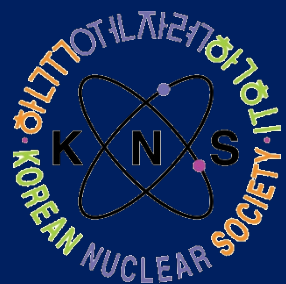




원자력의 미래 전망 예측 및 대처방안



한국원자력학회

미래특별위원회

2020.07.08

Prologue: 배경 및 작성방향

- 에너지전환의 추진으로 에너지정세가 급변하고 있음.
 - ❖ 계획원전 취소, 가동원전 계속운전 금지, 미래 전력공급을 위한 대안으로서 신규원전 불고려 등을 골자로 하는 탈원전 정책으로 원전산업은 매출액 감소, 인력이탈, 지역경제 부진 등 혹독한 시련을 겪고 있음.
 - ❖ 원전 산업과 학계의 장단기 대응방안 모색
- 이에 따라 불확실한 원자력산업의 향후 미래의 합리적 예측 필요
 - ❖ 국내외 에너지수요의 불확실성에 대한 예측
 - ❖ 필요한 기술개발 예측 및 인력양성 방향 도출
- 에너지와 경제, 원전에 대한 세계와 국내 전망, 정책을 비교하여 국내 원자력산업의 장기적 발전을 향한 대응방안 도출
 - ❖ 불확실한 미래를 대비하기 위한 기초자료로 활용
 - ❖ 미래 사회의 환경과 기술 수요의 변화에 대응하는 원자력 연구개발 추진 방안 작성

검토기법 및 활용방안

기법: 과학적 접근을 위해 미래예측조사 방법론 검토

❖ 미래사회 전망을 위한 다양한 예측 방법론 활용

델파이, 교차영향분석(Cross-impact analysis), 시나리오, 전문가패널, 환경스캐닝, 추세외삽법 등 많은 예측 방법이 존재

❖ 미래사회 전망은 한 가지 방법만을 사용하는 것이 아니라 다수의 방법을 종합적으로 사용

결과물의 활용방안: 원자력 일방적 편중보다는 정부와 기관 등에서 활용할 미래 에너지기술 발전 및 규제 계획수립을 위한 객관성, 공정성, 시나리오 다양성에 초점

구분	방법론	개념 및 방법
화물적 방법	델파이	<ul style="list-style-type: none"> • 전문가 패널을 구성하여 설문조사를 반복적으로 실시, 의견수렴 과정을 이용 • 설문조사 반복 실시는 통산 2회 정도로 하고 있음.
	교차영향분석	<ul style="list-style-type: none"> • Delphi 기법이 발전된 형태 • 예측대상에 대해 상호 영향을 미치는 요인을 분석
정성적 방법	시나리오	<ul style="list-style-type: none"> • 미래의 가상적 상황에 대한 묘사 • 타 예측기법을 바탕으로 여러 시나리오를 구상할 수 있음
	전문가 패널	<ul style="list-style-type: none"> • 다양한 분야의 전문가 Pool로부터 일정 정도의 전문가패널 구성 • 정해진 기간동안 주기적 모임을 통해 주어진 주제의 미래전망에 대해 토론하고 전략을 수립하는 방법
	환경스캐닝	<ul style="list-style-type: none"> • 아래 박스내용 참조
정량적 방법	추세외삽법	<ul style="list-style-type: none"> • 일련의 데이터에 연장선을 긋는 방법으로 추세를 예측할 수 있으며, 현대에는 수학적이고 통계적인 피팅 방법을 사용
	다이나믹모델링	<ul style="list-style-type: none"> • 수학적 모델을 이용하여 변수들의 상호관계를 모형화하여 분석하는 시뮬레이션 기법

(참조)Park, Goon-Cherl, Chairman and Emeritus Professor SNU, 미래기술 예측조사방법론, Jan 9, 2019

미래예측 기법 중 시나리오 기법의 선정 사유

❖ 미래예측에 대한 가정

- 기여와 관련된 모든 요인들이 미래에 어떻게 진화하는지는 예측하기 어렵고
요인들 서로가 영향을 미치는 상관관계에 있음.
- 시나리오(일관된 일련의 가정을 기반으로 한 계획) 안에서 예상되는 상황 전개를 상상하는 것이 바람직함.
 - 한번 만들어진 시나리오는 기본 가정이 광범위하게 충족되는 한 유효함.
 - 사건의 발생 시점부터 전개가 용이함

(예) 두 차례의 석유 위기 때부터 현재까지의 천연가스 시장에 대한 전망은 에너지 부문의 주요 큰 충격의 발생 시점의 예측은 에 대한 것은 어려웠지만, 장기적으로 미래의 특정 시점에서 터질 수 있다고 가정하여 대책으로 활용함.

도출 방향 및 핵심 고려사항

❖ 미래 원자력의 역할 전망

한 나라와 세계가 설정한 목표와 그 목표를 달성하는 경로로 에너지 시장을 이끌기 위해 선택 가능한 정책 시나리오 등을 바탕으로 미래의 원자력의 모습을 그리는 것.

❖ 목표: 인류가 당면한 최대의 위기인 지구 온난화를 억제하기 위한 기후 목표와 지구 환경 보호 및 인류의 번영을 촉진하기 위한 지속 가능 개발 목표

- 지속경제성장을 위한 온실가스 완화 및 에너지 안보
- 안전, 효율 및 준비 상황을 고려하는 미래의 에너지 믹스

미래 원자력의 역할 전망은 단순한 에너지와 원자력 시장의 미래 예측이 아님

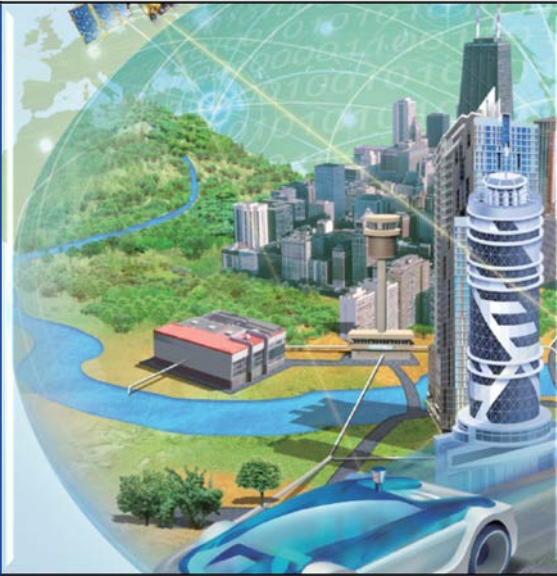
- 당면한 최대의 위기인 온실가스 억제를 위한 기후 목표
- 진보와 성장을 위한 SDG (Sustainable Development Goal)

미래 사회에서의 원자력



깨끗하고 안전한 사회

- 원전 안전성 문제 해결을 통한 수용성 증대
- 방사성폐기물 의 안전한 관리



혁신적인 신기술로 편리한 사회

- 전기 기반 사회를 위한 안정적 전력 공급
- 우주와 해양으로 인류의 삶의 영역 확대를 위한 에너지 공급



스마트한 초연결 사회

- 신재생에너지 제약 해결을 통한 원자력의 입지 재해석
- 4차 산업혁명 신기술을 접목한 새로운 원자력 기술

에너지 환경 변화

과거

에너지
이용에 대한
인식 변화



저성장의
고착화



신재생
에너지의
부상



4차산업혁명

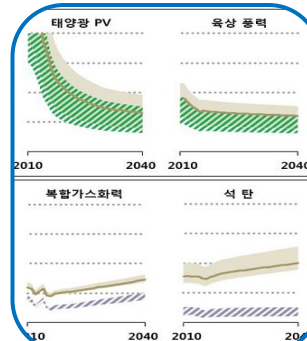
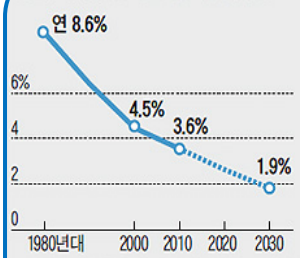


현재



\$afety

갈수록 낮아지는 경제성장률



Smart Grid



미래 원자력 전망의 가변성

- ❖ 각국이 선택할 정치/경제적 및 기술적 정책에 대한 여러 가정과 에너지 기술 발전정도에 의해 폭 넓게 변화
- ❖ 전망하는 주체의 정치적인 입장에 따라, 이러한 전망의 범위가 극단적으로 표현됨.

현실적 미래 예측과 괴리(제외 필요)

(예1) 2050년까지 에너지믹스(Mix)에서 원자력이 완전히 사라질 것으로 가정하는 그린피스의 전망

(예2) 2050년까지 원자력이 지금의 세 배로 팽창할 것이라고 예상하는 세계 원자력 협회의 전망

✓ **최근 코로나 펜데믹에 대한 영향과 배제하였음(과제기간상 제약).**



경제와 에너지 원자력 미래 전망

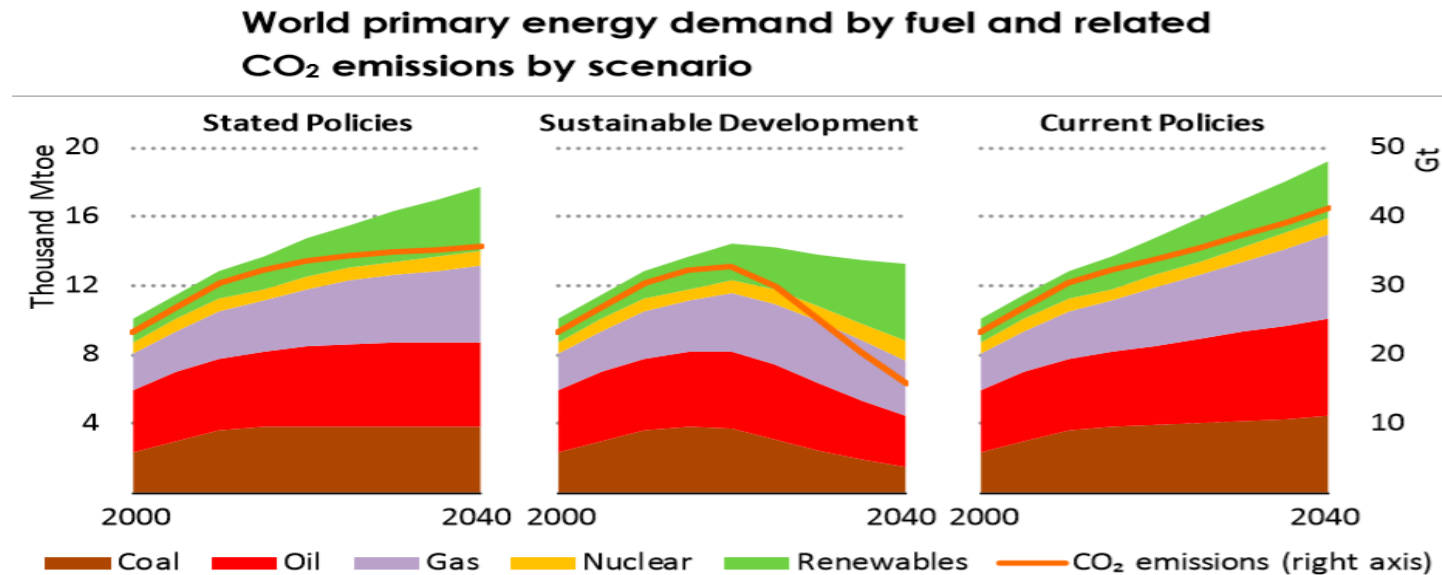
- 참고자료
 - 전력수급기본계획(7차, 8차), 제3차 에너지기본계획(2019)
 - OECD/IEA-WEO(2019), DOE/EIA-IEO(2019), IAEA(2019)
- 검토 대상기간 : ~2050년
- 목적
 - 세계 에너지/원자력 전망
 - 국내 원전 산업 전망과 시사점

- WEO 2019, ~2040

	SDS	SPS	CPS
에너지수요(연평균)	-0.3% 감소	1.0% 증가	1.3% 증가
경제성장(%)	저성장, 세계평균 3.4% 증가, 고성장		
유가(2040)	\$59/b	\$103/b	\$134/b
온실가스 가격	매우 높음(\$140/톤) ~ 낮음(\$39/톤)		

선언정책(SPS: stated policies scenario),
지속가능개발(SDS : sustainable development scenario),
현정책(CPS: current policies scenario)

	실적	SPS		SDS		CPS	
	2018	2030	2040	2030	2040	2030	2040
TPD(MToe)							
CAAGR(%)	14,314	16,311	17,723 (1.0)	13,750	13,279 (-0.3)	16,960	19,177 (1.3)
전력(TWh)							
CAAGR(%)	23,031	29,939	36,453 (2.1)	28,090	34,562 (1.9)	30,540	37,418 (2.2)
원자력(TWh)							
CAAGR(%)	2,718	3,073	3,475 (1.1)	3,435	4,409 (2.2)	3,112	3,597 (1.3)

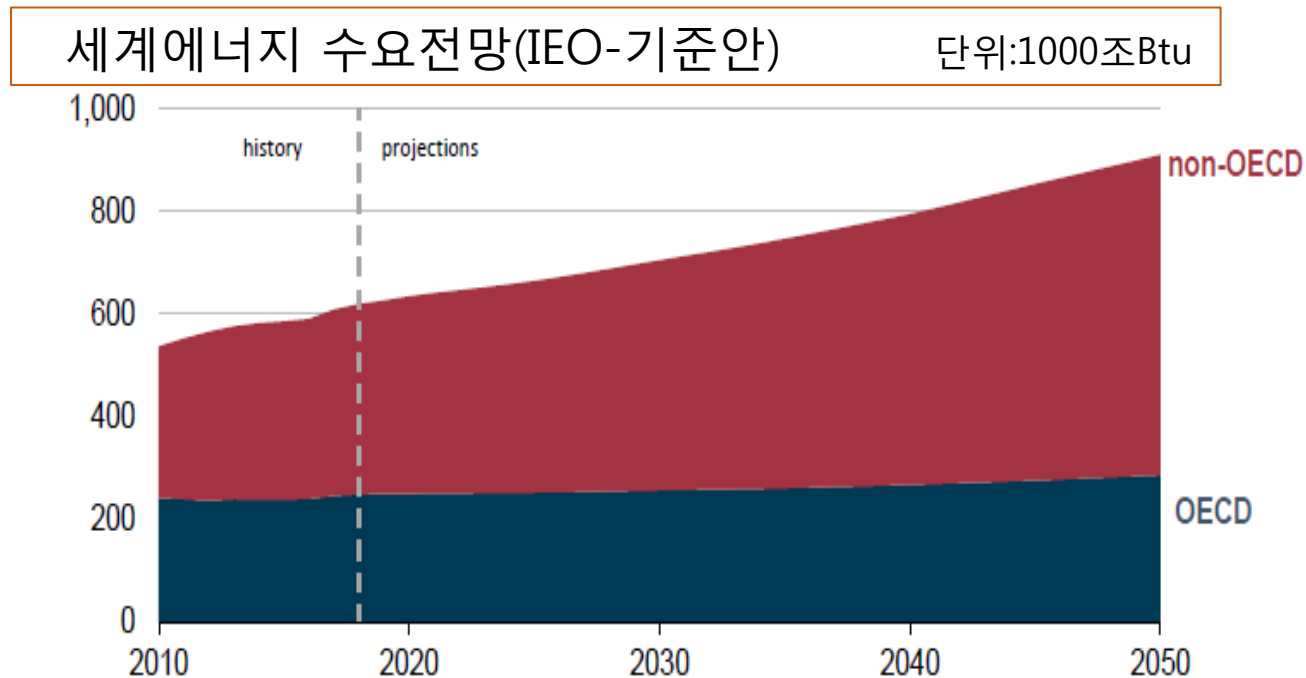


원자력은 2018 2.718TWh에서 2040년까지 연평균 1.1% ~ 2.2% 증가 전망

❖ DOE/EIA는 2019년 IEO(international energy outlook)에서 2050년까지 세계 에너지 소비는 약 50% (약 1.13%/년) 증가 전망

증가의 대부분은 비OECD 국가에서 발생

❖ WEO SPS, CPS와 유사 수준(1.1%/년~1.3%/년)



- ❖ 에너지전환 정책 이후 에너지수요 전망치 급감
- ❖ 8차 전력수급계획의 수요전망치는 7차 대비 12% 감소
- ❖ 3차 에기본의 전력수요 전망치는 8차에 비해서도 감소, 과소예측 논란 발생

최종에너지 소비(목표수요)

단위:백만TOE

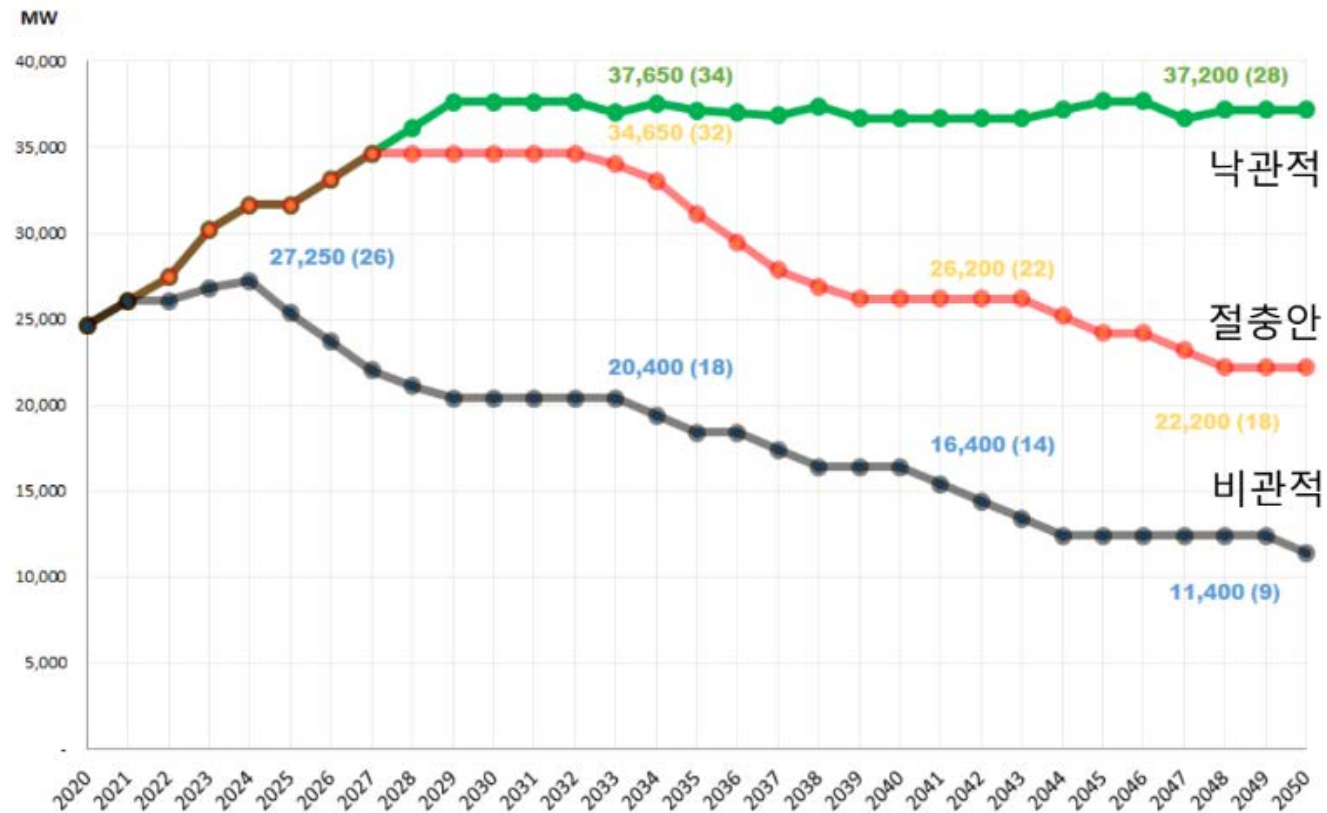
	실적	7차 전력계획	8차 전력계획	3차 에기본	
	2017	2029	2030	2030	2040
TPD(백만TOE)	176.0	-	-	175.3	171.8
CAAGR(%)				(-0.2)	(-0.1)
전력(TWh)	507.7	656.9	579.5	569.8	577.9
CAAGR(%)		(2.2)	(1.0)	(0.9)	(0.6)
원자력(GW)	22.5	38.3	20.4	20.4	16.4
CAAGR(%)		(4.5)	(-0.01)	(-0.01)	(-0.01)

- ❖ 세계 2040년까지 1.86%/년 ~ 2.23%/년 예상
- ❖ 국내 2030까지 1.0%/년(8차) ~ 2.1%/년(7차)

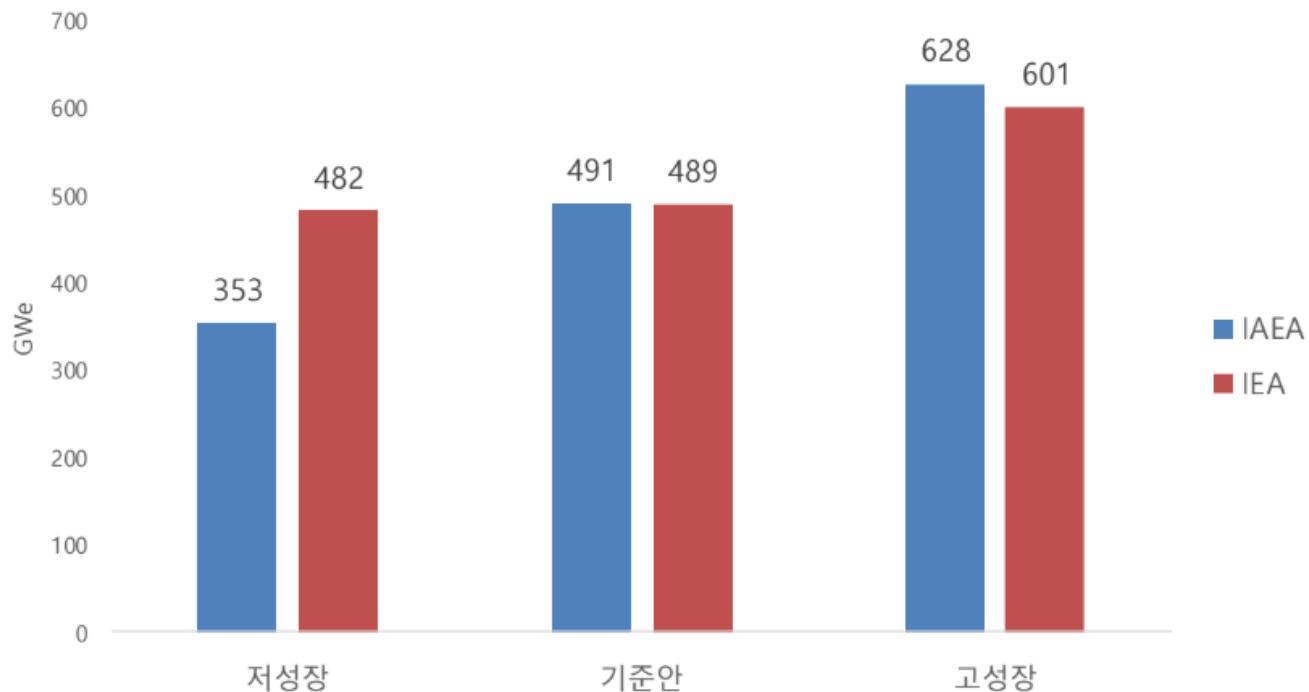
기관별 전력수요 증가율 전망 (단위 : %)

			2030	2040	2050
WEO	세계			2.11	
	미국			0.54	
	EU			0.53	
	중국			2.51	
IEO		OECD			1.00
		비OECD			2.30
한국	7차 수급계획		2.10		
	8차 수급계획		1.00		
	3차 에기본			0.6	

- ❖ 비관적: 에너지전환 정책 지속
- ❖ 절충안: 신한울 3,4, 천지 1,2 신규건설, 가동원전 1회 10년 계속 운전
- ❖ 낙관적: 7차 전력수급계획 최종 연도의 원전 용량 유지



- ❖ 2018년 실적치 대비 연평균 약 1% 성장, 2018년 대비 약 23% 증가 (기준안)
- ❖ 원전 설비용량 전망(2040, GW)



주: IAEA의 기준안은 저성장과 고성장 예측치의 평균 값임

B.5 Power generation technology costs

Table B.6 ▶ Technology costs by selected region in the Stated Policies Scenario

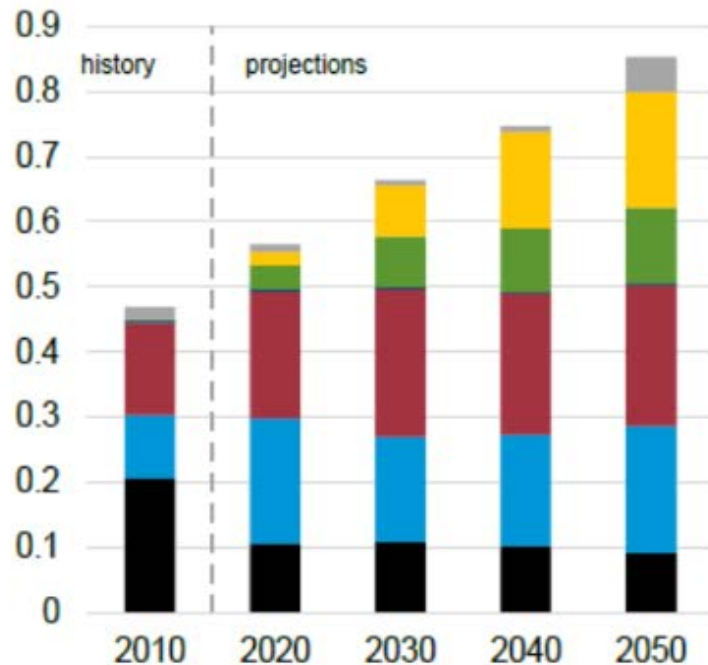
		Capital costs (\$/kW)		Capacity factor (%)		Fuel and O&M (\$/MWh)		LCOE (\$/MWh)		VALCOE (\$/MWh)	
		2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040	2018	2040
United States	Nuclear	5 000	4 500	90	90	30	30	105	100	105	100
	Coal	2 100	2 100	60	60	30	30	75	75	75	75
	Gas CCGT	1 000	1 000	50	50	30	35	50	60	45	60
	Solar PV	1 550	830	21	23	15	10	95	50	95	60
	Wind onshore	1 660	1 500	42	44	10	10	55	50	55	55
	Wind offshore	4 300	2 060	41	48	35	20	155	70	150	75
European Union	Nuclear	6 600	4 500	75	75	35	35	150	110	145	115
	Coal	2 000	2 000	40	40	45	45	120	145	105	125
	Gas CCGT	1 000	1 000	40	40	60	70	90	115	75	85
	Solar PV	1 090	610	13	14	15	10	110	65	105	90
	Wind onshore	1 950	1 760	28	30	20	15	95	85	95	90
	Wind offshore	4 920	2 580	49	59	20	10	140	65	135	75
China	Nuclear	2 500	2 500	75	75	25	25	65	65	65	65
	Coal	800	800	70	70	35	30	50	70	50	65
	Gas CCGT	560	560	50	50	75	85	90	110	85	100
	Solar PV	880	490	17	19	10	5	60	35	60	60
	Wind onshore	1 180	1 160	25	27	15	10	60	55	65	60
	Wind offshore	2 780	1 460	32	44	25	10	120	45	120	50
India	Nuclear	2 800	2 800	80	80	30	30	70	70	70	70
	Coal	1 200	1 200	60	60	35	35	60	55	60	50
	Gas CCGT	700	700	50	50	80	80	95	95	90	80
	Solar PV	790	430	20	21	10	5	45	30	50	50
	Wind onshore	1 200	1 160	26	29	15	10	60	50	65	55
	Wind offshore	3 400	1 720	29	38	25	15	190	65	140	70

Note: O&M = operation and maintenance; LCOE = levelised cost of electricity; VALCOE = value-adjusted LCOE; kW = kilowatt; MWh = megawatt-hour; CCGT = combined-cycle gas turbine. LCOE and VALCOEs figures are rounded. Lower figures for VALCOE indicate improved competitiveness.

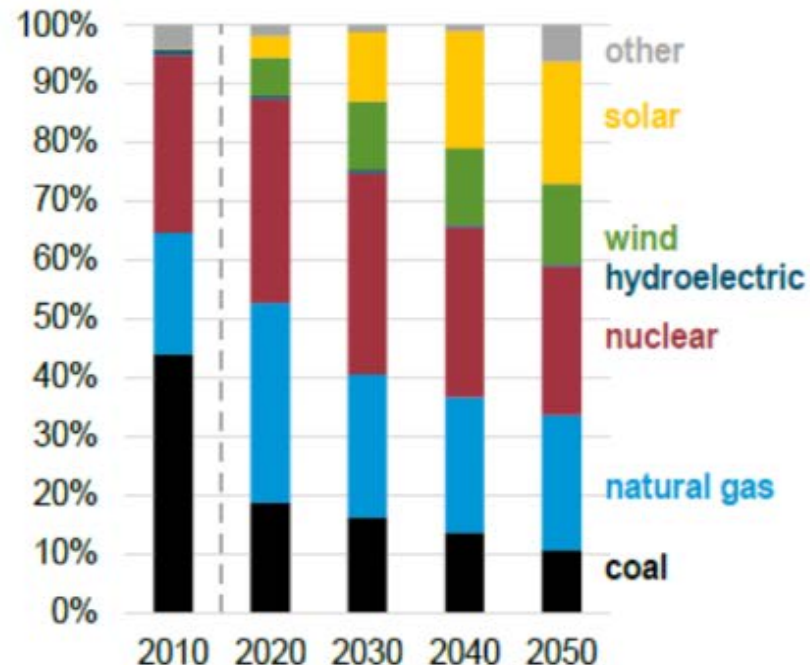
Sources: IEA analysis; IRENA Renewable Costing Alliance; IRENA (2019).

- ❖ 한국의 전력 수요는 연평균 1.4% 증가, OECD 국가보다 빠르게 성장
- ❖ 원자력, 천연가스 및 재생에너지가 CO2 배출 감소에 기여
석탄 발전의 비중은 2018년 발전 믹스의 37%에서 2050년 11%로 감소,
탄 감소는 가스와 재생에너지가 대체
- ❖ 에너지전환 정책은 원전의 단계적 폐지를 계획하고 있으나, 2050년 발전량의 25%를 담당하여 발전부문에서의 역할을 지속

Net electricity generation by fuel, South Korea
trillion kilowatthours



Share of net electricity generation, South Korea
percent



- ❖ 2020년대 이후 선진국을 중심으로 경제성장과 에너지소비 증가의 탈 동조화(Decoupling) 현상 발생:
에너지효율 규제와 개선, 산업구조 변화
- ❖ 원전의 미래는 중국, 인도, 러시아, 동유럽, 중동이 주도
선진국에서 원전은 더 이상 매력적인 전원이 아님,
여론의 반대, 안전 투자비의 급증, 전력시장 구조 등이 원인
- ❖ 한국에서 원전의 미래를 결정하는 주요 요인은 정책적(정치적) 결정, 전력수요 증가세(경제성장 정도, 전기차 등 전화율의 증가), 기후변화에 대한 규제 강화 등임
- ❖ 한국의 원전 수출은 제약요인(핵주기 미완성, 재무적 한계, 탈 원전 정책 등)의 극복이 필요함
- ❖ 한국의 탈 원전 정책은 전기요금의 인상을 초래할 것이지만, 소득 수준을 고려할 경우 국민이 체감하는 부담은 크지 않음
- ❖ 한국에서 원전산업의 연착륙을 위해서는 핵심인력 및 산업의 유지가 중요
원전 R&D 예산의 확대, 신규 일감 개발이 긴요

한국원자력학회
제2기 미래특별위원회
원자력 산업 예측 및 시나리오 소위원회
원자력미래기술 예측 소위원회



원자력 산업 예측 및 시나리오 작성 원자력미래기술 예측

II. 에너지 수요전망과 온실가스 완화 시나리오

❖ 온실가스 완화 방안

➤ 원자력의 기술 개선

안정적인 운전 기록, 최대 50~60년 이상의 발전소 수명 관리 프로그램 구현, 현재 원전의 운전비용 절감, 기술 혁신, 경제 경쟁력 및 안전 기록을 포함한 원자력 산업 자체가 이룩한 성과

➤ 원자력 제외 온실가스 완화 에너지 기술 발전

신규 출연 에너지 기술, 그 기술들의 상대적인 경제적 성과와 여러 국가에서의 필요 에너지 자원의 가용성 확대 등 일반적인 에너지 부문의 상황 전개로 구성

➤ 국가들의 경제 및 정치 정책 결정

온실가스 완화를 위한 경제 및 정치적 의사결정

❖ 온실가스 배출 완화와 관련된 원자력 시나리오 중요성

➤ 확장 가능한 원자력의 규모의 설정 가능(온실가스 배출 완화와 연계)

- 미래 원자력 역할의 크기에 대한 방향 제시
- 시간이 지남에 따른 다른 에너지 기술의 발전과 연계된 원자력의 규모
 - 원자력은 배출량을 줄이는 모든 저탄소 에너지 기술과 경쟁할 가능성 상존
 - 대체 에너지원들의 탄소 회피 순위 변경 가능
 - 파리 협약 체제 하의 에너지 생산자에게 기후 변화 완화 가속화 압력 증대

❖ 어제 지식과 오늘날의 목표 및 정책 의제 등을 바탕으로 하는 다양한
전망과 시나리오를 사용하여 미래 원자력의 역할 조명

(2060년까지의 원자력 발전에 대한 주요 전망 시나리오 – 그림 참조)

정책 선택과 기술 개발에 대한 여러 가정과 수십 년 동안 전 세계
에너지 시스템에 의해 달성될 목표에 대한 기대에 따라 원자력 전력
생산의 예상이 넓은 범위로 변함.

➤ 26개의 시나리오 검토 기반 예측 원자력 발전량: 2050년 0 ~ 11 PWh 범위

➤ 극단적 시나리오(5개) 배제 시, 예상 범위 3~7 PWh로 추정.

배제된 5가지 시나리오 중 2개는 2050년까지 에너지믹스에서 원자력이 사라진다고 가정
(그린피스와 에너지 감시 그룹이 제안).

나머지 3가지 시나리오는 너무 높은 전망 사례로 2050년까지 8 PWh 이상이 될 것을 예측
(EU에서 제안한 두 가지 시나리오 (B2 Degrees 및 INDC)와 세계 원자력 협회(WNA)가 제안한
한 가지 시나리오).

➤ 2017년에 예측한 IAEA의 전망치: 3.079 ~ 7.041 PWh

➤ 배제된 5가지 시나리오를 제외한 21개 시나리오의 2050년 원자력 발전량 예측이
2017년 IAEA의 예측치와 유사.

➤ 21 시나리오 모두 미래 원자력의 역할이 커질 것이며 따라서 온실가스 완화에 원자력이
절대적인 기여를 할 것으로 전망

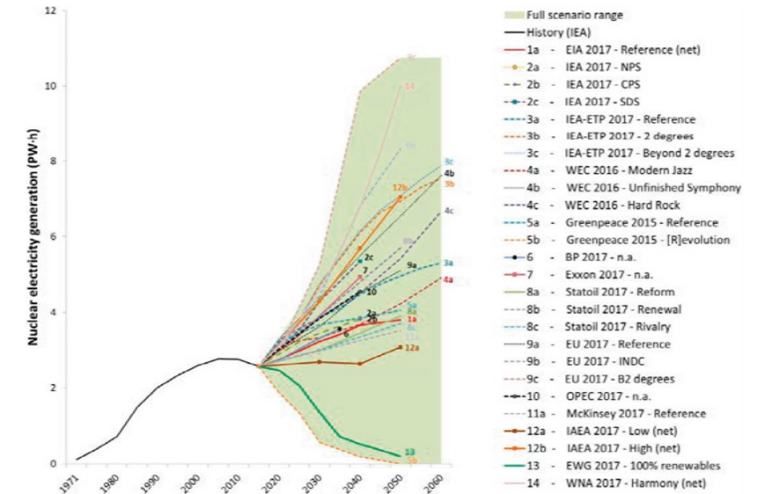


그림 2. 원자력 발전 시나리오 : 과거 데이터 (1971~2015) 및 예측
(2015~2060). 출처: 참고문헌 [1].

(이 그림에서 각 약자는 IEA — 국제 에너지기구, EIA — 에너지 정보 행정,
NPS — 새 정책 시나리오, CPS — 현재 정책 시나리오, SDS — 지속 가능한
개발 시나리오, ETP — 에너지 기술 전망, WEC — 세계 에너지 협의회, EU
— 유럽 연합, INDC — 자발적 결정 기여 시나리오, B2 Degrees — 2도 그 이
상의 시나리오, EWG — 에너지 감시 그룹, OPEC — 석유 수출국 기구,
WNA — 세계 원자력 협회, na — 해당 사항 없음을 나타낸다.)

III. 에너지 수요전망과 온실가스 완화 시나리오 정립

- 에너지 믹스에서의 우선순위 및 정치적 의사결정과 미래 원자력의 역할에 대한 영향의 상관관계 (시나리오 전개 방식 채택)
- 국내외 경제성장(에너지 수요), 기후대응, 국제정치 환경변화를 3가지 가장 중요한 동인으로 미래 원자력산업에 미치는 영향을 고려하여 아래의 **현상유지, 성장 및 대립**의 3가지 시나리오로 분류;
 - **현상유지** 시나리오: 기후 변화 대응에 현재의 경제 동향 및 정책의 큰 변화 없이 추진되는 경우
 - **성장** 시나리오: 지구 온도를 2°C 이하로 유지하기 위해 온실가스 배출 제한에 혁신적인 노력의 경우
 - **대립** 시나리오: 국가 간의 국제 관계가 서로 대립함에 따라 에너지 안보가 정책의 주요 요소인 경우
- 미래의 세계는 **성장**과 **대립**의 시나리오의 어느 중간에 있겠지만 어떤 한 시점에서 보면 때로는 **성장**으로 때로는 **대립**으로 표현될 수 있음.
 - 파리 협약 수립 당시는 세계는 뚜렷한 장밋빛 **성장**의 상황
 - 그 후 자국의 경쟁적 이익을 우선하는 미국 트럼프 정권의 등장이나 영국의 브렉시트 현실화는 다분히 **대립**으로의 방향 전환 상황.

시나리오 전개에 따른 에너지 및 원자력 전망

● 현상유지 시나리오:

- ❖ 원자력은 2050년까지 매년 평균은 1.2 %/년 증가
- ❖ 2050년 세계 발전량의 비율은 15 %이며, 3840 TWh
- ❖ 기간 동안 수요는 44 % 증가
- ❖ 예상되는 경제 성장을 저하는 지역간 기술 교환 및 협력 부족으로 인한 것
- ❖ 자본은 적지만 국제 무역 부족 및 보호주의로 인한 공급 안보의 필요성 때문에 원자력이 필요.

● 성장 시나리오:

- ❖ 원자력은 2050년까지 매년 2.3 %/년으로 증가하여 총 124 % 성장하여 두 배 이상 증가
- ❖ 온실가스 배출 감소 목표 달성을 위해, 화석 연료의 대체와 전력 수요의 증가분을 감당할 수 있는 원자력 필요
- ❖ 2050년에 원자력은 총 전력 생산량의 16%를 차지하며 총 원자력 용량은 5600 TWh
- ❖ 원자력 에너지 믹스의 중요 부분이며 기저 부하 전기의 핵심 부분.

● 대립 시나리오:

- ❖ 복잡하게 얽힌 국제정치 상황 때문에 에너지 안보를 최우선 순위
- ❖ 이런 조건 속에서도 2050년의 원자력 전망치는 3.64 PWh
 - ✓ 이는 참고 사례인 '개혁' 시나리오의 예측치인 3.84 PWh와 거의 같다.
 - ✓ 원자력은 에너지 안보에서 다른 에너지원보다 비교 우위에 있기 때문.
 - ✓ 에너지 안보의 중요성에 따라 원자력을 개발하였던 1970년대와 1980년대와 유사
- ❖ 낮은 성장률, 증가하는 보호주의 등 세계 경제에 대한 낙관적이지 않은 시나리오에서도 원자력이 그로 인해 발생하는 에너지 안보 위험에 대비하는 해지에 사용될 것으로 예상.

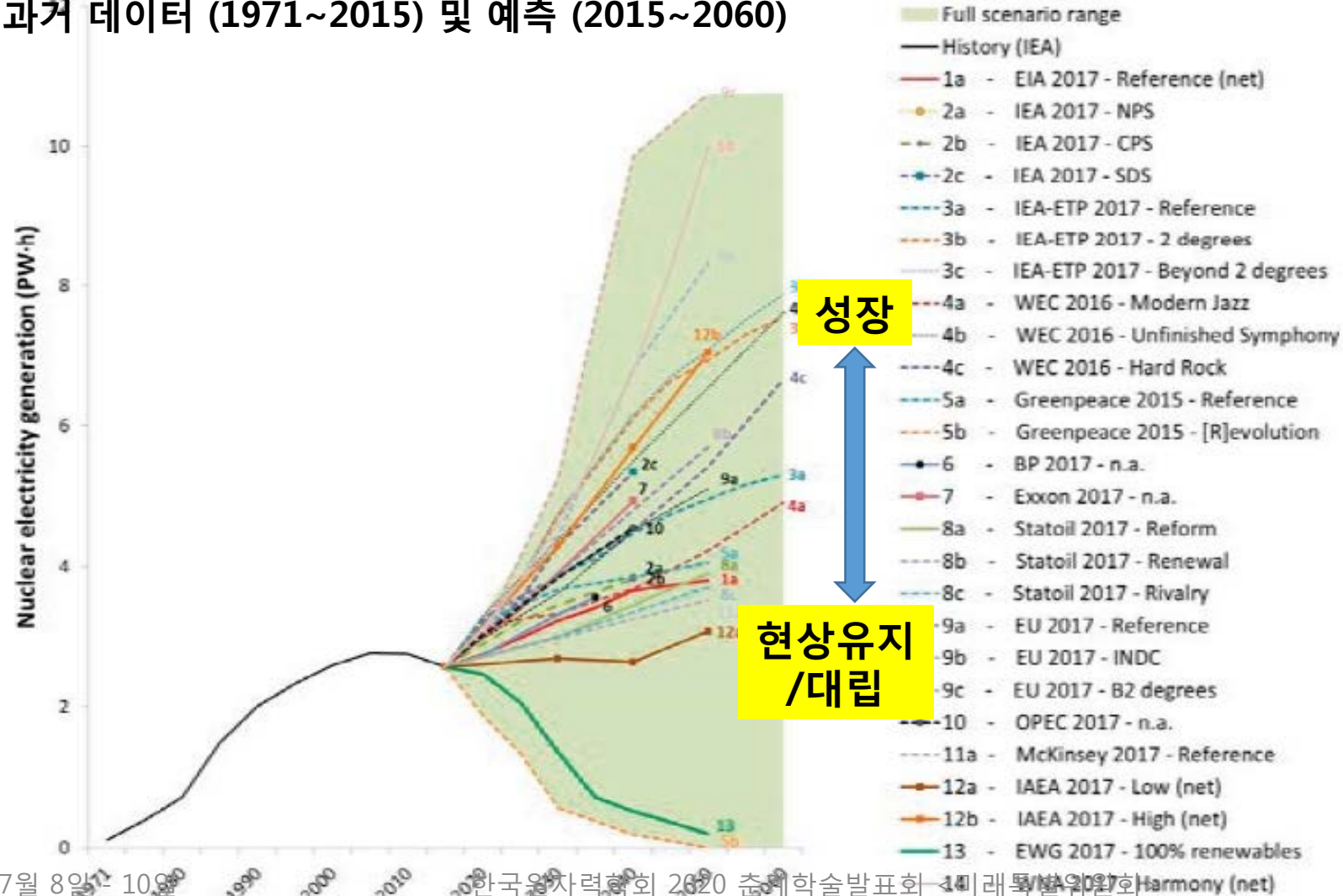


	현상유지	성장	대립
속성	소극적 NDC 이행, 국제질서 현상유지 무 보조금 시장중심 (혁신과 기술개발) 저탄소 기술 상용화 탄소가격체계 미작동 (CCS는 비경제 대안)	2°C 제한 요건 준수, 국제협력발전 탈탄소화, 전기차 시장기반 ESS 기술 성숙 송배전 네트워크 강화 주택, 건물 개조 경제는 현상유지에 비해 더 성장	NDC 파기, 국가이익 우선 지정학적 경쟁 고조, 국제적 이득 보다 물리적 장벽과 국경통제로 세계화 후퇴 기후회의론 경제성장 훨씬 낮음
에너지	수송, 건물 효율개선 전기차 보급 확대 신재생과 전기차에 대한 규제 및 인센티브, 보조금 점차 폐지 GDP>효율개선으로 에너지소비 증가 에너지원단위 1.9%/년 개선 에너지소비 2014~2050 0.6%/년 증가(총 24% 증가)	에너지원단위 감소속도가 경제성장을 압도 에너지원단위 2.8%/년 감소 2050 에너지수요 2014의 94% 수준(6% 감소)	화석연료 수요증가와 에너지가격 상승, 변동성 증가 탄소가격은 정책의제에서 멀어짐 신기술에 대한 인센티브 배제(CCS 불고려) 지구적 기후문제 무시 전기차 보급 속도 둔화 에너지원단위 1.1%/년 개선 에너지수요 32% 증가
전력비중	→ 2050 25%	→ 2050 30%	→ 2050 20%
원전비중	5~6% 현상유지	11.5%로 증가	5~6% 현상유지
신재생	확대	빠르게 확대	확대
CO2	배출 안정화, 파리협약 달성 실패	CO2 크게 감소	현상유지 보다 오히려 증가

IV. 시나리오 기반 미래 원자력 예측

글로벌 미래 원자력 예측 시나리오: 기후변화가 가장 큰 동인

과거 데이터 (1971~2015) 및 예측 (2015~2060)



에너지 믹스와 온실가스 배출량의 상관 분석

- ❖ 기후 보호에 대한 미래 원자력의 기여도를 평가하려면, 에너지믹스의 추세에 대한 조사 필요
- ❖ 기후 친화적인 시나리오에서 IEA가 따르는 접근법은 전 세계적으로 온실가스 완화 목표를 달성하기 위해 모든 이용 가능한 체제와 도구가 사용되어야 한다는 생각에 기반을 둠.
 - 파리 협정의 틀 내에서 다른 가능한 모든 고려 사항보다도 배출 감소가 우선
 - 지구 온도가 2°C 미만으로 유지되도록 하는 데에 원자력과 재생가능 에너지 등 저탄소 에너지원과 에너지 효율 개선을 포함하여 현재 산업 규모로 이용 가능한 모든 기술을 완전히 사용할 것임을 의미
- ❖ 에너지믹스에서 저탄소 에너지원의 비중은 향후 수십 년간 증가할 것으로 예상됨.
 - 에너지 안보 우선시 시나리오(**대립** 시나리오)에서 미래 원자력의 역할은 확장됨.
이경우, 에너지믹스에서 재생 에너지의 기여는 제한적으로 유지.
 - 화석 연료는 여전히 세계 에너지와 경제에서 지배적인 자원 성격 유지

단기적인 CO2 배출 감소와 원자력의 기여

단기적인 CO2 배출 감소용 원자력의 기여는 현재 운전, 건설 및 준비 중인 원전에 의해 달성 가능.

❖ 단기 기여의 첫 번째 요소는 운전하고 있는 발전소의 계속운전 지속

➤ 현재 원자력은 유럽 저탄소 전력의 약 반, 세계 저탄소 전력의 1/3 생산.

➤ 조기 원전의 퇴역은 기후 변화 충격 악화

- 원전 발전량의 감소는 다른 부문의 배출량 감축 정책에서의 진전을 부분적으로 상쇄.
- 재생 에너지로 달성한 배출량 감소 이익 상쇄
- 재생 에너지의 분담률 증가로 인한 그리드 불안정
- 그리드 안정화용 화석 발전소 백업 시, 또는 더 빠른 스마트 그리드로의 전환이 요구 시, 원전 유지 시보다 비경제적이고 비 안정적임.

❖ 시사점: 세 시나리오의 혼합 구성 시, 미래 원자력의 역할에 대한 광범위한 이미지로 활용 가능.

전세계적으로 에너지 수요는 꾸준히 증가할 것이며, 온실가스 완화 시나리오 상
2050년까지 원자력의 활용의 지속 전망.

원자력이 비 기후적인 잇점인 에너지 안보 우수성으로, 코로나 대유행 등과 같은
대립 시나리오로 전개 가능성이 커진 시점에서 볼 때, 미래 원자력의 역할이 기대됨.

원자력산업 주요 분야별 제고

1. 원전 수출

- ❖ 증가하는 전력 수요를 충족시키기 위한 신규 발전소 증설 필요
- ❖ 세계적으로 에너지 소비의 탈탄소화의 지속 예상
- ❖ 후쿠시마사고 이후 감소했던 발전량이 재가동 및 신규원전 추가로 인해 증가 추세.
- ❖ 기후변화 완화를 위해, 즉각적인 전세계 온실가스 배출량 감소 필요
 - 에너지 최종 소비의 전기 전환 촉진
 - 증가되는 전력수요의 저탄소 발전화
 - 원자력 발전량: 2050년까지 평균 2.5배 정도 증가 필요.
- ❖ 저탄소에너지 기업 간 경쟁 심화

※ 시사점: 2040년 내에 약 100여 기의 신규 원전건설 시장이 열리며, 그 이후 장기적으로 300여 기의 신규 원전건설이 예상되는 바, 원전수출 경쟁력 확보 및 유지 필요.

이를 위해, 수출 후 60년 이상의 운영기간 동안의 기술/부품 지원 및 공급과 원전 계속운전 및 지속적인 원전 기술 개발 역량 및 인력 필요

신규원전 건설 노형의 원전수출 노형화 전략 필요

원자력산업 주요 분야별 제고

2. 소형원전 및 차세대원전

❖ 소형원전의 활용성

- 소규모 전력시장 (오지 전원/열 공급, 낙도/극지/군사기지 분산 전원, 해양플랜트 전력/열 공급) 개척
- 해양플랜트 전력 및 공정열 공급을 위한 소형 분산 에너지원으로 역할
- 기존 오지 전력생산용으로 활용되고 있는 화석연료 대체로 온실가스 저감에 기여

❖ 소형원자로의 잠재 시장 규모 평가

- 캐나다는 전 세계 SMR 잠재 시장의 규모를 2030~2040년 사이에 연 1,500억 캐나다인-달러로 평가

❖ 소형원전의 장점;

- 적은 투자비, 작은 전력망도 수용
 - 소형원자로는 규모가 작은 특성 때문에, 계통의 단순화를 통해, 대부분 공장-제작함에 따라 건설비용 최소화 가능.
- 발전 외의 여러 분야에의 활용 가능

※ 시사점: 40년 이상 확보한 대형로, 연구로, 중소형모듈원전 SMART 기술을 바탕으로 소형원자로

기술 확립 및 세계 시장 진출용 수출형 소형원자로 국내 건설 및 운용 필요

원자력 기술의 우위를 유지하려면, 차세대원전 기술개발에의 지속적 투자로

차세대원전 상용화에의 선도 역할 수행 필요

원자력산업 주요 분야별 제고

3. 수소생산

❖ 수소사회 가능성 전망 - 기후변화에 대한 국가적 대응의무가 강화되고 미국, EU 등 일부 국가에서 경쟁력을 갖추기 시작한 재생에너지 및 이의 보급 확대가 수소사회로 가는 모멘텀을 제공할 것인가와 이것이 과연 우리나라 여건에 그대로 적용 가능할 것인지 또 아니라면 어떤 성공 조건을 갖춰야 하는지에 대한 전망

○ 탈탄소화를 앞세운 수소사회 활성화는 수소 가치사슬의 전 부문에서 가격 경쟁력이 필수 전제

- 그린 수소생산 단가의 대폭 인하가 필수
- WEC의 재생에너지 및 연료전지 가격 대폭인하, 기후변화 요건 준수, 중국 참여 등으로 수소 경제 가시화 전망
- 수소사회 실현의 변수 - (에너지정책) / (수소 경제성 + 기술발전)
- 예측가능하고 지속적인 에너지 정책 필요

❖ 우리나라 수소사회 전망

○ 재생에너지를 활용한 수소사회 전망

태양광 전기 이용 수전해 경우, 우리나라는 태양광 이용률이 15%인 반면 캘리포니아와 칠레 등은 25%를 상회하기 때문에 이들 자원 부국과는 수소 가격 경쟁력 측면에서 구조적으로 불리

- 2040년까지 수소차 / 연료전지 세계시장 점유율 1위 달
 - 수소차 620만대, 수소충전소 1,200개소, 연료전지 17.1GW(8GW는 수출) 공급 또는 설치예정
- 화석연료 자원빈국에서 그린 수소 산유국으로 진입
 - 3,000원/kg 이하 가격의 수소 연 526만톤 공급 (산업용 제외)
 - 30%는 추출수소로 / 나머지 70%는 수전해, 해외생산 및 부생수소로 생산 공급

3. 수소생산

○ 재생에너지 수소의 경제성 전망

- 무탄소 수전해의 경우 추출수소 대비 가격 경쟁력 확보가 관건
- 재생에너지 활용 수소생산은 경제성 낮음.
- 재생에너지 수소의 비싼 생산단가와 대규모 설비 설치의 어려움 고려 시, 2040년 공급량 368만톤의 대부분(추출수소 제외) 해외 수입 의존 불가피
- 재생에너지를 통한 무탄소 수소 산유국 목표와 큰 괴리 발생.
- 재생에너지 활용이나 해외기지 수소생산 부문의 가격경쟁력이 취약하기 때문에, 해당 활용부문에 대한 정부의 정책의지가 강하더라도 수소의 활용은 재생에너지의 잉여전기를 저장하는 틈새시장에서의 역할로 그칠 것으로 예상됨.

○ 원자력수소의 역할과 전망

- 원자력의 고 이용률 및 무탄소 발전원 중 가장 저렴하므로 재생에너지 수전해 보다 경제성 탁월함.

○ 원자력 수소의 기술·경제적 특성 활용 시, 국내 수소 사회 - 원자력과 재생에너지의 상생 가능

○ 기후변화에 대한 대응의무의 강화 및 재생에너지의 보급 확대가 수소사회를 여는 모멘텀 제공

○ 수소시장 확대로 규모의 경제성 도달 시, 글로벌 수소사회 진입속도 가속화 전망

○ 원자력 수소생산을 포함한 그린수소 생산의 추구 시, 수소사회로의 진입 가능 전망됨

V. 시나리오별 상세검토 및 대응

[현상유지 시나리오]

전력계통/시장의 핵심 키워드와 원자력 기술

● Energy Storage(에너지저장)

- 재생에너지 확대에 따른 에너지저장장치의 수요가 대폭 확대
- 기존 battery는 대용량, 장주기 에너지 저장에 한계가 있으며 기술 대안들은 여전히 경제성에 문제가 있음
- Isotope energy storage, 용융염전지 등 원자핵공학에 기반한 새로운 기술 개발 필요
 - 원자력발전소에 적합한 그리고 기술 특성에 부합하는 에너지저장기술 개발

● Dispatchability(급전가능성)

- 간헐성을 갖는 재생에너지 확대에 따라 부하 추종 능력에 대한 수요가 증대
- 제한적이거나 기존 원전의 출력제어를 위한 제어 알고리즘 개발, 안전성 검증 필요.
- 기존 원전의 출력제어가 제한적인 경우 기존 ESS와의 결합을 통해 출력제어 능력을 향상시키는 방안도 고려
- 출력제어 능력 보강을 위해 2차측에서 전기출력을 제어할 수 있는 시스템이 가능
 - 미래 원자로로는 출력제어능력을 갖추도록 설계 되어야 함.

전력계통/시장의 핵심 키워드와 원자력 기술

● Distributed System(분산형시스템)

- 송배전망 건설의 어려움, 산불 등 자연재해 발생 빈도 증가, 대형 전력회사에 대한 신뢰성 하락 등으로 인해 마이크로그리드, 지역공동체개별구매(Community Choice Aggregator) 등 전력시스템 분산화가 확대되고 있음.
- 소규모 분산 전력시스템에 적합한(소형, 용이한 유지관리, 높은 출력제어 성능을 갖춘) 원자로 기술 개발 필요

● Low capital cost(자본비용)

- 경쟁전력시장은 미래 수입에 대한 불확실성이 커서 초기자본투자비가 적은 LNG 복합발전에 대한 선호가 높았음. 향후 재생에너지 확대에 따라 전력시장가격 하락, 가격 변동성 심화 등으로 자본비용 회수 불확실성이 더욱 확대되고 있음
- 이에 따라 평균발전단가가 낮다 하더라도 초기자본투자비가 높은 발전원은 시장에서 선택되기 어려움.
- 미래의 원자로는 초기자본투자비와 폐로비가 대폭 축소되어야 함.

- 혁신형 소형원자로 개발
 - 인쇄기관형증기발생기
 - 고성능 원자로 냉각재 펌프
 - 다수호기 블록화 개념 지능형 자율운전
 - 원자로용기장착형 밸브
 - 피동안전계통 최적화 등
- 다목적 초소형 원자로 기술 개발
 - 초소형 원자로 시스템 개발- 초임계 CO₂ 동력변환계통
 - 성능 실증용 축소 상용장치 구축 및 검증
 - 중대사고 배제 핵연료 설계/제조기술, 다목적 열원 응용기술 등

- 차세대 동력변환시스템 개발
 - 독립전원 이용 가능 메가와트급 초임계 CO₂ 발전시스템 설계
 - 메가와트급 초임계 CO₂ 발전시스템 핵심기기 기술 검증
 - 플랜트급 수메가와트 초임계 CO₂ 발전시스템 상세 설계
- 우주용 원자로
 - 우주추진체
 - 우주전력공급원

[성장 시나리오]

4차산업혁명 기술의 원자력 응용

- 4차산업혁명 기술의 적용
 - 인공지능/딥러닝(Deep Learning), 로봇, 자율주행, 사물인터넷(IoT), 신소재, 3D프린팅 등 선진제작 기술의 적용을 통한 에너지 시장에서의 성장
 - 방사선 기술, 원자력 외부 분야의 제품 생산기술을 통한 기술 영역의 확장
- 원자력 응용 분야
 - 원자로시스템(초소형원자로, 자율운전, 사고저항핵연료)
 - 유체계통(기기 개발, 유동 안전)
 - 안전(진단, 재난, 환경, 안보)
 - 폐기물/해체(자동화, 흡착제, 처분, 해체, 제염)
 - 신소재(반도체, 양자컴퓨팅, 신기능소재)
 - 의학(진단, 치료, 선량평가)
 - 농생명(개량, 동위원소)
 - 비파괴(자동화)
 - 우주(전지, 발전기술)

4차산업혁명 기술의 적용 분야(1)

대분류	소분류	기술명	적용미래기술
안전일반	진단	자율주행 로봇/드론을 이용한 원자력 시설 및 방사선안전 진단	자율주행, 로봇, IoT
		기계학습 기반 기기 이상탐지(Anomaly Detection)	딥러닝
	재난	원전 사고시 선원향 예측이 가능한 딥러닝 시스템	딥러닝
		무인비행체-딥러닝 기반 재난현황 실시간 분석 시스템	딥러닝, 자율주행
		사고 대응용 원격 로봇시스템	로봇, IoT, 자율주행
		재난대응용 개인 맞춤형 솔루션 딥러닝 시스템 개발	딥러닝
	환경	딥러닝 기반 환경방사선 모니터링 분석 자동화 시스템	딥러닝
		해양방사능 측정 자동화 시스템	딥러닝, 로봇
		딥러닝 기반 환경시료 방사능 분석 자동화 시스템	딥러닝
	안보	중요 원전시설 보호를 위한 안티드론 시스템	드론
유체계통	기기	딥러닝 기반 최적설계기술 (증기발생기 등)	딥러닝
		블록형 시스템 기기 개념	선진제작
	안전해석	유동해석 딥러닝 기술	딥러닝
		딥러닝 기반 비파괴 유동안전 평가기술	딥러닝
원자로	시스템	원자로 자율운전기술	딥러닝
		피동안전계통 최적화	선진제작
		고성능 냉각재 펌프	선진제작
		초소형 원자로 시스템	선진제작
		초임계 CO2 발전시스템 및 계통기술	선진제작
	핵연료	중대사고 방지용 핵연료 설계-제조기술	선진제작
폐기물	자동화	폐기물 균질도 자동평가 기술	딥러닝
		폐기물 핵종분석 자동화 딥러닝 기술	딥러닝
	흡착재	방사성물질 흡착재 성능 최적화를 위한 딥러닝 기술	딥러닝
	처분	인공지능기반처분장공학적방벽최적화설계기술개발	딥러닝
		고준위 방사성폐기물 처분 종합관리 시스템 개발	딥러닝, IoT

4차산업혁명 기술의 적용 분야(2)

대분류	소분류	분야	적용미래기술
의학	진단	진단을 위한 초고해상도화 기술	딥러닝
		종양 진단을 위한 특이 마커 발굴	딥러닝
		의학 진단 자동화 기술	딥러닝
	방사선치료	방사선 암치료 자동화 딥러닝 기술	딥러닝
	선량평가	생물학적 피폭평가 자동화 딥러닝 시스템	딥러닝
신소재	반도체	딥러닝 기반 NDT 반도체 최적도핑 기술 개발	신소재, 딥러닝
	소재	강도, 내열성 등 물성향상을 위한 딥러닝 기반 방사선조사 최적화 기술	딥러닝, 신소재
		경량/고강도 중성자 흡수재	신소재
		기체 분리막 소재 개발	신소재
	양자컴퓨터	양자팍 핵심소재 물질 개발	신소재
농생명	농업	딥러닝 기반 Mutation 최적화 기술 개발	딥러닝
		Life Span 확장 기술 개발	딥러닝
	생명	방사선 돌연변이 육종 최적화를 위한 방사선 조사 기술	딥러닝
		표지기술에 최적화된 방사성 동위원소 생산 기술	딥러닝
		방사선에 대한 생물체 반응연구 지원기술	딥러닝
비파괴	자동화	중성자 비파괴분석 자동화 기술	딥러닝
		비파괴분석 자동화 시스템 기술	로봇, 딥러닝
우주	우주	우주방사선 측정 기술	미래기술
		핵전지 기술	선진제작
		위성용 소형-경량 원자력 발전기술	선진제작

수요 원자력 (안전)

- 가상원전
 - 가상원전 통합 플랫폼 구축 및 세계최고 수준의 원전 비정상상태 예측 정밀도 확보
 - 정밀 시뮬레이션 기반 사고진행 예측 및 운전원 지원 기술
 - 압력경계 기기 비정상·고장 진단/예측 신뢰도 향상
 - 고정밀 핵연료 해석 기술을 활용한 핵연료 안전성 평가 기술
- 지능형 원전재난 대응
 - 최적 사고관리/대처를 위한 지능형 의사결정 지원 플랫폼 개발
 - 사고진행 평가 및 방사성물질 방출 저감기술 개발
 - 방사성물질 환경누출 저감을 위한 무인장비 개발
 - 방사성물질 환경방출에 따른 개인맞춤형 재난대응 솔루션 제공

(방사선 기술)

- 방사선 손상복원 및 내성제어 M&S 기술 연구
 - 방사선 반응 모델링&시뮬레이터(M&S) 개발연구를 통한 방사선 손상복원
 - 정밀 예측기술 확립과 방사선 내성강화 제품개발 효율성 향상
- 방사선 융합 생물분자공학 원천기술 개발
 - 생체분자 재조합기술 세포공장구현기술 천연고분자 가공기술
- 사회 인프라·먹거리 정밀 안전진단용 방사선 기술개발
 - 구조 안전진단, 먹거리 안전진단, 방사선 안전·감시 등

[대립 시나리오]

❖복잡하게 얽힌 국제정치 상황 때문에 에너지 안보를 최우선 순위

- ✓ 낮은 경제성장률, 증가하는 보호주의
- ✓ 탄소가격은 정책의제에서 멀어지고 지구적 기후문제 관심저하
- ✓ 신기술에 대한 인센티브 배제(CCS 불고려)
- ✓ 원자력발전량 감소 예상. 그러나 원자력은 에너지 안보에서 다른 에너지원보다 비교 우위에 있기 때문에 기초분야로 원자력개발 지속 예상.

원자력과학기술로의 전환

- 원자핵과학기술(Nuclear Science and Technology)
 - 원자로(Reactor), 가속기(Accelerator), 핵변환/반응(Nuclear Transmutation/Reaction), 방사선조사 (Irradiation)를 이용한 모든 활동
- 원자핵 응용연구 (Nuclear Application) 분야 활성화
 - 기초연구(측정, 분석기술)
 - 환경보호
 - 수자원확보
 - 의료(암진단, 치료)
 - 신소재
 - 양자기술(기초연구)
 - 산업응용(공정진단, 비파괴검사 등)
 - 식품 농생명
 - 에너지(RI, 태양전지 개선)

원자력 에너지 기술(핵연료주기·폐기물)

- 사용후핵연료 환경부담 저감 기술 개발
 - 심부시추공처분(DBD, Deep Borehole Disposal) 연계 처분대상 핵물질 회수기술 확보
 - DBD 대상 고방사성핵물질 안정화기술(고화체 제조)
 - 고화체 장기 안전성 시험자료 확보 분리 U 활용/관리
 - 방열성핵종(Cs,Sr) 저장·관리방안 확보
 - 환경부담저감기술 안전성/실효성/경제성 평가자료 확보
 - 기술집약적 사용후핵연료 안전관리 솔루션 제공

원자력 에너지 기술(핵연료주기·폐기물)

- 에코-돔 연구센터
 - 국민이 안심할 수 있는 “미래의 사용후핵연료 관리 도시” 개발
 - 원전 해체로부터 생긴 ‘브라운(그린) 필드’ 활용
- 연안 해저암반 처분
 - 심층처분시설의 안전성을 제고하고, 심리적 님비현상을 완화하여 지역사회의 수용성을 향상시킬 수 있는 방안으로 처분영역을 5km 이내의 연안 대륙붕에 건설하는 개념



원자력인력양성과 학회의 역할

VI. 미래 인력양성 학회의 역할

- ❖ 우리나라 미래 원자력 예측 시나리오에서는 기후변화와 에너지전환정책이 중요한 동인이 되어 탈원전을 추구하는 비관적 시나리오를 고려해야 하는 상황이 예측됨
- ❖ 에너지전환정책과 같은 정부 정책의 변화가 없으면 비관적 시나리오를 벗어날 수 없으므로 산업인력과 연구인력을 양성하는 대학 교육에 더해 원자력의 사회적 수용성 증진을 위한 미래세대를 포함한 일반 국민에게 원자력 관련 지식 확산을 위한 교육 활동까지 포함하여 광범위하게 논의하기로 함
 - 원자력 산업 지속을 위한 인력 양성
 - 미래 원자력기술 개발을 위한 고급 인력 양성
 - 일반인 대상 지식 확산과 미래 세대 교육 → 미래 시나리오 변화를 추구

일반인 대상 지식 확산과 미래 세대 교육

탈핵 진영의 활동과 원자력 유관기관의 활동 현황 분석

❖ 탈핵 진영의 주요 프로그램

- 전라북도교육청: 탈핵교재 “탈핵으로 그려보는 에너지의 미래” 제작·배포, 교사 연수 지속
- 맘 카페 및 한살림 활동(한살림은 농산물 유통업체임에도 탈핵운동을 주요 활동으로 명시): 인터넷 카페를 통해 엄마들에게 관련 책자 판매/배포, 강연회 실시, 등
- 서울에너지드림 센터 : 어린이대상 탈핵학교 운영
- 서울대 지속가능발전 연구소 교육프로그램: 그린리더십 과정, 그린리더 양성
- 탈핵/탈원전 서적/만화: 초등학생부터, 청소년, 어른까지 다양한 계층을 대상으로 하는 많은 책

❖ 원자력 유관기관 활동 프로그램

- 서울대 원자력정책센터에서 “탈핵교재 팩트체크”를 발간, 정범진교수 기고 등으로 대응
- (사)한국여성원자력전문인협회(WiNK): 2019년 서울대학교 원자력정책센터에서 지원 받아 “생활방사선안전지도사” 양성 프로그램을 개발하고 시범운영
- (사)안전생활실천시민연합(안실연): KAERI 원자력교육센터와 협력하여 안실연 회원 230여 명에 대한 교육과 중고교사 약 50명 대상 워크숍, 등 실시

일반인 대상 지식 확산과 미래 세대 교육

- ❖ 학회가 중심이 되어 다음과 같은 구체적 활동이 필요
 - 국민 안심 원자력 교육: 원자력 및 방사선 안전, 생활방사선 알리기 등
 - 프레임 싸움 대응, 젊은 층에 대한 홍보와 소통 강화 방안 마련, SNS (동영상)활용을 통한 효과적인 원자력정보 전달
 - 중·고등학교 교사들에 대한 정보전달 또는 교육을 통한 젊은 세대로의 올바른 정보전달 중요(원자력에 대한 직접 홍보와 함께 에너지 믹스 중심의 강연 활동도 추진)
 - 생활방사선안전지도사 양성(WinKorea와 학회간 지속 예정)
 - 온라인 오프라인을 통한 “탈핵 교재 및 서적 팩트 체크 자료” 배포
 - 친원전 자료 및 도서 출판 확대 방안 마련
 - 학회에 전담조직을 두어 회장단 임기와 무관하게 지속적 활동 필요

시나리오 기반의 대학교육 현황분석과 방향모색

- ❖ 에너지전환정책으로 원전산업 생태계 붕괴가 걱정되는 비관적 시나리오까지 고려
 - 국내: 일부 원자력 관련 학과의 존립이 어려운 상황(단국대 등 다수의 원자력공학과는 에너지공학과 등에 병합, 학생 진로 지도에 어려움 등등)
 - 국외: 대만 원자력공학과는 원전 관련 교육을 포기하고 방사선 응용 등 타 분야로 전환 진행 중이며, 일본 대학 교수들은 책을 쓰는 등 먼 미래를 준비하고 있으며, 오래 전 무너진 영국은 원자력 분야 교육 시스템 복원을 위해 여러 대학들로 흩어진 원자력 전공 교수들을 모으려 시도 중
- ❖ 산업체 인력 공급과 미래 원자력 인재 양성을 위한 대학 원자력 교육의 방향 모색
 - 원전 수출 등을 통해 원자력 산업 생태계 유지 시나리오
 - 원자력 지속을 위한 핵심역량 유지
 - 원전 산업 붕괴가 오더라도 산업 기반이 약한 항공우주 분야의 약진을 고려할 때 미래 원자력 신기술 확보를 위한 활동을 중심으로 미래 대비 필요
 - 꿈을 주는 미래 원자력 기술 제시를 통해 원자력에 대한 비전 제시

교육 요약

- ❖ 국민 안심 원자력 교육 → 일반인에게 **올바른 원자력** 지식 확산 및 미래세대 교육 관점에서 진행
 - 프레임 싸움 **대응**, 젊은 층에 대한 홍보와 소통 강화 방안 마련, SNS (동영상)활용을 통한 **효과적**인 원자력정보 전달
 - 중고등학교 교사들에 대한 정보전달 또는 교육을 통한 젊은 세대로의 올바른 정보전달 중요
- ❖ 산업체 전문인력 교육: 문제해결 능력을 갖춘 핵심 인력 유지 방안 마련 필요
 - 산업 분야(제2소위원회)의 시나리오와 연계한 인력 양성 방향 설정 및 대학별 역할 분담
 - 1세대 원자력 산업 기술자의 은퇴를 메울 핵심 인력 확보 방안 필요: 경력직 은퇴자 데이터 베이스 확보를 통한 인력유지 및 경험/전문기술의 젊은 세대로의 전수 프로그램 필요
- ❖ 전문 연구인력 교육: 꿈을 주는 원자력과 일자리를 제공하는 원자력에 대한 비전 제시 필요
 - 연구개발 분야의 시나리오와 연계한 인력양성 방향 설정?
 - 오랜 시간과 투자를 통해 **확보한** 원자력 핵심기술을 유지/발전시키기 위한 노력 병행 필요(대학의 경우 원자로 분야 핵심 과목에 대한 학생들의 관심 저하 해결 노력 필요) → SMR, Micro-Reactor 등의 미래 원자로에 대한 연구지원을 통한 핵심역량 유지



전체 요약 및 제언

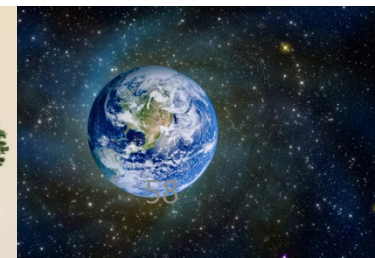
VII 전체 요약 및 제언 (1)

- 세계 에너지수요는 2040년까지 시나리오에 따라 연평균 -0.3%~1.2%, 전력수요는 0.4%~1.2% 증가를 전망함. 원전은 1.1%~2.2% 증가 예상
- 국내 에너지수요는 2040년까지 연평균 -0.1%로 약간 감소, 전력은 0.6% 증가 원자력은 -0.01% 감소 전망
- 세 시나리오의 혼합 구성 시, 미래 원자력의 역할에 대한 광범위한 이미지로 활용 가능.
- 전세계적으로 에너지 수요는 꾸준히 증가할 것이며, 온실가스 완화 시나리오 상 2050년까지 원자력의 활용의 지속 전망.
- 원자력이 비 기후적인 이점인 에너지 안보 우수성으로, 코로나 대유행 등과 같은 대립 시나리오로 전개 가능성이 커진 시점에서 볼 때, 미래 원자력의 역할이 기대됨.
- 2040년 내에 약 100여 기의 신규 원전건설 시장이 열리며, 그 이후 장기적으로 300여 기의 신규 원전건설이 예상되는 바, 원전수출 경쟁력 확보 및 유지 필요. 이를 위해, 수출 후 60년 이상의 운영기간 동안의 기술/부품 지원 및 공급과 원전 계속운전 및 지속적인 원전 기술 개발 역량 및 인력 필요
- 신규원전 건설 노형의 원전수출 노형화 전략 필요

VII 전체 요약 및 제언 (2)

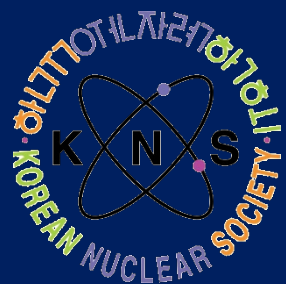
- 40년 이상 확보한 대형로, 연구로, 중소형모듈원전 SMART 기술을 바탕으로 소형원자로 기술 확립 및 세계 시장 진출용 수출형 소형원자로 국내 건설 및 운용 필요
- 원자력 기술의 우위를 유지하려면, 차세대원전 기술개발에의 지속적 투자로 차세대원전 상용화에의 선도 역할 수행 필요
- 원자력 수소생산을 포함한 그린수소 생산의 추구 시, 수소사회로의 진입 가능 전망됨.
- 국민 안심 원자력 교육 → 일반인에게 올바른 원자력 지식 확산 및 미래세대 교육 관점에서 진행
- 산업체 전문인력 교육: 문제해결 능력을 갖춘 핵심 인력 유지 방안 마련 필요
- 전문 연구인력 교육: 꿈을 주는 원자력과 일자리를 제공하는 원자력에 대한 비전 제시 필요

- 온실가스 완화와 에너지 보안에 탁월한 특성을 보유한 원자력은 미래에도 지속가능한 에너지원으로 고려되니 적극적인 원자력 성장에 매진 필요.
- 에너지 수요와 환경보호라는 공동의 목표 달성에 한 축이 원전수출이며, 이에는 소형원전과 수소사회도 포함되니 이에 대한 적극 지원 필요.
- 대국민 소통 활동의 지속적 추진을 위해 학회에 전담인력을 두어, 대국민 홍보/교육 활동 기획, 조직 및 이에 필요한 자료의 생산·관리를 맡도록 강력히 권고함
- 대학교육과 관련해서는 원자력 지속을 위한 핵심역량 유지와 미래 원자력 신기술 확보를 위한 활동을 중심으로 진행할 것을 제안함





원자력의 미래 전망 예측 및 대처방안



한국원자력학회

미래특별위원회

2020.07.08