





## 전환 부문! 2030 NDC 추가 감축과 탄소중립 기여 방안

- ❖ 일시 : 2023년 8월 17일(목) 15:30 (국회기후변화포럼 유튜브  생중계)
- ❖ 장소 : 국회의원회관 제3세미나실
- ❖ 주최 :  국회기후변화포럼  
- ❖ 주관 : 대표의원 한정애·유익동 | 연구책임의원 임종성 | (정회원) 국회의원 강선우, 고용진, 기동민, 김상희, 김영주, 김윤덕, 박병석, 박영순, 안호영, 윤재옥, 이수진(지), 이용우, 이형석, 황보승희 | (준회원) 국회의원 김성주, 김승원, 김 웅, 김한정, 남인순, 노웅래, 민홍철, 박 정, 변재일, 서범수, 설 훈, 신현영, 안병길, 양금희, 양이원영, 양정숙, 양향자, 윤재갑, 이만희, 이명수, 임이자, 조승래, 홍석준



# 진행순서

- **개회식 (15:30~15:50)** \* 사회: 이성조 포럼 사무처장
  - 국민의례 / 내빈소개
  - 개회사 : 한정애 국회의원(포럼 대표의원)
  - 환영사 : 유의동 국회의원(포럼 대표의원)
  - 인사말 : 김일중 환경정의 고문·동국대학교 명예교수(포럼 공동대표)
  - 인사말 : 임종성 국회의원(포럼 연구책임의원)
  - 축사 : 김상협 2050 탄소중립·녹색성장위원회 위원장

\* 주요인사 기념촬영
  
- **주제발표 (15:50~16:30)**
  - 전환 부문의 2030 NDC 추가 감축과 탄소중립 기여 방안 / 임재규 에너지경제연구원 선임연구위원
  - NDC 추가 감축 방안으로서 석탄발전 조기 종료 / 김주진 기후솔루션 대표
  
- **패널 (16:30~17:40)** / 좌장: 윤제용 서울대학교 교수(포럼 공동대표)
  - 이윤철 고성그린파워 부사장
  - 정우식 한국태양광산업협회 부회장
  - 손승우 한국풍력산업협회 대외협력부회장
  - 이혜진 수소융합얼라이언스 실장
  - 정은호 푸른아시아 자문위원
  - 안영환 2050 탄소중립녹색성장위원회 온실가스감축 분과위원장
  
- **질의응답 및 전체토론 (17:40~18:00)**



▶▶ 주제발표 I

# 전환 부문의 2030 NDC 추가 감축과 탄소중립 기여 방안

임재규

에너지경제연구원 선임연구위원



국회 기후변화포럼 토론회, 2023년 8월 17일(목), 국회의원회관, 제3세미나실

## 전환부문의 2030 NDC 및 탄소중립 기여 방향

임 재 규

에너지경제연구원, 선임연구위원



토론의 전제 : 2050 탄소중립을 위한 지속적 노력 경주



2030 NDC 감축목표

에너지 안보

2050 탄소중립

장기적으로 탄소중립형 경제/산업구조 및 에너지시스템 구축을 통한 기회 창출

에너지  
시스템 전환

경제/산업  
구조 혁신

기술혁신  
및 상용화

## 탄소중립 + 에너지안보 → 새로운 도전과 기회

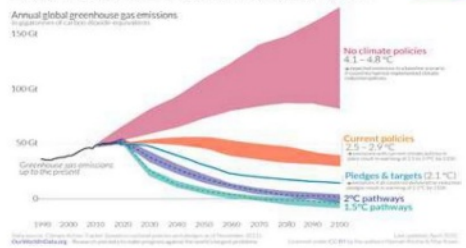
### ❖ 탄소중립의 글로벌 규범화와 글로벌 에너지공급망 불안 공존

- '30년 NDC 목표 달성 및 탄소중립 비전 구현을 위해 전세계 주요국들은 본격적인 온실가스 감축체제로 전환
- 에너지의 무기화 전략 확산 → 글로벌 에너지 공급 위기 및 가격 변동성 확대 → 에너지 수급 안정의 중요성 강조
- 탄소중립과 에너지 안보의 조화를 위해, 에너지 소비, 공급, 전달체계, 산업 등 에너지시스템 전반의 혁신 필요

### ❖ 주요국들은 탄소중립 구현과 에너지안보 강화를 위해 에너지정책 재설계 및 체제 개편 중

- 탄소중립 기조 하에 에너지 자급률 개선을 위한 원자력, 재생E, 수소 등 에너지원의 중·장기적 역할 재조명
- 국가별 여건에 따라 에너지효율 제고, 원자력 역할 확대, 재생E 보급 확대 등 적극적 에너지정책 추진으로 새로운 기회 창출 노력
- **탄소중립형 경제성장 + 혁신기술의 개발 및 상용화 + 정부지원 및 투자 대폭 확대**

【온실가스 배출과 지구온난화 시나리오】  
Global greenhouse gas emissions and warming scenarios



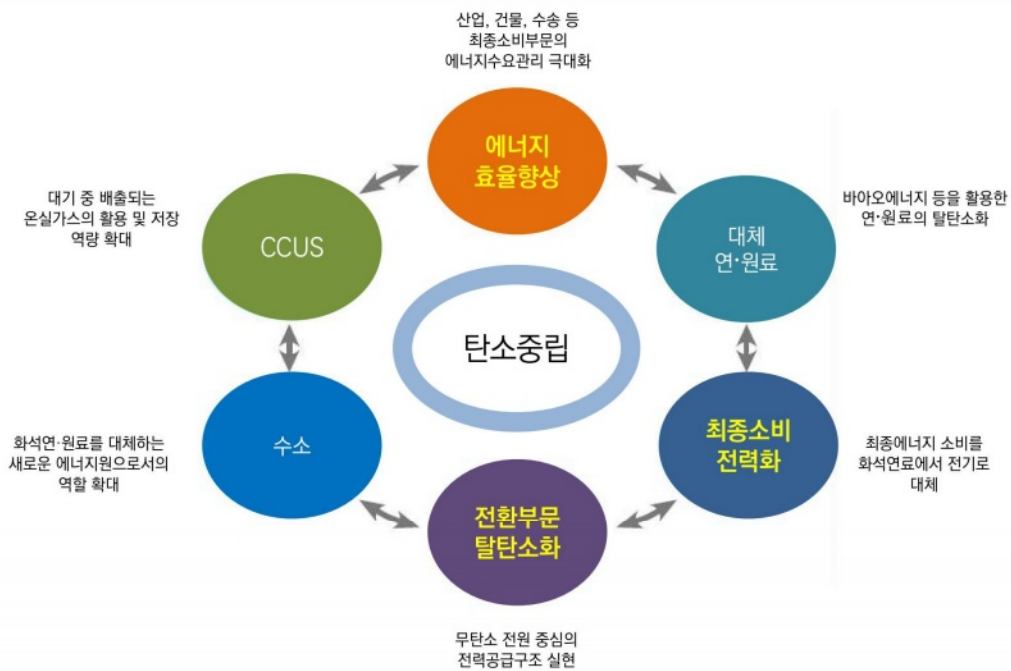
자료 : Our World in Data

【주요 에너지원별 가격 변화 추이】








자료 : IEA(2022), World Energy Review, 에너지경제연구원

## 에너지부문 탄소중립 핵심요소



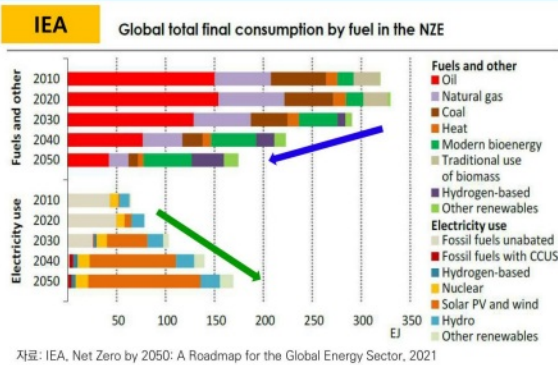


## 【참고】 주요국의 탄소중립 정책 동향

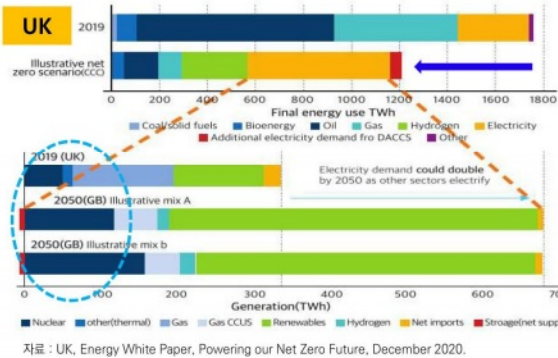
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「국내외 기후위기 대응」 행정명령(2021.1), 「미국 일자리 계획」(2021.3) 등</li> <li>○ 2030년까지 30GW 규모 신규 해상풍력 확대를 목표로 대규모 프로젝트 추진</li> <li>○ 전력망 탈탄소화, 폐유전·탄광지역 지원 등에 1,000억 달러 투입</li> <li>○ 美 에너지부는 청정에너지 부문 첨단기술을 선도하기 위해 「Energy Earthshots」 이니셔티브 출범(2021.6)</li> <li>○ 「인플레이션감축법」 전기차 보조금 대상을 미국내 생산기업에만 한정(2022-)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「유럽그린딜」(2019.12) 「Fit for 55」(2021.7) 등</li> <li>○ 탄소중립을 위해 향후 10년간 최소 1조 유로 규모의 재정 지원</li> <li>○ 공정전환 지원을 위한 사회기후기금(25~32년, 722억 유로) 조성</li> <li>○ 배출권거래제 적용대상 확대 및 기준 강화, 탄소국경조정세 도입(2026~) 추진</li> <li>○ 「RePowerEU」 에너지 소비절감, 공급망 다변화, 신재생에너지 보급 확대 등(2022.5 발표)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「넷제로 전략」(2021.10), 「녹색산업혁명 10대 계획」(2020.11) 등</li> <li>○ 발전부문 탈탄소화를 위해 200~300억 파운드 공공·민간투자 동원(~37년)</li> <li>○ 해상풍력(~2030년 40GW) 중심 재생에너지 확대, ESS 등 유연성 전원 확대</li> <li>○ 수소 생산설비 확충(~2030년 5GW)을 위해 1억 4천만 파운드 투자</li> <li>○ 에너지안보를 위해 2050년까지 최대 8기 원전 추가 건설 계획 발표(2022)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「간접 기후보호 프로그램2022」 채택(2021.6) + 기존 예산에 80억 유로 추가</li> <li>○ 해상 수전해 시스템 확대 및 국제 수소시장 구축에 6,500만 유로 투입</li> <li>○ 재생에너지 부담금 감축 등 에너지 시스템 세제의 포괄적 개혁안 마련</li> <li>○ 에너지 효율적 건물 개보수, 기후친화적 건물 신축 등에 55억 유로 지원</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 「2050 탄소중립에 따른 녹색성장전략」(2020.12), 「제6차 에너지기본계획」(2021.10)</li> <li>○ 탄소중립 기술 개발 및 도입을 위한 기금 조성(10년간 2조엔)</li> <li>○ 전국 단위의 광역연계계통 형성을 위한 마스터플랜 수립</li> <li>○ 수소 공급비용 30엔/Nm<sup>3</sup>, 암모니아 공급비용 10엔/Nm<sup>3</sup> 달성(~30년)</li> <li>○ 해상풍력, 수소, 암모니아 등 14대 산업 육성 추진</li> </ul>

5

## 글로벌 탄소중립 추진 전략 개관



- ❖ 에너지효율 향상 → 절대적 수요 감소 및 에너지시스템 탈탄소화 부담 경감
- ❖ 에너지소비의 전력화로 인해 전력의 역할 확대 (IEA, '20년 대비 2배, 최종에너지소비의 50%)
- ❖ 바이오에너지, 풍력, 수력, 지열 등 재생에너지가 '50년 총 에너지의 2/3 공급
- ❖ 발전부문의 탈탄소화를 위해 재생에너지가 전세계 전력생산 증가 주도 (IEA, '50년 전세계 발전량의 약 70% 수준)
- ❖ 재생에너지와 더불어 원자력과 수소의 역할 확대



**Saving Energy**

'30년 에너지 소비 9% 감축 의무를 13%로 확대하고, 단계적으로 소비자의 에너지 절약을 통해 에너지 소비를 5% 절감

**Producing Clean Energy**

'30년까지 80GW의 추가용량 증설, 풍력 및 태양열의 평균 배치를 20% 증가, EU 역내 1천만 톤의 수소 생산역량 및 추가 1천만 톤의 수소 수입원 확보

**Diversifying Energy Supplies**

미국, 카타르, 이집트, 아제르바이잔, 터키, 서아프리카 지역 등으로 천연가스 수입원을 다변화하며, 이를 위한 액화 LNG 터미널 등의 기반시설을 증설

**EU**

現 40%에 달하는 화력에서 천연가스 의존도를 '30년까지 0 수준으로 감축

## 우리의 2030 NDC 목표 및 2050 탄소중립 달성은 가능한가?

【 2030 NDC 부문별 온실가스 감축목표 】

구분	부문	2018 실적	2030 목표	
			기존 NDC (21.10)	수정 NDC (23.3)
<b>배출량(합계)</b>				
		727.6	436.6 (40.0%)	436.6 (40.0%)
배출	전환	269.6	149.9 (44.4%)	145.9 (45.9%) <sup>1)</sup>
	산업	260.5	222.6 (14.5%)	230.7 (11.4%)
	건물	52.1	35.0 (32.8%)	35.0 (32.8%)
	수송	98.1	61.0 (37.8%)	61.0 (37.8%)
	농축수산	24.7	18.0 (27.1%)	18.0 (27.1%)
	폐기물	17.1	9.1 (46.8%)	9.1 (46.8%)
	수소	(-)	7.6	8.4 <sup>2)</sup>
	탈루 등	5.6	3.9	3.9
	흡수 및 제거	흡수원	(-41.3)	-26.7
	CCUS	(-)	-10.3	-11.2 <sup>3)</sup>
	국제감축	(-)	-33.5	-37.5 <sup>4)</sup>

【 2050 탄소중립 시나리오의 부문별 온실가스 감축목표 】

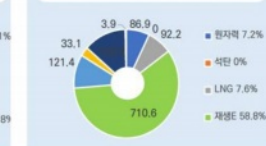
구분	부문	'18년	2050년	
			A안	B안
<b>배출량</b>				
		686.3	0	
분야별 배출	전환	269.6	0	20.7
	수송	98.1	2.8	9.2
	수소	-	0	9
	탈루	5.6	0.5	1.3
	산업	260.5	51.1	
	건물	52.1	6.2	
	농축수산	24.7	15.4	
	폐기물	17.1	4.4	
	흡수 및 제거	흡수원	-41.3	-25.3
	CCUS	-	-55.1	-84.6
	직접 공기포집	-	-	-7.4

- ◇ (필요성) 국내 온실가스 배출량 대부분(87%)이 에너지 소비과정에서 발생하므로 청정에너지로의 전환 필요
- ◇ (감축목표) ('18) 269.6 → ('30) 145.9백만톤(△45.9%)
- ◇ (핵심과제) 온실가스 감축을 위한 ①청정에너지 전환(석탄→재생e-원전), ②재생e 기반 확충 ③수요 효율화 ④전력수급체계 혁신 추진

(A안) 화석연료발전 전면 중단

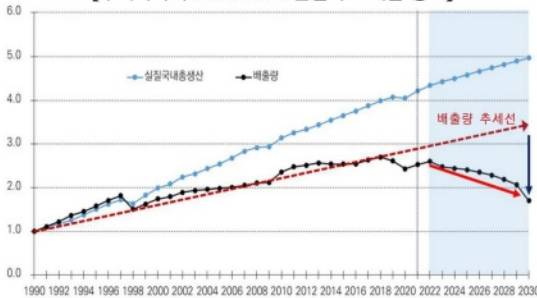


(B안) 화석연료발전 일부 유지(LNG)



## '30 NDC 목표 달성 및 '50 탄소중립을 위한 구조적 혁신

【 우리나라의 2030 NDC 온실가스 배출 경로 】



【 주요국들의 탄소중립을 위한 온실가스 배출 경로 】

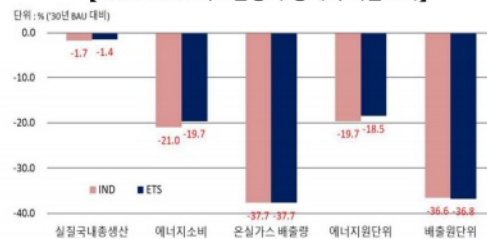


- ❖ '30년 목표달성을 위해서는 배출량을 최대한 빨리 지속적인 감소세로 전환 필수
- ❖ 제조업(에너지다소비업종) 중심의 산업구조, 화석연료 중심의 전력공급 등 구조적 취약성 극복 관건
- ❖ 향후 8년 동안 실질적인 혁신이 가능한가? 기존 에너지시스템의 혁신 방향은?
- ❖ 구조적 혁신이 동반되지 않은 온실가스 감축은 상당한 규모의 경제적 비용 유발!!

※ '23년~'30년 연평균 경제성장률 : 1.7% → 1.4~1.5%

(발표자의 CGE모형을 활용한 비공식 분석결과, 인용 불가)

【2030 NDC 목표달성의 경제적 파급효과】



## 산업부문 특히 다배출업종의 혁신적 노력 필요

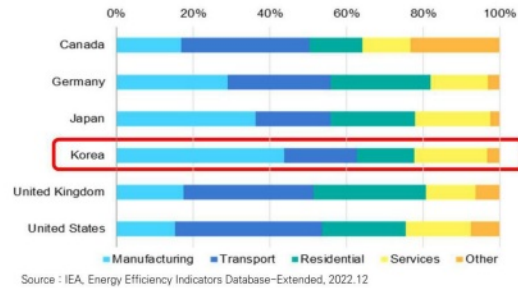
[ 부문별 온실가스 배출량 (18)]

단위 : 백만톤 CO<sub>2</sub>eq, %

부문	직접+공정배출 (A)		A + 간접배출	
	배출량	비중	배출량	비중
전환	269.6	37.0	296.6	(37.0)
산업	260.5	35.8	392.9	54.0
건물	52.1	7.2	179.2	24.6
수송	98.1	13.5	99.6	13.7
폐기물	17.1	2.3	17.1	2.3
농축수산	24.7	3.4	33.2	4.6
기타(달루, 산림)	5.6	0.8	5.6	0.8
총배출량	727.6	100.0		
흡수원	42.1			
순배출량	685.5			

자료 : GIR-한국에너지공단 종합 (2018년 기준)

Emissions share by sector, 2020



주요국 산업구조

(단위 : %)

구분	한국	EU	제조업				미국	미국	중국	일본
			화학	기계	소재	기타				
농림어업	2.2	1.6	1.6	0.7	2.0	2.5	0.5	0.8	7.4	1.2
광업	0.2	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	1.3	1.6	2.0	0.1
제조업	28.4	16.4	10.4	20.7	15.8	13.2	9.4	11.0	29.3	20.3
철강	4.1	2.0	1.2	2.6	2.4	1.7	1.1	1.0	3.2	2.6
석유화학	0.8	0.2	0.0	0.2	0.1	0.3	0.2	0.7	1.0	0.9
화학	2.9	2.4	1.6	2.4	1.5	1.8	1.5	1.8	3.5	2.0
시멘트	0.3	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.8	0.2
기타(달루, 산림)	0.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.1	0.1	0.3	0.2
제조업(소계)	8.4	5.0	3.0	5.6	4.5	4.2	2.9	3.7	8.8	5.8
전기전자	7.4	1.5	0.8	2.6	1.2	0.7	0.7	1.8	5.0	2.8
기계	3.1	2.0	0.7	3.5	2.6	1.1	0.6	0.8	3.1	3.4
수송장비	4.4	2.2	1.3	4.2	1.1	1.7	1.3	1.5	2.6	3.3
기타	5.1	5.7	4.6	4.8	6.4	5.5	3.9	3.2	9.8	5.0
전기/가스/수도	3.3	2.9	2.6	2.7	2.9	3.2	2.4	2.0	2.8	2.9
건설	5.2	5.1	5.1	4.8	4.6	5.7	5.9	4.0	6.7	5.1
서비스	60.7	73.7	60.2	71.0	74.5	75.3	80.4	80.6	51.8	70.5
총계	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

자료 : 산업연구원 IHS 주 : 2019년 부가가치 기준

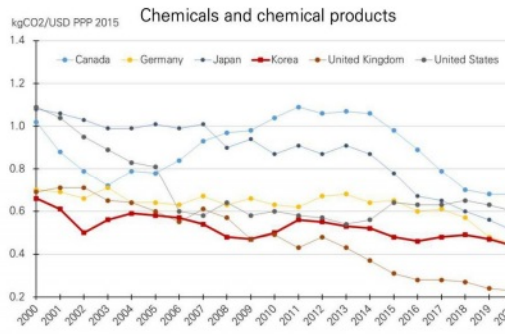
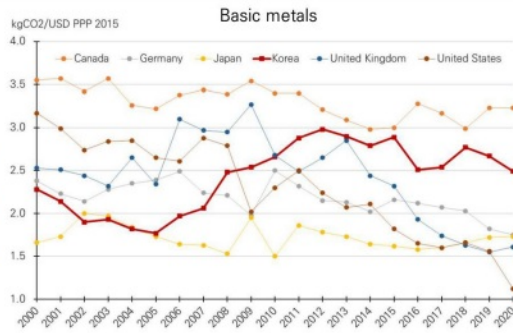
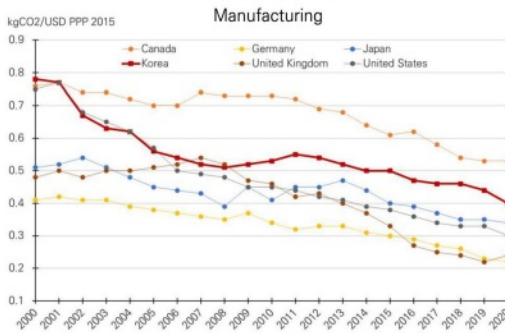
[ 산업부문 내 업종별 배출 비중 ]

단위 : %

구분	직접+공정배출	간접배출	총배출
철강	40.6	13.6	31.9
석유화학	15.8	17.5	16.4
시멘트	13.7	1.8	9.9
정유	6.0	4.9	5.6
디스플레이	1.2	7.3	3.2
반도체	1.3	9.6	3.9
자동차/조선기계	1.2	18.8	6.9
전기전자	5.1	3.6	4.6
기타	15.1	22.9	17.6
산업 부문 합계	100.0	100.0	100.0

9

## 【 참고 】 주요 업종의 배출원단위 변화



Emission Intensity (kgCO<sub>2</sub>/USD PPP 2015), 2020년

	Manufacturing	Basic metals	Non-metallic minerals	Chemicals and chemical products	Coke and refined petroleum products
Canada	0.5	3.2	0.8	0.7	1.7
France	0.2	2.0	0.8	0.3	0.9
Germany	0.2	1.8	0.8	0.5	4.0
Japan	0.3	1.7	1.1	0.5	0.5
Korea	0.4	2.5	1.2	0.4	1.6
UK	0.2	1.6	0.7	0.2	3.7
USA	0.3	1.1	0.8	0.6	1.3

Source : IEA, Energy Efficiency Indicators Database-Extended, 2022.12

10

## 제10차 전기본의 2030 NDC 관련 요지

❖ (제10차 전기본) 청정전원의 확대 및 석탄발전의 단계적 축소

- (재생E) 제9차 전기본 대비 '30년 재생에너지 비중 증가 (20.8% → 21.6%), '36년 30%대 초반까지 확대
- (원전) NDC 목표 준수, 비용효과적 전력공급을 위해 원전 비중 확대 ('30년 32.4%, '36년 34.6%)
- (석탄) '30년까지 석탄 58기 중 20기 폐지 ('36년까지 28기 폐지)
- (LNG) 22.9%('30년) → 9.3%('36년)로 발전비중 급격한 축소, 장기 천연가스 수급 불확실성 확대

【 제9차 전기본, NDC 상황안('21), 제10차 전기본('22) 전원믹스 비교, 2030년 】



\* 무탄소 발전 반영 : (9차) 미반영, (NDC 상황안) 암모니아, (10차) 수소+암모니아

❖ (2030 NDC) 전환부문 감축목표 상향 조정 ('30년 배출량 149.9백만톤 → 145.9백만톤, '18년 대비 44.4% → 45.9%)

- 태양광, 수소 등 청정에너지 확대로, 제10차 전기본 대비 온실가스 추가 감축 (차기 계획에서 국내여건 반영 조정)

⇒ 전환부문의 향후 온실가스 감축 현황 및 여건을 반영한 조정

⇒ 화석연료(석탄·LNG) 발전량 축소에 상응하는 청정전원의 추가 확대 실현가능성 관련

## 탄소중립 추진 과정에서의 『전력화』에 주목!

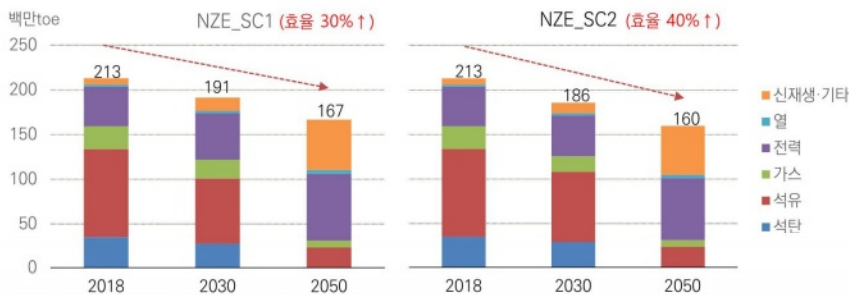
❖ 전통 화석에너지(석탄, 석유, 도시가스)역할 대폭 축소

- 최종에너지 내 화석에너지비중 : 74.8%('18) → 64~68%대('30) → 18~19%대('50)

❖ 에너지소비의 전력화로 인한 전력수요 지속적 확대 예상

- 최종에너지 전력 비중 : 20.7%('18) → 25~27%대('30) → 44~45%대('50) \* CCUS, 그린수소 생산에 소요되는 전력수요 미반영

❖ 신재생·기타(수소 포함)의 비중은 '18년 3.3%대에서 '50년 30% 이상 전망



\* 비공식 분석결과로서, 수치 인용 또는 활용 불가

에너지효율 혁신 및 소비 절감 성과 도출로 에너지수급구조 변화 충격 최소화

## 글로벌 에너지소비의 전력화는 빠르게 진행 중



“미국 캘리포니아의 2045년 탄소중립 추진 전략”

자료: 서던 캘리포니아 에디슨 (2021), 캘리포니아 주정부 - Path 2045 (2020), 한전경영연구원 (2021)

“내연기관 자동차 판매 금지”

2025	노르웨이, 네델란드
2030	오스트리아, 슬로베니아, 미국(워싱턴), 독일, 덴마크, 아이슬란드, 스웨덴, 아일랜드, 영국, 인도, 싱가포르
2035	EU, 미국(캘리포니아, 매사추세츠, 뉴욕), 캐나다, 칠레
2050	코스타리카, 뉴질랜드, 미국(코네티컷, 메릴랜드, 뉴저지, 오리건, 로드아일랜드, 버몬트)

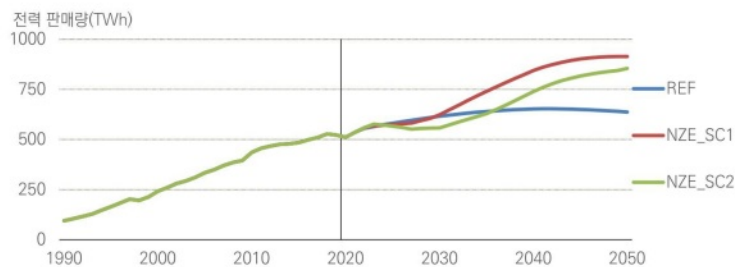
주: 영국('35년에서 '30년으로 앞당김), 아일랜드(등록 금지)  
 자료: IEA(2022), World Energy Outlook 2022 및 국가별 자료 종합

## 향후 예상보다 높은 전력수요 증가세 대비 필요

❖ 제10차 전기본 등에서 예측한 전력(목표)수요보다 높은 전력수요 증가세 가능성 존재

- 판매량 전망: ('18) 527.9 TWh → ('30) 558~624 TWh → ('50) 855~915 TWh  
 발전량 → (607~678) (929~995)

※ CCUS, 그린수소 생산에 소요되는 전력수요 미반영 ※ 제10차 전기본(2023.3)의 '30년 전력(목표)수요: 572.8 TWh



※ 비공식 분석결과로서, 수치 인용 또는 활용 불가

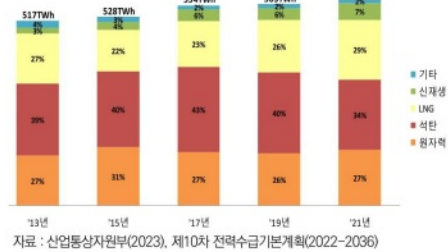
- ❖ 최종에너지 소비의 전력화는 직접 배출량 감축 효과가 있으나, 에너지(전력) 수급에 부담 초래
- ❖ 차기 전기본에서는 부문별 전력화 규모를 체계적으로 반영한 목표수요와 전원믹스 설정 기대

## 특정 에너지를 배제하는 전원믹스는 불합리

### ❖ 전력화로 인한 전력수요의 지속적 확대 대비, 가용자원을 최대한 활용하는 전략 필요

- 실현가능성을 합리적으로 반영해, 재생E, 원자력, 그린수소 등의 역할에 대한 신축성 부여
- 무탄소 전원인 재생E와 원전의 향후 국내 역할 확대 여건(주민수용성 등)을 체계적으로 반영한 조화로운 전원믹스 구성 전략으로 합리성 확보
- 국내 산업 및 수급 등을 반영한 화석연료 발전의 단계적 축소 & 질서있는 전환 기반 구축

【우리나라의 전력공급 변화: 발전량 비중】



### ❖ 장기적으로 기존 중앙집중형 전력공급시스템의 한계 어떻게 극복하느냐가 관건 → 실질적인 논의 개시 필요

- 앞으로 증가하는 전력수요를 위해 대규모 전력공급시설의 추가 건설이 실제 가능할 것인가?
- 분산형 전력수급시스템의 구축을 위한 실질적인 노력이 부족한 이유는 무엇인가?
- 기존의 전력산업구조로 실질적인 분산형 시스템의 구현은 가능한가?
- 구조적 혁신을 위한 지속적이고 건설적인 논의 필요

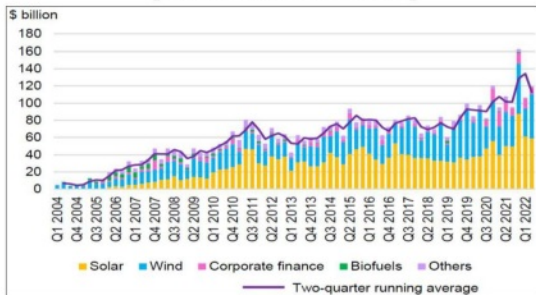
【기존의 에너지 시스템과 분산에너지 시스템 비교】

	기존의 에너지 시스템	미래의 분산에너지 시스템
기본 방향	· 대규모 발전소 기반의 집중형 발전 · 원거리 해안가 발전 → 수도권 내 소비	· 소규모 발전소 중심의 분산형 발전 · 지역 내에서 에너지 생산·소비 가능
인프라 (전력망)	· 선형 위주의 전국적 네트워크 · 일방향적 전력 계통체계 · 발전사업자 → 송배전사업자 → 소비자	· 면적 위주의 마이크로그리드 · 프로슈머형 전력플랫폼 기반의 양방향 계통체계
전력 거래	· 규모의 경제에 기반한 효율성 위주의 전력시장 · 변동성 재생에너지 급전 어려움	· 자가소비, 수요지 인근 거래가 중심 · 재생에너지 입찰제도, 실시간 시장 등으로 재생에너지 관리 강화
에너지 구분	· 중앙 정부 주도의 중앙집중형 전력 체계 구축	· 중앙정부와 지방정부간 협업 + 적극적인 주민 참여 체계

자료 : 산업통상자원부(2021), 분산에너지 활성화 추진전략

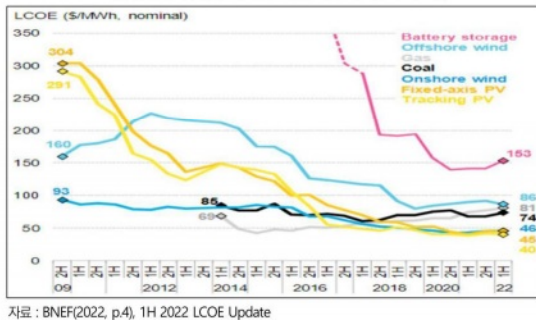
## 무탄소전원으로서 재생에너지의 핵심 역할 필요

【글로벌 재생에너지 신규 투자 추이】

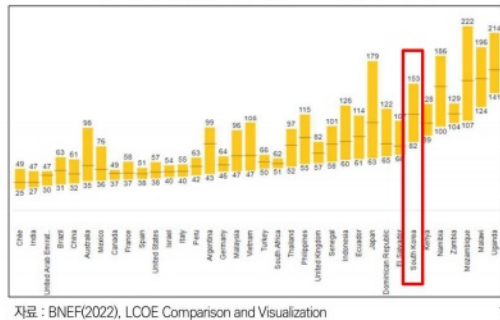


- 녹색경제 선점을 위한 글로벌 재생E 투자 지속적 확대
- 글로벌 시장에서 태양광과 풍력이 신규 대용량 발전설비에서 가장 낮은 LCOE 기록
- 국내 LCOE는 세계평균(\$43/MWh) 대비 2.7(태양광) ~ 3배(육상풍력) 높은 수준
- 국내는 RPS 공급의무량 달성을 위해 소규모 태양광과 바이오에너지를 중심으로 보급 증가 (대규모 프로젝트 실적 저조)
- 보급의 편중성, 주민수용성, 산업경쟁력 약화, 법제도의 한계점 등 다양한 문제점 극복 여부 관건

【발전원별 균등화발전비용(LCOE) 변화 추이】



【고정식 태양광 LCOE(\$/MWh, 명목) 비교】



## 재생에너지 확대를 위한 구조적 혁신



- ❖ 재생에너지 공급 확대를 위한 지역사회 수용성 제고
  - 다양한 이익공유체계 구축으로 지역주민 참여를 활성화할 수 있는 제도적 기반 마련
  - 재생에너지 보급과 지역사회의 공생방안 마련
  - 재생에너지 프로젝트를 통한 장기적 지역 일자리 창출과 지역경제 활성화 전략 도출

대규모 재생에너지 프로젝트 개발 및 추진

인·허가 규제 합리화  
전력 산업·시장 혁신  
기반 조성

- ❖ 전력계통 선제적 확충 및 유연한 운영
  - 재생에너지 확대에 따른 계통 부담 조래: 계통안정성 확보 필요
  - 재생에너지 적기 연계를 위한 선제적 전력 인프라(송배전망 등) 구축
  - 전력계통 안정성 강화를 위한 전력계통운영 혁신
    - 계통 유연자원(대규모 ESS 등) 적기 확보
    - 송배전 재생에너지 통합 관제(예측) 체계 구축

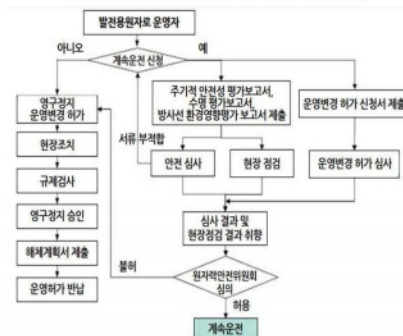
## 탄소중립을 위한 원자력과 재생E의 동행



- ❖ 탄소중립을 위한 무탄소전원, 에너지안보 강화 수단으로서 원자력은 불가피한 선택지
- ❖ 탄소중립을 위한 국내 원자력의 향후 역할
  - 기존 저저부하용 석탄발전 대체
  - 재생에너지 확대에 따른 전력시스템의 불안정성 극복을 위한 대안
  - 높은 기술수준 기반으로 에너지부문의 수출산업화 수단 (새정부 에너지정책 방향 : 원전 10기 수출 및 범정부 지원체계 구축)
- ❖ 원자력 활용을 위한 전제조건 및 검토사항
  - 원전 안전성 관련 국민적 공감대 형성 및 확보
    - 기존원전 부실시공 문제 처리 여부
    - 기존원전 계속운전 관련 안전성 확보 여부
  - 명확한 사용후 핵연료 관리대책 수립 및 추진
    - 수용성에 기반한 영구처분 부지 확보



【원전 계속운전 승인 절차, 원자력안전법】



## 구조적 혁신을 통한 에너지시스템의 지속가능성 확보

### ❖ 외부충격을 견뎌낼 수 있는 강건한(Robust) 시스템으로 재설계(Re-Design)

- 해외의존형 에너지공급체계 및 산업구조의 한계 극복 관건
- 온실가스 감축비용은 향후 산업/국가 경쟁력을 결정하는 핵심요소 → 국가경제와 에너지시스템 전반에 영향 유발
- 에너지(전력) 효율 제고와 소비의 탈탄소화를 위해 에너지 수요관리 최우선 강화

### ❖ 실질적인 분산형 에너지수급시스템으로의 과감한 전환 및 혁신

- 기존의 중앙집중형 공급구조로는 2030 NDC 및 탄소중립 경로 접근 가능성이 극히 낮음

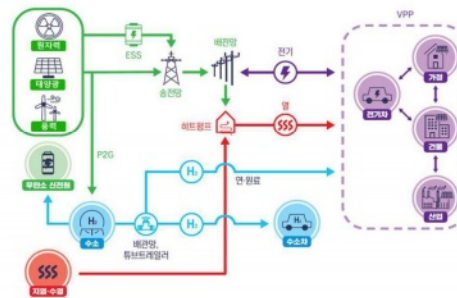
### ❖ 정치와 이념 그리고 기득권에서 과감한 독립

- 에너지·기후변화 대응 정책의 불확실성을 최소화시키는 정부의 역할 중요
- 기업의 과감한 온실가스 감축 투자와 국민의 행동변화 유도

【탄소중립형 경제/에너지 시스템 구축 방향】



【무탄소에너지 기반 양방향·분산형 에너지시스템】



## 미래를 위한 선제적·건설적 논의 체계 구축

### ❖ 에너지/기후변화정책은 이제 통상, 산업 및 경제안보의 영역과 긴밀한 연계 및 범위 확대

- 자국의 경제안보, 에너지안보, 탄소중립 등을 위해 발빠르게 움직이는 주요 선진국들 주시
- 탈탄소 경제체편의 주도권 확보와 자국 산업보호를 위한 보호무역주의 확산
- 정치와 이념에 매몰된 소모적인 참모전은 시대착오적 행태

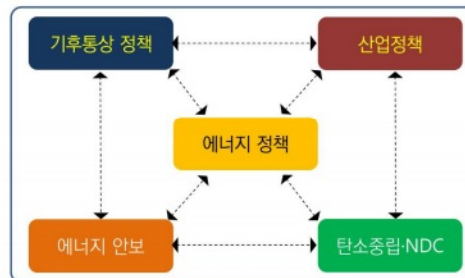
### ❖ 에너지·통상·산업의 연계성과 상호작용을 체계적으로 반영한 미래지향적 접근 및 건설적 논의 필요

- 급변하는 기후통상 여건과 국내·외 에너지정책은 향후 국내 산업계의 글로벌 비즈니스 환경에 지대한 파급효과 초래
- 기후통상 여건의 변화(CBAM, RE100, ESG 등)는 특정 분야 및 업종이 아닌 국가경제 및 산업 전반에 걸쳐 파급효과를 유발하는 잠재력 내포
- 에너지, 산업, 금융, 통상, 환경, 법제, 국토 등을 망라한 다학제적 접근 및 건설적 논의에 기초한 중장기 대응전략 수립 및 추진 필요

【EU의 Fit-for-55 패키지 주요 정책수단】



자료 : Bruegel(2021.7)





감사합니다

임재규  
jklim@keei.re.kr





▶▶ 주제발표 II



# NDC 추가 감축 방안으로서 석탄발전 조기 종료



김 주 진  
기후솔루션 대표



# 파리협정에 부합하는 탈석탄 및 자산정리 방안

**SFO°C**  
Solutions for Our Climate

일 시 2023년 8월 17  
발 표 (사)기후솔루션 대표 김주진

Copyright © 2023 SFOC Inc - All rights reserved.

## 질문 I 전기와 철강/반도체의 차이

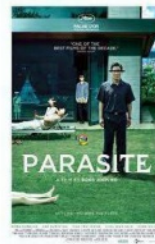


**SFO°C**  
Solutions for Our Climate

## 질문 II

대한민국의 경제질서는 [     ] 질서?

**헌법 제119조 ① 대한민국의  
경제질서는 개인과 기업의 경제상의  
자유와 창의를 존중함을 기본으로 한다.**



SFO'C  
Solutions for Our Climate

## 우리 발전부문의 한 모습



2021 BIXPO 한국전력공사 및 발전자회사의 탄소중립 비전 선포식(21.11.10.)



제1차 에너지공기업 기술혁신 협의회(22.12.22.)



2050 탄소중립을 위한 전력공기업 간담회(21.06.10.)



국내 가스터빈 산업 활성화를 위한 업무협약(20.09.23.)



에너지 공공기관간 연구개발 업무협력 양해각서 체결식(15.12.09.)

## 재생에너지, 화석연료(석탄,가스)와 원자력 발전의 투자 비중

World Energy Investment 2022 (국제에너지기구, IEA)



SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 1. 발전부문에서의 2050 탄소중립

SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 발전부문에서의 2050 탄소중립

미국 메릴랜드 대학(Univ. of Maryland)의 2023년 6월 통합평가모형 연구



### 10차 전력수급기본계획 및 탄소중립로드맵은 1.5도 시나리오 달성목표와 부합하지 않다.

연구에 의하면, 1.5도 시나리오에 부합하기 위해서:

- 2030년 까지 무탄소 전력 비중이 67%에 이르러야 하고,
- 2030년까지 재생에너지 설치량이 100 GW에 달해야 하고,
- **2035년까지 석탄발전을 종료해야 함**



## 2030년 발전 믹스

미국 메릴랜드 대학(Univ. of Maryland)의 2023년 6월 통합평가모형 연구

Table 1. Share of Electricity Generation in 2030 Korea.

Category	Korea's 10th Basic Energy Plan <sup>6</sup>	GCAM Global CO <sub>2</sub> NZ2040
<b>Total low-carbon (TWh)</b>	335.8	446.1
Share of total (%)	54.0%	67.0%
<b>Renewables (TWh)</b>	134.1	301.7
Share of total (%)	21.6%	45.3%
<b>Nuclear (TWh)</b>	201.7	144.4
Share of total (%)	32.4%	21.7%

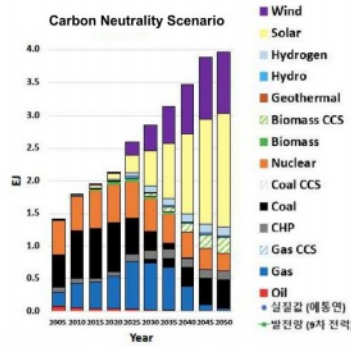




## 발전부문에서의 탄소중립

2050탄소중립전환시나리오 - 한국형통합평가모형 분석(KAIST와 기후솔루션, 2021)

NZ2050	2020	2030	2040	2050
	Ratio(%)	Ratio(%)	Ratio(%)	Ratio(%)
Oil	1.9%	0.8%	0.1%	0.0%
Gas	23.8%	26.2%	7.9%	1.3%
Gas CCS	0.0%	2.8%	10.9%	12.6%
CHP	2.4%	2.0%	1.0%	0.8%
Coal	36.3%	8.9%	0.1%	0.0%
Nuclear	27.2%	17.7%	10.3%	6.3%
Biomass	1.8%	1.4%	0.1%	0.0%
Biomass CCS	0.0%	1.4%	4.7%	6.9%
Hydro	0.8%	0.7%	0.7%	0.8%
Solar	4.2%	22.8%	40.7%	47.1%
Wind	1.6%	15.2%	23.5%	24.2%
Total Generation (GCAM)	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%



2030년에 태양광과 풍력의 비중이 약 40%일 필요성

SFOC  
Solutions for Our Climate

## 전력수급기본계획 - 대형발전원을 위한 제도

전력수급기본계획에 근거해 건설된 재생에너지 발전소를 봤는가?

< 발전원별 설비용량 변화(정격용량 기준) >

	'22년	'36년	비고
원전	24.7GW	31.7GW(+7)	· 원전 계속운전 및 신규원전 반영
석탄	38.1GW	27.1GW(-11)	· '36년까지 노후석탄 28기 폐지(現 58기)
LNG	41.3GW	64.6GW(+23.3)	· 신규 LNG 및 노후석탄 LNG 전환 반영
신재생	29.2GW	108.3GW(+79.1)	· 현실적 보급전망 반영

[ED칼럼] 전력수급계획, 이제는 대안을 찾자

에너지저널 | webmaster@energyjournal.co.kr | © 승인 2023.08.31 08:25 | 댓글 0

| 이창호 / 가천대학교 에너지시스템융합학과 교수(경제학박사)

우리나라는 30년 넘게 정부 주관하에 전력수급계획을 수립하고 있다. 2000년대 들어 이름이 바뀌었지만, 내용이나 원리는 거의 같다. 전력수급계획은 수립 시 대다 논쟁도 있었고, 오래전부터 계획 무용론도 제기되고 있다.

그러나 전기사업법이 바뀌면 오히려 여지껏 자부한 직업이 반박되고 있다. 금년 1월 10차계획이 해를 남겨 발표되었다. 예년 같으면 내년쯤이나 시작될 11차 계획이 올해 안에 수립된다고 한다. 하기에 그동안 1년씩 건너뛴 해도 몇번 있었으나, 1년을 단간다고 크게 문제될 것은 없다. 다만, 이렇게 계획수립을 서두르는 배경이 궁금하기는 하다.



< 전원별 발전량 비중 전망 (단위: TWh) >

		원자력	석탄	LNG	신재생*	수소	기타	계
					암모니아			
'18년	발전량	133.5	239.0	152.9	35.6	-	9.7	570.7
	비중	23.4%	41.9%	26.8%	6.2%	-	1.7%	100%
'30년	발전량	201.7	122.5	142.4	134.1	13.0	8.1	621.8
	비중	32.4%	19.7%	22.9%	21.6%	2.1%	1.3%	100%
'36년	발전량	230.7	95.9	62.3	204.4	47.4	26.6	667.3
	비중	34.6%	14.4%	9.3%	30.6%	7.1%	4.0%	100%

\* 태양광-풍력 출력제어 후 발전량 비중(출력제어 전 '30년 22.1%, '36년 33.0%)

SFOC  
Solutions for Our Climate

## 참고 – 10차 전력수급기본계획 상 가스발전소를 짓게 되면 그 이용률은? 수급계획에 의해 건설된 발전소에 대해서 누가 재무적 책임을 지는가?

가스발전 Gas Power	2021년	2030년	2036년	비고 (2021 vs 2036)
발전량 power generation (TWh)	168.4	142.4	62.3	▽ 63%
설비용량 power capacity (GW)	41.2	58.6	64.6	△ 57%
이용률 Capacity Rate (%)	44.9	29.4 *	15.8 *	▽ 65%

전력수급기본계획은 사실상 대형발전원의 인허가 패스트트랙 제도

SFO°C  
Solutions for Our Climate

### Wind and solar have taken off across the world

Wind and solar as a percentage share of electricity generation in 2021 (else 2020).

EMBER



Source: Ember's Global Electricity Review 2022. • 100 countries with the biggest electricity demand are displayed.

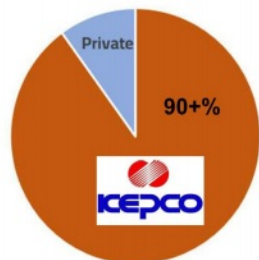
SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 2. 우리나라에서 재생에너지가 안 되는 이유

SFO°C  
Solutions for Our Climate

### 재생에너지가 잘 안 되는 이유 I

불공정한 전력시장 규제 / 전력의 유통구조



석탄



태양광 / 풍력

- RE100은 한국전력에게 석탄/원자력 발전소를 종료하라는 요청과 유사
- 한국전력에게 사실상 계통에 대한 접근 여부와 접근 시 보상을 정할 수 있는 권한(혹은 그 결정을 위한 정보에 대한 독점)이 있다면?
- 한전 자회사 발전소와 민간기업 재생에너지 사이의 불공정경쟁

SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 재생에너지 구입제도에 대한 기업의 불만

우리 정부는 산업계를 위한 정부인가?

### 대한상의 “PPA 전용요금제 기업 경쟁력 훼손, 철회 또는 개선해야”

발행일 : 2023-03-02 07:25 | 지면 : 2023-03-03 | 8면

재생에너지 발전사업자와 직접구매계약(PPA)을 맺은 기업에 적용하는 전기요금제를 개선해야 한다는 지적이 나왔다.

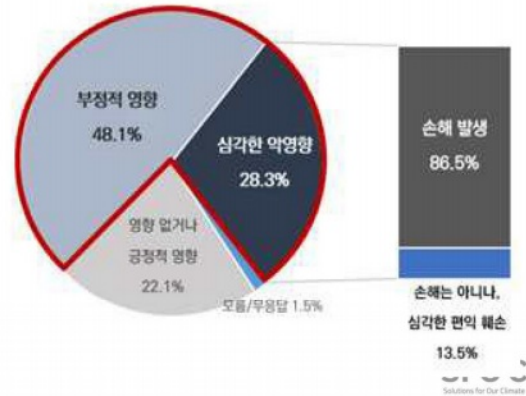
<PPA전용 전기요금과 기존 전기요금 증감률 비교>

요금제	PPA전용 전기요금(A)	산업용 전기요금(B)	증감(A-B)
기본요금(원/kWh)	9.960	6.630	+3.350(▲50.5%)
시간대별 사용요금(원/kWh)	경부하	94.9	+0.21(▲0.2%)
	중간부하	127.1	-13.1(▼9.3%)
	최대부하	179.4	-17.0(▼6.7%)

※일반용-산업용(용)요금 : 고압(선대) 겨울철 요금 기준

<자료:대한상의>

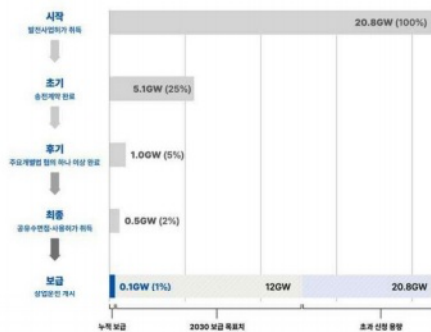
제조업체 10곳 중 7곳, PPA요금제가 악영향 미쳐 ...'영향 심각'기업은 100억원 이상 요금인상 경우도 발생



## 재생에너지가 잘 안 되는 이유 II

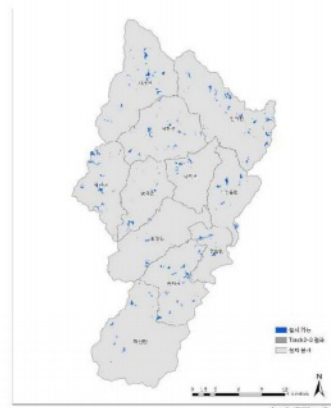
재생에너지 사업 인허가에 대한 중앙정부 리더쉽/권한 부족

최근 10년 간 인허가를 완료한 해상풍력사업은 발전사업허가를 취득한 사업 중 2%에 불과



<그림 3> 인허가 단계별 진행 해상풍력 사업 및 보급 용량(2022. 09. 기준)  
출처: 한국에너지, 환경영향평가정보시스템, 한국전력

기초 지방자치단체 조례에 의한 이격거리 규제로 사실상 태양광 입지 불가



SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 우리 정부는 대형발전소와 제철소, 석유화학공장처럼 재생에너지 발전소를 지원하고 있는가?



SFO°C  
Solutions for Our Climate

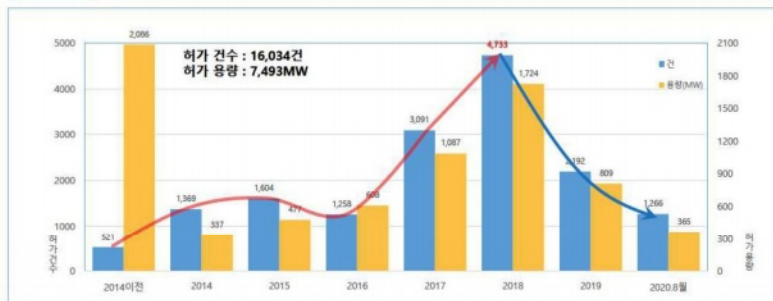
## 사실 박근혜 정부가 태양광 발전사업의 챔피언

### II. 충남 에너지 및 발전사업 현황(3)



#### 허가 현황

- ✓ 증가 : '16년 1,258건 → '17년 3,091건(146% ↑) → '18년 4,733건(53% ↑)
- ✓ 감소 : '18년 4,733건 → '19년 2,192건(54% ↓) → '20년 8월 1,266건(42% ↓)



발전사업 허가 건수\_5

출처: 충남도청 발표자료(2020)

SFO°C  
Solutions for Our Climate

### 3. 보상이 석탄발전 조기폐쇄의 걸림돌은 아니다



#### 노후석탄가동중단 계획 (환경부, 2017.09.26자 미세먼지종합대책)

현존 석탄발전 가동중단계획 대부분은 박근혜 정부 때 수립

호기	용량 (MW)	당초 가동종료 계획 (박근혜 정부)	종합대책상 종료계획
서천 1호기	200	2018. 9 (출처: 제7차 전력수급기본계획)	2017. 7.
서천 2호기	200		
삼천포 1호기	560	2020. 12.	2019. 12.
삼천포 2호기	560		
호남 1호기	250	2021. 1.	2021. 1.
호남 2호기	250		
보령 1호기	500	2025. 12.	2022. 5.
보령 2호기	500		
영동 1호기	125	2017. 4. 가동종료 (출처: 전력거래소)	2017. 7. 바이오매스발전기로 전환해 재가동 (출처: 연합뉴스)
영동 2호기	200	2020. 9.	2019. 1.
<b>용량합계</b>	<b>3,345</b>		

문재인 정부의 미세먼지 대책 중 "노후석탄가동중단 계획" 은 박근혜 정부가 이미 수립한 노후석탄 가동중단계획을 몇 달, 길어야 2년 가량 앞당긴 것에 불과



## 금융은 석탄발전자산을 조기폐쇄하는 방법 – 해외 사례

지역	전환 방식	금융 유형	특징
독일	2038년 탈석탄 목표로 기간별 퇴출 용량 규정.	보상	보상금 상한선내 발전시간 최저가 경매 경쟁 참여가 저조할 경우 보상 없이 강제폐쇄
미국	저리 증권 발행 통해 신규 재생에너지 사업, 정의로운 전환 자금 마련	대환	뉴멕시코, 콜로라도 주 등에서 시행 중이며, 인플레이션 감축법으로 인해 활성화 기대
남아프리카 공화국	석탄 조기폐쇄 및 국영 전력기업 Eskom의 재무위기 구제를 위한 금융	양허성 차관, 기금 등	Just Energy Transition Partnership (JET-P) 사례 인도네시아, 베트남, 인도, 세네갈로 확장 계획
아시아 개발은행	조기폐쇄 목적으로 지분을 인수/대출 제공 후 재생에너지 사업 확대	혼합금융	아시아개발은행(ADB) 등 공적 금융기관이 투자 기획하고 민간재원 동원 필리핀, 인도네시아, 베트남 시범사업 추진

SFOC  
Solutions for Our Climate

## 우리나라 탈석탄을 위한 자산정리 규모 산출



### - 연구 목적

- 자발적인 조기폐쇄가 어려운 자산의 정리비용 산출
- 정부 및 이해관계자에게 가이드라인 제시 및 논의 촉발

SFOC  
Solutions for Our Climate

## 전환금융 투입 범위

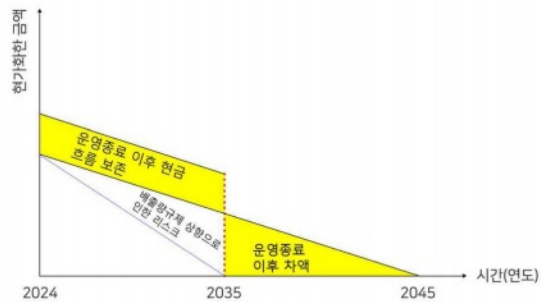
발전소명	발전회사	조기	용량(MW)	가동시작
영동화력	한국남동발전(주)	5	870	2014
영동화력	한국남동발전(주)	6	870	2014
당진화력	한국동서발전(주)	9	1020	2016
당진화력	한국동서발전(주)	10	1020	2016
상적그린파워	한국남부발전(주)	1	1000	2016
여수화력	한국남동발전(주)	1	340	2016
태안화력	한국서부발전(주)	9	1050	2016
북평화력	(주)지이스통해전력	1	595	2017
북평화력	(주)지이스통해전력	2	595	2017
상적그린파워	한국남부발전(주)	2	1000	2017
신보령화력	한국중부발전(주)	1	1000	2017
신보령화력	한국중부발전(주)	2	1000	2017
태안화력	한국서부발전(주)	10	1050	2017
고성하이	고성그린파워(주)	1	1040	2021
고성하이	고성그린파워(주)	2	1040	2021
신서전	한국중부발전(주)	1	1000	2021
강릉안인	강릉에코파워(주)	1	1040	2022
강릉안인	강릉에코파워(주)	2	1040	2023
상적블루파워	상적블루파워(주)	1	1050	2023
상적블루파워	상적블루파워(주)	2	1050	2024

- 2030/2035년에 가동중단 할 경우 회수하지 못하는 현금흐름을 산정
- 보수적으로 산정한 석탄발전소 회사채 상환완료 기간은 약 20년 미만임.
- 2030년에 수명이 20년 이상에 도달하는 노후 석탄발전소들은 검토 대상에서 제외됨.
- 2030년에 연식이 20년 미만인 모든 석탄발전기 20기(총 18.7GW)가 분석 대상임.

SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 배출량 규제와 최근 평균 계통한계가격(SMP)를 바탕으로 발전기별 현금흐름 산출

- 배출량 시나리오 3안
  - 현 정책 (NDC상향안 +2050 탄소중립)
  - 2035 탈석탄
  - 2030 탈석탄



SFO°C  
Solutions for Our Climate



## 석탄발전자산 전환 비용은 비싸지 않음

[석탄발전 조기폐쇄 비용]

구분	발전소	2035년 탈석탄 비용	2030년 탈석탄 비용
가동 중*	영동 5, 6호기	-	-
	삼척그린파워 1, 2호기	-	-
	당진 9, 10호기	5,532	10,472
	태안 9, 10호기	-	-
	신보령 1, 2호기	-	3,951
	여수 1호기	-	-
	신서천 1호기	-	3,397
	고성하이 1, 2호기	-	10,956
	북평화력 1, 2호기	-	-
	강릉안인 1, 2호기	-	12,375
건설 중	삼척화력 1, 2호기	12,797	24,794
	합계	18,329	65,945

단위: 억원

\*2030년을 기점으로 연식이 20년 이상에 도달하는 노후 발전기 제외

- 2035년까지 모든 석탄발전소 폐쇄 시 보상 필요 금액은 약 1.8조원 (기대수익 산정방식, 발전대금 및 환경규제 강도에 따라 차이)
- 2030년까지 폐쇄 시 보상은 총 6.6조원

SFO°C  
Solutions for Our Climate

## 마무리

공정성을 우선시하는, 기업의 편에 서는 정부가 필요

- 1.5도 시나리오를 지키기 위해서는
  - 최소 2035년 탈석탄
  - 재생에너지 40% 이상
- 우리나라에서 재생에너지 증가가 더딘 것은 기술적, 자연적 한계 때문이 아니라, 다음과 같은 제도적 문제 때문임
  - 전력유통 구조의 불공정성
  - 잘못된 인허가 제도
- 한국전력의 수십조원 적자와 비교하면, 석탄발전 조기폐쇄의 걸림돌은 폐쇄 대상에 대한 금전적 보상 문제는 아닌 것으로 보임
  - 오히려 우리나라의 가장 낙후된 산업을 어떻게 변화시킬 것인지 그 비전과 판단이 중요

SFO°C  
Solutions for Our Climate



# 패널

- | 이윤철 고성그린파워 부사장
- | 정우식 한국태양광산업협회 부회장
- | 손승우 한국풍력산업협회 대외협력부회장
- | 이혜진 수소융합얼라이언스 실장
- | 정은호 푸른아시아 자문위원
- | 안영환 2050 탄소중립녹색성장위원회 온실가스감축 분과위원장



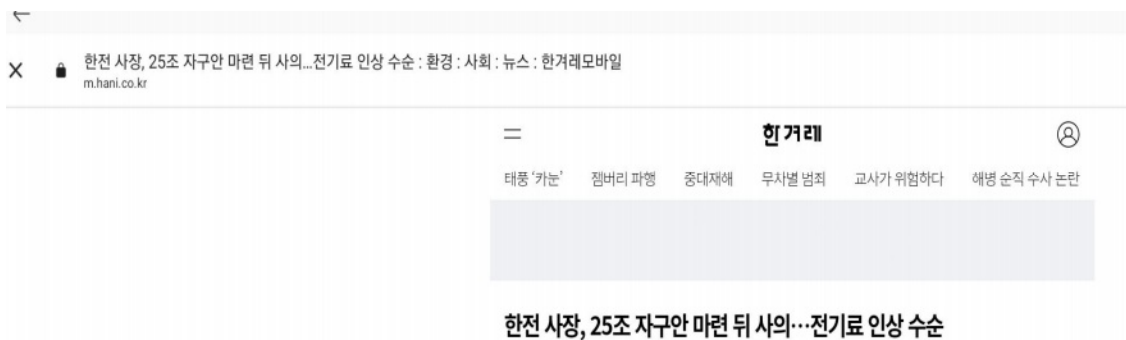
## 2030 NDC 목표 및 2050 Net Zero 목표 달성을 위하여

저출산·고령화라는 인구구조 악화에 따른 연금고갈, 신냉전 등 국가 간 이슈에 따른 공급망, 핵무기로 부터 안전한 독립 국가로서 생존 등 다양한 문제 해결 방안들과 Alignment되는 탈탄소 계획을 수립해야 효율적으로 목표를 달성 할 수 있을 것임. 국회가 리드하여 통합논의 기구 구성·운영을 제안함

### 1. 전 국민에게 배고플 수 있음을 설득해야 함

□ '22년 기준 석탄발전을 LNG로 대체 시 **약14조원/년**의 LNG구입비 등 비용이 더 필요함.

→ 약28원/kWh 인상요인 (8원/kWh 오르면 한전매출 약 4조 증가)



→ F35A 스텔스기 **매년 약 140대** 구입 가능한 금액 ('22년 40대 배치)

→ '23년도 국방예산 약57조원인데 여기서 매년 약14조원을 줄일 수는 없을 것임.

我生然後 炭素中立

□ '22년 기준 LNG 발전량을 수소발전으로 대체 시 **약16조원/년**의 비용이 더 필요함.

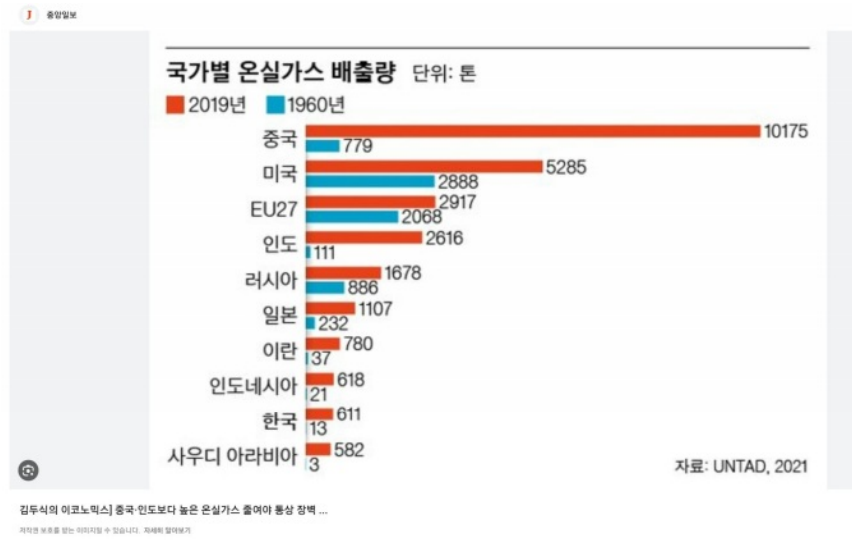
(수소 발전단가 약 300원/kWh(5\$/kg), LNG 연료비단가 195원/kWh, 1\$=1,2000원 적용)

## 2. '배 아픔을 참아야 함'을 설득해야 함.

### 재생에너지 확대와 화석연료 및 탄소배출량 감축 합의 실패(7.28)

G20 '에너지장관'에 이어 '환경장관' 회의에서 합의 도출 안돼  
(산유국인 사우디아라비아와 러시아를 포함해 중국, 남아공, 인도네시아 반대)

### 국가별 배출량



### 우리의 NDC 목표와 감축기간은 무리하지 않은가?

2021년 9월의 마지막 업데이트에서 NDC(국가별 기여금)는 파리 협정에 따라 기후 변화를 해결하기 위해 국가에서 약속한 것입니다. 중요한 온실 가스 배출국이자 주요 글로벌 플레이어인 중국과 인도는 각자의 NDC를 발표했습니다. 간략한 요약은 다음과 같습니다.

**중국:**

- CO<sub>2</sub> 최대배출량:** 2030년 전후로 이산화탄소 배출량이 정점에 도달하는 것을 목표로 조기에 정점을 찍도록 노력합니다.
- Carbon Intensity:** 2030년까지 GDP 단위당 CO<sub>2</sub>배출량을 2005년 대비 60~65% 저감한다.
- 비화석연료:** 2030년까지 1차 에너지 소비에서 비화석연료의 비중을 약 20%로 늘린다.
- 임업:** 2030년까지 2005년 수준에서 약 45억 입방미터의 산림 축적량을 증가시킨다.

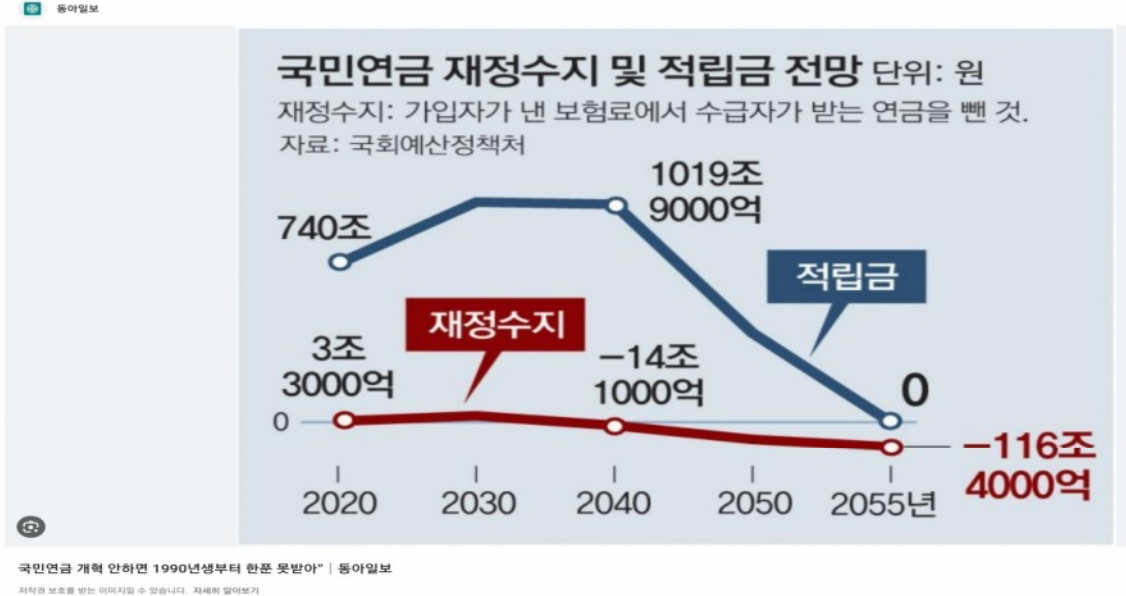
**인도:**

- 배출 원단위:** 2030년까지 GDP 배출량 원단위를 2005년 대비 33~35% 감축하는 것을 목표로 함.
- 비화석연료:** 2030년까지 비화석연료 전기의 비중을 40%로 높인다.
- 임업:** 2030년까지 삼림 및 수목을 추가하여 25억 ~ 30억 톤의 CO<sub>2</sub>에 해당하는 추가 탄소 흡수원을 만듭니다.
- 기술:** 역량 구축 및 연구 개발에 대한 투자를 포함하여 인도에서 보다 깨끗하고 효율적인 기술 및 인프라를 촉진합니다.

NDC는 주기적으로 업데이트되며 국가는 목표를 수정하고 강화할 수 있습니다. 따라서 두 국가에 대한 최신 NDC 목표를 얻으려면 공식 UNFCCC 웹 사이트 또는 각 정부 웹 사이트를 참조할 수 있습니다.

### 3. 국가의 다른 주요 이슈들과의 상관관계 속에서 문제를 해결해야 함

저출산·고령화라는 인구구조 악화에 따른 연금고갈 등 미래의 문제



탄소중립녹색성장 기본법, NDC 목표를 계속 Update 합시다.

○ **연관된 여러 종류의 국가기본계획들이 NDC 목표 때문에 현실을 반영하지 못한다면 눈에 보이지 않는 비용이 증가하게 될 것입니다.**

- 에너지기본계획, 전력수급기본계획, 천연가스 수급계획, 송전망계획 등

### 구멍 난 나라 살림... 상반기만 83조 적자

올 적자 전망보다 벌써 25조 초과  
 나라 살림을 보여주는 관리재정수지가 올 상반기 83조원 적자를 기록했다. 경기 하강으로 세금이 예상보다 덜 걷히면서 당초 정부가 예상한 올해 적자 전망치(58조2000억원)보다 적자폭이 25조원 가까이 늘어났다. ▶관련기사 A5면

10일 기획재정부가 발표한 '재정동향 8월호'에 따르면 올해 1~6월 관리재정수지는 83조원 적자로 집계됐다. 이 기간 정부 총지출은 351조7000억원으로 전년 동기 대비 57조7000억원 줄었다. 코로나19 대응 사업과 소상공인 손실 보상이 종료되면서 지출이 감소했다. 하지만 정부 총수입도 상반기 296조2000억원에 그쳐 전년 동기보다 38조2000억원 줄었다. 국세 수입이 178조5000억원으로 39조7000억원 감소한 영향이 크다.

총수입에서 총지출을 뺀 통합재정수지는 6월 말 기준 55조4000억원 적자였다. 통합재정수지에서 국민연금 등 4대 사회보장성 기금 수지를 차감해 정부의 실질적 재정 상태를 보여주는 관리재정수지는 83조원 적자였다. 특히 지난 6월 한 달 동안에만 관리재정수지 적자가 30조5000억원 늘어났다. 기재부는 "통상 2분기에는 주요 세입이 적어 관리재정수지 적자폭이 연중 가장 크게 나타난다"며 하반기에는 적자폭이 줄 수 있다고 밝혔다.

6월 말 기준 국가채무(중앙정부 채무)는 1083조4000억원으로 전월보다 5조3000억원 감소했다. 작년 말 대비로는 49조9000억원 늘었다. 강경민/박상용 기자

- √ 2030 NDC 목표를 달성하고 싶습니다.
- √ 2030 NDC 목표는 달성 할 수 있습니까? (감축량, 감축기간)
- √ 2030 NDC 목표를 달성 할 수 있습니다. Jamboree는 나름 수습했다하지만.....

(별첨)

### 2022년 전력거래량

	구분	GWh	비율
원자력	Nuclear Power	167,513	30%
<b>석탄</b>	Coal	185,907	<b>34%</b>
<b>LNG</b>	LNG	159,614	<b>29%</b>
유류	Oil	1,320	0%
양수	PSH	3,706	1%
신재생	Renewable	31,350	6%
기타	Others	1,965	0%
합계	Total	<b>551,376</b>	.



## 불가불행(不可不行), 가필행(可必行)

### □ EU 코페르니쿠스 기후변화서비스 발표(8.8)

23년 7월 세계 평균기온 16.95도로 2019년 종전 기록보다 0.33도 높고, 산업화 이전보다 1.5도 더 높음.

1991~202년 평균보다 0.7도 더 더움.

세계 해수온도는 30년 전보다 0.5도 더 높고, 북대서양은 평균보다 1.05도 더 높음.

남극대륙 빙하규모 사상 최저치. 같은 시기 평균보다 15% 작음.

### □ 백낙천과 도림선사의 대화(칠불통계(七佛通戒))

백 : 불교 가르침의 핵심이 무엇입니까?

도 : 모든 악을 짓지 말고 온갖 선을 힘써 행하라(諸惡莫作 衆善奉行)

백 : 세 살짜리 아기도 그건 알겠습니다.

도 : 세 살짜리 아기도 말은 할 수 있으나, 팔십이 된 노인도 행하기는 어렵다.

### □ 원칙과 기준, 그리고 실천

**하지 말아야 할 것은 하지 말고, 해야 할 것은 반드시 하는** 정부·기업·국민 돼야

#### ○ 정부

##### 불가불행(不可不行)

- 석탄 발전소, 가스 발전소 새로 짓거나 용량을 늘리거나 사용 기간 연장하는 것
- 재생에너지 축소하는 것
- 레드수소, 그레이수소, 블루수소 생산하는 것
- 원자력 늘리는 것

##### 가필행(可必行)

- 분명하고 강력하고 구체적인 탄소중립화 제도 마련 및 정책 수립
- \* 탈석탄, 추가, 감원
- \* 전환·산업·건물·수송·농축수산에 대한 신재생 의무화제도 도입

- 재생에너지 컨트롤타워 구축
- 공무원 탄소중립화 교육
- 재생에너지 산업 육성, 지원(한국판 IRA 시행)
- RE100 환경 조성
- 계통망 보강, 혁신
- 이격거리 규제 폐지
- 전력구조 개편
- 전력요금 현실화
- 전기위원회 독립
- 전력거래 활성화
- 정의로운 전환 및 에너지 불평등 해소

## ○ 기업

### 불가불행(不可不行)

- 환경파괴 행위
- 화력발전 개발, 증가, 투자 행위
- 그린워싱 행위

### 가필행(可必行)

- 탈석탄, 축가, 감원
- RE100 선언
- ESG 경영
- 탈탄소 기술 혁신
- 탄소중립화 선도

## ○ 국민

### 불가불행(不可不行)

- 화석연료 사용, 환경파괴 기업에 대한 투자 행위
- 탄소중립화 제대로 하지 않은 정부, 정치인을 지지하는 행위

### 가필행(可必行)

- 플라스틱 제로운동 동참
- 일회용품 안쓰기운동 동참
- 재생에너지 기업에 투자하기
- 탈탄소 앞장서는 정치인, 정부 적극 밀어주기

## 해상풍력 시장 확대와 산업 육성의 균형 있는 추진으로 NDC/탄소중립 및 에너지안보 달성

(사)한국풍력산업협회 대외협력부회장 손승우

2030 NDC 및 2050 탄소중립 달성을 위해 재생에너지 확대가 필수적이며, 재생에너지원 중 대규모 보급이 가능한 해상풍력의 확대가 정부 목표 달성을 위해 매우 중요하다는 것은 이제 전 산업계가 공감하는 상식이 되었습니다.

이는 정부의 재생에너지 보급 목표를 통해서도 확인 가능한데, 정부는 현재 7% 수준인 재생에너지의 발전량 비중을 2030년까지 21.6%, 2036년까지 30.6% 수준으로 끌어올리는 목표를 수립했으며, 이를 위해 풍력을 크게 확대해 나가는 계획을 공표했습니다. 이러한 대규모 보급은 좁은 국토와 삼면이 바다인 국내 실정을 고려했을 때, 오직 해상풍력을 통해서만 가능합니다.

- 풍력 보급 현황: 1.8GW (2022년말 기준)
- 정부 풍력 보급 목표: 2030년까지 19GW, 2036년까지 34GW

또한 이러한 정부의 보급 목표 달성을 위해 어떠한 부분들이 개선되어야 하는지 업계에 많은 건강한 논의가 진행되고 있는 것은 매우 고무적인 부분이라고 생각합니다. 이러한 부분들이 하나, 둘 실행 되어서 국내에도 해상풍력 시장이 조속히 열려기를 진심으로 기원합니다.

그러나, 보급 목표 달성이라는 기치 하에 시장 확대에만 몰두하여 그 근본인 기술은 해외에 의존하고, 국내산업 육성을 등한시 하는 우를 범해서는 안된다는 점을 지적하고 싶습니다. 이는 중장기적 에너지안보 확립 차원에서도 매우 중요한 부분입니다.

풍력은 단순히 단지를 건설하는 데에서 끝나는 것이 아니라 단지를 운영하는 20년간 지속적인 유지보수를 하는 과정이 굉장히 중요한 분야입니다. 따라서 공급되는 제품, 기술들을 해외에 의존하게 된다면 에너지안보 측면에서 문제가 될 수 있다는 의미가 됩니다. 원활한 유지보수에 어려움이 있을 수 있으며, 자국 산업을 가지고 있는 국가 대비 과도한 비용이 단지의 건설·운영에 소요될 수 있습니다.

즉, NDC 및 탄소중립 달성을 위한 재생에너지 보급 확대에 발맞춰 관련 기술의 자립을 이뤄내야만 탄소중립과 에너지안보라는 두 마리 토끼를 모두 잡을 수 있다는 말이 됩니다.

국내산업은 하부구조물과 해저케이블 등에서는 세계적인 경쟁력을 확보했지만, 풍력발전단지의 핵심이라고 할 수 있는 풍력터빈 분야는 국내시장 지연으로 좀처럼 성장의 기회를 잡지 못하고 있는 상황입니다.

많은 Track Record와 대량 생산체계를 통한 가격경쟁력을 확보한 해외 기술을 선호하는 시장 분위기에서 어렵게 명맥을 이어온 풍력터빈 분야의 국내 중소 부품 업체들은 모두 고사의 위기에 처해있습니다.

그러나, 제조 분야의 역량이 뛰어난 우리나라의 기술력을 감안하면, 다소간의 기회만 주어진다면 풍력터빈 분야 또한 해외와의 격차는 근시간 내 극복이 가능할 것이며, 나아가 새로운 수출산업으로 성장하여 탄소중립 및 에너지안보를 넘어 국가 차원의 새로운 성장동력이 될 수 있는 분야입니다.

이를 위해 국가 차원의 국내산업 육성 노력이 필요하며, 그 방안으로써 한국형 표준모델 개발 및 실증·시범단지의 조성 확대를 제안 드립니다.

터빈 제조사만의 R&D가 아닌 관련 소재·부품업체 및 운송·설치 인프라 분야를 모두 포괄하고, 사용자인 발전사까지 참여하여 상호간 Requirement를 반영한 한국형 표준모델을 개발하고, 개발된 제품이 즉시 대규모로 상용화될 수 있도록 실증·시범단지를 조성하여 설치·운영되도록 할 필요가 있습니다.

이렇게 되면 개발과 동시에 대규모 Track Record 확보가 가능하며, 대량 생산체계 구축을 통해 해외사 수준의 가격경쟁력을 갖출 수 있게 됩니다. 기술 자립을 통한 에너지안보 확립은 말할 것도 없으며, 실적과 가격을 확보한 제품·기술로 해외시장에 Team Korea가 동반진출하는 것 또한 가능해질 것입니다.

이는 실제 우리나라가 그간 타 발전산업 분야에서 많은 성공사례를 만들어 온 사업모델로, 국가 차원의 훌륭한 레슨들을 잘 계승해 나갈 필요가 있습니다.

사실 대규모 실증·시범단지과 연계한 R&D의 필요성은 제조사뿐만 아니라 사업자 측에서도 공감대가 있는 상황입니다. 하지만 현재 우리나라는 그 누구도 공동R&D 및 개발품 상용화를 위한 실증·시범단지 조성을 쉽사리 이행하기가 어렵습니다. 이를 뒷받침 할 수 있는 법과 제도가 미비한 상태이기 때문입니다. 풍력에서도 이러한 R&D 체계가 조속히 활성화될 수 있도록 법과 제도를 정비해 나갈 필요가 있겠습니다.

또한, 해상풍력은 타 발전원 대비 단지 조성으로 인한 고용창출 효과가 매우 큰 발전원으로 알려져 있습니다. 한 해외의 보고서(NREL, JEDI Report)에 따르면 해상풍력 단지 건설 시, Local Contents 비율에 따라 많게는 MW당 30 ~ 40명의 고용창출 효과가 있는 것으로 분석하고 있습니다. 정부 목표에 따라 2030년까지 약 17GW 규모의 풍력발전단지를 추가 건설한다고 가정했을 시, 이를 만약 100% 국내역량으로 수행한다면 건설단계에서만 68만명의 고용창출 효과를 기대할 수 있다는 산술적인 계산이 나옵니다. 건설 후 20년 간의 운영 단계에서 지속적으로 발생할 고용창출 또한 간과해선 안될 것입니다.

물론 당장에 모든 것을 우리 힘만으로 한다는 것은 불가능할 것입니다. 그렇지만 이러한 기회를 국내산업이 실적이 부족하다는 이유로 해외에 내어주게 된다면 우리 바다에서 조성할 해상풍력단지로 발생할 과실 또한 해외에서 따먹게 될 것입니다. 점진적으로 국내산업의 Portion을 키워갈 수 있도록 국가 차원이 지원이 필요한 또 다른 이유입니다.

그만큼 해상풍력 산업육성은 탄소중립과 에너지안보 확립을 위한 필수 요소일 뿐만 아니라 우리에게 새로운 기회가 될 수 있는 분야입니다. 지금이야말로 눈앞에 다가온 기회를 놓치는 우를 범하지 않도록 정부와 산학연이 합심하여 매진해야 할 때입니다.

저희 한국풍력산업협회 또한 앞장서서 최선을 다해 뛰도록 하겠습니다.

감사합니다.

### 발표1: 전환 부문의 2030 NDC 추가 감축과 탄소중립 기여 방안

□ 청정수소 및 암모니아가 전환부문에서 기여할 수 있는 역할은 크게 3가지로 볼 수 있음

- ① 수소는 장주기 대용량 저장장치이며 동시에 부하추종이 가능한 유연성자원으로써 재생에너지와 상호보완적 관계로 필수불가결한 전원임
- ② 수소는 교역이 가능한 유일한 저탄소 에너지자원으로, 재생에너지 자원이 풍부한 국가로부터 물과 바람, 태양광을 공급받는 수단임에 따라 국내생산 대비 저가 도입 및 기존 그리드망을 활용하여 안정적 공급 가능
- ③ 연료전지발전기술로 기존의 디젤발전기를 대체하는 백업전원으로 활용이 가능하며 독립형 그리드로도 활용 가능

□ 탄소중립에 앞장서며, 재생에너지를 공격적으로 확대중인 주요국은 필연적으로 대규모 수소발전 도입을 추진중에 있으며, 저렴한 가격으로 자국내 또는 수입을 통해 수소를 조달할 수 있도록 지원을 구체화하고 있음

- 독일은 민관이 협력하여 H2GLOBAL이라는 양면경매제도를 도입하여 도입가-판매가 차액을 보전하는 동시에, EU 집행위와 수소발전 25GW 신규설비 건설계획에 따른 보조금 지원방안을 구체화하고 있으며, '35년 100% 수소전소를 목표로하고 있음
- 미국은 IRA 지원정책을 통해 수소생산단가를 \$1이하로 낮추고, 에너지저장시스템 역할을 할 때에는 추가 설비보조금을 지급하여 발전분야에서 경쟁력을 확보할 수 있도록 하는 한편, 뉴욕주, 오하이오주, 유타주에서 수백MW급 혼소발전을 추진중에 있음

□ 수소와 암모니아 연료가 전환부문에 주는 긍정적인 기능에 대한 검토를 기반으로 수소암모니아 생태계가 규모의 경제효과를 창출하여 선순환 구조를 형성해나갈 수 있도록 지원체계 마련 필요

- 전력 부문에서 저탄소 연료의 가치는 시스템 상황과 지역 조건에 따라 다르며, 아시아지역의 경우, 수소암모니아연료 활용성이 더욱 높은 것으로 평가받고 있음
- 온실가스 저감 외, 에너지시스템 전체비용의 저감효과와 유연성자원의 특성 등 수소암모니아연료의 전력시스템 내 기여도를 충분히 고려한 정책지원 필요
- 전력 부문 대량의 저탄소 수소와 암모니아 수요로부터 규모의 경제 효과와 기술 개선 기회를 확보하여 수송 및 산업 부문에서의 안정적 도입 기반을 제시하면서 저렴한 저탄소 공급망 구축에 선순환 마련도 가능

## 발표2: NDC 추가 감축 방안으로서 석탄발전 조기 종료

- 재생에너지가 탄소중립의 핵심수단이 되어야 함은 자명하며, 이를 빠르게, 그리고 효과적으로 이행할 수 있는 방안에 대한 사회전반의 노력이 필요함
  - 또한 탈석탄이 궁극적으로 이뤄져야 하는 방향성에 대해서 누구도 이견을 제시하지 않을 것이나, 그 시기는 에너지안보와 경제성을 고려하여 결정되어야 할 사항이라고 생각함
  - 특히 수출 기반의 제조업 비중이 높은 우리 기업의 산업경쟁력을 고려시, 공급의 안전성과 전력단가에 민감할 수밖에 없는 상황임
  - 각계에서 힘을 모아 재생에너지 경제성 확보 및 국산화를 통한 산업적 부가가치 창출 측면에 대한 전략이 제시된다면 보다 빠른 속도로 석탄발전소 등은 경쟁력을 잃게 될 것으로 사료
- 다만 재생에너지 발전용량이 늘어나는 만큼 유연성자원의 추가확보도 지속되어야 함에 따라 석탄발전소를 암모니아 등 무탄소연료와 연계하여 대안적으로 운영이 필요할 수 있음
  - 따라서, 전력단가는 원별 비교 외에도 시나리오별 에너지시스템 전체의 비용 비교를 통한 종합적인 접근이 필요함
- 또한, 분산형 재생에너지 확대 시기에, 규모의 경제효과나 에너지 안보 확보를 위해 적정수준의 발전공기업 역할이 필요하다고 생각함
  - 금번, 러-우 사태에서 천연가스 수급에 차질이 생기면서 많은 에너지 수입국가에서 어려움을 겪었으며, 10배 이상 전기요금이 급등한 사례들도 발생함
  - 우리 국민과 기업이 무사히 그 시기를 이겨낼 수 있었던 이유는 공기업의 노력

도 있었다고 생각함

- 우리나라와 같이 에너지수급의 안전성이 최우선으로 고려되어야 하는 경우, 국가에너지안보 전략에 맞춰 경제적 이윤을 최적화하는 주체가 아닌 공공분야에서 역할이 필요하다고 생각함



## 석탄발전과 관련한 8가지 의문

### □ 에너지전환과 에너지효율은 온실가스 감축의 쌍두마차

- 2050년 net-zero를 실현하기 위한 온실가스 배출량 감축에서 에너지전환과 에너지효율의 쌍두마차가 핵심적인 역할을 차지함
- 에너지효율은 에너지 소비량 감축과 긴밀한 관계에 있다고 생각함. 탄소중립 시나리오에 따르면 2050년의 최종에너지 소비량은 2018년 대비 5% 정도 줄어든 것임. 이를 연평균 감축률로 환산하면 0.16%에 불과하여, 매년 1.5%의 에너지 소비량 절감을 의무화한 EU와 비교할 수 없는 수준임
- 임재규 연구원께서 비공식적인 분석을 전제로 30~40%의 에너지효율 개선방안을 제시하며 최종에너지 소비량이 22~25% 감축될 것으로 전망하였음. 그런데 제조업의 비중이 28%에 이르고 탄소집약도 역시 지나치게 높은 수준이 아닌 것을 감안할 때, 2050년까지 연평균 1.5% 이상의 에너지효율 개선과 연평균 1% 수준의 최종에너지 소비량 감축을 어떻게 이룰지 의문임
- 지난 7월 말 정부가 발표한 2022년의 온실가스 잠정배출량 내역도 상당한 시사점을 준다고 생각함. 작년의 온실가스 배출량은 전년 대비 3.5%인 2,360만톤 감소한 6억 5,450만톤으로, 2010년 이후 가장 낮은 수준이었다고 함. 부문별 감축량을 보면 전환부문이 970만톤으로 41%를 차지하고, 산업부문이 1,630만톤으로 70%를 차지하고 있음
  - 산업부문의 NDC 감축목표가 11.4%임을 감안하면 산업부문의 기여가 매우 크다고 할 것이나, 산업부문 배출량이 크게 줄어든 것은 에너지효율이나 공정전환에서 비롯한 것이 아니라 세계 시장의 수요감소로 철강 및 석유화학 제품의 생산이 줄어든 데서 비롯한 것임
- 아무튼 오늘 토론은 전환부문의 감축역량에 집중하고 있으니, 전환부문에서 온실가스 배출량을 감축하려면 석탄발전을 하루속히 퇴출하고 재생에너지로 전환해야 한다는

점을 부인할 사람은 없으리라 생각함. 문제는 언제까지, 어떠한 방식으로 추진할 것인지 목표를 정하고 실행하는 일만 남았음

- COP26 이후 해외에서도 석탄발전의 조기 퇴출을 위한 다양한 논의와 협의가 진행되는 것으로 알고 있음
  - 남아공, 인도네시아, 베트남 등의 석탄발전 조기 퇴출을 위한 JETP(Just Energy Transition Partnership) 프로그램이 활성화되고 있다고 생각함
  - 특히 ToP(take or pay) 조항으로 PPA를 체결한 석탄발전의 퇴출방식과 관련한 다양한 검토가 진행되고 있음. 정부 책임 아래 PPA를 조기 종료하는 것, 리파이낸싱을 통하여 재생에너지로 대체하는 것, ToP 약정 비율을 줄이며 유연성 자원으로 활용하는 방안 등이 포함됨
- 우리나라는 총괄원가제에 입각하여 용량요금과 전력량요금, 그리고 정산조정계수를 통해 석탄발전을 보상하고 있는데, 오늘 김주진 대표의 발제에서 석탄발전의 조기퇴출에 따른 비용을 제시했다는 점에서 의미가 높음. 앞으로 석탄발전의 퇴출비용의 조달, 부담주체, 퇴출방식 등에 대한 심도깊은 논의가 이어졌으면 하는 바람임
- 이를 전제로 뻔한 소리일지도 모르지만, 석탄발전과 관련하여 같이 확인하자는 취지에서 몇 가지 의문을 제기하고자 함. 다만, 제11차 전력수급 기본계획이 작성에 들어갔는데, 제가 제기하는 의문은 10차 전기본의 데이터를 토대로 했다는 점을 먼저 말씀드릴

□ 온실가스 배출량 급증의 주범은 석탄발전

(단위 : 배출량 백만tCO<sub>2e</sub>, 발전량 TWh, GDP 천억원)

	1990년	2010년	2018년	'90년 대비 증가율	'10년 대비 증가율
총배출량	292.2	656.3	727.6	<b>149.0</b>	10.9
에너지	240.4	566.1	632.4	163.1	11.7
전환	36.7	240.6	269.6	<b>634.6</b>	12.1
제조/건설업	76.6	162.0	186.6	143.6	15.2
수송	35.5	85.4	98.1	176.3	14.9
상업/공공/가정	69.8	49.2	48.9	-29.9	-0.6
산업공정	20.4	53.0	57.0	179.4	7.5
1인당온실가스배출량	6.8	13.2	14.1	107.4	6.8
GDP	4,541	14,266	18,120	299.0	27.0
총발전량	107.7	474.7	570.6	429.8	20.2
석탄발전량	22.4	198.3	239.0	<b>967.0</b>	20.5

○ CO<sub>2</sub> 배출량이 절대적 비중을 차지

- 2018년 CO<sub>2</sub> 배출량이 온실가스 총배출량의 91.5%를 차지하며, 특히 에너지연소에서 배출되는 CO<sub>2</sub>가 온실가스 총배출량의 87%에 달함

## ○ 국가 온실가스 총배출량의 37%를 차지하는 전환부문 배출량의 95% 이상이 전력생산에서 발생

- 전환부문 배출량은 대부분 석탄발전과 LNG발전에서 배출되는데, 석탄발전의 배출량이 70% 수준임

의문 1) 석탄발전 퇴출을 위한 필요조건이 무엇인지?  
 의문 2) 석탄발전 퇴출을 가로막는 장애요인은 무엇인지?

## □ 제10차 전력수급기본계획의 전력믹스

(단위 : TWh)

연도	구분	원자력	석탄	LNG	신재생
'18년	발전량	133.5	239.0	152.9	35.6
	비 중	23.4%	41.9%	26.8%	6.2%
'22년	발전량	176.1	193.2	163.6	53.2
	비 중	29.6%	32.5%	27.5%	8.9%
'30년	발전량	201.7	<b>122.5</b>	<b>142.4</b>	134.1
	비 중	32.4%	<b>19.7%</b>	<b>22.9%</b>	21.6%
'36년	발전량	230.7	95.9	62.3	204.4
	비 중	34.6%	14.4%	9.3%	30.6%

## □ 석탄발전 발전량, 이용률, 설비규모 (10전기본)

(단위 : GW, TWh, %)

	설비용량	발전량	이용률	'18 이용률시 필요설비
2018	37.0	239.0	<b>73.7</b>	37.0
2022	38.1	193.2	57.9	29.9
2030	<b>31.7</b>	122.5	44.1	<b>19.0</b>
2036	27.1	95.9	40.4	14.9

의문 3) 석탄발전 이용률 74% 수준에서 석탄발전 필요설비가 '30년 19GW인데 13GW가 더 많은 31.7GW를 유지하는 이유는 무엇인지?  
 - 만약 석탄화력 잉여설비를 재생에너지 확대를 위한 동기조상기와 같은 유연성 자원으로 활용할 계획이라면, 유연성 자원으로 활용할 석탄화력의 설비규모는 어느 정도로 생각하는지?  
 - 또 석탄화력 잉여설비의 유연성 운전에 따른 보상은 어떻게 할 것인지?

□ LNG발전 발전량, 이용률, 설비규모 (10전기본)

(단위 : GW, TWh, %)

	설비용량	발전량	이용률	'22 이용률시 필요설비
2018	37.9	152.9	46.1	37.9
2022	41.2	163.6	<b>45.3</b>	41.2
2030	58.3	142.4	27.9	35.9
2036	<b>62.9</b>	62.3	11.3	<b>15.7</b>

의문 4) LNG발전 이용률 45% 수준에서 LNG발전 필요설비가 '30년 35.9GW, '36년 15.7GW인데, '30년에 22GW '36년에 47GW의 설비를 더 많이 유지하는 이유는 무엇인지?

의문 5) LNG발전의 연평균 감소율이 '36년까지 6.7%인데, '30년까지 1.7%씩 감소하고 이후 '36년까지는 12.9%씩 감소함.  
 - 그런데 「제15차 장기 천연가스 수급계획(2023-2036)」에 따르면 발전용 천연가스 수요가 '36년까지 연 2.82%씩 감소하는데, '30년까지는 1.5%씩 줄고 이후 '36년까지는 4.4%씩 감소하는 것으로 되어 있음.  
 - '30년 이후 LNG발전량 감소율 12.9%와 발전용 LNG 수요 감소율 4.4%의 차이는 무엇을 의미하는지?

□ 탄소배출권 가격이 톤당 USD50일 경우 발전원가 비교

- '21년 IMF 제안에 따라 탄소배출권 가격을 톤당 USD50으로 상정
- NDC 기준년도인 '18년과 '20년의 석탄, LNG발전 정산단가는 각각 kWh당 47.6원, 19.7원 상승하여 태양광·풍력발전 대비 경쟁력 유지 의문
  - 에너지경제연구원의 보고서에 따르면 2021년 기준 태양광(1MW)의 LCOE는 134.2 원/kWh, 육상풍력(20MW)의 LCOE는 164.0원/kWh

(단위: 원/kWh)

	유연탄			LNG			태양광 정산 단가	풍력 정산 단가
	정산 단가	정산단가 가산분	조정된 정산단가	정산 단가	정산단가 가산분	조정된 정산단가		
'18년	81.8	47.6	<b>129.4</b>	121.0	19.7	<b>140.7</b>	<b>97.9</b>	<b>105.8</b>
'20년	79.6	47.6	<b>127.2</b>	98.5	19.7	<b>118.2</b>	<b>70.3</b>	<b>72.9</b>

- 주1) 2018년, 2020년의 유연탄 발전, LNG 발전, 태양광과 풍력의 정산단가는 EPSIS 전력통계정보시스템의 자료를 활용하였다.
- 주2) 2018년과 2020년의 배출권 가격은 배출권시장 정보플랫폼 자료에 의거하여 22,000원으로 반영하였는데, 당해 연도 환율을 적용하면 각각 USD19.7, USD20.3이다. IMF에서 제안한 하한선인 USD50를 맞추기 위해 탄소가격에 USD49.4를 가산하였다. 2018년과 2020년은 K-ETS 2기로 유상할당 비율이 3%이기 때문이다. USD49.4를 2021년 9월 7일 환율로 환산하면 57,205원이다.
- 주3) 탄소가격 USD48/ton(57,205원/ton) 가산시 유연탄 및 LNG 발전의 정산단가 상승분은 유연탄 및 LNG 발전의 발전량에 온실가스 배출계수 0.8319kg/kWh, 0.3436kg/kWh를 곱하고, 탄소가격 가산분을 곱한 뒤 발전량으로 나누어 kWh당 가격 상승분을 도출하였다.

의문 6) 현재 온실가스 배출권 가격이 톤당 1만원 미만으로 떨어졌으나, EURO ETS시장에서는 톤당 90유로 수준으로 15배 이상 더 비싼 가격으로 거래되고 있음

- CBAM(탄소국경조정제도)이 적용되거나, 또는 NDC 달성을 위해 배출허용총량을 낮추고 유상할당 비중을 늘리는 방식으로 ETS를 강화할 경우 배출권 가격이 급상승하여 석탄발전의 존립근거 자체가 사라는데, ETS 시장의 개선방향은 무엇인지?

□ 태양광·풍력 잠재량과 10전기본의 계획

○ 정부의 신재생에너지백서에 따르면 태양광의 시장잠재량은 369GW, 풍력은 65GW(육상24GW, 해상41GW)

○ 10전기본의 태양광·풍력 보급전망

(단위 : MW)

연도	사업용			자가용	합계
	태양광	풍력	소계		
2022	22,100	1,851	23,951	3,267	27,218
2023	25,150	2,247	27,397	3,650	31,047
2024	28,200	2,944	31,144	4,038	35,182
2025	31,250	3,427	34,677	4,430	39,107
2026	34,300	4,406	38,706	4,828	43,534
2027	37,350	5,744	43,094	5,233	48,327
2028	40,400	9,255	49,655	5,643	55,298
2029	43,450	13,980	57,430	6,057	63,487
<b>2030</b>	<b>46,500</b>	<b>19,300</b>	<b>65,800</b>	<b>6,476</b>	<b>72,276</b>
2036	65,700	34,089	99,789	9,050	108,839

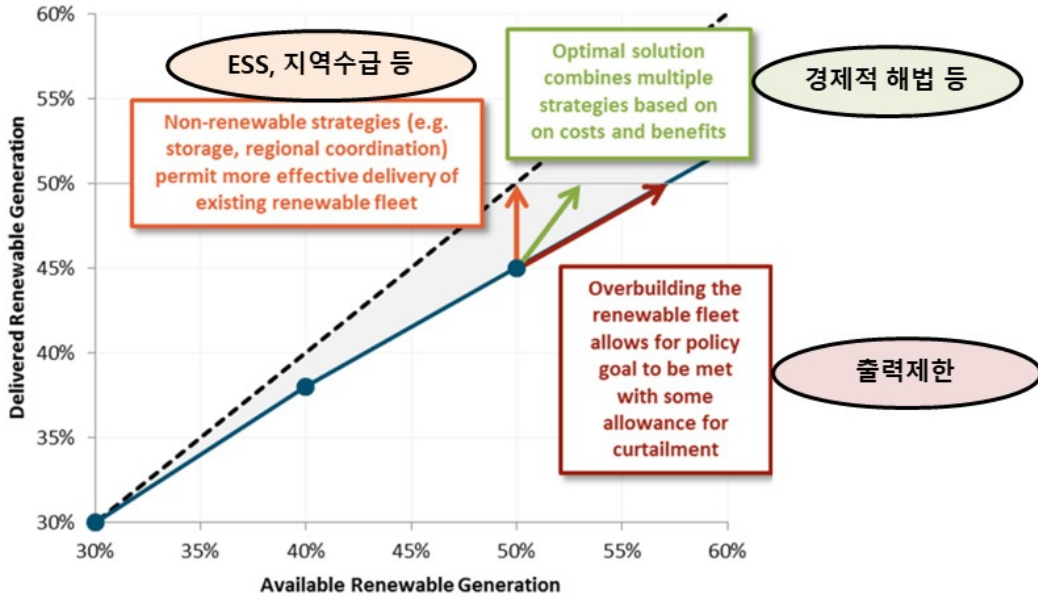
○ 10전기본의 전망에 따른 태양광·풍력 발전량 전망

(단위 : GWh)

연도	사업용			자가용	합계
	태양광	풍력	소계		
2022	27,391	3,381	30,772	4,517	35,289
2023	31,812	3,881	35,693	5,049	40,742
2024	35,891	5,098	40,989	5,601	46,590
2025	39,676	6,335	46,011	6,128	52,139
2026	43,815	7,890	51,705	6,678	58,383
2027	47,747	10,562	58,309	7,241	65,550
2028	51,861	16,622	68,483	7,839	76,322
2029	55,242	26,662	81,904	8,403	90,307
<b>2030</b>	<b>58,921</b>	<b>38,887</b>	<b>97,808</b>	<b>8,997</b>	<b>106,805</b>
2036	82,185	77,282	159,467	12,634	172,101

□ 미국 국립재생에너지 연구소의 재생에너지 수용정책 평가

Figure 88. Illustration of strategies to overcome integration challenges.



\* NREL, Western Interconnection Flexibility Assessment ('15)

의문 7) 10전기본의 계획에 따르면 '30년까지 매년 태양광은 3.05GW씩, 풍력은 2.2GW씩 신설해야 함

- 그런데 지난 '16-'22년간 매년 태양광은 2.9GW, 풍력은 0.15GW 증설되었음. 특히 태양광은 '20년의 4.07GW를 고점으로 감소추세에 있는데, '22년에는 2.8GW 증가에 그쳤음
- 아무튼 우리의 전력계통에서 수용할 수 있는 재생에너지의 비중은 어느 정도인지 궁금하며, 동시에 재생에너지 수용 확대를 위한 정책이 무엇이고, 그 우선순위가 어떻게 되는지 궁금함
- 참고로 미국 국립재생에너지 연구소가 '15년에 미국 서부지역의 재생에너지 확산과 관련하여 계통망의 유연성 확보와 관련하여 연구한 보고서에 따르면, 정책의 우선순위가 ESS나 지역수급과 같은 비재생에너지 정책 > 경제적 해법 > 출력제한의 순서였는데, 출력제한의 경우 재생에너지 수용성 확대와는 무관하였음
- 재생에너지와 관련하여 한마디만 덧붙이자면, 최근 정부가 '신재생에너지 정책혁신 TF'를 구성하여 소형 태양광에 대한 지원을 철회하는 반면 효율성 차원에서 해상풍력과 같은 대형 프로젝트에 집중하는 것으로 보이는데, 이는 수많은 점으로 존재할 수밖에 없는 분산형 전원으로서의 재생에너지의 본질을 간과한 것이 아닌가 생각됨. 이는 재생에너지 확산에 기여하기는커녕 그 확산에 장애물로 작용하지 않을까 우려됨

의문 8) 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획은 온실가스 감축목표와 경로를 제시하고 있으며, 제10차 전력수급 기본계획은 전환부문에서 온실가스 감축의 구체적인 실행계획을 제시하는 것으로 알고 있는데,

- 두 계획 모두 희망을 담은 목표는 제시했으나 구체적인 방법과 경로가 명료하지 않아, 불가피한 사유로 실행하지 못하거나 목표를 수정해야 할 경우에 대비한 contingency plan이 없는 것이 아닌가 우려됨.



## “전환부문! 2030 NDC 추가 감축과 탄소중립 기여 방안” 토론문

### □ 2030 NDC 추가 감축 방안

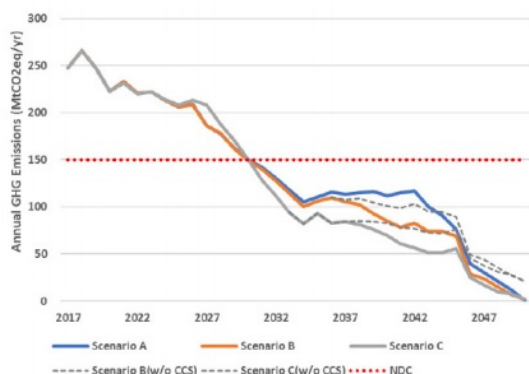
- 전환부문 2030년 400만톤 추가 감축 필요
  - 화력발전 축소가 필요한데, 발전량을 고려하면 화력발전 중 석탄발전 감축이 우선적 대안
  - 화력발전의 발전량 감소를 충당할 수단은 전력 수요관리나 무탄소 전원
- 전력 수요관리 강화 필요
  - 2030년까지 발전원가 상승 전망: 전환부문의 탈탄소 전환 + 유상할당 비중 증대
  - 최근 전력 가격 상승의 영향 심층 분석 필요
  - 독립적인 전력가격 결정 거버넌스 필요
- 무탄소전원 중 7년 이내 전력 공급을 확대할 수 있는 수단은?
  - 순발력이 있는 수단은 전력 수요관리와 함께 재생에너지 추가 확대

### □ 탄소중립에서 전환부문의 역할

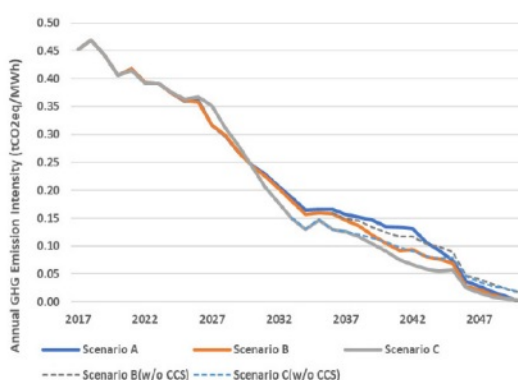
- 해외 연구는 비슷한 결과들을 도출: 전력화가 필요하며, 전환부문이 가장 빠르게 탄소중립에 도달하여야 함
  - IEA(2022)는 2050 글로벌 탄소중립을 위해 전환부문이 2040년까지 탄소중립 도달 필요
  - Mckinsey & Company (2020)는 EU의 2050 탄소중립 달성을 위해 전환부문이 2045년까지 탄소중립에 도달할 필요성이 있음을 분석
  - United States Department of States (2021)의 미국의 2050 탄소중립에 대한 시나리오 12개는 모두 2035년 전환부문 배출량 0을 가정

○ 전환부문의 탄소중립을 위한 온실가스 배출 경로

〈전환부문 탄소중립 온실가스 배출량 경로〉



〈전환부문 탄소중립 온실가스 배출원단위〉



자료: 장명진 외(2022)

○ 국가 차원의 온실가스 감축은 국제 사회에 대한 일종의 기부

- 국가 차원에서 감축이 필요하며, 그 경우 감축수단이 명확하고 상대적으로 비용이 낮은 수단은?
- 산업에서 감축할 것인가? vs. 전환부문에서 감축할 것인가?
- RE100처럼 재생에너지 전력을 사용하는 것이 산업경쟁력의 일환이 되고 있는 시대

○ 재생에너지에 대해서는 일관적인 확대 필요

- 현실에서 여러 가지 장애요인이 있지만, 미래의 중심 전원이 되어야 한다는 것은 국내외에서 큰 이견이 없음
- 전력망 및 저장시설에 대한 획기적 투자 확대 필요

○ 원자력 추가 건설의 전제 조건

- 향후 20년 후의 LCOE 비교
- 주민 및 국민 수용성
- 고준위 방사성 폐기물 처리문제

○ LNG는 과도기적 역할을 수행하고 점차 수소혼소를 활용하고 2040년 이후에는 본격적으로 수소전소 발전으로 Retrofitting 필요

- 향후 건설되는 LNG 복합 발전기는 2040년 전후로 수소전소 발전기로의 Retrofitting 필요

## ○ 석탄발전의 질서 있는 퇴진 필요

- 석탄발전소 조기 폐쇄에 따른 좌초자산 규모

〈시나리오별 석탄발전소 좌초자산 규모〉

(단위: 조원)

구분	BL	CN_A	CN_B	CN_C-1	CN_C-2
암모니아 혼소	-3.0	-5.4	-4.2	-4.7	-6.9
w/o 암모니아 혼소	-3.0	-13.5	-14.4	-21.5	-23.9

자료: 안영환 외(2022)

- 사회적 관점에서 석탄발전소에 대한 기존 투자는 매몰비용(sunk cost)
- 석탄발전소가 좌초하게 되면 회수되지 못하는 투자비가 발생하는데, 이는 경제적 효율 또는 사회적 효율 관점에서 비용이라기 보다는 형평성 차원에서 발생하게 되는 이해관계자의 피해 중의 하나
- 회수하지 못하는 투자비에 대해 어느 정도까지 보상을 할 수 있을 것인가에 대해서는 사회적 논의 필요 (형평성 관점에서 투자자의 책임, 자원 문제, 전력가격 인상 요인 발생 등 고려 필요)

## ○ 제11차 전력수급기본계획에 대한 제언

- 15년 단위의 중장기 계획이지만, 2050 탄소중립과 병립하는 계획인지에 대한 고려가 필요
- 2030년 이후 석탄발전 비중에 대한 면밀한 검토 필요
- 석탄발전 조기 퇴출에 대한 보상 논의 공식화 필요

〈참고문헌〉

IEA. 2022. World Energy Outlook 2022.

McKinsey & Company. 2020. Net-Zero Europe.

United States Department of State. 2021. The Long Term Strategy of the United States: Pathways of Net-Zero Greenhouse Gas Emissions by 2050.

안영환, 이현진, 권예중, 2022, 사회적 비용을 고려한 석탄발전소의 최적 퇴출경로 연구, 국회미래연구원

장명진, 이지윤, 이현진, 안영환, 2022, 2050 탄소중립 시나리오에 따른 전환부문의 온실가스 배출량 및 배출원단위 경로 연구, Journal of Climate Change Research, Vol. 13, No. 6, pp. 843~858