대한민국 지속가능한 에너지 미래: 시나리오 분석

환경에너지 기자 간담회

2019년 5월 16일

홍종호
서울대학교 환경대학원 교수

왜 에너지전환인가?

에너지 안보

- 에너지 소비 세계 8위
- 에너지수입의존도 95%

깨끗하고 안전한 에너지

- 원전 밀집도 세계 1위
- 재생에너지 발전비중 OECD 꼴찌
- 미세먼지 농도 OECD 1위

신 성장동력

- 잠재성장률 정체
- 4차 산업혁명과 에너지 혁신

온실가스 감축

- 2018년 석탄화력 발전비중 42.4% (원전비중 23.4%)
- 연료 연소 CO2 배출 세계 7위
- 2030 NDC: BAU 대비 37% 감축

대한민국은 에너지 다소비 국가

- 에너지 사용량 세계 8위

(단위: Mtoe)

2015년 기준	중국	미국	인도	러시아	일본	독일	브라질	한국	캐나다	프랑스
에너지 총소비량	2,973	2,188	851	710	430	308	298	273	270	247

자료: IEA(2017)_Key World Energy Statistics

한국의 에너지 집약도는 OECD 회원국 중 가장 낮은 수준

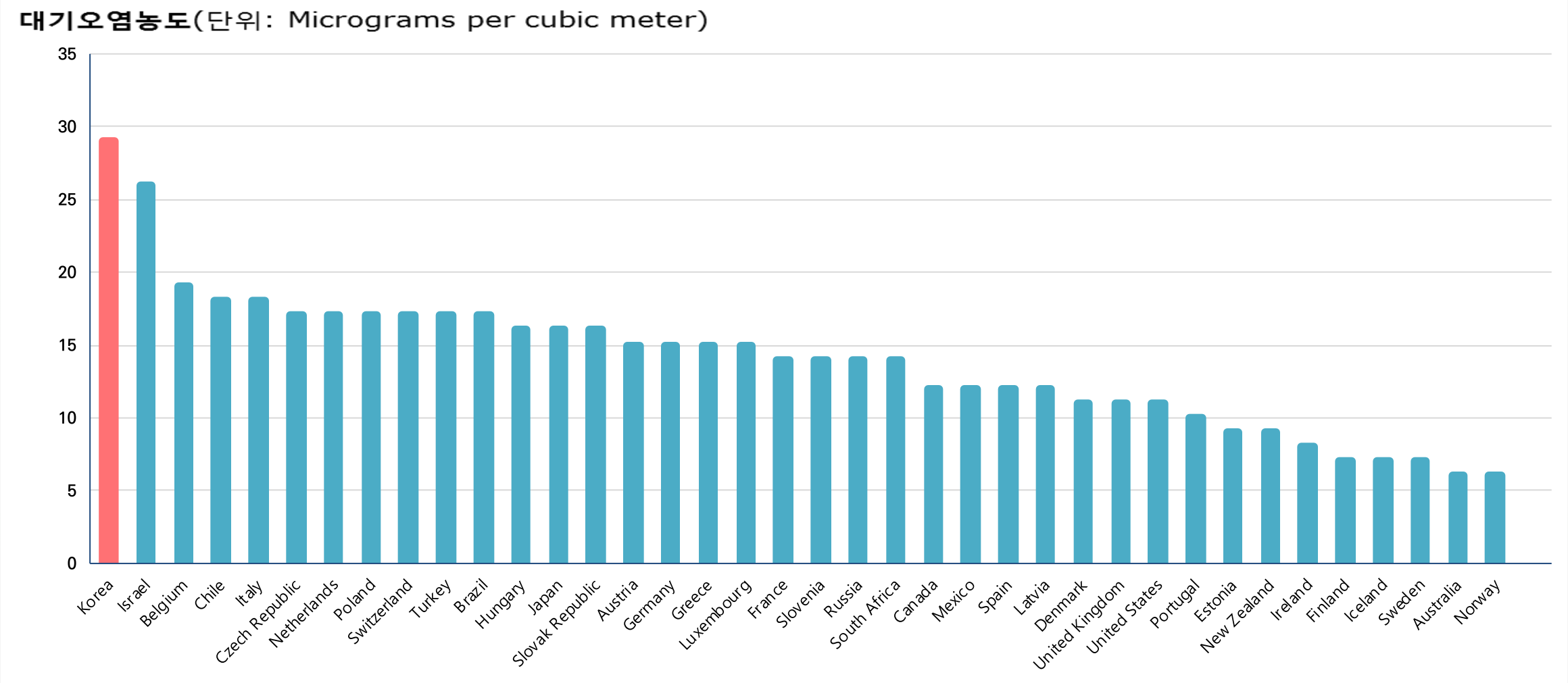
- OECD 평균의 두 배 수준

구분	한국	일본	독일	영국	OECD
에너지원단위 (toe/천USD)	0.16 (100)	0.10	0.09	0.07	0.08 (50)

출처: 기획재정부(2016), 국가경쟁력통계

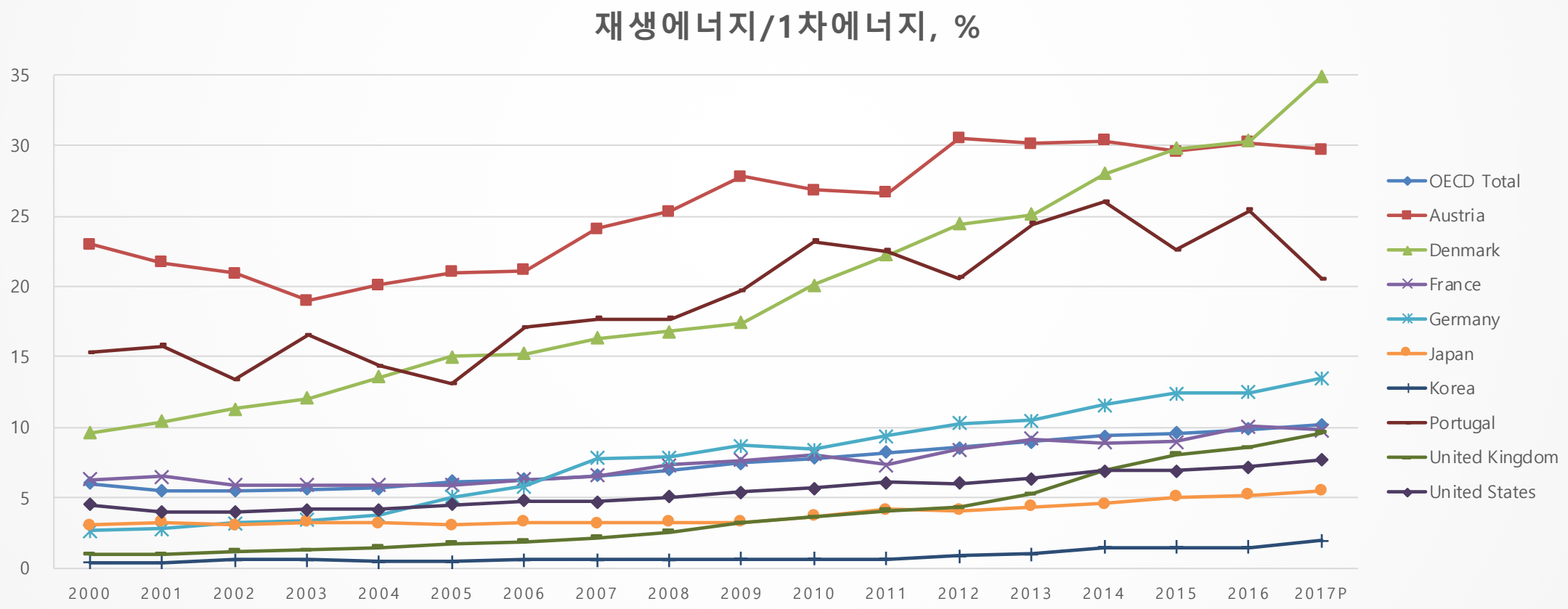
세계 1위 원전 밀집도, 대한민국

초미세먼지(PM 2.5) 농도 OECD 1위, 대한민국



너무 낮은 재생에너지 공급 비중

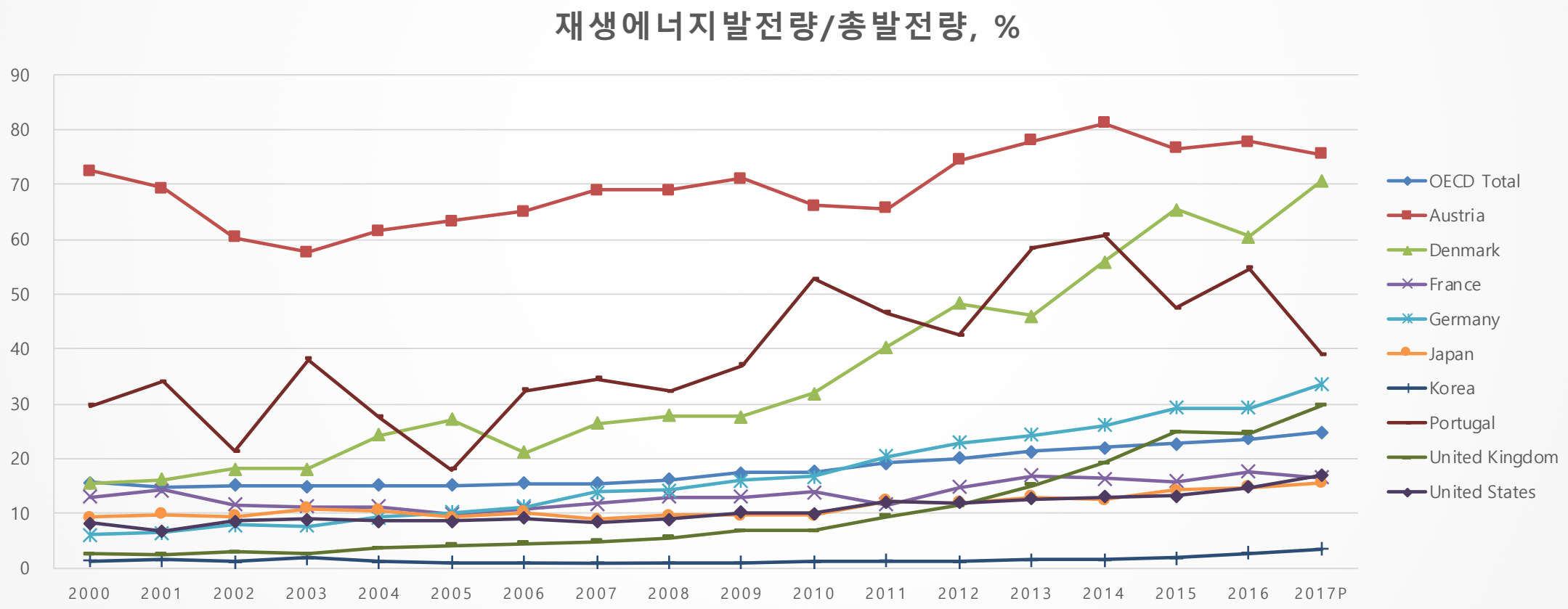
OECD 국가 중 가장 낮은 수준의 재생에너지 비중(2.0%), OECD 평균은 10.2%



Source : IEA, Renewables Information 2005~2018

가장 낮은 재생에너지 전력 발전 비중

OECD 국가 중 가장 낮은 수준의 재생에너지발전 비중(3.5%), OECD 평균은 24.9%



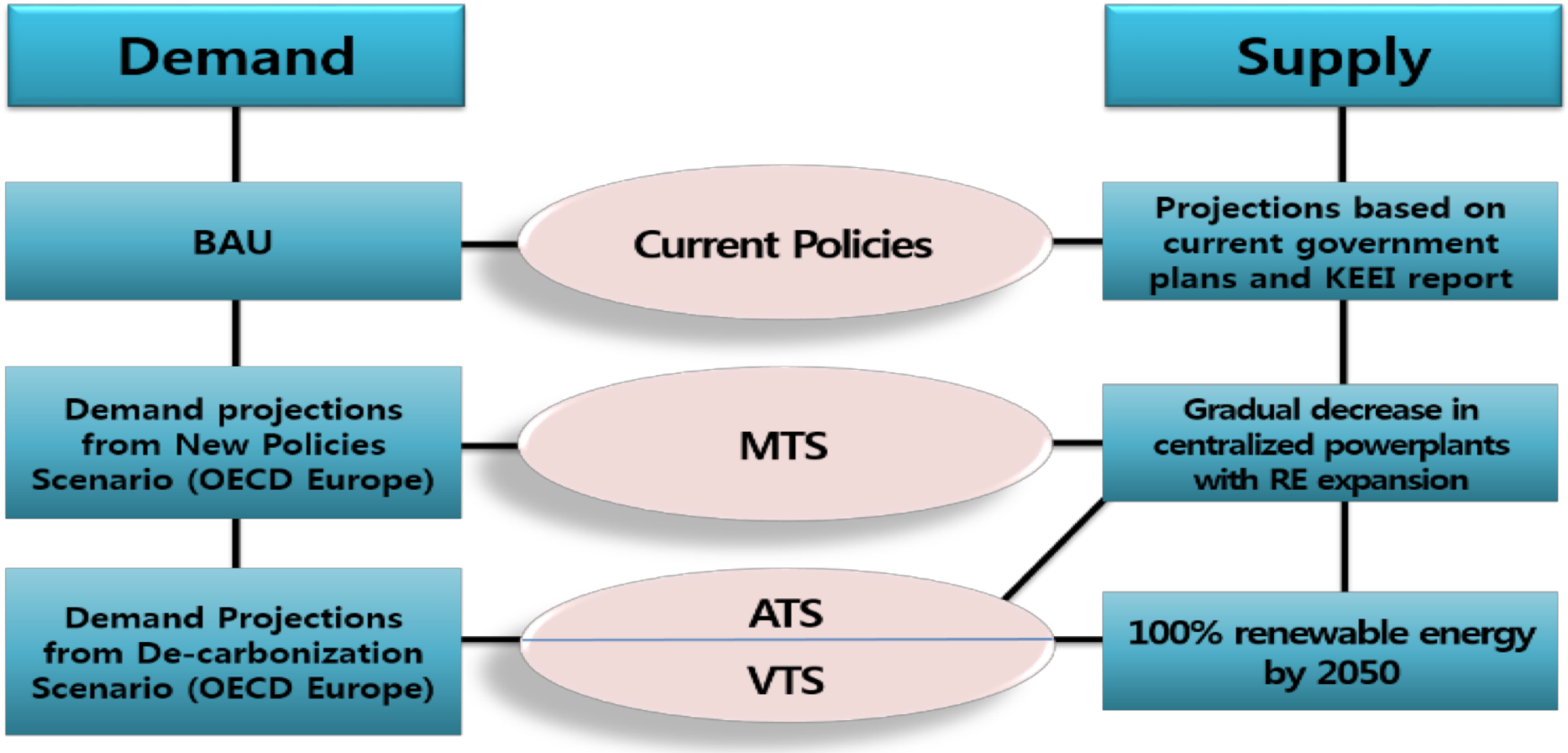
Source : IEA, Renewables Information 2005~2018

대한민국 2050 에너지 시나리오 구축

구분	내용
BAU 시나리오	에너지경제연구원 기준 에너지 수요 전망
점진형 전환 시나리오 (Moderate Transition Scenario, MTS)	IEA OECD Europe 新정책 Scenario + 설계수명에 따른 중앙집중형 발전소 점진적 운영 중단 및 재생에너지 확대
적극형 전환 시나리오 (Advanced Transition Scenario, ATS)	IEA OECD Europe 탈탄소 Scenario + 설계수명에 따른 중앙집중형 발전소 점진적 운영 중단 및 재생에너지 확대
비전형 전환 시나리오 (Visionary Transition Scenario, VTS)	IEA OECD Europe 탈탄소 Scenario + 2050년 원전 및 화석연료 발전소 운영중단 + 100% 재생에너지

Source: Hong, et al., "Long-term energy strategy scenarios for South Korea: Transition to a sustainable energy system," *Energy Policy*, Vol. 129, 2019.

• 2050 에너지 시나리오 요약



• 시나리오별 주요 가정 및 구성

BAU

- **한국에너지경제연구원『2016 장기에너지전망』수치 활용**
  - 2040년까지의 전망 추세를 2050년까지 연장
- **기준연도(2014) 최종에너지 소비량은『2016 에너지통계 연보』기준**
  - 원료용 에너지는 시나리오에서 제외
- **재생에너지는 국제 기준으로 산정**

MTS

- **IEA WEO 2016 新정책 시나리오의 OECD 유럽국가 수요감축 비중 반영**
- **기준연도(2014년) 대비 최종에너지 수요량 7%(129Mtoe → 120Mtoe) 감소**
- **2050년 수송부문 전력화 40%**
- **건물부문 가스 사용 비중은 OECD 유럽 국가 2040년 전망과 동일 가정**
  - IEA에서 전망한 OECD 유럽 국가들의 2040년 건물 가스 사용 비중은 30%

• 시나리오별 주요 가정 및 구성

ATS

- **IEA WEO 2016 탈탄소 시나리오의 OECD 유럽국가 수요감축 비중 반영**
- **기준연도(2014년) 대비 최종에너지 수요량 24%(129Mtoe → 98Mtoe) 감소**

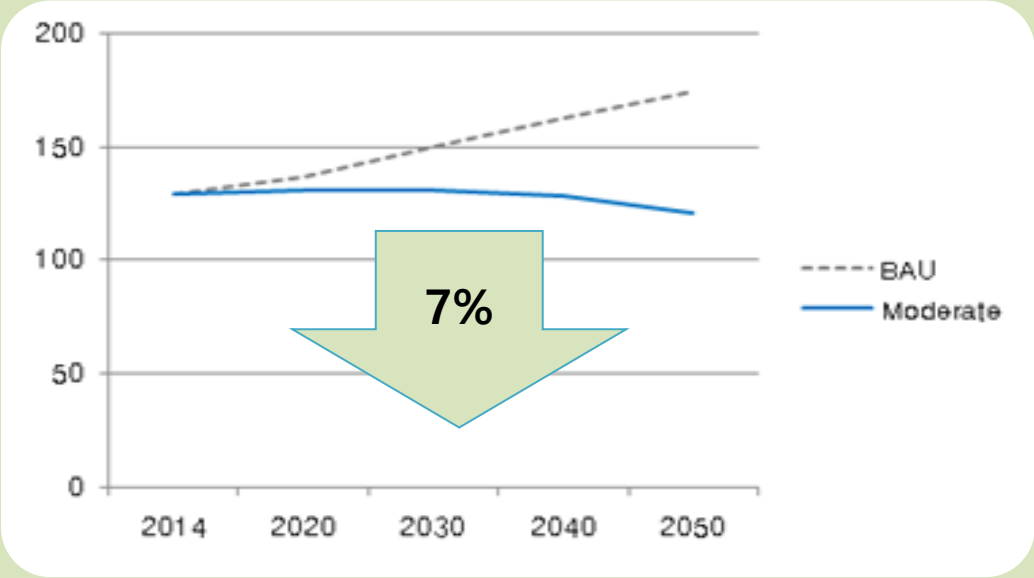
VTS

- **IEA WEO 2016 탈탄소 시나리오의 OECD 유럽국가 수요감축 비중 반영**
- **기준연도(2014년) 대비 최종에너지 수요량 24%(129Mtoe → 98Mtoe) 감소**
- **2050년 재생에너지 100% 공급**
  - 수송수단 자체 태양광 발전을 통한 구동 기술 실용화
  - 빌딩 자체 태양광 및 태양열 등을 통한 냉난방 공급 기술 실용화
  - 2050년 원자력, 기력, 복합, 열병합 등 모든 발전소는 재생에너지로 대체

• 수요 측면

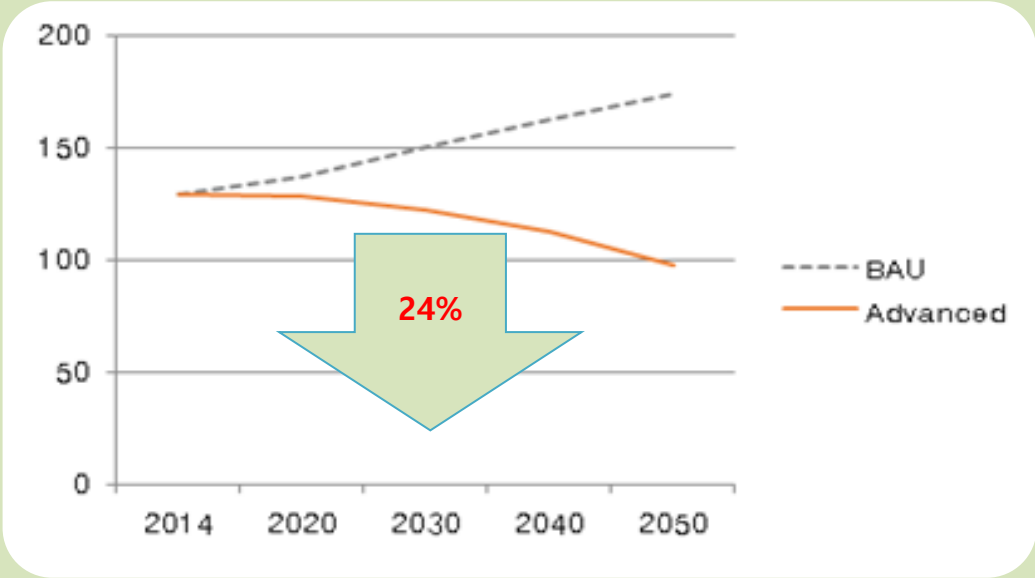
MTS 최종에너지 수요

(단위: MTOE)



ATS & VTS 최종에너지 수요

(단위: MTOE)



• 시나리오별 2050년 발전소 운영 현황

( )는 설계수명

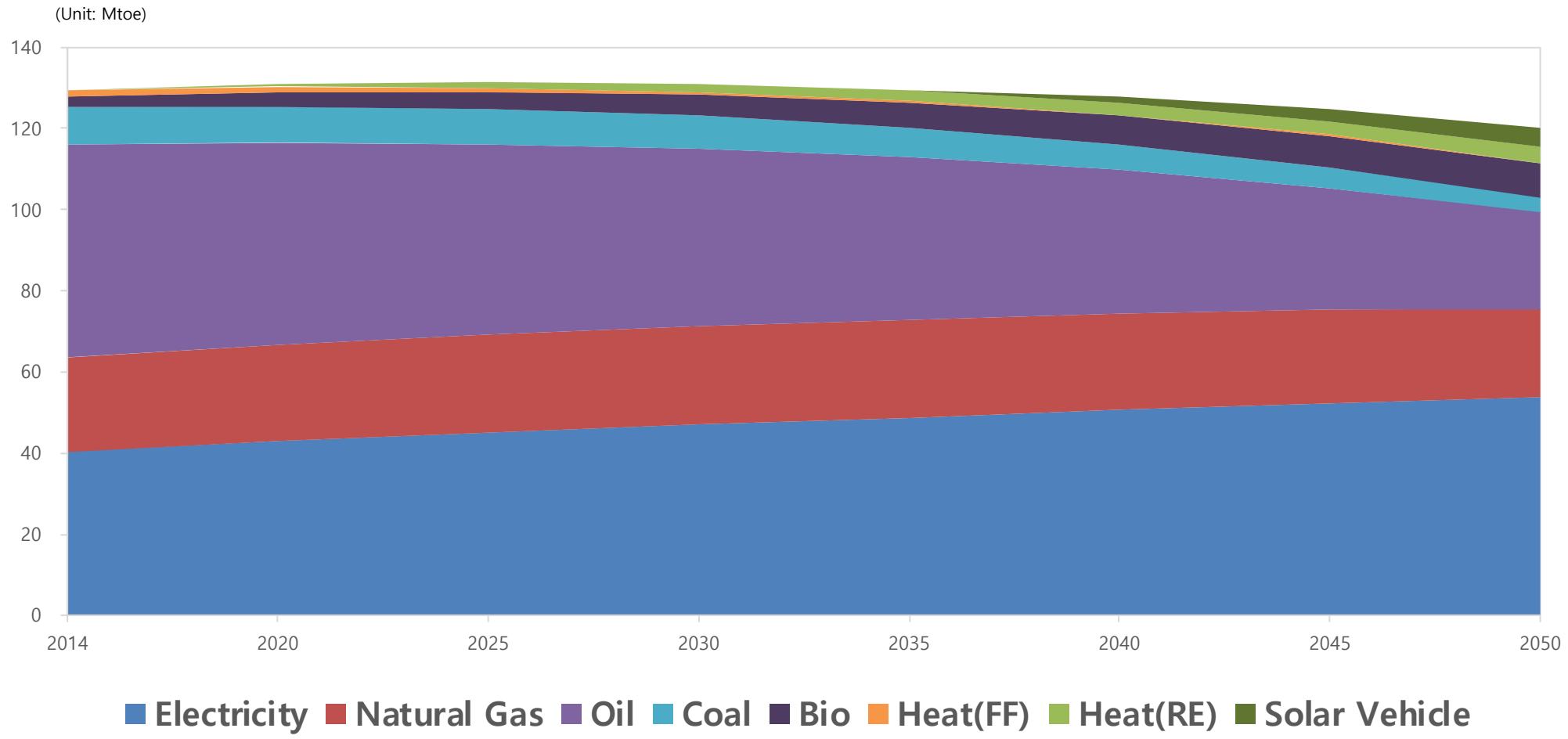
시나리오	원자력	석탄화력	복합화력	집단에너지
MTS	8기(60년)	8기(40년)	55기(40년)	현 수준 유지
ATS	8기(60년)	8기(40년)	0 (30년)	현 수준 유지
VTS	0	0	0	0

• 시나리오별 2050 최종에너지 기준 에너지믹스 요약

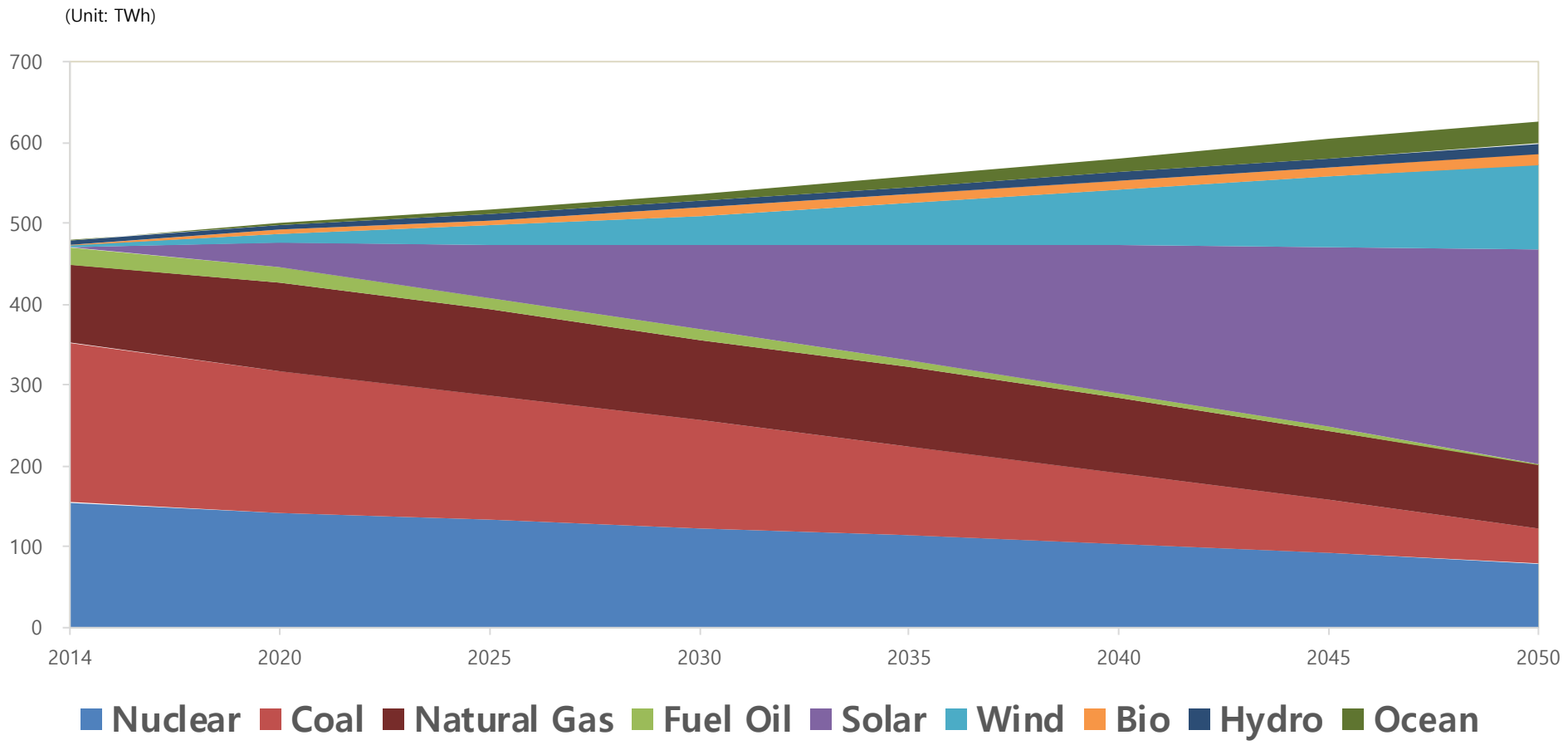
단위: 백만TOE

Type	2014	2030				2050			
		BAU	MTS	ATS	VTS	BAU	MTS	ATS	VTS
Petroleum	51.0 (40.4%)	57.3 (39.0%)	41.7 (32.7%)	39.5 (33.0%)	34.1 (28.5%)	65.8 (38.5%)	21.8 (18.6%)	15.5 (16.1%)	0.0 (0.0%)
Natural Gas	33.0 (26.2%)	35.2 (24.0%)	33.7 (26.4%)	31.0 (25.9%)	23.2 (19.4%)	43.2 (25.3%)	28.4 (24.2%)	21.4 (22.4%)	0.0 (0.0%)
Coal	25.7 (20.3%)	31.8 (21.7%)	19.8 (15.5%)	19.7 (16.5%)	16.9 (14.2%)	29.7 (17.4%)	7.4 (6.3%)	6.7 (7.0%)	0.0 (0.0%)
Nuclear	13.3 (10.5%)	18.1 (12.3%)	11.0 (8.6%)	11.1 (9.3%)	7.9 (6.6%)	25.0 (14.6%)	6.8 (5.8%)	6.8 (7.1%)	0.0 (0.0%)
Renewable	3.2 (2.5%)	4.4 (3.0%)	21.3 (16.7%)	18.3 (15.3%)	37.4 (31.3%)	7.0 (4.1%)	52.9 (45.1%)	45.5 (47.4%)	95.9 (100.0%)
Total	126.1 (100%)	146.8 (100%)	127.6 (100%)	119.7 (100%)	119.5 (100%)	170.7 (100%)	117.3 (100%)	95.9 (100%)	95.9 (100%)

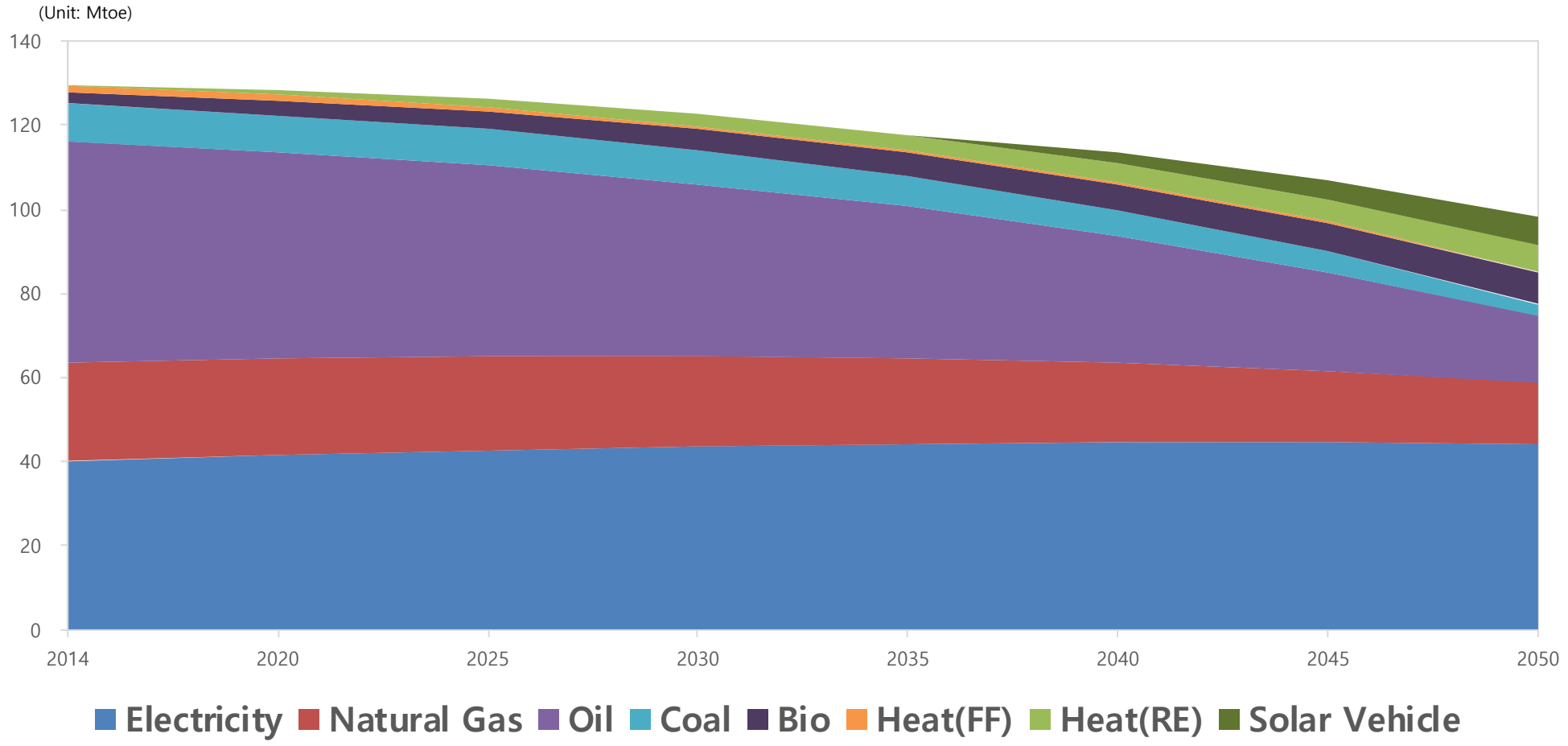
- **MTS: 최종에너지 소비는 2014년 126.1Mtoe에서 2050년 120.4Mtoe로 7% 감소**



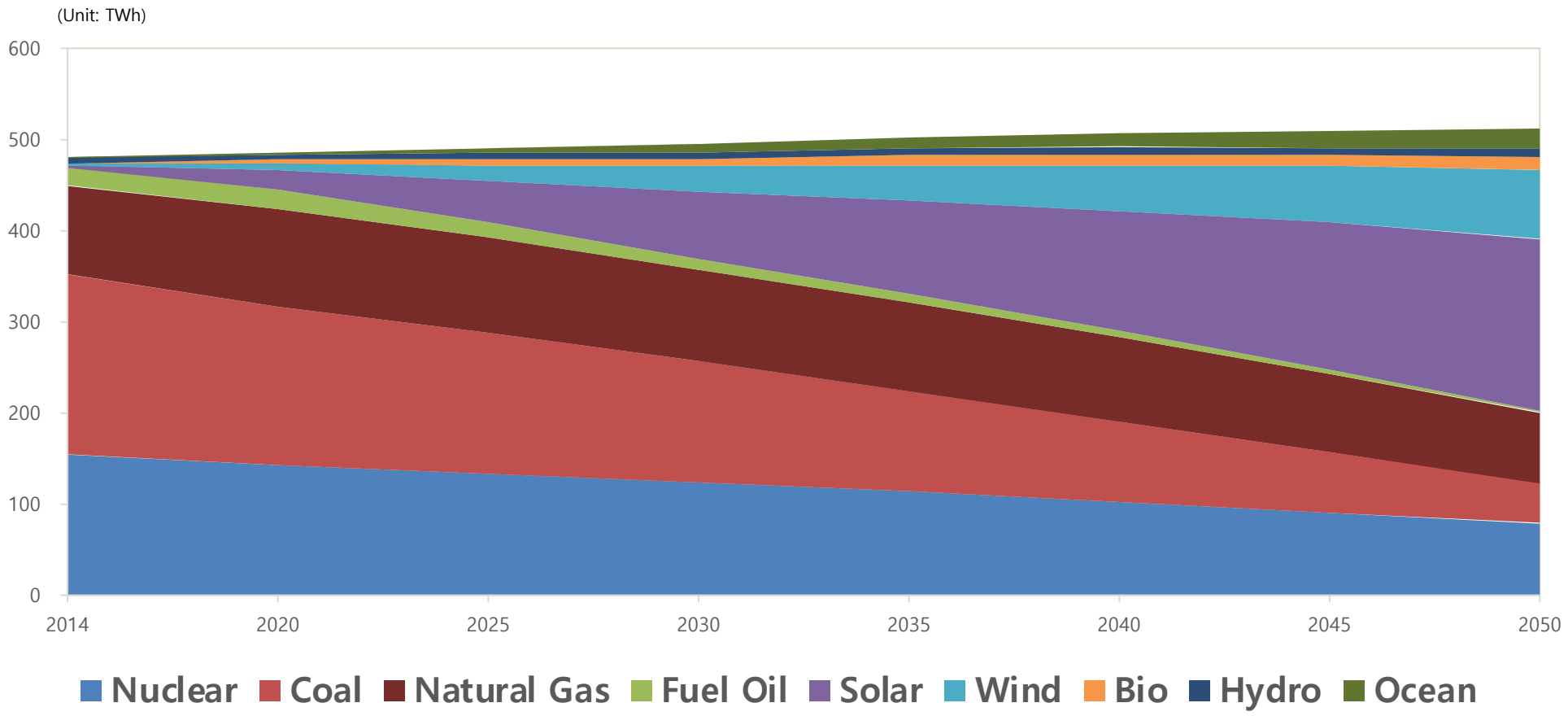
- **MTS: 2050년 발전량은 626TWh, 이중 재생에너지 발전비중은 67% (태양광, 풍력, 바이오, 수력, 해양 포함)**



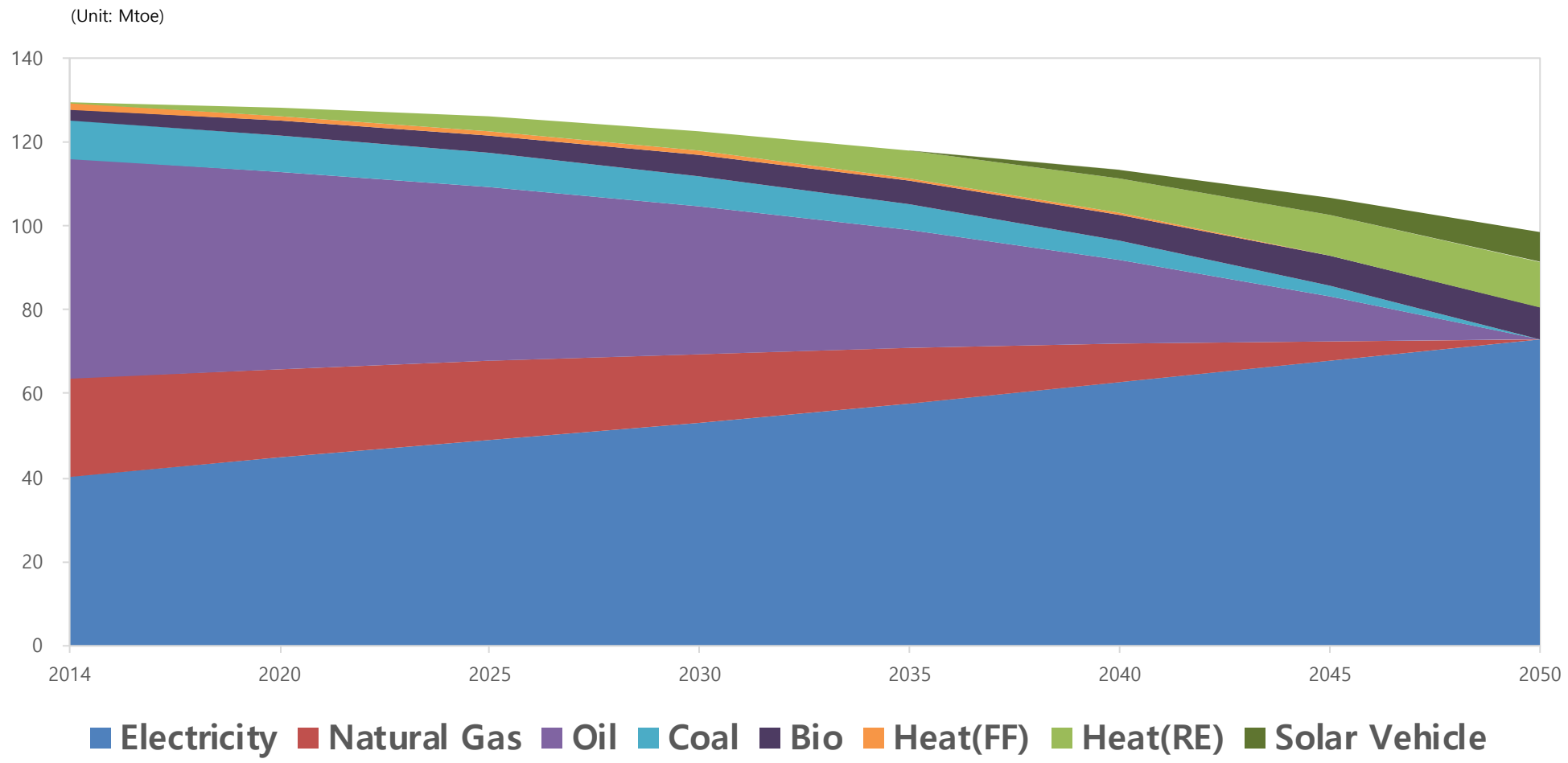
• ATS: 최종에너지는 2014년 126.1Mtoe에서 2050년 98.4Mtoe로 24% 감소



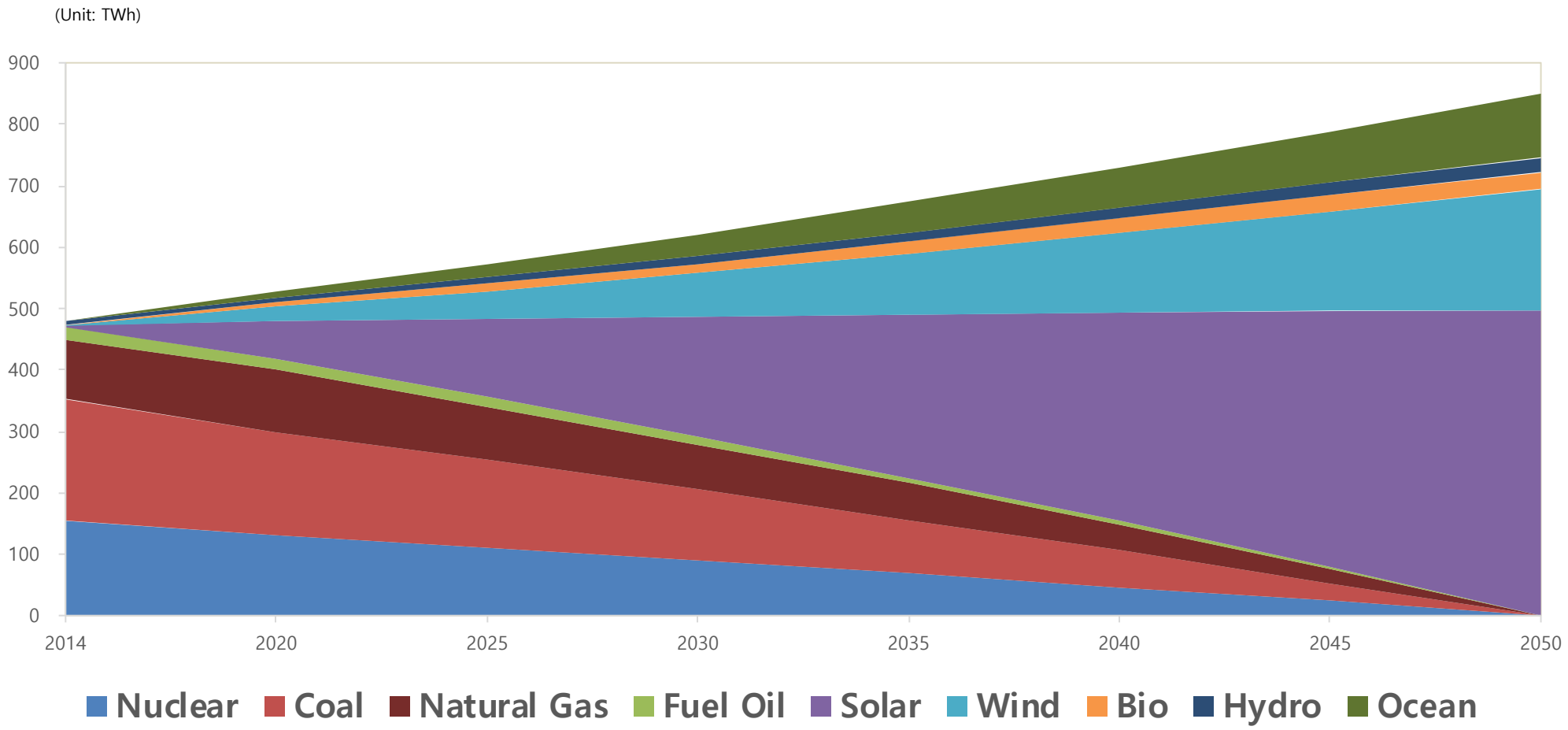
- **ATS: 2050년 발전량은 512TWh, 이중 재생에너지 발전비중은 61% (태양광, 풍력, 바이오, 수력, 해양 포함)**



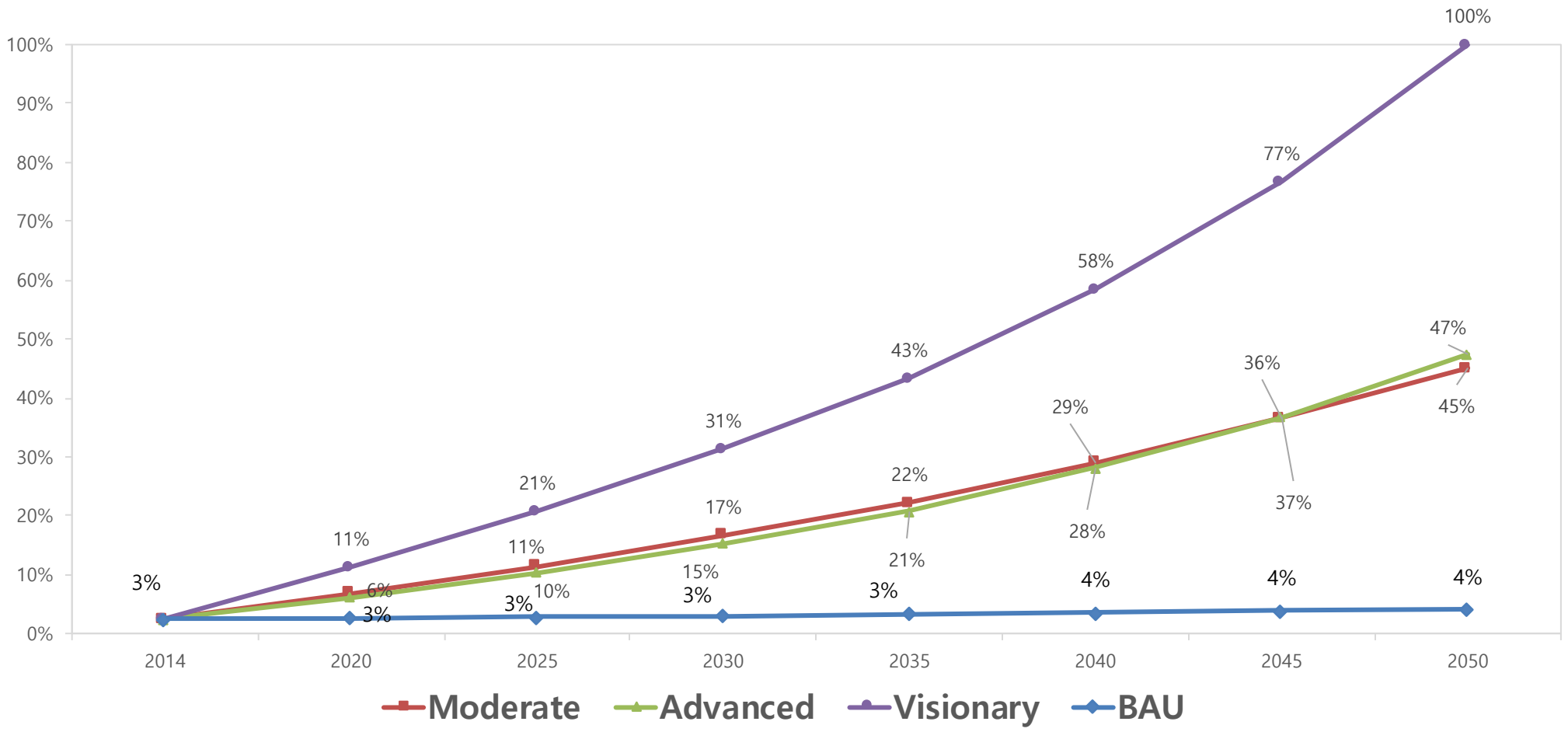
- VTS의 경우 최종에너지 소비는 2014년 126.1Mtoe에서 2050년 98.4Mtoe로 24% 감소



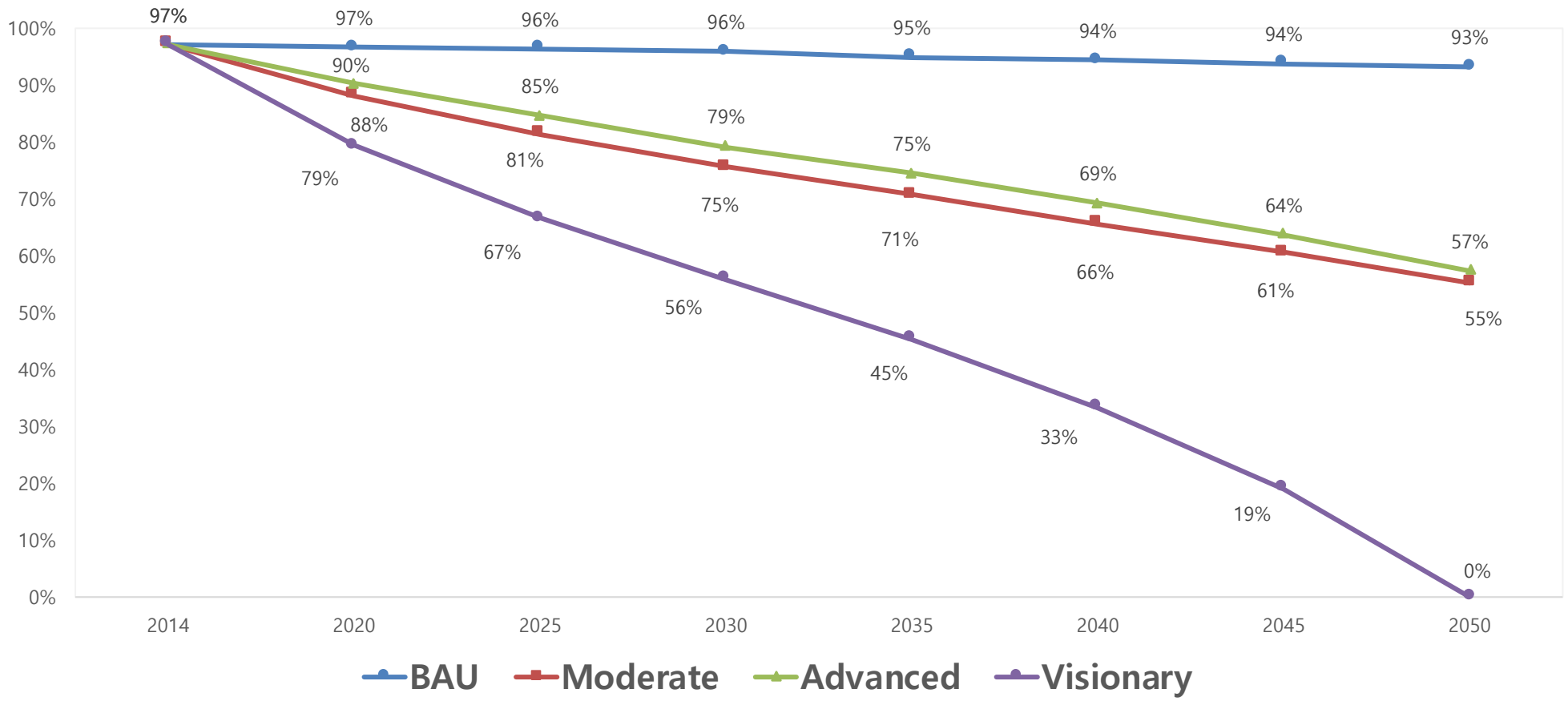
- **VTS: 2050년 발전량은 850TWh, 이중 재생에너지 발전 비중은 100%**



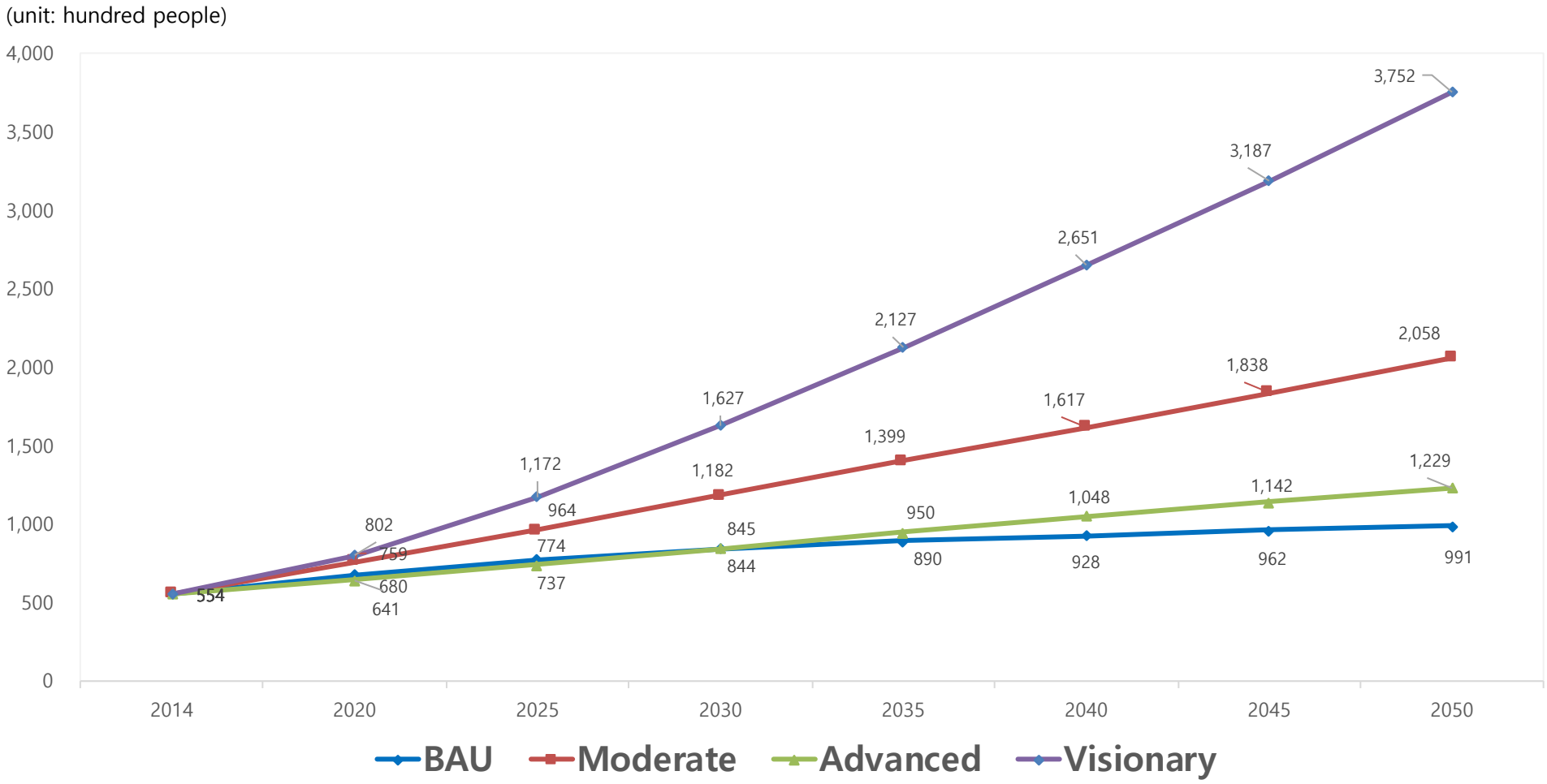
• 시나리오별 비교 분석 I : 최종에너지 중 재생에너지 비중



• 시나리오별 비교 분석 II : 에너지 수입의존도



• 시나리오별 비교 분석 III : 발전부문 일자리 창출



• 시나리오별 비교 분석 IV: 온실가스 배출량

(Units: MtCO2eq)

Scenario	2014	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
BAU	531	541	554	569	590	608	626	641
(vs 2014)		(2.0%)	(4.4%)	(7.3%)	(11.1%)	(14.6%)	(17.9%)	(20.8%)
MTS	531	512	483	449	414	373	326	273
(vs 2014)		(-3.6%)	(-8.9%)	(-15.3%)	(-22.0%)	(-29.7%)	(-38.5%)	(-48.6%)
ATS	531	500	461	416	367	311	248	177
(vs 2014)		(-5.8%)	(-13.1%)	(-21.6%)	(-30.9%)	(-41.4%)	(-53.2%)	(-66.6%)
VTS	531	487	432	371	304	228	143	48
(vs 2014)		(-8.2%)	(-18.5%)	(-30.1%)	(-42.7%)	(-56.9%)	(-73.0%)	(-90.9%)

• 2050년 부문별 에너지 소비 및 재생에너지 비중

		2014년	2050년	
		최종에너지소비(Mtoe)	최종에너지소비(Mtoe)	재생에너지비중
MTS	산업	49.7	49.3	47.0%
	수송	37.8	32.8	34.6%
	건물	38.6	35.2	52.6%
	계	126.1	117.3	45.2%
ATS	산업	49.7	40.3	42.0%
	수송	37.8	26.8	42.3%
	건물	38.6	28.8	59.1%
	계	126.1	95.9	47.2%
VTS	산업	49.7	40.3	100%
	수송	37.8	26.8	100%
	건물	38.6	28.8	100%
	계	126.1	95.9	100%

• 2040년 기준 지속가능한 에너지 미래 시나리오와 제3차 에기본 비교

	제3차 에너지기본계획	지속가능한 에너지 미래 시나리오	
재생에너지 전력 비중	30~35%	MTS 51%	
		ATS 44%	
		VTS 80%	
재생에너지 최종 에너지 비중	-	MTS 29%	
		ATS 28%	
		VTS 58%	
온실가스 배출량	2030 온실가스 감축 로드맵 수정안(2018년 7월)에 따른 전환 부문 추가 감축잠재량 34.1백만 톤 최대한 감축	MTS -30%	2014년 배출량 대비
		ATS -41%	
		VTS -57%	