안일	대표발의 의원	주요 내용	심사 진행 상태
2024.7.10.	이종배 등 11인	수소유통전담기관 지정	공포(2025.5.1)
2024.8.1.	김성환 등 50인	수소에너지에 대한 정의, 수소에너지와 연료전지 등 수소에너지 설비에 대한 지원방안을 마련	공포(2026.2.12)
2024.8.2.	김성환 등 51인	수소 생산비용 차액 지원	소관위 계류중
2024.11.5.	홍기원 등 11인	수소도시 조성	
2024.12.10.	김교홍 등 10인	한국수소기술원 설립	
2025.1.17.	이종배 정태호 등 24인	「수소 및 수소화합물 사업법」을 제정	
2025.2.7.	허성무 등 12인	수소엔진 및 액체수소 관련 정의	
2025.7.29.	이학영 등 10인	수소를 환원제 기술의 보급·발전	
2025.10.30.	허영 등 27인	「수소 철도차량의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」 제정	
2025.10.31.	곽상언 등 10인	「수소 및 수소화합물 사업법」 제정	
2026.4.28.	이종배 등 11인	공공부지의 수소에너지 활용 촉진	
2026.4.29.	이종배 등 11인	수소전문기업 지원	

주: 국회의안정보시스템을 바탕으로 국회예산정책처 작성

33) IEA, *Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*, 2023.9.26.

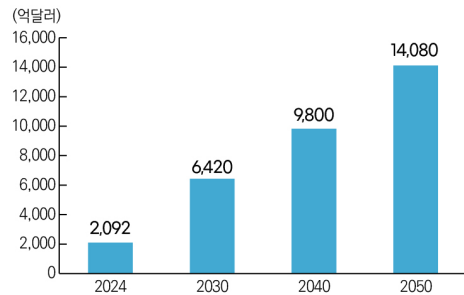
체 수소 생산량은 416백만 톤에 달할 것으로 예상되며 이 중 저배출 전력 기반 생산이 327백만 톤, CCUS를 활용한 화석연료 기반 생산이 89백만 톤을 차지하는 등 청정수소 중심으로의 생산 구조 전환이 뚜렷해질 전망이다. 더욱이 탄소중립 달성을 위한 청정 에너지원에 대한 수요 증가로 인하여, 아래 오른쪽 그림의 전망과 같이 글로벌 수소 시장 역시 지속적으로 확대되어 2024년 2,092억 달러에서 2030년 6,420억 달러, 2040년 9,800억 달러를 거쳐 2050년까지 1조 4,080억 달러 규모로 성장할 것으로 전망된다.

[그림 IV-10] 글로벌 수소 생산 규모 전망



자료: IEA

[그림 IV-11] 글로벌 수소 시장 규모 전망



자료: Deloitte

추가적인 경로 시나리오에서는 ‘현재 추세 지속 경로(시나리오 1)’ 및 ‘2035 NDC 달성 경로(시나리오 2)’에 더하여, 차세대 수소 감축 역량을 적극적으로 반영한 2050년까지의 확장 경로를 추가로 검토하였다. 대표적인 무탄소 연료원인 수소는 연소 과정에서 온실가스를 배출하지 않으므로, 기존 감축 수단의 한계를 극복하고 장기적인 무탄소 전환을 견인할 핵심 대안으로 평가받는다. 구체적으로 수소 기술은 발전, 산업, 수송 등 온실가스 다배출 부문의 화석 연료를 대체하며 다음과 같이 혁신적인 감축 여력을 제공한다.

첫째, 전력 부문에서는 기존의 LNG 및 석탄 발전을 수소 혼소³⁴⁾·전소³⁵⁾ 발전으로 전환하여 전력 생산 과정의 온실가스를 직접적으로 감축할 수 있다. 수소 혼소의 경우, 수소가 LNG의 35%를 대체하면 온실가스 배출량을 14% 감

34) LNG를 활용하는 화력발전소의 연료 일부를 수소로 대체하여 터빈을 작동시킴으로써 온실가스 배출을 감축하는 방법을 말한다.

35) LNG 대신 온전히 수소만을 연소하여 터빈을 작동시켜 전력을 발전시키는 방법이다.

축할 수 있고, 대체율을 70%까지 높일 경우 배출량을 최대 51%까지 절감할 수 있을 것으로 전망된다.³⁶⁾

둘째, 산업 부문에서는 유연탄 등 탄소 기반 원료와 연료를 수소로 대체하는 기술이 핵심이다. 특히 국가 온실가스 배출량의 14.4%를 차지하는 철강 산업의 경우, 생산 공정 자체에서 대량의 이산화탄소가 발생하는 구조적 한계를 지닌다. 그러나 코크스(탄소) 대신 수소를 사용하는 '수소환원제철'³⁷⁾ 기술을 도입하면, 부산물로 이산화탄소 대신 물이 배출되므로 획기적인 감축이 가능하다. 현재 2026년부터 2030년까지 총 사업비 8,145억 원 규모의 '한국형 수소환원제철 실증기술 개발사업'³⁸⁾이 추진 중이며, 이를 통해 2036년 첫 실증 설비(1기) 가동을 목표로 하고 있다. 관련 사업 설명서는 향후 2050년까지 총 15기의 수소환원제철 설비가 전면 도입될 경우, 잠재적으로 연간 약 73백만tCO₂eq의 공정 온실가스가 감축될 것으로 기대되며, 전기로 고도화가 병행될 경우 감축 효과는 더 확대될 것으로 제시하였다. 이외에도 석유화학이나 시멘트 산업 등에서 탄소 기반 연료를 수소로 대체할 경우 상당한 감축 기여가 예상된다.

마지막으로, 수송 부문에서는 기존의 휘발유 및 경유 기반 내연기관차를 수소연료전지 자동차로 전환함으로써 운행 단계에서의 배출가스를 원천 차단하고, 수송 부문의 친환경 연료 전환을 완성하는 데 크게 기여할 수 있다.

[그림 IV-12] 부문별 수소 기술 적용 예시



자료: 한국수소연합, '한국의 수소경제 현황 및 전망', 수소산업전환미래비전포럼 발표자료, 2026.5.20.

36) 포스코그룹 뉴스룸, "[에너지 지식창고] ② 탈탄소를 향한 징검다리, 수소혼소발전," 포스코에세이, 2023.2.17.

37) 수소환원제철은 철강 생산의 원료인 철광석에서 산소를 제거할 때 탄소(C) 대신 수소(H₂)를 사용하여 이산화탄소(CO₂) 대신 물(H₂O)을 배출하는 친환경 제철 기술이다.

38) 한국형수소환원제철실증기술개발사업(R&D), 기후대응기금 코드: 6431-577

(2) 결과

추가 감축 수단 적용 가능성을 검토하기 위해 수소 기반 감축 수단을 한 예로 반영한 확장 경로(시나리오 3)의 모형 분석 결과, 2035년 이후 기존 감축 수단만으로는 달성하기 어려운 추가적인 온실가스 감축이 가능한 것으로 분석되었다.

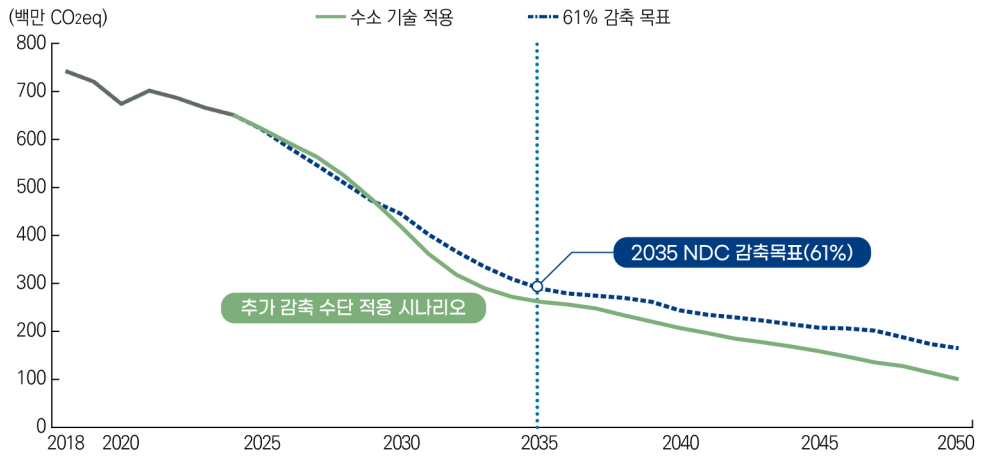
추가 감축 수단 적용 경로는 2035년 국가 온실가스 배출량이 약 262백만 tCO₂eq 수준으로 시뮬레이션되어, 동일 연도 기준 2018년 대비 61% 감축 목표(배출량 상한 약 290백만tCO₂eq)를 상회하여 약 64.7% 감축을 달성하는 가장 적극적인 감축 성과를 나타낸다. 비록 분석 모형 상 제약³⁹⁾과 잔여 화석연료 소비로 인해 2050년 최종 연도에 완벽한 넷제로(0 tCO₂eq)를 구현하는 데는 기술적 한계가 있지만,⁴⁰⁾ 수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철 등의 적극적 감축 수단이 조기에 도입되면 장기 감축경로 상에서 2035 NDC 상한 경로보다 더 낮은 수준의 온실가스 배출을 유지할 수 있음을 보여준다.

결과적으로 2035년 시점의 61% 상한 목표 달성을 넘어 궁극적인 2050년 탄소중립이라는 장기 국가 목표를 차질 없이 달성하기 위해서는, 기존 2035 NDC에서 제시된 감축 수단들에만 의존하기보다 핵심 신기술의 개발과 현장 보급을 적극적으로 추진해야 할 것으로 판단된다. 나아가 이러한 저탄소·무탄소 기술이 적기에 전 산업 부문에 활용될 수 있도록 신기술 도입에 적극 나설 필요가 있다. 예를들어 청정 수소 공급 인프라 등의 기반 확보와 세부 이행 계획 수립을 위한 다양한 정책적 대안이 필요한 시점이다.

39) 기술적·구조적 고착화(Lock-in) 현상: 산업 및 발전 부문의 대형 기반 시설(가스터빈 발전소, 고로 등)은 초기 투자 자본의 규모가 크고 설비 수명이 30~40년 이상으로 길기 때문에, 새로운 무탄소 기술(수소 혼소·전소, 수소환원제철 등)이 개발되더라도 기존 자산의 잔여 수명 동안 화석연료 소비 구조가 강제로 지속되는 현상을 의미한다. 시스템 역학 모형에서는 이러한 잔존 자산의 퇴출 시차와 기술 전환의 물리적 제약이 반영됨에 따라, 2050년 최종 연도까지도 잔여 화석연료 소비로 인한 배출량이 완전히 소거되지 못하고 경로상에 고착화(Lock-in)되는 특성을 보인다.

40) 기술적·구조적 고착화 현상뿐만 아니라, 본 모형이 흡수원, CCUS, 국제감축 등 온실가스 흡수 및 제거 수단의 추가적인 감축 여력을 가정에서 배제한 점은 2050년 최종 순배출량이 넷제로에 이르지 못한 주요 원인으로 작용하였다.

[그림 IV-13] S.3 추가 감축 수단 적용 경로 결과



주: '추가 감축 수단 적용 시나리오'는 2035 NDC 감축목표 (61%) 달성을 위한 감축 수단 적용 전제에 추가적인 감축 수단(수소 기술)을 적용한 시나리오

자료: 국회예산정책처 시나리오 분석 결과

V. 결론 및 시사점

1. 결론

국가기후위기대응위원회(구 탄소중립녹색성장위원회)는 2018년 순배출량(742백만tCO₂eq) 대비 최대 61%를 감축하는 '2035 국가 온실가스 감축목표(2035 NDC)'를 확정(2025.11.11.)하였다. 2035 NDC는 온실가스 배출량 감축을 위하여 각 부문의 적극적인 전기화를 통한 탈탄소화를 주요 감축 수단으로 채택하고 있으며, 전력 부문은 신재생에너지 발전량의 확대를 통하여 전력 생산 과정에서 발생하는 온실가스 배출을 최소화할 계획이다. 이에 본 보고서는 국회의 예산·정책심의 및 입법 논의에 필요한 정책적 근거를 제공하기 위하여 전력·산업·수송 등 주요 배출 부문의 현황과 감축 과제를 진단하고, 정부가 확정된 2035 NDC 부문별 감축 시나리오의 적정성과 이행 가능성을 점검하였다.

전력 부문에서는 신재생에너지 발전 비중 확대가 주요 감축 수단으로 작용하나, 앞서 살펴본 바와 같이 발전원 전환만으로는 탄소중립 목표 달성에 충분하지 않음을 확인하였다. 재생에너지의 간헐성에 따른 변동성 문제를 해결하기 위한 지능형 전력망·ESS 등 계통 인프라 확충이 선행되어야 하며, 비수도권에서 생산된 신재생에너지가 계통에 접속하지 못하는 연계 적체 현상도 실질적인 제약 요인으로 작용하고 있다. 또한 효율적인 전력 수요 관리와 시장·제도 개선, CCUS 등 탄소저감 기술이 함께 뒷받침되어야 안정적인 저탄소 전력시스템으로의 전환이 가능하다. 결국 전력 부문의 감축은 발전원 전환을 넘어, 운영·계통·수요·제도를 아우르는 전력 가치사슬 전반의 탄소중립 생태계 구축이 동시에 요구된다.

산업 부문은 철강·석유화학·시멘트 등 온실가스 다배출 산업이 집중되어 있어 전체 온실가스 배출에서 차지하는 비중이 크다.¹⁾ 2035 NDC는 생산 공정의 전기화를 기본으로 탄소 기반 연료·원료 대체, 에너지 및 공정 효율 개선, 순환자원 활용 등을 감축 수단으로 제시하고 있으나, 앞서 살펴본 바와 같이

1) 2024년 기준 이 세 산업의 배출량은 전체의 각각 14.5%, 7.8%, 5.7%로, 합산하면 전체 배출량의 28.0%에 달한다.

온실가스 다배출 업종은 설비 수명이 길고 초기 투자 규모가 큰 장치산업의 특성상 탈탄소화 전환에 구조적 어려움이 따름을 확인하였다. 실제로 철강 산업의 전기로강 생산 비중은 2022년 이후 오히려 감소하여 2025년 기준 약 27% 수준²⁾에 머물고 있으며, 석유화학·시멘트 산업의 가열 공정 전기화 기술은 현재 실증 단계에 그치고 있어 단기간 내 대규모 전환에는 현실적인 제약이 따르는 것으로 나타났다.

수송 부문에서는 도로 부문의 경우 전기·수소차 등 친환경차 보급, 수요관리, 연비 개선, 바이오 디젤 혼합률 확대 등을, 비도로 부문의 경우 수소 열차와 친환경 선박 도입 등을 감축 수단으로 제시하고 있으나, 앞서 살펴본 바와 같이 이행 현황과 목표 간의 괴리가 상당한 것으로 나타났다. 전기자동차 신규 등록 비중은 2025년 기준 13.0%에 그치고 있으며, 현재의 보급 추세가 유지될 경우 2050년 도달 비중은 약 54~55% 수준으로 목표치(100%)와 약 45%p의 격차가 발생할 것으로 전망되었다.³⁾ 충전 인프라 확충 지연과 초기 비용 부담이 여전히 시장 확대의 주요 제약 요인으로 확인되었으며, 국내 대중교통 수송분담률 역시 지난 20년간 40%대에 정체되어 있어 수요관리를 통한 추가 감축에도 한계가 존재하는 것으로 나타났다.

이상의 부문별 현황 분석을 바탕으로 EPS 모형을 활용한 시나리오 분석을 수행하였다. 먼저 2025년 기준의 현재 추세 연장 경로(시나리오 1)를 분석한 결과, 2035년의 순배출량은 2018년 대비 43.5% 감소한 약 420백만tCO₂e 수준에 그치는 것으로 나타났다. 이는 2035 NDC의 하한 감축목표인 53%에도 미치지 못하는 수준으로, 53% 감축 달성 시보다 순배출량이 약 71백만tCO₂e(20.2%), 61% 달성 시보다는 약 130백만tCO₂e(44.9%) 더 많은 수준이다. 현재의 감축 수단 도입 속도와 정책 이행 수준을 그대로 유지하는 것만으로는 2035 NDC 목표 달성이 어렵다는 점이 수치로 확인된다.

이에 NDC 목표 달성 경로(시나리오 2)로서, IEA·IRENA·ICCT 등 국제기구가 제시한 탄소중립 시나리오를 참고하여 이론적으로 가용한 감축 수단을 최고 수준으로 적용할 경우의 배출 경로를 도출하였다. 분석 결과, 2050년까지 신재

2) KOSIS, 「철강통계조사」. 자세한 내용은 본 보고서 IV장 2절 가. (1) 전제 부분 참조

3) 국토교통부 실적 자료를 바탕으로 국회예산정책처 작성. 자세한 내용은 본 보고서 IV장 2절 가.(1) 및 [그림 IV-7] 참조

생에너지 발전량 비중 90%, 산업 부문 생산공정 전기화율 60%, 신규 차량의 친환경차 전환율 100% 등을 달성하는 것을 전제할 경우 2035 NDC 상한 목표(61% 감축) 달성이 가능한 것으로 나타났다. 그러나 이는 현재 이론적으로 가능한 모든 감축 수단을 기술적 상한선까지 적용해야 한다는 전제 위에서만 성립하는 결과이다. 즉, 2035년 목표 달성을 위해서는 경제 위기로 경제활동이 위축되며 줄어든 배출량에 해당하는 규모의 온실가스 감축이 매년 연속적으로 발생해야 하는 수준의 높은 이행 부담이 수반되는 것을 의미한다. 또한 적용 감축 수단의 감축 여력이 둔화되면서 목표 달성 직후인 2035~2040년 구간에서 추가 감축 동력이 급격히 약화되면서 배출 경로가 정체되는 현상이 모형 분석을 통해 나타났다. 이는 기존의 감축 수단만으로는 2035 NDC 목표 달성 이후 2050년 탄소중립으로의 연속적 이행을 담보하기 어렵다는 구조적 한계로, 2035년 단기 목표와 2050년 장기 목표를 잇는 감축경로의 연속성 확보가 중요한 과제를 시사한다.

이에 본 보고서에서는 2035 NDC가 궁극적으로 2050년 탄소중립을 향한 중간 경유점이라는 점에 주목하여, 위 두 시나리오로부터 확인된 구조적 한계를 보완하기 위한 추가 감축 수단 적용 경로(시나리오 3)를 별도로 구성하였다. 그 예시로서 전력·산업·수송 부문에 걸쳐 전반적으로 적용할 수 있는 수소 기반 감축 수단(수소 혼소·전소 발전 및 수소연료전지 발전, 수소환원제철, 수소연료전지 차량 등)을 추가로 반영하여 분석한 결과, 2035년 기준 순배출량은 약 262백만tCO₂eq 수준으로 추정되어 2035 NDC 감축 상한 목표(290백만tCO₂eq)를 초과 달성하는 것으로 나타났다.

다만 이는 2050년 탄소중립 경로의 실현 가능성을 탐색하기 위해 수소를 하나의 예시로 검토한 것이며, 수소 기술을 유일한 해법으로 제시하는 것은 아니다. 현재의 기술적 성숙도와 경제성, 수급 불확실성 등을 고려할 때 다양한 기술 조합과 정책 경로의 가능성이 열려 있으며, 2035년 이후에도 감축 동력이 유지될 수 있도록 차세대 기술의 개발과 보급 기반을 지금부터 병행하여 준비해야 한다는 점이다.⁴⁾

4) IEA는 에너지 전환 경로가 기술 혁신 속도, 정책 환경, 시장 여건에 따라 다양한 시나리오로 전개될 수 있음을 분석하고 있다.(IEA, 「World Energy Outlook 2025」, 2025.11.12.)

2. 시사점

지난 11월에 정부가 발표한 2035 NDC는 그 자체가 최종 목적이 아니라 2050년 탄소중립이라는 궁극적 목표를 향한 단계적 이행 수단이다.⁵⁾ 본 보고서는 이러한 관점에서 2035 NDC의 이행 가능성을 전력·산업·수송 부문의 현황 진단과 EPS 모형을 활용한 시나리오 분석을 통해 점검하였으며, 이로부터 다음과 같은 세 가지 시사점을 도출하였다.

첫째, 현재의 감축 수단 이행 속도를 획기적으로 높이기 위한 정책적 유인 체계의 강화가 시급하다. 시나리오 분석 결과, 현재 추세가 유지될 경우 2035년 순배출량은 2018년 대비 43.5% 감축에 그쳐 NDC 목표 달성에 어려움이 따를 가능성이 있는 것으로 분석되었다. 목표 달성을 위해서는 신재생에너지 발전 비중 확대, 산업 공정 전기화, 친환경차 전환 등 가용한 감축 수단을 현재보다 훨씬 적극적인 수준으로 도입해야 하나, 전기로강 생산 비중 감소, 전기차 보급 속도 둔화 등 실제 지표는 목표 달성 경로와 상당한 괴리를 보이고 있다. 감축 목표와 현실 간의 격차를 좁히기 위해서는 시장 효율성을 저해하지 않는 범위 내에서 탄소 가격 신호의 강화, 저탄소 기술 투자에 대한 금융 지원, 규제 체계 정비 등 실질적인 정책 수단을 조속히 마련해야 한다.

둘째, 온실가스 감축 수단의 도입을 지금 당장의 부담이 아닌 미래의 전환 가능성을 열어두기 위한 선제적 대응으로 접근해야 한다.⁶⁾ 본 보고서의 분석에서 확인된 바와 같이, 철강 산업의 전기로강 생산 비중은 2022년 이후 오히려 감소하고 있으며 석유화학·시멘트 산업의 공정 전기화 기술은 여전히 실증 단계에 머물러 있다. 이는 단순히 기술의 문제가 아니라, 현재의 생산 체계가 오랜 기간 탄소 기반 연료와 공정을 중심으로 최적화되어 온 결과이다. 특히 철강·석유화학·시멘트 등 온실가스 다배출 업종은 설비 수명이 수십 년에 달하고 초기 투자 규모가 방대한 장치산업으로서, 일단 특정 기술 경로에 투자가 이루어지면 이를 전환하는 데 막대한 시간과 자원이 소요되는 자산 고착화(Lock-in)

5) 파리협정 제4조는 각 당사국이 5년 주기로 NDC를 제출하고 이전보다 높은 감축목표를 설정하도록 의무화하고 있다. 이에 따라 2035 NDC는 2030 NDC에 이어 제출된 것으로, 궁극적으로는 2050년 탄소중립 달성을 목표로 하는 연속적 감축경로의 일환이다.(UNFCCC, 「Paris Agreement」, 2015.12.)

6) 본 보고서의 시나리오 분석 결과, 현재의 감축 수단 도입 속도가 유지될 경우 2035년 NDC 목표 달성이 어려울 뿐만 아니라 자산 고착화(Lock-in)로 인해 2050년 탄소중립 달성까지 구조적 어려움이 가중될 수 있는 것으로 분석되었다.

현상이 발생한다. 고착화가 심화될수록 이후의 전환은 더욱 어려워진다는 점에서, 지금 시점에서의 선제적 전환 경로 확보가 중요하다. 이를 위해 온실가스 배출에 따른 외부 효과를 시장 가격에 반영하는 제도적 기반을 마련하고, 전환에 수반되는 리스크를 민간과 정부가 함께 분담하는 정책적 유인 방안을 구체화해야 한다.

셋째, 2035 NDC 달성에 그치지 않고 2050년 탄소중립으로 이어지는 감축 경로의 연속성을 확보하기 위해서는 기존 감축 수단의 고도화와 함께 새로운 감축 기술의 개발·보급 기반 구축을 지금부터 병행해야 한다. 시나리오 분석 결과, 현행 가용한 감축 수단을 최고 수준으로 적용하더라도 기술적 감축 잠재량이 2035년 이후 빠르게 감소하여 그 이후의 추가 감축 동력이 급격히 약화되는 구조적 한계가 존재하는 것으로 나타났다. 이는 2035년 목표 달성이 2050년 탄소중립으로 자동으로 이어지지 않는다는 것을 의미한다. 이에 본 보고서에서는 2035년 이후의 감축 여력을 보완할 수 있는 새로운 감축 수단의 가능성을 탐색하기 위해 수소 기반 감축 수단을 한 예로 추가 분석하였으며,⁷⁾ 새로운 감축 기술의 조기 도입이 장기 감축경로를 유의미하게 개선할 수 있음을 확인하였다. 다만 이러한 기술들은 아직 개발·실증 단계에 머물러 있어 특정 기술에 의존하기보다 다양한 기술 조합과 정책 경로를 열어두는 유연한 접근이 필요하며,⁸⁾ 이를 뒷받침할 연구개발 투자 확대와 제도적 기반을 지금부터 준비해야 한다.⁹⁾

7) 수소는 전력·산업·수송 등 온실가스 대배출 3개 부문 전반에 걸쳐 획적으로 적용 가능한 감축 수단으로, IEA는 탄소중립 달성을 위해 수소가 다양한 부문에서 역할을 담당할 것으로 전망하고 있다.(IEA, 「Net Zero by 2050」, 2021.5.)

8) 수소 기술이 본격 도입될 경우 2050년까지 수소 수요량은 2,760만톤에 달할 것으로 전망되나, 2024년 국내 수소 생산량은 268만톤에 불과하여 공급 기반의 단계적 확충이 필요한 상황이다.(관계부처 합동 보도자료, 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 2021.11.26.)

9) 이와 관련하여 정부에서도 탈탄소 전환을 가속화하기 위한 다양한 정책적 노력이 필요하다는 점을 인지 하고, BOX 4과 같이 2035 NDC 수립 이후 전력, 산업, 수송 등 부문별로 다양한 제도개선을 추진하고 있다(국가기후위기대응위원회, 「2035 NDC 수립 이후 주요 성과 및 향후 과제」, 2026.5.29.).

[BOX 5] 2035 NDC 추진 현황¹⁰⁾

□ 전력

- 재생에너지 보급 확대
 - 재정 투자 확대(태양광 보조금 '26년 17,822억원, +59.9%)로 보급 가속화('26.1Q 1,087MW, +35.5%), 태양광·육상풍력·해상풍력 전분야 제도 개선 추진
 - 국민 의견수렴 거쳐 재생e-원전 조화 에너지믹스 확립('26.1) 및 전기화 중심 에너지 대전환 계획 수립('26.4)
 - 시간대별 요금제 개편('26.4)으로 낮 시간 소비 유도
 - 재생e 목표('30년 100GW, '35년 30%↑) 달성 위한 제1차 기본계획 수립('26.5)
- 분산형 전력망 확대
 - 차세대 전력망 재정투자 확대('26년 3,120억원), ESS 중앙계약시장 물량 확대('25.1Q 68→'26.1Q 1,198MW)
 - 배전망 ESS 보급 및 마이크로그리드 시범사업 추진
- 석탄발전 단계적 폐지
 - 현재 60기 중 '30년까지 19기, '40년까지 39기(누적) 설계수명 도래 → 정의로운 전환 추진
 - 석탄발전소 폐지지역 지원 특별법, 2년 계류 끝에 국회 상임위 통과('26.5.19)

□ 산업

- 배출권거래제 시장기능 정상화
 - 4기('26~'30) 배출허용총량을 '30년 목표 기준 선형경로로 설정(3기 3,010백만톤→4기 2,537백만톤, △15.7%), 유상할당·BM할당 단계적 강화(4기 할당계획, '25.11)
 - 배출권 가격 2배 이상 상승('25년 평균 9,170원→'26.5.27 20,700원)
- 온실가스 감축 지원
 - 녹색금융('26년 8.6조원 공급), 전환지원(多배출 대기업 포함, '26년 1,238억원), 설비투자 용자·경매·파트너십 신설 등 자금지원 확대
 - 「철강특별법」·「석유화학특별법」('25.12) 제정으로 그린전환 법적 기반 마련

- 금융시장의 탈탄소 지원
 - 2035 NDC 달성 위해 기후금융 790조원 공급계획 수립(기존 7년 420조원→10년 790조원으로 확대), 탄소多배출 산업 대상 한국형 전환금융 도입
- 탄소감축 기술개발
 - 다배출 5대 업종(철강·석유화학·시멘트·정유·전자조립) 한계돌파형 기술개발 추진('23~'30년, 9,352억원)
 - 수소환원제철: 기초설계 R&D 이후 30만톤급 실증('26~'30)→250만톤급 스케일업(~'36)→'37년 이후 상용화

업종별 탄소감축 기술개발 추진 현황

철강	석유화학	시멘트	반도체
수소환원제철, 철스크랩 다량투입 전로, 효율향상 전기로 등	전기로 NCC, 부생가스 고부가화 등	혼합재 증대, 폐합성수지 활용 등	공정가스 대체, 공정효율화 등
(2,098억원)	(1,858억원)	(2,827억원)	(2,571억원)

자료: 국가기후위기대응위원회, 「2035 NDC 수립 이후 주요 성과 및 향후 과제」, 2026.5.29.

□ 수송

- 전기차 보급 확대
 - 보조금 지침 개편('26.1), 전환지원금 도입, 금융지원(용자·펀드·보험) 신설('26)
 - 누적 100만대 보급 달성('26.4), 신차 중 전기차 비중 22%('23년 9.2% →'26.1~4월 21.8%, 보급대수 전년동기 대비 +146%)로 가파른 증가세
- 대중교통 활성화를 통한 내연차 주행거리 감축
 - '모두의 카드' 도입('26.1)으로 K-패스 기능 강화, 기준금액 초과 대중교통비 전액 환급(기본형 6.2만/플러스형 10만)을 통해 생활비 부담 완화 및 지방 혜택 확대

10) 정부가 추진 중인 주요 부문별 추진 현황 중 본문에서는 온실가스 배출 비중이 큰 전력, 산업, 수송을 중심으로 정리하였다.

참고문헌

- 강병욱, 「탄소중립을 위한 철강 생산공정 전환 시나리오 분석 연구」, 에너지경제연구원, 2025.7.
- 강택구·박혜윤·홍명터·심창섭, 「트럼프 2.0 미·중 기후 및 재생에너지 쟁점과 시사점」, 정책 보고서 2025-04, 한국환경연구원, 2025.7.
- 관계부처합동, 「2035 국가 온실가스 감축목표(안)」, 2035 국가 온실가스 감축목표(NDC) 대국민 공개 논의 공청회, 2025.11.6.
- 관계부처합동 보도자료, 「제1차 수소경제 이행 기본계획」, 2021.11.26.
- 관계부처합동 보도자료, 「초혁신경제 15대 선도프로젝트 추진계획(III)」, 2025.11.26.
- 국가기후위기대응위원회, 「2035 NDC 수립 이후 주요 성과 및 향후 과제」, 2026.5.29.
- 국도교통부 내부자료, 「자동차 연료별 등록현황(2000~2024년)」
- 국도교통부, 「세입세출 및 기금 결산 사업설명자료(II-1<3>)」, 2026.5.
- 권영민·김디슬, 「수소환원제철 국내 정착을 위한 핵심 과제: 그린수소 조달 방안을 중심으로」, 기후솔루션, 2025.6.26.
- 기후에너지환경부, 「제4차 배출권거래제 기본계획」, 2024.12.
- 기후에너지환경부, 「온실가스 배출권거래제 제4차 계획기간(2026~2030년) 국가 배출권 할당계획」, 2025.11.
- 기후에너지환경부, 「2026년도 지능형전력망 시행계획」, 2026.4.29.
- 기후에너지환경부, 「제1차 재생에너지 기본계획」, 2026.5.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「국가전력기간망 시스템 혁신의 도약을 위한 HVDC 산업육성 전략」, 2025.10.1.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「전남, 제주, 부산, 경기 분산에너지 특화지역 지정」, 2025.11.5.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「2차 에너지저장장치(ESS) 중앙계약시장 개설, 540MW 입찰 공고」, 2025.11.27.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「해상풍력 2030년까지 연간 4GW 보급 기반 구축한다... '인프라 확충 및 보급 계획' 발표」, 2025.12.10.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「2026년도 전기차 구매보조금, 내연차 전환은 촉진하고 산업 기반은 키우는 방향으로 개편」, 2026.1.1.

- 기후에너지환경부 보도자료, 「재생에너지 중심 에너지 대전환으로 화석연료 의존적 경제구조 탈피」, 2026.4.6.
- 기후에너지환경부 보도자료, 「제1차 재생에너지 기본계획」, 2026.5.19.
- 김·장 법률사무소, 「평가체계 차등화 등 환경영향평가법 개정 동향」, 뉴스레터, 2025.1.2.
- 김기찬 외 역저, 「Vensim을 활용한 System Dynamics」, 서울경제경영, 2007.10.
- 김만진, “전기차 화재 사고 원인분석에 관한 연구,” 「2024 한국화재조사학회 추계학술대회 논문집」, 2024.
- 김상욱, “전기차 100만 시대… 급속충전기 확충, 왜 안되나,” 브릿지경제, 2025.10.20.
- 김재용, “전기차 화재 포비아 대책으로 ‘BMS’ 주목…현대차·기아 기술 공개 자신감 드러내,” 전기신문, 2024.8.20.
- 김재윤·김준철·나승호, 「기후변화 리스크가 실물경제에 미치는 영향: 기후대응 시나리오별 분석」, BOK 이슈노트 제2024-30호, 한국은행, 2024.
- 김태은, 「기후대응기금 평가」, 사업평가보고서, 국회예산정책처, 2024.11.13.
- 김하경, “Shell 설문조사 ‘유럽, 전기차 전환 의향 급감…미국보다 빠른 심리 위축,’” 「기후에너지경제」, 2025.6.25.
- 김현석, 「친환경차 보급정책 개선 방향」, KDI FOCUS, 한국개발연구원, 2024.
- 김혜린 김정도 정신영, 「녹색 허상, 붉은 현실: 한국 바이오연료 정책의 지속가능성 평가와 개선 과제」, 기후해양정책연구소, 2025.7.
- 대한상공회의소 보도자료, 「대한상의, 규제합리화추진단에 ‘규제합리화’ 과제 제출」, 2026.4.30.
- 류한별 외, “장래 전기차 충전 인프라 보급 수준 평가 및 계획을 위한 시도별 전기차 보급 성장 예측 모형 개발,” 「교통연구」 제31권 제3호, 한국교통연구원, 2024.6.4.
- 문석·이소진·유정민·이혜진, 「서울시 전력수요반응 제도 활성화 통한 스마트 에너지 감축 방안」, 탄소중립센터, 2026.
- 문진영·나승권·이성희·김은미, 「에너지안보 강화와 탄소중립을 위한 한국의 대응방안」, 정책연구브리핑 24-15, 대외경제정책연구원, 2024.7.29.
- 문태훈 외, 「기후변화 대응역량 강화를 위한 시스템다이나믹스 모델 개발」, 한국환경정책평가연구원, 2016.12.
- 민성빈, “균형발전 촉진 ‘지역별 전기요금제’ 제자리걸음”, 단비뉴스, 2026.3.5.
- 민주연구원, 「에너지고속도로 10문 10답」, 2025.5.29.
- 박세현·이창, “승용차 이용자의 심리적 요인이 대중교통 수단전환 의사에 미치는 영향 분석: 확장된 계획행동이론을 바탕으로,” 「대한교통학회지」, Vol.41, No.2, pp.166-182, 2023.4.

박신영·박용정, 「무탄소 에너지 전환을 위한 청정수소의 역할: Clean Hydrogen for Sustainable Energy Transition」, VIP 리포트 25-02(통권 744호), 현대경제연구원, 2025.11.5.

박지영·김범일·김찬성·김영호·노형우, 「수송부문 탄소중립을 위한 전기차 인프라 국가 전략 연구 — 교통과 전력 수요 커플링 중심으로」, 한국교통연구원, 2024.4.30.

박지영, “2035 NDC ‘범위형 목표’ 논란… “하한선이 실제 목표 될 것,” 파이낸셜뉴스, 2025.11.6.

박태현, “기후위기 대응과 미래세대의 기본권 보호 - 헌법재판소 2024. 8. 29. 선고 2020헌마411 등 결정에 대한 고찰 -,” 「환경법연구」 제47권 제1호, 한국환경법학회, 2025.

법무법인 세종, 「신재생설비 환경영향평가 대상 범위 조정 등 환경영향평가법 시행령 개정」, 2023.4.3.

산업통상자원부 보도자료, 「안정적 전력계통 운영을 위한 전력계통 혁신방안 발표」, 2021.12.28.

산업통상자원부 보도자료, 「제3차 지능형전력망 기본계획(2023~2027)」, 2023.2.14.

산업통상자원부 보도자료, 「분산에너지 활성화를 위한 지능적이고 유연한 전력체계 구축 — 제3차 지능형전력망 기본계획 확정」, 2023.2.14.

산업통상자원부 보도자료, 「제11차 전력수급기본계획」, 2025.3.13.

성봉근, “기후소송에 관한 헌법재판소 결정의 평석과 향후 과제,” 「환경법연구」 제46권 제3호, 한국환경법학회, 2024.

신유경, “RPS 제도 올해 말 ‘일몰’ 확정… 태양광 시장, 정부 주도 입찰제로 전환,” 매일경제, 2026.5.21.

에너지경제연구원, 「2024 장기 에너지 전망」, KESIS, 2024.

에너지경제연구원, 「에너지 부문의 탄소중립 이행 경로 연구 (1/3)」, 2024.12.31.

에너지경제연구원, 「에너지통계연보」, 2025.

오철, “‘얼마를 쓰느냐’가 중요… 고유가 시대, 전기차 경제성 ‘압승,’” 전기신문, 2026.3.24.

온실가스종합정보센터·(사)빅스트, “「탄소중립 이행을 위한 중장기 이슈분석」 요약 보고서”, Issue Brief, 2023.1.

온실가스종합정보센터 보도자료, 「2023년 온실가스 배출량 6억 2,420만톤…전년 대비 4.4% 감소, 2년 연속 감소 추세」, 2024.9.10.

유승훈·이상준, 「2035 국가온실가스감축목표(NDC) 설정 제언(산업부문을 중심으로)」, 한국경제인협회 연구용역 보고서, 2024.11.

윤병효, “수송부문 온실가스 4년간 고작 0.3% 감소…관건은 항공·해운,” 에너지경제, 2024.5.26.

- 윤여창, 「저탄소 전환을 위한 배출권거래제 운영의 개선 방안」, 「저탄소경제 전환 전략과 정책과제」의 제4장, 연구보고서, 한국개발연구원, 2024.
- 윤여창, 「재생에너지 확대에 대응한 전력도매시장 구조 개선 방향」, KDI FOCUS 제144호, 한국개발연구원, 2025.9.4.
- 이경숙, 「탄소중립 목표 달성에 따른 주요국 철스크랩 시장 변화와 시사점」, 월간 CEO&, 2023.09.12.
- 이원희, “2035 NDC 53~61%가 낮다?...다른 선진국 보니 비슷한 수준,” 에너지경제신문, 2025.11.10.
- 이종민, 「수소·암모니아 가스터빈 발전의 기술 동향 및 전망」, 에너지포커스 제19권 제3호 (통권 제87호), 에너지경제연구원, 2022.
- 이지혁, 「우리 정부의 CCUS 정책과 우리 기업의 크로스보더 CCS 프로젝트 참여 사례」, 국가·지역동향, 한국수출입은행 해외경제연구소, 2024.2.13.
- 이창·김영범, “서울 시민이 자동차에 부여하는 상징과 애착에 따른 사회적영향 분석,” 서울연구원, 2026.3.13.
- 임길환, 「2035 NDC 수립 현황과 주요 쟁점」, NABO 포커스 제106호, 국회예산정책처, 2025.
- 임장혁, 「재생에너지 기반 전력시스템으로의 전환: 가스발전소에서 가상발전소(VPP)로」, 기후솔루션, 2025.8.
- 장병록 외, 「제선용 수소 제조(증폭) 모델 및 적용 소재 개발 방안 수립」, 2017.6.15.
- 장영욱·한형민·오태현·윤형준, 「EU의 기후중립 전략기술 육성 정책이 글로벌 공급망 재편에 주는 함의」, 기본연구보고서 24-12, 대외경제정책연구원, 2024.
- 전력거래소, 「전력시장 개선방향」, 2024년 전력시장 개선방향 설명회 자료집, 2024.1.26.
- 전지성, “12차 전기본, LNG ‘30년 제한’ 검토...수소발전도 사실상 퇴출 수순,” 에너지경제신문, 2026.4.9.
- 정상필, “차세대 바이오디젤 공백에 경우 혼합을 상향 ‘표류,’” 에너지플랫폼뉴스, 2026.1.8.
- 정은미, 「2050 저탄소 발전전략(LEDs) 제2차 산업계 토론회 발표」, 산업연구원, 2020.10.26.
- 정은미·조재한·김종기·강재원, 「한국 산업의 도약과 과제: III. 주력산업 경쟁력 강화」, i-KIET 산업경제이슈 제191호, 산업연구원, 2025.
- 조윤진, “출출이 밀리는 송전망 건설...전국 곳곳 송전망 ‘병목,’” 서울경제, 2026.5.18.
- 조현식, “태양광 이격거리 기준 법제화, 지방자치권과의 조화가 관건,” 전기신문, 2025.11.7.

진익·김윤희, “신기후체제 이행을 위한 기후금융 역할 분석,” 「예산정책연구」 제6권 제2호, 2017.

최민지, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 산업 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 환경부, 2025.9.26.

최상현, “두 마리 토끼 잡으려다 다 놓쳤네…산업·환경 모두 ‘범위형 NDC’ 비판,” MTN뉴스, 2025.11.7.

최지영, “운행대수 800만대 돌파… ‘SUV 전성시대’ 계속된다,” 문화일보, 2026.2.23.

최호, “정유4사, 바이오 연료에 6조 투자…SAF·HBD 3.6조로 최대,” 전자신문, 2024.1.24.

추다해·이승호·김수일·신힘철, 「탄소중립 이행점검 및 2035 NDC 경로 최적화 연구」, 기본연구 25-20, 에너지경제연구원, 2025.12.

탄소중립녹색성장위원회, 「NDC 3.0 설정 방향 검토」, 위원 칼럼, 2050 탄소중립녹색성장위원회, 2024.

탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「'35년까지 '18년 대비 온실가스 53~61% 감축」, 2025.11.10.

탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「탄소중립위, 2035년까지 ‘온실가스 53~61% 감축안’ 의결」, 2025.11.10.

탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「2035 국가 온실가스 감축목표 및 제4기 배출권거래제 할당계획, 국무회의서 확정」, 2025.11.11.

포스코그룹 뉴스룸, “[에너지 지식창고] ② 탈탄소를 향한 징검다리, 수소혼소발전,” 포스코 에세이, 2023.2.17.

한국과학기술평가원, 「폐플라스틱 화학적 재활용 기술」, 2023.11.30.

한국 딜로이트 그룹, 「2025 글로벌 자동차 소비자 조사」, 2025.

한국에너지공단, 「2025 자동차 에너지소비효율 분석집」, 2025.

한국에너지공단, 「자동차 에너지소비효율 분석집」, 2025.12.19.

한국에너지공단, 「2024년 신·재생에너지 보급통계」, 2025.12.31.

한국에너지공단, 「재생에너지 보급 제도 개편 및 법 개정 방향(안)」, 재생에너지 대전환을 위한 보급제도 개편 방향 입법 토론회 자료집, 2026.3.12.

한국에너지기술연구원, 「무탄소 공정 혁신 기술의 TRL 평가 및 상용화 로드맵 연구」, 2025.

한국전력공사, 「스마트미터링(AMI)으로 만들어 갈 새로운 에너지 세상!」, KEPCO, 제619호(2025년 1월호), 2025.

한국전력공사, 「2025년도판 한국전력통계(제94호)」, 2025.5.30.

한국전력공사, 「전력통계월보」 제566호. 2026.2.13.

한국전력공사, 「전력통계월보」, 제567호, 2026.3.13.

헌법재판소, 「기후위기 대응을 위한 국가 온실가스 감축목표 사건(2020헌마389 등)」결정요지, 2024.8.29.

헌법재판소, 최근 주요 결정(2020헌마389등)「저탄소 녹색성장기본법 제42조 제1항 제1호 위헌 확인」, 2024.8.29.

환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 수송 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

환경부, 「2035년 국가 온실가스 감축목표(NDC) 수립 - 전력 부문 -」, 2035 NDC 대국민 공개 논의 토론회 자료집, 2025.9.23.

환경부·온실가스종합정보센터 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

환경부 보도자료, 「제3차 계획기간(2021~2025) 국가 배출권 할당계획 마련」, 2021.1.27.

환경부 보도자료, 「온실가스 배출량 2018년 이후 2년 연속 감소 예상」, 2021.6.9.

환경부 보도자료, 「2021년 국가 온실가스 배출량, 6억 7,960만톤 예상」, 2022.6.28.

환경부 보도자료, 「2022년 온실가스 잠정배출량 전년보다 3.5% 감소한 6억 5,450만톤 예상」, 2023.7.25.

환경부 보도자료, 「2023년 온실가스 배출량 6억 2,420만톤… 전년대비 4.4% 감소, 2년 연속 감소 추세」, 2024.9.10.

환경부 보도자료, 「2024년도 국가 온실가스 잠정배출량 6억 9,158만톤」, 2025.8.20.

2050 탄소중립녹색성장위원회, 「'24년도 국가 온실가스 감축목표 이행점검 결과」, 2025.12.

2050 탄소중립녹색성장위원회 보도자료, 「35년까지 18년 대비 온실가스 53%~61% 감축」, 2025.11.10.

Climate Action Tracker, *South Korea: 2035 NDC Analysis*, 2026.

Climate Action Tracker, *Canada 2035 NDC*, 2025.

Climate Action Tracker, *EU 2035 NDC Analysis*, 2025.

Climate Transparency, *2022 Climate Transparency Report*, 2022.

Ember, *Asia Climate Pledges: South Korea Country Profile 2025*, 2025.

EU Council, *Joint EU-China Press Statement on Climate*, 2025.7.24.

Herbert Smith Freehills Kramer, *Australia Sets 2035 Emissions Reduction Target*, 2025.9.24.

ICCT, *Vision 2050*, 2025.1.13.

ICCT, *Vision 2050: Update on the global zero-emission vehicle transition in 2025*, International Council on Clean Transportation, 2026.2.

IEA, *Net Zero by 2050*, 2021.5.

IEA, *Net Zero Roadmap A Global Pathway to Keep the 1.5 °C Goal in Reach*, 2023.9.26.

IEA, *CO2 Emissions in 2023*, 2024.3.

IEA, *World Energy Outlook 2025*, International Energy Agency, Paris, 2025.11.

International Renewable Energy Agency(IRENA), *World Energy Transitions Outlook 2022*, 2022.3.29.

International Renewable Energy Agency (IRENA), *Renewable Energy Statistics 2025*, 2025.

MIT Energy Initiative. *Insights into Future Mobility*. Massachusetts Institute of Technology, 2019.

The World Nuclear Association, *Comparison of Lifecycle Greenhouse Gas Emissions of Various Electricity Generation Sources*, WNA Report, 2021.

U.S. Department of Energy. *Where the Energy Goes: Gasoline Vehicles*, Fueleconomy.gov, 2026.6.5.

UNEP, *Emissions Gap Report 2025: New climate pledges only slightly lower dangerous global warming projections*, 2025.11.

UNFCCC, *Paris Agreement*, 2015.12.

World Meteorological Organization (WMO), *State of the Global Climate 2024*, WMO-No. 1368, Geneva: WMO, 2025.3.19.

경제현안분석 목록

	제 목	집 필	발 간
107	정부 R&D 투자의 파급효과 분석: 민간 R&D 축진의 구조와 시사	최영일·황종률 박선우·설경원 황소정	2026. 2
106	우리나라 노동생산성 현황과 정책과제	황진술·김경수 이두영·강은정	2025.12
105	인구구조 변화를 반영한 이천지출 확대의 세대간 영향분석	허가형·김경수	2021.12
104	단기 GDP 예측모형 연구	오현희	2021.10
103	분위별 자산·소득 분포 분석 및 국제비교	권 일·김미애	2021. 7
102	경기조정 재정수지와 잠재성장률 추정	황종률	2021. 6
101	NABO 내국인 인구 시범추계: 2020~2040년	김경수·김상미	2021. 3
100	주요 주력산업과 신산업의 동향 및 수출경쟁력 분석	김상우·김미애 허가형·권 일 최세중	2020.12
99	혁신성장 전략투자의 현황 및 경제적 파급효과 분석	김상우·최세중	2020. 9
98	주요 산업별 수출의 경쟁력 및 경제적 기여도 분석	김상우·김미애 최세중·신동진 권 일	2019.12
97	중국경제 현안 분석 -부채·부동산·그림자금융을 중심으로	김윤기·황종률 오현희	2018.12
96	5대 신산업 선도 프로젝트의 추진 현황과 정책효과 분석	김상우·신동진 김미애·권 일 장아련	2018.12
95	북한 경제개발 재원조달을 위한 국제기구와의 협력방안	진 익·모주영 박승호·조은영	2018.12
94	우리나라 저출산의 원인과 경제적 영향	김경수·허가형 김윤수·김상미	2018.10
93	내수활성화 결정요인 분석	김윤희·진 익	2017.12
92	주택가격 변화가 가계부채와 금융 안정성에 미치는 영향	현영진	2016.11
91	아동 관련 복지분야의 조세지출과 재정지출 지원 현황 및 시사점	채은동	2016. 6

	제 목	집 필	발 간
90	일본의 장기침체기 특성과 정책대응에 관한 연구	김윤기·유승선 황종률·오현희	2016. 4
89	조세지출제도 국내외 동향 및 시사점	채은동·이영숙	2015. 9
88	글로벌 금융위기 이후 OECD 국가들의 세계개편 동향 연구	이영숙	2015. 2
87	취득세율 인하가 주택거래 및 지방재정에 미치는 영향	채은동·태정림	2015. 2
86	북유럽 국가의 금융·재정위기 극복과 시사점	조은영	2014. 4
85	우리나라 투자지원 조세제도 현황과 주요국 제도와의 비교 연구	이영숙	2013.12
84	해외 주요국의 재정준칙 운용동향과 정책시사점	김정미·이강구	2013. 9
83	담배가격 인상에 따른 재정 영향 분석	신영임·서재만	2013. 7
82	가계부채의 현황 및 대응방안	신동진	2013. 7
81	소액주주 주식양도소득세 도입방안 및 세수효과분석	채은동	2013. 5
80	남부유럽재정위기가 국내외 경제에 미치는 영향	신후식·유승선	2012.10
79	고령화가 근속 및 연공임금체계에 미치는 영향과 정책 시사점	장인성	2012. 9
78	고령자 일자리 현황과 정책과제	서재만	2012. 9
77	파생금융상품에 대한 거래세 도입에 관한 연구	채은동	2012. 8
76	국민연금 장기 지속가능성 확보방안	김대철·심혜정	2012. 8
75	공적자금 상환대책의 현황 및 개선방안	신동진	2012. 8
74	세무조사 운영실태의 문제점과 개선방안	심혜정	2012. 7
73	2012 근로장려세제 확대시행의 소요재정과 분배효과	장윤정	2012. 7
72	출산·보육지원 재정소요 추계와 정책과제	조은영	2012. 6
71	발생주의 회계제도 도입이 세입 결산에 미치는 영향	신영임·장윤정	2012. 6
70	외국자본의 조세회피 방지를 위한 합리적 과세방안	최천규	2012. 5
69	신용카드 소득공제의 소득계층별 귀착 및 세수효과와 시사점	성명기	2011.12
68	경제성장률 단기에측 모형 - 베이지언 VAR 접근방식에 의한 예측 -	황종률	2011.12

	제 목	집 필	발 간
67	재정통계 개편의 주요 쟁점과 과제	윤용중·이강구 윤준승·서재만 김정미	2011.11
66	소득계층별 물가지수의 차이가 체감물가에 미치는 영향	장인성	2011.11
65	자영업자 현황 및 정책 방향	서재만	2011. 9
64	통일비용에 대한 기존연구 검토	신동진	2011. 8
63	2010년 결산상 재정통계의 문제점과 개선방안	윤준승	2011. 8
62	재정의 경제안정화 효과 분석 - 자동안정화장치를 중심으로 -	박승준·이강구	2011. 6
61	한·중 신재생에너지 정책 비교와 시사점	원동아	2011. 2
60	고령화가 생산성 및 경제성장에 미치는 영향	장인성	2010.12
59	위안화 절상의 영향과 시사점	신후식·유승선	2010.12
58	재정정보 공개 현황 및 개선방안	서재만	2010.12
57	2010년 세법개정안의 세수효과	이영환·신영임	2010.10
56	조세법률주의 위반 사례 및 개선방향	윤준승·정지은 이남수	2010. 9
55	가계부채의 문제점과 정책개선방안	신동진	2010. 7
54	경기선행지수의 향후 경기에 관한 시사점	유승선	2010. 7
53	남유럽 재정위기와 정책시사점	김정미	2010. 7
52	외평기금 이자비용 처리문제로 본 통합재정통계의 문제점 및 개선방안	심혜정	2010. 6
51	경제위기와 각국의 조세정책 동향 및 시사점	신영임·이영환	2010. 5
50	외화예산의 환위험 관리방안	연훈수	2010. 2
49	국가재정운용계획의 평가 및 과제	나아정·박승준	2009.12
48	소득격차의 확대와 재분배 정책의 효과	장인성	2009.12
47	금융위기와 한국의 잠재성장률	황종률	2009.12
46	사회복지 기능 확대에 따른 지방재정 영향 분석	심혜정	2009.12
45	2009년 말 일몰도래 비과세·감면항목 운용현황	정지은	2009.11
44	비과세·감면제도 운용현황 및 개선과제	정지은	2009.11
43	지방소득세·지방소비세 도입과 향후 과제	이영환·황진영 신영임	2009.11
42	금융안정화대책의 정책효과와 출구전략의 방향	신동진	2009.11

	제 목	집 필	발 간
41	2008년 이후 세계개편의 세수효과	이영환·신영임	2009. 8
40	글로벌 금융위기 극복을 위한 금융정책 분석	신동진	2009. 7
39	재정확대의 거시경제적 효과분석	박승준	2009. 4
38	경제위기의 전개와 대응	신후식·유승선 연훈수	2009. 3
37	우리나라 외환금융시장 취약성 비교 분석	신후식·유승선 연훈수	2008.12
36	중국의 기업소득세법 제정에 따른 입법적 시사점 검토	황진영	2008.12
35	지방정부 재정자주권의 국제비교와 정책적 시사점	심혜정	2008.12
34	2008년 세계개편안 분석 : 목적세 정비안을 중심으로	이영환·정지은	2008.11
33	2008년 세계개편안 분석 : 비과세·감면제도를 중심으로	정지은	2008.11
32	2008년 세계개편안 분석 : R&D지원 강화를 중심으로	이상훈	2008.11
31	2008년 세계개편안 분석 : 종합부동산세	이영환·신영임	2008.11
30	OECD 주요국가 초과세수 발생과 재정규율 사례	이남수·이성규	2008. 9
29	유가환급금 지급(안) 평가	정지은·홍인기 전승훈	2008. 9
28	청년층 고용현황과 시사점	정상훈·이충언	2008. 8
27	환율변동이 국내물가에 미치는 영향	연훈수	2008. 4
26	목적세와 특별회계의 문제점과 개편방향	이영환·이성규	2008. 1
25	은행산업의 경쟁도 분석과 정책적 시사점	신동진	2007.12
24	「강제집행등과 체납처분의 절차조정법」의 입법 필요성 검토	황진영	2007.12
23	원화가치 변동이 수출가격에 미치는 영향	성명기	2007.11
22	한국의 실질 GDP 장기 예측 : 2007~2050년	장인성	2007.11
21	세법체계 개편작업의 동향분석	황진영	2007. 9
20	중소기업 신용보증제도의 운영성과와 개선방안	정상훈	2007. 9
19	과세정보 공개제도의 현황	문성환	2007. 8
18	구조조정 이후 은행산업의 효율성 분석	신동진	2007. 8

	제 목	집 필	발 간
17	한국의 잠재성장률과 자연실업률 추정	황종률	2007. 7
16	유가 상승의 원인 및 유류세 인하를 둘러싼 쟁점 분석	이영환·전승훈	2007. 7
15	미국 기준선전망의 의의와 우리 예산과정에 대한 시사점	정문중	2007. 6
14	최근 일본의 재정개혁과 시사점	이남수·서세욱	2007. 6
13	물가상승에 의한 소득세 부담 증가 완화를 위한 정책대안 : 소득세 물가연동제에 대한 검토	전승훈	2007. 5
12	DDA 농업협상의 논의동향 및 영향에 대한 고찰	송원근	2006. 6
11	미국의 재정개혁 논의동향과 시사점	정문중	2006. 6
10	2000~2005년 경제예측의 경험과 단기예측 방식의 개선방향	유승선	2006. 5
9	퇴직연금세제 관련 현안분석과 개선방향	문성환	2006. 5
8	자영업 진출 결정요인과 정책적 시사점	김기승	2006. 2
7	분야별 자원배분에 대한 국제비교 연구	전승훈	2006. 1
6	주택가격 안정을 위한 정책현황 및 과제	송원근	2005.12
5	국세행정에 대한 새로운 감독체제의 모색	문성환	2005. 7
4	재정 건전성 강화를 위한 재정규율의 확립 - 지출상한선을 중심으로	정문중	2005. 6
3	일자리 창출정책의 현황과 과제	김기승	2005. 5
2	조세지출예산제도와 정책과제	전승훈	2004.12
1	재정지출 확대와 감세의 경제적 효과 분석	김기승·임일섭 전승훈	2004.10

2035 NDC 주요 부문 감축경로 점검

발간일 2026년 7월

발행인 국회예산정책처장 지동하

편 집 경제분석국 산업자원분석과

발행처 **국회예산정책처**

서울특별시 영등포구 의사당대로 1

(tel 02·2070·3114)

인쇄처 더서울미디어(주) (tel 02·2274·3588)

내용에 관한 문의는 국회예산정책처 산업자원분석과로

연락해주시기 바랍니다. (tel 02·6788·3781)

ISBN 979-11-6799-267-3 93350

© 국회예산정책처, 2026



(07233)서울특별시 영등포구 의사당대로 1
Tel. 02-2070-3114 www.nabo.go.kr

발 간 등 록 번 호

31-9700527-002318-01



국회에산정책처
NATIONAL ASSEMBLY BUDGET OFFICE