

해외 주요국(7개국, 10개 기관)

에너지전환 대응현황

2025.11



목 차

해외 주요국 장기전망 전원구성 시사점

국가별 전원구성 및 정책 방향 요약

[국가별 전원구성 및 정책 방향]

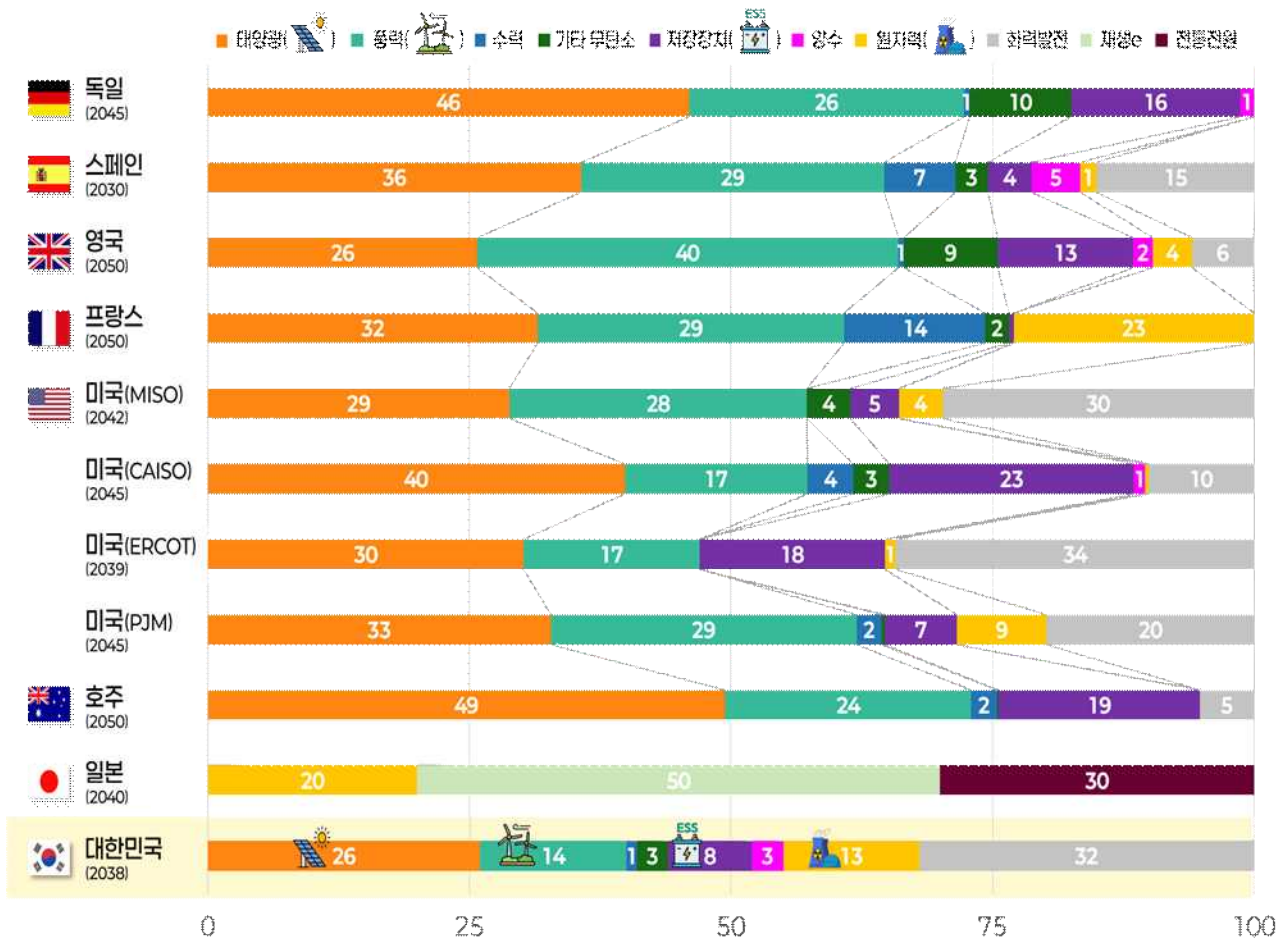
I. 독 일	1
II. 스 페 인	7
III. 영 국	13
IV. 프 랑 스	19
V. 미국 중부(MISO)	25
VI. 미국 캘리포니아(CAISO)	31
VII. 미국 텍사스(ERCOT)	37
VIII. 미국(PJM)	43
IX. 호 주	49
X. 일 본	55

주요국별 세부내용

1. 설비용량 및 비중 추이
2. 발전량 및 비중 추이
3. 전력정책 동향

해외 주요국 장기전망 전원구성 시사점

< 국가별 장기전망 전원구성 비율 비교표 (단위 : %) >



* 대한민국 전원구성 비율은 11차 전기본 '38년 전원구성에 저장장치를 포함하여 산정

** 일본은 재생e, 원자력, 전통전원 범주로 비율 전망

*** 양수발전 : 수력에 포함(프랑스, PJM, 호주), 별도 구분(독일, 스페인, 영국, CAISO, 대한민국)

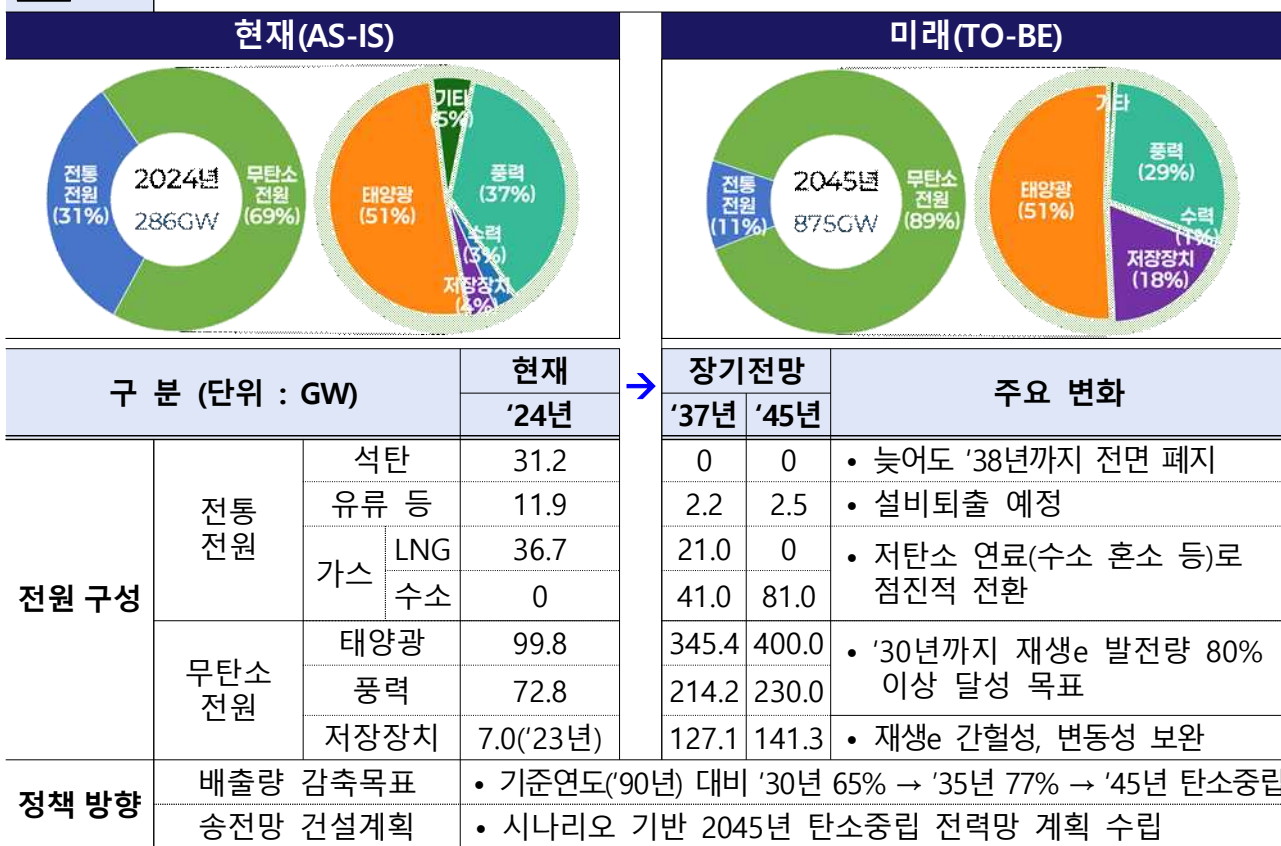
□ 해외 주요국은 태양광, 풍력 중심의 재생e 에너지시스템 전환 중

- 재생e 확대(간헐성 보완을 위해) 저장장치도 전원구성 주요 자원으로 포함
- 일부 국가(영, 프, 미, 일)은 탄소 감축을 위해 원자력도 지속 활용 전망
- 화석연료는 탄소중립 전환기 브릿지 자원으로 역할 후 점진적 축소 예상

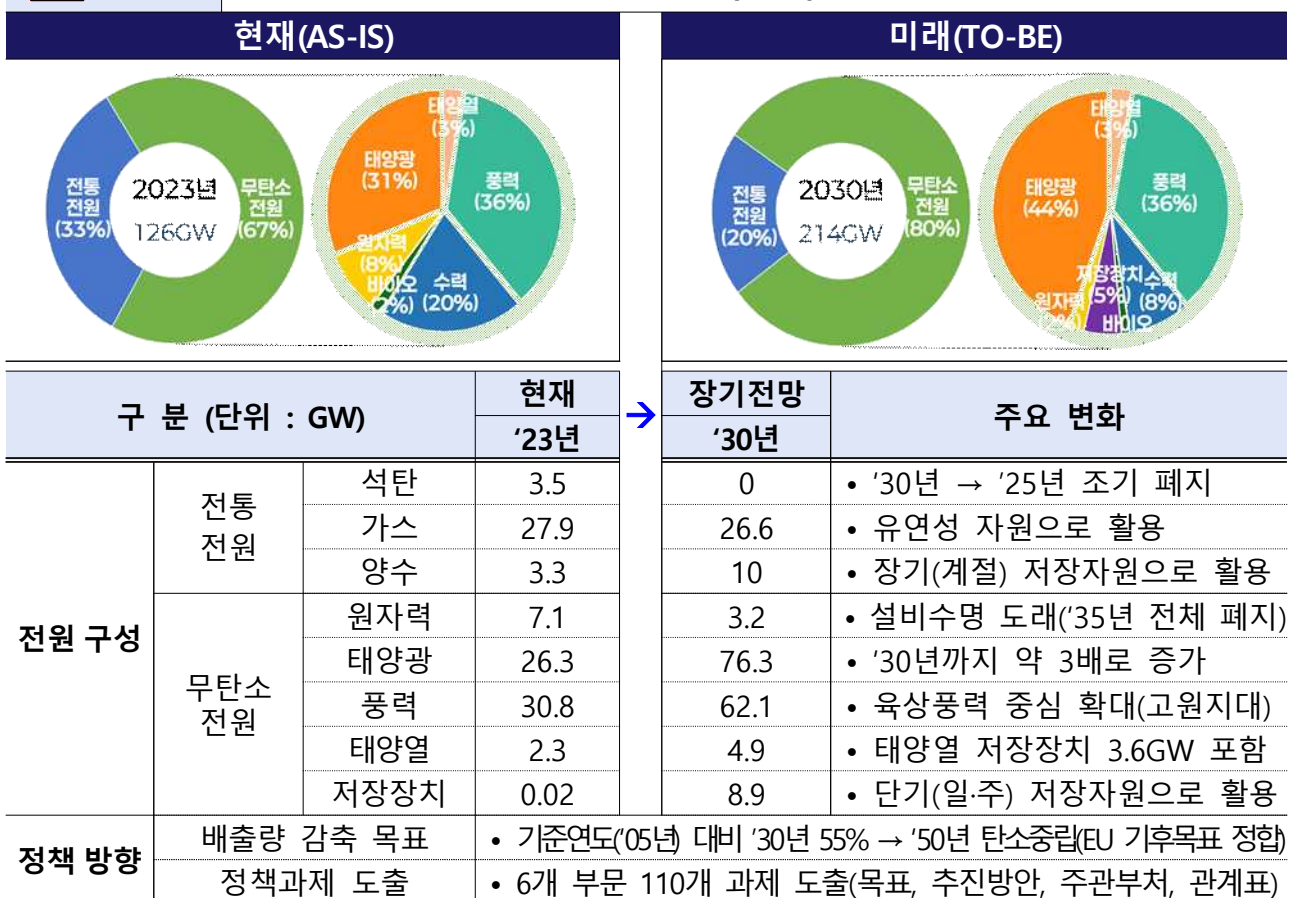
👉 한국도 무탄소 전원의 적극 활용, 저장장치 구축 등 탄소중립 전환기에 적합한 전원구성 대응으로 에너지시스템 전환을 속도감 있게 진행 중

**국가별 전원구성 및
정책방향 요약**

 독일 수소+태양광+풍력+저장장치로 '45년 Net Zero 달성



 스페인 태양광+육상풍력으로 '30년(중기) 탄소배출 감축목표 달성

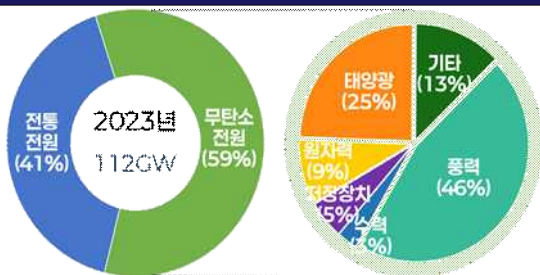




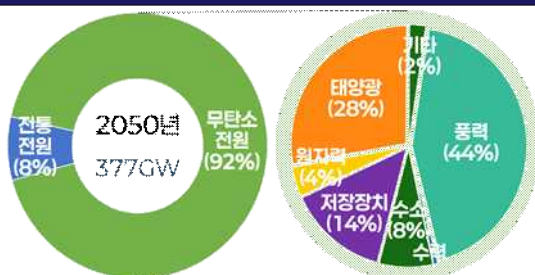
영국

무탄소(원전+수소+재생e+저장장치) 균형 확대로 2050 Net Zero 달성

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재 '23년



장기전망 '50년

주요 변화

전원구성

전통
전원화력
(석탄, 유류, 가스)

43.6

양수

2.7

무탄소
전원

원자력

5.9

수소

-

태양광

16.2

풍력

30.2

저장장치

3.5

22.2

- 석탄, 유류 폐지
- 가스는 탄소포집(CCS) 가스로 무탄소 전환

7.0

- 장기 저장자원으로 활용 (40년 만에 신규 건설 추진)

14.2

- 신규 원전, SMR 확대

26.1

- 수소터빈 상용화 추진

97.0

- '50년까지 약 5.2배 증가

151.8

- 해상풍력 위주 확대

48.8

- 재생e 간헐성, 변동성 보완

정책방향

배출량 감축목표
에너지계획

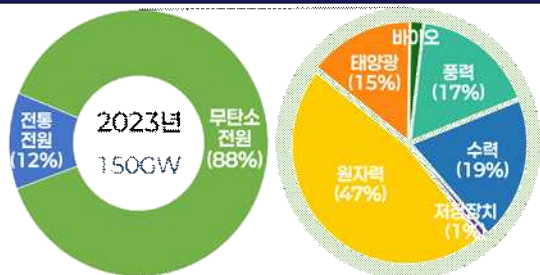
- 기준연도('90년) 대비 '30년 68% → '35년 81% → '50년 탄소중립 미래 에너지 시나리오(FES) 기반 단계별 에너지계획 수립



프랑스

원전+재생e으로 '30년 재생e 발전비중 40%, '50년 Net Zero 달성

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재 '23년



장기전망 '50년

주요 변화

전원 구성

전통
전원

석탄

1.8

유류

2.6

가스

13.1

무탄소
전원

태양광

19.4

풍력

22.7

수력

25.7

원자력

61.4

저장장치

1.0

-

- 탄소중립 법제화
- 석탄 전면폐지 예정이며 단계적 폐지 예정

70

- '50년까지 최대 208GW 확보 목표

65

- 육상/해상 풍력 대폭 확대(최대 136GW)

33

- 수력 22GW, 양수 8GW, 해양에너지 3GW

51

- 노후 원전 단계적 폐지 (시나리오에 따라 일부 신규 원전 有)

1

- '50년까지 최대 26GW 확보 목표

정책 방향

에너지계획

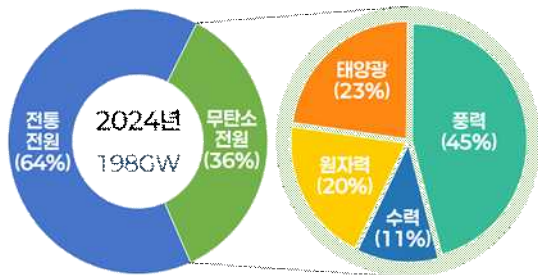
- 재생e 및 원전 비중에 따라 6개 전원믹스 시나리오 검토
- (그림) 발전비중 신재생 50%, 원자력 50% 시나리오(N03)



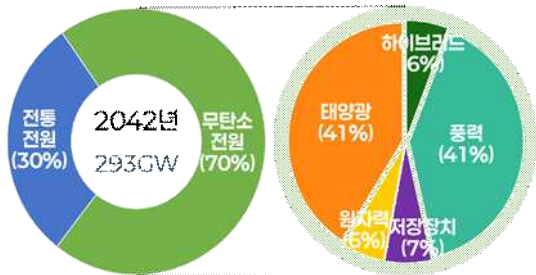
미국(MISO)

가스발전+재생e+원자력+저장장치로 '42년 80% 수준 감축 달성

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재
'24년장기전망
'42년

주요 변화

전원 구성

전통
전원

석탄

46.5

가스

80.8

무탄소
전원

원자력

14.1

태양광

16.2

풍력

32.3

하이브리드

-

저장장치

-

6.5

80.7

12.2

84.4

83.3

12.2

13.5

- 탄소배출 감축에 의한 석탄 폐지
- 설비수준 유지(기저전원 활용)
- 정책목표 85% 반영(법제화 안 함)
- 재생e+배터리 저장장치 연계 설비
- 재생e 간헐성, 변동성 보완

정책 방향

배출량 감축 목표

구체적 실행 계획

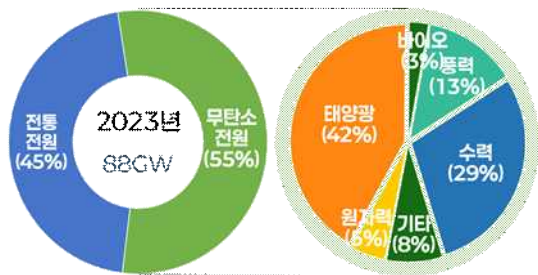
- 기준연도('05년) 대비 '42년 탄소배출 70~80% 감축(자체 목표)
- 탄소배출, 전기화, 재생e 보급 수준에 따라 시나리오 구성



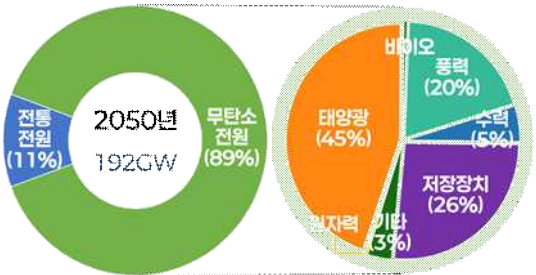
미국(CAISO)

태양광+해상풍력+저장장치로 '50년 Net Zero 달성

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재
'23년장기전망
'45년

주요 변화

전원 구성

전통
전원

가스

39.7

무탄소
전원

원자력

2.4

태양광

20.2

풍력

6.3

저장장치

-

19.4

0.6

76.5

33.5

44.9

- 무탄소 전원 공급목표 반영
- 점진적 폐지 예정
- 무탄소 전원 공급목표 반영
- 타 주 풍력 활용 포함
- 재생e 간헐성, 변동성 보완

정책 방향

협력체계 구축

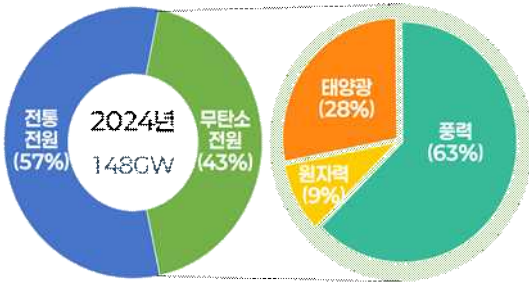
- CEC, CPUC, CARB*가 2045년 100% 청정에너지 목표 달성을 위해 협력체계를 마련하여 공동 정책 보고서 작성



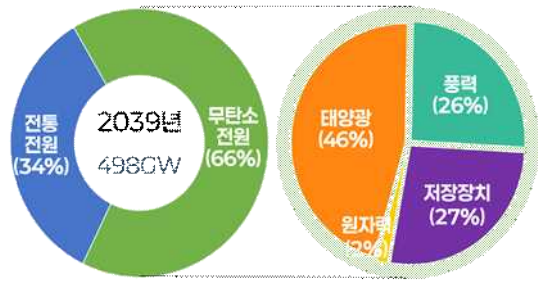
미국(ERCOT)

가스발전+재생e+저장장치 중심 확대를 위한 장기 송전계획 수립

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



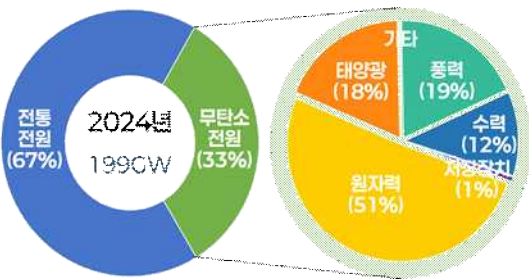
구 분 (단위 : GW)				현재 '24년	→ 장기전망 '39년	주요 변화
전원 구성	전통 전원	석탄		14.9		
		가스	단독	62.5		
			복합			
	무탄소 전원	유류 등		6	55.4	• 기저전원으로 활용 • 설비퇴출 예정 • 설비수준 유지 • 전력수요 증가에 따라 재생e 주전원화 • 재생e 간헐성, 변동성 보완
		원자력		6	2.7	
		태양광		17.9	5.2	
		풍력		40.2	150.2	
		저장장치		-	83.8	
정책 방향	구체적 실행 계획		• 현 추세유지, 부하 급증, 환경규제 수준에 따라 3가지 시나리오 제시	88.2		



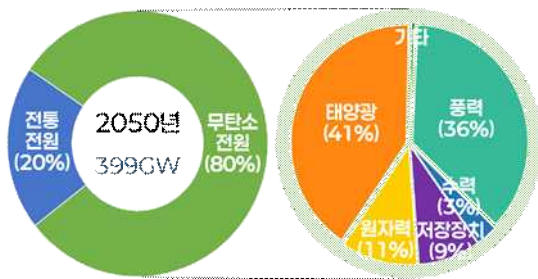
미국(PJM)

원전+태양광+육상풍력+저장장치 중심 에너지시스템 구축

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)			현재	→	장기전망		주요 변화
			'24년		'35년	'50년	
전원 구성	전통 전원	석탄	38.8	25.7	15.8	• 단계적 폐지	
		가스	89.1	82.3	62.8	• 유연성 자원으로 적정 유지	
		유류 등	5.3	4.6	1.0	• 설비퇴출 예정	
	무탄소 전원	원자력	33.5	34.0	34.0	• 기존설비 지속 활용	
		태양광	12.0	45.7	130.7	• 저장장치 연계형 태양광 확대	
		풍력	12.2	31.7	116.7	• 육상풍력 위주 확대	
		수력 (양수 포함)	7.6	9.5	9.6	• 양수발전 4.8GW('24년 기준)	
		저장장치	0.4	6.5	27.5	• 재생e 간헐성, 변동성 보완	
정책 방향	배출량 감축목표		• 기준연도('05년) 대비 '30년 50~52% → '50년 탄소중립				
	재생e 영향 분석		• 시나리오 기반 탄소중립 달성 여부, 전력망 안정성 등 평가				



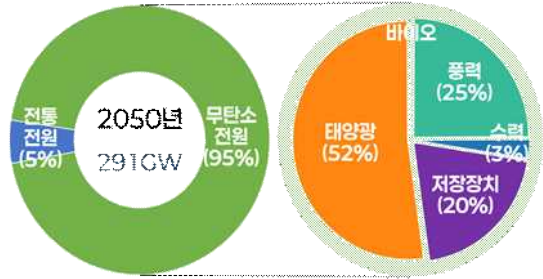
호주

재생e+배터리 저장장치 중심 에너지시스템 구축

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재

'23년

전원 구성

전통
전원석탄
가스
유류21.1
11
0.9무탄소
전원태양광
풍력
저장장치30.3
11
1.9

정책 방향

배출량 감축목표
실행계획 수립

• 기준연도('05년) 대비 '30년 43% → '35년 70% → '50년 탄소중립

• 시나리오 기반 2050년 탄소중립 실행계획 수립(매 2년)



장기전망

'35년

'50년

주요 변화

1.4
13.5
00
15.0
0

• 설비퇴출 예정

• 유연성 자원으로 가스터빈 유지 (수소 혼소 등 연료전환 예정)

• 설비퇴출 예정

74.6
56.4
36.3144.0
68.5
56.1

• 저장 및 송전 연계계획 병행

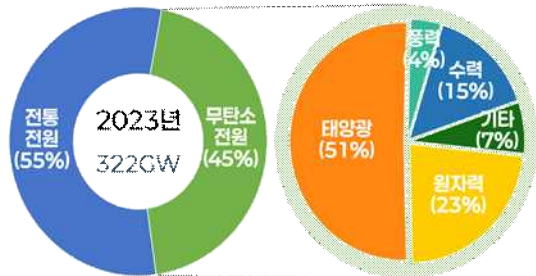
• 재생e 간헐성, 변동성 보완



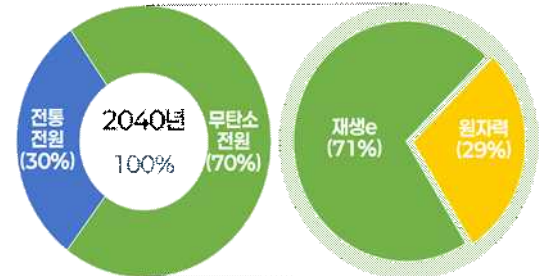
일본

재생e+원전으로 탄소배출 감소 및 가격경쟁력 동시 확보

현재(AS-IS)



미래(TO-BE)



구 분 (단위 : GW)

현재

'23년

전원 구성

전통
전원석탄
가스
양수
유류 등51.9
79.7
27.4
18.5무탄소
전원원자력
태양광
풍력
수력
기타 재생33.1
73.3
6.2
21.7
10.0

정책 방향

배출량 감축목표
탄소중립 이행방안

• 기준연도('13년) 대비 '30년 46% → '35년 60% → '40년 73% 감축

• 탈탄소 전원 입찰제도, 탄소배출권 거래시장 도입 등



장기전망

(비중제시)

'40년

주요 변화

30~
40%)

• 저효율 노후설비 퇴출 유도

20%

• 기저전원으로 활용

• 차세대 원자로 개발(SMR, 핵융합 등)

40~
50%

• 신축 건물 태양광 의무화 등

• 해상풍력 중심 설비확보

• 계통 안정성 확보하며 재생e 확대

주요국 세부내용

부 일

I 독 일

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '20~'24년 총 설비용량 증가량은 41GW로 '24년 설비용량 비중은 전통전원-32%, 무탄소 전원-68%으로 태/풍 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '20년 41%(97GW) → '24년 32%(90GW)로 설비용량 7.4GW 감소(석탄-13.4GW 감소 / 가스-4.2GW, 기타-1.6GW, 양수-0.2GW 증가)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '20년 59%(140GW) → '24년 68%(189GW)로 설비용량 48GW 증가(원자력 8.1GW 감소, 태양광-45GW, 풍력-11GW 증가)

< 최근 5년(2020~2024) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'20년		'21년		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	44.6	19%	39	16%	38	15%	37.4	14%	31.2	11%
	가스	32.5	14%	32.8	14%	33.9	14%	35.9	14%	36.7	13%
	양수	9.7	4%	9.7	4%	9.7	4%	9.5	4%	9.9	4%
	기타*	10.3	4%	10.2	4%	10.2	4%	11.2	4%	11.9	4%
	소계	97	41%	92	38%	92	37%	94	36%	90	32%
무탄소 전원	원자력	8.1	3%	8.1	3%	4.1	2%	-			
	태양광	54.4	23%	60.2	25%	67.7	28%	83.1	32%	99.8	36%
	풍력	62.1	26%	63.8	27%	66.2	27%	69.5	26%	72.8	26%
	수력	5.5	2%	5.5	2%	5.6	2%	5.6	2%	5.6	2%
	기타**	10.3	4%	10.4	4%	10.5	4%	10.5	4%	10.6	4%
	소계	140	59%	148	62%	154	63%	169	64%	189	68%
총계		238	100%	240	100%	246	100%	263	100%	279	100%

* 유류, 폐기물 등

** 원자력 '23년 4월 폐지

*** 바이오매스, 지열에너지

**** 저장장치는 '23년 기준 7GW 보급, 연도별 구체적인 수치 미제공으로 별도 가산

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '20~'24년 총 발전량은 75TWh 감소했고 '24년 기준 발전량 비중은 전통 전원-40% 무탄소 전원-60%로 변동 없으나 항목별 변화 큼
- (전통 전원) 발전 비중은 '20년 44%(244TWh) → '24년 40%(193TWh)로 발전량 51.1TWh 감소(석탄-27TWh, 가스-14TWh 감소 / 양수-수력발전에 포함)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '20년 56%(308TWh) → '24년 60%(284TWh)로 발전량 24.2TWh 감소(원자력-64.4TWh 감소 / 태양광-24.6TWh, 풍력-6.8TWh 증가)

< 최근 5년(2020~2024) 발전량 추이 (단위: TWh) >

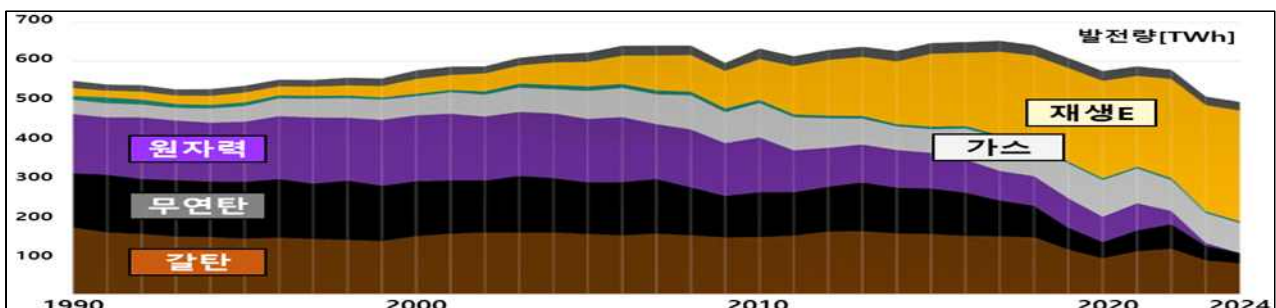
구분		'20년		'21년		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	134.5	24%	164.7	29%	179.9	32%	124.8	26%	107.2	23%
	가스	94.7	17%	90.3	16%	79.0	14%	76.7	16%	80.3	17%
	양수	9.7	2%	9.7	2%	9.2	2%	3.6	1%	- **	
	기타*	4.7	1%	4.6	1%	5.7	1%	4.9	1%	5.0	1%
	소계	244	44%	269	47%	274	49%	210	43%	193	40%
무탄소 전원	원자력	64.4	12%	69.1	12%	34.7	6%	7.2	1%	0	0
	태양광	49.5	9%	50.5	9%	61.2	11%	63.9	13%	74.1	16%
	풍력	132.1	24%	116.4	20%	124.3	22%	141.8	29%	138.9	29%
	수력	9.0	2%	10.0	2%	8.4	2%	16.3	3%	22.2	5%
	기타***	53.0	10%	52.8	9%	52.2	9%	49.4	10%	48.6	10%
	소계	308	56%	299	53%	281	51%	279	57%	284	60%
총계		552	100%	568	100%	555	100%	489	100%	476	100%

* 유류, 폐기물 등

** 수력에 양수 발전량 수치가 포함, 세부 데이터는 '26년 상반기에 발표 예정

*** 바이오매스, 지열에너지

< 발전원별 발전량 추이 >



3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '45년 설비용량 비중은 무탄소 전원-89%, 전통 전원-11%
- 총 설비용량은 약 3배 증가('24년 286GW → '45년 875GW)하며 증가분 중 태양광-51%(300.2GW), 풍력-27%(157.2GW) 차지, 저장장치 대규모 확충
 - 석탄 폐지(~'37년), 가스화력 연료전환(수소 혼소 등) 및 확대(~'45년)

< 설비 전망(Genehmigung Szenariorahmen, 시나리오B 기준) (단위: GW) >

구분			'24년	'37년	'45년	비중 추이
무탄소 전원	태양광		99.8	345.4	400.0	'24년 : 69% ↓ '45년 : 89%
	풍력		72.8	214.2	230.0	
	수력		5.6	4.6	4.6	
	기타		10.6	6.0	4.0	
	저장장치*	소규모	7.0('23년 대응)	59.5	73.7	
		대규모		67.6	67.6	
소계			196	697	780	
전통 전원	석탄		31.2	0	0	'24년 : 31% ↓ '45년 : 11%
	화력	가스	36.7	21.0	0	
		수소	0	41.0	81.0	
	양수		9.9	12.0	12.0	
	유류 등		11.9	2.2	2.5	
	소계		90	76.2	95	
총계			286	774	875	100%

* 소규모(1MW 이하, 2.5h) : 주택·상업용 PV 연계 저장장치로 자가소비 최적화
대규모(1MW 초과, 2h) : 전력시장 참여 또는 계통 안정화 목적의 저장장치

- (발전량 목표) 재생에너지법(EEG) 2023(최종개정: '25.02) 및 연방기후
보호법('21년)에 연도별 재생에너지 발전량 및 온실가스 감축 목표 명시
- '30년까지 재생e 발전 비중 80% 이상 달성 목표

< '30년까지 연도별 재생e 발전량 목표 및 증가분 (단위: TWh) >

구분	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년
발전량 목표	310	346	388	433	479	533	600
증가분	12.4 (전년 대비)	36	42	45	46	54	67

- '90년 대비 온실가스를 '30년까지 65%, '40년까지 88% 감축 목표

< '30~'40년 온실가스 감축 목표 (단위: %) >

구분	'30년	'31년	'32년	'33년	'34년	'35년	'36년	'37년	'38년	'39년	'40년
감축목표	65	67	70	72	74	77	79	81	83	86	88

- (탄소중립 추진전략) 2045년 Net Zero 달성을 법적 목표로 규정
 - (석탄) '30년까지 단계적 폐지 가속화, 늦어도 '38년까지 전면 폐지
 - (가스) 단기적으로는 안정적인 전력공급을 위해 유지하나, 법제화 목표(2045 Net Zero)에 맞춰 저탄소 연료(수소 혼소 등)로 점진적 전환
 - (재생e) '45년까지 재생e 설비용량 600GW 이상 증가 목표
- (에너지계획, Netzentwicklungsplan(NEF)) 4개의 계통운영자*(TSO)가 공동으로 향후(10~15년) 전력망 수요를 고려한 송전망 건설계획 수립
 - * 50Hertz(동부), Amprion(서부, 남서부 일부), TenneT(북부, 남부), TransnetBW(남서부)
 - (시나리오 기준) 2045년 탄소중립 전력망 검토 조건으로 ①공급능력 확보 지연, ②재생에너지법 충족, ③법적 목표 초과 달성 가정
 - 각 시나리오는 수소 비중과 전기화 수준 등 주요 에너지전환 요소에 가중치를 다르게 적용하여 미래 전력 계통 여건 전망
 - (초안 수립) 각 시나리오의 전력망 수요, 송전용량 요구량 등을 검토 후 연방 규제기관(BNetzA)에 송전망 건설계획 초안 제출
 - (연방/지역계획) 송전 경로, 대안 검토 등 구체적인 송전망 계획 마련
 - (계획 확정) 환경영향을 최소화하는 경로로 송전망 계획 확정

< 송전망 건설계획(NEF) 수립 절차 >

구분	주체	검토 사항
시나리오 기준 선정	송전사업자 공동(TSOs)	시나리오별 입력자료
검토 및 승인	연방 규제기관(BNetzA)	국가 정책, 탈탄소 목표 등
초안 수립	송전사업자 공동(TSOs)	계통 안정성, 경제성 평가
검토 및 확정, 환경평가	연방 규제기관(BNetzA)	에너지산업법 고려
연방/지역계획	연방 규제기관 또는 관할 주	송전망 경로 잠정
계획 확정	BNetzA	송전망 경로 확정

참고

독일 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	2022~2024 독일 연간 시장 모니터링 보고서 (Monitoring report) https://data.bundesnetzagentur.de/Bundesnetzagentur/SharedDocs/Downloads/EN/Areas/ElectricityGas/CollectionCompanySpecificData/Monitoring/MonitoringReport2024.pdf
2	2024 독일 재생에너지 발전 현황 (Development of Renewable Energy Sources in Germany in the year 2024) https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/EN/Downloads/Energy/development-renewable-energy-sources-in-germany-2024.pdf?__blob=publicationFile&v=7
3	독일 연방기후보호법 (Bundes-Klimaschutzgesetz) https://world.moleg.go.kr/web/wli/lgsIInfoReadPage.do?CTS_SEQ=49907&AST_SEQ=69&nationReadYn=Y&ETC=4&searchNtnl=DE
4	독일 재생에너지법(Erneuerbare-Energien-Gesetz - EEG 2023) https://world.moleg.go.kr/web/tl/themaLgsIReadPage.do?code=700205&CTS_SEQ=49237&AST_SEQ=69
5	독일 해상풍력에너지법 (Windenergie-auf-See-Gesetz – WindSeeG) https://world.moleg.go.kr/web/wli/lgsIInfoReadPage.do?CTS_SEQ=51503&AST_SEQ=69
6	독일 시나리오 프레임워크 2025 - 2037/2045 (des Szenariorahmens für den Netzentwicklungsplan Strom) https://www.netzentwicklungsplan.de/sites/default/files/2025-04/Genehmigung%20Szenariorahmen%202025_0.pdf
7	독일 2025 에너지 정책 검토 보고서 (Germany2025) https://www.iea.org/reports/germany-2025
8	독일 전기 저장장치 전략(Electricity Storage Strategy) https://www.bundeswirtschaftsministerium.de/Redaktion/DE/Publikationen/Energie/electricity-storage-strategy.pdf?__blob=publicationFile&v=4

Ⅱ 스 페 인

Ⅱ 스페인

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '19~'23년 총 설비용량 증가량은 16.5GW로 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-33%, 무탄소 전원-67%으로 태양광 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 43%(48GW) → '23년 33%(41GW)로 설비용량 6.2GW 감소(석탄-6.2GW 감소 / 가스·원자력·양수·기타-유지)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 57%(62GW) → '23년 67%(85GW)로 설비용량 22.9GW 증가(태양광-17.6GW, 풍력-5.1GW 증가 / 수력 및 기타-유지)

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	9.7	9%	5.7	5%	3.8	3%	3.5	3%	3.5	3%
	가스	27.9	25%	27.9	25%	27.9	25%	27.9	23%	27.9	22%
	양수	3.3	3%	3.3	3%	3.3	3%	3.3	3%	3.3	3%
	기타*	6.9	6%	6.9	6%	6.9	6%	6.8	6%	6.8	5%
	소계	48	43%	44	39%	42	37%	42	35%	41	33%
무탄소 전원	원자력	7.1	6%	7.1	6%	7.1	6%	7.1	6%	7.1	6%
	태양광	8.7	8%	11.7	11%	15.4	14%	20.2	17%	26.3	21%
	풍력	25.7	23%	27.7	25%	28.7	25%	30.2	25%	30.8	24%
	수력	17.1	16%	17.1	15%	17.1	15%	17.1	14%	17.1	14%
	태양열	2.3	2%	2.3	2%	2.3	2%	2.3	2%	2.3	2%
	기타**	1.2	1%	1.3	1%	1.3	1%	1.3	1%	1.3	1%
소계		62	57%	67	61%	72	63%	78	65%	85	67%
총계		110	100%	111	100%	114	100%	120	100%	126	100%

* 열병합(화석연료), 유류, 비재생폐기물 등

** 저장장치, 재생폐기물, 기타 재생에너지 등

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '19~'23년 총 발전량 증가는 6TWh로 변동없고 '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-29%, 무탄소 전원-71%로 기존 대비 재생e 증가
- (전통 전원) 발전 비중은 '19년 41%(107TWh) → '23년 29%(78TWh)로 발전량 28.9TWh 감소(석탄-8.8TWh, 가스-10TWh, 기타-13TWh 감소)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 59%(154TWh) → '23년 71%(189TWh)로 발전량 34.9TWh 증가(태양광-28TWh, 풍력-8.2TWh 증가 / 수력·태양열·기타-유지)

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	12.7	5%	5.0	2%	5.0	2%	7.8	3%	3.9	1%
	가스	58.1	22%	45.8	18%	46.0	18%	70.0	25%	48.0	18%
	양수	1.6	1%	2.8	1%	2.6	1%	3.8	1%	5.2	2%
	기타*	34.7	13%	31.4	13%	30.8	12%	22.2	8%	21.1	8%
	소계	107	41%	85	34%	85	33%	104	38%	78	29%
무탄소 전원	원자력	55.8	21%	55.8	22%	54.0	21%	55.9	20%	54.3	20%
	태양광	9.3	4%	15.3	6%	21.0	8%	27.9	10%	37.3	14%
	풍력	54.2	21%	54.9	22%	60.5	23%	61.2	22%	62.6	23%
	수력	24.7	9%	30.6	12%	29.6	11%	17.9	6%	25.3	9%
	태양열	5.2	2%	4.5	2%	4.7	2%	4.1	1%	4.7	2%
	기타**	4.5	2%	5.2	2%	5.6	2%	5.6	2%	4.5	2%
소계		154	59%	166	66%	176	67%	173	62%	189	71%
총계		261	100%	251	100%	260	100%	276	100%	267	100%

* 열병합(화석연료), 유류, 비재생폐기물 등

** 배터리 저장장치, 재생폐기물, 기타 재생에너지 등

3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '30년 설비용량 비중은 무탄소 전원-85%, 전통 전원-15%
- 총 설비용량은 약 2배 증가('19년 111GW → '30년 214GW)하며 증가분 중 태양광 56%(68GW), 풍력 30%(37GW), 양수 5%(7GW), 저장장치 5%(6GW) 차지
 - 석탄 폐지(~'25년), 원자력 순차 폐지(~'35년), 복합화력 유지

< 스페인(PNIEC 2023-2030, '20년 수립) 설비 목표 (단위: GW) >

구분		'19년	'20년	'25년	'30년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	7.4	7.4	7.4	3.2	'19년:55% ↓ '30년:80%
	태양광	8.3	11.0	46.5	76.3	
	풍력(육상비중)	25.1	26.8	36.1	62.1(95%)	
	수력(양수제외)	14.0	14.0	14.3	14.5	
	바이오	0.6	0.8	1.2	1.8	
	태양열 및 기타	2.3	2.3	2.3	4.9*	
전통 전원	저장장치	3.1	3.1	6.0	8.9	'19년:45% ↓ '30년:20%
	석탄	10.2	10.2	0.0	0.0	
	복합화력	26.6	26.6	26.6	26.6	
	양수	3.3	3.3	3.3	10.0	
열병합 및 기타		9.7	9.5	7.4	6.0	
총계		111	115	151	214	100%

* 태양열 저장장치 3.6GW 포함으로 '30년 저장성 자원 총 22.5GW(양수, 배터리, 태양열)

- (발전량 목표) '30년 발전량 비중은 무탄소 전원-90%, 전통 전원-10%
- 총 발전량 약 1.5배 증가('19년 273TWh → '30년 422TWh)하며 증가분 중 태양광-53%(129TWh), 풍력-30%(74TWh), 저장장치-9%(23TWh) 차지
 - 복합화력은 유연성 자원으로 활용되어 발전량 감소('19년 58TWh → '30년 20TWh)

< 스페인(PNIEC 2023-2030, '20년 수립) 발전량 목표 (단위: TWh) >

구분		'19년	'20년	'25년	'30년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	58.3	58.3	56.2	35.2	'19년:59% ↓ '30년:90%
	태양광	9.4	15.7	83.2	138.3	
	풍력	55.6	56.4	74.7	130.1	
	수력(양수포함)	24.6	30.5	31.5	28.8	
	바이오	3.7	4.3	5.6	10.7	
	태양열 및 기타	6.8	6.1	7.6	14.2	
전통 전원	저장장치	2.2	3.5	14.3	25.1	'19년:41% ↓ '30년:10%
	석탄	14.0	5.8	0.0	0.0	
	복합화력	57.6	45.9	14.4	20.2	
	열병합 및 기타	40.8	36.8	26.0	20.0	
총계		273	263	314	422	100%

□ (탄소중립 추진전략) '50년 탄소중립을 위한 장기, 중기 계획 수립

- (장기 계획, ELP 2050) 2050년 탄소중립 달성을 위한 국가 로드맵으로 5개 주요 정책*을 기준으로 장기적 전략 방향 제시

* 온실가스 감축(에너지전환), 자연 흡수원 강화, 기후변화 적응과 회복력, 부문별 탈탄소화, 시민참여·정의로운 전환(사회 전 영역에 걸친 횡단적 요인)

- (중기 계획, PNIEC) 장기전략에 대한 10년 단위 이행 로드맵으로 온실가스 감축목표 달성을 위한 6개 분야* 실행 계획 수립

* 탈탄소, 에너지 효율, 에너지 안보, 에너지 시장, R&D, 기후적응 및 정의로운 전환

< 스페인 탄소중립 추진전략 >

구분	상위 계획(ELP 2050)	하위 계획(PNIEC 2023-2030)
기간(주기)	2050년(갱신-5년)	2030년(수립-10년, 갱신-5년)
목표	탄소중립 달성	감축목표 달성('05년 대비 55%)
성격	장기적 방향 제시	중기적 실행 계획
계획	탄소중립 경로·시나리오 제시	배출량 감축·투자계획 수립

□ (주요 과제) 총 110개 과제*로 목표, 추진방안, 주관부처 및 관계표 제시

* 탈탄소-37개, 에너지 효율-23개, 에너지 안보-9개, 에너지 시장-13개, R&D-18개, 기후환경-10개

- (탈탄소) 재생e 확대, 저장·수요관리, 산업·수송 부문 감축, 전력망 강화, 분산형 전원 및 PPA 확대, 수소·바이오가스 도입 등
- (에너지 시장) 전력시장 설계 개편, 용량시장 도입, 송전망 개발 계획, 소비자 보호 및 경쟁 촉진, 데이터 접근성 확대 등

< 정책 목표 - 110개 과제 매트릭스 >

부문 구분			탈탄소		에너지효율		에너지 안보		국가 전력시장		R&D													
			배출량	재생e																				
110개 과제			배출권	배출권 외	비율	수송관련	냉난방관련	전력관련	공공분야	산업분야	운송분야	주거분야	농업분야	의존도감소	석유수입	화연수감	공급안보	행정간소화	전력계통연계	송배전망	에너지비용	에너지빈곤	연구, 혁신, 경쟁력	
부문별 정책	1.1.	Desarrollo de energías renovables compatible con la biodiversidad y la protección de los ecosistemas																						
	1.2.	Desarrollo de energías renovables compatible con el territorio y el desarrollo rural																						
	1.3.	Desarrollo de nuevas instalaciones de generación eléctrica con renovables																						

110개 과제에 대해 과제 간 연관성을 매트릭스로 표현

110개 과제에 대해 과제 간 연관성을 매트릭스로 표현

참고

스페인 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	스페인 2050년 탄소중립 국가계획(ELP 2050) (ESTRATEGIA A LARGO PLAZO PARA UNA ECONOMÍA ESPAÑOLA MODERNA, COMPETITIVA Y CLIMÁTICAMENTE NEUTRA EN 2050.) https://ec.europa.eu/clima/sites/lts/lts_es_es.pdf
2	스페인 국가 에너지 및 기후변화 통합 계획(PNIEC* 2023-2030) (Plan Nacional Integrado de Energía y Clima ACTUALIZACIÓN 2023-2030) https://www.miteco.gob.es/es/energia/estrategia-normativa/pniec-23-30.html?utm_source=chatgpt.com
3	스페인 발·송전설비, 비재생 발전원별 배출량 등 실적 자료 https://www.ree.es/en
4	온실가스 배출량 데이터 (Greenhouse Gas Inventory Data) https://di.unfccc.int/detailed_data_by_party
5	스페인 배출량 인벤토리 보고서 (Informe de Inventario Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero) https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es-nid-edicion-2025-.pdf

III
TH

50

Ⅲ 영국

1. 설비용량 및 비중 추이

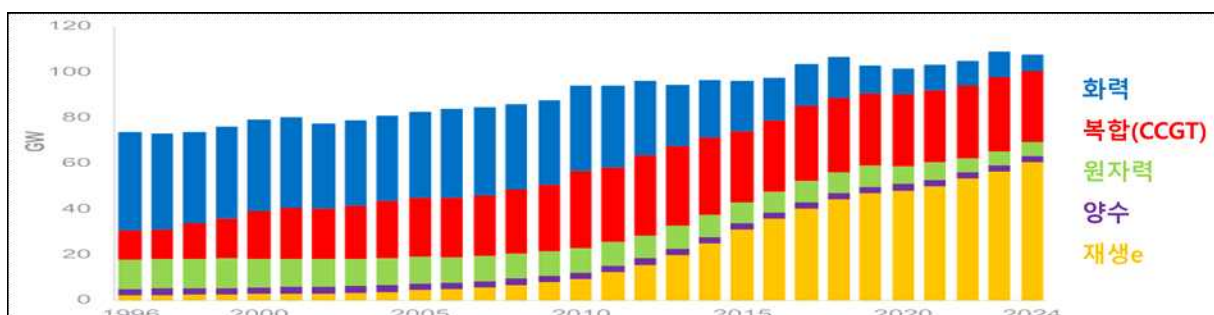
- (설비용량) '19~'23년 총 설비용량 증가량은 8.6GW이며 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-41%, 무탄소 전원-59%로 풍력 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 45%(47GW) → '23년 41%(46GW)로 설비용량 0.3GW 감소(화력-1.5GW 감소 / 복합화력-1.3GW 증가 / 양수-유지)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 55%(57GW) → '23년 59%(66GW)로 설비용량 8.9GW 증가(원자력-3.4GW 감소 / 태양광-2.9GW, 풍력-6.3GW, 저장장치-2.8GW 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구 분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	화력 (석탄, 유류 등)	12.4	12%	11.0	11%	11.1	11%	10.6	10%	10.9	10%
	복합(CCGT)	31.5	30%	31.6	31%	31.6	30%	32.0	30%	32.8	29%
	양수	2.7	3%	2.7	3%	2.7	3%	2.7	3%	2.7	2%
	소계	47	45%	45	44%	45	43%	45	42%	46	41%
무탄소 전원	원자력	9.3	9%	7.8	8%	7.8	8%	5.9	6%	5.9	5%
	태양광	13.3	13%	13.7	13%	14.2	14%	14.7	14%	16.2	14%
	풍력	23.9	23%	24.5	24%	25.7	25%	28.7	27%	30.2	27%
	수력	1.9	2%	1.9	2%	1.9	2%	1.9	2%	1.9	2%
	기타*	7.9	8%	8.0	8%	8.1	8%	8.2	8%	8.3	7%
	저장장치	0.7	1%	0.9	1%	1.3	1%	1.9	2%	3.5	3%
소계		57	55%	57	56%	59	57%	61	58%	66	59%
총계		104	100%	102	100%	104	100%	107	100%	112	100%

* 해양, 바이오, 폐기물 등

< 발전원별 설비용량 추이(UK ENERGY IN BRIEF 2025) >



2. 발전량 및 비중 추이

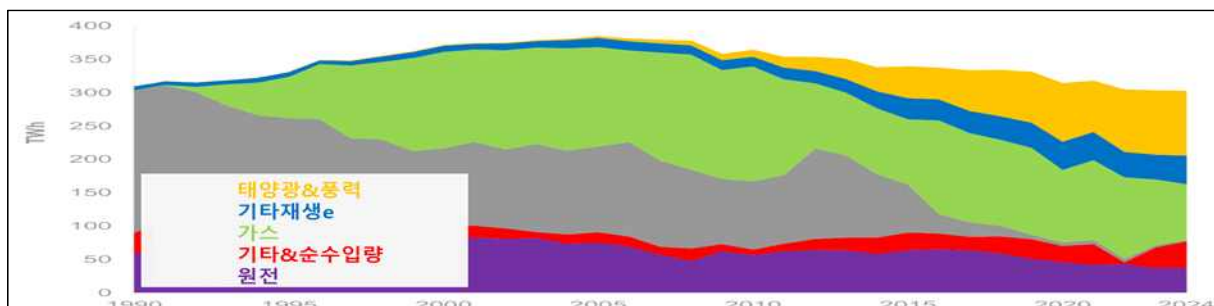
- (발전량) '19~'23년 총 발전량은 32.2TWh 감소하였고 '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-40%, 무탄소 전원-60%로 재생e 발전 확대
- (전통 전원) 발전 비중은 '19년 46%(151TWh) → '23년 40%(117TWh)로 발전량 34.5TWh 감소(석탄-3.1TWh, 가스-31.3TWh 감소)
- (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 54%(176TWh) → '23년 60%(178TWh)로 발전량 2.4TWh 증가(원자력-15.6TWh 감소 / 태양광-2.2TWh, 풍력-18.3TWh 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구 분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	6.9	2%	5.7	2%	6.8	2%	5.9	2%	3.8	1%
	가스	133.1	41%	111.9	36%	122.8	40%	125.1	39%	101.8	34%
	양수	1.8	1%	1.7	1%	2.0	1%	2.2	1%	2.8	1%
	유류 및 기타	9.4	3%	7.2	2%	7.7	2%	8.9	3%	8.3	3%
	소계	151	46%	126	41%	139	45%	142	44%	117	40%
무탄소 전원	원자력	56.2	17%	50.2	16%	46.1	15%	47.3	15%	40.6	14%
	태양광	12.4	4%	12.5	4%	12.1	4%	14.0	4%	14.6	5%
	풍력	63.8	20%	75.6	24%	64.9	21%	80.2	25%	82.1	28%
	수력	5.9	2%	6.9	2%	5.4	2%	5.1	2%	5.5	2%
	기타*	37.5	11%	38.6	12%	40.0	13%	36.0	11%	34.5	12%
	저장장치	0.1	0%	0.1	0%	0.1	0%	0.2	0%	1.0	0%
	소계	176	54%	184	59%	169	55%	183	56%	178	60%
총계		327	100%	310	100%	308	100%	325	100%	295	100%

* 해양, 바이오, 폐기물 등

< 발전원별 발전량 추이(UK ENERGY IN BRIEF 2025) >



3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '50년 전원구성은 재생e, 수소 등 무탄소 전원 중심으로 전환
 - 총 설비용량은 약 3.3배 증가('24년115GW → '50년377GW)하며 증가분 중 태양광 30%(78.3GW), 풍력 46%(121.8GW) 저장장치 16%(42.0GW) 차지
 - 가스 설비는 '50년까지 탄소포집(CCS)과 가스발전을 결합해 무탄소 전환

< FES 2025 균형전환(HT) 시나리오 기준 설비목표 (단위: GW) >

구분		'24년	'30년	'50년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	6.1	2.9	14.2	'24년:62% ↓ '50년:92%
	태양광	18.8	46.7	97	
	풍력	30	76.3	151.8 (육풍47.5/해풍104.4)	
	수력	1.9	1.9	2	
	기타	7.5	7.8	7.8	
	수소	-	0.1	26.1	
	저장장치	6.8	24.3	48.8	
소계		71	160	348	
전통 전원	가스	39.3	31.2	-	'24년:38% ↓ '50년:8%
	CCS가스	-	0.9	22.2	
	양수	2.7	4.1	7	
	유류	1.6	0.9	-	
	소계	44	37	29	
총계		115	197	377	100%

- (발전량 목표) '50년 발전량 비중은 재생e 중심으로 크게 확대
 - 총 발전량은 약 2.9배 증가('24년288TWh → '50년821TWh)하며 증가분 중 태양광 12%(63.9TWh), 풍력 75%(401.1TWh), 저장장치 9%(48.5TWh) 차지
 - 재생e 발전량 및 저장장치 방전량은 '50년 총 발전량의 약 81% 차지

< FES 2025 균형전환(HT) 시나리오 기준 발전량 목표 (단위: TWh)>

구분		'24년	'30년	'50년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	42.6	30.7	93.5	'24년:67% ↓ '50년:93%
	태양광	19.4	40.9	83.3	
	풍력	91.5	232.1	492.6	
	수력	3.5	3.4	3.7	
	기타	36.6	28.4	32.8	
	수소	0	0.5	10.4	
	저장장치	0.7	20.8	49.2	
소계		194	357	766	
전통 전원	가스	93.2	24	0	'24년:33% ↓ '50년:7%
	CCS가스	0	2.6	42.4	
	양수	0.4	7.1	13	
	유류	0	0	0	
	소계	94	34	55	
총계		288	391	821	100%

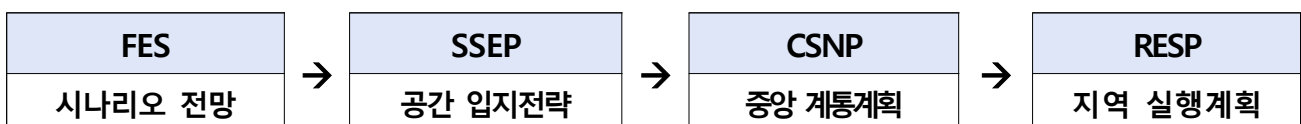
- (탄소중립 추진전략) Climate Change Act를 근거로 2050년 Net Zero 목표를 법제화하고, 전력부문 탈탄소화를 핵심 전략으로 추진
 - (종합전략, Powering up Britain('23년)) 정부 차원의 통합 에너지·기후 전략으로, 청정에너지 확대와 에너지안보 강화를 국가 정책 방향으로 제시
 - (전력부문, Clean Power 2030('24년)) '30년까지 발전의 95% 이상을 청정전원으로 전환하고, 송전망 확충, 시장제도 개편(REMA), 수소·저장장치 투자 확대를 추진

< Clean Power 2030 Action Plan('24년) 주요내용 >

구분	주요 추진방향
탄소배출	발전량 단위 배출량 171 → 50gCO ₂ eq/kWh로 감축
재생e	태양광 45~47GW, 풍력 70~79GW 확보
원전	기존 원전 수명연장 검토, 신규 SMR 개발 추진
가스	약 35GW 규모 가스발전은 예비자원으로 유지
수소·탄소포집(CCS)	수소, 탄소포집(CCS) 상용화를 통해 저탄소 전원확보

- (에너지계획) 장기전망(FES)을 기반으로 단계적 에너지계획 체계를 구축 중
 - (장기 전망, FES) 미래 수급 전망과 전원믹스 변화, 기술 확산 속도 등을 반영한 장기 에너지 시나리오로, 2050 탄소중립 경로 설정 및 후속 계획 수립의 근거로 활용됨
 - (공간전략계획, SSEP) 전력 및 수소 인프라의 권역별 최적 입지, 규모, 도입시기를 제시하는 최상위 공간 전략계획
 - (계통계획, CSNP) SSEP에서 정한 경로를 바탕으로 송전망 확충, 병목구간 해소, 우선 투자영역 등을 구체화한 중앙 계통계획
 - (지역계획, RESP) 지역별 수요특성, 전력망 여건, 분산자원 현황 등을 반영한 하위 실행계획으로, 지역 단위의 이행 로드맵 제시

< 영국 에너지계획 수립체계 >



참고**영국 참고자료 및 사이트**

No.	참고자료 및 사이트
1	영국 에너지 주요사항(UK energy in brief 2025) https://www.gov.uk/government/statistics/uk-energy-in-brief-2025
2	영국 에너지 통계(digest of UK Energy Statistics 2025) https://www.gov.uk/government/collections/digest-of-uk-energy-statistics-dukes#2025
3	청정전력 2030 실행계획(Clean Power 2030 Action Plan) https://www.gov.uk/government/publications/clean-power-2030-action-plan
4	청정전력 2030 계획(NESO, Clean Power 2030) https://www.neso.energy/publications/clean-power-2030
5	미래 에너지 시나리오(NESO, Future Energy Scenarios) https://www.neso.energy/publications/future-energy-scenarios-fes

IV

프 랑 스

IV 프 랑 스

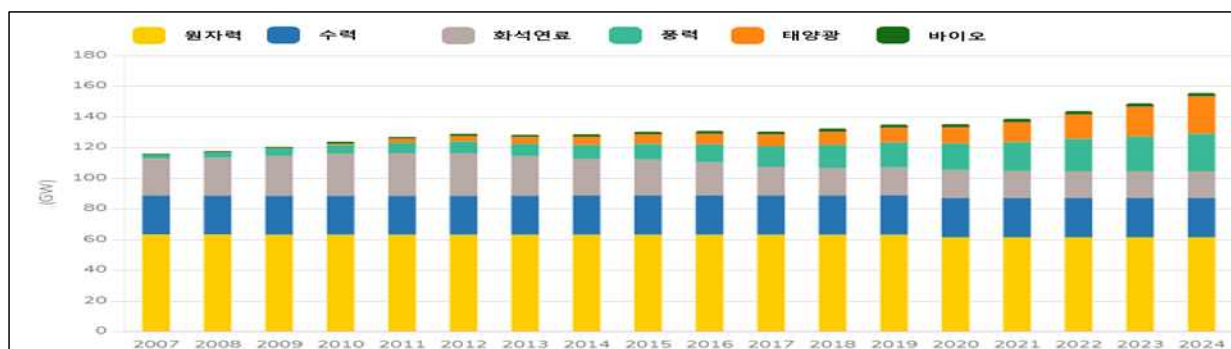
1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '19년~'23년 총 설비용량 증가량은 13.9GW로 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-12%, 무탄소 전원-88%로 태/풍 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 13%(18GW) → '23년 12%(18GW)로 설비용량 0.6GW 감소(석탄-1.9GW, 유류-0.5GW 감소 / 가스-1.8GW 증가)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 87%(117GW) → '23년 88%(131GW)로 설비용량 14.5GW 증가(원자력 1.7GW 감소 / 태양광 9.9GW, 풍력 6.2GW, 저장장치 0.9GW 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	3.7	2.8%	3.0	2.2%	2.9	2.1%	1.8	1.2%	1.8	1.2%
	유류	3.1	2.3%	2.9	2.1%	2.7	1.9%	2.7	1.9%	2.6	1.7%
	가스	11.3	8.4%	12.3	9.1%	12.0	8.6%	13.0	9.0%	13.1	8.7%
	소계	18	13%	18	13%	18	13%	18	12%	18	12%
무탄소 전원	원자력	63.1	46.7%	61.4	45.4%	61.4	44.1%	61.4	42.5%	61.4	41.0%
	태양광	9.5	7.0%	10.4	7.7%	13.1	9.4%	16.1	11.1%	19.4	13.0%
	풍력	16.5	12.2%	17.5	12.9%	18.8	13.5%	21.0	14.5%	22.7	15.2%
	수력 (양수포함)	25.7	19.0%	25.7	19.0%	25.7	18.5%	25.7	17.8%	25.7	17.2%
	바이오	2.1	1.6%	2.1	1.6%	2.2	1.6%	2.2	1.5%	2.2	1.5%
	저장장치	0.0	0.0%	0.1	0.1%	0.3	0.2%	0.5	0.4%	0.9	0.6%
	소계	117	87%	117	87%	122	87%	127	88%	132	88%
	총계	135	100%	135	100%	139	100%	144	100%	150	100%

< '07~'24년 발전원별 설비용량(RTE, Electricity Analysis and Data) >



2. 발전량 및 비중 추이

□ (발전량) '19~'23년 총 발전량은 41.6TWh 감소했으며, '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-6%, 무탄소 전원-94%로 소폭 변화

○ (전통 전원) 발전 비중은 '19년 8%(42TWh) → '23년 6%(32TWh)로 발전량 10.1TWh 감소(석탄-0.7TWh, 유류-0.2TWh, 가스-9.2TWh 감소)

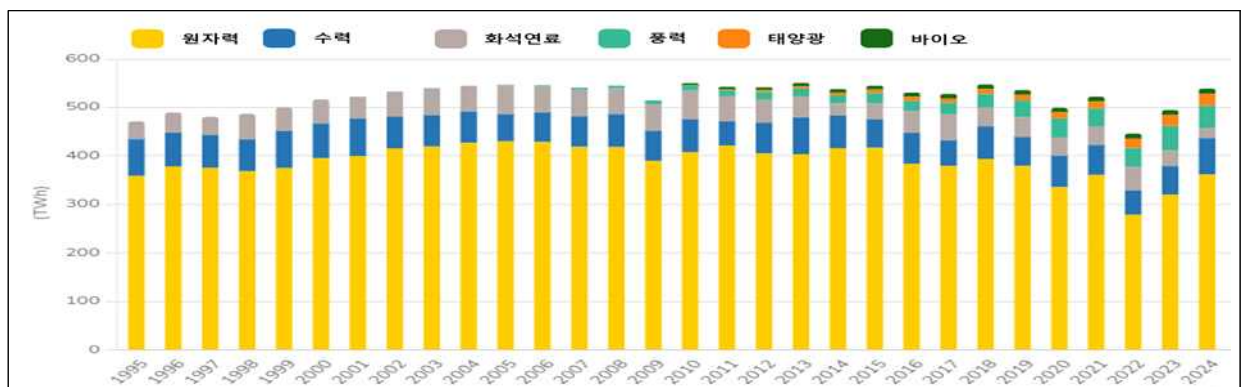
○ (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 92%(494TWh) → '23년 94%(463TWh)로 발전량 31.5TWh 감소(원자력-59.1TWh 감소 / 풍력-17.1TWh, 태양광-10.5TWh 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	1.5	0.3%	1.3	0.3%	3.8	0.7%	2.9	0.6%	0.8	0.2%
	유류	1.9	0.4%	1.6	0.3%	1.9	0.4%	2.2	0.5%	1.7	0.3%
	가스	38.3	7%	34.4	7%	32.8	6%	43.9	10%	29.1	6%
	소계	42	8%	37	7%	39	7%	49	11%	32	6%
무탄소 전원	원자력	379.5	71%	335.4	67%	360.7	69%	279	63%	320.4	65%
	태양광	12	2%	12.7	3%	14.2	3%	19.2	4%	22.5	5%
	풍력	33.8	6%	39.7	8%	36.9	7%	38.9	9%	50.9	10%
	수력 (양수포함)	59.6	11%	64.9	13%	62	12%	49.6	11%	58.8	12%
	바이오	9.5	2%	9.6	1.9%	10	2%	10.6	2%	10.3	2%
소계		494	92%	462	93%	484	93%	397	89%	463	94%
총계		536	100%	500	100%	522	100%	446	100%	495	100%

* 저장장치 발전량 데이터 제외

< '95~'24년 발전원별 발전량(RTE, Electricity Analysis and Data) >



3. 전력정책 동향

- (정부 정책) 원자력 및 재생e의 균형잡힌 전원구성을 통한 2050 탄소중립 달성 목표 설정
- (에너지계획 수립 체계) 에너지전환 및 녹색성장법(LTECV) 제정('15.8) 후 기후부문 및 에너지부문을 각각 SNBC 및 PPE로 이원화 관리

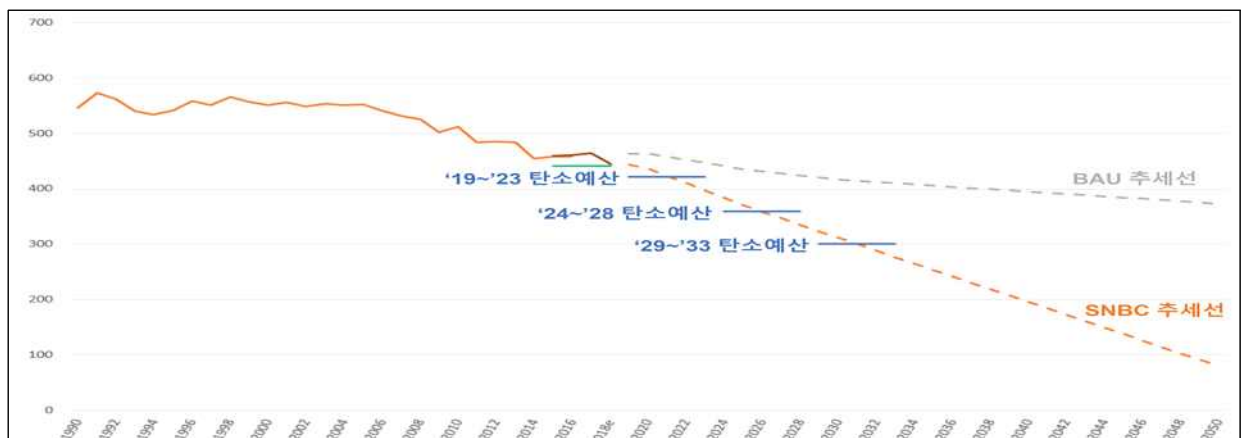
< 프랑스 에너지계획별 주요 내용 >

구분	주체	주요 내용	비고
에너지전환 및 녹색성장법(LTECV)	-	■ 제정('15.8) 통해 에너지·기후정책의 법적 근거 마련	상위 근거
국가저탄소전략(SNBC)	총리실, 환경부	■ 국가 전체 배출권(탄소 예산)을 5년 단위로 설정하여 부문별 감축 목표 및 경로 제시	기후 부문
다년도 에너지계획(PPE)	환경부	■ SNBC의 탄소예산을 준수하면서, 전원구성·에너지소비·인프라 확충계획을 10년 단위로 제시	에너지 부문
계통기술 시나리오(Energy Pathways to 2050)	RTE	■ SNBC와 PPE에서 제시한 목표의 달성 가능 방법 제시	연구 보고서

* PPE는 SNBC의 탄소예산 및 경로를 반영, SNBC는 PPE 결과를 평가하여 향후 탄소 예산 조정에 반영(상호보완 관계)

- (국가 저탄소전략) 2050 탄소중립 목표 달성을 위해 5년 단위로 부문별 온실가스 배출 경로 및 저감 방안 등 제시
 - (배출량 관리) SNBC를 통해 탄소 예산을 설정 후 구간별 배출 상한선을 두고 그 범위 내에서의 감축 경로 설정

< SNBC 온실가스 배출량 실적 및 전망 (MtCO₂eq) >



□ (소비량 및 설비용량 전망) 프랑스 계통운영자 RTE는 2050 탄소 중립 달성을 위한 경로 및 전원구성 및 소비량 시나리오를 구성

○ (소비량 전망) '30년부터 매년 1.3%의 경제성장 및 인구전망에 따라 기준수요 645 TWh 설정 후 최저수요 및 최대수요 시나리오 전망

< 2050년 전력소비량 시나리오(RTE) >

분야	기준수요 (TWh)	최저수요(TWh)		최대수요(TWh)	
		소비량	증감	소비량	증감
산업	180	160	△20	239	+59
가정	134	111	△23	134	-
서비스	113	95	△18	115	+2
교통	99	77	△22	99	-
수소	50	47	△3	87	+37
합계	645	555	△90	752	+107

○ (설비용량 전망) 각 시나리오는 재생e 및 원자력 비율에 따라 6가지로 구성되며, 모든 시나리오에서 기술적으로 탄소중립 달성 가능

< 2050년 전원믹스 시나리오(RTE) >

시나리오 구분	2050 전원별 설비용량 (GW)					전원믹스 비율	유연성 자원
	태양광	육상풍력	해상풍력	기존원전	신규원전		
M0 (재생 100%) (재생 100%, 원자력 0%)	~208 (21기)	~74 (4기)	~62	-	-		수요자원 15GW V2G 1.7GW 무탄소열병합 29GW 배터리 26GW
M1 (태양광 중심) (신재생 87%, 원자력 13%)	~214 (22기)	~59 (3.5기)	~45	16	-		수요자원 17GW V2G 1.7GW 무탄소열병합 20GW 배터리 21GW
M23 (풍력 중심) (신재생 87%, 원자력 13%)	~125 (12기)	~72 (4기)	~60	16	-		수요자원 15GW V2G 1.7GW 무탄소열병합 20GW 배터리 13GW
N1 (신규원전) (신재생 74%, 원자력 26%)	~118 (11기)	~58 (3.3기)	~45	16	13 (원자로 8)		수요자원 15GW V2G 1.7GW 무탄소열병합 11GW 배터리 9GW
N2 (신규원전) (신재생 63%, 원자력 36%)	~90 (8.5기)	~52 (2.9기)	~36	16	23 (원자로 14)		수요자원 15GW V2G 1.7GW 무탄소열병합 5GW 배터리 2GW
N03 (신규원전) (신재생 50%, 원자력 50%)	~70 (7기)	~43 (2.5기)	~22	24	~27 (원자로 14+ SMR)		수요자원 15GW V2G 1.7GW 배터리 1GW
기타 용량 (모든 시나리오 적용)	수력발전 22GW / 해양에너지 0~3GW / 바이오에너지 0~2GW / 수입 에너지 39GW / 양수발전 8GW						

* 전원 믹스 시나리오는 전력소비량 기준수요를 기준으로 계산

참고

프랑스 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	RTE, 2050 시나리오 https://www.rte-france.com/en/home
2	환경/에너지부, SNBC(저탄소전략) https://www.ecologie.gouv.fr/strategie-nationale-bas-carbone-snbc
3	환경/에너지부, PPE(다년도 에너지계획) https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe
4	raw 데이터(RTE, ODRE) https://analysesetdonnees.rte-france.com/production/synthese https://odre.opendatasoft.com/explore/dataset/prod-national-annuel-filiere/analyze
5	RTE, 전기 연감 https://analysesetdonnees.rte-france.com/bilan-electrique-2024/synthese

V

미국 중부(MISO)

V 미국 중부(MISO)

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '22~'24년 총 설비용량 증가량은 12GW으로 '24년 설비용량 비중은 전통 전원-64%, 무탄소 전원-36%으로 태양광 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '22년 70%(131GW) → '24년 64%(127GW)로 설비용량 4GW 감소(석탄-4.8GW 감소 / 가스-1GW 증가)
- (무탄소 전원) 설비 비중은 '22년 30%(55GW) → '24년 36%(71GW)로 설비용량 16GW 증가(원자력-0.8GW, 태양광-12GW(추정), 풍력-2GW(추정) 증가)

< 최근 3년(2022~2024) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구 분		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	51.3	28%	47.8	26%	46.5	23%
	가스	79.8	43%	80.2	43%	80.8	41%
	소계	131	70%	128	68%	127	64%
무탄소 전원	원자력	13.3	7%	13.4	7%	14.1	7%
	태양광	42*	23%	7.6	4%	16.2	8%
	풍력			30.6	16%	32.3	16%
	수력			7.6	4%	8.1	4%
	소계	55	30%	59	32%	71	36%
총계(기타 포함시)		186(190)	100%	187(191)	100%	198(202)	100%

* MISO, FACT SHEET(추정치, '23년부터 재생e 범주별 설비용량 제공)

** 기타(유류, 바이오매스, 저장장치, 수요반응) 항목도 있으나 세부 수치가 없어 제외

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '22~'24년 총 발전량은 13TWh 감소, '24년 기준 발전량 비중은 전통 전원-67%, 무탄소 전원-33%로 유지되며 가스가 석탄 대체
- (전통 전원) 발전 비중은 '22년 67%(430TWh) → '24년 67%(421TWh)로 발전량 8.5TWh 감소(석탄-48.9TWh 감소 / 가스-40.4TWh 증가)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '22년 33%(215TWh) → '24년 33%(211TWh)로 발전량 4TWh 감소(원자력-1.8TWh, 풍력-8.5TWh 감소 / 태양광-6.3TWh 증가)

< 최근 3년(2022~2024) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구 분		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	214.8	33%	171.9	28%	165.9	26%
	가스	214.8	33%	239.45	39%	255.2	40%
	소계	430	67%	411	68%	421	67%
무탄소 전원	원자력	91.1	14%	86.0	14%	89.3	14%
	태양광	6.5	1%	6.1	1%	12.8	2%
	풍력	104.2	16%	92.1	15%	95.7	15%
	수력	13.0	2%	12.3	2%	12.8	2%
	소계	215	33%	197	32%	211	33%
총계(기타 포함시)		644(651)	100%	608(614)	100%	632(638)	100%

* MISO, FACT SHEET

** 기타(유류, 바이오매스, 저장장치, 수요반응) 항목도 있으나 세부 수치가 없어 제외

3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '42년 설비용량 비중은 무탄소 전원-65%, 전통 전원-35%
 - 총 설비용량은 약 1.5배 증가('23년 215GW → '42년 314GW)하며 증가분 중 태양광-49%(67GW), 풍력-35%(48.5GW), 저장장치-8%(10.6GW) 차지
 - 저장장치를 主 유연성 자원으로 활용하여 복합화력은 일부 감소

< MISO Future(2023-2042, '22년 수립) 설비 목표, Future 1A 기준 (단위: GW) >

구분		'23년	'25년	'30년	'42년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	12.2	12.2	12.2	12.2	'23년:35% ↓ '42년:70%
	태양광	17.5	32.5	54.7	84.4	
	풍력	34.8	37.7	43.4	83.3	
	하이브리드*	0.3	8.3	8.6	12.2	
	저장장치	2.9	3.0	6.3	13.5	
전통 전원	석탄	46.1	37.0	14.7	6.5	'23년:65% ↓ '42년:30%
	복합화력	81.2	80.3	80.9	80.7	
총계(DR 등 포함 시)		195(215)	211(230)	221(239)	293(314)	100%

* 재생e+ESS를 별도 정의하여 분류

- (발전량 목표) '42년 발전량 비중은 무탄소 전원-74%, 전통 전원-26%
 - 총 발전량은 소폭 증가('23년 727TWh → '42년 782TWh)하며 증가분 중 태양광-43%(141TWh), 풍력-44%(144TWh), 저장장치-4%(13TWh) 차지
 - 복합화력은 유연성 자원으로 활용되어 발전량 감소('23년 184TWh → '42년 138TWh)

< MISO Future(2023-2042, '22년 수립) 발전량 목표, Future 1A 기준 (단위: TWh) >

구분		'23년	'25년	'30년	'42년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	98.1	97.4	95.3	95.8	'23년:35% ↓ '42년:77%
	태양광	40.4	74.5	122.7	181.3	
	풍력	98.6	106.9	121.5	242.9	
	재생e+ESS	0.9	23.6	24.5	34.8	
	저장장치	8.6	9.3	14.7	21.7	
전통 전원	석탄	269.5	248.8	100.2	36.3	'23년:65% ↓ '42년:23%
	복합화력	183.6	137.4	234.0	137.8	
총계(DR 등 포함 시)		700(727)	698(725)	713(737)	750(782)	100%

□ (탄소중립 추진전략) 州·회원사별 목표를 취합하여 단계적 배출 감소

- (장기계획) 시나리오를 수립하여 '05년 탄소배출량 대비 70~80% 감축을 목표로 하며, 이행 수준에 따라 Future 1A/2A/3A*로 구분

* 탄소 배출, 전기화, 재생e 보급 수준을 주요 변수로 고려하여 3가지 시나리오 구성

< MISO Future 시나리오별 주요 가정 >

구 분	Future1	Future2	Future3
탄소 배출	'05년 탄소 배출 대비 71% 감축	'05년 탄소 배출 대비 76% 감축	'05년 탄소 배출 대비 80% 감축
전기화	EV 소폭증가 연평균 증가율 : 0.22%	EV 증가 연평균 증가율 : 0.8%	EV 증가 연평균 증가율 : 1.08%
재생e 보급 수준	주 정부 계획 100% 반영	주 정부 계획 100% 반영	주 정부 계획 100% 반영
	未 법제화 목표 85% 반영	未 법제화 목표 100% 반영	未 법제화 목표 100% 반영

* (未 법제화 목표) MISO 관할 구역 내 29개 유틸리티 社 자체목표

- (이행수단) 송전망 확충 계획(MTEP)을 통하여 재생e 보급 기반 마련
☞ 저장장치 보급 확대 및 가스발전 활용을 통한 계통 유연성 확보

□ (에너지계획) 시나리오 기반 장기계획 및 송전망 확충 계획 연계를 통하여 재생e 중심의 안정적인 에너지계획 수립

- (설비전망, RRF) 계통접속 및 용량증설을 신청한 발전소 정보, 정책 목표를 바탕으로 지역별 필요한 설비용량 전망
- (계통평가, PROMOD) 설비전망을 통해 결정된 위치·용량을 바탕으로 SCUC, SCED 모의 및 평가 진행
- (송전망 계획, MTEP) 계통평가 결과를 기반으로 송전혼잡을 분석하여 송전망 설비계획을 수립 ☞ 미래 송전망 투자 자료로서 활용

< MISO 설비확장계획 순서 >



참고

미국 중부(MISO) 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	통계 자료(MISO, FACT SHEET('22~'24)) https://www.misoenergy.org/meet-miso/media-center/corporate-fact-sheet/
2	1A 시나리오 보고서(MISO, Futures Report Series 1A) https://www.misoenergy.org/engage/committees/futures/
3	송전망 계획(MISO, MTEP22 Report) https://www.misoenergy.org/markets-and-operations/real-time--market-data/market-reports/#t=10&p=0&s=MarketReportPublished&sd=desc
4	전력수급 운영보고서(Fuel and Consumables Reports) https://cdn.misoenergy.org/Fuel-Consumables%20Report%20-%2011-13-2023630897.pdf
5	시장운영 보고서(2024 State of the Market Report) https://www.misoenergy.org/markets-and-operations/independent-market-monitor2/#nt=%2Fimtype%3AAnnual%20State%20of%20the%20Market%20Report&t=10&p=0&s=FileName&sd=desc
6	시장감시 보고서(IMM Quarterly Report: Spring 2025) https://cdn.misoenergy.org/IMM%20Spring%202025%20Quarterly%20Report703606.pdf
7	에너지계획 모델링 매뉴얼(MISO Planning Modeling Manual) https://cdn.misoenergy.org/MISO%20Planning%20Modeling%20Manual%20v4.4105063.pdf

VI

미국 캘리포니아(CAISO)

VI 미국 캘리포니아(CAISO)

1. 설비용량 및 비중 추이

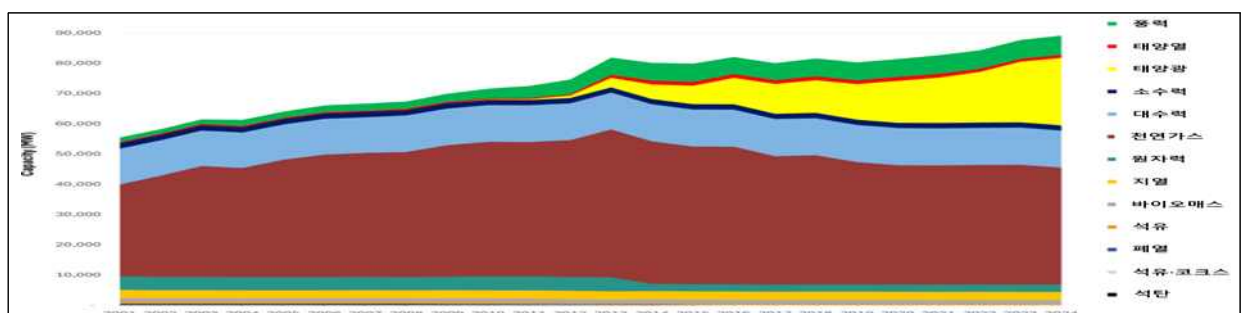
- (설비용량) '19년~'23년 총 설비용량 증가량은 7.5GW로 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-46%, 무탄소 전원-55%로 태양광 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 51%(41GW) → '23년 45%(40GW)로 설비용량 0.8GW 감소(석탄·유류 유지 / 가스-0.8GW 감소)
- (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 49%(40GW) → '23년 55%(48GW)로 설비용량 8.4GW 증가(태양광-8.4GW, 풍력-0.3GW 증가 / 원자력·수력·바이오·기타 유지)

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	0.1	0.1%	0.1	0.1%	0.1	0.1%	0.1	0.1%	0.1	0.1%
	유류	0.4	0.5%	0.4	0.5%	0.4	0.5%	0.4	0.5%	0.4	0.4%
	가스	40.5	50.3%	39.5	48.4%	39.4	47.6%	39.5	46.8%	39.7	45.1%
	소계	41	51%	40	49%	40	48%	40	47%	40	45%
무탄소 전원	원자력	2.4	3.0%	2.4	2.9%	2.4	2.9%	2.4	2.8%	2.4	2.7%
	태양광	11.8	14.7%	14.0	17.1%	15.1	18.2%	16.9	20.0%	20.2	22.9%
	풍력	6.0	7.4%	6.0	7.4%	6.2	7.5%	6.2	7.3%	6.3	7.1%
	수력	14.0	17.4%	14.0	17.2%	14.0	16.9%	14.0	16.6%	14.0	15.9%
	바이오	1.3	1.7%	1.3	1.6%	1.3	1.5%	1.3	1.5%	1.3	1.5%
	기타*	4.0	5.0%	4.0	4.9%	4.0	4.8%	3.7	4.4%	3.8	4.3%
	소계	40	49%	42	51%	43	52%	45	53%	48	55%
총계		81	100%	82	100%	83	100%	85	100%	88	100%

* 태양열, 지열, 폐열

< '01~'24년 캘리포니아주 전원별 설비용량(CEC, Electric Generation Capacity and Energy) >



2. 발전량 및 비중 추이

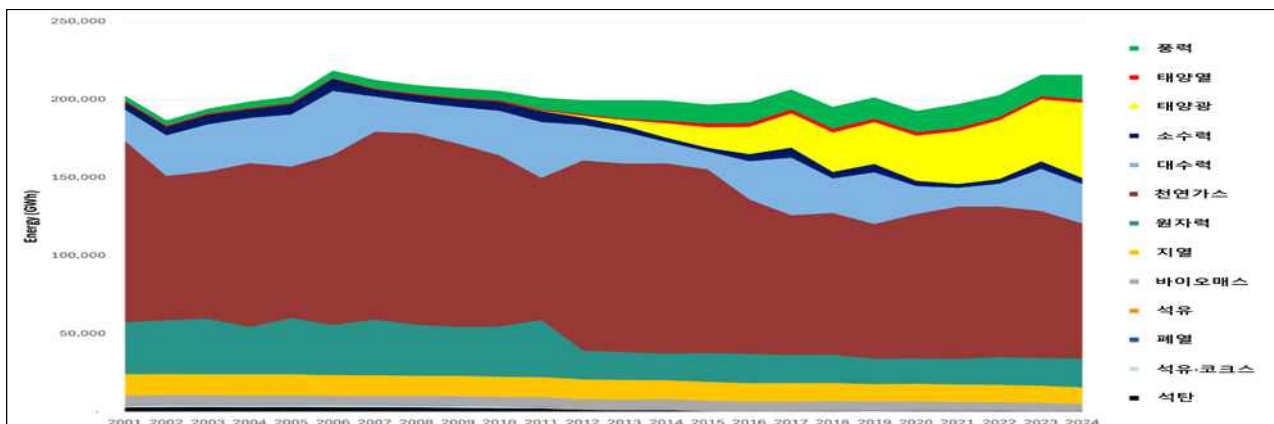
- (발전량) '19~'23년 총 발전량은 14.8TWh 증가했고, '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-44%, 무탄소 전원-56%로 가스, 태양광 증가
- (전통 전원) 발전 비중은 '19년 43%(87TWh) → '23년 44%(95TWh)로 발전량 7.7TWh 증가(가스-7.9TWh, 석탄-0.1TWh 증가 / 유류-0.2TWh 감소)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 57%(115TWh) → '23년 56%(122TWh)로 발전량 7.1TWh 증가(원자력-1.6TWh, 태양광-13.2TWh 증가 / 수력-6.6TWh 감소)

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	0.2	0.1%	0.3	0.2%	0.3	0.2%	0.3	0.1%	0.3	0.1%
	유류	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.0	0.0%
	가스	86.3	43%	92.4	48%	97.5	49%	96.5	48%	94.2	44%
	소계	87	43%	93	48%	98	50%	97	48%	95	44%
무탄소 전원	원자력	16.2	8%	16.3	8%	16.5	8%	17.6	9%	17.7	8%
	수력	38.5	19%	21.4	11%	14.5	7%	17.6	9%	31.9	15%
	태양광	26.9	13%	29.0	15%	34.1	17%	38.0	19%	40.0	19%
	풍력	13.7	7%	13.7	7%	15.3	8%	14.1	7%	13.9	6%
	바이오	6.1	3%	5.9	3%	5.6	3%	5.6	3%	5.2	2%
	기타*	13.5	7%	13.8	7%	13.4	7%	13.4	7%	13.1	6%
	소계	115	57%	100	52%	99	50%	106	52%	122	56%
총계		202	100%	193	100%	197	100%	203	100%	216	100%

* 태양열, 지열, 폐열

< '01~'24년 캘리포니아주 전원별 발전량(CEC, Electric Generation Capacity and Energy) >



3. 전력정책 동향

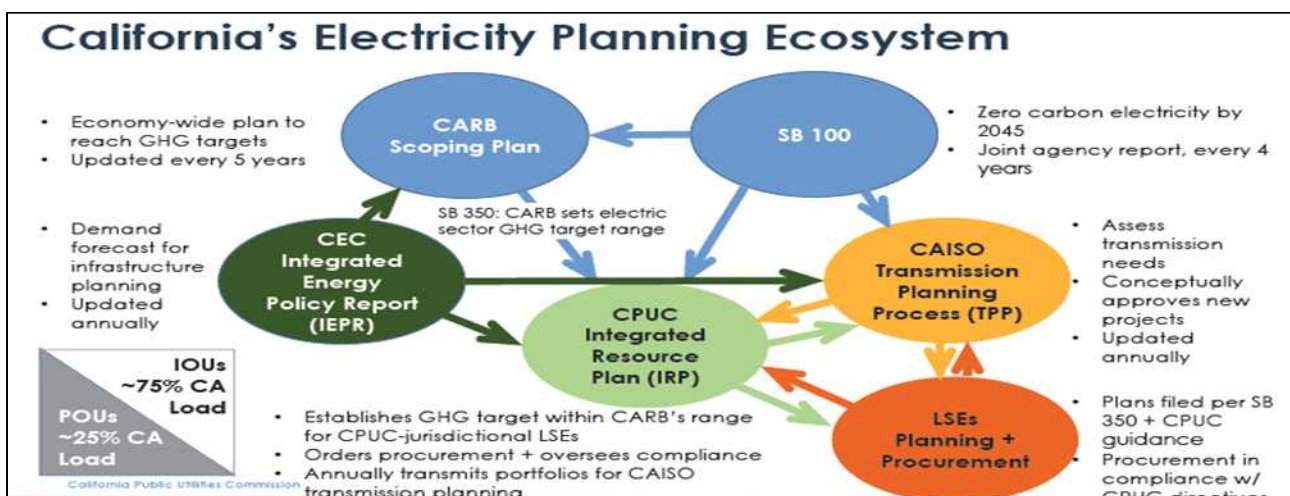
- (에너지계획 수립체계) 마스터플랜 형태의 계획 수립이 아닌, 여러 기관 간 상호작용을 통한 단계별 에너지계획 수립이 주요 특징
- 수요전망(CEC, "IEPR"), 전원구성(CPUC, "IRP"), 송전계획(CAISO, "TPP"), 탄소중립정책(CARB, "Scoping Plan") 등 단계별 수립 주체가 상이

< 캘리포니아주 에너지계획별 주요 내용 >

구분	수립주체/주기	주요 내용
통합에너지정책보고서 (Integrated Energy Policy Report; IEPR)	CEC / 2년	전력·가스 수요전망을 통해 전체 계획의 수요·전기화 가정 제공
통합자원계획 (Integrated Resource Plan; IRP)	CPUC / 2년	- 전원구성 세부 결정 - 전력부문 온실가스 상한 설정 및 판매사업자(LSE)별 조달의무 결정 - 자원 적정성 제도 운영(의무용량 부과)
송전계획 (Transmission Planning Process; TPP)	CAISO / 5년	신뢰도, 경제성, 정책요건 등 반영한 송전 필요량 평가
Scoping Plan	CARB / 5년	2045 탄소중립 경로 확정
SB100 Report	CEC-CPUC-CARB 합동 / 4년	2045 탄소중립 달성 시나리오, 비용, 신뢰도 평가 등 공동 보고 - IRP, TPP, Scoping Plan과의 정합성 점검하는 상위 문서

* CEC(캘리포니아 에너지 위원회), CPUC(캘리포니아 공공시설 위원회), CARB(캘리포니아 대기자원 위원회)

< 캘리포니아주의 전원계획 관계도 >

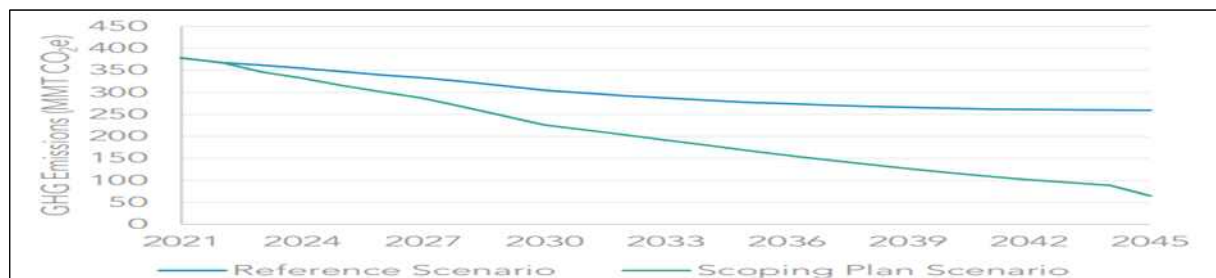


□ (탄소중립 추진 전략) SB 100(Senate Bill 100, 2018) 법안 수립을 통해 '45년 탄소 중립 달성을 위한 법적 근거 마련

- 이에 따라 무탄소 전원 공급목표('30년 60%, '45년 100%) 달성을 위해 4년 주기로 SB 100 보고서 발간 중

□ (배출량 관리) CARB의 온실가스 배출 전망을 통해 州 전체 2045 탄소중립 시나리오 및 부문별 경로 등 목표 제시

< Scoping Plan 온실가스 배출량 및 전망 (MMT CO₂e) >



□ (설비 목표) '35년 설비용량 비중은 무탄소 전원-89%, 전통 전원-11%

- 총 설비용량은 약 2.1배 증가('25년 90GW → '45년 192GW)하며 증가분 중 태양광-50%(52GW), 풍력-24%(25GW) 저장장치-29%(30GW) 차지

< 캘리포니아주 연도별 설비 목표(IRP 결과) (단위: GW) >

구분		'25년	'30년	'35년	'45년	비중 추이
무탄소 전원	원자력	0.6	0.6	0.6	0.6	'25년:70% ↓ '39년:89%
	태양광	25.0	33.8	38.0	76.5	
	풍력(州내/州외)	8.8(8.2/0.6)	18.2(13.7/4.5)	26.5(20.2/6.3)	33.5(21.5/12)	
	수력	8.5	8.5	8.5	8.5	
	바이오	0.7	0.9	0.9	0.8	
	저장장치	15.3	22.2	28.2	44.9	
	기타	3.8	5.3	5.8	5.8	
	소계	63	90	109	171	
전통 전원	석탄	0.0	0.0	0.0	0.0	'25년:30% ↓ '39년:11%
	가스	23.7	23.3	23.3	19.4	
	양수	1.5	2.0	2.0	2.0	
	기타	1.9	1.9	1.0	0.0	
	소계	27	27	26	21	
합계		90	117	135	192	100%

* CPUC(2023 PSP total installed capacity by fuel type)

참고**미국 캘리포니아(CAISO) 참고자료 및 사이트**

No.	참고자료 및 사이트
1	설비용량 및 발전량 raw 데이터(CEC) https://www.energy.ca.gov/data-reports/energy-almanac/california-electricity-data/electric-generation-capacity-and-energy
2	탄소배출계획(CARB, 2022 Scoping Plan) https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/ab-32-climate-change-scoping-plan/2022-scoping-plan-documents?utm_source=chatgpt.com
3	장기 송전전망(CAISO, 20-Year Transmission Outlook 2023-2024) https://stakeholdercenter.caiso.com/RecurringStakeholderProcesses/20-Year-transmission-outlook-2023-2024
4	요금 기준서(CAISO, Tariff(FERC-approved tariff)) https://www.caiso.com/legal-regulatory/tariff

VII

미국 텍사스(ERCOT)

VII 미국 텍사스 (ERCOT)

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '22~'24년 총 설비용량 증가량은 10GW로 '24년 설비용량 비중은 전통 전원-57%, 무탄소 전원-43%으로 모두 증가
- (전통전원) 설비 비중은 '22년 57%(79GW) → '24년 57%(83GW)로 설비용량 4GW 증가(석탄-1.1GW, 가스-3.3GW 증가)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '22년 43%(59GW) → '24년 43%(64GW)로 설비용량 5GW 증가(원자력-0.5GW, 태양광-1.4GW, 풍력-3GW 증가)

< 최근 3년(2022~2024) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구 분		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	13.8	10%	13.9	10%	14.9	10%
	가스	59.2	43%	58.4	42%	62.5	42%
	기타*	5.5	4%	5.6	5%	6	5%
	소계	79	57%	78	57%	83	57%
무탄소 전원	원자력	5.5	4%	5.6	4%	6	4%
	태양광	16.5	12%	16.7	12%	17.9	12%
	풍력	37.2	27%	37.6	27%	40.2	27%
	수력	-	-	-	-	-	-
	소계	59	43%	60	43%	64	43%
총계		138	100%	138	100%	148	100%

* 유류 등

** LCG 컨설팅 보고서 추정치 대응

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '20~'24년 총 발전량은 84TWh 증가, '24년 기준 발전량 비중은 전통 전원-58%, 무탄소 전원-42%로 가스, 태양광, 풍력 증가
- (전통 전원) 발전 비중은 '20년 64%(243TWh) → '24년 58%(265TWh)로 발전량 22TWh 증가(석탄-10.2TWh 감소 / 가스-30.6TWh 증가)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '20년 36%(138TWh) → '24년 42%(199TWh)로 발전량 61TWh 증가(원자력-2.8TWh 감소 / 태양광-39.5TWh, 풍력-24.6TWh 증가)

< 최근 5년(2020~2024) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구 분		'20년		'21년		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	68.5	18%	74.8	19%	71.5	17%	61.7	14%	58.3	13%
	가스	173.8	46%	164.4	42%	183	43%	200.4	45%	204.4	44%
	기타*	0.4	0%	0.4	0%	1.2	0%	1.2	0%	2.6	1%
	소계	243	64%	240	61%	256	60%	263	59%	265	58%
무탄소 전원	원자력	41.5	11%	40.3	10%	41.7	10%	40.7	9%	38.7	8%
	태양광	8.7	2%	15.7	4%	24.2	6%	32.4	7%	48.2	10%
	풍력	87.1	23%	95.4	24%	107.3	25%	108	24%	111.7	24%
	수력	0.6	0%	0.5	0%	0.3	0%	0.3	0%	0.5	0%
	소계	138	36%	152	38%	174	41%	181	40%	199	42%
총계		381	100%	392	100%	429	100%	445	100%	465	100%

* 유류 등

** IntGenbyFuel('20~'24)

3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '39년 설비용량 비중은 무탄소 전원-66%, 전통 전원-34%
- 총 설비용량은 최대 2.9배 증가('24년 148GW → '39년 498GW)하며 증가분 중 태양광-38%(132GW), 풍력-12%(44GW), 저장장치-25%(88.2GW) 차지
 - (시나리오 구성) ① Current Trends, ② High Large Load Adoption, ③ High Load Growth & Environmental Regulation(HLG&ER)로 구성

< LTSA 시나리오 설명 >

시나리오	설명
① Current Trends	수요성장·경제동향·연료비 등 現 추세 기준으로 발전설비 및 송전망 확충을 최적화한 시나리오
② High Large Load Adoption	송전사업자가 제출한 대형 신규부하 대거 채택을 가정하여 전력망 영향을 평가하는 시나리오
③ High Load Growth & Environmental Regulation	전력수요 급증과 환경규제를 함께 적용한 시나리오

- (시사점) 폐지 설비용량 대체·전력수요 증가분 충족을 위해 재생e 대규모 보급 ➡ 재생e 간헐성 대응을 위한 저장장치 자원 투입 必
- 유연성 자원으로서 BESS·복합화력이 주요한 역할을 할 것으로 기대

< ERCOT(LTSA 2024-2039, '15년 수립) 설비 목표 (단위: GW) >

구분		'24년	시나리오① ('39년)	시나리오② ('39년)	시나리오③ ('39년)	비중 추이
무탄소 전원	원자력	6	5.2	5.2	5.2	'24년:43% ↓ '39년:66% (시나리오③ 기준)
	태양광	17.9	62.1	158.6	150.2	
	풍력	40.2	55.1	61.0	83.8	
	저장장치	-	26.4	35.8	88.2	
전통 전원	석탄&가스터빈*	14.9	21.7	94.6	112.7	'19년:57% ↓ '39년:34% (시나리오③ 기준)
	복합화력	62.5	53.6	66.6	55.4	
	기타(유류 등)	6	4.4	4.4	2.7	
총계		148	228	426	498	100%

* ('24년) 석탄 설비용량이 14.9GW의 대다수를 차지함

('39년) 가스터빈 용량이 각 시나리오 설비용량의 대부분을 차지함

- (에너지계획) 10~15년 장기 계획 범위에서 초고압(345kV) 계통의 잠재적 요구에 대한 평가 제공 및 지역 송전 계획(RTP) 결정 가이드
- (시나리오 개발) 이해관계자 의견을 반영하여 지역 내 주요 동향·동인·불확실성을 구조화 ➡ 시나리오별 데이터 모형 구축

< ERCOT LTSA 2024 시나리오별 주요 가정 >

구 분	시나리오①	시나리오②	시나리오③
최대전력	재생e 공급 확대를 통해 미래 전력수요 충족		
연간 전력수요	711,078GWh	1,346,200GWh	1,363,494GWh
석탄 폐지물량	'38년까지 10.9GW	'38년까지 10.9GW	'35년까지 12.7GW
탄소비용	0\$/ton (탄소비용은 고려하지 않는 것으로 통일)		

- (수요 예측) 기상·경제 등 변수를 결합한 모형으로 시간대별 수요를 추정하며, 8개의 기상권역을 구분하여 개별 모델링 진행
- (설비진입/폐지 검토) 시나리오별 금융가정(Capex, Opex, 할인율 등)을 입력 전제로 신규 설비 유형·규모와 퇴출 필요 설비를 산정함
- (혼잡분석/송전계획) 설비·수요 가정이 반영된 시나리오를 바탕으로 송전망 혼잡에 따른 송전망 증설 투자 계획을 수립

< Long Term System Assessment 수립 프로세스 >



참고

미국 텍사스(ERCOT) 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	전력시장 전망 (LCG CONSULTING, ERCOT ELECTRICITY MARKET OUTLOOK('22~'24)) https://www.energyonline.com/reports/2025_ERCOT_Outlook.pdf
2	발전량 데이터(ERCOT, IntGenByFuel('20~'24)) https://www.ercot.com/gridinfo/generation
3	장기 송전망 계획 (ERCOT, 2024 Long-Term System Assessment for the ERCOT Region) https://www.ercot.com/gridinfo/planning
4	운영예비력 수요곡선 보고서 (ERCOT, 2024 Biennial ERCOT Report on the ORDC) https://www.ercot.com/news/presentations/2024/
5	공급, 수요, 예비력 보고서 CapacityDemandandReservesReport https://www.ercot.com/files/docs/2025/05/15/CapacityDemandandReservesReport_May2025.pdf
6	월간 자원적정성 전망 보고서 (Monthly Outlook for Resource Adequacy (MORA)) https://www.ercot.com/files/docs/2025/10/03/MORA_December2025.pdf
7	계절별 자원적정성 평가 보고서 (Seasonal Assessment of Resource Adequacy for the ERCOT Region) https://www.ercot.com/files/docs/2023/09/19/SARA_Fall2023.pdf

VIII

미국 동부 (PJM)

VIII 미국 동부(PJM)

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '20~'24년 총 설비용량 증가량은 0.7GW로 변동없고, '24년 설비용량 비중은 전통 전원-69%, 무탄소 전원-31%로 가스, 태양광 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '20년 74%(147GW) → '24년 69%(138GW)로 설비용량 8.8GW 감소(석탄-11.4GW, 기타-2.4GW 감소 / 가스 5.3GW 증가)
- * PJM의 관할지역인 마셀러스(Marcellus)와 유티카(Utica)는 미국 내에서도 가장 큰 셰일가스 저장지역으로 가스발전 비중이 높음
- (무탄소 전원) 설비 비중은 '20년 26%(51GW) → '24년 31%(61GW)로 설비용량 9.6GW 증가(태양광 8.5GW, 풍력 1.3GW 증가 / 이외-유사)

< 최근 5년(2020~2024) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'20년		'21년		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	50.2	25%	49.1	25%	44.3	22%	39.9	20%	38.8	20%
	가스	83.8	42%	85.3	43%	89.2	45%	88.2	45%	89.1	45%
	양수	5.1	3%	4.8	2%	4.8	2%	4.8	2%	4.8	2%
	기타*	7.7	4%	7.1	4%	6.7	3%	5.8	3%	5.3	3%
	소계	147	74%	146	73%	145	73%	139	71%	138	69%
무탄소 전원	원자력	33.5	17%	33.5	17%	33.5	17%	33.5	17%	33.5	17%
	태양광	3.5	2%	4.8	2%	5.4	3%	9.0	5%	12.0	6%
	풍력	10.9	6%	11.2	6%	11.4	6%	12.1	6%	12.2	6%
	수력	3.0	2%	3.0	2%	2.8	1%	2.8	1%	2.8	1%
	저장장치	0.4	0%	0.3	0%	0.3	0%	0.4	0%	0.4	0%
	기타**	0.03	0%	0.03	0%	0.03	0%	0.03	0%	0.03	0%
소계		51	26%	53	27%	53	27%	58	29%	61	31%
총계		198	100%	199	100%	198	100%	197	100%	199	100%

* 유류, 폐기물 등

** 연료전지 등

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '20~'24년 총 발전량 증가는 36TWh로 '24년 기준 발전량 비중은 전통 전원-61%, 무탄소 전원-39%로 가스, 태양광 증가
- (전통 전원) 발전 비중은 '20년 61%(491TWh) → '24년 61%(513TWh)로 발전량 22.8TWh 증가(석탄-34TWh 감소, 가스-53.7TWh 증가, 이외-유사)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '20년 39%(319TWh) → '24년 39%(333TWh)로 발전량 13.2TWh 증가(태양광-13.6TWh, 풍력-5TWh 증가/ 원자력-3.9TWh, 수력-1.9TWh 감소)

< 최근 5년(2020~2024) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구분		'20년		'21년		'22년		'23년		'24년	
전통 전원	석탄	156.6	19%	184.4	22%	167.6	20%	120.9	15%	122.6	14%
	가스	322.5	40%	314.9	38%	335.7	40%	363.7	44%	376.2	44%
	양수	5.0	1%	5.0	1%	6.1	1%	6.1	1%	6.4	1%
	기타*	6.5	1%	6.8	1%	6.8	1%	6.7	1%	8.0	1%
	소계	491	61%	511	61%	516	61%	497	61%	513	61%
무탄소 전원	원자력	276.6	34%	272.7	33%	271.5	32%	273.5	33%	272.7	32%
	태양광	3.9	0%	7.4	1%	9.2	1%	11.1	1%	17.5	2%
	풍력	26.4	3%	27.7	3%	31.5	4%	28.9	4%	31.4	4%
	수력	11.5	1%	11.6	1%	9.6	1%	9.4	1%	9.6	1%
	배터리 저장장치	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.0	0%	0.1	0%
	기타**	0.9	0%	1.2	0%	1.4	0%	1.3	0%	1.2	0%
소계		319	39%	321	39%	323	39%	324	39%	333	39%
총계		810	100%	832	100%	839	100%	822	100%	846	100%

* 유류, 폐기물 등

** 바이오 연료, 연료전지 등

3. 전력정책 동향

□ (설비 목표) '50년 설비용량 비중은 전통 전원-20%, 무탄소 전원 -80%

- 총 설비용량은 약 2배 증가('24년 198.9GW → '50년 399.4GW)하며 증가분 중 태양광-47%(118.7GW), 풍력-41%(104.5GW), 저장장치-11%(27.1GW) 차지
- 석탄의 단계적 폐지, 원자력은 기존 발전기의 지속 운영을 가정
- 재생e는 저장장치 연계형 태양광과 육상풍력 위주 확대

< PJM(Energy transition in PJM, '24년 발간) 설비 목표 (단위: GW) >

구분		'24년	'35년	'50년	비중 추이
전통 전원	석탄	38.8	25.7	15.8	'24년 : 67% ↓ '50년 : 20%
	가스	89.1	82.3	62.8	
	유류 등	5.3	4.6	1.0	
	소계	133	113	80	
무탄소 전원	원자력	33.5	34.0	34.0	'24년 : 33% ↓ '50년 : 80%
	태양광	12.0	45.7	130.7	
	풍력	12.2	31.7	116.7	
	수력 (양수포함)	7.6	9.5	9.6	
	저장장치	0.4	6.5	27.5	
	기타	0.0	1.4	1.3	
	소계	66	129	320	
총계		199	241	399	100%

□ (탄소중립 추진전략(미국)) 단기 목표로 2035년까지 발전부문 탈탄소화, 장기 목표로 2050년 Net Zero 달성을 공식적으로 발표

- (에너지 전망) 매년 '50년까지의 미국 내 에너지 전망을 제공(EIA)
- (신재생e 보급 목표) 연방정부 차원의 신재생e 보급 달성 목표는 없으나 주별로 자체 목표를 설정하고 운영
 - (메릴랜드) '35년까지 100% 청정·재생e 공급 목표(법안, 의무적 기준)
 - (뉴저지) '50년까지 100% 청정 전기사용 목표(정책 계획, 로드맵 성격)

- (에너지계획(PJM)) 시장 중심의 공급능력 확보 체계이나, 별도의 전망 보고서를 통해 에너지 전환 과정에서의 재생e 보급 영향 분석
 - (공급계획) 확정적 공급계획 대신 전망 가능한 수준에서 수요와 공급 균형을 평가하고 시장에 적절한 신호를 제시하는 역할 수행
 - (수요 전망) 향후 20년에 대한 단일 수요 전망 체계로 매년 갱신
 - (공급 전망) 전망 수요를 바탕으로 향후 10년에 대한 필요 설비 수준 분석 결과(IRM*, FPR**)를 매년 발표
- * Installed Reserve Margin(IRM) : 최대부하를 초과하는 예비 용량 수준
- ** Forecast Pool Requirement(FPR) : 계통에서 필요로 하는 신뢰성 용량 수준
 - (용량 시장) 공급 전망에서 산정한 IRM과 FPR을 적용하여 미래 연도의 공급능력 확보를 위한 용량시장을 매년 개설
- (재생e 영향 분석) 화력발전 폐지 및 재생e 보급 수준에 따른 시나리오를 통해 정책목표 달성 여부, 전력망 안정성 등 통합 영향 평가
 - (Base) 현행정책을 전제로 하는 시나리오로, 해당 경로로는 2050 Net Zero 달성이 불가함을 시사
 - (Policy) PJM 관내 주들의 RPS 목표(~'35년) 충족 시나리오
 - (Accelerated) 확장된 RPS 목표(~'50년)를 반영한 시나리오로, 화력발전 폐지와 재생e 보급의 상한 수준 제시

< 시나리오별 주요 특징 >

구분	Base	Policy	Accelerated
화력 발전 폐지	단기(~'30년) 8.5GW 폐지 확정	중기(~'35년) 41GW 폐지 가정	장기(~'50년) 71GW 폐지 가정
재생e 및 저장장치 진입	25.5GW 진입 예정	84GW 진입 필요	275GW 진입 필요
재생e 발전량 비중	8%	22%	61%
목적	정책입안자를 위한 참고자료 제공 (독립적인 관점에서 객관적·다각적 시사점 제공)		

참고

미국 동부(PJM) 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	2022~2024 PJM 연간 시장 보고서 (Annual State of the Market Report) https://www.monitoringanalytics.com/reports/PJM_State_of_the_Market/2024.shtml
2	2025 PJM 수요 보고서 (Load Report) https://www.pjm.com/-/media/DotCom/library/reports-notice/load-forecast/2025-load-report.pdf
3	2024 PJM의 에너지 전환 - 미래를 위한 유연성 (Energy transition in PJM - flexibility for the future) https://www.pjm.com/-/media/DotCom/library/reports-notice/special-reports/2024/20240624-energy-transition-in-pjm-flexibility-for-the-future.pdf
4	2023 PJM 자원적정성 분석 보고서 (PJM reserve requirement study) https://www.pjm.com/-/media/DotCom/committees-groups/committees/mc/2023/20231115/20231115-consent-agenda-b---2-2023-pjm-reserve-requirement-study-report-final.ashx
5	2025 폐지 발전설비 대상 목록 (Gen Deactivation Units) https://www.pjm.com/planning/service-requests/gen-deactivations
6	2026-2027 용량시장 보고서 (Base residual auction report) https://www.pjm.com/-/media/DotCom/markets-ops/rpm/rpm-auction-info/2026-2027/2026-2027-bra-report.pdf

IX

호

주

IX 호 주

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '19~'23년 총 설비용량 증가량은 20.8GW이며 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-40%, 무탄소 전원-60%으로 태양광 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 57%(37GW) → '23년 40%(34GW)로 설비용량 2.4GW 감소(석탄-2GW, 가스-0.1GW, 유류-0.3GW, 이외-유지)
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 43%(27GW) → '23년 60%(50GW)로 설비용량 23.3GW 증가(태양광-17.3GW, 풍력-4.4GW, 기타-0.6GW, 수력-유지)
 - (저장장치) 설비용량 '19년 0.3GW → '23년 1.9GW로 약 6배 증가

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	23.1	36%	23.1	33%	23.1	31%	22.6	28%	21.1	25%
	가스	11.1	17%	10.8	15%	10.7	14%	10.9	14%	11	13%
	양수	1.3	2%	1.3	2%	1.3	2%	1.3	2%	1.3	2%
	유류	1.2	2%	1.2	2%	1	1%	0.9	1%	0.9	1%
	소계	37	57%	36	52%	36	48%	36	45%	34	40%
무탄소 전원	원자력	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	태양광	13	20%	17.7	25%	21.7	29%	26.1	33%	30.3	36%
	풍력	6.6	10%	8.4	12%	9.5	13%	10.3	13%	11	13%
	수력	6.8	11%	6.8	10%	6.8	9%	6.8	8%	6.8	8%
	바이오	0.5	1%	0.5	1%	0.5	1%	0.5	1%	0.5	1%
	저장장치	0.3	0%	0.3	0%	0.8	1%	0.8	1%	1.9	2%
소계		27	43%	34	48%	39	52%	44	55%	50	60%
총계		64	100%	70	100%	75	100%	80	100%	85	100%

2. 발전량 및 비중 추이

- (발전량) '19~'23년 총 발전량 증가는 4.1TWh로 변동없고 '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-62%, 무탄소 전원-38%로 무탄소 발전량 증가
- (전통 전원) 발전 비중은 '19년 78%(160TWh) → '23년 62%(130TWh)로 발전량 29.8TWh 감소(석탄-21.8TWh, 가스-8.6TWh)
 - (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 22%(46TWh) → '23년 38%(80TWh)로 발전량 33.8TWh 증가(태양광-22TWh, 풍력-10.7TWh, 수력 및 기타-소폭 증가)
 - (저장장치) 발전 비중은 '19년 0.03%(0.1TWh) → '23년 0.2%(0.4TWh)로 발전량 0.3TWh 증가

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	140.0	68%	133.9	66%	128.0	63%	121.5	58%	118.2	56%
	가스	18.7	9%	15.2	7%	11.7	6%	13.7	7%	10.1	5%
	양수	0.7	0.4%	0.9	0.4%	1.0	0.5%	1.7	1%	1.5	1%
	유류	0.0	0.01%	0.0	0.01%	0.1	0.05%	0.1	0.04%	0.0	0.02%
	소계	160	78%	150.0	74%	141	69%	137	66%	130	62%
무탄소 전원	원자력	0	-	0	-	0	-	0	-	0	-
	태양광	15.8	8%	19.7	10%	25.0	12%	30.1	14%	37.8	18%
	풍력	16.9	8%	19.7	10%	23.0	11%	25.9	12%	27.6	13%
	수력	13.0	6%	13.5	7%	14.8	7%	14.9	7%	13.8	7%
	바이오	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.2	0.1%	0.2	0.1%
	저장장치	0.1	0.03%	0.1	0.04%	0.1	0.1%	0.3	0.1%	0.4	0.2%
소계		46	22%	53	26%	63	31%	71	34%	80	38%
총계		206	100%	203	100%	204	100%	208	100%	210	100%

3. 전력정책 동향

- (설비 목표) '50년 설비용량 비중은 무탄소 전원-95%, 전통 전원-5%
- 총 설비용량은 약 3배 증가('25년 92GW → '50년 291GW)하며 증가분 중 태양광-50%(111GW), 풍력-25%(56.6GW) 저장장치-23%(51.1GW) 차지
 - 석탄 '30년 중반 폐지, 가스(OCGT 위주)는 유연성 확보를 위해 유지

< ISP 2024 급격한 변화(Step Change) 시나리오 기준 설비 목표 (단위: GW) >

구분		'25년	'30년	'35년	'50년	비중 추이
무탄소 전원	태양광	33.0	51.6	74.6	144.0	'25년:63% ↓ '50년:95%
	풍력	13.0	39.3	56.4	68.5	
	수력(양수포함)	6.8	6.8	7.2	7.1	
	바이오	0.0	0.0	0.4	0.5	
	저장장치	5.0	24.5	36.3	56.1	
소계		58	122	175	276	'25년:37% ↓ '50년:5%
전통 전원	석탄	21.3	11.4	1.4	0.0	
	가스	12.5	11.6	13.5	15.0	
	소계	34	23	15	15	
총계		92	145	190	291	100%

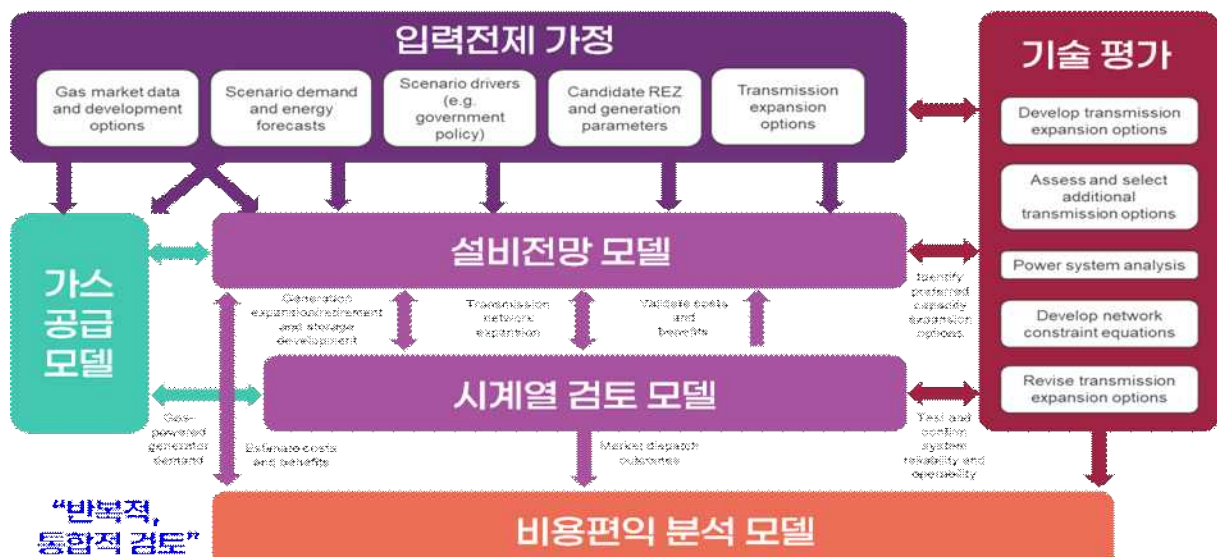
- (발전량 목표) '50년 발전량 비중은 무탄소 전원-99%, 전통 전원-1%
- 총 발전량은 약 2.5배 증가('25년 216TWh → '50년 526TWh)하며 증가분 중 태양광-43%(181TWh), 풍력-39%(162TWh), 저장장치-17%(72TWh) 차지
 - 재생e 발전량 및 저장장치 방전량(재생e 충전)은 '50년 총 발전량 99% 해당

< ISP 2024 급격한 변화(Step Change) 시나리오 기준 발전량 목표 (단위: TWh) >

구분		'25년	'30년	'35년	'50년	비중 추이
무탄소 전원	태양광	49.9	79.0	118.0	230.5	'25년:49% ↓ '50년:99%
	풍력	38.1	121.3	168.6	199.6	
	수력(양수포함)	13.6	13.5	13.9	11.8	
	바이오	0.0	0.0	1.8	2.0	
	저장장치	3.1	28.8	46.1	75.3	
소계		105	243	348	519	'25년:51% ↓ '50년:1%
전통 전원	석탄	105.7	39.5	6.6	0.0	
	가스	5.4	7.5	7.3	6.3	
	소계	111	47	14	6	
총계		216	290	362	526	100%

- (탄소중립 추진전략) '50년 탄소중립을 위한 국가, 부문별 계획 수립
 - (상위 계획, Net zero plan) 2050년 탄소중립 달성을 위한 국가 차원 온실가스 감축 및 탈탄소화 전략으로 5대 탈탄소화 우선과제* 제시
 - * ①청정 전력, ②전기화·효율, ③청정 연료, ④신기술 개발, ⑤탄소제거 확대
 - (하위 계획, Electricity energy sector plan) 전력을 탈탄소화 핵심 부문으로 3단계('30년 재생e 발전 82% → '35년 노후석탄 퇴출 → '50년 탄소중립 달성) 추진
- (통합에너지계획) 추진전략 달성을 위한 실행 계획으로 AEMO가 미래 불확실성을 고려한 시나리오* 기반의 에너지계획 수립(매 2년)
 - * ①점진적 변화(Progressive Change), ②급격한 변화(Step Change), ③녹색에너지 수출(Green Energy Exports)
 - (설비전망, Capacity outlook) 각 시나리오 목표를 달성하기 위한 최적의 발전소 건설/폐지, 송전망 건설계획 수립 및 비용 산정
 - (시계열 검토, Time-sequential) 설비 고장, 시장 참여자 행동 등을 반영한 발전계획을 수립하여 설비전망 결과를 검증하고 피드백 전달
 - (기술 평가, Engineering assessment) 설비전망, 시계열 검토 결과에 대한 전력계통 기술적 요구사항(계통강도, 안정성, 관성) 준수 검토
 - (비용편익 분석, Cost-Benefit analysis) 최적 개발 경로 결정을 위해 경로 간 비용 편익 비교, 입력전제 변경으로 불확실성에 대한 강건성 평가

< 통합시스템계획(Integrated System Planning) 수립 프레임워크 >



참고

호주 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	호주 탄소중립 계획(Australia's Net Zero Plan) https://www.dcceew.gov.au/climate-change/emissions-reduction/net-zero
2	전력부분 계획(Electricity and Energy Sector Plan 2025) https://www.dcceew.gov.au/energy/publications/electricity-energy-sector-plan
3	2024 통합시스템계획(2024 Integrated System Planning) https://www.aemo.com.au/energy-systems/major-publications/integrated-system-plan-isp/2024-integrated-system-plan-isp
4	AEMO 2023 ISP 수립 입력전제 설정 보고서 (AEMO, 2023 Inputs Assumptions and Scenarios Report) https://www.aemo.com.au/energy-systems/major-publications/integrated-system-plan-isp/2024-integrated-system-plan-isp/current-inputs-assumptions-and-scenarios
5	AEMO 2023 ISP 수립 방법론 설정 보고서 (AEMO, ISP Methodology_June 2023) https://www.aemo.com.au/-/media/files/stakeholder_consultation/consultations/nem-consultations/2023/isp-methodology-2023/isp-methodology_june-2023.pdf

X

일

본

X 일 본

1. 설비용량 및 비중 추이

- (설비용량) '19~'23년 총 설비용량 증가량은 14.9GW로 '23년 설비용량 비중은 전통 전원-55%, 무탄소 전원-45%로 태양광 중심 확대
- (전통 전원) 설비 비중은 '19년 61%(187GW) → '23년 55%(178GW)로 설비용량 9.6GW 감소(석탄-5.9GW 증가* / 가스-4GW, 유류-11.4GW 감소)
 - * 후쿠시마 사고 이후 승인된 대형 고효율 석탄발전 '19~'23년 상업운전 개시
 - (무탄소 전원) 설비 비중은 '19년 39%(120GW) → '23년 45%(144GW)로 설비용량 24.5GW 증가(태양광-17.9GW, 풍력-1.9GW, 기타-4.7GW 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 설비용량 추이 (단위: GW) >

구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	46	15%	47.5	15%	48.4	15%	50.7	16%	51.9	16%
	가스	83.7	27%	84.1	27%	78	25%	79.1	25%	79.7	25%
	양수	27.5	9%	27.5	9%	27.5	9%	27.4	9%	27.4	9%
	기타*	29.9	10%	29	9%	28.9	9%	21.6	7%	18.5	6%
	소계	187	61%	188	60%	183	58%	179	56%	178	55%
무탄소 전원	원자력	33.1	11%	33.1	11%	33.1	11%	33.1	10%	33.1	10%
	태양광	55.4	18%	59.7	19%	65.4	21%	70.1	22%	73.3	23%
	풍력	4.3	1%	4.9	2%	4.7	2%	5.3	2%	6.2	2%
	수력	21.7	7%	21.7	7%	21.8	7%	21.8	7%	21.7	7%
	기타**	5.3	2%	5.2	2%	7	2%	9.5	3%	10	3%
소계		120	39%	125	40%	132	42%	140	44%	144	45%
총계		307	100%	313	100%	315	100%	319	100%	322	100%

* 유류, LPG, 기타 가스 등

** 지열, 바이오매스, 기타 재생에너지 등

2. 발전량 및 비중 추이

□ (발전량) '19~'23년 총 발전량 증가는 27TWh로 '23년 기준 발전량 비중은 전통 전원-68%, 무탄소 전원-32%로 석탄, 원자력, 재생e 증가

○ (전통 전원) 발전 비중은 '19년 74%(662TWh) → '23년 68%(627TWh)로 발전량 35TWh 감소(가스-72.1TWh 감소 / 석탄-32.2TWh, 유류-14.5TWh 증가)

* '22년 아시아 LNG 현물가격 급등(연평균 \$34/MMBtu)에 따른 LNG 발전량 감축과 에너지안보·원가 안정을 위한 일정 수준 석탄 활용 등 영향

○ (무탄소 전원) 발전 비중은 '19년 26%(230TWh) → '23년 32%(292TWh)로 발전량 62TWh 증가(원자력-14.5TWh, 태양광-25.6TWh, 풍력-3.5TWh, 기타-18.4TWh 증가)

< 최근 5년(2019~2023) 발전량 추이 (단위: TWh) >

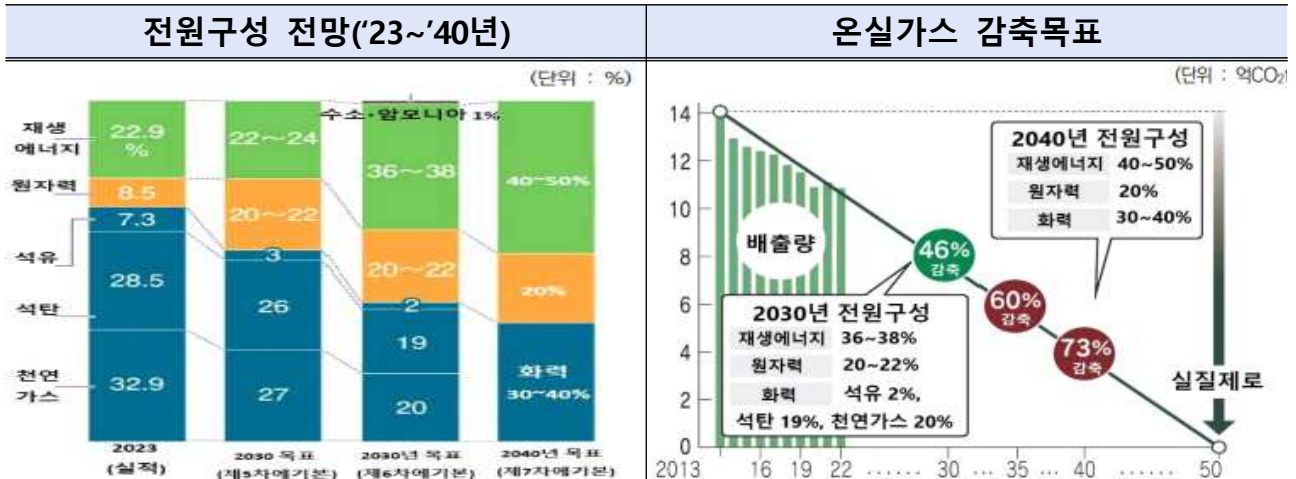
구분		'19년		'20년		'21년		'22년		'23년	
전통 전원	석탄	268.1	30%	288.4	33%	271.5	30%	282.4	31%	300.3	33%
	가스	359.4	40%	337	38%	321.2	36%	328.8	36%	287.3	31%
	양수	6.5	1%	4.9	1%	8.3	1%	8.8	1%	6.5	1%
	기타*	27.8	3%	28.4	3%	30.2	3%	33.8	4%	32.7	4%
	소계	662	74%	659	75%	631	71%	654	72%	627	68%
무탄소 전원	원자력	60.4	7%	41.9	5%	67.5	8%	53.8	6%	74.9	8%
	태양광	63.4	7%	68.4	8%	78.2	9%	85.1	9%	89	10%
	풍력	8.2	1%	9.3	1%	8.3	1%	9.7	1%	11.7	1%
	수력	75.7	9%	76.9	9%	77.4	9%	74.1	8%	75.2	8%
	기타**	22	3%	24.5	3%	29.4	3%	34.8	4%	40.9	5%
	소계	230	26%	221	25%	261	29%	258	28%	292	32%
총계		892	100%	880	100%	892	100%	911	100%	919	100%

* 유류, LPG, 기타가스 등

** 지열, 바이오매스, 기타 재생에너지 등

3. 전력정책 동향

- (전원구성 전망) 일본은 2040년 온실가스 감축목표 달성을 위해 7차 에너지기본계획에서 원전·재생e를 주력 전원으로 활용 전망



- ① (재생e) 대규모 설비 확충을 위한 전력망 구축과 지역간 연계 강화 추진 및 FIP 도입 등 시장제도 도입 추진으로 수용성 확보
 - (해상풍력) '30년 10GW, '40년 30~45GW 도입을 국가 목표로, 항만, HVDC 등 인프라 동시 확충과 중앙집중식 입찰제도 창설 추진
 - (태양광) 신축 건물의 지붕형·벽면형 태양광 의무화 등 분산형·자가소비 확대로 태양광 입지 다변화 추진
- ② (원자력) 무탄소 기저·계통안정(관성,무효전력) 자원으로 지속 활용 전망
 - 안전성 확보를 최우선으로 재가동·수명연장 추진과 차세대 계량형 LWR·SMR·HTGR 개발·배치 병행 추진

< 일본 원자력 정책 전망 >



□ (탄소중립 추진전략) 7차 에너지기본계획, GX 2040 비전 등 수립으로
중장기 투자전략·에너지전환 방향 제시

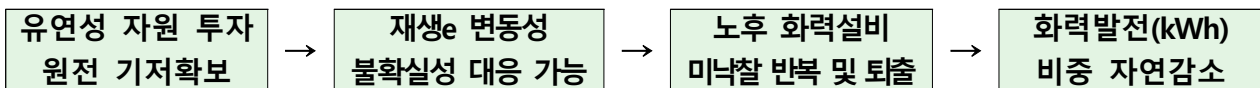
- (제7차 에너지기본계획) '40년까지 온실가스 배출을 '13년 대비 73% 감축하기 위한 전원구성을 제시
- (GX 2040 비전) 7차 에너지기본계획, 온난화대책계획 등 연계하여 민간 투자 촉진을 위한 중장기 투자전략·에너지전환 방향 제시*

* 안전·에너지안보·경제·환경을 균형 있게 고려한 전원계획을 수립하는 것이 원칙

□ (탄소중립 이행방안) 탄소중립 목표 달성을 위해 용량시장 개선, 탈탄소 전원 입찰제도 도입 등 추진

- ❶ (용량시장) 용량시장(4년 후 진입)으로 가용용량을 확보, 지속시간·응답 속도 등 차등 평가를 통해 유연성 자원(ESS 등)이 유리하도록 설계
- 노후·저효율 화력설비의 미낙찰·패널티를 통해 질서있는 퇴출을 유도하여 무탄소 확대에 기여

< 용량시장이 전원구성에 미치는 영향 >



- ❷ (장기 탈탄소 전원 입찰제도) 재생e 확대 대응을 위해 계통 안정성을 확보하면서도 탈탄소화를 동시에 달성할 수 있는 전원 도입 촉진

- 낙찰시 20년 동안 고정 용량 수익을 보장하여 안정적 수익구조 확보, 다른 시장에서 발생한 수익의 90% 수준은 OCCTO에 반환



참고

일본 참고자료 및 사이트

No.	참고자료 및 사이트
1	일본정부, 7차 에너지기본계획 https://www.enecho.meti.go.jp/category/others/basic_plan/
2	일본 환경청, 지구온난화대책계획 https://www.env.go.jp/content/000338677.pdf
3	일본 경제산업성, GX 기본방침 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/pdf/kihon_en.pdf
4	일본 OCCTO, 2020~2024년 공급계획의 정리('24년만 기입) https://www.occto.or.jp/houkokusho/2024/2024_nenjihoukokusho.html
5	일본 OCCTO, 용량시장 제도상세 https://www.occto.or.jp/market-board/market/files/20230718_youryou_s_housaisetsumei.pdf
6	일본 OCCTO, 장기 탈탄소 전원 입찰제도(LTDA) https://www.occto.or.jp/market-board/market/files/202407_youryou_gai_yousetsumei_long.pdf
7	일본 정부부처, GX 2040 비전 https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/gx_jikkou_kaigi/ikousai/pdf/climate_transition_bond_spo_en_dvn.pdf
8	에너지경제연구원, 세계 에너지시장 인사이트(제25-4,5,8,11호)

2025년 11월

해외 주요국 에너지계획 동향

기	획	전력거래소 에너지시스템혁신본부 에너지계획처
주	소	전라남도 나주시 빛가람로 625
문	의	061-330-8310
발	행	2025. 11. 25.
작	성	자
		에너지계획처 처장 김준한
		에너지계획팀 팀장 조성빈
		대리 권승규(호주, 스페인)
		대리 김용식(CAISO, 프랑스)
		대리 신재영(일본)
		대리 진채은(영국)
		주임 고혜민(PJM, 독일)
		주임 정현학(MISO, ERCOT)