

# 01

## Chapter 01

# 글로벌 탄소중립 로드맵

IPCC, EU, IEA, IRENA 경로 비교와 시사점

연경흠 상무 딜로이트 안진회계법인



2015년 파리기후협정(Paris Agreement) 이후 탄소중립 목표에 대해 언급하던 시기가 지났다. 2020년부터 이러한 목표 달성을 위한 계획을 실행하는 단계로 접어들고 있다. 올해는 주요국이 2050년까지 글로벌 탄소중립 달성을 위한 2030년 중간 기여 목표를 달성하기 위한 레이스가 개시되는 원년으로 간주된다.

지난 2020년 12월 기후목표 정상회의, 올해 1월 기후적응 정상회의 그리고 이어진 4월 기후정상회의에서 발표된 기후변화 대응 공약을 통해 5월 말 현재 모두 59개국(58개국+EU27)이 2050년 탄소중립(Carbon Neutral, NetZero)을 위한 국가 온실가스 감축목표(Nationally Determined Contribution, 이하 NDC)를 제출했다.<sup>1</sup>

영국 비영리 기후행동 및 자문 조직인 에너지기후정보원(Energy & Climate Intelligence Unit, ECIU)의 조사에 의하면, 앞서 파리기후협약 이후 현재까지 모두 137개국이 탄소중립을 약속했다.

우리나라는 문재인 대통령이 작년 10월 28일 국회 시정 연설을 통해 처음 2050년 탄소중립을 선언하고 같은 해 11월 22일 G20 정상회의에서 전 세계에 이러한 의지를 천명했다. 이어 그 해 12월 15일 국무회의에서 '2050 장기저탄소발전전략(LED'S)'과 '2030 국가

온실가스 감축목표(NDC) 정부안을 확정했다.<sup>2</sup> 정부는 보다 강화된 목표안과 이를 위한 구체적인 방안 마련을 위해 탄소중립위원회를 중심으로 2050 탄소중립 시나리오와 2030년 국가 온실가스 감축 목표(NDC)를 새롭게 마련할 계획이다.<sup>3</sup>

올해 11월 유엔 기후변화당사국총회(UNFCCC COP26, 이하 COP26)에 앞서 정부가 발표할 시나리오 작업에 관심이 집중되는 가운데 탄소중립을 적극적으로 추진하고 있는 유럽연합(EU)은 2018년 11월에 시나리오 분석을 마친 상황이다.<sup>4</sup> 또한 올해 5월엔 국제에너지기구(IEA)가 탄소중립(net-zero) 달성을 위한 경로를 담은 보고서를 발표<sup>5</sup> 하며 탄소중립을 달성하는 로드맵에 대한 제언을 내놓았다. 앞서 우리나라 로드맵 구축을 위한 시나리오 작업에는 EU 시나리오가 주로 참조된 것으로 알려져 있다.

이번 보고서는 IPCC의 권고 사항과 더불어 주요국의 탄소중립 추진 전략 및 로드맵을 살펴보고, 특히 가장 적극적인 추진 및 논의를 진행중인 EU의 시나리오와 함께 IEA의 넷제로(net-zero) 로드맵, 국제재생에너지기구(IRENA)의 글로벌 에너지전환 전망(1.5°C pathway)을 비교해 우리나라가 보다 현실적인 로드맵을 구축하는 데 필요한 시사점을 정리하고자 한다.

1 Climate Action Tracker, <https://climateactiontracker.org/climate-target-update-tracker/> access at 2021.06.10

2 JTBC, "P4G 정상회의 폐막 "탄소중립 논의, 한국이 적극 선도", 2021.06.01

3 한국경제, "온실가스 감축목표 상향 결정에 국민 대표 500명 참여", 2021.06.03

4 European Commission, "In-Depth Analysis in Support of the Commission Communication COM(2018) 773: A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy", 2018.11.28

5 IEA, "Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector", 2021.05.18



## IPCC의 지구 온도 1.5°C 억제 시나리오

2015년 파리협정 채택과 함께 전 세계적으로 기후 변화에 대응하기 위해 지구 평균온도 상승을 산업화 이전 대비 2100년까지 2°C 이하로 제한하고 나아가 1.5°C 이하로 제한하려는 노력을 하고 있다.<sup>6</sup> 기후변화에 관한 정부간 협의체(Intergovernmental Panel on Climate Change, 이하 IPCC)는 2018년 “지구온난화 1.5°C특별 보고서(SPECIAL REPORT: Global Warming of 1.5°C, 이하 SR15)”를 통해 인간활동은 산업화 이전 대비 2017년 현재 약 1.0°C(0.8~1.2°C 범

위)의 지구 온난화를 야기한 것으로 추정하고, 이 같은 속도로 지구 온도가 계속 올라갈 경우 2030년과 2052년 사이에 온도 상승폭은 1.5°C에 이를 가능성이 높다는 전망을 제출했다. 이는 지구 고유생태계와 인간계에 높은 위험을 야기한다고 봤다(그림 1). 이어 기온 상승폭을 1.5°C 이하로 제한하기 목표를 달성하기 위해선 온실가스 배출량의 감축이 요구되며, 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 감축에 이어 2050년에는 순배출량을 0(net-zero)으로 만들어야 한다고 분석했다.<sup>7</sup>

그림 1

### 지구온난화 1.5°C와 2.0°C 주요 영향 비교

구분	1.5°C	2°C	비고
고유 생태계 및 인간계	높은 위험	매우 높은 위험	
중위도 폭염일 온도	3°C상승	4°C상승	
고위도 극한일 온도	4.5°C상승	6°C상승	
산호 소멸	70~90%	99%이상	
기후 영향 · 빈곤 취약 인구	2°C온난화에서 2050년까지 최대 수 억 명 증가		
물부족 인구	2°C에서 최대 50% 증가		
그 외	평균 온도 상승(대부분의 지역), 극한 고온(거주지역 대부분), 호우 및 가뭄 증가(일부지역)		
<b>육상 생태계</b>	<b>중간 위험</b>	<b>높은 위험</b>	
서식지 절반 이상이 감소 될 비율	곤충 6%, 식물 8% 척추동물 4%	곤충 18%, 식물 16% 척추동물 8%	2°C에서 두 배
다른 유형의 생태계로 전환되는 면적	6.5%	13.0%	2°C에서 두 배
<b>대규모 특이 현상</b>	<b>중간 위험</b>	<b>중간-높은 위험</b>	
해수면 상승	0.26~0.77mm	0.30~0.93mm	약 10cm 차이. 인구 천만 명이 해수면 상승 위험에서 벗어남
북극 해빙 완전 소멸 빈도	100년에 한 번 (복원 가능)	10년에 한 번 (복원 어려움)	1.5°C초과 시 남극 해빙 및 그린란드 빙상 손실

※이 외, 극한기상, 해양산성화, 생물다양성, 보건, 곡물 수확량, 어획량, 경제성장 등에 관련된 위험(리스크) 모두 1.5°C 보다 2°C 온난화에서 높음(수치적으로는 제시되어있지 않음)

출처: 기상청 기후정책과(2018), 「지구온난화 1.5°C」SPM 주요 내용

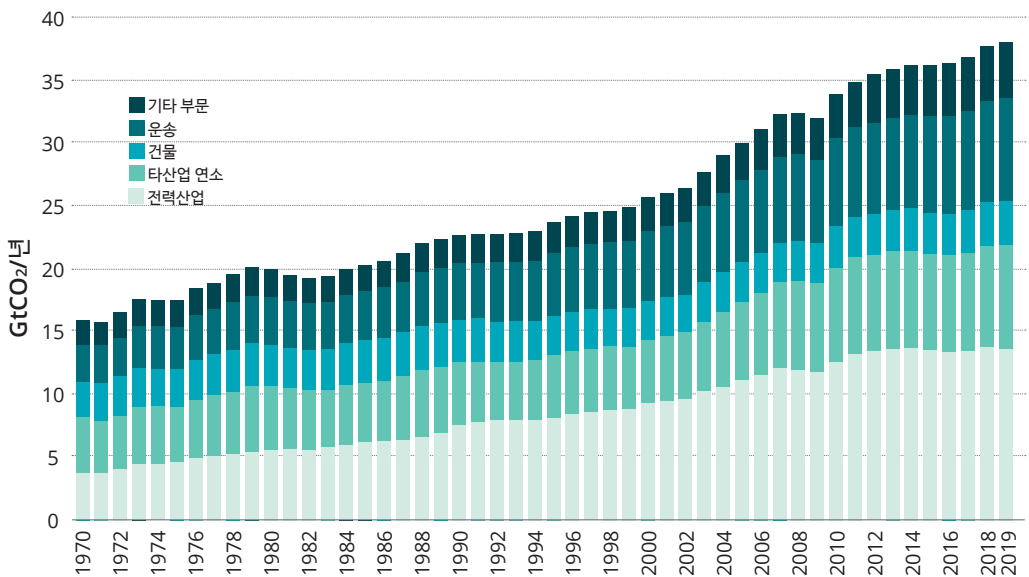


그러나 전 세계 탄소배출량은 지속적으로 상승하는 추세이다. 유럽 집행위원회(European Commission, 이하 EC)가 발표한 보고서에 의하면 전 세계 탄소배출량은 2019년에 38GtCO<sub>2</sub>(1Gt=10억톤)로 1990년의 22.7GtCO<sub>2</sub>와 비교하여 68%나 증가하였다(그림 2).<sup>8</sup> 2019년 배출량 기준으로 중국과 미국, 인도, EU27개

국+영국, 러시아 그리고 일본 등(세계 인구의 51% 차지)의 국가가 총배출량의 62.5%를 차지했다. 글로벌 국내총생산(GDP) 단위당 이산화탄소 배출량은 연간 USD1,000당 0.298tCO<sub>2</sub>로 감소 추세(1990년~2019년 사이 -33.8%)이지만, 인구 1인당 배출량은 연간 4.9tCO<sub>2</sub>로 같은 기간 15.9% 증가했다.

그림 2

전 세계 연간 화석연료 이산화탄소 배출량



출처: JRC(EDGAR), 2020.

6 외교부, "파리협정(Paris Agreement) 의의 및 특징", 2017.05.29

7 기상청, "지구온난화 1.5도 특별보고서 주요 내용(요약본)", 2019.05.28

8 European Commission – JRC Science for Policy Report, "Fossil CO<sub>2</sub> emissions of all world countries: 2020 Report", 2020.09.11, [https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report\\_2020#sources](https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2020#sources)

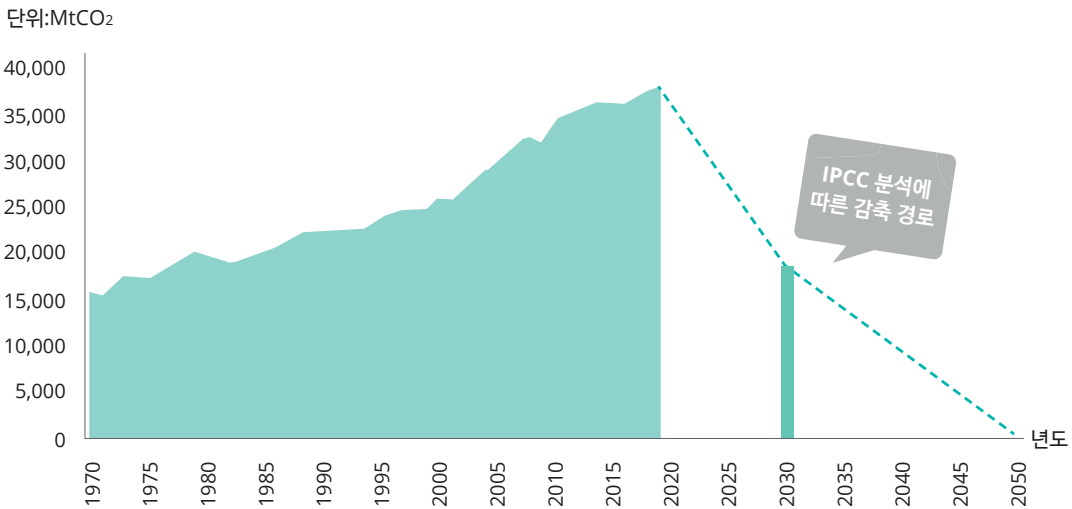
이 같은 배출량 증가세를 억제하면서 IPCC에서 제시한 2050년 탄소중립 달성을 위해선 전 세계가 상당한 양의 탄소배출을 짧은 기간 내 감축해야 한다(그림 3).

IPCC가 SR15에서 제시한 1.5°C 배출 경로는 2100년 경까지 지구온난화를 1.5°C 미만으로 유지하거나 또는 오버슈트(Overshoot) 이후에 2100년경까지 다시 1.5°C 수준으로 되돌릴 수 있는 배출 경로로 정의된다. 보고서의 주요 결론은 온난화를 1.5°C로 억제하려면 향후 수십 년간 온실가스 배출량, 즉 산업화 이후에 발생한 인위적인

전지구 총 누적 탄소배출량을 제한해야 한다는 것이다.

이러한 1.5°C를 위한 탄소배출 총량은 약 3,000GtCO<sub>2</sub>로 알려져 있으며, 2017년 말까지 약 2,200±320GtCO<sub>2</sub>를 이미 고갈했기 때문에 잔여 배출량은 420~580GtCO<sub>2</sub>로 추정된다. 이 같은 추정 배출량의 불확실성이 매우 크기는 하지만, 그럼에도 불구하고 온난화가 더욱 진행될수록 허용량이 줄기 때문에 더 많은 감축을 이행해야 한다(그림 4).<sup>9</sup>

그림 3  
전 세계 탄소배출량 추이와 IPCC 감축 경로



주: 연료연소에 따른 CO<sub>2</sub> 배출량  
출처: Crippa, M., Guizzardi, D., Muntean, M., Schaaf, E., Solazzo, E., Monforti-Ferrario, F., Olivier, J.G.J., Vignati, E., Fossil CO<sub>2</sub> emissions of all world countries - 2020 Report, Joint Research Centre (JRC), Emission Database for Global Atmospheric Research (EDGAR)

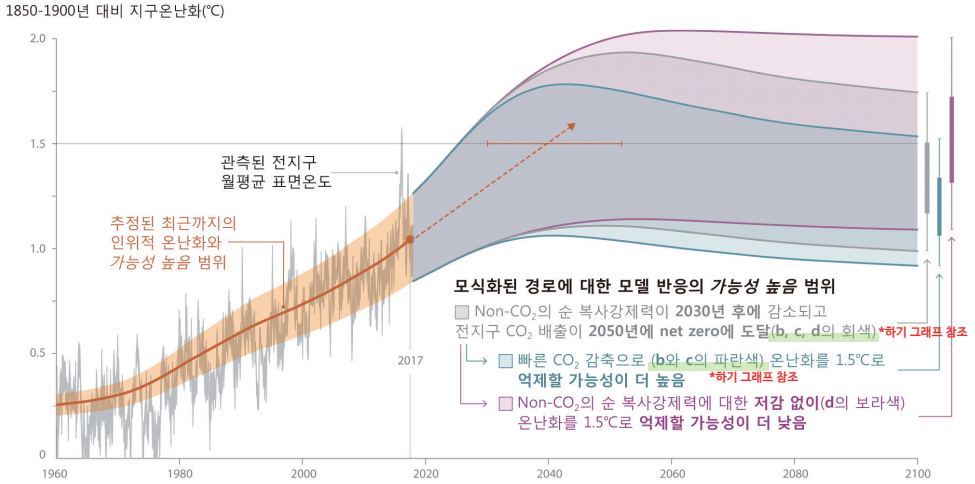
9 번영화, "IPCC 「지구온난화 1.5°C 특별보고서」, 가속화되는 온난화와 탄소중립", 기후변화와 녹색성장, 환경부 온실가스종합정보센터, 2020

그림 4

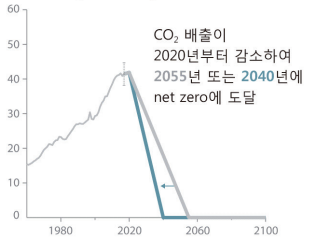
IPCC SR15 온실가스배출경로 모식도

CO<sub>2</sub> 누적 배출량과 미래 non-CO<sub>2</sub> 복사강제력이 지구온난화를 1.5°C로 억제할 가능성을 결정

**a** 관측된 전지구 기온 변화와 모식화된 인간활동에 의한 배출 및 강제력 경로에 따른 모델 반응

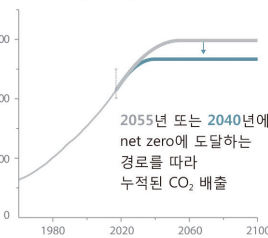


**b** 모식화된 전지구 CO<sub>2</sub> 순 배출 경로  
10억톤 CO<sub>2</sub>/년 (GtCO<sub>2</sub>/년)



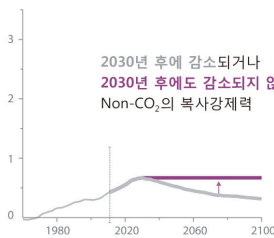
보다 빠르고 즉각적인 CO<sub>2</sub> 배출량 감축은 세부 그림 (c)에서 보여지는 누적 CO<sub>2</sub> 배출량을 억제할

**c** CO<sub>2</sub> 순 누적 배출량  
10억톤 CO<sub>2</sub> (GtCO<sub>2</sub>)



최고 온도의 상승은 CO<sub>2</sub> 순 누적 배출량과 메탄, NO<sub>x</sub>, 에어로졸 및 다른 인간활동에 기인한 강제력 인자들에 의한 non-CO<sub>2</sub> 순 복사강제력에 의해 결정

**d** Non-CO<sub>2</sub> 복사강제력 경로  
W/m<sup>2</sup>



2030년 후에 감소되거나 2030년 후에도 감소되지 않는 Non-CO<sub>2</sub>의 복사강제력

출처: WMO(2018). IPCC SR15, [국영문합본] 지구온난화 1.5°C 특별보고서(SPM, TS), 기상청 기후정보포털, 2019

IPCC는 1.5°C 억제 경로에서 에너지, 토지, 도시 및 기반시설(수송과 건물 포함)과 산업 시스템에서의 빠르고 광범위한 전환이 필요하다고 본다.

IPCC SR15의 주된 결론은 2030년의 온실가스 배출량이 낮을수록 온난화의 최고 수준을 1.5°C로 억제할 가능성이 높아진다는 것이다. 오버슈트 없거나 제한적으로 있는 1.5°C 모델 경로들을 종합한 결과 인간 활동에 기인한 전지구적 이산화탄소 순 배출량이 2030년까지 2010년 대비 최소 45% 감소하고, 2050년에는 넷제로에 도달해야만 한다. 2°C 미만으로 온난화를 억제하는 경로

들 대부분은 2030년까지 이산화탄소량이 25% 감소하고, 2070년경에야 넷제로에 도달하는 것으로 나타났다.

이러한 경로는 모두 이산화탄소 외 온실가스, 즉 메탄과 블랙 카본 배출량의 대폭적인 감축(2050년까지 2010년 대비 35% 이상 감축)을 수반한다.

IPCC는 지구온난화를 1.5°C로 억제하는 이산화탄소 배출량 감축(경로)은 에너지 및 자원집약도의 저감, 탈탄소화 속도, 이산화탄소 흡수(CDR)에 대한 의존 간의 균형에 현저한 차이를 줌으로써 다양한 완화 수단 포트폴리오를 가질 수 있다고 명시하고 있다.

## IPCC의 온난화 1.5°C 억제 로드맵(2018)

먼저 에너지 시스템에서는 2050년 재생 에너지가 전력의 70~81%를 차지할 것으로 전망했다(그림 5). 또한 이산화탄소포집 및 저장(CCS) 활용을 포함한 화석연료와 원자력의 비중은 증가하는 것으로 봤다. 다만 CCS를 활용한 전력 발전 중에서 가스 비중은 전체의 80%인 반면 석탄의 비중은 모든 경로에서 0%에 가깝게 대폭 감소할 것으로 전망했다.

그 다음 산업부문의 2050년 이산화탄소 배출량은 2010년 대비로 65~90% 감소할 것으로 전망되며, 이러한 감소 경로는 전력화, 수소연료, 지속가능한 바이오 기반 연료, 제품 대체, 탄소 포집 활용 및 저장(CCUS)과 같은 현재 및 미래 기술이나 실행의 조합을 통해 달성할 수 있다고 내다봤다. 여기서 IPCC는 산업부문의 에너지효율과 공정효율 개선을 통한 배출량 저감만으로는 온난화를 1.5°C로 억제하기에 역부족이라고 명시했다.

이어 도시 및 기반시설 시스템의 전환은 건물부문의 에너지 수요에서 전력이 차지하는 비중이 55~75%에 이를 것이며, 수송부문의 저배출 최종 에너지 비중이 2020년 5% 미만에서 2050년 35~65%로 상승할 것으로 예상했다.

또한 1.5°C 억제 모델 경로에서 토지이용의 전환은 2050년에 2010년 대비로 초지가 50~1,100만 km<sup>2</sup> 감소하고, 식량과 사료작물 생산을 위한 초지를 제외한 농경지는 -400~+250만 km<sup>2</sup> 범위에서 감소하거나 증가하며, 에너지 작물 경작지가 0~600만 km<sup>2</sup> 증가, 산림 면적은 -200~+950만 km<sup>2</sup> 범위에서 감소하거나 증가할 것으로 전망했다. 이러한 대규모 전환으로 인해 인간 정주, 식량, 가축 사료, 섬유, 바이오 에너지, 탄소 저장, 생물다양성 및 기타 생태계 서비스에 대한 다양

한 토지 수요의 지속가능한 관리가 상당히 어려워질 수 있는 것으로 봤다.

이상과 같은 경로는 현재 실시하는 정책 경로들에 비해 온난화를 1.5°C로 억제하는 경로에서 2016~2050년 기간 동안 에너지 감축에 대한 연간 추가 투자액이 약 8,300억 달러(6개 모델에서 1,500억~1조 7,000억 달러 범위)에 이를 것으로 추정했다. 이는 같은 기간 1.5°C 경로 상의 연평균 총 에너지 공급 투자액(1조 4,600억~3조 5,100억 달러)이나 연평균 총 에너지 수요 투자액(6,490억~9,100억 달러)에 필적하는 수준이다. 또 저탄소 에너지 기술과 에너지 효율에 대한 평균 연간 투자가 2050년까지 2015년 대비 약 6배(4~10배 범위) 증가하는 것으로 추정했다.

한편 IPCC는 온난화를 1.5°C로 억제하는 모든 경로에서 이산화탄소흡수(CDR)를 사용해 21세기 동안 약 100~1,000GtCO<sub>2</sub>의 이산화탄소가 흡수될 것으로 예상했다. 이는 각종 경로에서 남는 잔여 배출량을 보상하고, 대부분의 경우 온도 정점 이후 이를 되돌리기 위한 순음(Net Negative) 배출량을 달성하는 데 사용될 것으로 보인다.

기존 및 잠재적 이산화탄소흡수 조치에는 신규 조림 및 재조림, 토지복원과 토양탄소격리, BECCS, 직접 대기 탄소포집장치(DCCS), 강화된 풍화, 해양알카리화가 포함된다. 농림, 산림 및 기타 토지이용(AFOLU)에서 이산화탄소 흡수는 2030년과 2050년 그리고 2100년에 각각 연간 0~5GtCO<sub>2</sub>, 1~11GtCO<sub>2</sub> 그리고 1~5GtCO<sub>2</sub> 수준으로 전망되며, BECCS 확대의 경우 각각의 시점에서 각각 연간 0~1GtCO<sub>2</sub>, 0~8GtCO<sub>2</sub> 그리고 0~16GtCO<sub>2</sub> 정도로 각각 최대값이 BECCS와 신규 조림 잠재량을 초과하는 것으로 나타났다.

그림 5

IPCC 지구온난화 1.5°C 달성 4가지 경로 특징



경로 구분 (연도)	P1		P2		P3		P4		
	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	
<b>CO<sub>2</sub> 배출량 (2010년 대비 변화율(%))</b>	-58	-93	-47	-95	-41	-91	4	-97	
<b>최종 에너지 수요 (2010년 대비 변화율(%))</b>	-15	-32	-5	2	17	21	39	44	
<b>전력 중 재생에너지 비중 (2010년 대비 변화율(%))</b>	60	77	58	81	48	63	25	70	
1차 에너지 공급량 (2010년 대비 변화율(%))	석탄	-78	-97	-61	-77	-75	-73	-59	-97
	석유	-37	-98	-13	-50	-3	-81	86	-32
	가스	-25	-74	-20	-53	33	21	37	-48
	원자력	59	150	83	98	98	501	106	468
	바이오매스	-11	-16	0	49	36	121	-1	418
	재생에너지 (바이오매스 제외)	430	832	470	1,327	315	878	110	1,137
<b>2100년 누적 탄소포집 · 저장 (GtCO<sub>2</sub>)</b>	0	0	348	151	687	414	1,218	1,191	

※P1 - P3 : 일시적인 온도 초과 상승이 없거나 낮은(0.1°C 미만) 1.5°C 달성 시나리오  
 P1: 사회 · 경제 · 기술 전반의 혁신으로 에너지 수요가 감소, 탄소포집 · 저장 불필요  
 P2: 에너지 · 인간 · 경제 등의 지속가능성에 초점, 저탄소 기술 혁신 · 효율적인 토지관리 등을 수반  
 P3: 전통적 방식의 사회적 · 기술적 개발로 에너지 및 생산방식 변화 등에 중점  
 P4: 일시적인 온도 초과 상승이 있는 1.5°C 달성 시나리오, 많은 탄소포집 · 저장(CCS) 필요



## 파리 협정 감축 목표론 1.5°C 억제 불가능

IPCC는 파리 협정에 따라 제출된 국가별 감축 목표의 성과 추정치로 보면 2030년 전지구 온실가스 배출량이 연간 52~59GtCO<sub>2</sub>에 달해, 이후에 배출량 감축 목표 및 규모가 매우 크게 확대하더라도 이로써는 온난화를 1.5°C로 억제할 수 없다고 판단했다. 이어 미래에 이산화탄소흡수(CDR)와 오버슈트 의존하지 않으려면 2030년 이전부터 전체 CO<sub>2</sub> 배출량이 빠르게 감소할 필요가 있다면서, 배출량 저감 지연으로 인해 비용 상승은 물론 탄소배출 기반 시설에서 고착(lock-in), 좌초 자산(stranded assets)과 중장기 미래 대응 수단의 유연성 감소 위험을 감수해야 할 수 있다고 경고했다.

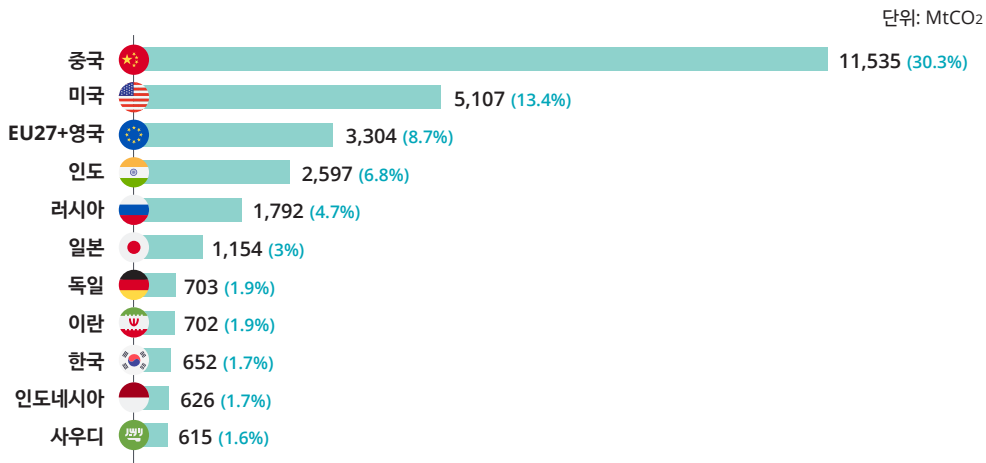
최근 UNFCCC의 분석에 의하면, 현재 전세계 각국의 자발적 감축 목표(INDC)만으로는 1.5°C 목표는 물론 2.0°C 온난화도 달성하기 힘들다.<sup>10</sup> 각국의 에너지 효율 개선, 연료의 탄소집약도, 전기(력)화, 토지 이용 변화에서의 전환

이 진행되고 있으나, 온난화 억제를 위해서는 에너지 전환을 중심으로 토지, 도시 및 산업 시스템에 대한 전 지구적인 전환이 시급하게 필요하다. 이를 위해서 현재 제출된 국가별 온실가스 감축목표를 더 높이고 사회경제적 구조의 재편에 대한 인식을 높여 기후 행동을 강화해야 한다는 지적이다.

이처럼 2050년 탄소중립을 달성하기 위해 전 세계 국가 모두 상당한 노력이 필요하며, 특히 탄소배출량이 높은 주요국들의 결정적 기여가 필요하다. 2019년 기준 탄소배출량 상위 10개국은 전체 중 60% 이상을 차지하므로 이들의 탄소감축에 대한 적극적인 노력이 뒷받침되어야 탄소중립으로 나아갈 수 있다(그림 6). 우리나라 배출량은 전 세계 비중이 1.7%로 탄소배출량 상위 10개국에 포함되어 있으며 최근 연간 배출량은 증가 추세에 있는 등 탄소배출 감축을 위해 상당한 노력을 기울여야 하는 상황이다.

그림 6

### 탄소배출량 상위국(2019)



주: 화석연료 CO<sub>2</sub> 배출량, %는 전 세계 배출량 대비 해당 국가의 배출량 비중  
출처: JRC(EDGAR), 2020.

10 UNFCCC, Updated Synthesis Report on the Intended Nationally Determined Contributions, 2016. 05. 02

11 European Commission, "A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy", 2018.11.28

## EU의 2050 탄소중립 시나리오








EU는 2050년까지의 탄소중립 경로를 위해 파리협정에 부합하는 총 8가지 시나리오를 설정하여 분석했다(그림 7).<sup>11</sup> 이들 시나리오는 장기적으로 EU 온실가스 배출량의 75%를 차지하는 에너지 부문의 배출을 완전히 없애는 방향으로 나아가고자 에너지를 지속가능하고 안전한 공급원으로서의 전환함을 설정했다. 이 전환에는 에너지와 건물, 운송, 산업, 농업 분야의 기술 혁신을 확대를 포함한다.

그리고 각각의 시나리오는 탄소중립 경제로의 이동을 촉진하는 전기화(electrification)와 수소 및 수송용

탄소중립연료(e-fuels, 예컨대 power-to-X), 최종에너지 사용 효율성, 순환경제의 역할 등 탄소배출 감축에 대한 여러 기술 등을 반영했다. 또한 탄소중립을 달성하는데 있어 순환경제를 통해 다양한 기술적 솔루션의 활용과 새로운 비즈니스 모델을 육성할 수 있다는 점을 예로 들고 있으며, 부문간 협력으로 새로운 시스템과 프로세스의 확장이 요구된다고 설명했다. 시나리오에 제시된 여러 경로를 실행 가능하도록 만들기 위해선 사회적 경제적 변화가 필요하며 이를 위해 그림 7에 제시된 사항들에 대한 노력이 필요함을 강조했다(그림 8).

그림 7

### EU의 탄소중립 시나리오

장기적 전략 옵션								
	 전기화	 수소	 Power-to-X	 에너지 효율성	 순환경제	 기술 결합	 기술적인 1.5°C 달성	지속가능한 생활 유지 및 1.5°C 달성
주요 추진 요소	모든 부문의 전기화	산업, 운송, 건물에 수소 도입	산업, 운송, 건물에 e-fuels 도입	모든 부문에서 강력한 에너지 효율성 추구	자원 및 물질 효율성 향상	2°C 시나리오에서 비용 효율적인 옵션 결합	기술혼합을 기반으로 BECCS, CCS를 강화	기술혼합을 기반으로 생활환경, 변화를 포함한 순환경제
2050 GHG 목표	매물을 제외한 GHG 80% 감축 (2°C 이하 목표)				흡수 포함 GHG 90% 감축		흡수 포함 GHG 100% 감축 (1.5°C 목표)	
주요 공동 가정	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 2030년 이후 더 높은 에너지 효율</li> <li>· 지속가능하고 고급 바이오 연료의 적용</li> <li>· 완화적인 순환경제 수단</li> <li>· 디지털화</li> </ul>				<ul style="list-style-type: none"> <li>· 인프라 설치를 위한 시장 조정</li> <li>· 2°C 시나리오 중 2050년 이후에 BECCS 개발</li> <li>· 저탄소 기술을 위해 중요한 실행을 통한 학습</li> <li>· 교통 시스템 효율성의 중요한 개선</li> </ul>			
전력	전력은 대부분 2050년까지 탈탄소화된, 시스템 최적화를 통해 촉진된 RES의 강력한 적용 (수요반응, 저장소, 상호연결, 프로슈머의 역할). 원자력은 전력에서 여전히 생산되며 CCS 적용은 한계에 직면							
산업	산업공정의 전기화	목표 애플리케이션에 수소 활용	목표 애플리케이션에 e-gas 활용	에너지 효율성으로 에너지 수요 감축	더 높은 재활용률과 원자재 대체, 순환경제	목표 애플리케이션에서 "2°C 이하" 목표 중에서 가장 비용 효율적인 기술 혼합 (순환경제 제외)	강화된 기술 결합	강화된 순환경제+ 기술 결합
건물	히트 펌프 설치 증가	난방에 수소 사용	난방에 e-gas 사용	혁신율과 수준의 깊이 증가	지속 가능한 건축물			강화된 순환경제+ 기술 결합
수송	모든 교통 수단의 급격한 전기화	HDV와 일부 LDV를 위한 수소 적용	모든 수단에 E-fuels 사용	수소 유형 변화 증가	서비스형 모빌리티 (MaaS)			강화된 순환경제+ 기술 결합 항공 여행의 대체 수단
그 외 추진 요소	가스를 통한 전력망에 수소 활용		가스를 통한 전력망에 E-gas 활용		제한된 자연적 온실가스 흡수원 향상		<ul style="list-style-type: none"> <li>· 식습관 변화</li> <li>· 자연적 온실가스</li> <li>· 흡수원 강화</li> </ul>	

출처: European Commission, 2018

그림 8

## EU 시나리오 상 탄소중립 달성을 위해 필요한 노력 방향

항목	세부 내용
경제의 현대화 촉진	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 청정에너지 전환 가속화</li> <li>• 재생에너지 생산 및 에너지 효율성 증대 등</li> </ul>
사회적 인식 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 에너지 전환 과정에서 시민과 소비자의 중심적 역할을 인식하고 강화</li> <li>• 기후 영향을 줄이는 소비자의 선택을 지원</li> </ul>
운송의 저탄소화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 운송 수단의 저탄소화를 위해 커넥티비티(connectivity) 및 자동화된 도로 이동성 도입</li> <li>• 철도와 수상 운송 등 여러 방식을 촉진하여 저탄소 모드로 전환</li> <li>• 고급 기술과 연료 사용을 통해 항공과 해상운송 배출 저감</li> <li>• 현대적 모빌리티 인프라에 투자 및 도시 계획 개선의 역할에 대해 인식</li> </ul>
EU 산업 경쟁력 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 새로운 물질에 대한 의존성을 제한하는 디지털 및 순환경제에 대한 연구 및 혁신 촉진을 통해 EU 산업 경쟁력 강화</li> <li>• 대규모 혁신 기술 테스트 시작</li> <li>• 에너지 집약적 산업과 저탄소 솔루션 공급자에 대한 EU 교역조건의 영향을 모니터링</li> <li>• 저탄소 산업 유치하는 경쟁시장 보장 등</li> </ul>
지속가능성 보장	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 지속가능한 바이오 경제 촉진</li> <li>• 농업, 축산, 양식, 임업 생산의 다양화 및 생산성 증대</li> <li>• 생태계 보존 및 복원</li> <li>• 토지와 해양자원의 지속가능한 사용과 관리 보장</li> </ul>
인프라의 강화 및 기후 변화 대비	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 전기, 가스, 난방 등 스마트 디지털 및 사이버 보안 솔루션 적용을 통해 주요 산업과 에너지 클러스터 등의 통합</li> </ul>
EU글로벌 리더십 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 무탄소배출 솔루션에 대한 연구 및 혁신, 기업가 정신 촉진</li> </ul>
지속가능한 금융 및 투자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 녹색 인프라에 투자 및 좌초자산 최소화</li> </ul>
미래세대에 투자	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 10년 후의 인적 자원에 투자</li> <li>• 그린 기술 및 디지털 기술을 비롯한 미래 세대에 필요한 기술의 교육 및 훈련 시스템 제공</li> </ul>
에너지 정책과의 연계	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 경쟁력과 노동시장, 기술, 조세 등에 관한 정책을 기후 행동법(Climature Action) 및 에너지 정책에 연계</li> </ul>
공정한 전환	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EU 회원국 및 지방 정부 정책을 조정하여 전환의 과정에서 소외되는 시민이나 근로자가 없도록 공정한 전환 추구</li> </ul>
국제 협력	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 파리 협정 목표 달성을 위해 주요 선진국과 신흥국이 참여토록 노력</li> <li>• 장기 탄소배출감축 전략의 개발 및 효율적 정책 실행에 필요한 지식과 경험의 공유</li> </ul>

출처: European Commission, 2018

EU는 시나리오에서 탄소중립 달성을 위한 7가지 주요 전략적 사항들을 바탕으로 경로를 구성하였다(그림 9). 먼저 무공해 건물을 포함한 에너지 효율의 이점을 극대화하는 것이다. 주택부문 탄소배출량이 상당 부분을 차지한다는 점을 고려하면 이는 더 높은 혁신 속도와 재생에너지를 통해 난방을 하는 주택 부문의 연료 전환과 가장 효율적인 제품과 가전 제품 그리고 스마트 빌딩의 보급을 요구한다.

다음으로 재생에너지 사용과 전기 활용을 극대화하여 유럽의 에너지 공급을 완전히 탈탄소화 하는 것이다. 시나리오들은 2050년까지 산업부문의 연료 사용과 탄소중립 연료 생산 혹은 최종 사용자 수준에서 재생에너지 사용 확대를 통해 에너지 시스템의 대규모 전기화가 급격하게 이루어질 것으로 나타났다.

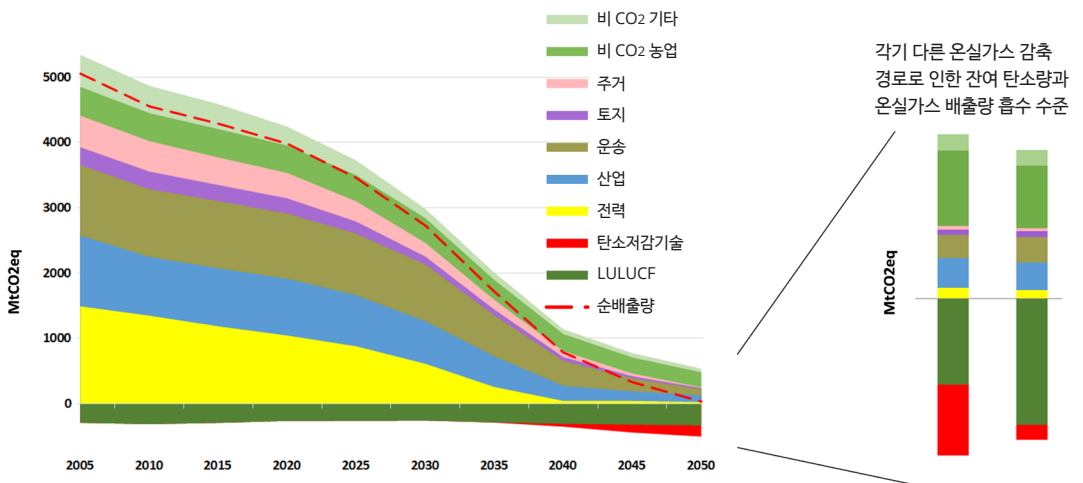
수송부문에서는 청정하고 안전한 커넥티드 모빌리티 (connected mobility)의 수용이다. EU 온실가스 배출량의 1/4을 담당하는 수송부문의 탄소를 감축하기 위해 해선 저공해 및 무공해 차량을 활용하고, 디지털화 및

데이터 공유와 상호 운영할 수 있는 표준을 기반으로 한 모빌리티 시스템을 효율적으로 구성하여 청정하게 하는 것이 중요함을 제시했다.

산업부문은 순환경제와 산업 경쟁력을 갖추으로써 탄소배출을 줄이는 것이다. 철강과 유리, 플라스틱에서 재활용률을 높임으로써 이들의 필요 에너지량을 줄이고 산업공정의 배출을 줄여야 함을 언급했다. 산업공정에서의 배출을 줄이는 탄소포집저장기술(CCS) 등을 활용할 수 있으며 수소와 바이오매스의 활용과 더불어 기술비용을 줄이고자 연구개발 및 테스트의 필요성을 강조했다.

그리고 적절한 스마트 네트워크 인프라 및 상호 연결 개발을 통해 노후 인프라 개선으로 탈탄소화 목표로 나아갈 수 있으며, 바이오 매스를 활용한 바이오 경제와 산림 등의 필수 탄소 흡수원을 만들어 농업생산에서 발생하는 탄소의 흡수가 필요하다는 점을 제시했다. 마지막으로 탄소포집및저장(CCS)을 통해 남은 탄소배출량을 저감하는 것이 필요함을 나타냈다.

그림 9  
EU 시나리오 상 탄소배출 감축 경로



주: 막대그래프는 각각 그림 1의 7번째와 8번째 시나리오에 따른 탄소배출 및 저감량을 나타냄  
출처: European Commission, 2018

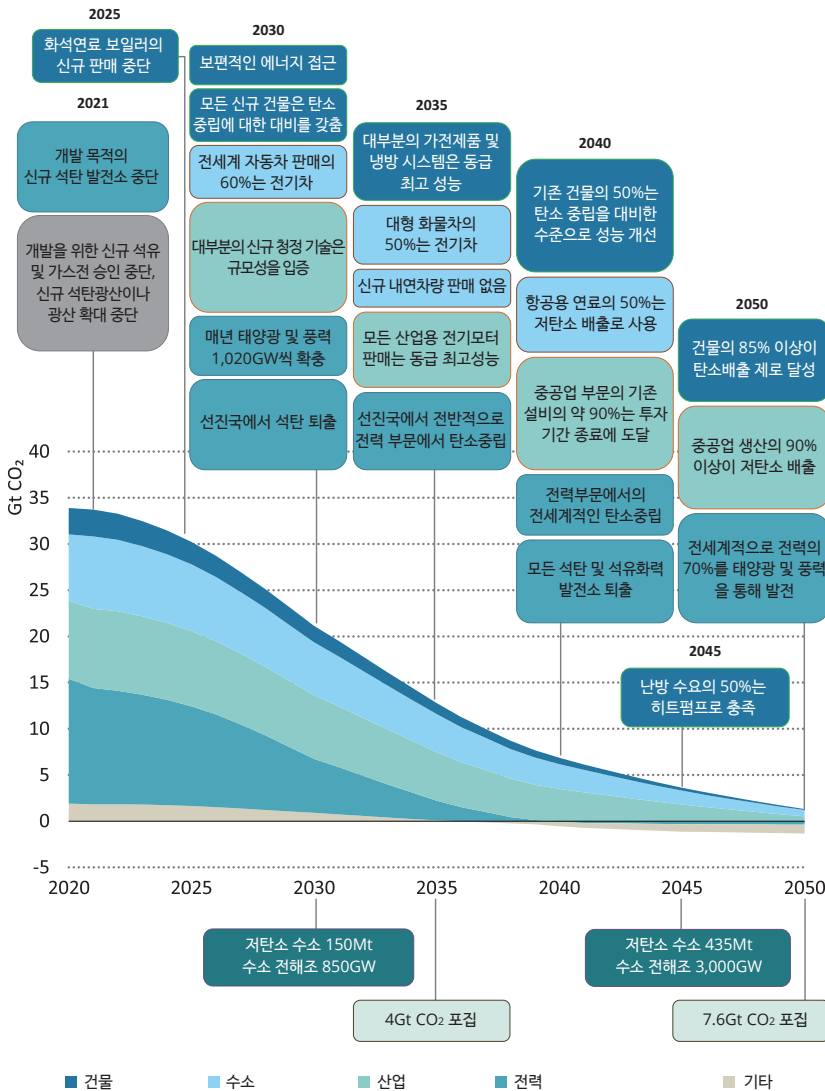


## IEA의 2050 넷제로(netzero) 로드맵

IEA는 2050년 탄소중립 달성을 위한 글로벌 로드맵을 2021년 5월에 발표했다.<sup>12</sup> 보고서는 선진국과 개발도상국 간 탄소중립 달성의 차이가 존재함을 명시하며, 개별 국가나 지역 차원에서 설정한 시나리오와 달리 글

로벌 차원의 경로이므로 IEA가 제시한 탄소중립으로의 경로가 유일한 것만이 아닌란 점도 언급했다. IEA는 보고서를 통해 2050년까지의 경로(그림 10)와 이를 달성하기 위해 중요한 사항들을 다음과 같이 제시했다(그림11).

그림 10  
IEA가 제시한 2050 탄소중립 로드맵



출처: IEA, 2021.

그림 11

로드맵 배출량 경로(단위:GtCO<sub>2</sub>)

부문별	2020	2030	2035	2040	2050
전력	13.5	5.8	2.1	-0.1	-0.4
건물	2.9	1.8	1.2	0.7	0.1
수송	7.2	5.7	4.1	2.7	0.7
산업	8.5	6.9	5.2	3.5	0.5
기타	1.9	0.9	0.1	-0.5	-1
총 배출량	33.9	21.1	12.8	6.3	0
탄소 포집량			4		7.6

주요특징

- 40 MtCO<sub>2</sub> 포집
- 총 에너지 공급량(TESS) 중 화석연료가 약 80% 차지
- 전 세계 건물 효율개선 (retrofit)을 1% 이하
- 전기차는 전 세계 자동차 판매의 5% 차지
- 감축기술없는 석탄, 천연가스, 석유가 총전력 발전량의 60% 이상 차지
- 태양광 및 풍력이 총전력 생산의 10% 차지
- 2021년부터 감축기술 없는 석탄 발전소의 신규 승인 중단
- 전기차는 전 세계 차량 판매의 60% 차지
- 저탄소 수소 150 Mt, 수소 전해조 850GW
- 태양광 및 풍력 설비 매년 1,020GW 추가
- 4GtCO<sub>2</sub> 포집
- 전기차는 대형 트럭 판매의 50% 차지
- 선진국의 전력부문 탄소 배출량은 넷제로 달성
- CCUS 적용 설비용량 또는 동시연소 수소 기반 연료 사용은 총 발전량의 6% 차지
- 내연기관 차량 신규 판매 중지
- 기존 건물의 50%는 탄소 배출이 없는 수준으로 성능개선
- 항공 연료의 50%는 저탄소 배출 연료로 사용
- 석유 수요는 2020년 수준의 50%
- 수소 전해조 설비용량 2,400GW
- 전 세계 전력 부문 탄소 배출은 넷제로 달성
- 기존 중공업 설비의 90% 정도는 투자 사이클 종료
- 중공업 생산의 90% 이상이 저탄소 배출
- 건물의 85% 이상이 무탄소배출 대비
- 저탄소 수소 520Mt
- 전 세계 전력생산 70%는 태양광 및 풍력에서 발전
- 전체 전력 생산의 90%는 재생에너지에서 생산

출처: IEA, 2021.

12 IEA Press Release, "Pathway to critical and formidable goal of net-zero emissions by 2050 is narrow but brings huge benefits, according to IEA special report", 2021.05.18

## IEA 넷제로 로드맵의 주요 특징

IEA는 2050 탄소중립 달성은 정치와 기술, 금융, 사회 회적 행태 등 모든 면에서 상당히 어려운 과제라고 밝히 면서 몇 가지 결정적인 변화를 제시했다.

우선 탄소중립 경로에 있어 화석연료 공급에 신규 투자가 필요 없다는 점이다. 탄소중립 경로에서 정책적으로 화석연료 수요의 급격한 감소를 초래하며 이는 석유 및 천연가스 생산에 대한 초점이 화석연료의 생산과 탄소 배출 감소로 완전히 전환됨을 의미한다. IEA는 석탄, 석유, 천연가스에 대한 수요가 2050년에 각각 90%, 75% 그리고 55% 감소할 것으로 전망했다.

다음으로는 전기차와 수소 전해조, 태양광이 상당히 큰 폭으로 증가해야 한다는 점을 제시한 것도 특징적이다(그림 12). 태양광 및 풍력 발전의 경우 2030년까지

매년 추가 발전용량을 태양광은 630GW, 풍력의 경우 390GW를 각각 추가해야 한다. 전기차의 경우엔 2030년까지 전체 자동차 판매의 60%에 도달해야 하며, 연간 전기차 배터리 생산량이 현재 160GWh에서 2030년까지 6,600GWh까지 확대되어야 한다고 제시한다. 이는 테슬라의 기가팩토리가 매년 20개씩 추가로 만들어져야 한다는 말과 같다.

IEA는 또한 급격한 탄소 저감 기술이 산업 현장에 적용되어야 한다는 것도 강조했다. 2030년 이후로는 매달 10개의 중공업 생산공장에 탄소포집 기술을 적용하고, 3개의 신규 수소 기반 공장이 건설되고 나아가 2GW의 수소 전해조가 산업현장에 추가되어야 한다는 경로를 내놓고 있다.

그림 12  
2030년까지 급격히 증가해야 하는 항목별 규모

	2020	2030	증가폭
태양광 및 풍력 (매년 추가 용량)	 249GW	1,023GW	4배 증가
전기차 (각 연도 판매량)	 300만 대	5,600만 대	18배 증가
수소 전해조 (각 연도 규모)	 250MW	850GW	3,000배 증가

출처: IEA, 2021.

13 Nuclear Fuel Report 2019: Global Scenarios for Demand and Supply Availability 2019-2040, World Nuclear Association, 2019. 여기서 세계원자력협회(WNA)는 2019년 중반 세계 원자력 발전용량을 398GWe로 집계하면서 표준 시나리오 상 2030년에 462GWe, 2040년까지 569GWe까지 증가할 것으로 전망한다. IEA가 제시한 경로는 대략 2030년 585GWe, 2040년 825GWe 수준을 예상하는 것이어서 WNA의 Upper Scenario(2030년 537GWe, 2040년 776GWe)을 훌쩍 넘어선다.

더불어 IEA의 시나리오에 따르면 지난 130년 동안 구축된 전 세계 전력망이 2040년까지 두 배 연장되어야 하며, 그 이후에도 2050년까지 매년 20%씩 증가해야 한다. 또 원자력의 경우 지금부터 2030년까지 발전 용량이 매년 17GWe씩 증가해야 하며 2030년 이후에는 매년 24GWe가 추가되어야 하는데, 이는 세계 원자력협회(WNA)가 예상하는 것보다 훨씬 더 강력한 전망이다.<sup>13</sup>

IEA는 이러한 목표를 달성하기 위해 필요한 투자액이 2030년까지 최근 연평균 투자액인 2.3조 달러보다 두 배 이상 늘어난 5조 달러는 되어야 한다고 주장한다. 재생에너지만 보더라도 1.3조 달러가 필요한데 이는 화석연료 공급 투자액 최고치인 2014년의 1.2조 달러보다도 더 많은 액수이다. 2030년 이전에 각종 시범 사업 포트폴리오를 완성하기 위해선 약 900억 달러의 공공투자가 필요하나, 현재 약속한 규모는 250억 달러에 불과하다.

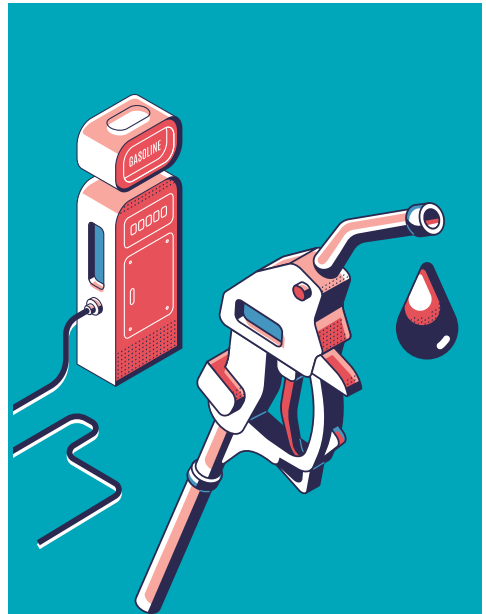
IEA의 넷제로 로드맵은 현재 탄소중립을 달성할 '핵심수단'이 없다는 점도 강조한다. IEA의 2050 목표 달성을 위해 감축해야 하는 탄소의 50% 이상은 현재는 전망으로만 제시되거나 프로토타입 수준인 기술을 통해 이루어질 것으로 예상하고 있다. 상대적으로 수소 기술을 강조하고 있는 IEA 전략은, 여기서 탄소 감축량의 55%는 CCUS로 달성하고 나머지 45%는 바이오 에너지(BECCS)를 통해 달성한다는 목표를 세운다.

IEA 역시 이 같은 원대한 탄소중립으로의 사회경제적 전환은 시민들의 지속적인 지원과 참여 없이는 달성될 수 없다고 내다봤다. 탄소중립 경로의 누적 배출 감소 55% 정도가 소비자의 전기차 구입과 에너지 효율 기술을 도입한 주택 성능 개선이나 히트펌프 설치와 같은 소비자 선택과 관련이 있는 것으로 추정했다.

IEA는 넷제로 경로상 석유와 천연가스 생산의 위축은 이를 생산하는 모든 국가와 기업에 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상했다. 전 세계 석유 공급은 석유수출국기구(OPEC)가 대부분 장악하겠지만, 원유 가격이 2035년 배럴당 35달러, 2050년에는 배럴당 24달러로 계속 낮아져 이들 나라 1인당 소득이 75% 감소할 것으로 추

정했다. 또한 석유와 천연가스 소비 국가들은 이들 제품의 소매 판매로부터의 세수가 2020년 이후 2050년까지 90% 줄어들 것으로 예상했다. 이에 따라 석유 및 천연가스 소비국들은 다른 세원 확보와 함께 공공지출 개혁이 불가피할 전망이다.

나아가 IEA는 전례 없는 정부 간 국제협력 없이는 2050년 탄소중립을 달성하기 어렵다는 점도 강조하고 있다. 각 정부간 일관성 있는 조치를 위해 상호 이익을 달성하는 방식으로 협력해야 하며, 에너지 기술 혁신을 가속화하고 국제 표준을 개발해야 한다는 것이다. 청정 기술을 확장하기 위해 국가 간 시장을 연계하는 방식으로 이루어져야 한다는 점도 명시했다. 물론 이러한 국제 협력은 서로 다른 국가의 발전 단계와 다양한 사회 상황의 차이를 반영해야 한다는 점도 언급했다.



**IEA는 넷제로 경로상 석유와 천연가스 생산의 위축은 이를 생산하는 모든 국가와 기업에 광범위한 영향을 미칠 것으로 예상했다.**





## EU와 IEA 경로의 공통점과 차이점

EU와 IEA가 제시한 2050 탄소중립 로드맵 상의 양대 시나리오는 전반적으로 탄소배출 상쇄 기술과 공정한 전환을 강조하는 면에서는 공통점이 존재하지만 다른 측면도 존재한다.

EU 시나리오는 순환경제의 도입을 통해 새로운 비즈니스를 육성하여 산업의 경쟁력을 강화하고 산업 부문의 탄소배출을 감축하는 방안을 제시했다. EU 시나리오는 지역적인 시나리오의 특성에 따라 탄소중립이라는 거대한 변화에서 역내 경쟁력을 확보하고 새로운 산업의 주도권을 잡기 위한 방향을 나타냈다는 점에서 IEA 시나리오와 차이점이 존재한다.

IEA의 로드맵은 EU 시나리오와는 달리 원자력 발전을 탄소중립 경로에서 배제하지 않았다는 특징이 있다. 2050년까지 전력 발전의 90%를 재생에너지에서 조달하지만 나머지 10%의 대부분은 원자력 발전이 차지할 것으로 예상하며, 이에 따라 원자력 발전량이 매년 증가

해야 한다고 제시했다. 이에 비해 EU는 원자력 발전량을 2050년까지 축소하는 방향으로 시나리오를 수립하여 원자력 발전에 대한 두 시나리오 간의 차이가 존재한다.

EU와 IEA의 시나리오 모두 2050년 탄소중립에 도달하기 위해선 탄소배출을 상쇄하는 기술이 필요함을 알 수 있다. 2050년에도 농업 등으로 인한 탄소배출이 존재하므로 탄소를 상쇄하는 기술을 통해 탄소중립을 달성할 수 있다는 것이다. 이에 따라 CCS 등 기존의 기술과 새로운 탄소 상쇄 기술에 대한 투자가 이루어져야 한다.

두 시나리오 보고서는 공정한 전환에 대해서 공통적으로 지적한다. EU는 역내 에너지 전환에 뒤처지는 국가나 지역 혹은 시민들이 존재하므로 이들이 배제되어서는 안 된다는 점을 강조했다. IEA의 경우 개발도상국 등 에너지 전환에 따른 비용부담으로 인해 탄소중립에 참여하지 못하는 국가에 대한 배려가 있어야 함을 명시했다.

## IRENA의 에너지전환 1.5°C 경로: 다양한 전략의 수렴

IRENA가 올해 3월 제출한 “세계에너지전환 -1.5°C 경로 예고편(World Energy Transitions Outlook: 1.5°C Pathway(Preview))” 보고서를 IPCC와 IEA 그리고 다양한 국가 전략과 비교하는 것도 중요한 시사점을 제공한다(그림 13).

주요 기구와 국가들이 제시하는 모든 로드맵과 시나리오 분석 상에서 탄소 중립의 핵심 경로는 에너지 전환이며, 그 중심에 신재생에너지 비중 확대가 있다. 재생에너지 투자 확대를 누구보다 강조하는 IRENA는 모든 전략이 수렴하는 신재생에너지 확대를 위한 첨단기술과 혁신 그리고 선제적인 정책적 대응을 강조한다.

IRENA는 1.5°C 에너지 전환 경로에서 재생에너지 발

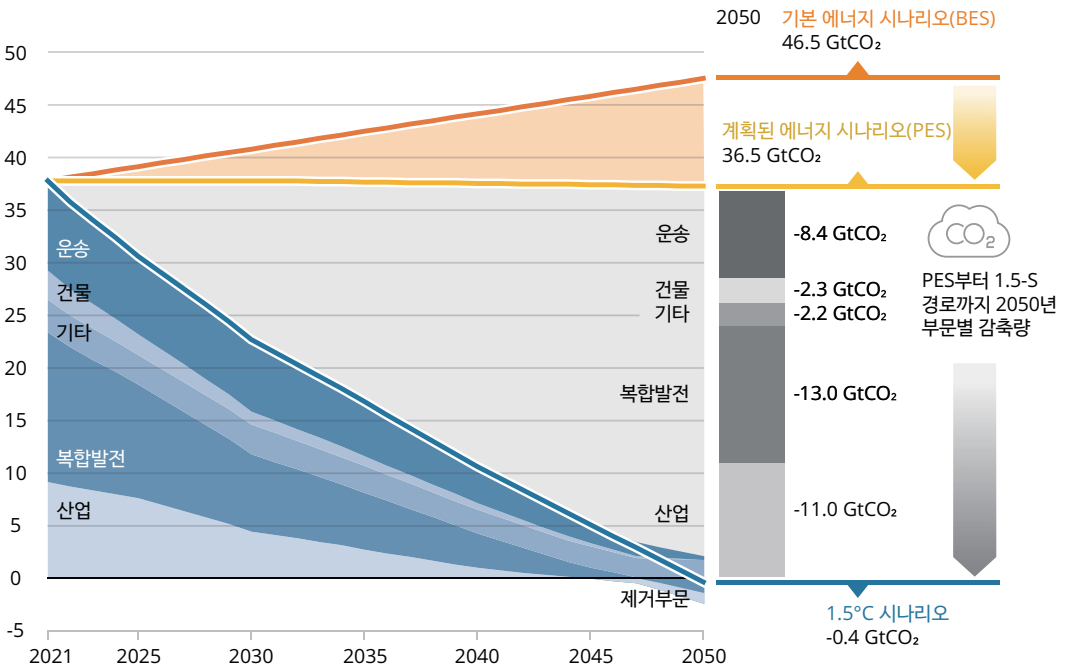
전, 녹색 수소 그리고 현대적 바이오에너지 등과 같은 검증된 기술이 지배할 것으로 보고, 에너지 전환에 대한 투자가 현재부터 2050년까지 계획된 수준보다 30% 더 늘어난 131조 달러에 이르러야 한다고 제시한다. 이는 매년 평균 4.4조 달러의 투자가 필요하다는 얘기과 같다.

이를 통해 IRENA는 2050년 재생에너지 경로의 목표를 1차 에너지의 79% 수준으로 제시한다. 이는 IEA가 제시한 67%보다 12%포인트나 높으며, IPCC의 ‘기후변화의 경제적 영향 평가 모델(Integrated Assessment Model, 이하 IAM)’이 재생에너지 비중을 50% 이하로 잡고 있는 것과 큰 차이를 보인다.

그림 13

### IRENA의 세계에너지전환 전망: 1.5°C 경로

연간 순 CO<sub>2</sub> 배출량 2021~2050(단위:GtCO<sub>2</sub>/년)



출처: World Energy Transition Outlook: 1.5°C Pathway(Preview), IRENA, 2021

특히 IRENA는 전력생산에서 재생에너지 비중을 90%로 제시하는데, 이는 IPCC의 60~80%나 IEA의 88%보다 높은 것이다. IRENA는 IPCC의 SR15 보고서가 재생에너지 신기술 발전과 생산 단가의 급격한 하락이라는 현실을 제대로 반영하지 못해 이미 낡은 것(outdated)이며, 따라서 시급하게 이러한 내용을 반영해 문헌이 갱신되어야 할 긴급한 필요성이 있다고 강조한다.

IRENA가 강조하는 것처럼, 이제까지 각각의 연구 결

과나 제시 경로에 차이가 드러나지만, 주요 전략이 결국 수렴한다는 점에 주목할 필요가 있다. 다만 바이오에너지와 CCUS의 경우 다양한 경로에서 차이가 큰데, 특히 IPCC, IEA 그리고 IRENA가 제시하는 것보다 각국 전략에서는 이들이 비중이 제한적인 것으로 나타났다. 대신 개별국가들은 토지 이용 변화나 산림을 기반으로 한 이산화탄소제거(CDR) 쪽에 보다 관대한 가정을 통해 이를 보상하는 것으로 드러났다(그림 14).

그림 14  
주요 시나리오(로드맵)의 수렴과 분산

주요 달성 경로별 목표	단위	IPCC 1.5°C	IEA 넷제로	IRENA 1.5°C	중국	미국	EU	인도	한국*
재생에너지 비중 (1차 에너지 내)	%	>50	67	79	54~68	48~76	69~97	74~77	50~80
최종에너지	엑사줄/년	300~500	344	348	64~134	44~52	12~29	44	3.68
전기차 (최종에너지 대비%)	%	N/A	49	51	52~59	48~59	58~73	46	40~80
발전 부문의 재생에너지	%	60~80	88	90	61~89	69~94	86~100	95	~90
1차 바이오매스 활용	엑사줄/년	150	102	153	6.5~22	12.2~14.7	2.1~8.1	8.9	N/A
수소 생산	Mt/년	126	528	613	35~117	69~180	11~108	46~47	15.7
탄소포집저장활용 (CCUS)	Gt/년	15	5.4	3	0~0.9	0.78~1.06	0.11~0.6	0.4	N/A
바이오에너지 CCS의 CO2 포집(CDR의 일부)	Gt/년	<6	1.2	4	0	0~0.66	0~0.51	0	N/A
2050 순배출량	GtCO2/년	-9~6	0	-0.4	0.1~1.3	-0.5~0.1	-0.9~0	1.3	0.05
기타 이산화탄소제거 (CDR)	GtCO2/년	넷제로	1.0	0.5	-0.8 or N/A	-0.84~-0.5	-0.79~0	-0.9	N/A

출처: 딜로이트 분석, IPCC SR15, IEA 2050NetZero Roadmap, IRENA World Energy Transition-1.5°C pathways, Dolf Gielen et al., "18 energy transition scenarios to watch: where they agree and disagree", EnergyPost.eu, May 21, 2021

\*우리나라 수치는 2050탄소중립 전환 시나리오: 한국형 통합평가모형 분석(2021), 제3회 에너지전환 테크포럼 자료집(2020), 한국 수소 산업 로드맵(2018) 등 참고

## 시사점

대다수 국가 전략과 국제기구의 로드맵은 재생에너지가 에너지전환에 사활적인 역할을 한다는 점을 보여준다. 또 최종 에너지에서 전기(력)화가 적게는 46%에서 많게는 73%까지 제시되고 있다는 점에서, 전기화가 그 다음으로 높은 중요성을 가진다는 공통점이 발견된다. 수소의 역할이 중요하게 부각되고 있다는 점도 주목할 필요가 있다. 토지이용이나 임업 등을 통한 이산화탄소 제거 전략에 비해 탄소포집 저장 및 활용(CCUS) 기술 전망이 불확실하기 때문에 해당 전략의 로드맵 상 역할이 제한되고 있다는 점도 눈여겨볼 필요가 있는 대목이다.

다만 로드맵과 시나리오 상의 차이는 지역별 차이와 더불어 중요한 전략 경로에 확실한 답은 없다는 점 또한 보여준다. 2030년에 비해 2050년은 아직 초기 개발 중이거나 먼 미래 기술에 따라 목표 달성의 50%가 달려있다는 IEA의 판단이 이를 극명하게 보여준다. 따라서 목표 달성을 위한 정책의 틀과 기술 진보를 이끌어 내는 혁신 전략이 중요하다. 나아가 상황의 변화나 새로운 경로

의 발견에 따라 시나리오와 로드맵을 실시간으로 수정하는 유연성이 필요해 보인다.

우리나라도 글로벌 탄소중립 로드맵의 시나리오를 참고하여 탄소배출 감축에 관한 기술이 발전하도록 정책적으로 지원하는 것이 중요할 것으로 판단된다. EU와 IEA 시나리오에서 보듯 2050년까지 에너지원을 재생에너지로 완전히 대체하는 것이 불가능하기 때문에 상당한 양의 이산화탄소를 포집해야 하는데, 이러한 기술이 발전하지 못할 경우 최종적으로 2050년까지 탄소 순배출량을 제로화하지 못하기 때문이다.

나아가 에너지 전환에 모두가 동참할 수 있도록 국제 협력을 강화하고 에너지 약자를 지원하는 정책을 고려해야 한다. 이를 위해서는 각국의 탄소중립 컨트롤타워가 에너지 부문에서의 공정한 전환에 대해 공론화 과정을 거치고 적절한 제언을 하는 것이 중요할 것으로 판단된다. 정부와 국회는 관련 정책에 이러한 제언을 적극적으로 반영하여야 할 것이다.



### Contact

연경흠 상무  
딜로이트 안진회계법인  
ESG Center  
kyeon@deloitte.com