

요약본

# 대한민국 2050 탄소중립 시나리오 K-Map

미래 세대와 한국 경제를 위한 보다 야심 찬 경로



## 연구보고서

대한민국 2050 탄소 중립 시나리오 K-Map

- 미래 세대와 한국 경제를 위한 보다 야심 찬 경로

## 연구책임자

고은 사단법인 넥스트 이사

권필석 녹색에너지전략연구소 소장

김승완 사단법인 넥스트 대표

송용현 사단법인 넥스트 이사

염광희 Agora Energiewende 선임연구원

이유진 녹색전환연구소 부소장

## 저자

[전환 부문] 송용현 사단법인 넥스트 이사

[산업 부문] 정세록 사단법인 넥스트 선임연구원, 고은 사단법인 넥스트 이사

[수송 부문] 문효동 녹색에너지전략연구소 선임연구원

[건물 부문] 임현지 녹색에너지전략연구소 연구원

[농업 부문] 조주은 녹색전환연구소 선임연구원, 이정필 에너지기후정책연구소 연구기획위원

## 사사의 글

Agora Energiewende의 Helen Burmeister, Dr. Matthias Deutsch, Philipp Godron, Alexandra Langenheld, Thorsten Lenck, Dimitri Pescia, Jesse Scott, Wido K. Witecka, Prognos의 Dr. Alexander Piegsa, Agora Verkehrswende의 Dr. Urs Maier, Öko-Institut의 Margarethe Scheffler, Kirsten Wiegmann, 사단법인 넥스트의 김은성 이사, 홍상현 책임연구원, 이계영 팀장이 연구 및 보고서 작성에 도움을 주셨습니다.

## 발행처

녹색에너지전략연구소

녹색전환연구소

사단법인 넥스트

Agora Energiewende

## 발행일

2022년 2월

## 일러두기

- 정부의 ‘2050 탄소 중립 시나리오’를 비롯한 공식 문서에서는 ‘기후 중립(Climate Neutrality)’ 대신 ‘탄소 중립(Carbon Neutrality)’을 사용함에 따라, 본 문서에서도 그대로 활용한다. 참고로, 본 문서의 탄소 개념에는 정부안에서와 마찬가지로 CO<sub>2</sub>뿐만 아니라 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub> 등 6종의 온실가스가 포함되며, 각 온실가스 배출량은 지구 온난화 지수(GWP, Global Warming Potential)에 따라 온실가스 배출량을 이산화탄소의 양으로 환산한 단위인 ‘이산화탄소 환산톤(metric tons of carbon equivalent)’으로 표기한다.
- 정부가 2021년 10월 확정한 ‘2050 탄소 중립 시나리오 A안’ 및 ‘2030 국가 온실가스 감축 목표’는 특별한 표현이 없는 한 ‘정부안’으로 표기하며, 본 보고서가 제시하는 2050 탄소 중립 대안 시나리오는 ‘K-Map 시나리오’로 표기한다.
- 본 보고서의 재생 에너지는 OECD의 정의(<https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm> 참조)를 따른다. 우리나라의 재생 에너지 범주에는 철강 및 석유 화학 공정에서 발생하는 부생 가스 등 국제 사회가 재생 에너지로 인정하지 않는 에너지원이 포함되기 때문이다. 이러한 이유로, 본 보고서에서는 재생 에너지 과거 실적 이 정부 통계와는 다르게 표시될 수도 있다.
- 자본적 지출 비용(Capital expenditure) 및 업무 지출 비용(Operating expenditure)은 가독성을 위해 각각 CAPEX 및 OPEX로 표기한다.
- Modal shift란 기존에 이용하던 교통수단을 다른 수단으로 전환하는 것으로, 자가용 승용차를 대신해 대중교통을 이용하는 것이 대표적 사례이다.
- BAU(Business as Usual) 시나리오는 정부가 탄소 중립 선언을 구체화한 ‘2050 탄소 중립 시나리오’ 및 ‘2030 국가 온실가스 감축 목표’를 확정(2021년 10월)하기 이전의 정책이 2050년까지 유지된다는 가정하에 마련된 시나리오로, K-Map 시나리오의 이행 투자 규모와 편익 계산 시 활용된다.
- LCOE(Levelized Cost Of Energy)는 균등화 발전 원가로, 발전 설비 운영 기간에 발생하는 모든 비용을 수치화해 나타낸 값이다.
- NPV(Net Present Value)는 순 현재 가치로, 최초 투자 시기(2022년)부터 목표 시기(2050년)까지의 연도별 투자 또는 편익의 흐름을 각각 2022년의 현재 가치로 환산한 합이다. 본 보고서는 할인율 3%를 적용하였다.

# 대한민국 2050 탄소중립 시나리오 K-Map

미래 세대와 한국 경제를 위한  
보다 야심 찬 경로

## 서문

기후 변화를 최소화하기 위한 전 세계의 움직임이 하루가 다르게 빠르게 발전하고 있습니다. 미국은 바이든 행정부 출범 직후 파리 협약에 복귀하였고, 유럽 연합은 온실가스 감축을 위해 2030년까지 최소 1조 유로의 재정을 지원한다는 내용을 포함한 그린 딜 투자 계획을 발표했습니다. 2022년 2월 기준, 120개국 이상이 2030년 온실가스 감축 목표(이하 NDC)를 기존보다 상향하였고, 전 세계 온실가스 배출의 70% 이상을 차지하는 국가들이 탄소 중립 선언을 발표했습니다. 기후 운동 영웅으로 떠오른 2003년생 그레타 툰베리가 ‘기후 파업’을 시작한 2018년 9월부터 3년도 채 지나지 않은 시간 동안 전 세계에서 일어난 변화입니다.

대한민국 정부도 2020년 10월에 ‘2050 탄소 중립’을 선언하였으며, 2021년 10월에는 이 선언을 구체화하는 ‘2050 탄소 중립 시나리오’와 보다 상향된 ‘2030 국가 온실가스 감축 목표’를 확정해 발표하였습니다. 세계 10위의 경제 대국이면서도 온실가스 감축에는 매우 소극적이라 ‘기후 악당’이라는 국제 사회의 비난을 받던 상황에 비하면, 이와 같은 정부의 선언과 시나리오 발표는 상당한 진전이라고 평가할 수 있습니다.

그러나 곧바로 한국 시민 단체 및 UN 등의 국제기구는 해외에서의 감축과 CCUS에 의존하는 한국의 NDC 목표가 파리 협약이 제시한 1.5도 목표를 달성하기에 충분치 않다며 비판합니다. 또한 온실가스 감축량만 명시한 정부의 현행 계획은 탄소 감축뿐만 아니라 더 나아가 한국 사회의 탈탄소 전환을 이끌 수 있는 구체적인 대책을 포함하지 않았다는 문제제기를 받고 있습니다.

이에 한국의 지속 가능한 발전을 모색하는 에너지·기후 싱크 탱크인 녹색에너지전략연구소, 녹색전환연구소, 사단법인 넥스트가 보다 야심 찬 목표와 구체적인 실행 정책을 담은 한국의 탄소 중립 시나리오 개발을 위해 힘을 모았습니다. 2021년 12월 출범한 독일 새 정부는 매우 야심 찬 기후 변화 대응 정책을 채택하였는데, 그 기초가 된 연구 결과를 제시했던 독일 에너지·기후 싱크 탱크 Agora Energiewende를 비롯한 여러 기관의 전문가들이 유럽의 최근 경험에 근거하여 우리의 연구 과정에 도움을 주었습니다.

우리는 국내에서의 노력만으로 2050년까지 정부 계획에 비해 누적 온실가스 배출을 16.3억 톤 더 줄일 수 있는 2050 탄소 중립 경로가 가능함을 확인하였습니다. 미래 세대에 온실가스 감축에 대한 부담을 떠넘기지 않으면서도 보다 적극적으로 국제사회의 기후 변화 대응 노력에 동참할 수 있는 길을 찾은 것입니다.

2030년까지 8년도 남지 않은 지금, 곧 출범할 다음 대한민국 정부는 우리의 미래를 결정할 중차대한 선택을 해야만 합니다. 이 보고서가 그 선택의 밑거름이 되기를 기대합니다.

## <핵심 메시지>

### 재생 에너지, 전력화, 수소 이용을 통한 2050 탄소 중립 달성

재생 에너지 전력의 비중을 2030년까지 53%, 2050년까지 84% 확대하여, 2035년 석탄 발전 폐지. 건물, 수송, 산업 부문의 전력화, 수소화 등을 통해 대담한 온실가스 감축 이행.

### 신속한 기후 행동 필요

2022년 5월 출범할 새로운 대한민국 정부가 다음의 전략 이행을 통해 신속한 기후 행동에 나설 것을 촉구. (1) 연간 18GW 이상의 태양광 및 풍력 보급을 통한 재생 에너지 확대, (2) 산업, 수송 부문 등에서의 그린 수소 집중 활용을 위한 선제적 인프라 구축, (3) 2030년까지 총 1천만 대 보급을 목표로 전기 자동차 등 친환경 수송 수단 보급 및 2040년 내연차 판매 금지, (4) 건축물 그린 리모델링 가속화 및 히트 펌프와 지역난방 보급 확대, (5) 농업 부문의 가축 분뇨 에너지화, 농업 에너지 전환, 축산 생산성 향상, (6) 비용 효과적인 탈탄소 전환을 위한 혁신적인 규제 및 지원 프로그램 도입 필요.

### 탄소 중립 이행 투자는 한국 사회에 경제적 이익으로 환원

K-Map 시나리오 이행을 위해 요구되는 연평균 45조 원(2020년 실질 국내 총생산의 2.5%), 2050년까지 총 1,300조 원의 투자는 연간 50~110조 원의 온실가스 감축 편익을 이끌어 국민의 삶의 질 개선에 이바지할 전망.

# I. 요약

## 1. 도입

2020년 10월 탄소 중립 선언을 통해 세계 온실가스 배출 11위(2018년 기준)인 우리나라 대한민국도 당당히 ‘탄소 중립 클럽’에 가입했다. 그리고 만 1년 만에 대한민국 정부는 2030년 국가 온실가스 감축 목표를 2018년 대비 40%<sup>1</sup> 상향한 ‘2030 국가 온실가스 감축 목표(NDC)’와 ‘2050 탄소 중립 시나리오’(이하 정부안)를 확정했다. 석탄 발전소 건설과 해외 수출로 ‘기후 악당’이라 불렸던 이전의 상황과 비교해 보면, 매우 획기적인 진전임에 틀림없다.

그럼에도 전 세계에서 나타나는 빈번한 태풍, 유례없는 폭염, 상상을 초월하는 규모의 대형 산불 등 날로 심각해지는 기후 위기의 징후 앞에서, 국제 사회는 보다 신속한 온실가스 감축을 요구하고 있다. 국제단체는 우리 정부의 온실가스 감축 목표가 파리 협약의 1.5°C 목표에 턱없이 부족하다고 비판하였으며, 심지어 UN조차도 전 회원국에 각국의 NDC를 다시 한번 상향해 2022년 말까지 제출할 것을 요청하였다. 보다 강화된 목표 설정 및 이행 계획 마련이 필요한 것이다.

한편, 정부안이 발표된 직후 보수 정당 및 일부 산업계는 탄소 중립 사회로의 전환이 아직은 시기상조라며 정부를 비판하였다. 세상은 탄소 중립 시대로 발걸음을 옮기고 있는데, 한국 사회는 여전히 전환 과정에서 발생할 ‘막대한 비용’을 핑계로 이 거대한 흐름에 동참하지 못하고 있는 것이다. 그러나 정부조차도 그 비용이 어느 수준인지, 어떤 곳에 얼마가 필요한지 밝히지 않고 있다. 우리는 세계의 움직임을 읽지 못한 채 불필요한 논쟁으로 시간을 끌며 온실가스 감축의 골든타임을 놓치고 있는 것이다.

이에 한국 사회의 보다 지속 가능한 발전을 고민하는 독립 싱크 탱크 세 곳이 뜻을 모았다. 녹색에너지전략연구소, 녹색

색전환연구소, 사단법인 넥스트는 지난해 4월부터 근 1년간 우리 실정에 맞는 온실가스 감축 시나리오(K-Map 시나리오)를 독자적으로 만들었다. 다행스럽게도, 독일 새 정부의 야심 찬 기후 변화 대응 정책의 근간이 되었던 ‘2045 독일 기후 중립 연구(Klimaneutrales Deutschland 2045)’<sup>2</sup>를 수행했던 독일 연구팀(Agora Energiewende, Agora Verkehrswende, Ökoinstitut, prognos)과 협업을 통해 연구를 진행할 수 있었다.

이번 연구의 목적은 명확하다. 온실가스 감축을 위해 한국 사회가 선택할 수 있는 최선의 경로를 탐색하고, 이에 필요한 투자 규모와 탄소 중립 이행에서 유발되는 경제적 편익을 산출하는 것이다. 이를 위해, 에너지(전환), 산업, 건물, 수송, 농업, 수소 등 각 부문의 특성을 살핀 후, 인구 및 GDP에 대한 거시 전망을 바탕으로 각 부문에 특화된 모델링 틀에 현재의 조건, 해당 조건의 미래 변화상, 국내외 탄소 중립 기술 및 정책 등을 입력하여 2050년까지의 온실가스 배출량과 에너지 소비량, 필요한 투자 규모와 한국 사회가 얻을 수 있는 정량적 편익을 산출하였다.<sup>3</sup>

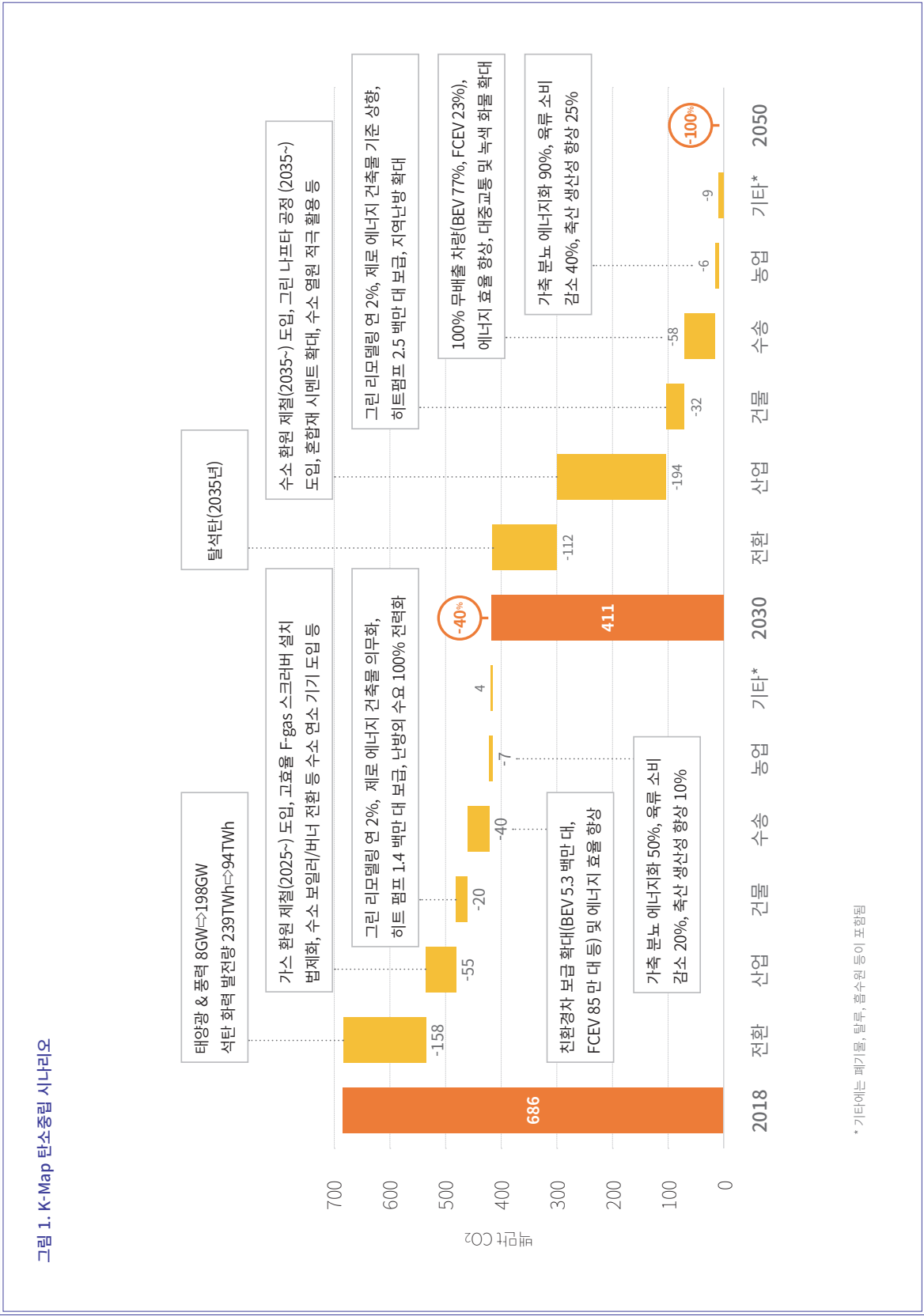
1년의 노력이 빚어낸 결과 또한 명확하다. 국내에서의 노력만으로 2030년에는 2018년의 온실가스 순 배출량 대비 40%를 감축하는 것이 가능하며, 2050년까지 한국 사회는 정부안에 비해 16.3억 톤의 누적 온실가스 배출을 줄일 수 있다. 이러한 탄소 중립으로의 이행 과정에는 2050년까지 BAU<sup>4</sup> 대비 약 1,300조 원(2022년 현재 가치 830조 원)의 추가 투자가 필요하다. 탄소 중립 이행을 위한 연간 45조 원의 투자는 2050년까지 약 83억 톤의 누적 온실가스 감축을 이끌 것이다. 기후 및 환경과 관련된 금융 리스크 관리를 위한 세계 여러 나라 중앙은행 및 감독 기구의 자발적 논의체인 「Network for Greening the Financial System」(NGFS)에서 제시한 우리나라의 탄소 가격 전망에 따르면,

1 정부의 2030년 배출 목표(순 배출량)는 436.6백만 톤으로, 2018년 순 배출량 686백만 톤에 비해 36.4% 감축한 것에 불과하다. 2030년 배출 목표에 반영된 국외 감축(33.5백만 톤), CCUS(10.3백만 톤)를 제외할 경우, 2030년 배출량은 480.4백만 톤으로 증가하여 2018년 순 배출량 대비 30%만을 감축하는 것이다(표 1 참조).

2 2021년 12월 출범한 솔츠(Scholz) 독일 정부는 이 연구 결과를 기반으로 하여 2030년 재생 에너지 보급 목표를 80%로 상향하고, 탈석탄 화력 발전 시기를 조정(기존 2038년에서 2030년) 하는 등의 기후 변화 대응 정책을 발표하였다.

3 폐기물, 탈루, 흡수원 부문은 별도의 분석 없이 정부안을 그대로 준용하되, 흡수원 중 '농경지로 유지된 농경지' 부문만 녹색전환연구소에서 추가로 분석하였다.

4 정부가 탄소 중립 선언을 구체화한 '2050 탄소 중립 시나리오' 및 '2030 국가 온실가스 감축 목표'가 확정(2021년 10월)되기 이전의 정책이 2050년까지 유지된다는 가정하에 본 연구팀이 자체적으로 마련한 시나리오이다.



\* 기타에는 폐기물, 탈루, 흡수원 등이 포함됨

83억 톤의 온실가스 배출 회피는 약 1,400조 원에서 3,100조 원(연간 50조 원에서 110조 원)의 가치에 이를 것으로 예상된다.<sup>5</sup> 이러한 탄소 중립 이행을 위한 투자는 탄소 중립 목표를 달성할 뿐만 아니라 해당 산업의 부가 가치를 창출하고 전반적인 삶의 질을 개선하는 데에 이바지하는 ‘순환 녹색 전환’을 이끌 것이다. 특히, 탄소 중립 전환 과정에서 추가로 발생하거나 인상되는 비용을 정부가 선제적으로 지원하여 기업의 초기 투자 부담을 줄여 주는 탄소 차액 지원 제도(CCfD)<sup>6</sup>와 같은 선진적인 제도와 병행하면, 탄소 중립으로의 전환은 우리 시대가 직면하고 있는 환경 문제와 경제 문제를 해결하는 해법이 될 것이다.

## 2. 보다 야심 찬 2030 기후 목표

우리는 매일같이 기후 변화가 만들어 내는 다양한 기상 재해를 접하고 있다.<sup>7</sup> 한반도에서 살아갈 우리와 미래 세대를 위해 2030년 온실가스 감축 목표를 상향하고 보다 신속하게 행동해야 하는 이유이다.

우리 정부는 2021년 11월 영국 글라스고에서 열린 제26차 기후 변화 협약 당사국 총회(COP26)에서 2030년 온실가스 감축 목표(NDC)를 상향하여 발표했지만, 여전히 파리 협약이 추구하는 1.5도 목표에는 미치지 못한다. 각국의 기후 변화 대응 정책을 모니터링하는 국제 민간단체 Climate Action Tracker는 2030년 온실가스 배출 목표를 강화하였음에도 불구하고 기후 변화에 대응하는 우리나라의 노력을 여전히 “매우 불충분(highly insufficient)”하다고 평가한다.<sup>8</sup>

우리가 수행한 K-Map 시나리오 분석에 따르면, 국외 감축과 CCUS를 고려하지 않은 2030년 우리나라의 온실가스 배출

량은 411백만 톤으로, 이는 2018년의 순 배출량인 686백만 톤에 비해 40%를 감축한 것이다.<sup>9</sup> 정부 목표치인 436.6백만 톤보다는 25.2백만 톤 적은 것으로 보이지만, K-Map 시나리오에서는 정부안에 포함되었으나 실현이 어려울 것으로 예상되는 국외 감축(33.5백만 톤) 및 CCUS(10.3백만 톤)를 고려하지 않았으므로 실제로는 정부 목표에 비해 69백만 톤을 추가 감축하는 것이다.

2030년까지의 보다 빠른 온실가스 감축을 이끌고 있는 것은 전환 부문이다. 특히, 태양광 및 풍력 중심의 재생 에너지 전력은 매우 빠른 속도로 증가하여 2030년에는 약 380TWh에 도달하는데, 이는 정부 목표인 185TWh의 두 배를 상회하는 것이다. 반면, 화력 발전(석탄, 천연가스, 중유)의 전력 생산량은 2018년의 399TWh에서 2030년에는 194TWh로 절반 이상 급격히 줄어든다. 이를 통해 2030년까지 158백만 톤의 온실가스 배출을 줄인다. 정부안에 비해 38백만 톤 이상을 더 줄이는 것이다.

산업 부문에서는 2030년의 온실가스 배출량이 2018년 대비 약 55백만 톤 감소하는데, 이는 정부안에 비해 16백만 톤 이상 추가 감축하는 것이다. 산업 부문의 특성상 초기에는 저탄소 공정으로의 전환을 위한 신기술의 개발과 도입, 수소 도입을 위한 인프라 구축 및 공급망 확보를 추진한다. 에너지 효율을 개선하고 수소 연소 기기의 사용을 확대하는 동시에, 철강 산업에서 직접 환원철(direct reduced iron, 이하 DRI) 공정을 도입하고(초기에는 천연가스 활용, 향후 그린 수소 확보 시 연·원료 전환), 석유 화학 산업에서는 물리적, 화학적 재활용 합성수지 생산을 신속하게 추진하고, 반도체·디스플레이 부문에서는 불화 가스 분해 장치 효율 개선이 집중적으로 이루어진다.

5 편익은 (BAU 시나리오의 온실가스 배출량 - K-Map 시나리오의 온실가스 배출량)에 NGFS(2020)의 우리나라의 “2도 이내(Below 2°C)” 및 “탄소 중립 2050(Net Zero 2050)” 탄소 가격 전망을 각각 곱하여 산출하였다. 자세한 사항은 이 장의 전략5의 1 참조.

6 저탄소 신규 설비 투자 등에 따른 생산 단가의 상승분을 정부가 기업에 우선 지원하고, 향후 해당 제품에서 수익이 발생했을 때 기업이 정부에 지원금을 환원하는 제도이다. 이 장의 전략5의 2 참조.

7 우리나라도 더 이상 기후 변화의 안전지대가 아니다. 우리나라에서도 여름철 폭염 및 열대야 발생 빈도가 뚜렷하게 증가하고 있는데, 기상청은 그 이유를 온실가스 증가에 의한 인위적 영향이라고 설명한다(기상청, 2020). 지구온난화가 가속될수록 이러한 기상 재해는 더욱 빈번하게 증가할 것이다(IPCC, 2018).

8 파리 협약의 1.5°C 목표에 도달하기 위해서는 한국이 2030년까지 온실가스 배출을 2018년 대비 최소 59% 감축해야 한다고 주장한다(CAT, 2021).

9 CAT의 권고와는 상당한 차이를 보이지만, 본 시나리오는 인구 및 GDP 등 거시적 전망을 정부안과 동일하게 유지한 채 감축 가능한 온실가스 배출량을 도출한 것이라는 데 그 의미가 있다. 인구 및 GDP 전망이 변화하면, 온실가스 배출량 또한 연동되어 변화할 것이다.



표 1. 정부안 및 K-Map 시나리오의 온실가스 배출목표(2030, 2050) (단위: 백만 톤)

구분	부문	기준연도(2018)	2030년 배출목표		2050년 배출목표	
			정부안	K-Map	정부안	K-Map
총 배출량		686.3	436.6	411.4	0	0
배출	전환	269.6	149.9	112.0	0	0
	산업	260.5	222.6	205.8	51.1	11.3
	건물	52.1	35.0	32.3	6.2	0
	수송	98.1	61.0	57.6	2.8	0
	농축수산	24.7	18.0	17.9	15.4	12.3
	폐기물	17.1	9.1	9.1	4.4	4.4
	수소	-	7.6	-	0	0
	기타(탈루 등)	5.6	3.9	3.9	0.5	0.5
흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-26.7	-27.2	-25.3	-28.5
	CCUS	-	-10.3	-	-55.1	*
	국외 감축	-	-33.5	-	-	-

\* K-Map 시나리오에서는 CCUS가 산업부문에 포함되며, 2050년 기준 CCUS 흡수량은 23.4백만톤에 불과

건물 부문에서는 2030년까지 2018년 대비 약 20백만 톤의 온실가스가 감축되어 정부안보다 3백만 톤이 추가 감축된다. 기존 건물에 대한 그린 리모델링이 연간 2%의 비율로 추진되며, 신축 건물에 대해서는 제로에너지건축물 의무화가 실행되어 건축물 에너지 효율이 획기적으로 개선된다. 또한 신규 가스보일러의 설치가 금지되며, 100만 대의 히트 펌프가 보급되고 지역난방이 확대되어 화석 연료 소비가 줄어든다.

수송 부문의 온실가스 저감 효과 또한 상당하다. 2018년에는 98.1백만 톤을 배출했던 수송 부문은 40%(41백만 톤) 이상을 감축하여 2030년에는 배출량이 57백만 톤에 도달한다. 이러한 급격한 감축(정부안 대비 3백만 톤 추가 감축)은 약 1천만 대 이상의 친환경차 보급에 따른 것이다.

농업 부문에서는 2030년까지 2018년 대비 약 7백만 톤의 온실가스 저감이 예상된다. 이러한 전환의 핵심은 전체 분뇨 처리의 50%에 대해 가축 분뇨 에너지화 시설을 보급하고(약 3.1백만 톤 감축), 전기를 비롯한 탈탄소 에너지를 활용하는(2.2백만 톤) 것이다.

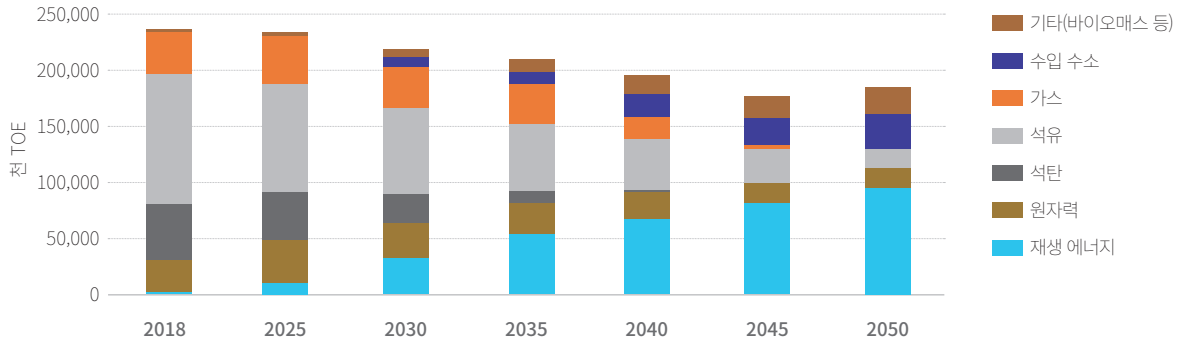
시나리오 분석 결과, 2030년까지 정부안보다 약 69백만 톤을 더 줄이는 경로가 가능하다. 정부안은 불확실성이 매우 높

은 국외 감축(33.5백만 톤)과 CCUS의 감축(10.3백만 톤)을 고려한 반면, K-Map 시나리오에서는 국내에서의 노력만으로 2018년 대비 40%의 온실가스 감축을 달성한다. 수송, 농업, 산업 부문의 전망은 정부안과 큰 차이를 보이지 않지만, 전환 및 건물 부문의 차이는 매우 확연하다.

### 3. 2030 이후의 탄소 중립 경로

2050년 탄소 중립으로 향하는 여정에서, 2030년 이후의 탄소 감축은 특히 산업 부문과 전환 부문에서 두드러지게 나타나는데, 적절한 계획이 마련되지 않을 경우 온실가스 감축은 매우 어려울 뿐만 아니라 이에 대한 비용 또한 상당할 것으로 예상된다. 따라서, 원활한 탈탄소화를 위해서는 필수적인 기술을 가장 경제적으로, 적시에 도입할 수 있는 계획이 미리 마련되어야 한다. 화력 발전소는 2035년까지 완전히 폐지되어야 하며, 석유와 천연가스를 이용하는 발전소 또한 2045년에는 운영을 중단해야 한다. 원자력 발전의 경우, 정부 계획에 따라 운영되지만 2050년 탄소 중립에 기여하는 비중은 제한적이다(전체 1차 에너지의 8.1% 담당). 에너지 효율화는 모든 경제 영역에서의 온실가스 배출을 줄이는 데 중요한 역할을 담당한다. 전력화는 모든 부문에서 지속적으로 이루어

그림 2. 1차 에너지 수요 전망 (2018-2050)



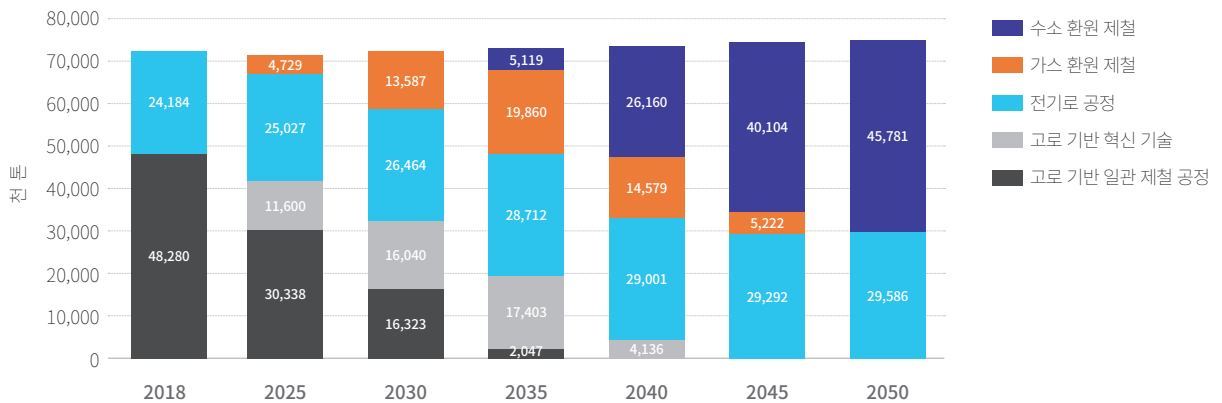
지는데, 전력을 직접 활용하기 어려운 곳에서는 그린 수소나 기타 합성 연료를 이용하게 될 것이다. 산업 부문의 원료로 이용되기에, 그린 수소의 비중은 크게 증가할 것이다. CCUS는 시멘트 부문 및 정유/석유 화학 부문에 한해 잔여 배출물을 처리하는 기술로서 운영될 것이다. 2050년까지 전력화 및 (효율화 및 인구 감소 결과로서의) 최종 에너지 소비 감소로 1차 에너지 수요는 2018년 대비 22% 감소될 것이다.

산업 부문에서는 20년간의 노력에 힘입어 2030년에는 200백만 톤 배출되었던 온실가스가 2050년에는 11백만 톤으로 줄어들 것이다. 이러한 직접적인 온실가스의 배출 저감은 K-Map 시나리오와 정부안(CCUS와 흡수원을 고려하더라도

2050년 50백만 톤 이상의 온실가스 배출 예상) 간의 가장 큰 차이를 보여준다. 이와 같은 한국 산업의 전환은 그린 수소를 적극적으로 활용함으로써 가능한데, 2050년 국가 전체의 그린 수소 수요 1,820만 톤 중 1,350만 톤을 산업 부문에서 필요로 할 것이다.

철강 부문에서는 수소 DRI 및 전기로(EAF, electric arc furnace)가 온실가스를 다량 배출하는 기존의 고로(BF-BOF, blast furnace-basic oxygen furnace)를 대체하는데, 이를 통해 2050년까지 2030년 배출량 중 90백만 톤을 줄일 수 있다. 이와 같은 전환의 주요 요인은 현재 전체 생산량의 65.7%를 차지하고 있으며 배출 집약도가 높은 고로 기

그림 3. 공정별 철강 생산 전망



반 제철 공정이 직접 환원 제철(DRI)과 전기로 공정으로 전환되면서, 석탄 사용량이 줄어들고 수소의 사용량이 늘어난 것에서 찾을 수 있다. 고로의 평균 사용 연한인 10~15년이 지난 후, 다음 개보수 시기에 이러한 설비 전환이 이루어질 것이다. 2025년부터는 과도기 기술로서 천연가스를 이용하는 DRI가 도입되고, 수소 보급이 원활해지는 2035년부터는 수소 DRI 설비가 천연가스 DRI의 역할을 이어받을 것이다.

석유 화학 업종에서는 제품 수요가 연평균 0.6% 증가하지만, 플라스틱의 재활용과 바이오 유래 원료를 활용한 플라스틱의 생산 확대, 흡수된 CO<sub>2</sub>와 수소가 합성되는 그린 나프타 공정을 통한 기초 유분 생산 등이 가능해지면서 결과적으로 원유 소비량은 줄어든다. 내연 기관차의 퇴출로 인한 석유 제품 수요의 급격한 감소와 CCU를 동반한 그린 나프타 공정을 통해 정유 및 석유 화학 산업의 2050년 순배출량은 (-)5백만 톤으로 감소한다.

전환 부문에서는 재생 에너지 보급의 가속화(2050년 전력 생산의 84% 차지)와 2035년 석탄 발전 폐지, 천연가스 발전소의 수소 터빈 발전소로의 전환 등을 통해 탈탄소화가 지속될 것이다.

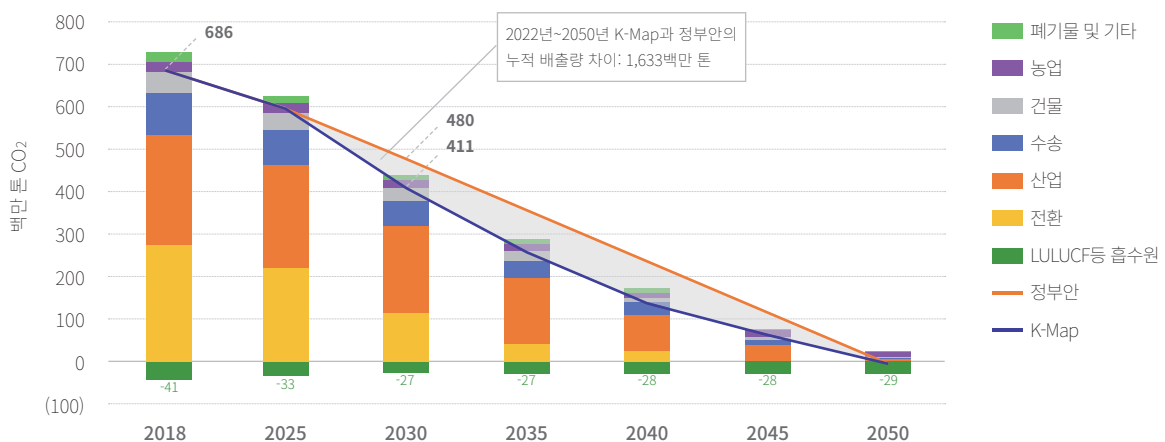
2030년 이전에 상당한 감축 효과를 거둔 전환, 건물, 수송, 농업 부문은 그간 추진된 감축 수단의 기후 행동 관성이 이어져, 보다 수월하게 2050년에는 탄소 중립에 도달한다. 정부안에서는 건물, 수송 부문에 잔여 배출이 존재했으나, K-Map 시나리오에서는 배출 제로에 도달할 수 있었던 이유가 이것이다.

2018년부터 2050년까지의 누적 배출량을 비교하면, 정부안에서는 12,220백만 톤인데 반해 K-Map 시나리오에서는 10,587백만 톤으로, K-Map 시나리오는 총 1,633백만 톤의 온실가스 배출을 줄이는 효과가 있다.<sup>10</sup> 이는 현 세대뿐만 아니라 2030년 이후를 살아갈 미래 세대를 위한 의미 있는 진전이며, 또한 국제 사회의 1.5°C 노력에 보다 적극적으로 동참한다는 징표가 될 것이다.

#### 4. 한국의 신속한 기후 행동을 위한 주요 전략

탄소 중립을 향한 30년간의 산업 구조 전환은 경제적으로나 사회적으로 유익이 큰 기회이다. 이러한 전환을 가속화하는 열쇠는 적절한 정책과 기존 기술 및 미래의 기술에 대한 관심 위에 놓여 있다. 이미 기술 성숙도가 상당히 높고 일부 국가에서

그림 4. 정부목표 및 K-Map 시나리오의 온실가스 배출 감축 추이 및 누적배출량 비교



10 정부안에서는 2030년, 2050년의 목표 배출량만 제시되어 있다. 누적 배출량 산출을 위해, (1) 2025년까지는 K-Map 시나리오와 같은 감축(K-Map 시나리오가 단기간 최적의 감축 경로를 제시); (2) 2025년 이후에는 NDC 목표까지 직선(linear)으로 온실가스 감축, (3) 2030년 이후에는 2050년 탄소 중립 목표까지 직선으로 온실가스 감축이 일어난다고 가정한다.

는 원자력 발전이나 화력 발전에 비해 경제성을 확보한 재생 에너지는 이러한 전환의 근간이 될 것이다. 2050년 탄소 중립을 향해 온실가스 배출을 줄여 가면서 건물, 수송, 산업 부문에서의 점진적인 전력화와 다양한 유연성 자원(에너지 저장 및 수요 관리)은 재생 에너지의 확대를 더욱 촉진할 것이다.

### 전략1. 재생 에너지 확대

한국의 1인당 전력 소비는 OECD 주요국 38개국 중 8위를 차지한다. 연간 525TWh의 전력을 소비하며, 이 중 산업 부문에서의 소비가 56%를 차지한다. 에너지 효율화를 통해 수요가 줄어들고 있지만, 전력화의 중요성, 특히 재생 에너지 전력의 중요성은 한국의 전환기 전반에 걸쳐 지속적으로 강조될 것이다. 내연 기관 및 화석 연료 보일러 등과 비교해 볼 때, 수송, 저온 난방, 냉방, 운수 등 다양한 응용 분야에서 전기를 이용하는 것이 가장 효율적이라는 것이 입증되었다. 이로 인한 산업 및 수송 부문에서 전력화의 영향으로, 에너지 효율화 대책의 시행에도 불구하고 전체 전력 수요는 2018년의 526TWh에서 2030년에는 723TWh로 약 40%, 2050년에는 1,258TWh로 두 배 이상 증가할 전망이다.

탄소 중립 달성을 위해, 이러한 전력 수요는 가능한 신속하게 재생 에너지 발전으로 충당되어야 하는데, 재생 에너지 전력 비중은 2030년에는 53%, 2050년에는 84%까지 확대되어야 한다. 현재 37GW에 달하는 석탄 화력 발전은 2035년까지 폐지되어야 하며, 40GW의 용량을 차지하고 있는 천연가스 발전 또한 2045년까지 수소 터빈으로 교체되어야 한다. 원자력 발전은 정부 계획에 따라, 2018년에는 22GW였던 발전 용량이 2030년에는 20GW, 2050년에는 11GW로 줄어들 것이다.

재생 에너지를 획기적으로 증가시키기 위해서는 2030년까지 연 평균 18GW(태양광 11.7GW, 육상 풍력 3.8GW, 해상 풍력 2.7GW)의 설비 보급이 선행되어야 한다. 현재 수준에 비하면 상당한 증가가 필요하다. 영토의 제약으로, 육상 풍력은 이미 2030년에 보급 잠재량인 40GW에 도달하고, 해상 풍력은 2030년부터 연간 6.3GW 이상의 보급이 진행되어 2050년에는 154GW의 설비 용량을 기록한다. 태양광 발전의 잠재량은 상당하여 2050년에는 총 375GW에 도달하는데, 2030년부터 2040년 사이에 연간 14.5GW가 보급되고, 그 이후로는 연간 10GW수준의 보급이 필요하다.

그림 5. 재생에너지 발전 비중 및 설비 용량 전망(2018-2050)

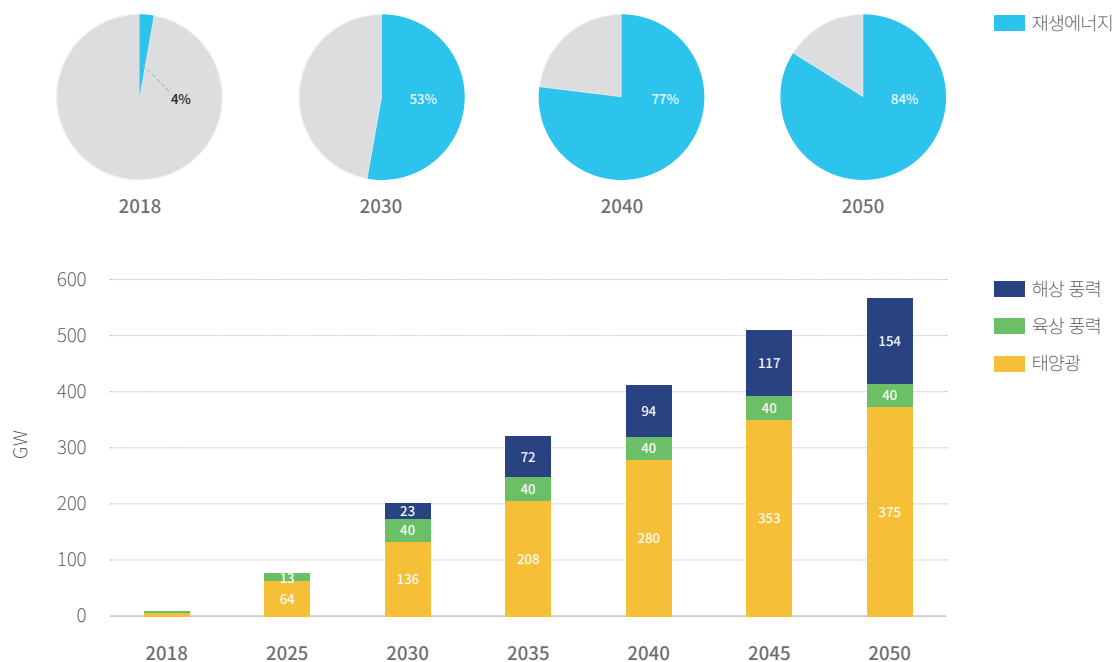
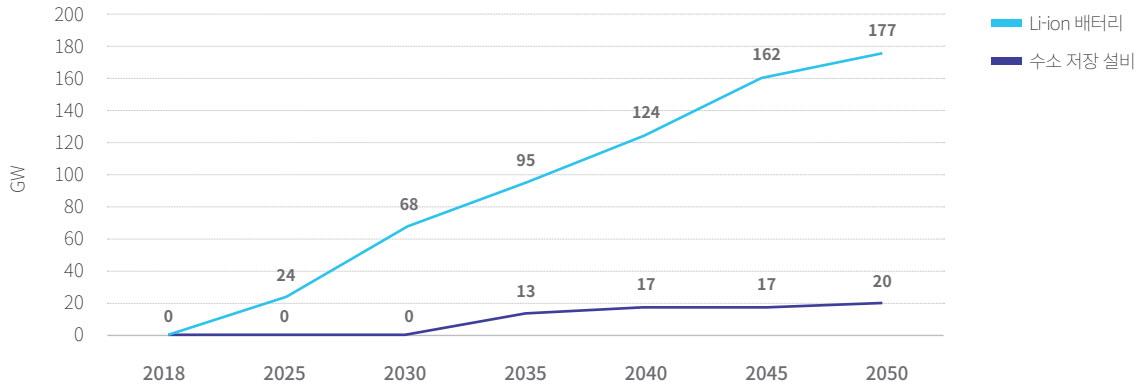


그림 6. 전력저장장치 보급 전망(2020-2050)



2050년의 전체 전력 생산에서 육상 풍력, 해상 풍력, 태양광의 전력 비중은 각각 10%, 37%, 38%를 차지한다. 2050년의 재생 에너지 발전량은 총 1,093TWh로, 전체 전력 생산량 1,296TWh의 84%를 차지한다. 결과적으로, 현재 온실가스를 가장 많이 배출하는 전환 부문은 2050년 탄소 중립에 도달한다.

전력망이 고립되어 있는 우리나라의 지리적 여건 때문에, 재생 에너지 보급에 비례하여 간헐성 문제가 제기될 수 있다. 시스템의 균형을 상시적으로 유지하기 위해 국내의 유연성 자원을 통해 이러한 간헐성 문제를 완화해야 한다. 양수 발전 또한 좋은 유연성 자원이나, 우리나라의 지리적 여건으로 인해 양수 발전의 확충은 어려운 상황이다. 따라서 리튬 이온 배터리, 히트 펌프, 전기차, 잉여 재생 에너지로 생산한 그린 수소의 저장 등을 활용해야 한다. 배터리는 하루 또는 주간 단위의 단기 저장 수단으로 활용되는데, 재생 에너지 전력 비중이 20%에 다다르는 2025년부터 빠른 속도로 보급된다. 수소는 다량의 전력 저장과 보관이 용이하여 계절을 넘나드는 장기 저장 수단으로 활용되는데, 그린 수소 생산의 주요 에너지원인 해상 풍력이 본격적으로 운영되는 2030년 경부터 빠른 속도로 확대되어, 2050년에는 20GW에 도달한다.

## 전략2. 수소 확대를 위한 지원

에너지 집약적인 산업의 비중이 높은 우리나라에서 화석 연료를 대체할 에너지원으로서 수소의 역할은 매우 중요하다. 그러

나 K-Map 시나리오에서는 천연가스를 개질하여 수소를 생산하는 블루 수소(추출 수소+CCUS)는 전혀 고려하지 않는다. 블루 수소는 온실가스 포집률이 최대 98%에 그칠 것으로 전망되어 완전한 탄소 중립 에너지원이라고 할 수 없다. 또한 천연가스를 개질하는 과정에서 메탄 누출이 발생할 수 있는데, 탄소 중립을 위해서는 이러한 잔여 배출이 어떠한 흡수원을 통해서라도 제거되어야만 한다. 또한 블루 수소 생산을 위해서는 개질 설비와 포집 설비 등의 인프라 구축이 필요한데, 이러한 인프라가 ‘기술 잠금 효과(lock-in)’를 유발하여 그린 수소로의 이행을 저해할 수 있다.

철강, 석유 화학 등 산업 부문의 일부 업종은 공정에서 수소를 활용해야만 탄소 중립을 실현할 수 있다. 특히 재생 에너지 증가로 인해 발생하는 전력 계통에서의 계절별 유연성의 한계를 극복하고, 재생 에너지 잠재량을 최대한 활용하기 위해서도 수소의 비중은 늘어나야 한다. K-Map 시나리오에 따르면, 2050년 기준 우리나라의 수소 수요는 18.2백만 톤으로, 산업 부문이 13.5백만 톤을 차지하며, 수송 부문 2.8백만 톤, 전환 부문 1.8백만 톤으로 구성될 전망이다. 이는 정부안의 수요 27.4백만 톤보다 30% 이상 적은 수준인데, 정부안에서는 전환 부문에서의 연료 전지 및 수소 터빈 활용에 큰 비중을 두었기 때문이다.

산업 부문에서는 K-Map에서의 수소 수요가 정부안보다 1.9백만 톤 많다. 수소 환원 제철 공정(철강)의 환원제, 그린 나프타(석유 화학·정유)의 원료, 전체 산업의 주요 연료로서 수

표 2. 수소 수요 전망 (단위: 백만 톤)

	2030	2040	2050
<b>K-Map</b>	<b>2.65</b>	<b>10.55</b>	<b>18.19</b>
전환 부문	-	0.79	1.84
산업 부문	1.99	8.04	13.53
수송 부문	0.66	1.72	2.82
<b>정부안(2021)</b>	<b>1.9</b>	<b>N/A*</b>	<b>27.4</b>
전환	1.6	N/A	14.2
산업	-	N/A	10.6
수송	0.4	N/A	1.5
CCUS**	-	N/A	1.0

\* 정부의 수소 경제 활성화 로드맵(2019)에서는 2040년 수요를 5.3백만 톤으로 전망함.

\*\* K-Map은 CCUS를 전량 산업 부문(석유 화학)에 반영함.

소가 사용되는데, 수소는 2025년부터 산업 부문에 도입되어 2050년에는 산업 부문 에너지 수요의 26%를 차지해 전력 다음의 에너지원으로 자리매김한다.

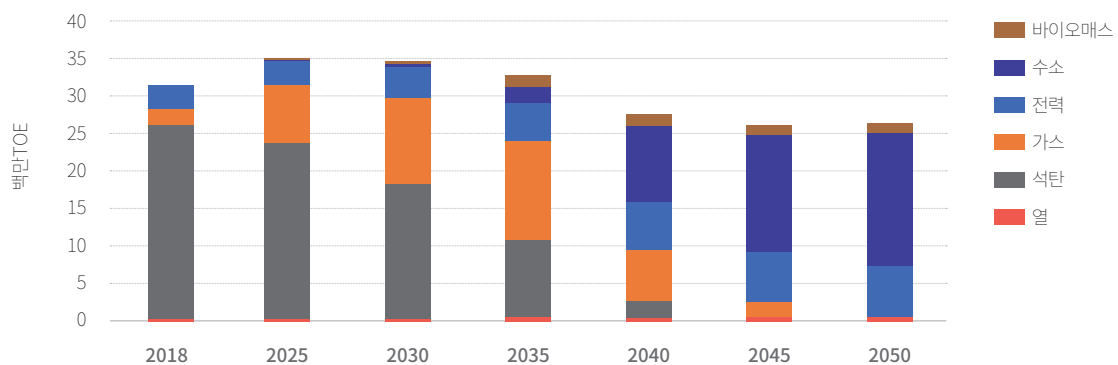
수송 부문에서는 K-Map에서의 수소 수요가 정부안보다 1.3백만 톤 많다. 전력화가 어려운 대형 트럭 및 항공과 해운 등 장거리 운송 수단에 수소를 사용해야 하기 때문이다. 수송 부문 수소 수요의 60%는 이러한 장거리 운송 수단에 이용된다.

철강 부문에서의 탄소 중립 달성에 있어서도 수소는 매우 중

요한 역할을 담당한다. 기존 고로를 이용하는 제강 공정이 현재 철강 생산의 60% 이상을 차지하고 있는데, 이를 2040년까지 DRI 공법으로 전면 교체해야 한다. DRI 환원제로 우선은 천연가스를 사용하지만, 수소가 원활하게 보급됨에 따라 점진적으로 수소를 환원제로 이용한다. 2050년에는 철강 부문에서의 에너지 소비 전체의 60% 이상을 그린 수소가 차지한다.

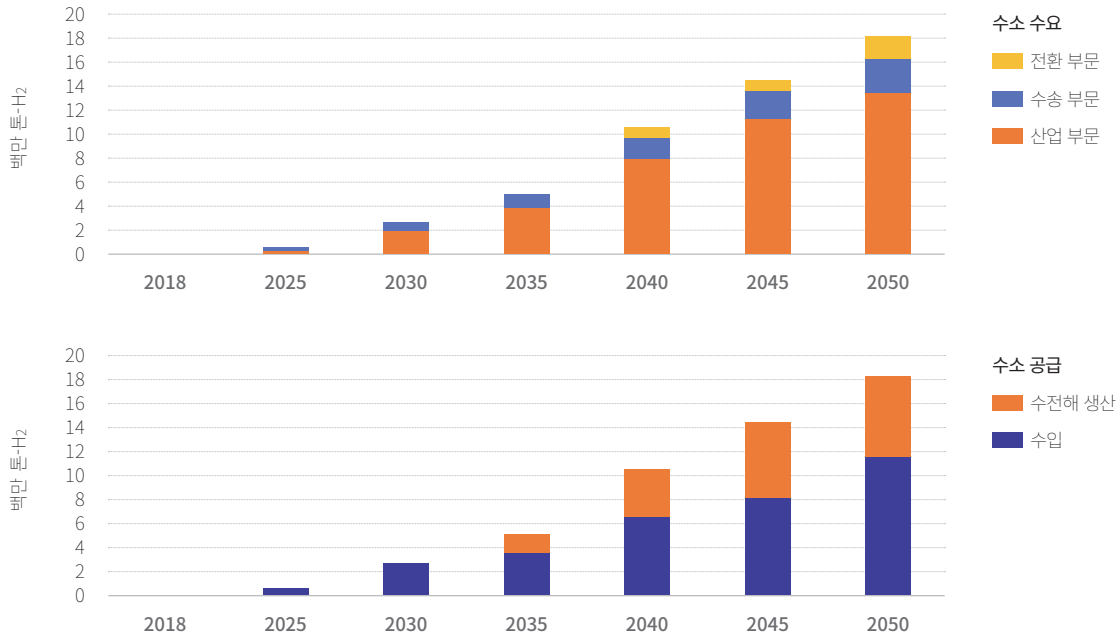
K-Map 분석에 따르면, 2050년 국내에서 생산한 수전해 수소 공급량은 6.7백만 톤 수준으로, 국내 수소 수요의 약 37% 수준에 불과할 전망이다.<sup>11</sup> 재생 에너지의 잠재량이 제한적인 국

그림 7. 철강 산업의 에너지원별 수요 전망(2018-2050)



11 따라서 대안이 존재하는 전환 부문과 수송 부문에서의 수소 활용은 최대한 억제하고, 수소 외의 대안이 없는 산업 부문에서 집중적으로 수소를 활용해야 한다.

그림 8. 수소 수요 및 공급 전망(2018-2050)



내에서의 그린 수소 생산은 원거리 부유식 풍력 발전에 크게 의존할 수밖에 없다. 육지 전력망에 연계되지 않은 해상 풍력이 가동하는 2035년부터 그린 수소 생산이 가능할 전망이다.

### 전략3. 전기 자동차 보급 및 2040년 내연 기관 판매 금지

2013년부터 시작된 정부의 친환경차 보급 지원 정책의 영향으로 최근 들어 친환경차가 빠른 속도로 보급되고 있지만, 자동차 시장의 발전을 반영하여 보급 목표를 더 상향할 필요가 있다. 국내에서 활동하는 완성차업체의 전기차 생산 계획에 따르면, 2030년 한 해 동안의 전기차 판매 대수는 약 80만 대에 이른다.

K-Map 분석에 따르면, 2030년까지 1천만 대의 친환경차량(전기차 533만 대, 하이브리드 차 400만 대, 수소연료전지차 85만 대)이 보급되고, 2050년에는 총 2,450만 대(전기차 1,882만 대, 기타 친환경차량 554만 대)가 운행된다. 또한 2040년 이후 새로운 내연 기관차(하이브리드 차량 포함)의 판매는 금지된다. 결과적으로, 도로 교통에서의 에너지 소비는 지속적으로 감소한다. 친환경차량 보급에 비례하여 화

석 연료 소비가 줄어드는데, 2020년 소비량 대비 2030년에는 171TWh(14.7백만TOE), 2050년에는 407TWh(35.0백만TOE)의 에너지를 줄일 수 있다. 이는 2030년에는 약 29백만 톤, 2050년에는 약 78백만 톤의 온실가스 감축으로 나타난다. 친환경차 보급을 통해 2050년까지 80%의 온실가스를 감축할 수 있다.

친환경차로의 빠른 전환은 사회 전반에 긍정적인 파급 효과를 준다. 수송 부문에서 직접적으로 온실가스를 줄일 수 있으며, 석유 제품의 수요가 감소하여 정유 산업의 탄소 중립 전환을 유도할 수도 있다. 또한 국내 자동차 산업의 글로벌 경쟁력을 강화할 것이고, V2G(Vehicle to Grid) 등의 신기술을 보다 용이하게 도입할 수 있는 환경을 조성함으로써 발전 부문의 변동성 리스크를 보완할 수 있다. 더불어, 해외 원유 수입을 경감시켜 에너지 안보에 기여할 것이다.

이러한 전환을 유도하기 위해서는 정부의 보다 강력한 정책과 지원책이 필요하다. 친환경차에 대한 보조금 확대, 교통수단 전환을 위한 대중교통 및 철도망 확충, 자동차 에너지 효율 강화, 바이오 연료 및 e-fuel 규제(장거리 운송 수단에만

그림 9. 도로 교통에서의 에너지 소비량 전망(2018-2050)

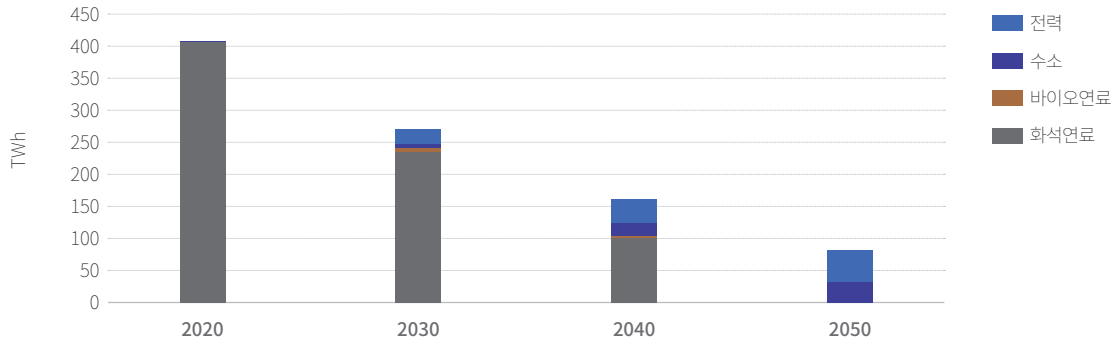
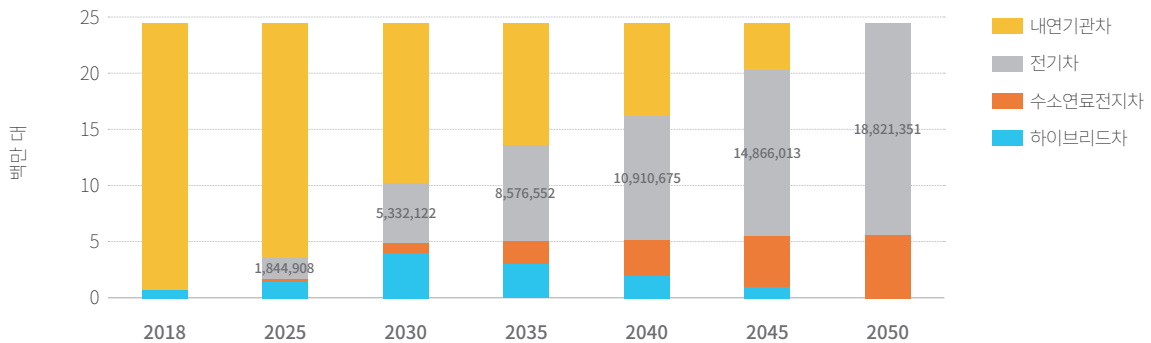


그림 10. 도로 교통 친환경차 보급 추이 전망(2020-2050)



사용) 등이 마련되어야 한다.

**전략4. 그린 리모델링 가속화 및 난방 에너지원 전환**

건물 부문에서는 난방을 위한 에너지 사용이 전체 에너지 소비의 절반 이상을 차지하므로, 단열을 강화하고 난방 연료를 탈탄소화하는 것이 온실가스 감축의 핵심이라 할 수 있다.

첫째로, 기존 건축물에 대한 그린 리모델링 확대가 필요하다. 특히, 단열 기준이 강화되기 시작한 2010년 이전의 노후 건축물이 특히 중요하다. 건물 최저 에너지 성능 기준 도입, 그

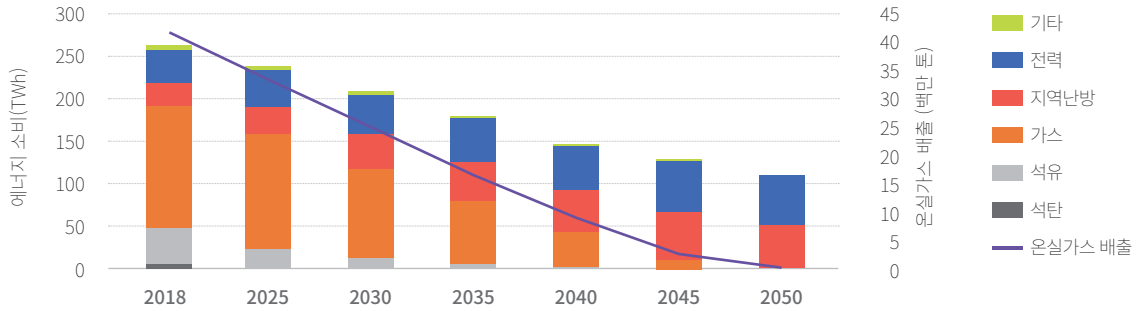
린 리모델링에 대한 세제 감면 또는 직접 지원 등의 정책을 통해 연 2%의 그린 리모델링을 추진할 필요가 있다.<sup>12</sup>

둘째로, 신축 건축물에 대해서는 제로에너지건축물 기준을 의무화하여, 전반적인 건물 에너지 효율을 높여야 한다. 신축 건축물에 대해서는 제로에너지건축물 의무화를 즉시 도입하고, 건물 에너지 효율 기준을 점차 강화해야 한다. 그린 리모델링의 효과로 2050년까지 노후 건물의 연면적이 점진적으로 줄어들고 에너지 고효율 건물의 연면적 비중이 늘어난다. 2050년을 기준으로, 2019년 이후 리모델링되거나 새롭게 건축되는 건물의 연면적이 약 70%를 차지할 예정이며,

<sup>12</sup> 유럽 연합은 Renovation Wave Strategy(2020) 및 Fit for 55(2021)에서 기존 민간 건축물의 리노베이션 비율을 연간 1%대에서 2% 대로 높이고, 공공건물에 대해서는 연간 3%까지 확대하는 계획을 발표했으며, IEA(2021)도 2050 전 세계 탄소 중립 달성을 위해 2030년까지 매년 기존 건물의 2.5%에 리트로핏이 필요함을 밝혔다.



그림 11. 난방용 에너지 수요 및 온실가스 전망(2018~2050)



2010년 이후 건축되는 에너지 효율이 높은 건물이 92% 이상을 차지할 전망이다.

셋째로, 2025년부터는 신규 가스보일러 설치를 금지하고 히트 펌프(360만 대)를 보급하고 지역난방을 확대하는 등 탈탄소 연료로의 점진적인 교체를 추진해야 한다. 이와 같이 감축 수단을 적용함에 따라 난방용 에너지 수요는 2018년 대비 2030년에는 55TWh, 2050년에는 155TWh가 줄어들고, 온실가스는 2018년 대비 2030년에는 17백만 톤, 2050년에는 42백만 톤이 줄어, 탄소 중립을 달성할 것으로 전망된다(그림 11).

위 세 가지 대책과 더불어 전력화 및 기기 에너지 효율 개선 등을 통해 건물 부문의 총 에너지 수요는 2018년 521TWh에서 2050년 292TWh로 44% 줄어들고, 온실가스는 2018년에는 52백만 톤이 배출되었으나 2050년에는 탄소 중립을 달성할 전망이다.

### 전략5. 탄소 중립 달성을 위한 지원 정책

#### 1) ‘한강의 기적’을 재현할 종합적인 투자 프로그램

탄소 중립 이행을 위해서는 2050년까지 BAU 시나리오 대비 약 1,330조 원(2022년 현재 가치화 830조 원)이 더 필요하다. 재생 에너지 확대를 위해서는 2050년까지 BAU 대비 총 483조 원, 연평균 16.7조 원의 투자가 추가로 요구되며, 산

업 부문의 탈탄소화를 위해서는 수소 환원 제철 기술 보급 등을 위해 BAU대비 659 조 원이 더 필요하다.

아직은 탄소 저감 수단 대부분의 기술 성숙도가 낮기 때문에, 초기에 더 많은 투자가 집중되어야 한다. 예를 들어, 부유식 해상 풍력 설비의 경우, 2030년 이후 기술이 상용화되고 국제적인 경쟁이 일어나면 발전 단가가 126원/kWh 수준으로 낮아질 것으로 전망되는데, 현재의 단가는 약 180원/kWh 수준으로 형성되어 있다. 단편적으로는 기술 성숙도나 완성도가 떨어지는 기술에 대한 초기 투자는 비합리적이라 치부될 수 있으며 심지어 무리한 투자로 이해될 수도 있을 것이다. 온실가스 배출 저감이라는 환경적·경제적<sup>13</sup> 측면을 차지하더라도, 제조업 기반이 튼튼한 우리나라 산업에 있어서 이러한 선행 투자는 새로운 기술 개발로의 전환을 유도하는 매우 강력한 유인이 될 것이다. 이제 막 걸음마를 시작해 초기 단계 기술로 경쟁하는 세계 탄소 중립 기술 시장에서, 탄소 중립 이행을 위한 보다 적극적인 초기 투자는 우리나라 제조업이 글로벌 기업들과 어깨를 나란히 할 수 있도록 돕는 인큐베이터로서 역할을 하게 될 것이다.

이러한 막대한 투자는 온실가스 배출에 따른 비용을 줄여 주는 경제적 효과로 돌아온다. K-Map 시나리오는 BAU 대비 약 8,300백만 톤의 온실가스를 감축할 수 있는데, 이는 최소 1,400조 원에서 최대 3,100조 원(연평균 50~110조 원)의 경제적 편익으로 돌아올 것이다. 여기에 더해, 석유, 석탄,

13 주요 국가 및 국제기구들은 탄소세 도입을 시행하거나 권고하고 있다. 이제 온실가스 배출은 ‘비용’인 것이다.

그림 12. 각 시나리오별 온실가스 배출 전망

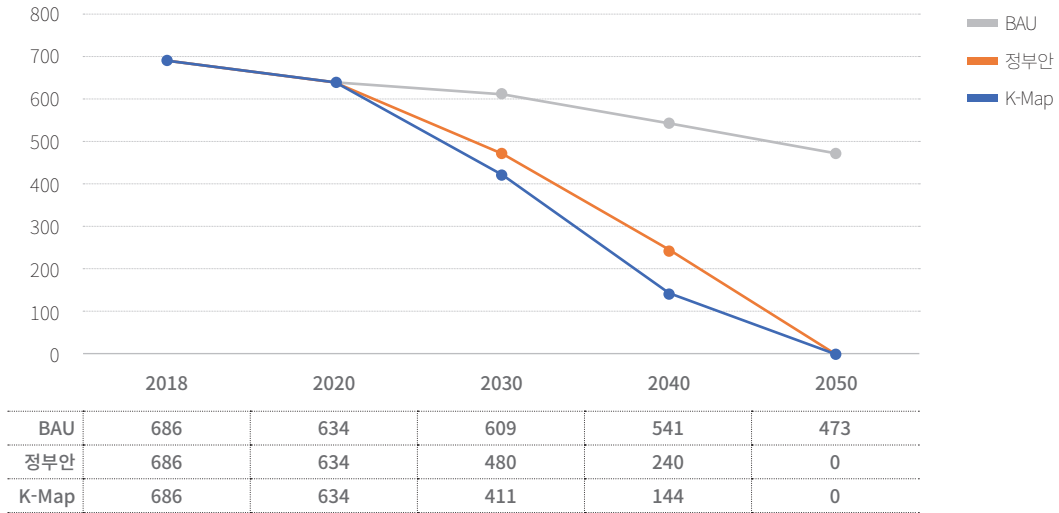


그림 13. 탄소중립 이행과정에서 발생하는 투자 및 편익(BAU 대비)

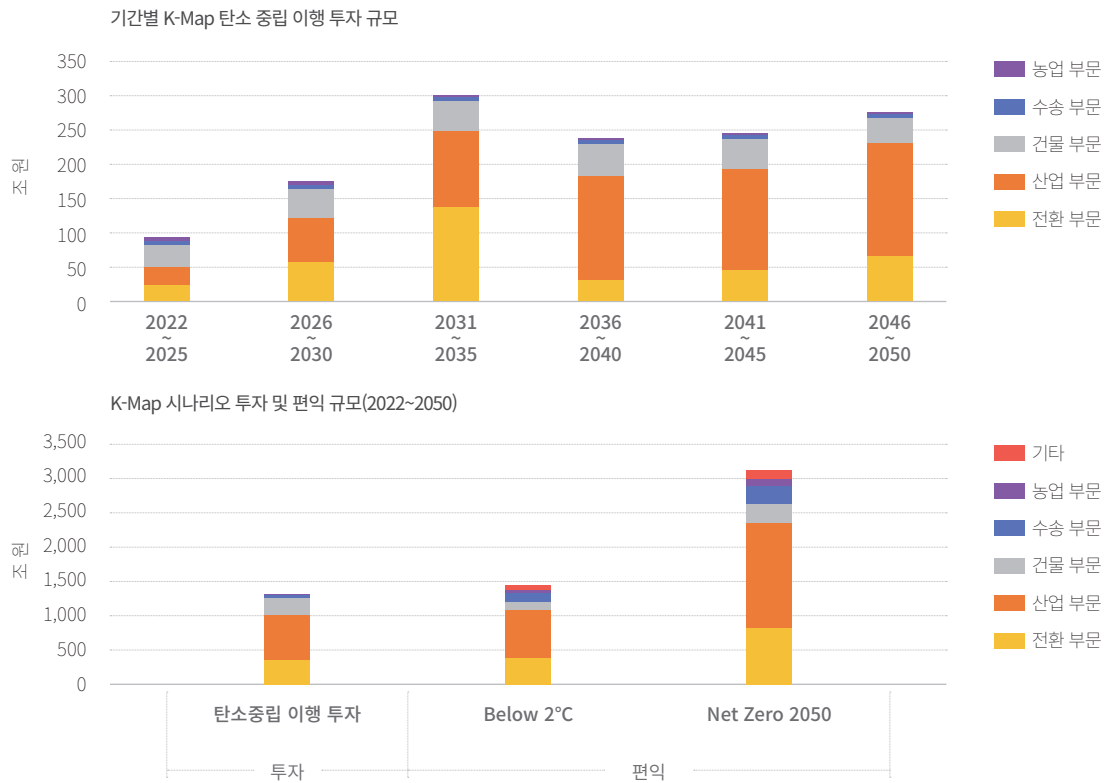


표 3. K-map 탄소중립 이행 투자규모(BAU 대비) (단위: 조 원)

	2022 ~ 2025	2026 ~ 2030	2031 ~ 2035	2036 ~ 2040	2041 ~ 2045	2046 ~ 2050	합계	합계 (NPV)	연평균
전환 부문	25	60	138	33	58	57	371	244	13
산업 부문	27	62	110	151	145	164	659	385	23
건물 부문	32	43	44	45	44	35	241	160	8
수송 부문	6	6	5	6	6	5	33	22	1
농업 부문	5	7	3	2	2	2	21	16	1
K-Map 시나리오 투자 합계	94	178	300	237	254	262	1,326	827	45.7

표 4. K-Map 탄소 중립 이행 편익 규모(BAU 대비)

	2022~2050 누적 온실가스 배출 저감량(백만 톤)	온실가스 배출 저감에 따른 편익*(조 원)		연평균 편익 (조 원)
		Below 2°C 가격 전망 적용 시	Net Zero 2050 가격 전망 적용 시	
전환 부문	2,493	409	869	12-26
산업 부문	3,766	699	1,542	24-53
건물 부문	743	126	275	4-9
수송 부문	744	122	262	4-9
농업 부문	259	42	91	1-3
기타	375	62	136	2-5
K-Map 시나리오 투자 합계	8,380	1,460	3,176	50-110

\* NGFS(2020)의 한국 'Below 2°C 온실가스 가격 전망' 및 'Net zero 2050 온실가스 가격 전망'을 기준으로 계산

천연가스 수입 저감에 따른 국부 유출 방지까지 포함할 경우, 탄소 중립 이행에 따른 편익은 그야말로 엄청날 것이다.

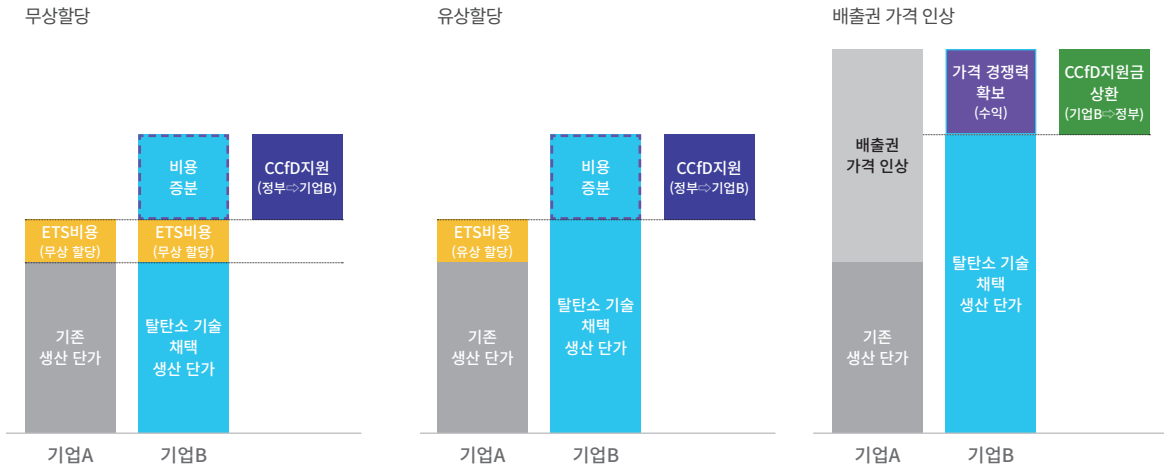
그러나 탄소 중립을 위한 투자는 자칫하면 에너지 가격과 물가를 상승시켜 국민들의 부담이 가중될 수 있다.<sup>14</sup> 결국, 정부가 적극적으로 예산을 투입하고 정책을 수립해 한국 사회가 조속하게 녹색 전환을 추진하고 신속하게 온실가스를 감축하도록 해야 한다.

## 2) 탄소 중립을 위한 정책

보다 신속하게 탄소 중립을 이행하기 위해서는 각 부문의 주체들이 빠른 속도로 저탄소 기술을 채택해야만 한다. 그러나 저탄소 기술이 이미 상용화되었다 하더라도, 대부분이 기존 기술에 비해 충분한 가격 경쟁력을 확보하지 못하였다. 따라서 저탄소 기술을 신속하게 보급하고 활용하도록 촉진하는 지원 메커니즘이 필요하다. 전력 및 산업 부문의 배출권 거래제 강화, 제로에너지건축물 기준 강화, 친환경차량 지원 제도

14 한국은행(2020)은 2050년 탄소 중립 이행 과정에서 GDP 성장률은 연평균 0.25-0.32%p 하락하고, 소비자 물가 상승률은 연평균 0.09%p 상승할 것으로 전망한다. 온실가스 배출 규제에 따라 탄소 집약적 제품의 가격 상승, 생산 비용의 상승, 교역 조건의 악화, 좌초 자산 증가에 따른 생산성 하락 등의 부정적 영향이 예상되는 한편, 재생 에너지 등 친환경 투자의 확대와 저탄소 기술을 기반으로 하는 신산업 성장 등의 긍정적 영향도 예상된다. 한국은행은 부정적 영향을 최소화하기 위해, 정부가 온실가스 저감 대책을 마련하고 친환경산업에 선도적으로 투자하기를 요청하고 있다.

그림 14. 탄소차액지원제도 운영 매커니즘



자료: Agora Energiewende(2020)를 재인용

확대, 탈탄소 기술에 대한 그린 파이낸싱, 친환경 산업에 대한 직접 지원, 세제 혜택, 재생 에너지 보급 확대를 위한 입찰제 도입, 친환경 제품에 대한 공공 입찰 의무화 등이 탄소 중립 이행을 위한 정책에 해당한다. 이러한 정책의 시행은 친환경 기술의 빠른 보급을 가속화할 것이다.

산업 부문에 있어서는, 독일 정부가 기업의 탈탄소 전환을 지원하기 위해 올해부터 시행하는 탄소 차액 지원 제도(CCfD: Carbon Contracts for Difference)를 벤치마킹할 필요가 있다. 탄소 차액 지원 제도는 새로운 저탄소 설비에 대한 투자 등으로 인해 생산 단가가 상승하였을 때 그 상승분을 정부가 기업에 우선 지원하고, 향후 온실가스 가격이 상승하였을 때 배출권을 판매해 초과 수익이 발생하거나 온실가스 다배출 제품에 비해 생산 단가가 낮아져 수익이 발생했을 때 기업이 정부에 지원금을 환원하는 제도이다. 기업이 생산 제품의 가격 경쟁력을 유지한 채 신규 설비 투자에 적극적으로 나설 수 있도록 정부가 지원하는 제도라고 할 수 있다. 이러한 원리를 응용하여, 우선 정부가 기업의 탄소 중립 기술 투자비 일체 또는 일부를 지원하고, 향후 수익이 발생하면 기업이 정부에 지원금을 상환하는 방식으로 이 제도를 운용할 수 있

을 것이다. 결과적으로, 기업은 저탄소 기술 채택에 따른 생산 비용의 변동이나 배출권 가격 변동으로 인한 리스크를 최소화할 수 있다.

정부는 각 부문의 탄소 중립 이행을 지원할 수 있는 다양한 재원을 이미 확보하고 있으므로, 이를 한국형 탄소 차액 지원에 활용하는 것이 가능할 것이다. 전환 부문의 경우, 전력 산업 기반 기금과 에특회계(에너지 및 자원사업 특별회계)를 재생 에너지 확대, 석탄 및 천연가스 화력 발전소의 조기 폐지에 따른 정의로운 전환(just transition)<sup>15</sup>에 지원할 수 있다. 산업 부문은 산책기금(산업 기술 진흥 및 사업화 촉진 기금)과 에특회계를 저탄소 공정·기술 개발 R&D 및 실증화 지원 등에 활용할 수 있으며, 건물 부문은 주택 도시 기금으로 제로에너지건축 및 그린 리모델링을 지원할 수 있다. 수송 부문은 기후 대응 기금에서 친환경차(전기차 및 수소 차) 보급과 인프라 구축을 보조하는 것이 가능하고, 농업 부문에서는 농업·농촌 공익 기능 증진 직접 지불 기금이 농경지 토양에서의 탄소 흡수를 촉진하는 데 활용될 수 있다.

15 기후 변화 위기에 대응해 어떤 지역이나 업종에서 급속한 산업 구조 전환이 일어날 때, 과정과 결과가 모두에게 '정의로워야' 한다는 개념이다. 공식적인 정의는 아직 합의되지 않았으나, "녹색 경제로의 전환에서 발생하는 지속 가능한 편익을 광범위하게 공유함과 동시에, 이 과정에서 경제적으로 어려움에 처한 국가, 지역, 산업, 공동체 노동자 및 소비자를 지원"하는 것으로 표현한다(EBRD, n.d.).

표 5. K-Map 시나리오 주요 지표

	2018	2030	2040	2050	2018 2030 연평균	2030 2050 연평균
<b>온실가스 배출 (백만 톤)</b>	686	411	144	0	-23	-21
전환 부문	270	112	25	0	-13	-6
산업 부문	261	206	86	11	-5	-10
건물 부문	52	32	10	0	-2	-2
수송 부문	97	58	26	0	-3	-3
농업 부문	25	18	15	12	-1	-0.3
흡수원 등 기타	-19	-14	-19	-24	0.4	0.5
<b>화석 연료의 1차 에너지 소비</b>						
석유(백만 TOE)	114	76	45	16	-3	-3
석탄(백만 TOE)	50	27	2	0	-2	-1
천연가스(백만 TOE)	39	38	20	0.03	-0.1	-2
<b>전력</b>						
전력 생산 (TWh)	571	726	1,024	1,296	13	29
전체 전력 소비 중 재생 에너지 비중(%)	4	53	77	84	4	1.6
태양광 발전(GW)	7	136	280	375	11	12
육상 풍력 발전(GW)	1	40	40	40	3	-
해상 풍력 발전(GW)	0	23	94	154	2	7
전기 에너지 저장(GW/GWh)	2/19	68/332	141/2,023	197/6,035	6/26	6/285
<b>산업</b>						
천연가스 DRI 조강량(백만 톤)	0	13.5	14.6	0	1.0	-0.6
수소 DRI 조강량(백만 톤)	0	0	26	46	-	2.0
CCUS를 이용한 CO <sub>2</sub> 흡수(백만 톤)	0	0	9.0	23.4	-	1.1
<b>건물</b>						
신축 또는 그린 리모델링 건축물 면적(백만 m <sup>2</sup> )	0	813	1,369	1,895	68	54
신축 주거 건물의 연간 에너지 수요(kWh/m <sup>2</sup> )	123	85	70	60	-3.2	-1.3
신축 비주거 건물의 연간 에너지 수요(kWh/m <sup>2</sup> )	300	200	140	100	-8.3	-8.3
히트 펌프 보급(천)	0	1,052	2,412	3,572	88	126
지역난방 공급(백만 TOE)	2	38	78	124	3	4
<b>교통</b>						
전기자동차 보급(백만)	0.13	5	11	19	0.4	0.7
수송 부문 화석 연료 수요(백만 TOE)	43	27	13	0	-1.3	-1.3
<b>농업 및 흡수원</b>						
축분 발효(전체 축분 중 비중: %)	1.7	50	70	90	-	-
온실가스 흡수원(백만 톤)	-41.3	-26.7	-26.0	-25.3	1.2	-
<b>수소</b>						
수소 터빈 발전(GW)	0	0	20	40	0	2
수소 수요(백만 톤)	0	3	11	18	0.3	0.8
국내 그린 수소 생산(백만 톤)	0	0	4	7	-	0.4
수입 수소(백만 톤)	0	3	7	12	0.3	0.5
그린 수소 저장(GW)	0	0	17	20	-	1
<b>거시 경제 지표</b>						
GDP 연평균 성장률(%)	1.9	1.9	1.9	1.0	-	-0.05
인구(백만)	51.6	51.9	50.9	47.7	-	-0.2
NGFS의 'Below 2°C Scenario' 온실가스 가격 전망(US\$2010/t CO <sub>2</sub> e)	20	109	135	266	7	8
NGFS의 'Net Zero 2050 Scenario' 온실가스 가격 전망(US\$2010/t CO <sub>2</sub> e)	20	140	260	718	10	29

**GESI** 서울 녹색에너지전략연구소

**g** 녹색전환연구소<sup>igt</sup>

**NEXT**  
group 

**Agora**  
Energiewende 

