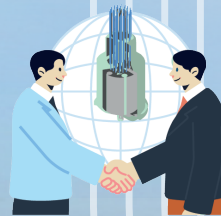
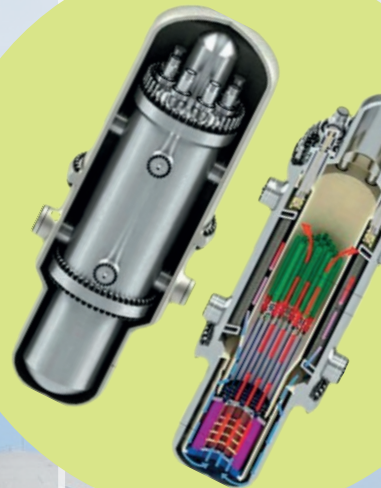


원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

차년도 연차보고



장 소 서울대학교 호암교수회관

일 시 2023.09.07 목요일 PM 02:00 - 08:00

주 치 서울대학교 원자력정책센터

NEXFO WORKSHOP



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

프로그램 안내

시간	주요 내용	
13:00 - 13:30	등록 및 참가자 확인	
	개회식	
13:30 - 14:00	개회사	심형진 원자력정책센터장
	축사	이은철 자문위원장 김중두 두산에너지빌리티 부사장
	전체 진행	
14:00 - 14:20	원전산업 신성장 전략 구상	심형진 원자력정책센터장
14:20 - 14:40	토의	
14:40 - 15:00	시의적절한 원자력 정책 현안 대응	박상덕 NEXFO 위원장
15:00 - 15:20	토의	
15:20 - 15:30	기념촬영	
15:30 - 15:40	Coffee Break	
	분과1 안전·규제, 후행핵주기	분과2 미래기술 및 에너지정책
15:40 - 16:00	NET의 원자력 인허가 지원활동 분석 및 국내 적용성 연구 박찬오 NEXFO 위원	탄소중립 달성과 안정적에너지 수급을 위한 최적 에너지 믹스 이만기 NEXFO 위원
16:00 - 16:20	토의	
16:20 - 16:40	원자력 바로 알리기(원바로) 황해룡 NEXFO 위원	원전산업 생태계 활성화 및 경쟁력 강화 박석빈 NEXFO 위원
16:40 - 17:00	토의	
17:00 - 17:20	사용후핵연료 관리 정책분석 및 제언 송기찬 NEXFO 위원	해외 원전 수출을 위한 수주 경쟁력 제고 및 정부 지원방안 이종호 NEXFO 위원
17:20 - 17:40	토의	
17:40 - 18:00	원전을 활용한 청정수소 생산 실증 방안 박찬오 NEXFO 위원	미래 원자력기술 시장전망과 시장 진입 방안 오근배 NEXFO 위원
18:00 - 18:20	토의	
18:20 - 18:30	맺음말 및 폐회	
18:30 - 20:00	만찬	

분과1

안전·규제 및 후행핵주기



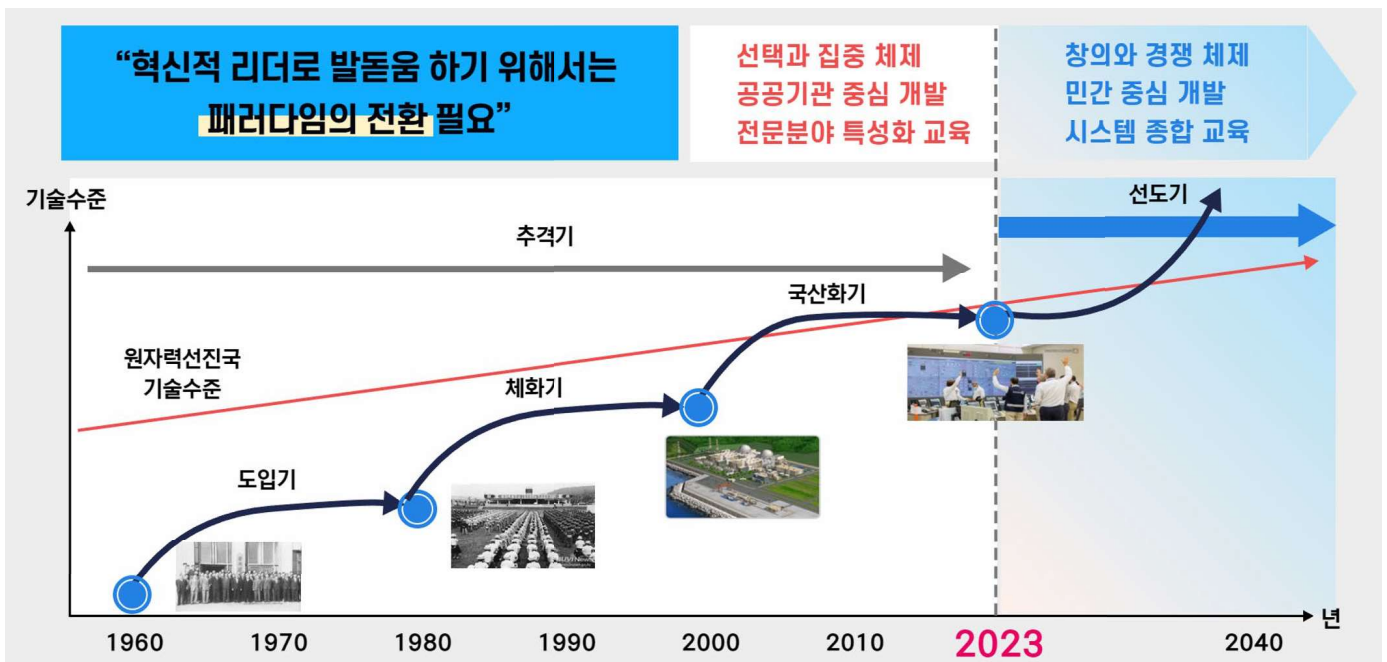
원전산업 신성장 전략 구상

원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

문주현, 황재훈, 심형진

2023.09.07.(목), 서울대학교 호암교수회관

지금 우리는? – 전환기를 맞은 한국 원전산업



우리나라 차세대원자로기술 SWOT 분석

STRENGTH

- <산업계>
 - 세계 최고 대형원전 설계/건설/운영 기술력 보유
 - 견고한 기기 공급망 체제 보유
- <연구계>
 - SMART 표준설계인가 획득(2012)
 - 다양한 4세대 원자로 개발 경험
- <학계>
 - 분야별 세계최고수준 전문가 배출



OPPORTUNITIES

- 원자력/신재생/수소는 탈탄소사회 구현을 위한 핵심 수단
- 전세계적 SMR 붐으로 국내 민간 플랜트산업 및 에너지산업계의 원전산업 진출 타진
- 외국 SMR 개발사들에서 한국의 높은 원자력 기술력과 기자재공급망 활용을 위한 협력을 요청하고 있음.

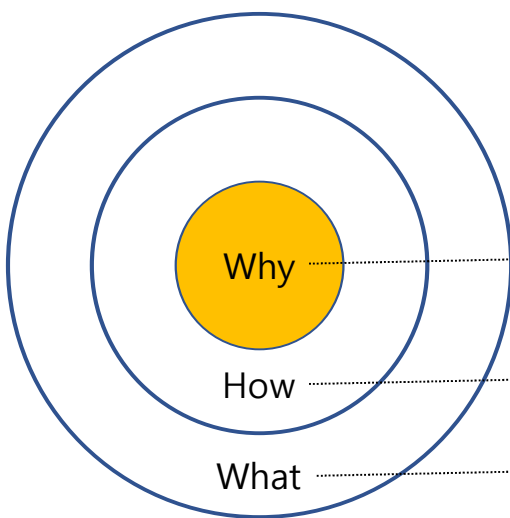
WEAKNESS

- <산업계>
 - 공기업의 독점적 원전 운영/종합설계 체제
 - 왜곡된 전력시장에 의한 민간운영사 진입 한계
- <연구계>
 - 국책연구원의 독점식 차세대원자로 개발 체제
 - 제한적 연구예산 등으로 실증형 연구 빈약
- <학계>
 - 종합설계/실험/실습형 교육과정 미흡
- <정부/규제>
 - 규제산업이라는 한계를 극복할 수 있는, 선진화된 원자력안전 규제문화 부재

THREATS

- 원자력이 정치적 어젠다로 고착될 경우, 정부성향에 따라 중장기연구개발에 대한 지속 지원 불확실성 상존
- 이원화된 원자력 연구개발지원 체제
- 가압수형 NuScale SMR이 실패하고 비등수형 BWRX가 성공할 경우, i-SMR 개발 명분 공격
- 비경수형 SMR의 실현성이 시장의 기대에 못 미칠 경우, 전세계 차세대 SMR 개발 시장이 급속 냉각될 수 있음.

골든 서클 이론



필요성/
목적:

2050 탄소중립 달성
기술 초격차 달성
신성장동력 확보
원전산업 지속성 제고

방법:

??

결과:

원전 최강국 건설
원자력 선도국가 실현

<Simon Sinek>

➔ 탈원전을 넘어, 국가와 우리 원전산업의
지속적 발전과 100년 미래를 위한
중장기 발전 전략과 계획 도출 필요!

전략도출의 전제 조건: 누구도 우리 문제를 대신 해결해주지 않는다.

• 핵없는사회를위한공동행동, [보도자료]17개 광역지자체장후보 원전 입장 확인 (2014/06/01)

□ 문항별 입장 추이

1. 한국 사회가 원자력발전소 제로를 향해 나아가는 것에 찬성하십니까? : 34명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합)
- 반대 : 충남 김기문(무소속)
2. 수명이 다한 월성1호기와 고리1호기를 폐쇄하는 것에 찬성하십니까? : 34명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합)
- 반대 : 충남 김기문(무소속)
3. 수명이 다한 원자력발전소의 수명연장을 금지하는 법안을 제정하는 것에 찬성하십니까? : 33명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합), 전북 박철곤(새누리당)
- 반대 : 충남 김기문(무소속)
4. 삼척과 영덕의 신규원전부지 지정을 취소하는 것에 찬성하십니까? : 28명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합), 전북 박철곤(새누리당), 부산 서병수(새누리당), 세종 이춘희(새정치민주연합), 경남 김경수(새정치민주연합)
- 반대 : 광주 강운태(무소속), 울산 이상범(새정치민주연합), 충남 김기문(무소속)
5. 착공을 하지 않은 원자력발전소를 건설하지 않는 것에 찬성하십니까? 32명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합), 경남 김경수(새정치민주연합)
- 반대 : 충남 김기문(무소속), 전북 박철곤(새누리당)
6. 건설 중인 원자력발전소 건설 중단에 찬성하십니까? : 26명 찬성
- 무응답 : 서울 박원순(새정치민주연합), 경남 김경수(새정치민주연합), 대구 김부겸(새정치민주연합), 세종 이춘희(새정치민주연합)
- 반대 : 광주 이정재(새누리당), 광주 강운태(무소속), 부산 서병수(새누리당), 울산 이상범(새정치민주연합), 충남 김기문(무소속), 전북 박철곤(새누리당)
7. 탈핵을 위한 광역 지자체단체장의 협력기구가 꾸러지면 참여할 의사가 있으십니까? 33명 찬성
- 무응답 : 전북 박철곤(새누리당)
- 반대 : 충남 김기문(무소속), 부산 서병수(새누리당)

□ 지역별 응답자 명단(총 36명)
- 강원(3명) : 이승재(통합진보당)
- 경기(3명) : 박현중(통합진보당)
- 경남(4명) : 김경수(새정치민주연합), 강병기(통합진보당)
- 경북(4명) : 오종기(새정치민주연합), 박창호(정의당), 윤병태(통합진보당)
- 광주(7명) : 이정재(새누리당), 윤장현(새정치민주연합), 이병훈(노동당), 강운태(무소속), 윤민호(통합진보당)
- 대구(5명) : 김부겸(새정치민주연합), 이원준(정의당), 송영우(통합진보당)
- 대전(4명) : 권선택(새정치민주연합), 한창민(정의당), 김창근(통합진보당)
- 부산(2명) : 서병수(새누리당), 오기돈(무소속)
- 서울(4명) : 박원순(새정치민주연합), 정태홍(통합진보당)
- 세종(2명) : 이춘희(새정치민주연합)
- 울산(4명) : 이상범(새정치민주연합), 조승수(정의당), 이갑용(노동당)
- 인천(3명) : 송영길(새정치민주연합), 신창현(통합진보당)
- 전남(3명) : 이종효(새누리당), 이상수(통합진보당)
- 전북(3명) : 박철곤(새누리당), 이광석(통합진보당)
- 제주(4명) : 고승관(통합진보당), 신구범(새정치민주연합)
- 충남(3명) : 김기문(무소속)
- 충북(3명) : 신장호(통합진보당)

‘원전최강국 건설’ 방법론에 대한 두가지 시각

원자력법
[시행 1958. 3. 11.]

제1조 (목적) 본법은 원자력의 연구, 개발, 생산, 이용과 관리에 관한 기본사항을 규정하여 학술의 진보와 산업의 진흥을 **도모** 함으로써 국민생활의 향상과 인류사회의 복지에 기여함을 목적으로 한다.

원자력법
[시행 1982. 9. 30.]

제1조 (목적) 이 법은 원자력의 연구·개발·생산·이용(이하 “原子力利用”이라 한다)과 이에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 학술의 진보와 산업의 진흥을 **촉진** 함으로써 국민생활의 향상과 복지증진에 기여하며, 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다.

방법론 도출 시각: 미국 vs. 프랑스 모델

〈표 1〉 원전 관련 제도 및 기술의 차이

	미국	독일	영국	프랑스	일본	한국
핵기술 병행개발	완료 후 분리	상업용 집중	병행	병행	상업용 집중	실패 후 상업용 집중
상업용원전 개발주도권	제작사	제작사	원자력청	원자력위원회 → 전력회사	제작사	경쟁→전력회사
설비제작산업 (주요기업수)	경쟁(4개)	경쟁(2개) → 협력	분산	통합	경쟁(3개)	부재→경쟁(4개) → 전력회사편입
전력산업의 지배적 기업형태	사기업	사기업	공기업	공기업	사기업	공기업
전력회사 결합방식	시장경쟁	협력	협력→시장경쟁	전력회사 주도	협력	전력회사 주도
규제기관 독립성	높음(다층화)	높음(다층화)	중간	낮음	낮음	낮음
반핵운동	전국화	전국화	전국화	지역화	지역화	지역화
주요 원자로노형 ⁴⁾	PWR, BWR	PWR, BWR	GCR(AGR)	GCR → PWR	PWR, BWR	PWR, PHWR
1980년대 이후 원전 건설	침체	탈핵	침체	확대 후 정체	확대 후 정체	지속 확대

주: 원전 산업과 관련된 사항은 Campbell, *Collapse of an Industry*; Rüdig, "Outcomes of Nuclear Technology Policy"; Thomas, *The Realities of Nuclear Power* 등을 참고. 반핵운동과 규제기관에 관한 내용은 Jasper, *Nuclear Politics*; Joppke, *Mobilizing against Nuclear Energy*; Nelkin and Pollak, *The Atom Besieged* 등을 참고. 더불어 〈각주 3〉의 자료를 참고할 것.

홍덕화. "사회기술적 조정과 원전 체제의 다양성: 원전 산업구조와 규제양식을 중심으로." *서양사연구* 55 (2016): 153-190.

7

목차

1. 국내 원전산업 현황 분석

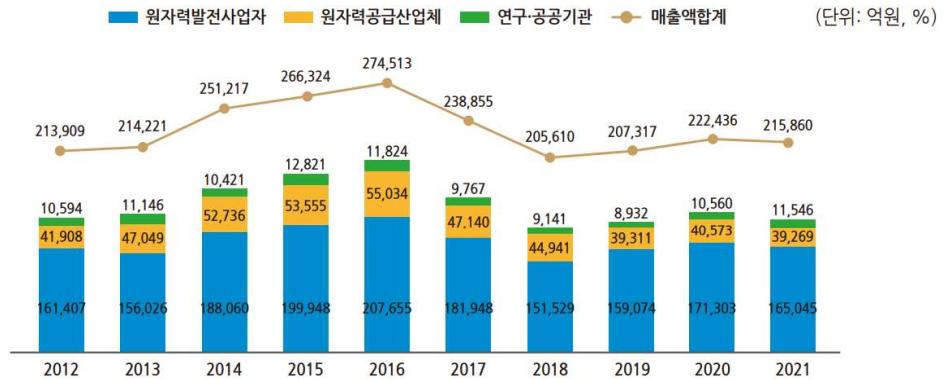
2. 원전산업 도약 전략

- (1) 정부주도 Reshaping: 공기업+민간기업 공생 구조
- (2) '민간주도 경쟁체제' 구축
- (3) 공공주도 대형원전 + 민간주도 SMR

3. 결론

8

1. 탈원전 기간 원전산업 생태계 파괴 현황 - 연매출



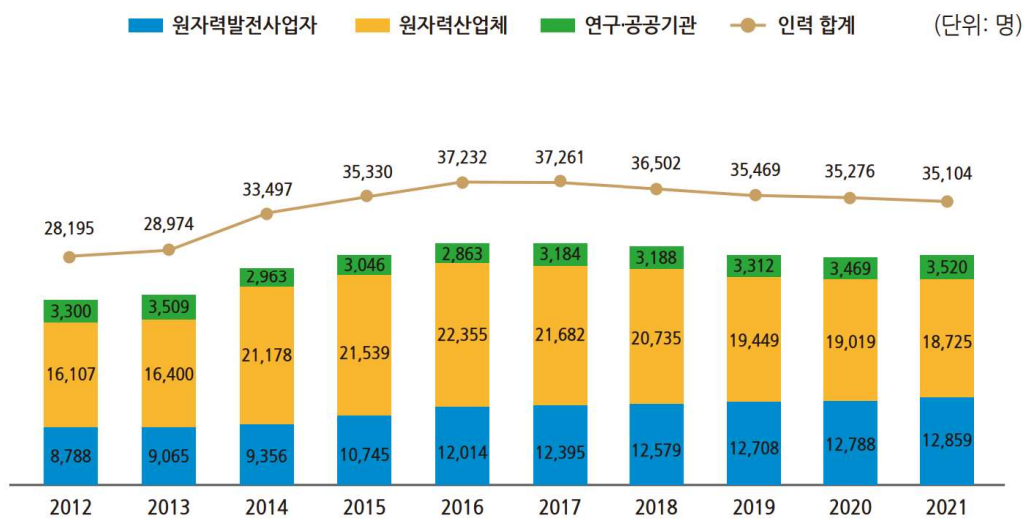
[그림 2-4] 10년간 원자력산업분야 매출액 추이

	2016	2017	2021	증감(%) 2016대비	증감(%) 2017대비
원자력발전사업자	207,655	181,948	165,045	-20.5%	-9.3%
원자력공급산업체	55,034	47,941	39,269	-28.6%	-16.7%
연구공공기관	11,824	9,767	11,546	-2.4%	18.2%

➔ 매출의 차이는 일감존속이 결정

➔ 원전산업 지속성은 일감이 결정!

탈원전 기간 원전산업 생태계 파괴 현황 - 인력

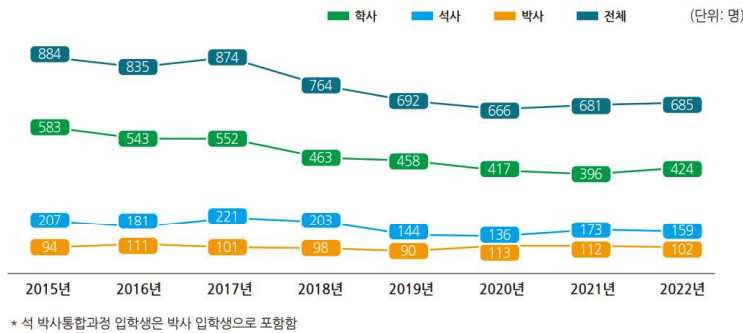


[그림 2-37] 10년간(2012~2021년) 원자력산업분야 인력 추이

	2016	2021	증감(%)
원자력발전사업자	12,014	12,859	7.0%
원자력공급산업체	22,355	18,725	-16.2%
연구공공기관	2,863	3,520	22.9%

✓ 통계에 적용된 원자력공급산업체수는 2016년 480개에서 2021년 668개로 늘었으나, 주기기제작분야 460여 중소기업체와 보조기기 제작분야 1,300여 중소기업체를 고려하면, 통계에는 주요공급업체 현황만 반영됨.

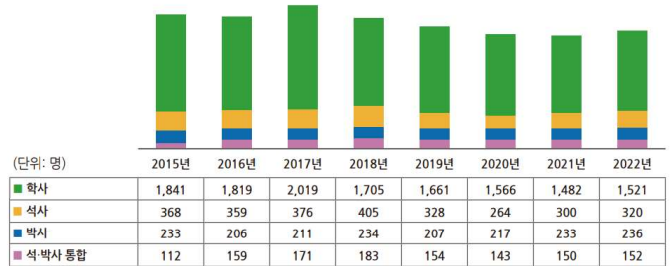
탈원전 기간 원전산업 생태계 파괴 현황 - 전공생



* 석·박사통합과정 입학생은 박사 입학생으로 포함함

[그림 2-55] 원자력 전공 입학생의 학위별 현황

	2017	2022	증감(%)
학사	552	424	-23.2%
석사	221	159	-28.1%
박사	101	102	1.0%



[그림 2-56] 원자력 전공 재학생의 학위별 현황

	2017	2022	증감(%)
학사	2,019	1,521	-24.7%
석사	376	320	-14.9%
박사	211	236	11.8%
석·박사 통합	171	150	-12.3%

2. 원전산업 발전 전략

• 탈원전 정책이 남긴 교훈

- 일감 여부에 따라 원전산업계에 미치는 영향의 크기가 달라짐.
- 정부 정책 변동 가능성으로 원전사업에 대한 불확실성이 커짐.
- 정부의 원전 정책 변경에 원자력 공기업은 속수무책이었음.

• 원전산업 복원 및 발전 기본 전략

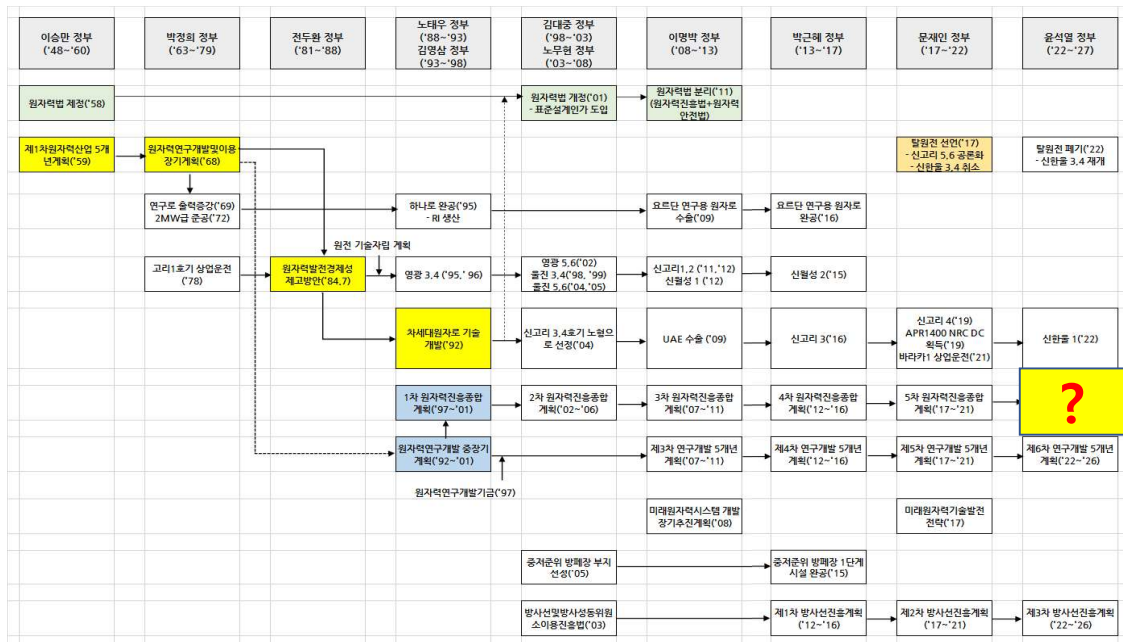
- (국내+해외) 일감 지속 창출
- 정부 정책 신뢰도 제고로 원전사업에 대한 불확실성 제거

• 세 가지 전략안

- 공공주도 → (1) 정부주도 Reshaping: 공기업+민간기업 공생 구조
 (2) '민간주도 경쟁체제' 구축
 (3) 공공주도 대형원전 + 민간주도 SMR

(1) 정부주도 Reshaping

• 원전산업 발전의 원동력: 정부의 꾸준한 정책적 지원



➡ 원자력 100년 대계를 위한
 「(가칭) 원자력 중장기 이용 및 발전 계획」 수립

(1) 정부주도 Reshaping – 정부의 역할

① 원전산업 선진화를 위한 정교한 정책 수립·이행

• 원전 정책에 대한 **신뢰 회복** 및 원전사업 **불확실성 제거**를 위한 정책 수립·이행

• (예) 「**원자력 중장기 이용 및 발전 계획**」 수립: 가동 원전과 SMR을 포함한 원전 분야 뿐만 아니라 핵연료 주기 분야까지 포함한 계획

• 원자력 이용 정책의 실행력 담보를 위한 제도적 장치 마련

• ‘원자력진흥종합계획’에 포함된 ‘원자력 중장기 이용 및 발전 계획’을 ‘전력수급기본계획’에 반영하도록 「**전기사업법**」 개정

• 원전 기업 특성을 반영한 지원 정책 수립·이행

• 재무구조가 취약한 원전 중소기업이 경영난에 시달려 원전 사업을 접지 않도록 배려

• 원전 중소기업들이 재정난을 겪지 않도록 긴급 자금 지원과 보증 지원 제도 확대

(1) 정부의 역할 – ① 정교한 정책수립 (계속)

현행 조항	개정 조항(안)
<원자력진흥법>	
제9조(원자력진흥종합계획의 수립) ① 과학기술정보통신부장관은 원자력이용을 위하여 5년마다 원자력진흥종합계획(이하 “종합계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.	제9조(원자력진흥종합계획의 수립) ① 과학기술정보통신부장관은 “ 원자력 중장기 이용 및 발전 계획 ”에 따른 원자력이용을 위하여 5년마다 원자력진흥종합계획(이하 “종합계획”이라 한다)을 수립하여야 한다.
<전기사업법>	
제25조(전력수급기본계획의 수립) ⑦ 산업통상자원부장관은 기본계획이 「기후 위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제8조에 따른 중장기 국가 온실가스 감축 목표에 부합하도록 노력하여야 한다.	제25조(전력수급기본계획의 수립) ⑦ 산업통상자원부장관은 기본계획이 「기후 위기 대응을 위한 탄소중립·녹색성장 기본법」 제8조에 따른 중장기 국가 온실가스 감축 목표와 “ 원자력진흥법 ” 제9조에 따른 원자력진흥 종합계획 의 원자력 이용 정책에 부합하도록 노력하여야 한다.

15

(1) 정부의 역할 – ② 법률 제·개정, ③ 국제협력체계 구축

- ② 원자력 지속 이용을 지원하기 위한 법률 제·개정
 - 「원자력진흥법」 및 「전기사업법」 개정
 - 원자력 이용 확대 지원을 위한 법률 제정
 - 「고준위방사성폐기물 특별법」 제정
 - 「SMR 개발 지원 특별법」 제정
 - SMR 및 비경수형 SMR 규제 등을 위한 원자력안전법령 개정
 - 원자력 이용 기반 공고화
 - 우라늄 자급체계 확보
 - 미래세대를 위한 사용후핵연료 관리체계 마련
- ③ 장기적 일감 창출을 위한 전략적 국제협력 수행
 - 양자간 협력체계를 이용한 개도국과의 협력
 - 원전 중소기업과 함께 얼라이언스 구축 후 해외 일감 개척
 - 다자간 협력체계를 이용한 개도국과의 협력

16

(2) 민간주도형 산업체제로 체질전환

- 우리 원전산업에서 전력산업 및 정치적지형에 따른 외부적 영향력을 배제하는 것은 더 이상 불가능
- 따라서 원전산업 재편의 목표는 정권기간 동안의 일감제공이 아닌, 이후에도 **정부정책으로 일감을 끊을 수 없는 산업구조를 형성하는 것이** 되어야 함.
 - ✓정부가 주도적으로 일감을 계속 제공하는 환경을 만든다는 것은 '20년 장기집권 선언'보다 더 큰 오만
- 정부는 **민간 사업체들에 대대적이고 혁신적인 투자를 유치하도록 도와야** 하고, 미국뿐 아니라 최대한 많은 국가들과 민간 사업체들이 협력할 수 있도록 주선해야 함.
- 이러한 국제적 네트워크와 긴밀한 자본관계는 정치적 지형이 바뀌었을 때 정책의 목표물이 된 원자력산업의 안전망이자 방패가 되어줄 것임.

17

(2) 민영화 없이는 미래도 없다!

The screenshot shows the website of the Korea Nuclear Industry Association (한국원자력산업협회). The page features a navigation bar with categories like '협회소개', '정책발전이런', '산업현황', '자료실', '커뮤니티', and '회원사'. Below this, there is a grid of member companies, each with a logo and name. The companies listed include:

SK 에코플랜트 SK에코플랜트	DK DONGKUK S&C CO.,LTD. (주)동국S&C	DaeMyoung 대명에너지	Ksure 한국무역보험공사 한국무역보험공사	대한전기학회 대한전기학회	인천광역시 Incheon Metropolitan City 인천광역시청
한국남부발전(주) 한국남부발전(주)	KCEN 한국남동발전 한국남동발전(주)	TQD ENERGIA 티큐디에너저리아	Cu 국제구리협회 국제구리협회	CEG &+ Crea-tive Entrepreneur Gesellschaft &+ (주)씨이제앤드플러스	KIM & CHANG 김경 범용사무소
GS 풍력발전 GS풍력발전	DOOSAN 두산에너지빌리티	유니스 유니스	도시와자연 (주)도시와자연	ERJ (주)전력문화사	KW-wind 경운대학교-송승호
CORIO 코리오제너레이션	SK E&S SK E&S	FKM (유)아이케이엠테스팅코리아	전라남도 전남도청	김대중컨벤션센터 김대중컨벤션센터	bexco 백스코
DAEBO L&S DAEBO Logistics & Shipping 대보엘앤에스 주식회사	GC 주식회사 지씨	SAMOOC.M. SAMSUNG (주)삼우씨엠엔건축사무소	EXCO 엑스코	기후변화센터 CLIMATE CHANGE CENTER 기후변화센터	한국에너지공단 한국에너지공단

18

(3) 공공주도 대형원전 + 민간주도 SMR

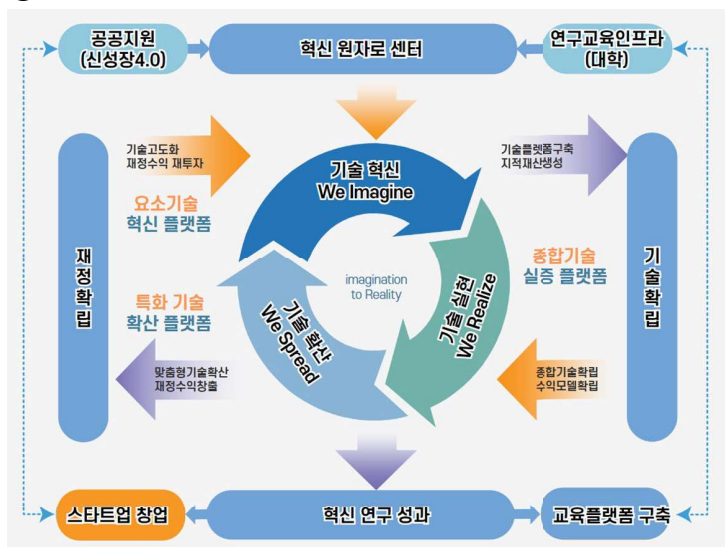
- 지금은 원자력계 내부에서 시작된 '원자력 르레상스'가 아닌, 외부의 요구에 의한 '원자력 혁신기' 임.
- 활발한 민간투자의 중심에는 SMR 개발 경쟁이 위치하며, 미래 탄소중립 전원구성을 위한 SMR의 활용 필요성은 지속적으로 증대될 것임.
- 공공중심 원전산업체계는 탈원전 기간 한계를 노출한 바 있으나, 세계 원전시장에서 확고한 수출경쟁력을 확보하고 있음. 따라서, 대형원전에 대해서는 공공중심체계를 유지, 발전시켜나가는 정책이 유효하겠음.
- SMR 시장에서 우리나라는 경쟁력 높은 기기제작/건설/운영 능력으로 주목받고 있음. 따라서, 해외 SMR을 국내에 유치하는 등 적극적으로 민간주도형 SMR 경쟁체제를 구축함으로써 SMR 시장에서의 경쟁력을 높여나가는 노력이 필요하겠음.

19

(3) 민간주도 차세대원자로 개발 방안

- ① OEM방식 SMR 사업모델 대응체제 구축
 - ✓ 현재 대부분 SMR 개발사들은 투자유치를 통해 설계기술 개발만 주도하고, 제조/건설/운영은 참여하지 않는 OEM 방식의 사업전략을 채택
 - ✓ 따라서 한국의 외국 SMR 개발사의 최적의 파트너가 될 수 있으며, SMR 파운드리 등 원전 산업의 신성장동력화 가능
- ② 민간사 참여 SMR 개발 체제 육성
 - ✓ UK-SMR의 경우 영국 정부의 대규모 자금이 지원됨에도, 초기 다양한 민간기업이 참여하는 민간 컨소시엄에서, 현재 Rolly-Royce가 주도하는 민간법인이 개발 주체
 - ✓ 원전 종합설계사 다변화 필요
 - ✓ 특수목적법인(SPC) 등 공공-민간 협력모델 필요
- ③ 발전공기업의 SMR 참여안
 - ✓ 화력발전 대체 등을 위해 SMR 건설/운영에 발전공기업과 민간이 합작투자하는 방식

④ 대학중심 차세대원자로 개발 체계구축



20

3. 결론

- 우리 원자력은 진정한 의미의 국산화기를 거쳐, 선도기 산업체제로의 전환기를 맞고 있으며, 전세계적으로도 기후 위기대응 체제 구축을 위한 차세대원자로 중심의 기술혁신기를 맞고 있음.
- 지금이 우리 원전산업체계를 혁신할 적기이며, 원자력계는 우리 원전산업의 발전방향에 대해 절박하게 고민해야 할 시점임.
- 이 과정에서 원자력정책센터는 원자력 싱크탱크로서의 역할을 충실히 수행하겠음.

시의 적절한 원자력 현안 대응

연차발표회

박상덕

서울대학교 원자력 정책센터

2022.09.07(목), 서울대학교 호암교수회관

2023. 03.24

CONTENTS

- 들어가며
- 22-01 한빛4호기 재가동
- 23-01 고리2호기 계속운전
- 23-02 사용후핵연료
- 23-03 10차 전력수급기본계획
- 23-04 김기현 망언
- 23-05 후쿠시마 방류수
- 23-06 고리3,4호기 계속운전
- 23-07 11차 전력수급기본계획
- 나가며

원자력계는 반지성 선동을 이겨낼 능력이 있다.

다만 행동이 없었다.

22-01 한빛 4호기 재가동

■ 주요경과

한빛4호기 재가동 주요 일지

일정	주요 내용
2017년 5월18일	제16차 계획예방정비 착수
2017년 6월26일	공극 최초 발견
2017년 11월1일~ 2019년 12월	격납건물 관통부 등 공극 발생 가능부 전수점검(총 140개소 발견)
2019년 9월19일	민관합동조사단 조사 결과 최종 보고
2019년 12월4일	국회 주도 '유관기관 협의체' 구성(원안위원회, KINS, 한수원 등 7개 기관)
2020년 1월1일~	격납건물 벽체 보수 중단(구조건전성평가 검증 후 보수 재개 요구)
2021년 1월12일~	지역 민·관 합동기구 '한빛원전 안전대책 협의회'와 소통(총 27회 회의 개최)
2021년 5월27일~ 2022년 7월	격납건물 상부통 검사 관련 원안위원회 및 지역 요구사항 이행 (상부통 검사, 구조건전성 제3차평가)
2022년 7월7일	제160회 원안위원회에 '4호기 구조건전성평가 검증 결과 및 향후 계획' 보고
2022년 7월14일~10월7일	격납건물 공극 및 내부철판(C/P) 보수
2022년 10월24~28일	격납건물 중합누설시험 시험 통한 격납건물 건전성 확인
2022년 10월31일~ 11월4일	규제기관(KINS) 4호기 설비 건전성 확보 및 재가동 준비상태 확인 특별점검
2022년 11월30일	원안위원회 기타 안전 보고(4호기 정기검사 결과 보고)
2022년 12월8일	원안위원회 기타 안전 재보고
2022년 12월9일	임계전회의 개최, 원자로 임계진입
2022년 12월11일 (오전 3시40분)	계통 연결
2022년 12월15일 (오전 7시53분)	진출력 도달

*자료: 한국수력원자력
 그래픽: 요선형 디자인가자



서울대학교 원자력정책센터 제공

22-01 한빛 4호기 재가동

Fact : 탈원전 정권과 반핵 선동가들 먹잇감

- 공극은 보수 가능 : 길어야 수개월, 그런데 5년 정지
- ILRT에서도 문제 없었음
- 공극 발견 후 수차례(한기, 프라마툼, 한국콘크리트학회) 구조 건전성 평가, 결론 : 문제없음

재발방지 대책

- 원안위 정상화 (전문가 중심 운영)
- 원안위 견제 민간기구 필요
- RBR

현행	개정안	제10조(결격사유) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람은 위원이 될 수 없다.
제5조(위원의 임명·위촉 등) ① 위원은 원자력안전에 관한 지식과 경험이 풍부한 사람 중에서 임명하거나 위촉하되, 원자력·환경·보건의료·과학기술·공공안전·법률·인문사회 등 원자력안전에 이바지할 수 있는 관련 분야 인사가 모두 포함되어야 한다. <후단 신설>	제5조(위원의 임명·위촉 등) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람에 대해서는 위촉하여야 하며, 이 경우 원자력안전에 관한 전문적 지식과 경험이 있는 사람이 3명 이상 포함되어야 한다.	제10조(결격사유) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람은 위원이 될 수 없다. 1. ~ 4. (생략) 5. 제4호 각 목에 따른 기관으로부터 최근 3년 이내에 연구개발과제(「과학기술기본법」에 따른 국가연구개발사업은 제외한다) 등 총 1천만원 이상의 용역을 수탁하여 수행하고 있거나 수행하였던 사람

23-01 고리2호기 계속운전

주요경과

한수원이 22년 4월 4일 고리 2호기에 대한 계속운전안전성평가 보고서

(주기적 안전성 평가, 주요 기기 수명평가, 방사선 환경 영향 평가 등) 를 원안위에 제출

'고리2호기 계속운전 방사선환경영향평가서 초안' 부산시(5개구 대상)주민공청회 개최

-총16개 지자체 대상5회에 걸친 권역별 주민공청회 개최 완료



[自由칼럼] 탈원전 운동원들, 고리2호기 계속운전 반대 명분 없다

▲ 자유칼럼 게재를 희망하시는 분은 ▲ 이메일: 20230116@niftep.org ▲ 전화: 2023년 1월 16일(수) 발송

23-01 고리2호기 계속운전

Fact : 반원전 단체의 지속적 선동

- 계속운전으로 안전성 증진
- 최신 운전경험 및 연구결과 등을 반영한 기술기준을 활용 (원안법 시행령 38조 2항)
- 반값으로 신규 원전 건설 효과

대책 : 선동 무력화

- 소내 건식저장과 연계한 우회적 공격 대처 (양이 고리 방문 결론 23.3.9.)
- 원안위를 통한 비합리적 문제 제기 방어



더불어민주당 원전안전검증대책단장을 맡고 있는 양이원영 의원은 “우려했던 대로 고리2호기 수명연장, 소내 사용후핵연료 건식저장시설 관련 절차상, 주민소통상 문제가 있는 것으로 확인했다.”며 “투명하고 책임있는 원전안전정책을 위해 국회에서 감독기관, 규제기관, 사업자가 함께 할 수 있는 토론회를 열 예정”이라고 말했다.

23-02 사용후핵연료

주요경과

- 2015년 6월 공론화위원회 권고안 마련
- 2021년 4월 재검토위원회 권고안 마련
- 2022년 8월 원자력학회 특별법 제정 촉구
- 현재 3개 법안 계류 중

주요활동 : 국회 입법 활동



[EE칼럼] 사용후핵연료 해결 출발점은 특별법 제정

에너지경제신문 | 입력 2023.02.10 14:51

가

문주현 단국대학교 에너지공학과 교수

[自由칼럼] 원전 관련, 사사건건 틀린 말만 하는 민주당

지 박상덕 서울대 원자력정책센터 수석연구원 | © 입력 2022.12.21 14:16 | © 수정 2022.12.21 17:06 | # 댓글 0

23-02 사용후핵연료

■ 원자력계 요구사항

- 최종 처분장 운영 2050년 명시
- 원전 부지 내 사용후핵연료 저장용량 한도 : 계속운전 고려
- 발전소 간의 사용후핵연료 이송 가능

■ 대책

- 입법 지원
- 탈핵 무당 방해 차단

기획·연재

사용후핵연료 건식저장시설 안전우려 과도 [기고]

입력 : 2023-03-19 16:01:52

[정범진 경희대 교수]

[기고] 사용후핵연료 문제, 법으로 지역주민들과 약속해야

김경희 월성원전·방폐장 민간환경감시기구 원전소위원회

관련어휘

기고

입력 : 2023-03-17 00:24:23

오피니언 : 송중순의 미래를 묻다

다시 선택한 원전 시대, 폐기물 처리 본격 고민해야

중앙일보 | 입력 2022.07.04 00:44

통 > 경제

“사용후핵연료 95% 재활용 가능...고리 2호기 수명 40년? 미국은 80년”

[인터뷰]

정용훈 KAIST 교수 인터뷰

f t y p b n i s o

입력 : 2023-03-17 00:24:23

[기고]고준위방폐물법 제정 서둘러야

입력 2023-03-13 06:00:29 수정 2023.03.13 06:00:29

박수정 행정개혁시민연합 사무총장

23-03 10차 전력수급기본계획

■ 경과

- 2022년 8월 10차 계획 총괄안 발표
- 2023년 1월 10차 계획 확정

■ 문제점

- 8차, 9차 답습 : 탈원전 부역자 정리 필요 (예 : 감사원, 국정원)
 - 최대 전력 수요 의도적 과소 예측
 - 원전 확대 의지 없음 (문 정권도 보류했던 신한울 3,4 만 반영, 신규원전 언급 없음)
 - 재생에너지 보급 목표 (6GW/년) 또한 현실 무시 (문 정권 3~4GW/년)
- 전력수급기본계획 무용론 대두 (성격이 다른 에너지 원의 조화 필요, 구속력이 없는 행정계획)

23-03 10차 전력수급기본계획

■ 주요 활동

230127 문화일보 11면 전면광고<누가 윤석열대통령의 눈과 귀를 가리는가?>

권리자 (appleet) | 2023-02-16 14:23:00 | 26 | 125.129.194.145

누가 윤석열대통령의 눈과 귀를 가리는가?

“신규원전 건설 전무(全無)” 제10차 전기본에 숨겨진 태양광·풍력·가스업체 카르텔을 고발한다.



- 산자부 - 전문가 의견 교환 기구 설치 (공식적 문제 제기 전)
- 2/8 에너지자원실장 - 시민단체 간담회 등
- 긍정적 신호 : 3/13, 7기에너지위원 위촉 :
 - 원자력, 에너지 안보, 시장 원칙을 중시하는 인사 위주
 - 원자력 시민단체 대표는 ?

	홍혜란	에너지시민연대	사무총장
시민	김연화	소비자공익네트	회장
단체		워크	
추천	김소희	기후변화센터	사무총장
(5명)	이종수	연세대학교	교수
	조은혜		

■ 대책

- 11차 전력수급기본계획 수립시에 신규 원전 반영, 차기 에너지 위원 선정 압력

23-04 김기현 대표 망언

■ 실상



- 망언 내용 원전 부지 내 사용후핵연료 임시저장시설이 영구화될 수도 있는데 이를 절대 용납할 수 없다"며 "당 대표가 되면 원전 부지 내 사용후핵연료 임시저장을 막을 것"이라고 발언했다고 한다. 또한 "주민 입장에서 생각해 보면 말이 안 된다. 이런 사안에 목소리를 내라고 국회의원을 만들어 냈는데, 행정부 방침이 그렇다고 해서 따라가는 게 어디 있느냐"며 "원전을 육성한다고 해서 방폐장을 부산에 만든다는 것은 천만의 말씀이다"라고 '주민 수용성'을 강조했다고도 한다.

- 대책 : 공식적 사과 요구

[자유廣場] '사용후핵연료 건식저장 반대'는 탈핵무당들에 말려든 것

23-05 후쿠시마 방류수



13

23-05 후쿠시마 방류수

- 2013년 3월 29일, ALPS 시운전 개시. 삼중수소 외 62개 핵 물질 대부분 제거 가능
- 2013년 9월, 차수벽 설치 등 오염원에 대한 빗물·지하수 접근 차단 포함 오염수 관련 종합 대책 발표. 2014년 5월 하루 540t 규모에서 2020년 평균 하루 140t으로 오염수 감소
- 2013년 12월, 일본 경제산업성 산하 오염수 전문가(9명) 회의(작업부회)가 발족
- 2016년 6월, 처분 방법으로 해양방류, 대기(수증기 증발) 및 전기분해(수소·산소) 방출, 지층주입, 지하매설 등 5가지 검토안 가운데 해양방류가 '최단기간에 가장 저렴한 비용'으로 시행할 수 있는 안이라고 의견제시
- 2016년 11월, 일본 정부 전문가(13명) 회의 'ALPS 처리수 취급에 관한 소위원회' 발족
- 2019년 8월 8일, 도쿄전력이 2022년 여름에 오염수 저장탱크(증설분 포함 137만t)가 가득 찰 것이라는 추산 의견을 발표
- 2020년 10월 22일, 일본 원자력규제위원장이 처리 후 배출하면 기준치에 충족하다고 판단
- 2021년 8월 25일, 도쿄전력이 원전에서 약 1km 떨어진 바닷속에 처리수를 희석방류하기로 결정
- 2023년 6월 26일, 도쿄전력이 오염수 해양 방류용 해저터널 공사 완료
- 2023년 7월 7일, 일본 원자력규제위원회가 도쿄전력에 해양 방류 설비 합격증 교부
- 2023년 8월 24일, 방류 시작

서울대학교 원자력정책센터 NIFEP
SNU Nuclear Energy Policy Center

14

23-05 후쿠시마 처리수

■ 최근 경과



15

23-05 후쿠시마 처리수

■ 맞불집회



■ 대책

- 과학적 사실을 지속적으로 전달
- 탈핵 무당 맞불 집회 지속

16

23-05 후쿠시마 처리수

■ 민주당 등 반대 세력의 주요 활동

- 23년 3월 30일, 윤재갑 더불어민주당 의원이 국회 본관 앞에서 수입 반대와 대일 굴욕외교 규탄대회에서 **삭발**
- 23년 4월 5일, **주한일본대사관**을 찾아 일본 후쿠시마 원전 오염수 방류에 대한 **우려 전달**
- 23년 4월 6일~8일 원전오염수 방류 저지 대응단, **일본 방문**, 6월 22일 정의당 일본 방문
- 23년 5월 26일 후쿠시마 원전 오염수 해양투기 및 수산물 수입 반대 **국민서명운동 발대식**
- 23년 6월 3일 부산에서 원전 오염수 방류에 반대하는 대규모 **장외 여론전**
 - 망루 농성 한국노총 간부의 경찰의 진압과 연계
- 23년 6월 5일 **원내 대책단 출범**
- 23년 6월 12일 민주당 **전원 성명서** "후쿠시마 오염수 투기 총력 저지"
- 23년 6월 17일, 인천에서 **장외 집회**
- 23년 6월 20일 윤재갑 의원이 **단식투쟁**, 26일 우원식, 이정미 합류, 7월 8일 중단
- 23년 7월 1일, 서울 송례문일대, 후쿠시마 오염수 해양투기규탄 **범국민대회**
- 23년 7월 5일, **결의문 발표**: IAEA보고서가 오염수 해양투기의 면죄부가 될 수 없다
- 23년 7월 6일, 1박2일간 일본의 후쿠시마 원전 오염수 해양방류 반대를 위한 **밤샘 농성**, **17시간 필리버스터**
- 23년 7월 10일, 야권 의원단 일본 방문
- 23년 8월 8일 오염수 **아동 간담회**
- 23년 8월 9일 민주당, '후쿠시마 오염수 문제' **유엔인권이사회에 진정 서명 운동**
- 23년 8월 지구당 별 **각계 활동**
- 23년 8월 16일 민변, **日오염수 방류 헌법소원...청구인 '고래.해녀' 등 4만여명**

23-05 후쿠시마 처리수

■ 각계 활동

후쿠시마오염수 방류 영향에 관한 지역 과학소통 토론회 추진현황

23. 8. 4. 과총 정책연구부

구분	일시/장소	주최/주관	주요 역할자
경남권 토론회 (부산, 울산, 경남)	8.9.(수) 15시/ 부산해운대5호텔5층호텔 크루홀	과총 /과총 부산지역연합회 회경남지역연합회	진성호 과총 부산울산지역연합회 회장 김영혜 부경대 교수(사회) 정재준 부산대 기계공학부 교수(발제1) 김영욱 부경대 식품과학부 교수(발제2) 이용태 과총 경남지역연합회 회장(좌장) 이현철 부산대 기계공학부 교수(토론) 박종수 국립수산물품질관리원 식품위생과 과총(토론) 이정식 경상국립대 해양식품공학과 교수(토론) 박상현 부산환경운동연합 활동가(토론) 구자상 부산시민넷넷에너지협동조합 이사장(토론) 이승환 경남도민일보 사회부장 (토론)
경북권 토론회	8.21(월) 14시30분/ 경산농협 본점 3층 대 회의실 (경북 경산시 소재)	과총 /과총 경북지역연합회	서상근 과총 경북지역연합회 회장 한병문 과총 경북지역연합회 사무총장(사회) 김정희 (주) 미래사회정책연구원 대표(사회) 백원필 한국원자력학회 회장(기조강연) 도형기 한울대 생명공학과 교수(발제1) 이정용 영주대에너지에너지융합대학원(원자력)교수(발제2) 서경석 (주) 한국수력원자력 홍보관장(토론) 채종규 대구대 교수(토론)
충청권 토론회 (충남, 대전, 충북)	8.22.(화) 14시 30분 청주리더호텔우연홀	과총 /과총 대전지역연합회 충남지역연합회 충북지역연합회	김용은 과총 충북지역연합회 회장 이종원 과총 대전지역연합회 회장(발제 좌장) 한국희 과총 충남지역연합회 회장(토론 좌장) 박우윤 과총 충북지역연합회 수석부회장(사회) 박일영 충북대 재학학과 교수(발제) 김강일 충북대 환경공학과 명예교수 (토론) 박근우 충북경제신문 취재1국장(토론) 발제 및 패널토론 섭외 중
강원권 토론회	8.23.(수) 14시 춘천 베이스호텔	과총 /과총 강원지역연합회	구성 중
호남권	개최 검토 중		

소비자와 함께하는 수산물 소비위축 대응 권역별 세미나

1 배경 및 필요성

- 계속되는 일본 원전 오염수 방류 이슈로 수산물 소비위축이 우려
- 일본 원전 오염수에 대해 소비자와 전문가가 함께 알아보고 진단 해보는 소비자 대상 권역별 현장 소통의 장 마련

2 추진계획

- (주제) 소비자와 전문가가 함께 알아보는 원전 오염수 현장 소통 세미나
- (일시/장소) '23.8.28.(월) 14:00 / 포항북합문화센터
- (주최/주관) 경북도청 / 한국수산물과학총연합회.한국원자력학회


3 일정안

* 프로그램 시간 및 참석자는 상화에 따라 변동될 수 있음

시간(분)	행사내용
13:30-13:55	25 * 등록 및 참석자 배석 (사회 : 황규원 한국해양수산개발원 전문연구원)
13:55-14:00	5 * 개회사 : (경북도청)
14:00-14:15	15 * (가제)일본 원전 오염수 문제 개요 및 해명 확산 (역성덕 서울대 원자핵정책센터 수석연구원)
14:15-14:30	15 * (가제)일본 원전에서의 누출되는 핵종 및 주요 핵종별 특징 (김기현 서울대학교 교수)
14:30-14:45	15 * (가제)후쿠시마 원전 오염수가 인체에 미치는 영향 (양승오 생명기독병원 핵의학과 교수)
14:45-15:00	15 * 원전 오염수 방류에 따른 수산물 영향 (김영록 부경대학교 교수)
15:00-15:15	15 * 수산물의 영양과 건강 (심길보 부경대학교 교수)
15:15-15:25	10 자리 정돈(Coffee Break)
15:25-15:55	30 * 소비자와 전문가가 함께하는 Q&A (이덕환 서경대학교 명예교수) (유병서 한국연어어업인중앙연합회 사무총장) (이희 발표자)
15:55-16:00	5 * 마무리

23-05 후쿠시마 처리수

■ 각종 활동

 서울 원자력 학회 KOREAN NUCLEAR SOCIETY	배포일 2023년 6월 20일 매수 3매
	6월 20일(화)부터 보도하여 주시기 바랍니다. (문의) 한국원자력학회 사무국 (042-826-2614) 이슈위원장 정법진 경희대 교수(010-9043-1753)

후쿠시마 오염수 처리후 방류의 한국 영향에 관한 한국원자력학회의 입장

- 정상 처리 배출되는 오염수가 우리 바다와 수산물에 미치는 영향은 무시할 수준 -
- 방류 과정과 우리 해역 방사능 감시를 통해 우리 수산물 안전 확보 가능 -
- 한국원자력학회는 국민불안 해소와 수산업계 피해 예방을 위해 적극 활동 예정 -

[공지] 후쿠시마 원전 처리수 방류에 대한 대한방사선방어학회의 입장

관리자 | 4202 | 2023-07-31 08:55:04

첨부파일 (1) 

후쿠시마 처리수 방류: 어떻게 볼 것인가?
대한방사선방어학회의 입장

제목	[보도자료] 후쿠시마 원전 방류수 확산의 과학적 이해, 해양학 전문가들이 나섰다.		
작성자	(사)한국해양학회	작성일	2023년 7월 5일 수요일
첨부파일	보도자료_후쿠시마관련토론회_한국해양학회(230705).pdf (112.40KB)		

(사)한국해양학회 (회장 강동진 한국해양과학기술원 책임연구원)는 5일 후쿠시마 원전 방류수 문제에 대한 과학적인 이해를 돕기 위해 '후쿠시마 원전 방류수 확산에 대한 과학적 이해' 심포지엄을 서울대학교 호암교수회관에서 개최하였다.

제212회 한림원탁토론회

후쿠시마 오염수 처리 후 방류의 국내 영향

일시 : 2023년 7월 6일(목) 15:00

장소 : 코리아나호텔 7층 로얄룸

※ 온-오프라인 동시 개최

23-05 후쿠시마 처리수

■ 각종 활동

한무경 의원, '후쿠시마 과담과 우리 수산물 대책' 토론회 개최



아권의 '후쿠시마 과담 어떻게 확산되나?'...공언련 2차 국회 토론회



후쿠시마 방류에 대처하는 우리의 과제 토론회



국민의힘, '후쿠시마 원전 오염 처리수 긴급 토론회'

송원영 기자별 스토리 • 1개월

후쿠시마 오염수 10가지 과담

과학과 진실로 국민 건강을 지키겠습니다.

과담 1

문: 정부는 방류 반대하는데 왜 정부는 찬성한다?
가짜뉴스입니다.

문: 세월 참사는 지난 정부의 미완까지로 과학적으로 안전하지 않는 방류에 찬대 반대합니다.

정부는 한일정상회담을 계기로 시정단을 꾸려 후쿠시마 오염수 정화 시설을 직접 확인하는 등 안전성 확보에 최선을 다하고 있습니다.

23-05 후쿠시마 처리수

■ 각종 기고 및 인터뷰

[인터뷰] 정범진 교수가 말하는 ‘후쿠시마 원전 오염수’의 진실

“후쿠시마 원전 오염수 논란? 과학적 수치에 답이 있다”

2023.06.26 문화체육관광부/정책주간지 <K-공감> 710호



사이언스조선 > 과학

SCIENCE Chosun

백원필 vs 서균렬...유튜브서 후쿠시마 오염수 장외 대결 펼쳐는 원자력 전문가들

[기고] 후쿠시마 오염 처리수, 과학적 접근 필요하다

입력: 2023-06-20 16:08:09 수정: 2023-06-21 17:42:40



이현철 부산대 기계공학부 원자력시스템 전공 교수

정용훈 카이스트 교수 "다오염수 방류 후 100년 살아도 영향 없다"

경제/과학 > IT | 입력 2023.06.20 15:19
오장연 기자 dhqkddnl@daejonlbo.com



[포럼] 후쿠시마 방류수 문제와 尹정부 과제

문화일보 | 입력 2023-04-19 11:37



댓글 0 | tT 폰트 | 공유

정재준 부산대 기계공학부 교수·원자력시스템 전공

동아사이언스

오피니언

[이덕환의 과학세상] '가짜' 과학에 찌들어버린 사회

2023.07.18 13:44

23-06 고리3,4호기 계속운전

■ 경과

■ 2023년 3월 14일 방사선 환경평가서 초안 공람 및 의견 수렴 안내

1. 근거법령

- 가. 「원자력안전법」 제103조(주민의 의견수렴)
- 나. 「원자력안전법」 시행령 제143조(방사선환경영향평가서 또는 해체계획서 초안의 제출 및 공고·공람 등) 및 제144조(평가서초안 또는 해체계획서초안에 대한 의견 제출 등)

2. 사업개요

- 가. 사업명 : 고리원자력 3,4호기 계속운전 사업
- 나. 위치 : 부산광역시 기장군 장안읍 길천길 96-1 일대
- 다. 사업규모 : 가압경수로원자로 950MW급 2기 및 부대시설
- 라. 사업기간 :
 - (고리3호기) 2024.9. ~ 2034.9.(예정)
 - (고리4호기) 2025.8. ~ 2035.8.(예정)
- 마. 시행자 : 한국수력원자력주

3. 공람기간 및 장소 / 의견수렴대상 지자체

- 가. 공람(열람)기간 : 2023. 4.13. ~ 2023. 5.23. 09~18시 (단, 토요일 및 공휴일 제외)
- 나. 의견수렴대상 지자체: 방사선비상계획구역(EPZ) 內 16개 지자체

23-06 고리3,4호기 계속운전

2023년 7월 14일로 예정된 4차례 주민 공청회 완료

[공청회 개최 일시 및 장소]

대상지역	부산 기장군	울산 울주군	부산시 6개구	울산 4개구/양산
일시	7.10(월) 14:00	7.11(화) 14:00	7.13(목) 14:00	7.14(금) 14:00
장소	고리본부 스포츠문화센터 멀티공연장	한수원 인재개발원 대강당	벡스코 제2전시장 1층 회의실(121~124)	울산 시티컨벤션 안다미로룸
대상주민	기장군민	울주군민	부산 6개 구민	울산 4개 구민, 양산주민

- ※ 1) 부산시(6개구) : 금정구, 남구, 동구(좌천동, 범일1,2,5동), 동래구, 수영구, 해운대구
- ※ 2) 울산시(4개구) : 중구, 남구, 동구, 북구
- ※ 3) 양산시 : 동면, 서창동, 소주동, 평산동, 덕계동



특이사항

- 고리2호기 공청회와 같은 큰 소란없이 마무리됨
- 이미 2호기에서 탈원전 세력의 기세가 꺾인 것으로 판단

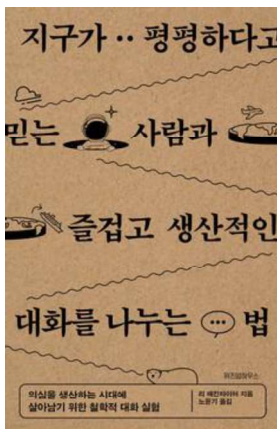
23-07 11차 전력수급기본계획

- 7월 10일 에너지위원회에서 조속히 11차 전기본 수립에 착수할 필요가 있다는 다수 위원들 의견 제시
- 7월18일 '2023년 제4차 전력정책심의회'에서 제11차 전력수급기본계획 추진방향 보고.
 - 제11차 전기본 워킹그룹에서는 장기 전력수요를 과학적 방식을 동원해 정밀하게 예측
 - 안정성, 효율성, 탄소중립 등의 정책목표가 조화된 전원믹스를 도출할 계획
 - 전력수요 확대 요인 : 반도체,이차전지 등 첨단산업 신규투자, 데이터센터 확대, 전기차 확산 등 전기화
 - 국가온실가스감축목표(NDC)의 적기 달성을 위해 무탄소전원을 적정 조합으로 활용
 - 전력기금이 신재생에너지 등 특정분야에 편중되지 않도록 하고, 원전생태계 강화, 취약계층 지원, 에너지신산업 연구개발(R&D) 등 기금의 목적에 맞게 운용 할 예정



수용성 확보가 관건이다
그런데 수용성 확보에 왕도는 없다

반지성 주의(과학 부정론)와 위험 인식 방법을 이해하자



과학 부정론의 5가지 공통점과 후쿠시마 선동 비교

1. 체리피킹 방식의 증거 수집 : 방류수가 돌아온다만 강조 !
2. 음모론을 신뢰 : 토착왜구 !
3. 진짜 전문가 무시 : 원자력 전문가는 돌팔이 !
4. 논리적 오류 : 세습 물고기
5. 과학은 완벽해야 : 저선량도 위험하다.

위험의 이해 : 정의

Hazard(유해)	Risk(위험)	Harm(해)
물질, 환경 고유의 성질이 내포한 본질적 위험 ex) 본질적으로 위험을 포함하고 있는 유해 화학물질	위험에 '확률'의 개념이 포함된 것. ex) 유해 화학물질로 사고가 일어날 가능성	'Risk'에 포함된 확률이 실현돼 인체나 환경에 입힌 손상 ex) 유해 화학물질 사고로 인해 입은 상처
		

위험의 이해 : 위험 인식



$RISK = Hazard \times Exposure / Management$

전문가의 위험 인식 = 위험 발현 가능성
 = 빈도(발생 가능성) x 강도(피해크기) / 관리

대중의 위험 인식
 = Hazard + 분노 감정 - 가치

탈핵 무당 위험 인식
 = 무조건(언제나 어디서나) 위험

위험의 이해 : 위험 인식

전문가와 일반인은 다르게 인식한다.

- 인식 방법의 차이
 - ✓ 전문가는 리스크, 일반인은 유해
- 잘 알지 못해서(정보 부족)
 - ✓ 지식은 부정적 정책수용을 완화
'무지한 귀신에겐 부적도 불통'
- 반복적 선동
 - ✓ 반복은 다수의 사람이 잘못된 기억을 가지게 되는 만델라 효과(Mandela Effect) 유발
 - ✓ 세뇌 : 특정한 심리적 기술에 의하여 인간의 마음을 바꾸거나 조종하는 것

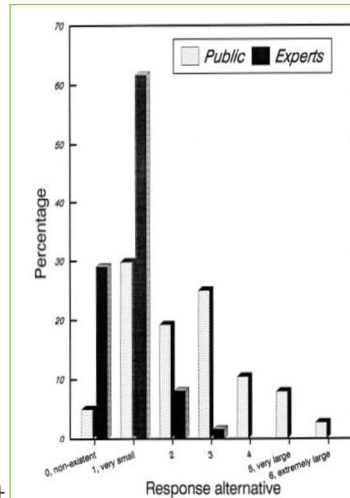


Figure 1. Judgments of the perceived risk of domestic nuclear power to people in general. Data from experts and from the public.

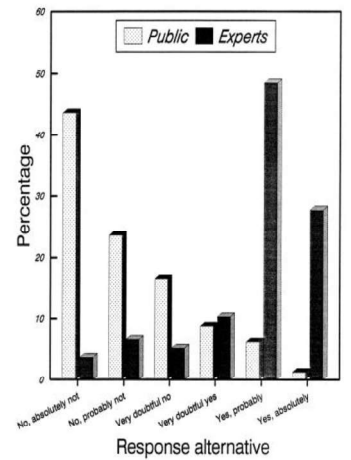


Figure 2. Responses to a question whether the current solution of the problem of how to store nuclear waste is satisfactory. Data from experts and from the public.

<http://www.humanecologyreview.org/pastissues/her62/62sjoberg.pdf>

인식(학습) 관련 이론

2000년 James Kulinski 등
 Misinformation and the Currency of Democratic citizenship
 믿음을 바꿔 놓는 핵심요소 : 실증적 증거

일리노이 거주자 1160명 대상 전화 설문
 잘못된 믿음 수준에 따라 복지에 대한 입장 변화 파악
 정확한 정보가 주어졌을 때 처음 태도를 바꾸는 것을 확인

2010년 David Redlawsk 등
 The Affective Tipping Point : Do Motivated Reasoners Ever get It?
 자신의 신념과 상반된 정보에 흔들리는 Tipping Point가 존재

동부 아이오와 207명 대상 대면 조사
 선호하는 선거 후보에 대한 정보 제공

2017 나이한, 라이플러
 The Roles of Information Deficits and Identity Threat in the Prevalence of Misperceptions
 잘못된 정보를 정정해주면 유의미하게 바뀐다.
 도표가 텍스트보다 더 효과적이다.
 신뢰할 수 있는 사람이 전달 하는 것이 중요하다.

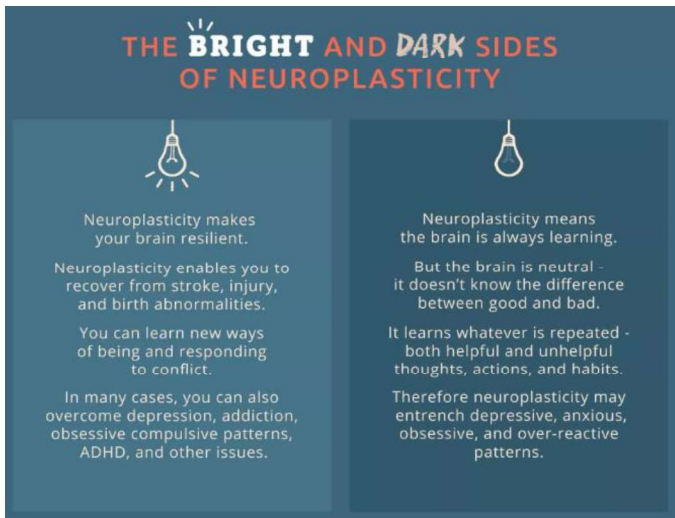
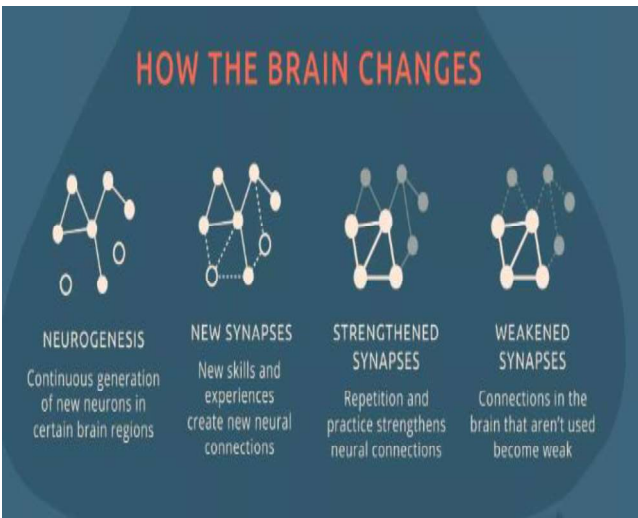
인식(학습) 관련 이론

2010년 Brenden Nyhan 등
 When Corrections Fails : The Persistence of Political Misperceptions
 신념이 도전 받으면 그것을 더욱 강력하게 고수하는 Back Fire (역화효과) 존재
 단, 일부에서만 발견

2018 Thomas Wood, Ethan Porter
 The Elusive Backfire Effect : Mass Attitudes' Steadfast Factual Adherence
 역화효과는 재생산되지 않는다.

인식(학습) 관련 이론 : 신경 가소성

신경가소성(神經可塑性, neural plasticity) : 뇌의 신경세포가 새로운 자극에 의해 일생 동안 자라고 변할 수 있는 능력.
 - "뇌가 새로운 학습이나 경험에 따라 기존의 신경망을 새롭게 구축하면서 그 형태를 바꾸어 나가는 특성"



<https://www.nicabm.com/brain-how-does-neuroplasticity-work/>

위험의 이해 : 국제 기준

영국의 허용위험범위

Risk categories	Levels of Risk Acceptability	Typical Quantification Values
I Intolerable: risk cannot be justified except in extraordinary circumstances		10 ⁻⁴ per year Limit for Royal Soc. U.K.* Car Accident Deaths
II Undesirable: tolerable only if reduction is impractical or if cost is grossly disproportionate to the improvement		10 ⁻⁶ per year Limit for W.A.E.P.A.*
III Tolerable if the cost of reduction would exceed the improvement gained		10 ⁻⁸ per year
IV Broadly Acceptable Negligible risk		Objective for N.S.W. DoP, H.S.E.U.K., Royal Soc. U.K.*
V Acceptable Trivial risk		10 ⁻⁷ per year Lightning Strike Deaths

개인 위험도

	사망원인	위험도
질병	심장병	8.3×10 ⁻³ /yr
	암	3.2×10 ⁻³ /yr
	뇌졸혈	1.9×10 ⁻³ /yr
	폐렴	6.4×10 ⁻⁴ /yr
사고 사	당뇨병	2.8×10 ⁻⁴ /yr
	자동차 사고	1.9×10 ⁻⁴ /yr
	추락사고	5.0×10 ⁻⁵ /yr
	익사	2.2×10 ⁻⁵ /yr
자연 재해	화재 사고	2.1×10 ⁻⁵ /yr
	지진, 홍수, 태풍	9.0×10 ⁻⁷ /yr
	폭염	9.0×10 ⁻⁷ /yr
	동사	4.0×10 ⁻⁶ /yr
	낙뢰 사고	4.0×10 ⁻⁷ /yr

국가명	허용 개인 위험도
네덜란드(신공장)	1 × 10 ⁻⁶ /yr
네덜란드(기존공장)	1 × 10 ⁻⁵ /yr
호주, 환경청	1 × 10 ⁻⁵ /yr
영국, 안전보건청	1 × 10 ⁻⁵ /yr
홍콩	1 × 10 ⁻⁵ /yr

△ 1급 발암물질=햄 등 가공육, 술, 햇볕, 젓갈, 미세먼지 등 122종
 △ 2A 발암물질=소고기와 돼지고기, 65도 이상 음료, 야근 등 93종
 △ 2B 발암물질=전자파, 김치, 알로에나 은행잎 추출물 등 319종

위험의 이해 : 사회 통념

한경 오피니언

[사설] "원전 위험성, 사회 통념상 무시할 수준"이란 日 법원 판결

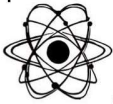
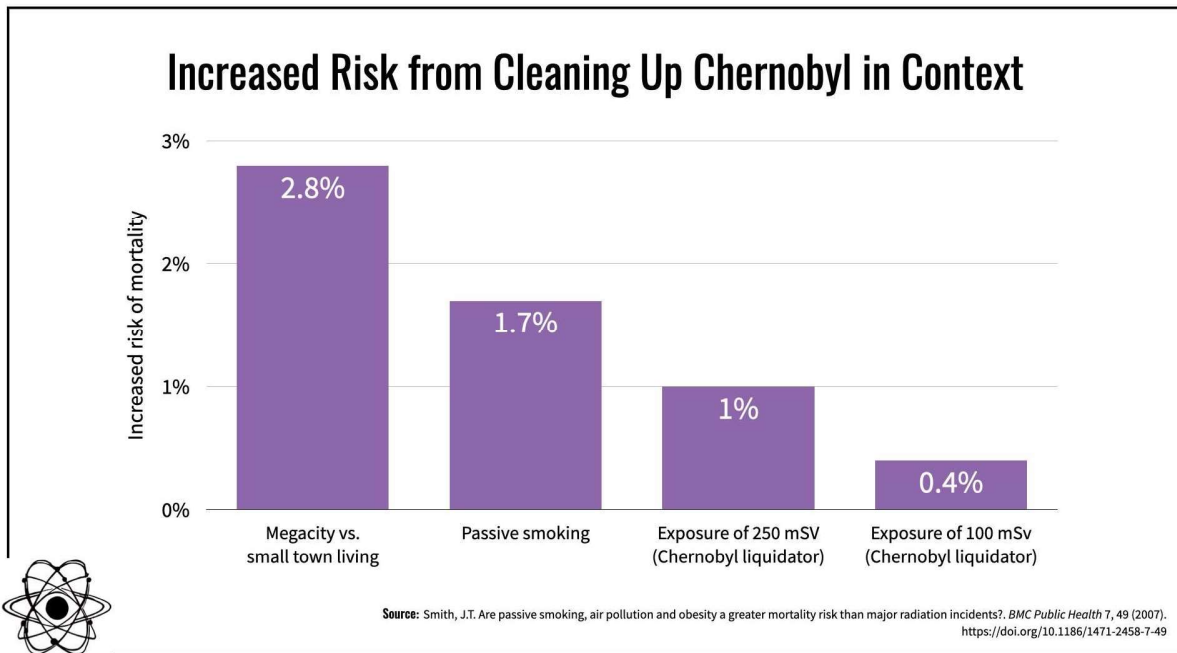
입력 2018.07.05 19:40 수정 2018.07.06 00:01 지면 A35 가

법원 판결도 원전 재가동에 힘을 보태주고 있다. 그제 나고야 고등법원은 오이 3, 4호기 원전 재가동을 인정했다. 앞서 오사카 고등법원 등 다른 법원들도 원전 운전정지 결정을 잇달아 취소하면서 원전들이 속속 재가동에 들어갔다.

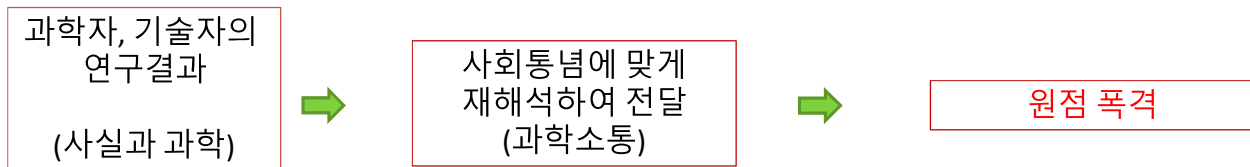
주목되는 것은 법원의 원전 재가동 판결 이유다. 나고야 고등법원은 "원전 위험성이 사회 통념상 무시할 수 있는 수준으로 관리·통제되고 있다"고 했다.

내진 설계 기준도 적절해 안전에 문제가 없다고 판단했다. 일본에선 지난 40년간 규모 5.0 이상 지진이 4000여 건 발생했지만 원전이 파괴된 사례는 없다. 후쿠시마 원전도 쓰나미가 덮치기 전 지진만으로는 이상이 없었다는 게 밝혀졌다.

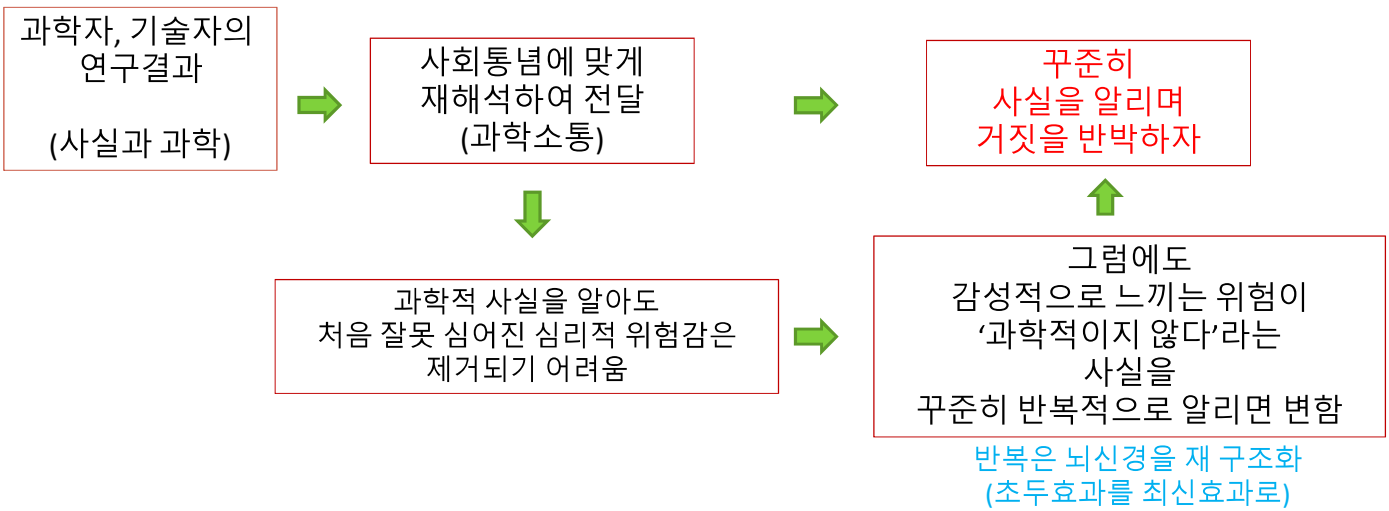
위험의 이해 : 다른 리스크와 비교



가짜 뉴스를 막으려면 : 탈핵 무당



가짜 뉴스를 막으려면 : 일반 대중



나가며

- 탈핵 선동으로 밥벌이 하는 탈핵 무당의 인식을 전환하기는 어렵다.
- 중간지역에 있는 국민을 대상으로 인식 전환을 시도하자.
 - 과학적 사실을 지속적으로 알리자
 - 원자력은 통상적인 재해 보다 안전하다는 사실이 역사적 통계
 - 때법의 시대에는 때법으로 (친원전 시민단체를 강하게 : 참여와 후원)
 - 전문적 소통 인력 양성
 - 국가적 소통 기구 설치 (정보 전달을 넘어 개입, 해결하는 기구)

1차년도 연차 발표회

NEI의 원자력 인허가 지원활동 분석 및 국내 적용성 연구

박찬오

서울대학교 원자력정책센터

2023.09.07(목), 서울대학교 호암교수회관

2023. 03.23

CONTENTS

과제 현황

- 계획 대비 실적

연구 수행 내용

- NEI 활동 분석
- K-NEI 설립 기본방향

1. 과제현황

1차년도 계획 대비 실적

—— 계획 ——— 실적

역무 번호	세부 역무/연구 내용	1/4	2/4	3/4	4/4	산출물 (당해년도 말)
1	NEI의 원자력 인허가/규제 지원 관련 활동 분석 및 상세분석 대상 선별	——	——	——	——	보고서
	선별 규제 제안사례(1) 상세 분석 및 국내 적용성 검토	——	——	——	——	
2	원자력 지식정보 자료 생산 (내외부 전문가 활용)	——	——	——	——	자료 생산
	원자력 위키피디아 운영 및 지식정보 자료 등재	——	——	——	——	자료 등재
3	일본의 자주적 안전성 향상 평가 배경 및 사례 분석	——	——	——	——	보고서
4	한국형 원자력 싱크 탱크의 기본 방향 제시	——	——	——	——	보고서
	발주자 요청 등 필요시 기술 현안에 대한 대응 지원	보고서

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(개요)

● 원자력 기술의 편익적 활용을 옹호하는 워싱턴소재 원자력 산업 정책 기구

• 1994년 유관 원자력 단체를 통합하여 설립

- NUMARC(Nuclear Utility Management and Resources Council): 규제 및 기술) 1953년 설립 미국원산(AIF)의 주 기능이었다 1987년 분리
- USCEA(US Council for Energy Awareness: 소통)
- ANEC(American Nuclear Energy Council: 대관업무), Edison Electric Institute의 원자력본부(핵연료, 경제성)

● 기능

- 공통 안전 이슈에 대한 대 NRC 소통 창구(선제적 규제 제안 포함)
- 대정부, 대의회, 대민 소통 및 홍보
- 정책 제안

● 인력 및 예산 (2017년 기준)

- 인력: 정규직 100명과 회원사 파견직원으로 구성
- 예산: 연간 약 5천만 달러로 대부분 회원사가 분담

● 회원사

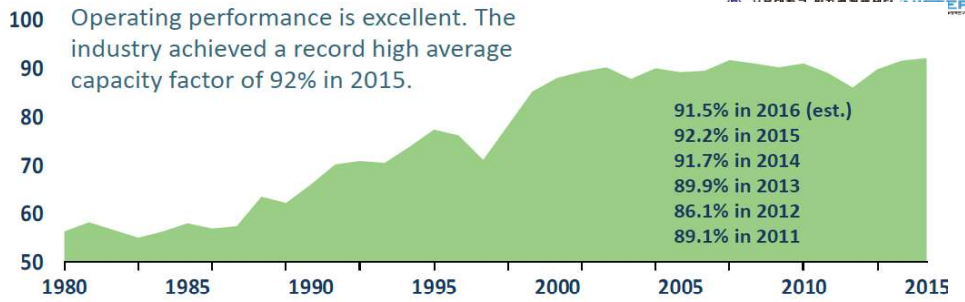
- 2022년 11월 현재 334개
- 발전사(한수원 포함), Vendor, 학교, 연구소 등

● 조직

- 집행위원회
- 여러 개의 자문위원회(Advisory Committee)
- NSIAC(Nuclear Strategic Issues AC)가 핵심

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(미국 원전 운영 실적 추이)

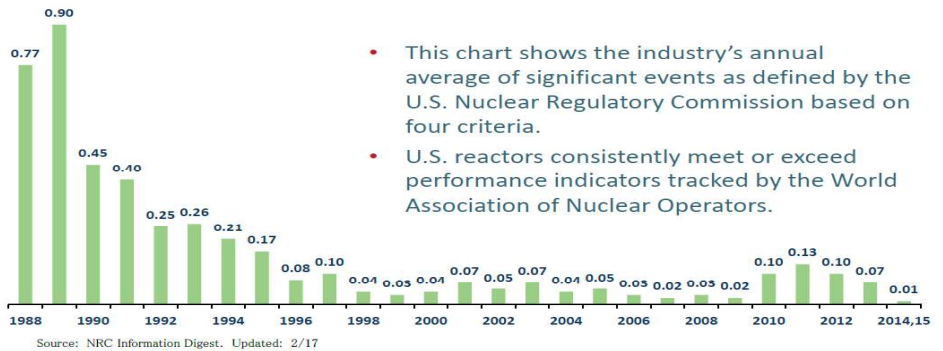
- 원전의 평균 이용률
 - 1980년대 ~55% 수준
 - 2000년대 이후 90% 이상
- 원전당 연간 중요사건 발생건수
 - 1990년대 0.9
 - 2010년대 0.01



Source: Energy Information Administration
Updated: 2/17

실적 개선 사유

- INPO는 운전개선에 중점
- NEI는 기술규제 이슈에 중점
- 직원기량 성숙 및 안정적 노동력



Source: NRC Information Digest. Updated: 2/17

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(기술·규제 이슈 해결 기여 예시)

● 운전정지 리스크 저감

- 1980년대 미국 원전에서 중대사건 포함 많은 사건이 운전 정지 중 발생
 - 붕괴열 제거 상실, 발전소 정전 등으로 장기 정지 초래
- NEI 전신인 NUMARC에서 운전정지 워킹그룹을 결성
 - 운전정지 안전관리에 대한 산업체 지침 개발
 - 전력사 다짐을 위한 산업체 이니셔티브 개발

운전정지 횟수 및 이의 심각도를 대폭 줄임

● NRC의 원자로 감독 프로세스 개선

- 주관적이고 일관성 없는 NRC의 원자로 감독에 대한 산업체의 불만
- 위험도 정보 및 성능기반 프로세스 기반의 대안 개발을 위한 워킹그룹 구성
 - 개념 및 성능인자/보고지침 개발
 - 검사절차 및 중요도 결정 프로세스 개발 관련 NRC와 협의 (NRC와 월 단위 공개 회의)

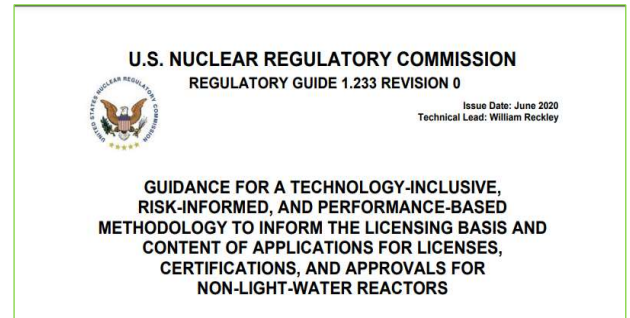
● 후쿠시마 사고 대응

- 초기 30일간 미디어, 관리, 금융계에 사고의 사실관계를 이해시킴 (신뢰할 수 있는 기관으로 각인)
- 장기 방향 설정을 위한 산업체 경영진 협의그룹 결성 (주요 이슈 별 Task Force 구성)

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(기술·규제 이슈 해결 기여 예시)

● 안전규제 지침안의 선제 개발 및 규제화

- 비경수로를 위한 위험정보활용 성능기반의 범용기술 규제 지침안(NEI 18-04)을 개발하여 NRC에 제출(2019. 8)
 - NRC는 이를 endorse하는 규제지침(RG-233)을 발간(2020. 6)
 - This RG endorses Nuclear Energy Institute (NEI) 18-04, Revision 1, "Risk-Informed Performance-Based Guidance for Non-Light Water Reactor Licensing Basis Development," (Ref. 3) as one acceptable method for non-LWR designers to use when carrying out these activities and preparing their applications.
- '21년 8월에는 성능기반의 기술범용 인허가 신청서 내용에 대한 규제 지침안(NEI 21-07)을 개발 NRC 제출
 - 현재 NRC가 이를 규제화 검토 중



3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(발간 자료 예시)

기술/규제 문서

문서번호	제목
NEI 18-03	Operability Determination
NEI 18-04	Risk-Informed Performance-Based Technology Inclusive Guidance for Non-Light Water Reactor Licensing Basis Development
NEI 19-02	Guidance for Assessing Open Phase Condition Implementation Using Risk Insights
NEI 19-03	"Advanced Reactors Codes and Standards Needs Assessment"
NEI 20-04	The Nexus Between Safety and Operational Performance in the U.S. Nuclear Industry
NEI 20-07	GUIDANCE FOR ADDRESSING SOFTWARE COMMON CAUSE FAILURE IN HIGH SAFETY-SIGNIFICANT SAFETYRELATED DIGITAL I&C SYSTEMS
NEI 20-08	Strategic Project Management Lessons Learned & Best Practices for New Nuclear Power Construction - Executive Summary
NEI 21-07	Technology Inclusive Guidance for Non-Light Water Reactors Safety Analysis Report Content for Applicants Using the NEI 18-04 Methodology
NEI 22-02	Guidelines for Weather-Related Administrative Controls for Short Duration Outdoor Dry Cask Storage Operations

의회 증언

주제	날짜	역할
Maria Korsnick Testifies on Nuclear's Role in Decarbonization and National Security	2/9/2022	원자력의 역할
Maria Korsnick Testifies on Advanced Nuclear's Role in a Decarbonized Future	3/3/2020	신형로의 역할
Maria Korsnick Testifies on the Nuclear Waste Administration Act	6/27/2019	폐기물관리법

보고서

제목	발간일
IG 03 for NEI 20-08: Extreme Ownership Executive Summary	14-Jul-23
Examples of NRC Performance	12-Jun-23
Policy Options for States to Support New Nuclear Energy	9-Nov-22
Nuclear Costs in Context	28-Oct-22
Advanced Nuclear Energy: Frequently Asked Questions for Community Stakeholders	3-Aug-22
IG-02 for NEI 20-08: Contracting and Risk Sharing	25-Jul-22
State Legislation and Regulations Supporting Nuclear Energy	27-Jan-22
Establishing a HALEU Infrastructure for Advanced Reactors	19-Jan-22
Implementing a 24-Month Frequency for Emergency Preparedness Program Reviews	16-Jul-21
A Market Monitor's View of the Economic Challenges Facing the PJM Nuclear Fleet	29-Apr-21
A Review of Nuclear Costs and Revenues in PJM	29-Apr-21
Nuclear Energy in a Low-Carbon Energy Future	8-Dec-20
Global Nuclear Market Assessment Based on IPCC Global Warming of 1.5° C Report	27-Jul-20
NEI 20-08, Executive Summary	9-Apr-20
Recommendations for Streamlining Environmental Reviews for Advanced Reactors	5-Mar-20
NEI 20-04, The Nexus Between Safety and Operational Performance	2-Mar-20

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(NEI의 성공 및 신뢰 획득 요소)

● 성공 요소

- 산업체 공통 이슈에 대하여 한 목소리 - 전체 산업체 대변은 NEI를 통해서만 가능
- NEI의 리더십 발휘 - 산업체 소집 권한
- NSIAC(Nuclear Strategic Issues Advisory Committee) 운영
- 산업체 조직들이 함께 일하게 하고 각각의 전문분야를 존중
- 문제점 도출과 해결에 선제적 노력 - 규제자와 윈-윈 결과 도출
- 빈번하고 투명한 소통

● 신뢰 획득 요소

- 선제적일 것 - 규제자가 문제를 다루기 전에 해야 할 일을 할 것
- 말 보다 행동을
- 투명성 - 성능자료 공유, 실수를 인정하고 교정활동
- 모두에 이익이 되도록 해법을 제공
- 관계를 맺고 유지하기

3. 연구수행 내용 : NEI 활동분석(현안 자문위원회 NSIAC의 역할)

● NEI는 이사회 기능의 집행위원회(Executive Committee)를 운영

- 연방 정부 정책 및 NEI 조직에 중점

● 다수의 자문위원회를 운영

- 다양한 현안 및 활동에 대해 지침을 제공

● 원자력 현안 자문위원회(NSIAC)의 역할이 가장 중요

- 회원 산업체의 수석원자력담당(CNO: Chief Nuclear Officer)으로 구성
- 제안된 전략 및 활동 계획에 대한 조언 및 동의
- 규제자와의 접촉시 전문성과 신뢰성을 갖춘 CNO를 활용하는 것이 매우 효과적
- 사고저항성핵연료 워킹그룹(ATFWG) 등 현안 대응 그룹을 구성하여 운영

3. 연구수행 내용 : K-NEI 설립 기본방향(해외 동향)

● 미국 NEI

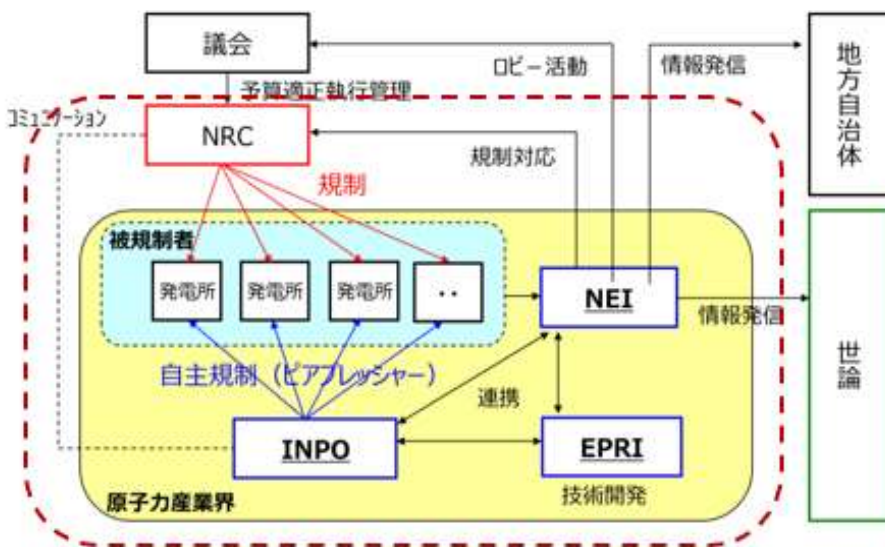
- 운전정지 리스크 저감 및 규제 합리화를 통한 원전 이용률 향상을 목적으로 설립
- 산업체 공통 안전이슈에 대한 대 NRC 창구 역할과 이용률 향상 및 규제 합리화에 기여
- 최근에는 위험도정보활용 성능기반 (RIPB) 규제지침(안)을 선제 개발하고 이를 NRC가 endorse하고 규제화 함

● 일본 ATENA(원자력에너지협의회)

- 일본은 2012년 ‘원자로 등 규제법’의 개정으로 최신 기술기준에 의한 사업자의 자발적 안전성 향상 평가가 법적 의무사항이 됨
 - 13~24개월 주기의 자발적 안전성 평가는 사업자의 공동 대책 수립과 대응이 필요
- 이밖에 계속운전과 관련한 경년열화 대비 등 산업체 공통 안전이슈에 대한 공동 대처와 대 규제기관 창구 역할 기구 소요가 제기됨
- 이에 따라 2018년 발전사와 원자로 Vendor를 중심으로 ATENA를 설립(22.4 현재 19개 회원사)

3. 연구수행 내용 : K-NEI 설립 기본방향(해외 추진체계)

미국 NEI



출처 : 종합 자원 에너지 조사회 전력·가스 사업 본과의 원자력 소위원회 제14회 회합 자료

일본 ATENA

INPO의 역할을 JANSI,
EPRI 역할을 CREPI,
NEI의 대 국회·대민 업무는
수행하지 않음
(붉은 점선 내부만 수행)

3. 연구수행 내용 : K-NEI 설립 기본방향(필요성)

● 우리나라

- 90%를 상회하던 이용률이 최근 수년간 70%~80% 초반 수준에 머물고 있음 (장기 운전정지 원전과 정지후 검사기간 증가)
 - 遠因은 '14년 납품비리와 전 정부의 탈원전 정책에 의한 탈핵인사의 규제업무 관여와 사업자의 규제 대응력 위축에서 기인 판단
 - 환경단체의 과도한 규제 영향력 행사로 사업자의 규제 부담 증가 및 규제자-사업자간의 불균형 구조가 심화
- 혁신형 SMR 포함 원전의 안전규제에 대한 규제기관 및 관련 이해관계자(정부, 지역주민, 환경단체, 언론)와의 적극적 소통체제 미비



우리나라도 이런 문제점을 극복하기 위하여
사업자와 규제자 사이에
객관적 전문성을 갖춘 기구(K-NEI)를 설치·운영할 필요성이 대두됨

3. 연구수행 내용 : K-NEI 설립 기본방향(작성 경과)

● K-NEI 설립 기본방향(안) 작성 및 설명회

- 3가지 방안 제시
 - (i) 서울대학교 부설 조직 안, (ii) 한국원자력산업회의(KAIF) 확대개편안, (iii) 신설 안
- 산업부 설명 (2023. 3. 7)
 - K-NEI 기능 구축 필요성 공감
 - 서울대원자력정책센터는 원자력 정책 싱크 탱크로서의 역할을 기대
- ‘원자력 지속가능성 NEXFO 워크숍’ 참석 전문가 주요 의견 (2023. 3. 23)
 - 대부분의 전문가가 K-NEI 설립 필요성에 공감
 - 한국수력원자력은 (ii)안을 고려 중
 - 수용성 측면에서 이용률 증진 보다는 안전성 증진을 K-NEI 모토로 할 것을 다수가 선호

3. 연구수행 내용 : K-NEI 설립 기본방향(기본방향 안)

- 목적

- 원자력 기술의 안전성 증진 및 편익적 이용 확대

- 핵심 기능

- 규제 합리화를 포함한 원자력 안전규제 이슈에 대하여 산업체와 규제기관 사이의 소통 창구 역할
- 규제 제안을 포함한 원자력 정책 제안 및 이의 구현을 위한 관련 기관(정부, 국회, 언론 등) 홍보
- 원전 안전성 이슈에 대한 대 이해관계자 대응 및 가동 원전의 자율적 안전성 향상 방안 제시

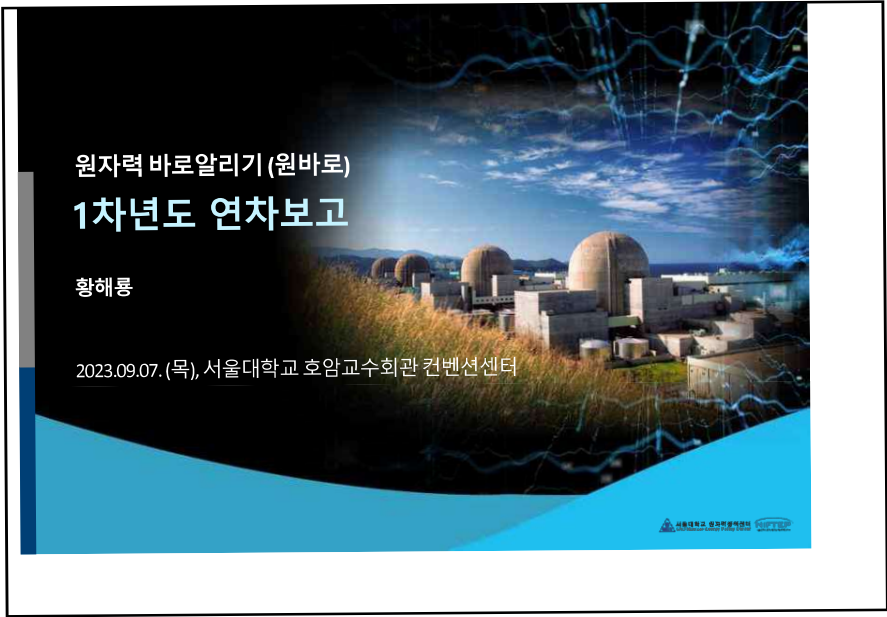
- 위상 부여

- 대 규제기관 접촉 창구 : 산업체 협의기구 또는 정부

- 지배 구조

- 원자력 전문성에 기반한 객관적 의사 결정 및 집행 구조를 구축
- 공정성과 신뢰성이 발현되도록 이사회 및 위원회 등을 구성 (미국의 전략자문위원회 NSIAC 참조)

감사합니다.



원자로 개요

홈 > 이슈와 토론 > 주요 원자력 이슈 > 주요이슈

주요이슈

제목	원자력 바로알기 운동본부 활동 개시
작성자	관리자 (admin) (DATE: 2017-09-10 07:22:25)
첨부파일	No Data

스크립트: 6 공유 0 댓글 0

원자력 바로알기 운동본부는 한국원자력학회, 서울대학교 원자력정책센터, 한수원 등 원자력 각 기관 노조가 연합하여 구성된 조직으로서 원자력에 대한 왜곡되어 알려진 정보를 바로 잡고 사실을 제대로 알릴으로써 원자력에 대한 국민의 신뢰를 증진하기 위해 자발적인 모금 지원을 기반으로 활동합니다.

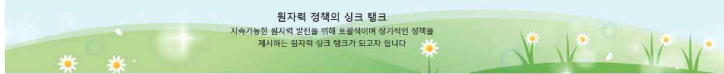
#원자력바로알기운동본부
#원자로

목록 수정 답글 삭제

댓글 0

원자로 개요

센터소개 원자력저서정보 원자력인양기초원 기술정책연구 뉴스와 공지 이슈와 토론 학드센터 SNEPC 행사자료



- 센터소개
- 원자력저서정보
- 원자력인양기초원
- 기술정책연구
- 뉴스와 공지
- 이슈와 토론
- 학드센터
- SNEPC 행사자료

원자력 바로 알리기

- 시민 원자력 상식 강의
- 각급 학교 및 단체 강연과 우편물 통한 원자력 이해 서면 확대
- 원자력 정보 보급
- 원자력 불의 공격 및 음모
- 정책연구 뉴스레터 발간
- 원자력 관련 서적 출판 계약 및 판매

타 원자력 기관과 협력

원바로 개요

과제 개요

과제 목표 및 내용

과제 목표

최종 목표

- 원자력과 관련된 객관적이고 과학적인 정보의 보급 및 확산
- 국민의 원자력에 대한 올바른 이해증진을 도모
- 사회의 공익에 이바지

당해연도 목표

- 원자력과 관련된 객관적이고 과학적인 정보의 보급 및 확산
- 국민의 원자력에 대한 올바른 이해증진을 도모

과제 개요

과제 목표 및 내용

과제 내용

- 원자력 분야 정보 수집
 - 미래원자력기술
 - 방사선 영향
 - 사용후핵연료
 - 원자력 기초지식
 - 원자력발전소
 - 원자력산업 및 수출
 - 원자력안전
 - 원자력정보 및 자료
 - 중저준위 폐기물
- 정보 분석 및 정리
 - 내부 전문가 의견수렴
 - 필요시 외부 전문가 자문 수행
 - 자문 결과 정리
- 매체 제작
 - 카드뉴스
 - 인포그래픽
 - 만화
 - 스크린샷
 - 영상스크립트
 - 유튜브 등 영문 내용

과제 개요

당해년도 과제 추진 일정과 산출물

역무 번호	세부 업무/연구 내용	1/4	2/4	3/4	4/4	주요 산출물 (당해년도 말)
1	국내외 원자력 분야의 정보 수집	■	■	■	■	원자력 각 분야별 정보
2	정책센터 내부 전문가들의 의견 수집	■	■	■	■	원자력 각 분야별 정보
	필요시 외부 전문가에게 자문 의뢰	■	■	■	■	
	내부 전문가 또는 외부 자문 결과를 정리		■	■	■	
3	매체 제작과 SNS 전파 및 유튜브 활용			■	■	카드뉴스, 인포그래픽, 만화, 스크린샷, 영상스크립트, 유튜브

과제 개요

과제 추진체계와 방법

팀 구성 및 추진체계

		연구 책임자			
		직급	성명	외부 자문	
		책임	황해룡		
정보 수집		자료분석 및 정리		매체 제작	
직급	성명	직급	성명	직급	성명
책임	황해룡	교수	심원진	책임	황해룡
책임	박석빈	책임	박상덕	책임	이만기
책임	이만기	책임	박안호	책임	박석빈
원급	현우리	책임	이만기	원급	현우리
		책임	박석빈		
		책임	황해룡		
		책임	이종호		
		책임	오근매		

과제 개요

과제 추진체계와 방법

과제 추진전략

- 원자력 분야 정보 수집 및 분석
 - 국내외 뉴스를 통한 원자력 각 분야의 정보를 입수
 - 국내외 원자력 관련 기관의 뉴스레터, 보고서 등을 통한 원자력 각 분야의 정보를 입수
 - 국내외 원자력 전문가의 발표 자료 입수
 - 입수된 정보 중 내부 전문가의 분석 등을 통한 매체 제작 대상 선정
 - 필요시 외부 전문가의 분석 의뢰로 매체 제작 대상 선정
- 매체 제작
 - 다양한 매체로 제작
 - 원자력을 다루는 유튜브 등을 집중하여 관련 자료 제공
 - 필요시 주요 유튜브 등 인물루머서 발굴 및 섭외

과제 수행 내용

동영상 제작

- <https://www.youtube.com/watch?v=HrKcmd4Ro4g&t=21s>



방사선은 인체에 어떤 영향을 미칠까요?

DATE | 2023.07.13 HIT | 184

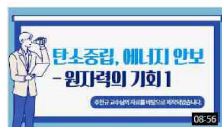
방사선은 인체에 어떤 영향을 미칠까요? 한국원자력안전기술원 조건우 박사님의 자료를 바탕으로 만들어졌습니다. 또한 요즘 많은 사람들의 관심을 받고있는 후쿠시마 오염수에 대한 내용도 들어있으니 확인해보세요 :) #후쿠시마 #원자력 #오염처리수 #오염수 #방류 #팩트체크 #방사선 #서울대 #임자력정책센터 #방사능



과제 수행 내용

동영상 제작

- <https://www.youtube.com/watch?v=UwOZNUM7tHc>



탄소중립, 에너지 안보 -원자력의 기회1

DATE | 2023.01.10 HIT | 146

지구온난화가 계속되는 상황에 전세계에서 저탄소 운동을 벌이고 있습니다. 우리나라 또한 2050 탄소중립 시나리오를 발표하여 적극적으로 이산화탄소 배출량을 줄이 기 위해 힘쓰고 있습니다. 이러한 상황에 탄소중립을 실현하면서 동시에 우리나라의 에너지 안보 또한 지킬 수 있는 방법은 무엇일까요? 바로 원자력을 적극적으로 이용 하는 것입니다. 다양한 근거 ...



과제 수행 내용

동영상 제작

- <https://www.youtube.com/watch?v=5usd5fsCHA4&t=39s>



탄소중립, 에너지 안보 원자력의 기회2

DATE | 2023.02.09 HIT | 268

지구온난화가 계속되는 상황에 전세계에서 저탄소 운동을 벌이고 있습니다. 우리나라 또한 2050 탄소중립 시나리오를 발표하며 적극적으로 이산화탄소 배출량을 줄이 기 위해 힘쓰고 있습니다. 이러한 상황에 탄소중립을 실현하면서 동시에 우리나라의 에너지 안보 또한 지킬 수 있는 방법은 무엇일까요? 바로 원자력을 적극적으로 이용 하는 것입니다. 저편에서는 ...



과제 수행 내용

동영상 제작



과제 수행 내용

- YouTube 올리기
- <https://www.youtube.com/watch?v=p0Nzx3ppOLA>
- 에너지정보문화재단 제작



[팩트체크] 후쿠시마 오염 처리수의 진실은?

DATE | 2023.08.16 HIT | 10889

서울대학교 환경정책연구소 박상덕 수석연구위원의 후쿠시마 이슈에 대한 팩트체크입니다. 후쿠시마 원전 사고로 우리나라가 손해를 보거나 부담을 짊어겨서는 안됩니다. 허나 실제 진행되는 일에 대해 외국 없이 정확하게 이해해야 진정으로 해결해야 할 문제에 집중할 수 있습니다. 후쿠시마 오염처리수 관련 일본의 큰 그림이라는 가짜뉴스와 음모론의 그 진위 ...



사용후핵연료 관리 정책 분석 및 제언

- SNF 저장시스템 현황과 기술적 이슈 -

2023. 09. 07.

송기찬

건식 저장 방식의 진화 (1/2)



건식 저장 방식의 진화 (2/2)

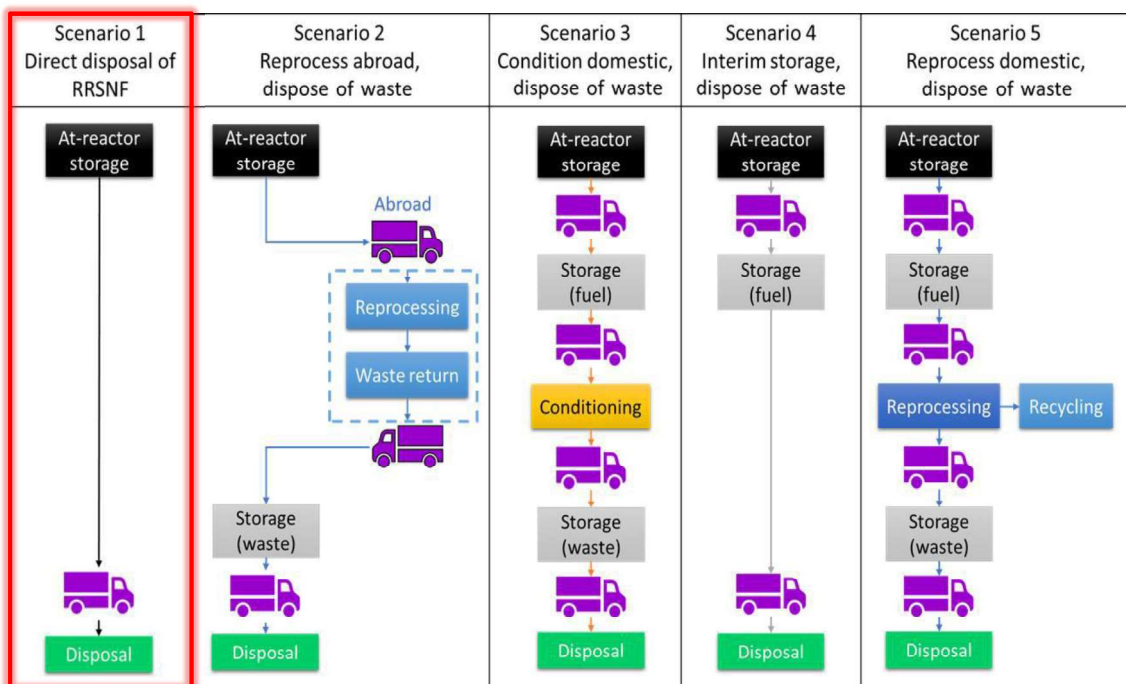
▶ 건식 저장시설

- 1971년 storage building 형태로 시작, 사용후핵연료에서 발생하는 열을 효과적으로 제거하고, 열적·구조적 성능이 개선된 대용량 저장방식으로 진화

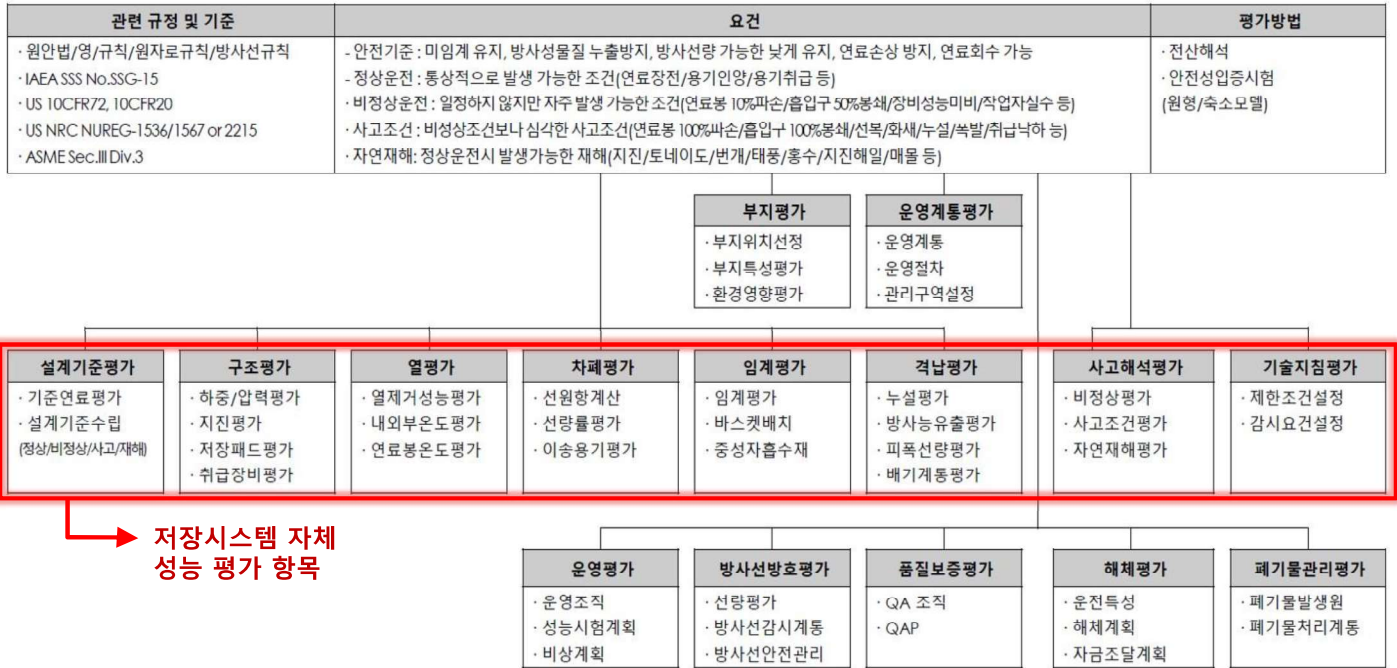
▶ 국내 저장 방식

- 대국민 수용성을 위해 운반·저장 금속 검용용기를 대안으로 선호
 - ❖ 일본 무쓰 저장시설: 옥내 금속검용용기에 저장하는 방식, 사용후핵연료가 들어있는 저장용기를 언제든지 다른 곳으로 이동 가능 → 대국민 수용성에 잇점
- 국내 운영 중간저장시설(안): 옥내형의 금속저장캐스크 형태를 유력 검토
- 부지 내 건식저장시설(안): 초도물량 사용후핵연료를 옥내형 금속저장용기 형태로 추진

사용후핵연료 관리 시나리오



건식저장시설의 안전성 평가 항목



저장용기 기술 기준 및 설계 요건 (1/2)

구분	설계요건	기술기준	
열	최대 설계온도 <ul style="list-style-type: none"> · 탄소강 (정상/사고) · 콘크리트(정상/사고) · 스테인리스강(정상/사고) · 연료피복관 온도제한 (정상/사고) 	<ul style="list-style-type: none"> · 371°C/538°C · 93°C/176°C · 427°C/538°C · 400°C/570°C 	<ul style="list-style-type: none"> ASME Sec.II,PartD ACI 349, App.A ASME Sec.II,PartD NUREG-1536
임계	Max. keff	· 0.95 미만	10CFR72.124,72.236
차폐	용기 표면	· 20mrem/hr (평균)	NUREG-1536
	통제구역경계	<ul style="list-style-type: none"> · 사고조건 · 제한구역경계 · 정상조건(mrem/yr) 	<ul style="list-style-type: none"> · 5 rem/yr · 2 mrem/hr · 전신:25 갑상선: 75 · 기타 신체조직: 25

저장용기 기술 기준과 설계 요건 (2/2)

구분	설계요건	기술기준
외부 정상 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 22°C • 3.63 kN/m² 	ANSI/ANS57.9 건축 구조 설계기준 CMAA#70
외부 비정상 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 외부 온도: 최소/최대 • 공기 입구 막힘 • 바람: 최대 풍속 	<ul style="list-style-type: none"> • -25°C/35°C • 50% • 45 m/s 건축 구조 설계기준
사고 조건	<ul style="list-style-type: none"> • 외부 환경 온도 • 낙하 • 전복 • 화재: 시간/온도 • 공기 입구 막힘 • 홍수: 높이/유속 • 지진: 수평/수직 	<ul style="list-style-type: none"> • 40°C • 60cm • 8분/800°C • 100% • 완전 침수/4.6 m/s • 0.3g/0.2g ANSI/ANS57.9 NUREG-1536 10CFR72.122 10CFR72.128 RG 1.59 RG 1.60

세계 건식저장시설 현황 (1/2)

국가	원전 내 시설 또는 중간저장시설	저장계통
아르헨티나	엠발사원전/아투차시설	콘크리트사일로/콘크리트수직모듈(M-200)
아르메니아	메차모원전	콘크리트수평모듈
벨기에	도엘원전	금속용기
불가리아	코즐로두이원전	금속용기
캐나다	포인트레프루원전/장티2원전	콘크리트사일로/콘크리트수직모듈
중국	진산원전	콘크리트수직모듈(M-400)
체코	두코바니원전/테메린원전	금속용기
독일	전 원전/고어레벤시설/아하우스시설	금속용기
헝가리	팍스원전	콘크리트볼트
일본	도카이원전/후쿠시마원전/무쯔시설	금속용기

세계 건식저장시설 현황 (2/2)

국가	원전 내 시설 또는 중간저장시설	저장계통
한국	월성	콘크리트사일로/콘크리트수직모듈(M/K-400)
리투아니아	이그라나라시설	금속용기/콘크리트용기
남아공화국	콰베르그원전	금속용기/콘크리트용기
스페인	트릴로원전/조리타원전/아스코원전/ATC시설	금속용기/콘크리트용기/지상볼트
스위스	베즈노이원전/쯔빌락시설	금속용기
대만	진산원전/쿠오셴원전	(콘크리트용기)
우크라이나	체르노빌원전	콘크리트수평모듈/콘크리트용기
영국	사이즈웰시설	콘크리트용기
미국	96개원전/포트브레인시설	콘크리트수평모듈/콘크리트용기/금속용기

유럽의 건식저장시설 운영 사례

◆ 독일

- 14개 전원전 건식저장시설 운영
- 고아레벤/아하우스 중간저장시설 운영



◆ 스페인

- 3개원전 건식저장시설 운영
- ATC 중간저장시설 인허가 심사중



◆ 스위스

- 쯔빌라그 중간저장시설



◆ 헝가리

- 팩스원전 건식저장시설



미국의 건식저장시설

As of 2023

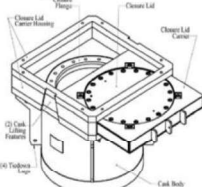


국내 건식저장시설 현황

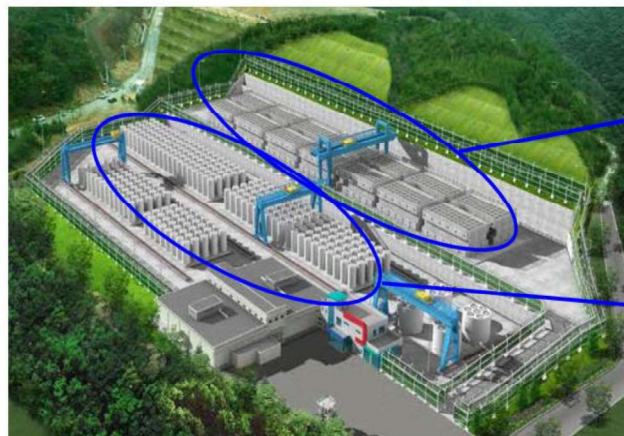
- ▶ 월성 건식저장시설: 캐니스터 저장시설 + 조밀건식저장시설
- ▶ 캐니스터 저장시설: 300 기 x 540 다발/기 = 162,000 다발 저장
- ▶ 조밀건식저장시설: 14 모듈 x 24,000 다발/모듈 = 총 336,000다발 저장
- ▶ 1992 ~ 2023년 현재까지 약 30년간 중수로 사용후핵연료를 안전하게 저장



바스켓 (60다발 용량)



HI-STAR63 운반용기 (2바스켓 용량)



국내 원전 내 사용후핵연료 저장 현황

Reactor Type	Site (Storage Method)	Storage Capacity (Bundle)	Cumulative Bundles	Saturation (%)	Est. Saturation Year*
PWR	Kori (Wet)	8,038	7,107	88.4	2028년**
	Saeul (Wet)	1,560	596	38.2	2066년
	Hanbit (Wet)	9,017	7,093	78.7	2030년
	Hanul (Wet)	8,669	6,743	77.8	2031년
	Wolsong (Wet)	2,588	794	30.7	2042년
	Total		29,872	22,333	74.8
PHWR	Wolsong (Wet)	156,832	149,052	95.0	2037년
	Wolsong (Dry)	498,000	353,640	71.0	
	Total		654,832	502,692	76.8

* 산업부(방폐학회 용역) 발표 사용후핵연료 포화 전망 적용('23.2.10)

** 고리2호기 경우 조밀저장대 미 적용 시 조건. 현재 조밀저장대 교체 설치를 추진 중이며 교체 적용 시 포화시기 연장('28 → '32년)

국내 원전 내 건식저장시설 추진 현황

▶ 추진 계획

- 중간저장시설 가동('43) 전인 향후 20년 동안 원전의 정상 운영과 고리 1호기의 적기 해체를 위해 원전 부지내 임시 건식저장시설 건설을 추진
- 한수원 이사회는 원전 부지 내 건식저장시설 건설기본계획 의결 (고리: '23.2.7, 한빛·한울: '23.4.6). 부지 내 임시 저장시설 확충은 2단계로 나누어 단계적으로 추진할 예정
- 1 단계: 건식저장 용기 방식으로, 해외 기술 도입 고려. 2029년까지 준비·설계·인허가·제작/시공을 거쳐, 2030년 운영 목표로 추진 중
 - ❖ 1차적으로 사용후핵연료 32다발을 담는 용기 90개 설계·제작 및 시설 건설 추진
- 2 단계: 건식 저장 모듈 방식. 국내 기술 적용을 목표로, 2033년부터 운영 계획

▶ 저장시설 사양

- 시설 규모: 중간저장시설의 운영 전에 원전 운영에 필요한 최소 용량 규모인 사용후핵연료 2,880 다발
- 저장 방식: 금속용기의 옥내 저장 방식 채택, 저장시설 안전성에 대한 대국민 인식 제고. 총 5,766억원 예산 투입하여, 2023~2030년(설계 2년, 원안위 인허가 2.5년, 건설 2.5년) 건설 일정으로 추진

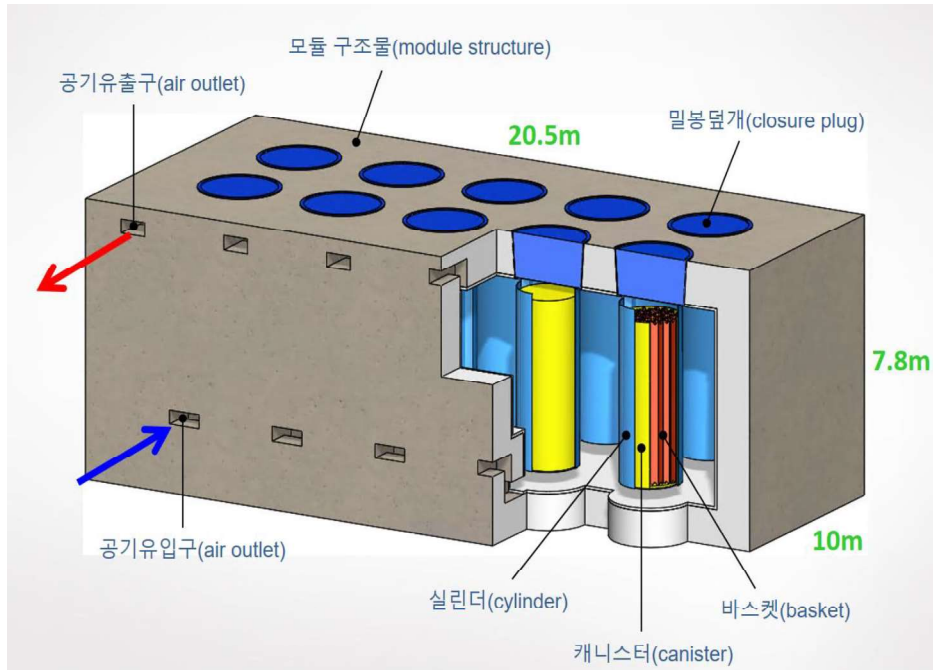
국내 운반용기 개발 현황

구분	KSC-1	KSC-4	KN-12	KN-18	Hi-Star63	KORAD-21
개발기관	KAERI	KAERI	한수원	한수원	한수원	환경공단
운반 용량	1다발	4다발	12다발	18다발	120다발	21다발
총 중량	28톤	37톤	75톤	105톤	21.5톤	120톤
연료 형태	WH형	WH형	WH형	CE형	CANDU형	WH 및 CE형
최대연소도 (MWd/tU)	45,000	38,000	50,000	55,000/7년 60,000/9년	7,800	45,000
최대농축도 (%wt)	3.5	3.2	5.0	5.0	0.711	4.5
냉각기간	1년	3년	7년	7년/9년	6년	10년
용기 형상						
비고	· 원전-KAERI 운반 · 사용검사 및 갱신 인허가 심사 중단으로 인한 사용 중지 · KAERI 보관 중, 1대	· 고리 소내 운반 · 사용검사 및 갱신 인허가 미 시행으로 인한 사용 중지 · KAERI 보관 중, 2대	· 소내 운반 · 사용 중 (고리, 울진, 영광) · 5대	· 소내 운반 · 사용 중 (울진, 영광) · 4대	· 소내 운반 · 사용 중 (월성) · 2대	· 소내외 운반 · 사용 예정
설계 제작 시험	설계: KAERI 제작: 현대중공업 시험: KAERI	제작1: 한국중공업 제작2: 현대중공업 시험: KAERI	설계: KHNP/독일GNS 제작: 두산중공업 시험: KAERI	설계: KHNP/영국 ARUP 제작: 세대에너텍 시험: KAERI	설계: KHNP/미국 Holtec 제작: 미국 Holtec 시험: 미국 SNL	설계: KORAD/KONES 제작: - 시험: KAERI

국내 저장용기 개발 현황

모델	KORAD21	KORAD21C	OASIS-32D
개발사	환경공단	환경공단	한국전력기술(주)
용량	21 PWR	21 PWR	32 다발
연료 형태	WH형 & CE형	WH형 & CE형	WH형 & CE형
최대연소도 (MWd/tU)	45,000 이하	45,000 이하	45,000
최대농축도 (wt%)	4.5	4.5	3.5
냉각 기간 (년)	10	10	10
최대 붕괴열 (kW)	16.8	16.8	
총 중량 (M/T)	104.7	143.8	
용기 형상			
용기 방식	금속 운반저장 겸용	콘크리트 저장 전용	금속 운반저장 겸용

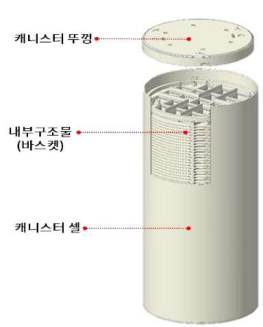
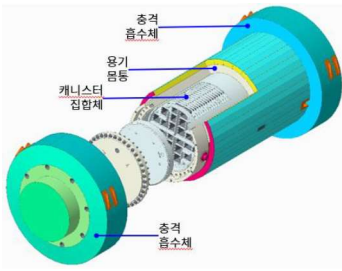


한수원의 모듈 방식 건식 저장시설



두산중공업의 운반·저장용기 개발 현황 (1/4)


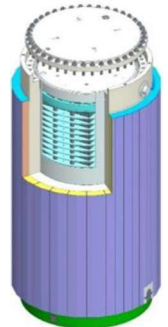

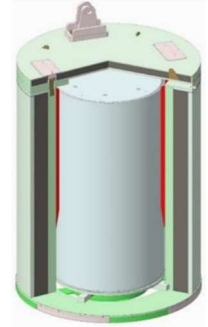
모델 명	금속저장 (운반/저장) Doosan DSS-21			
구분	바스켓 & 캐니스터	운반용기	이송용기	저장용기
수용 다발 수	CE/WH형 21 다발	CE/WH형 21 다발	CE/WH형 21 다발	CE/WH형 21 다발
주요 제원	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 1,686 mm •내경: 1,646 mm •높이: 4,880 mm •중량: 31톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,544 mm •내경: 1,705 mm •높이: 5,349 mm •중량: 111톤 (최대운전중량) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,586 mm •내경: 1,786 mm •높이: 5,245 mm •중량: 112톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,586 mm •내경: 1,786 mm •높이: 5,642 mm •중량: 120톤 (핵연료장전)
형상				

두산중공업의 운반·저장용기 개발 현황 (2/4)

모델 명	금속저장 (운반/저장) Doosan DSS-24			
구분	바스켓 & 캐니스터	운반용기	이송용기	저장용기
수용 다발 수	WH형 24다발	WH형 24다발	WH형 24다발	WH형 24다발
주요 제원	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 1,791 mm •내경: 1,763 mm •높이: 4,379 mm •중량: 36.6톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,430 mm •내경: 1,805 mm •높이: 4,847 mm •중량: 108톤 (최대 운전 중량) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,360 mm •내경: 1,891 mm •높이: 4,664 mm •중량: 83톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,751 mm •내경: 1,891 mm •높이: 5,120 mm •중량: 120톤 (핵연료장전)
형상				

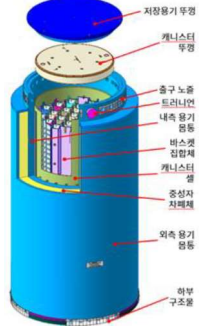
18

두산중공업의 운반·저장용기 개발 현황 (3/4)

모델 명	금속저장 (운반/저장) Doosan DSS-32			
구분	바스켓 & 캐니스터	운반용기	이송용기	저장용기
수용 다발 수	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발
주요 제원	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 1,779 mm •내경: 1,751 mm •높이: 4,351 mm •중량: 34톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,517 mm •내경: 1,793 mm •높이: 4,811 mm •중량: 110톤 (최대 운전 중량) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,187 mm •내경: 1,805 mm •높이: 4,510 mm •중량: 77톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,930 mm •내경: 1,970 mm •높이: 5,150 mm •중량: 130톤 (핵연료장전)
형상				

19

두산중공업의 운반·저장용기 개발 현황 (4/4)

모델명	금속저장 MAGNASTOR MSO-37	
구분	바스켓 & 캐니스터	저장용기
수용 다발 수	CE/WH형 37다발	CE/WH형 37다발
주요 제원	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 1,828 mm •내경: 1,803 mm •높이: 4,872 mm •중량: 46톤 (핵연료장전) 	<ul style="list-style-type: none"> •외경: 2,900 mm •내경: 2,019 mm •높이: 5,690 mm •중량: 140톤 (핵연료장전)
형상		

외국 저장용기 개발 현황 (Canister Based Storage Cask)

Model	Materials	Vendor	Capacity	Max. weight (ton)	Design Heat rej. (kW)
W-150	Concrete	EnergySolutions	21 PWR/64 BWR	167	25.1/24.8
Ventilated concrete Cask(VCC)	Steel/Concrete	EnergySolutions	24 PWR	144	24
Hi-STORM 100	Steel/Concrete	Holtec International	24 or 32 PWR/ 68 BWR	180	36.9/36.9
Hi-STORM FW	Steel/Concrete	Holtec International	37 PWR/89 BWR	213	47.0/46.4
Hi-Star 100	Multi-Layered Steel	Holtec International	24 or 32 PWR/ 68 BWR	127	19.0/18.5
Hi-Star 100HB	Multi-Layered Steel	Holtec International	80 BWR	81	2.0
Hi-Star 190	Multi-Layered Steel	Holtec International	37 PWR/89 BWR	N/A	47.0/46.4
VCC-DPC/Yankee MPC	Steel/Concrete	NAC International	36 PWR/68 BWR	103	12.5
VCC-CY MPC	Steel/Concrete	NAC International	24 or 26 PWR	126	16.2 (24 PWR)/ 17.5 (26 PWR)
VCC-Class 1	Steel/Concrete	NAC International	24 PWR	147	23.0
VCC-Class 2	Steel/Concrete	NAC International	24 PWR	153	23.0
VCC-Class 3	Steel/Concrete	NAC International	24 PWR	155	23.0
VCC-Class 4	Steel/Concrete	NAC International	56 BWR	154	23.0
VCC-Class 5	Steel/Concrete	HI-STORM NAC International	56 BWR	157	23.0
Magnastor(VCC)	Steel/Concrete	NAC International	37 PWR/87 BWR	161	35.5/33.0

외국 저장용기 개발 현황 (Non-Canister Based Storage Cask)

Model	Cask Type	Material	Vendor	Capacity	Max. weight (ton)	Design Heat rejection(kW)	Max. Burnup (GWd/tU)
CASTOR V/21	Storage	Nodular Cast Iron	GNS	21 PWR	117	21.0	35.0
CASTOR X/33	Storage	Ductile Cast Iron	GNS	33 PWR	106	16.6	N/A
NAC I28 S/T	S&T	SS/Pb	NAC International	28 PWR	103	17.4	35.0
REA-2023	Storage	SS/Pb	Ridihalgh Eggers & Associates	24 PWR/ 52 BWR	98	24.0 / 20.8	33.0
TN-24	Storage	Forged Steel	Transnuclear Inc.	24 PWR	113	24.0	35.0
TN-24P	Storage	Forged Steel	Transnuclear Inc.	24 PWR	113	20.6	35.0
TN-32	Storage	Multi-Layered Steel	Transnuclear Inc.	32 PWR	116	32.7	40.0
TN-40	S&T	Multi-Layered Steel	Transnuclear Inc.	40 PWR	113	27.0	45.0
TN-40HT	Storage	Multi-Layered Steel	Transnuclear Inc.	40 PWR	121	32.0	60.0
TN-68	S&T	Multi-Layered Steel	Transnuclear Inc.	68 PWR	115	21.2	40.0
MC-10	Storage	Forged Steel	Westinghouse	24 PWR/ 49 BWR	120	13.5	35.0

22

사용후핵연료 저장시스템의 기술적 이슈 (1/3)

▶ 폐기물 발생량

- 저장용기: 캐니스터 방식과 bare 방식
- 사용후핵연료 처분 시작 시점 → 처분용기로 재포장 → 캐니스터 방식 저장용기의 캐니스터는 폐기물

▶ 핵임계

- EPRI는 핵임계 측면에서 DPC 직접 처분 가능성을 평가
- 중성자 흡수 핵분열생성물과 불확실성에 대한 합리적인 고려 없이 연소도만으로 임계 안전성을 명확하게 입증할 수 없다는 결론

▶ 취급 안전성

- 캐니스터 방식은 부지 내 건식저장 이후 중간저장으로 이송되는 과정에서 사용후핵연료가 장입된 상태의 캐니스터 단위로 취급 → 안전성이 높고, 저장시설 내의 재포장시설 불필요

▶ 미국은 DPC 혹은 MPC의 다양한 모델 적용으로 인한 운반과 저장의 취급 복잡성과 비경제성 등의 비효율적인 시행 착오

- ▶ 우리나라는 사용후핵연료 원전 부지 내 저장을 착수하는 시점에서 사용후핵연료 적절한 관리 전략 수립 → 관리비용 최소화, 관리 효율 극대화

23

사용후핵연료 저장시스템의 기술적 이슈 (2/3)

- ▶ 단일 목적 시스템(Single-purpose system)
 - 향후 요구 사항과 계획에 높은 불확실성 존재, 다음 단계의 책임이 다른 기관에 있는 경우 좋은 선택
- ▶ 이중 목적 시스템(Dual-purpose systems)
 - AFR(RS) 저장이 필요하고, AFR(OS) 저장이나 처분 계획이 있을 때 고려
 - 캐니스터 기반 시스템: 비용 측면에서 효율성
 - 캐스크 기반 시스템
 - ✓ 사용후핵연료 재고가 적을 때 고려 필요
 - ✓ 다양한 수납시설에서 크고 복잡한 캐니스터 취급장치 불필요
 - ✓ 캐니스터가 없기 때문에 더 큰 단일 적재 하중을 제공
 - ✓ 재료와 제작 방식에서 이점 (단, 한 번의 운반작업에는 적합하지만 재사용 운반 캐스크에는 부적합)
- ▶ 다중 목적 시스템(Multi-purpose systems)
 - 처분 계획과 시스템 요구사항이 합리적으로 잘 수립되어 있는 경우
 - 다중 목적 시스템에 대한 이슈는 이중 목적 시스템을 확장시켜 처분까지 포함시키는데 비용이 추가

24

사용후핵연료 저장시스템의 기술적 이슈 (3/3)

- ▶ 원전 부지 내 저장 후 원전 부지 외 중간 저장
 - 이중 목적 시스템(Dual Purpose system) 혹은 검용용기(DPC)가 적합
- ▶ 사용후핵연료 저장 규모가 큰 경우, 캐니스터 기반 이중 목적 시스템 즉, DPC 적용 저장용기
- ▶ 사용후핵연료 저장 규모가 적은 경우, 캐스크 기반 이중 목적 시스템 즉, 운반·저장 검용 용기
- ▶ 우리나라는 사용후핵연료 발생자 및 부지 내 저장시설 운영자(KHNP)와 중간저장 및 처분시설의 운영자(KORAD)가 분리
 - 단일목적 시스템 선택 가능. 또한, 비용 측면을 고려하여 이중 목적 시스템 선택도 가능
- ▶ 현재 KHNP와 KORAD는 부지 내 저장과 중간저장의 효율적인 연계를 위하여 금속저장용기와 운반/저장이 가능한 캐니스터 기반 이중 목적 시스템을 고려 중

25

1차년도 연차 발표회

원전을 활용한 청정수소 생산 실증 방안 연구

박찬오

서울대학교 원자력정책센터

2023.09.07 (목), 서울대 교수회관

CONTENTS

개요

- 수소경제 지속가능 조건
- 손익분기 청정수소 생산가

미국 사례

- IRA의 청정수소 지원 내용 및 예상 효과
- 수소생산 탄소배출강도 및 수전해 수소 LCOH
- 상업적 도약의 도전과제

우리나라 원자력 수소

- 수소 공급 전망
- 원자력 수소 LCOH

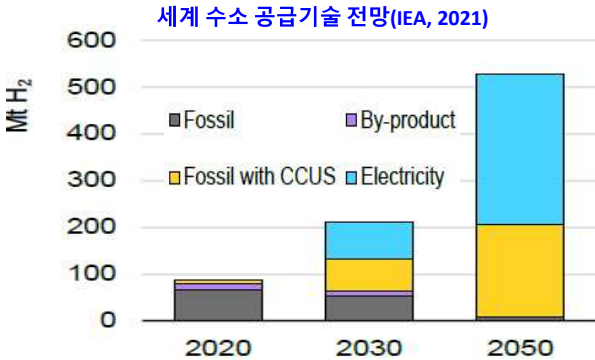
과제

- 이슈 및 과제
- 원자력 수소 생산 실증 방안

1. 수소경제 지속가능 조건

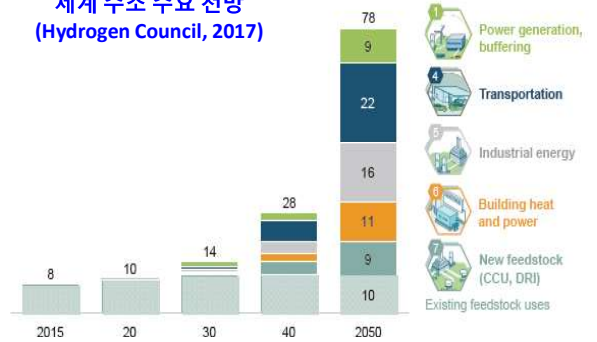
• 2050년 글로벌 연간 수소생산 3.5억톤~8억톤 (IRENA 2021년 보고서*)

➢ 2050년까지 4,400~8,800GW 전해설비 용량 확충, 매년 680~1,360억불 투자(**)



Global energy demand supplied with hydrogen, EJ

세계 수소 수요 전망 (Hydrogen Council, 2017)



SOURCE: Hydrogen Council

- 세계에서 현재 사용되는 수소는 대부분 화석연료 기반 추출 기술로 연간 약 9억톤의 CO₂를 배출
- 향후 **청정 수소** 생산 기술 특히 **수전해 기반 기술** 비중이 크게 증가할 전망
- **수소경제의 지속가능 조건은 청정수소의 경쟁력**

* IRENA, "Decarbonizing End-Use Sectors: Practical Insights on Green Hydrogen", July 2021
 ** 전해설비 이용률 55%, 설치비 US\$310/kW, 시스템효율 50kWh/kg-H₂

1. 수소경제 지속 가능조건

손익분기 수소생산 단가

기존 경쟁 기술	손익분기 청정 수소생산 단가(USD/kg-H ₂)	
	탄소세 미부과	탄소세(\$100/t CO ₂)
디젤 엔진 버스	\$4.40	\$5.40
디젤 엔진 기차	\$3.80	\$5.10
디젤 엔진 SUV	\$2.20	\$4.40
디젤 엔진 트럭	\$2.20	\$2.80
암모니아(천연가스 SMR)	\$1.40	\$2.20
석유정제(천연가스 SMR)	\$1.40	\$2.20
천연가스 발전	\$0.80	\$1.40
석탄 환원 제철	\$0.60	\$4.60
디젤 엔진	\$0.60	\$2.30
등유 엔진 항공기	\$0.60	\$1.00
천연가스 난방	\$0.50	\$1.20
디젤 엔진 선박	\$0.30	\$1.00

현재 수전해 수소 경쟁력 미달
전기가격/설치·운영비/효율·성능

경쟁력 제고 동력

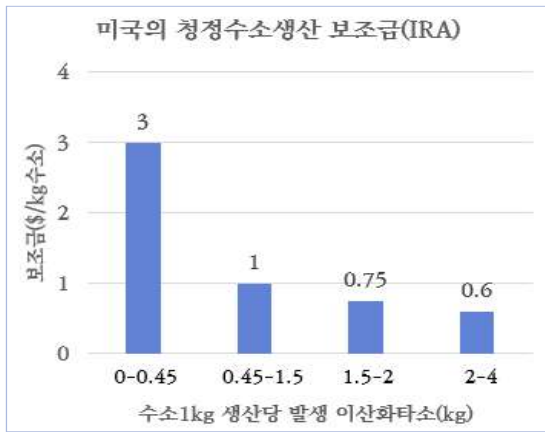
- 청정 전기 가격 하락
 - 원전 계속운전
- 수전해 설비 가격 하락
 - 청정수소생산 인센티브(미국 IRA, EU NZIA) 제도로 초기 시장 형성 및 규모경제 도달
 - 시장 규모 확대에 의한 CAPEX 저감
- 탄소배출 비용 부과

출처: Hydrogen Council, Hydrogen Insights (2021. 2)

2. 미국 사례

인플레이션 감축법(IRA)

- 2022년 8월 발효 (수소 관련 조항 : Title I Subtitle D)
- 생애주기 CO₂ 배출량에 따라 10년간 최대 \$3/kg-H₂ 청정수소 생산 보조금(PTC) 제공



수전해 전원별 생애주기 수소생산 Carbon Intensity (g CO₂/kg-H₂)

수전해 전원	생애주기배출물 ^(*) (gCO ₂ /kWh)	전해 효율(kWh/kg-H ₂)				
		35	40	45	50	55
원자력	5.1-6.4	201	230	259	288	316
풍력(육상)	7.8-16	399	456	513	570	627
태양광(CIGS))	7.4-27	602	688	774	860	946
태양광(Poly-Si)	23-82	1838	2100	2363	2625	2888

*) UNECE, Life cycle Assessment of Electricity Generation Options, 2021

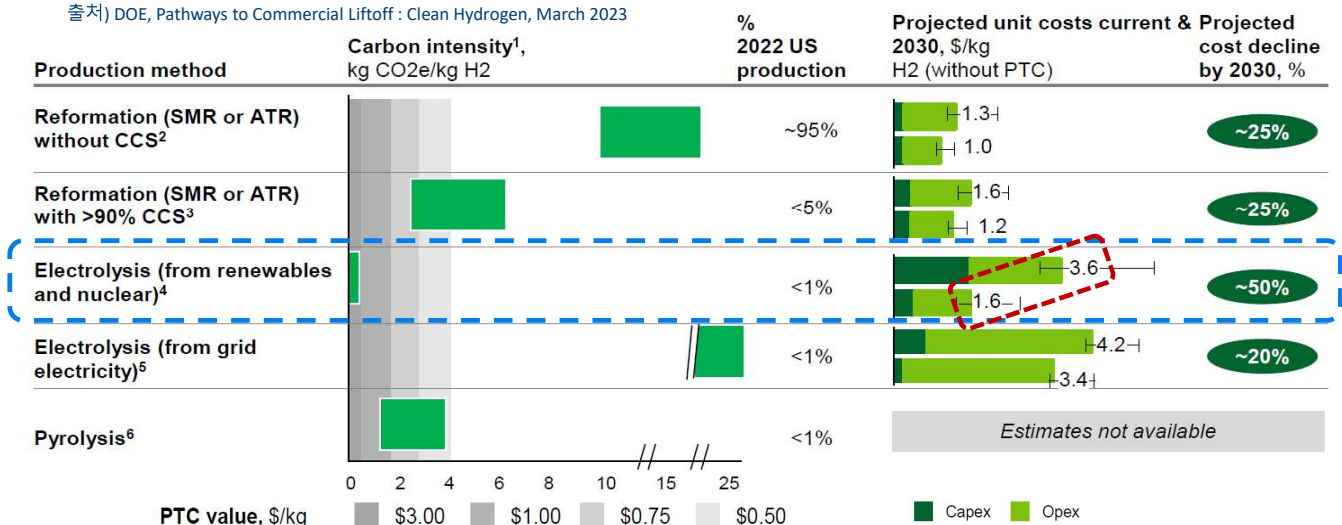
원자력 수소는 3달러 전액 수혜,
그린 수소는 부분 수혜 받을 것으로 예상

- 청정수소 PTC는 지역 수소허브 조성하고 함께 미국의 청정수소 시장 확대의 핵심 동력으로 작용 예상

2. 미국 사례

수소생산 방법별 탄소강도 및 수소 생산가(현재 및 2030년)

출처) DOE, Pathways to Commercial Liftoff : Clean Hydrogen, March 2023



청정수소생산 인센티브(PTC)에 힘입어 '22년 말 현재 발표된
청정수소 생산 프로젝트는 100여개, 약 1,200만톤에 이릅니다 (투자확정은 150만톤)

2. 미국 사례

미국의 풍력 기반 알칼라인 수소 생산가 산정

육상풍력

Type	항목	현재	2030년	단위
ATB Class 5	LCOE	31	22	\$/MWh
	이용률	42	45	%

Alkaline 전해시설

전해효율	50	50	kWh/kg
설치포함 CAPEX	1,400	425	\$/kW
Stack 수명	80,000	80,000	시간

LCOH

미 에너지부 보고서	3.6	1.6	\$/kg-H2
필자 계산	3.8	1.7	\$/kg-H2

미국은 재생에너지가
풍부한 지역의 경우

PTC 일몰후에도

그린수소의

가격경쟁력이

유지될 것으로 예상

출처) DOE, Pathways to Commercial Liftoff : Clean Hydrogen, March 2023
Class 5 wind speed 8.07-8.35m/s, 우리나라는 약 6m/s(class 9)로 이용률은 ~25%

2. 미국 사례 : 상업적 도약의 도전 과제

출처) DOE, Pathways to Commercial Liftoff : Clean Hydrogen, March 2023

우선 과제

부문별 과제

부문	단기 확장('23~'26)	산업적 확장('27~'34)	장기 성장('35~)
청정 수소 경제 전반	장기 대규모 구매 계약을 주저함 (불확실성)	사업확대에 필요한 은행대출을 제한하는 신용 리스크 이슈	아래의 장기 가격경쟁력 • 수소 장비(수전해, 액화 등) • Feedstock(전기, 가스 등) • 금융자본 (규제나 사업모델의 불확실성 등)
	비용 효과적 중간 물류 인프라 구축		
	수소 전문인력 확보		
수전해	수요 폭증후 감소(spike)에 따른 전해설비/배관 제작 용량 관리 문제 (해외수출)	청정 전력의 규모확대 및 가격 이슈 ('30년까지 200GW 재생 E 신설 필요, 원자력 확충 필요) 전해설비 제작에 필요한 글로벌 희귀 금속 자원 문제	→ 우리나라의 가장 큰 도전과제
개질 + CCS	지역 CO ₂ 수송 및 저장시설 개발		
최종 사용자		특정 사용 용도로의 전환 이슈 (수소차 충전망 확충 등)	

수소가격 하락 속도, 저가의 청정 전기원 확보, 탈탄소화 수단(전기화, CCS) 여하에 따라
2050년 미국내 청정 수소시장은 2,700~8,000만 톤으로 성장

3. 우리나라

국내 수소수급 전망 (제1차 수소경제이행계획, 2021.11)

항목		2030년	2050년
수요	수소발전	353만톤(48TWh)	1,350만톤(288TWh)
	수소 모빌리티 (승용차 85만, 상용차 3만)	37만톤(88만대)	220만톤(526만대) (승용차 515만, 상용차 11만)
	산업부문	-	1,060만톤
	기타	-	160만톤
공급	해외도입	196만톤	2,290만톤
	블루수소	75만톤	200만톤
	수전해 (공급단가) (3,500원/kg-H ₂)	25만톤	300만톤 (2,500/kg-H ₂)
	그레이 수소	94만톤	-
	합계	390만톤	2,790만톤

우리의 청정 수소 경쟁력은 ?

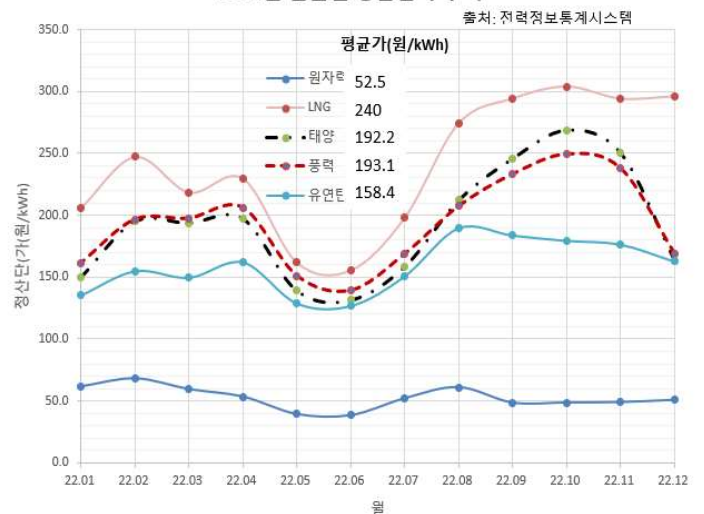
- 해외도입
 - 액화 또는 변환 운송비용
- 블루수소
 - 미포집 CO₂ 저장 비용
- 수전해수소
 - 그린수소
 - 원자력 수소

3. 우리나라 : LCOH(1)

수전해 수소생산 단가 주요 구성요소

- 수전 비용(¢/kWh)
 - 설비 이용률(%)
 - 시설비(\$/kW)
 - 전해효율(kWh/kg-H₂)
 - 스택 수명(년)
- } 재생에너지
 VS
 원자력
- } 저온수전해
 VS
 고온증기전해
 (저온대비 ~30% 고효율)

2022년 전월별 정산단가 추이



국내 가동원전 이용 고온증기전해 원자력 수소는
수소생산단가(LCOH), 공급 신뢰·효율성 및 재생 Energy와 상생
측면에서 타당성과 경쟁력이 충분

3. 우리나라 : LCOH(2)

고온증기전해 LCOH 및 민감도

version 3(2022.01.25)

CAPEX (억원/MW)	CAPEX 중 스택비중	OPEX (스택교체 비용별도)	시설 수명	할인률	수전가격 (원/kWh)	열화율 (%/1000h)	LCOH (원/kg-H2)	비고
14	67%	2%	40년	4.50%	60	0.4	3,635	기준가
10							3,305	
7							3,078	INL 가격
30							4,968	
	40%						3,462	
		3%					3,712	
			30년				3,770	
			20년				3,864	
				8%			4,336	
				3%			3,392	
					70		4,046	
					30		2,401	계속운전
7					30		1,844	
						1	4,001	
						0.2	3,527	

* 스택 수명: 최초 5만시간, 1차 교체 6만시간, 2차 교체 10만 시간, 3차 교체 12만 시간

우리나라 원자력 수소는 수소설비의 지속적인 성능(내구성 및 효율) 향상과 설비가격의 하락으로

2030년 정부 생산목표가 3,500원/kg 충족예상

계속운전 원전 이용시 2050년 생산 목표가 2,500원/kg 충족 뿐만 아니라

수소환원제철 등 Hard-to-abate 산업으로 활용 확대 전망

4. 과제 : 이슈

• 대규모 원자력 수소 공급용 원전 확보

→ 비발전용 원자력 비중을 에너지기본계획 및 전기본에 반영

• 원자력 수소 개발·실증·사업이 용이한 환경 조성

→ 전기사업법, 녹색분류체계 등 법제도 개선 및 청정수소 지원제도 도입

• 고온증기 전해 성능 혁신과 수소 설비 가격 인하 유도

→ 마중물 역할의 수십 MW급 이상 원자력 수소 실증 단지 조성

• 중장기적으로 수소 생산과 활용이 유기적으로 연동된 지역 원자력 수소허브 조성

• 대규모 원자력수소 상용생산에 대비한 원자력 안전규제 준비

→ 사전접촉 및 규제기준(방벽반영 안전 이격거리 산식 등) 정비

• 수소 시설의 원전 인접 설치 안전성은 기술적으로 별 문제가 되지 않지만 주민과 시민 단체 등 이해관계자와의 선제적 소통과 홍보

4. 과제 : 원자력 수소 생산 실증 방안

한수원 추진 현황

원자력 청정수소 기반연구(2022.4~2024.3)

- 한수원(주관)외 5개 기관(한기, 두산에너지빌리티, 미래기존연구소, RIST, 예기연)
- 기준부지선정/저온수전해 실증 플랜트 설계/사업타당성 분석/실증과제기획(향후 계획)
- 10MW급 저온수전해 실증 (2024.4 ~ 2027. 3)

관찰 및 제언

(관찰)

고온 수전해와 비교할 때,
저온수전해는 기술성숙도가 높아 사업 리스크가 적은 반면
원자력만의 당위성을 찾기가 어렵고 전해효율이 낮아 생산 목표단가 달성에 불리

(제언) '24~'27 실증과제 기획시 다음을 포함(예타 추진 원자력 수소 실증단지 조성 연계)

- MW급 원전 모사 고온증기전해 실증 시설 구축 및 제품 실증('24~'27)
- 고온수전해를 위한 원전 연계 설계, 안전성 평가 및 인허가 검토('25~'27)

감사합니다.

알칼라인 수소생산 단가

<https://vo.la/a2HfH>

S&P 2023. 1. 17

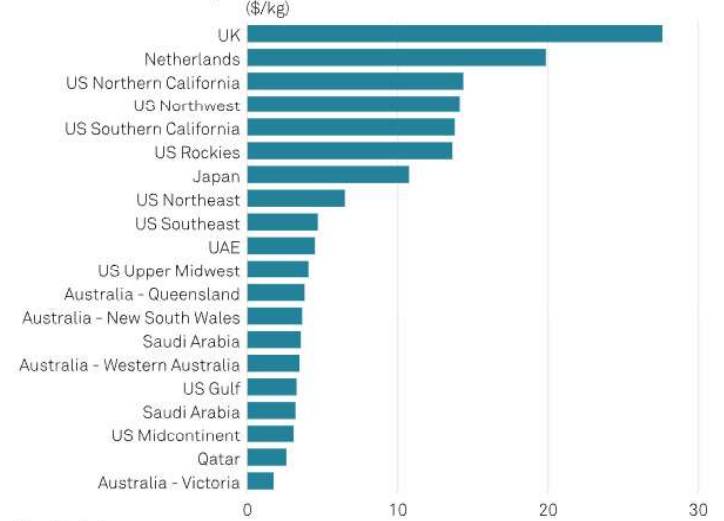
Hydrogen production costs rocketed in the US in December with exceptionally cold weather pushing up feedstock grid power and gas prices, with smaller gains seen elsewhere globally, the **Platts Hydrogen Price Wall** from S&P Global Commodity Insights showed.

The exception was Australia, where a transition to warmer summer weather and increased renewables output pushed feedstock prices down for electrolytic hydrogen.

Victoria alkaline electrolysis averaged \$1.74/kg in December, down 43% month on month, with costs below \$1/kg on some days, rivaling some of the cheapest CO₂-unabated steam methane reforming production pathways, in the US. Hydrogen production via steam methane reforming without carbon capture and sequestration (CCS) for US Gulf Coast was the cheapest globally for December 2022 at \$1.27/kg.

However, the US west coast witnessed freezing temperatures on a deep cold spell, leading to a rise in gas and power demand. Southern California alkaline electrolysis more than doubled over November, averaging \$13.79/kg in December.

Average December 2022 hydrogen production costs, alkaline electrolysis

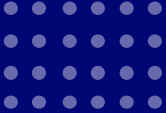


Note: Includes capex
Source: S&P Global Commodity Insights

분과2

미래기술 및 에너지 정책





탄소중립 달성과 안정적 에너지 수급을 위한 최적 에너지믹스 (1차년도/3개년)

이만기

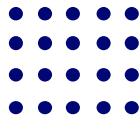
서울대학교 원자력미래기술정책연구소 원자력정책센터



목 차

.....

- 01 에너지 여건 국제 동향
- 02 주요국 에너지 믹스 전략
- 03 제10차 전력수급기본계획
 - (1) 요약
 - (2) 분석
- 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교
- 05 맺음말



목 차

01 에너지 여건 국제 동향

02 주요국 에너지 믹스 전략

03 제10차 전력수급기본계획 (1) 요약 (2) 분석

04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교

05 맺음말

3

에너지 여건 국제 동향

최종소비에서 전력 비중 증가

- 현재의 20%에서 50%로 급증
- 발전량: 2020~2050년 동안 2.5배 증가

저탄소배출 전력생산 급증

- 에너지분야 총배출량의 40%를 전력분야 차지(2021년)
- 2040년까지 전력분야 Net Zero 달성
- 280GW 원전용량, 1,400GW PV 발전용량, 750GW 풍력 발전용량 매년 추가 必

열생산 탄소배출 억제 필요

- 열생산 90% 화석연료로 공급(현재)
- 상업용 열수요 꾸준히 감소(효율성 향상과 전기화)
- 저탄소의 열에너지원 비중: 2030년 40%, 2040년 100%

저탄소 수소에 대한 수요 급증

- 2030년 두배 이상증가 200Mt, 2050년 500Mt

선진 기술 개발 촉진 지속적 지원

- SMR, 첨단 배터리, 탄소포집 및 제거 기술, 수소생산 대규모 전해조 등
- 연구개발 지출 늘리고 국제 협력 강화 필요

4

원전은 Net-Zero 달성을 위한 비용 효과적 수단

발전원	발전단가 전망	비고
원전(계속운전)	40\$/MWh 미만 (자본투자비 500~1,100\$/kW)	대부분 지역에서 태양광과 풍력보다 경제적
원전(신규건설)	40~ 80\$/MWh (건설단가 2,000~3,000\$/kW)	건설 시작 전 설계 완성, 후속 호기에 동일한 설계 반복, 동일 부지 다수호기 건설 등 비용 절감 도모 필요
태양광	20~ 40\$/MWh(유틸리티 규모, 2030년)	- 평준화발전단가 하락율 40% - 시스템 비용 추가 필요
풍력	30~70\$/MWh(2030년)	- 현재 기술진보 성숙 - 시스템 비용 추가 필요 및 이용가능 부지, 대중수용성 문제
천연가스(CCUS)	천연가스 가격이 이전의 수준으로 안정화 되면 70\$/MWh 하회	- 천연가스 가격 불안정성이 큼 - 러시아의 우크라이나 침공 등이 원인
석탄화력(CCUS)	80~ 110\$/MWh(2040년)	석탄화력 영구폐쇄하고 그 부지에 SMR 도입 가능(기존 그리드 활용)

❖ Nuclear Power and Secure Energy Transitions, IEA, 2022

5

Net-Zero 달성을 위한 원전 필요성

계속운전

- 원전은 이미 확립된 대규모 저탄소 배출 에너지원임
- 운전중 원전의 63%가 30년 초과(계속운전 자원 풍부)

원전 비중증가에 실패하면 Net-Zero 달성 어려워지고 고비용 수반

- 가변 재생에너지원 발전 비중 증가, CCUS 및 ESS 설비 증가

원전과 재생에너지 공생 방안으로 수소 생산

- 재생에너지 증가로 원전 merit order 가 하락하므로, 원전 이용률 감소 및 시스템 유연성 부재
- 원전활용 수소생산으로 원전 이용률 제고 및 시스템유연성 제고

6

목 차

| 01 에너지 여건 국제 동향

| 02 주요국 에너지 믹스 전략

| 03 제10차 전력수급기본계획
(1) 요약
(2) 분석

| 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교

| 05 맺음말

7

유럽연합(EU), 미국의 에너지 믹스 전략

- 세계 주요국이 탄소중립을 달성하기 위해 재생에너지를 집중적으로 확대하며 나라별 환경에 따라 원전, 수소발전을 병행함으로써 무탄소 전원 중심으로 전력믹스 전환 추진 계획

EU

- EU 집행위는 탄소감축입법안인 Fit for 55 발표 ('21.7월)
 - 2030년까지 탄소배출량을 1990년 수준 대비 55% 감축
 - 탄소국경조정제도(CBAM) 도입
 - 탄소누출을 막기 위해 EU ETS와 연계하여 2026년부터 역내 수입품(철강, 철, 알루미늄, 시멘트, 비료, 전기 등 6개 업종)에 탄소 배출량에 따른 비용 부과
- 원전을 녹색경제활동에 포함하는 조건부 기후위임법안 확정 발표('22.2월)

미국

- 2035년까지 발전부문 탈탄소화 목표
- 주마다 전원믹스가 크게 다름(각 주의 부존자원 차이 반영)
- 발전량이 가장 많은 텍사스 주(총 미국 발전량의 12%)의 발전믹스 전략이 미국의 발전부문 탈탄소화에 큰 영향
 - 텍사스주의 전력믹스('20): 가스(52%), 석탄(15%), 원자력(9%), 풍력(20%), 태양에너지(2%), 바이오매스(3%)

8

영국, 프랑스의 에너지 믹스 전략

영국

- 에너지안보전략(Energy Security Strategy)발표 ('21.7월)
 - 국제 에너지 가격 상승과 에너지안보에 대한 위험에 대비, 원자력, 재생에너지, 가스(석유) 발전 확대
 - '30년까지 전력소비의 최대 95%를 저탄소 에너지원으로 공급 계획
 - '30년까지 해상풍력 50GW로 확대(5GW는 부유식 해상풍력),
 - 추가 육상풍력 건설, 14GW('22년),
 - 태양에너지 발전용량 14GW('22년), '35년까지 5배로 늘릴 계획
 - 원전 점유율 15%('22년), 25%('50년)
 - ✓ 향후 8기 신규원전 건설 '50년까지 원전설비용량 24GW로 확대
 - ✓ SMR 등 원자력 발전에 대한 투자 대폭 확대 계획
 - 수소생산설비 10GW('50)
 - ✓ 5GW는 수전해

프랑스

- 저탄소발전원 비중 제고('Fit for 55')
 - '30년까지 재생에너지 증설 조속히 추진
 - 기존 원전 계속운전기간 연장
- '50 발전믹스에 대한 6가지 시나리오 설정(RTE)
 - 재생에너지 중심 시나리오와 원자력활성화 시나리오
 - 기존원전 계속운전 기간 연장 상정(5개 시나리오)
 - '50년까지 남아 있는 기존 원전설비용량: 16~24GW
 - '50년 신규 원전 설비용량은 시나리오에 따라 3GW(8 EPR), 23GW(14 EPR), 27GW(14 EPER + SMRs)
 - '50년 재생에너지 비중은 시나리오에 따라 50~100%, 원전비중은 0~50%

일본의 에너지 믹스 전략

- 신재생에너지 발전비중을 '50년까지 대폭 늘리고, 기존의 원자력(안전상 최우선)과 화석연료 발전(CCUS 부착)도 적절히 활용할 계획

일본의 2050 탄소중립 발전원 믹스

발전원	발전 점유율(%)	
	최소	최대
재생에너지	60	50
수소 및 암모니아	10	10
원자력 및 화력(CCUS)	30	40
합계	100	100

목 차

- | 01 에너지 여건 국제 동향
- | 02 주요국 에너지 믹스 전략
- | 03 제10차 전력수급기본계획
 - (1) 요약
 - (2) 분석
- | 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교
- | 05 맺음말

1. 10차 전기본 요약 – 전력수요 전망

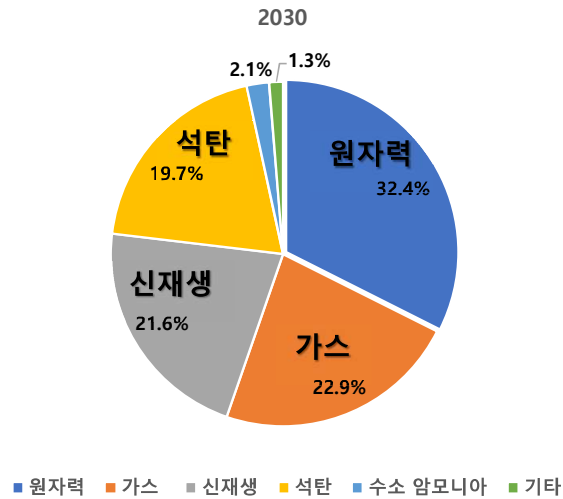
- 목표수요 : '36년까지 연평균 0.6%가 증가 597TWh, 연평균 증가율 9차 전기본과 동일
- 최대전력 : 연평균 1.5% 증가 118GW 전망

10차 전기본 목표수요 전망

연 도	전력소비량 (TWh)	최대전력(GW)	
		하 계	동 계
2022	553.1	96.2	94.6
2023	553.4	98.8	95.6
2030	572.8	109.3	103.3
2036	597.4	118.0	110.1
연평균 증가율	0.6%	1.5%	1.1%

2. 10차 전기본 요약 - 2030 발전믹스

- 2030년 발전량 622 TWh
- 원자력 32.4%, 가스 22.9%, 신재생 21.6%, 석탄 19.7% 등



13

3. 10차 전기본 요약 - 재생에너지 확대

- 재생에너지 용량 전망
 - '22.12 28.4GW → 108.3GW('36)로 매년 5.7GW 확대 필요
 - ※ 지난 정부 5년간 평균 3-4GW 증가
- 재생에너지 백업설비 구성을 위해 약 29조~45조원 투자 필요

14

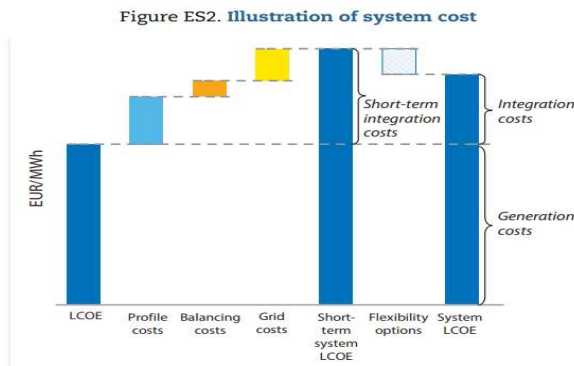
목 차

- | 01 에너지 여건 국제 동향
- | 02 주요국 에너지 믹스 전략
- | 03 제10차 전력수급기본계획
 - (1) 요약
 - (2) 분석
- | 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교
- | 05 맺음말

15

1. 전기요금 영향 분석 및 석탄발전소 조기폐쇄 대책 부재

- 전기요금 영향에 대한 분석이 시행되지 않음
 - ❖ 탄중위 : "30년 후 미래시점의 비용 추산을 현재의 시각으로 분석하는 데는 한계가 있기 때문에 전기요금 수준을 고려하지 않음"



Source: OECD, 2015.

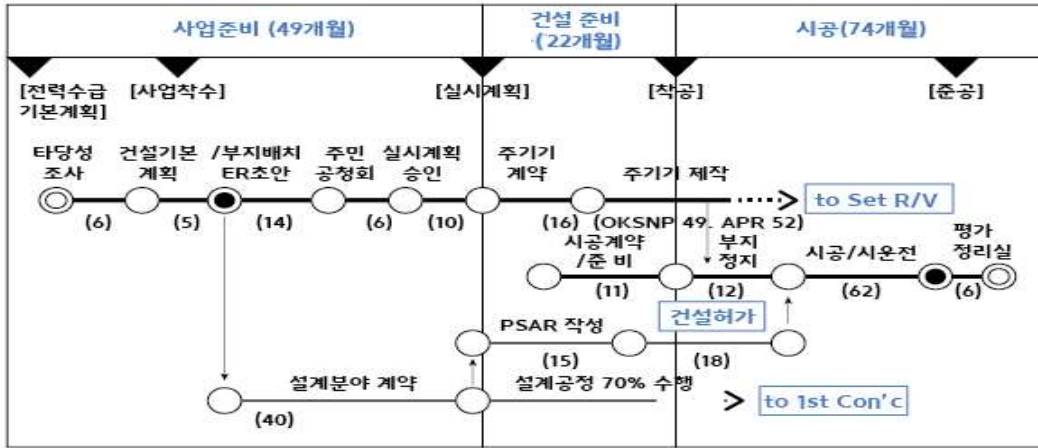
- 석탄발전소 조기폐쇄(수명 30년?) 대책 부재
 - ❖ (독일) '27년 이후 석탄발전소 강제 폐지, '20년부터 15년간 43억 유로(한화 약 62조원), 고용조정 지원금 5년간 4만명 지급, 지역주민 지원 등

16

2. 신규원전 건설 고려하지 않음

- '33년 신한울 4호기 준공이후 '36년까지 신규원전 불고려
 - 2년 후인 차기 전기본(11차)에 반영될 수 있겠지만 신규원전 준공이 '37년 이후 계획될 경우 원전 산업계는 지난 정부 5년과 같이 신규 일감이 없는 상황이 되어 됨
 - 재차 원전 생태계의 부실이 초래될 수 있음

신규원전 건설을 위해서는 최소 144개월(12)년의 준비 기간이 필요함



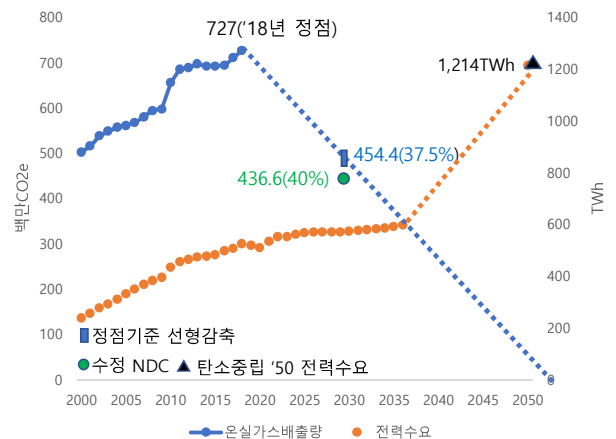
17

3. 2030 NDC 온실가스 감축목표를 고려한 발전량 전망

- 2018년 대비 40% 감축
- 발전 45.9%, 산업 11.4% 등

(백만톤CO2e, 괄호는 '18년 대비 감축률)

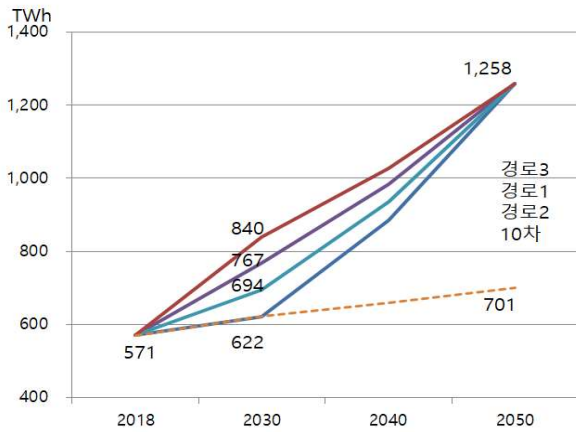
구분	부문	2030 목표	
		기존 NDC('21.10월)	수정 NDC('23.3월)
배출량 합계		436.6(40.0%)	436.6(40.0%)
배출	전환	149.9(44.4%)	145.9(45.9%)
	산업	222.6(14.5%)	230.7(11.4%)
	건물	35.0(32.8%)	35.0(32.8%)
	수송	61.0(37.8%)	61.0(37.8%)
	농축수산	18.0(27.1%)	18.0(27.1%)
	폐기물	9.1(46.8%)	9.1(46.8%)
	수소	7.6	8.4
흡수·제거	탈루 등	3.9	3.9
	흡수원	-26.7	-26.7
	CCUS	-10.3	-11.2
국제감축		-33.5	-37.5



18

4. 2030 NDC 온실가스 감축목표를 고려한 발전량 전망

경로별 발전량



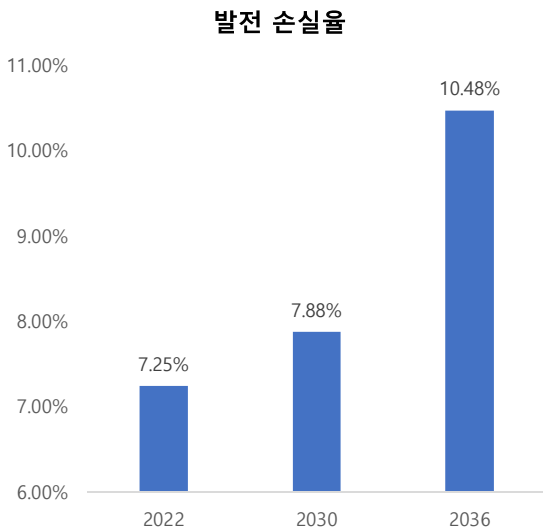
- 10차 전기본 : '36년까지의 전력수요 증가율 '50년까지 유지
- 경로1 : 2018~2050 기간 중 매년 동일한 증가율로 전기화
- 경로2 : 2030년 전력수요를 10차 전기본과 경로1의 중간값으로 가정
- 경로3 : 2030년 비전력 부문의 전기화가 경로1의 1.5배로 증가 가정

	2018	2030	2050	2018-30 증가율(%)	2030-50 증가율(%)
10차	570.6	621.8	701.0	0.72	0.6
경로1	570.6	767.4	1257.7	2.50	2.5
경로2	570.6	694.6	1257.7	1.65	3.0
경로3	570.6	840.3	1257.7	3.28	2.0

5. 2030 NDC 온실가스 감축목표를 고려한 발전량 전망

- 10차 전기본의 2030 발전량(622 TWh)는 2050 탄소중립 시나리오의 발전량 전망치를 고려할 경우 과소 추정
- 전력수요 증가 경로분석의 결과 2030 발전량은 694.6~840.3 TWh로 추정
- 10차 전기본 발전량 전망치와 2050 탄소중립 시나리오의 발전량 전망치(증가폭이 가장 낮은 경로2)를 고려한 2030년 전력부문 온실가스배출은 162~184 백만톤으로 추산됨
 - 초과분 전력수요를,
 - 가스발전으로 수급조절
 - 가스발전으로 수급조절 + 원전이용률 향상(80%에서 90%로 제고)으로 가스발전 대체
 - 가스발전으로 수급조절 + 원전이용률 향상으로 석탄발전 대체
- 이는 2030 NDC 온실가스 배출 목표치인 146 백만톤보다 16~38 백만톤 초과되는 것임

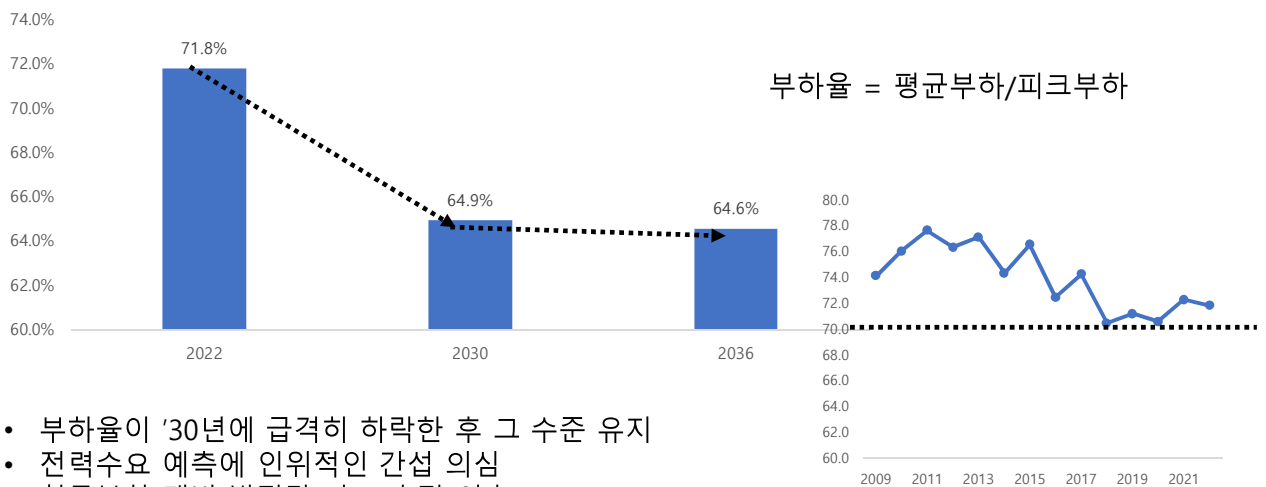
6. 재생에너지 출력 제어량 및 출력제어 비용 추정



- 발전 손실율 증가 추이:
7.88%(2030), 10.48%(2036)
- 발전손실율 = 소내소비율 + 송배전손실율 + 재생에너지 출력제어율
- 기존의 발전손실율과 2036년의 발전손실율의 차이를 재생에너지 출력제어로 간주
- 재생에너지 출력제어량 추정치: 23.3 TWh
- 출력제어로 손실되는 가치: 3.9조원
 - 태양광과 풍력의 정산단가(2023년 1월~7월 가중 평균) 167.1원/kWh 적용

21

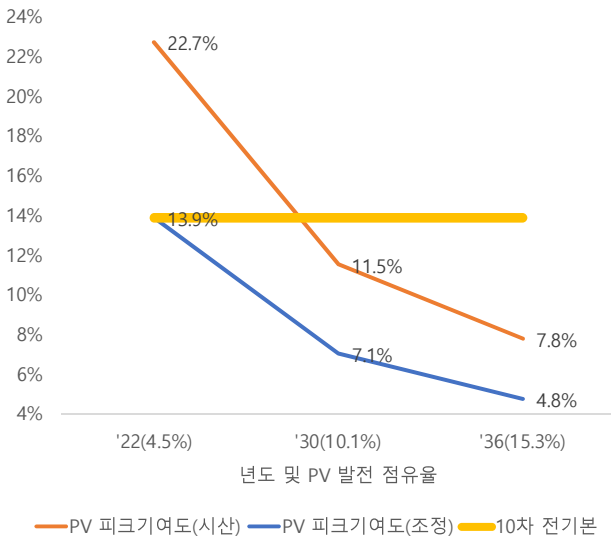
7. 전력수요 추정 결과의 합리성 의심(부하율 전망 추이)



- 부하율이 '30년에 급격히 하락한 후 그 수준 유지
- 전력수요 예측에 인위적인 간섭 의심
- 첨두부하 대비 발전량 과소 추정 의혹
- 과도한 부하관리 반영(기준수요 대비 15% 감축, 2036년)

22

8. 태양광(PV) 발전점유율 증가에 따른 피크 기여도 분석

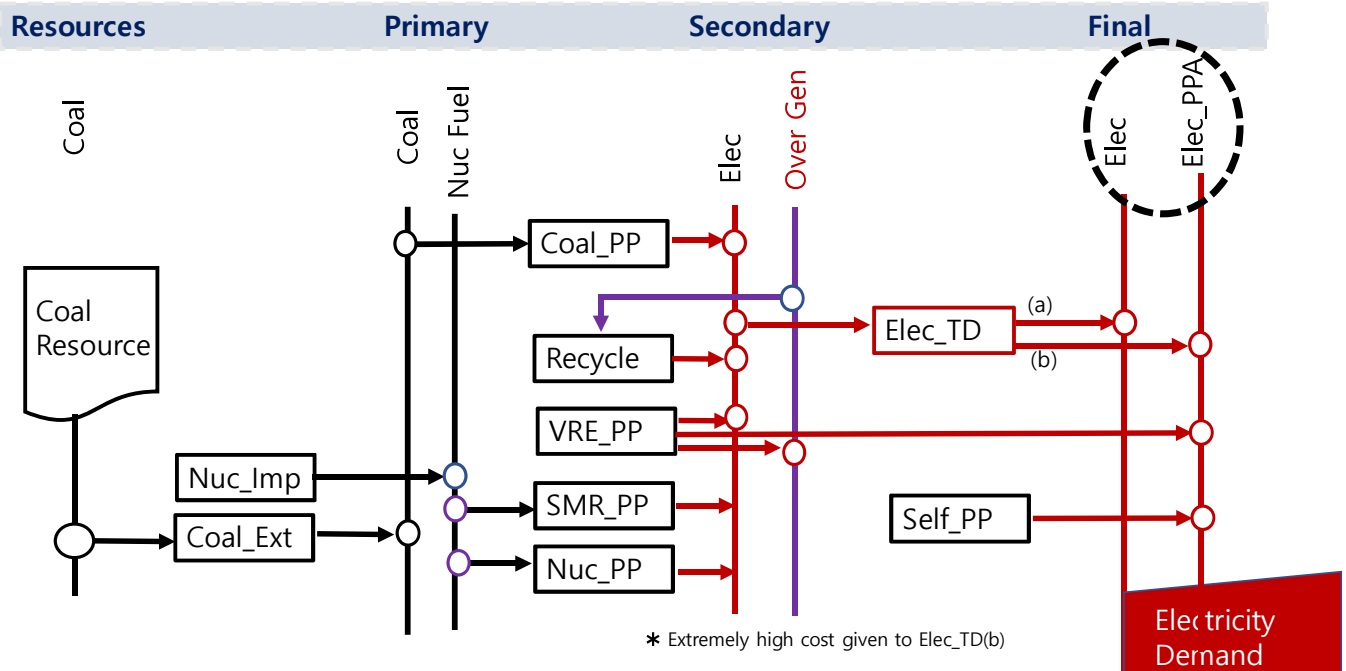


❖ 기준년도(2016)의 시간대별 총발전 부하량 및 PV 발전 부하량 자료 활용

- LDC의 10시간 피크 부하 평균값 산출(A)
- RLDC(PV제외)의 10시간 피크 부하 평균값 산출(B)
- PV 기여 피크 부하 감소 추정(C) = (A)-(B)
- PV 발전량을 발전설비로 환산(D)

$$= \text{PV 발전량} / 0.15 / 8760$$
- PV 피크 기여도(시산) = (C)/(D) x 100(%)

9. 한전 PPA 개념 모델링



10. 전력수요 범위 확대 필요

국가총발전량 = 전력시장발전량 + 한전 PPA + 자가용

전력시장 수요	한전 PPA 및 자가용 태양광 발전	국가 총수요
93.6GW	7.0GW	100.6GW

'23년 8월 7일

- 기존의 전기본은 전력수급기본계획에서 공급 측에 치중
- 전력수요 전망에 대한 보다 구체적인 설명 필요
- 전기화 전력수요에 대한 신뢰성 있는 모형 추가 개발 및 그 결과 11차 전기본 반영 필요

25

목 차

- | 01 에너지 여건 국제 동향
- | 02 주요국 에너지 믹스 전략
- | 03 제10차 전력수급기본계획
 - (1) 요약
 - (2) 분석
- | 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교
- | 05 맺음말

26

재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교

(단위: \$/MWh)

		할인율 3%	할인율 7%	할인율 10%
태양광	한국	71.41	98.13	121.14
	평균	55.78	75.54	92.51
	차이	15.63	22.59	28.63
육상풍력	한국	86.0	113.3	137.0
	평균	59.7	79.9	97.3
	차이	26.3	33.4	39.7
해상풍력	한국	123.8	161.0	193.2
	평균	65.6	85.2	102.2
	차이	58.2	75.8	91.1

한국의 재생에너지 LCOE는 OECD 평균에 비해 할인율에 따라,

태양광 15.6~28.6 \$/MWh,
육상풍력 26.3~39.7 \$/MWh,
해상풍력 58.2~91.1 \$/MWh

만큼 더 높은 것으로 조사됨

OECD 평균에는 브라질, 중국, 인도 등 비회원국 자료 포함

❖ 참고: Projected Cost of Generating Electricity, IEA/NEA, 2020

태양광 LCOE 행태 분석(할인율 3%)

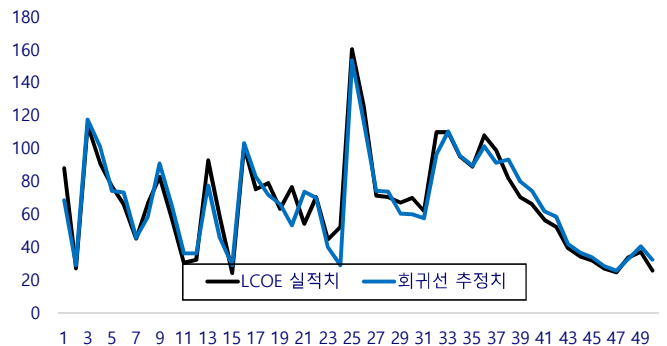
$$LN(LCOE) = 1.767006 - 1.08426 \ln(CF) + 0.768948 \ln(OC)$$

(3.61) (-14.56) (12.88)

LCOE: 평균화 발전단가(\$/MWh)
CF: 이용률(%)
OC: 순건설단가(\$/kW)
관측치수 50

이용률 1% 증가하면 LCOE 1.08% 감소
순건설단가 1% 증가하면 LCOE 0.77% 증가

태양광 LCOE 실적 및 회귀추정치



3. 육상풍력 LCOE 행태 분석(할인율3%)

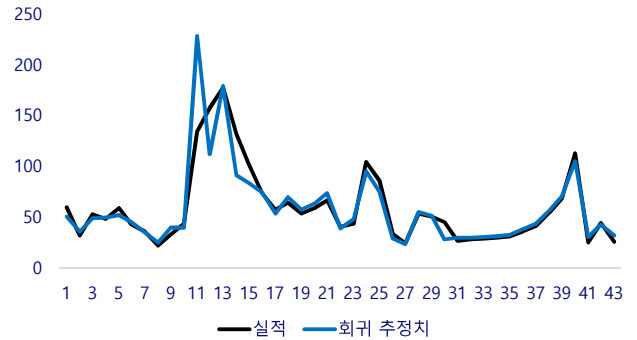
$$\text{LN(LCOE)} = -0.13134 - 0.75756\text{ln(CF)} + 0.89918\text{ln(OC)}$$

(-0.18) (-7.44) (13.21)

LCOE: 평균화 발전단가(\$/MWh)
 CF: 이용률(%)
 OC: 순건설단가(\$/kW)
 관측치수 43

이용률 1% 증가하면 LCOE 0.76% 감소
 순건설단가 1% 증가하면 LCOE 0.90% 증가

육상풍력 LCOE 실적 및 회귀추정치



해상풍력 LCOE 행태 분석(할인율3%)

$$\text{LN(LCOE)} = 2.51457 - 1.20707\text{LN(CF)} + 0.784119\text{LN(OC)}$$

(2.60) (-11.99) (8.29)

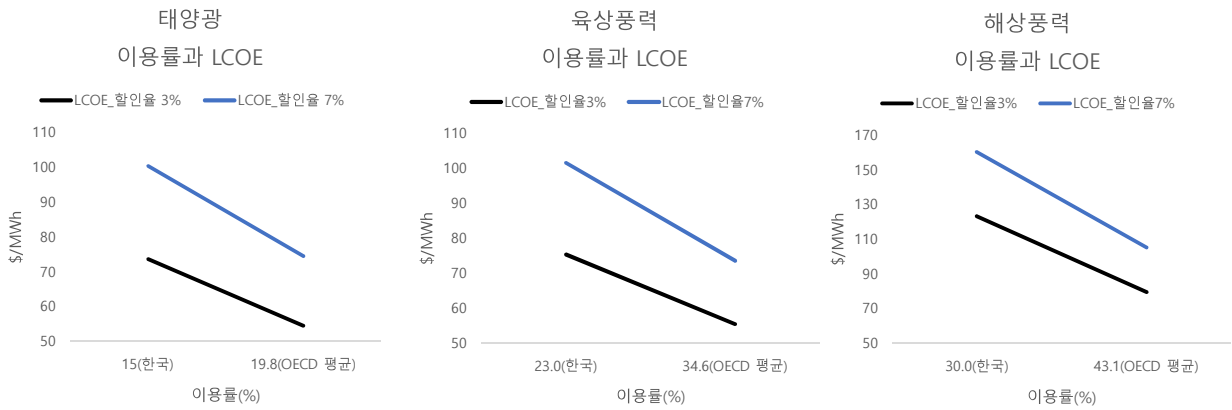
LCOE: 평균화 발전단가(\$/MWh)
 CF: 이용률(%)
 OC: 순건설단가(\$/kW)
 관측치수 23

이용률 1% 증가하면 LCOE 1.21% 감소
 순건설단가 1% 증가하면 LCOE 0.78% 증가

해상풍력 LCOE 실적 및 회귀추정치



재생에너지 이용률과 우리나라의 LCOE



	태양광		육상풍력		해상풍력	
할인율	3%	7%	3%	7%	3%	7%
LCOE 차이(\$/MWh)	19.2	25.6	20	28	43.6	55.2

목 차

- I 01 에너지 여건 국제 동향
- I 02 주요국 에너지 믹스 전략
- I 03 제10차 전력수급기본계획
(1) 요약
(2) 분석
- I 04 재생에너지 LCOE 국제(OECD) 비교
- I 05 맺음말

에너지 여건 국제 동향 및 주요국 에너지 믹스 전략

- 에너지 여건 국제 동향
 - 최종소비에서 전력 비중 증가, 저탄소 전력생산 급증, 선진 기술 개발 촉진 지원
 - 원전 비중 증가에 실패하면 Net-Zero 달성 어렵고 고비용 수반
- 주요국 에너지 믹스 전략
 - 탄소중립 달성위해 재생에너지 집중 확대, 나라별 환경에 따라 원전, 수소발전을 병행함으로써 무탄소 전원 중심 전력믹스 전환 추진 계획

33

10차 전기기본 분석과 평가 및 11차 전기기본 제언

- 전기요금 영향 미분석
- 신규원전 건설 불고려
- 전력수요 추정 결과의 합리성 의심
- 태양광 발전비중 증가에 따른 피크기여도 감소 추이 반영 불고려
 - 급전가능 발전설비 과소 반영
- 한전 PPA 모델링 필요
- 전력수요 추정 범위 확대 필요
 - 한전 PPA 및 자가용 발전 수요
 - 전기화 전력수요에 대한 신뢰성 있는 모형 추가 개발 및 11차 전기기본 반영 필요
- 전력공급계획 설명에 치중
 - 전력수요 추정에 대하여도 구체적 명시 필요

34

Thank you



원전산업 생태계 활성화 및 경쟁력 강화

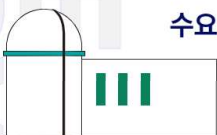
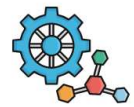
박석빈

서울대학교 원자력정책센터

2023.09.07., NEXFO 워크숍, 호암교수회관 컨벤션센터

1. 원전산업 활성화 필요성

- 원전산업은 최고 수준의 인력, 핵심 기술을 포함하는 종합기술, 그리고 100만 개 이상의 많은 기기와 부품이 필요한 거대 종합 산업¹⁾
- 원전의 안전한 운영에, 숙련된 기술자 및 엄격한 품질 관리 요건 충족하는 신뢰성을 갖춘 원전 기기와 부품의 지속적인 공급 가능 원전산업의 확보 및 유지 필수
- 신뢰성 있는 원전산업의 확보 및 유지는 상당 기간의 기술 축적, 지속적인 설비투자 및 수요선 확보 등 관련 산업 육성을 위한 장기적인 계획에 기반을 둔 인적, 물적 투자 필요



1) Measuring Employment Generated by the Nuclear Power Sector, OECD-NEA/IAEA, 2018

2. 원전산업 현황

2.1 원전시장 분석

세계시장 전망

탄소배출 제한을 통한 지속가능발전을 위해 2040년까지 원전 발전량을 총발전량의 15%로 유지하여야 하며, 발전량 5,345 TWh 및 설비용량 720 GWe 규모의 성장 필요 ▶ 연간 25 GWe의 원전 증설 필요

세계시장 원전 공급 필요요건

해외에 원전 공급 후 60년 이상의 운영 시, 기술/부품 지원 및 공급과 원전 계속운전 역량 보유 / 지속적인 원전 기술개발 필요

▶ APR+ 개발 때, 피동보조급수계통 개발로 피동 안전 원자로 개발에 앞서 나갔으나 탈원전 여파로 현재는 개발이 멈춘 상태

-> 해외로의 원전 공급을 위한 기술 실증 필요

▶ 차세대 기술을 포함하여 원전 기술개발이 지속적으로 진행된다는 신뢰 필요

원전 산업 자생 생태계 조성

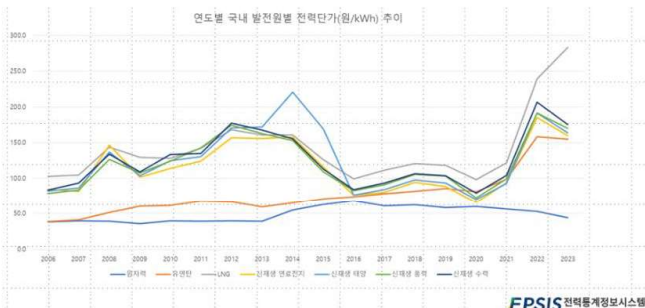
최고의 경쟁력을 갖춘 원전기술 역량 유지 보장 ▶ 해외 원전에 대한 지속적인 지원 및 공급 가능 보증-안전한 원전에 대한 신뢰감 조성

2. 원전산업 현황

2.2 우리나라 원전산업의 경쟁력

원전은 kWh당 50원 선으로 가장 경제적인 발전원

APR1400의 타 노형과의 건설단가 비교를 통한 경제성 우위 확인



Type	Country	Unit	Construction start	Initial announced construction time	Ex-post construction time	Power (MWe)	Initial announced budget (USD/kWe)	Actual construction cost (USD/kWe)
AP 1000	China	Sanmen 1, 2	2009	5	9	2 x 1 000	2 044	3 154
	United States	Vogtle 3, 4	2013	4	8/9*	2 x 1 117	4 300	8 600
APR 1400	Korea	Shin Kori 3, 4	2008	5	8/10	2 x 1 340	1 828	2 410
	Finland	Olkiluoto 3	2005	5	16*	1 x 1 630	2 020	>5 723
EPR	France	Flamanville 3	2007	5	15*	1 x 1 600	1 886	8 620
	China	Taishan 1, 2	2009	4.5	9	2 x 1 660	1 960	3 222
VVER 1200	Russia	Novovoronezh II-1 & 2	2008	4	8/10	2 x 1 114	2 244	**

* Estimate. ** No data available.

Notes: MWe = megawatt electrical capacity. kWe = kilowatt electrical capacity.

Source: NEA (2020).

2. 원전산업 현황

2.3 원전산업 실태조사

<표 1> 국내 원전 기기 제작사 중 원전 핵심 기술 보유업체 현황

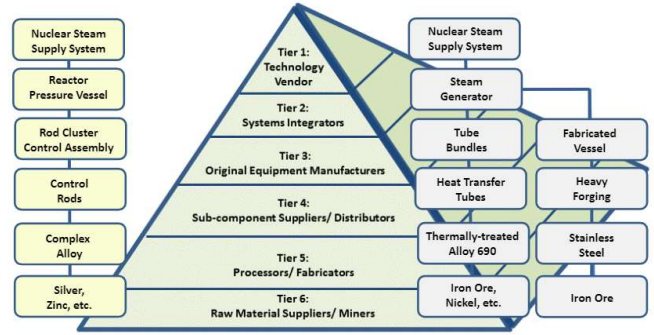
분야	핵심기술 보유업체 수	인력	매출 규모에 따른 업체의 비중 (%)		
			1000억원 이상	100~1000억원	100억원 미만
원자로설비	65	5,595	6.2	36.9	56.9
터빈/발전기	41	3,907	7.3	43.9	48.8
보조기기	68	1,100	16.7	59.1	24.2
합계	174	10,602	10.5	47.1	42.4

- 우수한 원전산업 가치사슬 보유 여부는 원전 품질 및 가격경쟁력 결정에 핵심적인 요소로 고려

- ▶ 원전 가치사슬의 확보 및 원전수출 달성하려면 원자로설비 가치사슬의 확보가 필수
- ▶ 현재 원전 가치사슬 국제 경쟁력 강화를 위한 국가 차원의 국제협력 체계가 효율적으로 구축된 결과, 우리나라의 원전건설 경쟁력 우수

<원자로설비 가치사슬(예)>

All tiers need to qualified to high standards



World Nuclear Association | The World Nuclear Supply Chain - An Overview | Greg Kaser

11 March 2014

2. 원전산업 현황

2.4 해외 경쟁사 현황 파악

ROSATOM은 완전한 원전 가치사슬 보유하고 있으나, 러시아에 대한 국가 위험의 증가로 러시아의 원전수출 전망 암울



지난 40년간 지속적인 원전건설을 통해 독자적인 원전 가치사슬을 구축 / 자체적으로 연간 10기의 원전건설을 할 수 있는 규모로 추정 / 국산화 비율은 85% 정도로 상승하여 거의 완성 단계의 원전 가치사슬로 고려되나, 중국 원전 가치사슬 확보 관련 일관성 있는 정책의 부재로 중국이 원전수출 시장에서 선도적 역할을 하기에는 다소 어려울 것으로 평가



1990년에는 원전이 EDF 발전량의 75% 차지하는 원전 주도국 과잉 원전 건설 / 인접국들로 전력 수출로 원전 과잉 문제 해결 농축 관련 기술 외부 기술 의존 지속 / 원전 원전 가치사슬 자립은 아님 실제 건설비용의 지속적 증가 / 프랑스의 원전 가치사슬은 국내 원전건설 7기와 동일한 원전수출 1기라는 가정하에 구축 기반 확보 / 원전 가치사슬에의 과잉투자 / 프랑스 원전의 경쟁력 저하 / 모든 원전에 동일한 기술을 적용함으로써 건설비용과 건설기간을 줄였고 설계의 유사성으로 인해 비상사태에 더 쉽게 대응할 수 있다는 원전 가치사슬에서의 장점 확보 / 프랑스의 원전 가치사슬 중의 하나인 AREVA 자회사였던 단조업체인 Le Creusot사가 일으킨 품질 문제 / 원전 가치사슬 확보 미흡으로 평가됨



미국 경수로형 원전기술 중심의 원전 가치사슬 구축 / 대기업들이 외국 기술을 국산화하여 원전 가치사슬 구축 / 통상산업부 주도 / 1970년대 후반 원전 가치사슬 완성 / 후쿠시마 원전 사고 이후 원전 재개와 원자력 지속성을 유지하고자 하는 일본 원전 가치사슬 확보에 대한 노력 지속 / 단, 일본의 원전수출은 당분간 매우 어려운 상황



WEC는 보유한 기술을 토대로 현지 자원을 이용하여 국제적, 권역별, 지역별 경쟁력 보유 원전 가치사슬 구축 추구 / 핵심 원전 가치사슬 구축 붕괴 상황 / 원전 가치사슬 구축 국가의 자원을 Sourcing 하여 원전건설 추진 / 완벽한 원전 가치사슬 미흡

2. 원전산업 현황

2.5 원전산업 활성화 및 경쟁력 확보를 위한 정책방향

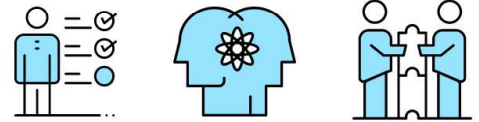
- 경쟁력 있는 원전 산업 가치사슬이 유지되도록 지속적인 원전건설 사업추진

- ▶ 프로젝트 관리 차원의 조직으로 관리 운영
(예: 연구소, 원전회사, 원전설계사, 원전기기 공급자 등 다양한 조직이 함께 참여하는 프로젝트 형태의 조직으로 구성하여 유기적이고 체계적인 추진을 통한 효율성 확보)

- ▶ 원전 건설/운영 경험 활용 증대

- 지속적인 기술개발 활동을 통한 최신 기술의 접목과 인재양성을 통한 경쟁력 제고

- 기술 및 사업 협력에 있어서 신뢰할만한 동반자 국가 선정, 함께 원전 산업 가치사슬 경쟁력 확보에 경주



3. 지속적인 원전산업 경쟁력 유지 관련 10차 전기본²⁾ 문제점

3.1 전력수요 예측의 문제점

- 10차 전기본의 전력수요 예측은 과소예측의 논란 여지(비전력분야의 전기화 수요 미반영 추정 가능)

- ▶ 2036년까지 연평균 전력수요 예측 증가율은 0.6%/년으로 9차 전기본의 평균 증가율 예측치와 동일
- ▶ 9차 계획은 전기차 보급(2034년까지 485만대 보급, 16 TWh)과 4차 산업혁명에 따른 전력수요 영향반영 언급 (탄소중립에 따른 전기화 수요 미반영)
- ▶ 의도적인 수요증가 축소로 추정

<10차 전기본 목표 수요 전망>

(): 실적치

연도	전력 소비량 (TWh)	최대전력 (GW)	
		하계	동계
2022	553.1 (594.4)	96.2 (실적)	94.6
2023	553.4	98.8	95.6
2030	572.8	109.3	103.3
2036	597.4	118.0	110.1
연평균 증가율	0.6%	1.5%	1.1%

2) 전력수급기본계획의 약어로 매 2년마다 갱신하는 한국의 전력수급기본계획이며, 10차 전기본은 2023-1-23, 산업부에서 발표함.

3. 지속적인 원전산업 경쟁력 유지 관련 10차 전기본²⁾ 문제점

3.2 발전설비/발전량 계획의 문제점

<발전량 및 비중 전망(TWh)>

	구분	원자력	석탄	LNG	신재생	수소 암모니아	기타	계
2030년	발전량	201.7	122.5	142.4	134.1	13.0	8.1	621.8
	비중	32.4%	19.7%	22.9%	21.6%	2.1%	1.3%	100%
2036년	발전량	230.7	95.9	62.3	204.4	47.4	26.6	667.3
	비중	34.6%	14.4%	9.3%	30.6%	7.1%	4.0%	100%

1 재생에너지 목표 달성 불가능

- 2022.8월 27.5GW(실적)인 재생에너지 용량이 2036년 108.3GW로 확대 불가능하고 대책 부재

2 가장 경제적인 전력공급원에 대한 무배려

2) 전력수급기본계획의 약어로 매 2년마다 갱신하는 한국의 전력수급기본계획이며, 10차 전기본은 2023-1-23, 산업부에서 발표함.

4. 원전산업 가치사슬의 발전 방향

4.1 지속적인 경쟁력 확보 및 유지 방안에 대한 검토

<APR1400 원전건설 사업추진 일정> (1)는 예정일

- 지속적인 원전건설 가능 요인

- ① 에너지 수요증가
- ② 재생 에너지원의 에너지 생산 안정성 한계
- ③ 국가 경쟁력 강화
- ④ 기술 발전
- ⑤ 국제적 경쟁 환경에서 확보된 경쟁력 유지

항목	서울 1/2호기	신한울 1/2호기	바라카 원전	서울 3/4호기	신한울 3/4호기
주계약 체결	2006-08-28	2009-07-31	2009-12-27	2014-08-28	2023-03-29
건설공사 계약	2007-09-13	2010-03-22	2009-12-27	2015-06-12	(2024-03-31)
최초 콘크리트 타설	2008-10-16	2012-07-10	2012-11-01	2017-04-03	(2025-08-31)
원자로 설치	2010-07-15	2014-04-30	2014-07-01	2019-11-28	(2027-03-31)
상운수압시험	2012-05-21	2016-11-01	2016-02-16	(2023-06-01)	(2027-10-01)
첫 호기 준공	2015-12-20	2022-12-24	2020-07-31	(2024-10-31)	(2033-03-31)
계약 - 원자로 설치	3.9년	4.8년	4.5년	5.3년	(4년)
최초 콘크리트 타설 - 상운수압시험	3.6년	3.4년	3.3년	(6.2년)	(3.5년)

- 지속적인 주기기 제작의 경우

- ▶ 계약 후 약 4~5년이 소요
- ▶ 약 1~2년 정도의 선행 설계기간의 고려 시, 약 3년간의 간격으로 신규 제작 물량 발주 필요

- 지속적인 건설의 경우

- ▶ 최초 콘크리트 타설 후 상운수압시험 전까지 건설의 주요 업무 진행
- ▶ 약 3.5년 정도의 기간이 건설의 주요 업무 진행 기간
- ▶ 지속적인 건설 시, 약 3년 정도의 간격으로 신규 물량 발주 필요
- ▶ 준비기간인 건설계약 후 최초 콘크리트 타설까지 약 1년 정도 소요

- 지속적인 원전산업의 경쟁력 유지를 위해 약 3~4년간격의 신규 원전건설 프로젝트 추진이 바람직함.

4. 원전산업 가치사슬의 발전 방향

4.2. 원전수출을 통한 원전산업 활성화 방향

- ① **국내 원전산업 가치사슬 역량 강화:** 지속적인 원전건설 추진
- ② **협력체계 구축:** 국가별 맞춤형 수출 및 현지화 전략 수립을 포함한 다양한 수출전략 추진
- ③ **신뢰성 있는 원전기술 개발:** 안전성과 신뢰성을 강화하는 지속적인 선진형 원전 기술개발 진행

4.3 원전산업 가치사슬의 현지화

- ① **현지화 기술개발:** 원전산업 가치사슬 내에서 사용되는 장비, 부품, 서비스 등을 현지에서 생산할 수 있는 기술을 개발하여 현지화 촉진
- ② **현지 생산설비 구축:** 원전산업 가치사슬 내에서 필요한 장비, 부품 등을 현지에서 생산할 수 있는 생산설비를 구축하여 현지 생산력 제고
- ③ **현지 인력 양성:** 원전산업 가치사슬 내에서 필요한 기술과 노하우를 보유한 현지 인력을 양성하여 현지화 촉진
- ④ **지역사회와의 협력:** 원전산업 가치사슬 내에서 현지화를 촉진하기 위해 지역사회와의 협력 강화
- ⑤ **정책적 지원:** 수출국의 원전산업의 현지화를 촉진하기 위해 수출국 정부는 수출국 원전산업에 대한 현지화 지원 정책 마련하고, 현지화를 위한 투자와 인력 양성 등 지원

4. 원전산업 가치사슬의 발전 방향

4.4 선진형 원전기술 개발

- ① **안전성 향상:** 선진형 원전기술(원전사고의 발생 가능성을 최소화하는 안전성 향상 기술개발 포함)은 신형 핵연료 제조기술, 고강도 및 내식성 재료 등에 관해 연구하는 활동.



(예) 신형 핵연료 제조기술

기존의 핵연료 기술과 비교하여 더 안전하고 경제적이며, 원자력 발전소의 운영과 유지보수를 개선하는 것으로, 신형 핵연료 제조기술 중 하나는 연료 소비 효율을 높이는 용도로 사용되는 핵연료 개발임. 이러한 핵연료는 특정한 방식으로 가공되어 기존의 핵연료 대비 장시간 연소로 핵연료의 소비 및 핵폐기물 양 절감. 다른 신형 핵연료 제조기술은 열 확산 특성 개선하여 핵연료의 안전성 제고를 통해 핵연료가 과열되거나 파손되지 않도록 하여 핵발전소의 안정성을 향상시키고 사고 발생 가능성 줄임. 다른 신형 핵연료 제조기술 중 하나는 재활용이 가능한 핵연료 개발로 기존의 핵연료보다 재활용 가능성을 높이며, 핵연료를 다시 사용함으로써 자원 절약과 핵폐기물 발생량 감소시켜 원전의 안전성과 경제성 개선.

- ② **경제성 향상:** 원전의 건설/운영비용 절감 기술로, 경제성이 높은 GEN-IV 원전기술 개발
- ③ **환경성 개선:** 선진형 원전기술은 기존 원전보다 더욱더 친환경적이며, CO2 배출량 최소화 기술 필요.
- ④ **신뢰성 확보:** 원전 시스템의 신뢰성 확보를 위해 인공지능과 IoT 기술을 활용한 원전 설비 모니터링 및 관리 시스템 등 개발.

Q&A

Thank you



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center



원전 수출을 위한 수주 경쟁력 제고 및 정부 지원방안

- 1차년도 연구결과 발표회 -

이종호 책임연구원

서울대 원자력정책센터

2022.09.07 (목), 서울대학교 호암교수회관

2023.03.24

CONTENTS

과제 개요

- 최종목표
- 연차 별 연구목표
- 참여 연구원

과제 추진 현황

- 원전시장 분석
- 해외원전수출체계 조사
- 국내 원전 수출체계 및 문제점
- 원전수출체계 대안 검토

향후 연구 계획

과제 개요



최종 목표:

- 1- 현 수출 추진 체계에 대한 근본적인 개선방안 도출
- 2- 미래 원전수출을 위한 민/관 협력체제 정책 제언

연차별 연구목표:

- 우리나라와 경쟁국의 원전 수출체계 현황 파악 및 비교 분석
- 현행 수출체계 강. 약점 분석 및 기능 최적화 방안 모색
- 미래 원전시장 진출을 위한 민. 관 공동 수출전략 강구

참여연구원: 이종호, NEXPO 미래분과위원

연차별 연구목표 및 연구내용

◆ 1차년도 : 우리나라와 경쟁국의 원전 수출체계 현황 파악 및 비교 분석

- 전력산업구조개편 이후의 우리나라 원전산업 체계 파악 및 문제점 분석
- 해외 원전 기업의 원전 수출 모델과 우리나라 모델과의 비교를 통한 시사점 도출
- 우리나라 원전수출 및 원전산업에 민간참여 방안 등 다양한 대안 검토

◆ 2차년도: 현행 수출체계 강. 약점 분석 및 기능 최적화 방안 모색

- 원전 원전수출 산업의 기본적 특성 파악
- 현행 수출체계 개선 필요 방향 도출
- 컨센서스도출 및 정책 제언

◆ 3차년도 : 미래 원전시장 진출을 위한 민. 관 공동 수출전략 강구

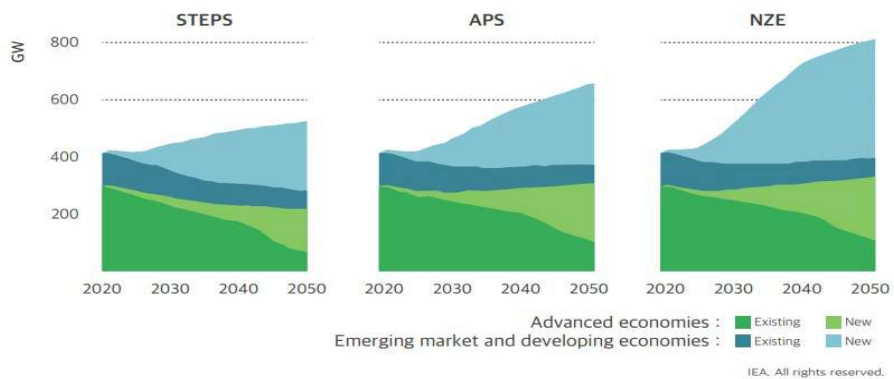
- 미래 원전시장 조사 및 진출 방향 수립
- 원자력 R&D 활성화를 통한 미래시장 선점 방안 제시
- 원전수출을 통한 에너지 공급의 안정성, 지속성 및 경제성 확보 방안 제시

과제 추진 현황

원전시장 분석

◇ 세계원전시장 전망

- 2050년 세계 원전 시장 : 현재 400GW → 800GW 규모로 증가할 예정
- 신규원전 기준 약 600GW의 신규원전 건설 전망



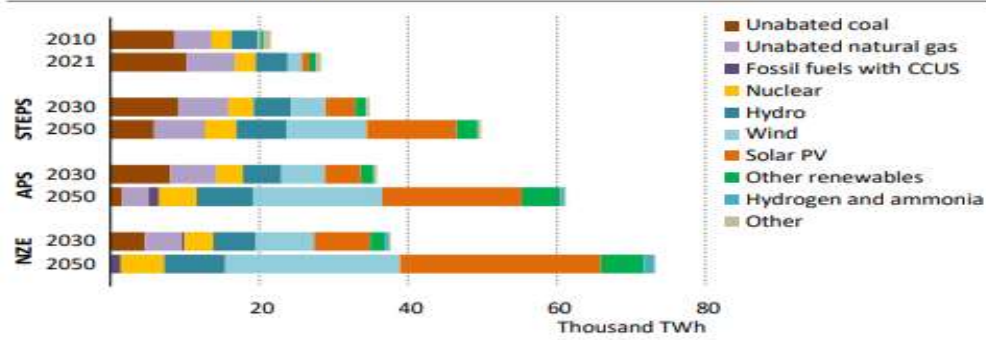
Nuclear power can help clean energy transitions through lifetime extensions for existing reactors where safe, and the acceleration of new construction where acceptable

원전시장 분석

◇ 2022 World Energy Outlook 전망

- 2050년 세계 원전 시장 : 전체 전력의 10% 내외 공급 전망
- 향후 매년 18~24GW의 원전 설비 증가 전망

Figure 6.7 ▶ Global electricity generation by source and scenario, 2010-2050



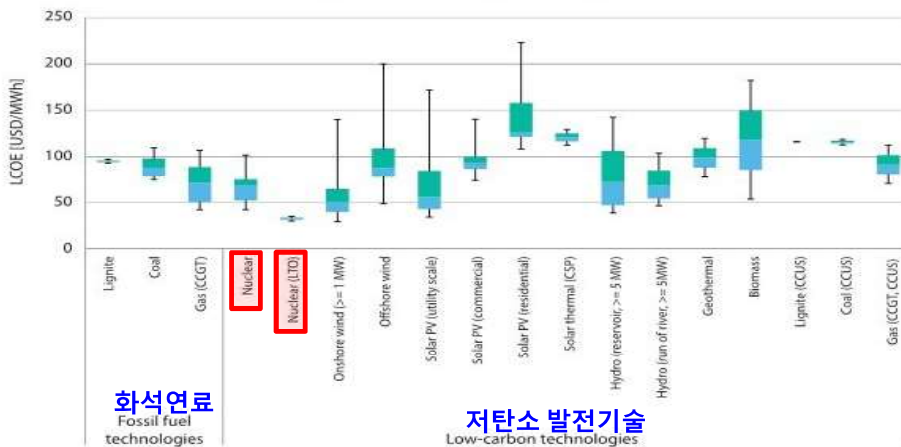
IEA, CC BY 4.0.

Electricity generation from unabated fossil fuels peak by 2030, as low-emissions sources ramp up and renewables dominate electricity supply in all scenarios by 2050

원전의 경쟁력

◇ 다른 전원과 대비하여도 원전은 경제적

- 국가별 여건에 따라 차이
- 수명연장이 가장 경제적이거나 2030년이 지나면 많은 수의 원전이 60년 이상



❖ 출처 : 2020 Projected Costs of Generating Electricity, IEA & NEA

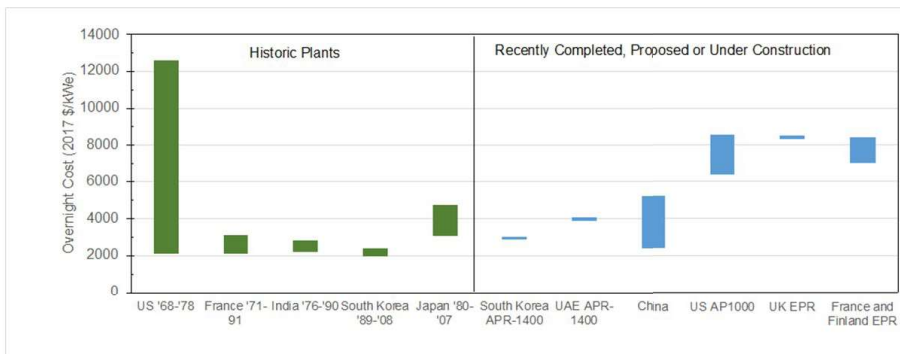
원전의 경제력

- ◇ 우리나라 원전산업은 세계 최고의 경쟁력 보유
 - 과거 거의 50년 동안 지속적인 원전 건설
 - 전분야에 걸친 원전 산업 인프라 구축(핵심기술도 모두 국산화)
- ◇ 탈원전 및 부품비리 등으로 위축된 산업 경쟁력 복원 필요

국가	Bloomberg		WNA		IEA, Investment Cost(7%DR)	
	\$/kW	상대비	\$/kW	상대비	\$/kW	상대비
프랑스	7,809	2.1	7,931	2.22	5,132	1.86
미국	11,638	3.13	5,833	1.63	5,435	1.97
러시아	5,271	1.42	6,250	1.75	2,904	1.05
중국	4,364	1.17	4,174	1.17	3,197	1.16
한국	3,717	1	3,571	1	2,759	1

원전의 경쟁력

Nuclear Plant Cost



An increased focus on using proven project/construction management practices will increase the probability of success in execution and delivery of new nuclear power plants

For example:

- Complete design before starting construction,
- Develop proven NSSS supply chain and skilled labor workforce,
- Include fabricators and constructors in the design team,
- Appoint a single primary contract manager,
- Establish a successful contracting structure,
- Adopt a flexible contract administrative processes to adjust to unanticipated changes,
- Operate in a flexible regulatory environment that can accommodate changes in design and construction in a timely fashion.

The Future of Nuclear Energy in a Carbon-Constrained World
AN INTERDISCIPLINARY MIT STUDY

국내외 원전 산업체계 현황

◆ 원전 산업(수출) 산업의 특성

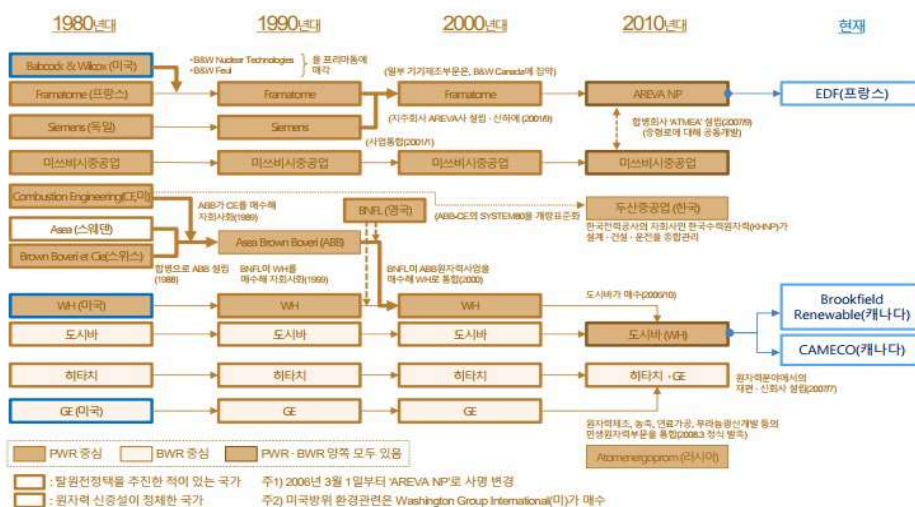
- 종합적인 공급망(Supply Chain)을 갖추어야 하는 산업
 - 설계, 시공, 기자재제작, 운영·안전 관리, 인허가 등의 다양한 인프라가 뒷받침
- 장기적 자본투자가 필요한 사업으로 국가의 정책적 뒷받침 필요
- 엄격한 품질 관리 및 기자재 검증·제작 경험이 필요한 산업

◆ 외국의 원전산업체계

- 미국, 유럽의 경우는 장기간 건설 중단으로 공급망(Supply Chain)이 무너진 상태
- 생존을 위해 합종연행을 통해 지속적으로 변화하여 옴
- 반면 중국·러시아는 일사불란한 체계를 갖추어 세계 시장을 선점하려 하고 있음

외국 원전 산업체 구조개편

경쟁국 원전공급자들의 구조조정(미,프,일) : 민간중심 체계

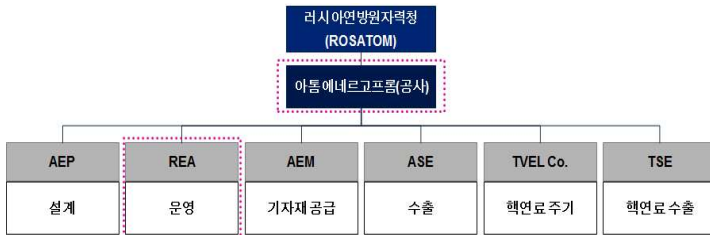


한국원자력연구원 21세기 국가원자력정책 환경분석(1994)에너지경제연구원 "원전 수출 산업계의 원도 변화" (2016) 기반 재구성

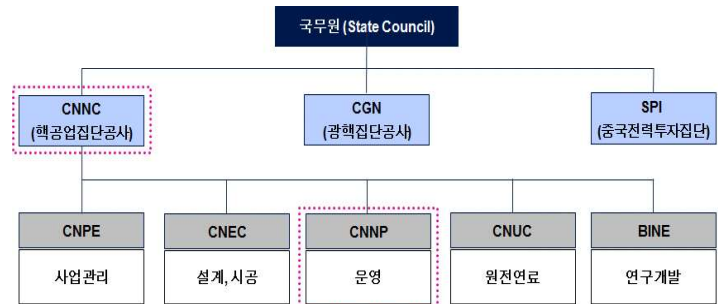
외국 원전 산업체의 경쟁력

- 경쟁국 원전공급자들의 산업체계(러. 중) : 정부 중심 체계

러시아의 원전산업체계



중국의 원전산업체계

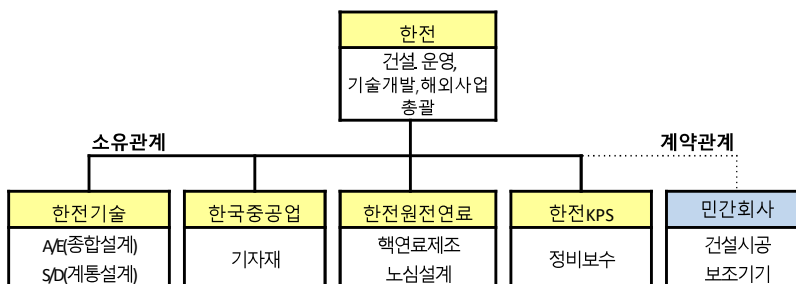


* CGN, SPI 산하기관도 CNNC와 유사

국내외 원전 산업체계 현황

- ◆ '80년대 이전 : 한전(전력회사)과 원자력연구소를 중심으로 원전사업 출발
 - 한전 : 원자력발전본부 및 원자력건설본부를 중심으로 출발
 - 원자력연구소 : 원자로설계(자체) + 연료 설계 제작(핵연료공단) + 엔지니어링(KNE)
- ◆ 원전기술자립('80~'90년대 중반) 추진시 현재의 역할분담체계 구축(산업부 산하기관)
 - 한전 : 원전 운영, 건설, 해외사업
 - 한전자회사 : 한전기술(원자로설계 + 엔지니어링), 원전연료(연료설계제작), 한전보수(정비)

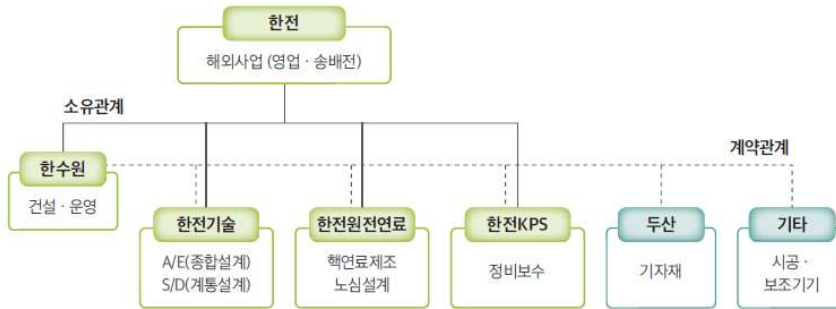
기술자립 추진을 목적으로 구축된 한국의 원전산업체계



기형적인 원전 산업체제

- ◆ 전력산업구조개편으로 원전수출 분야 이원화, 한수원은 지배구조와 사업과 분리된 형태
 - 국가주도로 원전산업을 추진하는 프랑스, 러시아, 중국 등은 통합형 구조임
 - 수차례 원전산업체제 개편 방안을 검토하였으나 추진동력 부족으로 현 상태 유지
 - 전담지주회사 설립방안, 민간회사 참여방안, 원자력공사화 방안 등 다양한 방안이 연구 검토됨

전력산업 구조개편 이후 한국의 원전산업체제



해외사업 추진 경위(한전)

- ◆ 전력산업 구조개편 이전
 - '90년대 후반 중국, 터키, 필리핀, 인도네시아 등 여러 국가에 원전 수출 시도
 - WEC사와 원전 수출이 가능한 기술사용협정서(License Agreement) 체결('97)
- ◆ 전력산업 구조개편 이후
 - 2002년 해외사업 기능 한수원 이관하였으나 KEDO 사업 중지 후 2004년경 다시 해외사업 추진
 - 초반 중국진출에 심혈을 기울였으나 원천기술 문제 등으로 입찰자격에서 제외
 - 이후 터키, 우크라이나, 등의 진출에 노력하였으나 성공하지 못함
 - 2009년 전 정부적인 적극 지원으로 UAE에 4기 수출 성공
 - 이후 사우디아라비아, 영국, 남아공 등에 원전 수출 노력
 - 사우디는 미국의 수출통제 등의 문제를 해결해야 함
 - 영국은 2017년 우선협상대상자로 선정되었으나 불확실한 사업전망으로 포기, 현재 재 추진 중

해외사업 추진 경위(한수원)

◆ 2002년 한전으로부터 해외사업이 이관되며 출발

- 초기에는 루마니아, 인도네시아, 중국, 남아공, 모로코 등 추진
- 원전 건설 뿐만 아니라 설비 개선 및 운영 지원 사업에 진출 모색

◆ APR1400 해외 마케팅 착수(2008) 및 가시적 성과 임박

- 핀란드 : APR1400 최초 마케팅, 2012년 입찰참여, 2013.9월 계약협상 완료 및 최종 공급자 선정단계에서 중단
- 체코 : 2016년 예비입찰서 제출부터 사업 개발에 착수하여 현지 공급망 구축, 원전예정지역과의 유대감 조성 등 적극 진출 노력 중
- 폴란드 : 2017년 부터 정부간 상호방문, 예비입찰서 제출 등 적극 진출 노력
→ '22.10 폴란드전력공사(PGE) 및 민간회사 제팩(ZEPAK)과 2기 원전 건설을 위한 협력의향서(LOI) 체결
- 이외에 카자흐스탄, 루마니아, 스웨덴, 네덜란드, 필리핀, 아프리카 등에 원전 수출 노력

해외사업 추진상의 문제점

◆ 공기업으로서 문제점

- 직원들의 사업마인드가 부족하고 성공에 대한 유인책도 없음
- 업무 전문성 육성에 한계가 있음(다른 곳으로 이동할 대안이 있음)
- 입찰 제도 등의 제약으로 가용한 Supply Chain의 효과적 활용이 어려움
- 관리적 측면의 사고가 익숙한 공기업 직원으로 고객을 상대로 한 마케팅 역량에 한계

◆ 산업체계상의 구조적 문제점

- 정보의 전달이나 지식공유정보 공유 정도가 낮음
- 일사불란하고 효율적인 사업 추진에 어려움 내재
- 불필요한 이중적 구조로 비효율을 초래

원전 수출체계 개편을 위한 과제

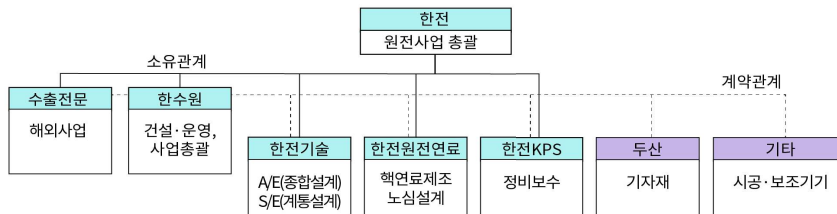
- ◆ 한국 실정에 적합한 가장 경쟁력 있고 효율적인 원전산업체계?
- ◆ 기술자립, 독자개발, 원전 수출 등 변화된 환경에 적합한 원전산업체계?
- ◆ 확대된 민간의 참여요구를 수용할 수 있는 원전산업체계?
 - 원전 수출 등으로 산업규모 확대, SMR 민간참여 활성화
- ◆ 정부의 체계적인 지원방안?
- ◆ 미래기술을 포함한 기술개발 기능 등 원전산업 미래 발전방향과의 연계방안?
- ◆ 원전산업에의 우수한 인력유인 방안?

표. 글로벌 SMR 업체와 국내민간기업과의 제휴관계

해외협력파트너	테라파워	뉴스케일파워	시보그(네덜란드)	홀텍	USNC	테레스트리얼 에너지
국내 기업	SK(주), SK이노베이션, HD한국조선해양	두산에너지빌리티, 삼성물산, GS에너지	삼성중공업	현대건설	현대엔지니어링	DL 이앤씨

원전 수출체계 개편 대안(1)

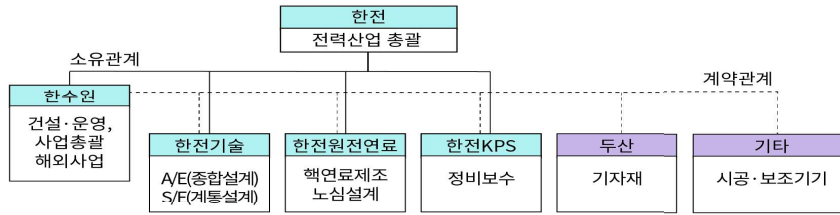
제1안: 한전에 별도 원전 해외사업 전문자회사를 설립하여 통합하는 안



- 내용 : 한전과 한수원의 해외사업 기능을 한전 산하에 원전 해외사업 전문자회사를 설립하여 통합하는 방안
- 장점
 - 해외사업을 책임지고 전문적으로 수행하는 기관설립과 인력 확보 용이
 - 일원화에 따른 업무 일관성 유지 및 이원화에 따른 비효율 및 업무 혼선 제거
- 단점
 - 자회사로 운영됨으로 동일한 위상인 운영, 설계, 연료, 정비보수 담당 기관과의 업무 협조 및 지원에 어려움 예상
 - 자회사 설립 시 관련 한전과 한수원 인력 이관에 어려움 예상
 - 해외사업 추진 시도 관련 기관으로부터 원활한 인력 지원에 어려움

원전 수출체계 개편 대안(2)

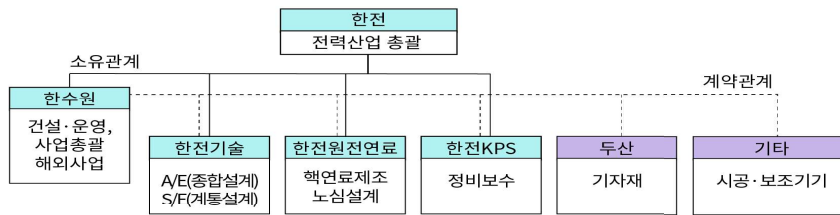
제2안: 해외사업 기능을 통합하여 한수원 산하조직으로 운영하는 안



- 내용 : 한수원 산하의 원전 해외사업 조직을 확대하여 한전의 해외사업 기능을 통합 운영하는 방안
- 장점
 - 일원화에 따른 업무 일관성 유지 및 이원화에 따른 비효율 및 업무 혼선 제거
 - 대형 조직에 속해 인력의 원활한 수급 가능
 - 운영 기술 및 인력 상호간의 연계 수월
- 단점
 - 한전 자회사인 동일한 위상인 운영, 설계, 연료, 정비보수 담당 기관과의 업무 협조 및 지원에 어려움 존재 (일사불란한 조직체계 미흡)
 - 대형 조직의 한 기능으로 운영되어 관련 직원의 전문성과 적극성이 부족할 수 있음 (순환근무가 가능하여 오히려 전문성과 수출 비즈니스 마인드가 부족할 수 있음)

원전 수출체계 개편 대안(2)

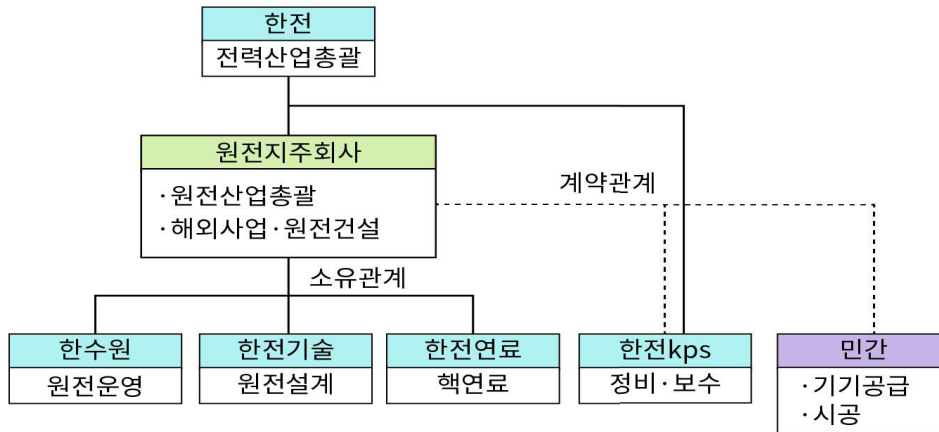
제2안: 해외사업 기능을 통합하여 한수원 산하조직으로 운영하는 안



- 내용 : 한수원 산하의 원전 해외사업 조직을 확대하여 한전의 해외사업 기능을 통합 운영하는 방안
- 장점
 - 일원화에 따른 업무 일관성 유지 및 이원화에 따른 비효율 및 업무 혼선 제거
 - 대형 조직에 속해 인력의 원활한 수급 가능
 - 운영 기술 및 인력 상호간의 연계 수월
- 단점
 - 한전 자회사인 동일한 위상인 운영, 설계, 연료, 정비보수 담당 기관과의 업무 협조 및 지원에 어려움 존재 (일사불란한 조직체계 미흡)
 - 대형 조직의 한 기능으로 운영되어 관련 직원의 전문성과 적극성이 부족할 수 있음 (순환근무가 가능하여 오히려 전문성과 수출 비즈니스 마인드가 부족할 수 있음)

원전 수출체계 개편 대안(3-1)

제3안: 한전 산하에 원전산업을 총괄하는 중간 지주회사를 설립하는 안



원전 수출체계 개편 대안(3-2)

- 제3안 : 한전 산하에 중간지주회사를 설립하여 해외사업 등 원전사업 총괄 기능을 수행하는 방안
 - 내용 : 한전 산하에 원전사업을 총괄하는 중간지주회사를 설립하여 원전사업 총괄 기능을 수행하고 해외사업 개발, 국내외 원전건설 사업 관리 등을 자체 수행
- 장점
 - 원전사업총괄 기능을 수행하는 중간지주회사와 담당분야 자회사간 유기적 업무 수행 가능 (원전사업분야의 일사불란한 사업추진 체계구축)
 - 일원화에 따른 업무 일관성 유지 및 이원화에 따른 비효율 및 업무 혼선 제거
 - 한전의 인력 이관도 상대적으로 용이
 - 한수원은 운영업무에 집중하여 원전의 안전성 및 경제성 제고에 용이
 - 지주회사로서 자회사와의 인력 연계도 용이
- 단점
 - 기존 한전, 한수원의 기관이기주의 극복 필요
 - 대규모 원전산업 구조개편 작업으로 컨센서스 형성과 정부의 추진력 필요

◆ 2차년도: 현행 수출체계 강. 약점 분석 및 기능 최적화 방안 모색

- 원전 원전수출 산업의 기본적 특성 파악
- 우리나라와 경쟁국의 원전 수출체계 현황 파악 및 비교 분석 보완
- 현행 수출체계 개편 대안에 대한 세부 검토 및 최적 방안에 대한 컨센서스 형성
- 정부에 의정책 제언

◆ 3차년도 : 미래 원전시장 진출을 위한 민. 관 공동 수출전략 강구

- 미래 원전시장 조사 및 진출 방향 수립
- 원자력 R&D 활성화를 통한 미래시장 선점 방안 제시
- 원전수출을 통한 에너지 공급의 안정성, 지속성 및 경제성 확보 방안 제시

경청해 주셔서 감사합니다 ~^^

미래 원자력기술 시장전망과 시장 진입방안

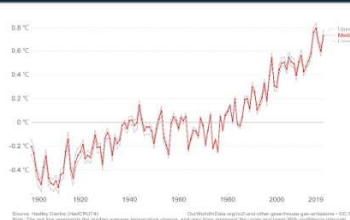
오근배

서울대학교 원자력정책센터

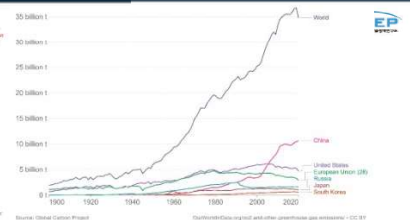
2023.09.07., NEXFO 워크숍, 호암교수회관 컨벤션센터

기후 변화에 따른 에너지원 별 활용 전망

- 지구온난화; 평균 지표기온이 산업혁명 이전 대비 약 4~5도 정도 증가 예상 (IPCC5차 보고서)
- 에너지안보; 우크라이나 사태 등으로 EU 등은 원전에 대한 관심이 높아지는 중



[전 세계 평균온도 상승 추이]



[전 세계 이산화탄소배출 증가 추이]

[원자력] 추가 확대 및 폐로 지연	영국	기존 설비 목표(10GW)대비 2~2.5배 확대
	프랑스	신규원전을 기존 6기에서 14기로 확대
	벨기에	기존 2025년 폐로 정책을 선회하여 10년 연장
	폴란드	2043년까지 원전 6기 건설 추진
	미국	원전을 CFE(Carbon Pollution Free Electricity)에 포함하고, 우방국과 원전 동맹 강화
[석탄] 단기 활용	독일	예비, 노후, 정지된 석탄발전기 가동
	프랑스	석탄발전소 가동시간 제한을 한시적으로 완화
	네덜란드	2024년까지 석탄발전소 최대한 활용
	오스트리아	폐쇄된 석탄발전소 재가동
[재생에너지 수소] 적극적인 확대, 목표량 대폭 상향	영국	기존 목표 대비 2배 이상으로 목표치 상향
	프랑스	태양광 용량을 기존 대비 10배 확대
	독·네·벨·덴	북해 해상풍력 설비 2050년까지 10배 확대 (150GW)
	독일	2035년까지 재생에너지로 80% 공급 목표
	EU	청정수소 공급량을 목표대비 2배 이상 확대

온실가스 저감을 위해 필요한 원자력 에너지(1)

- 모든 기관에서 1.5°C 목표 달성을 위해 원자력에너지는 필수적이며, 현재 대비 최소 2배 이상이 필요한 것으로 평가

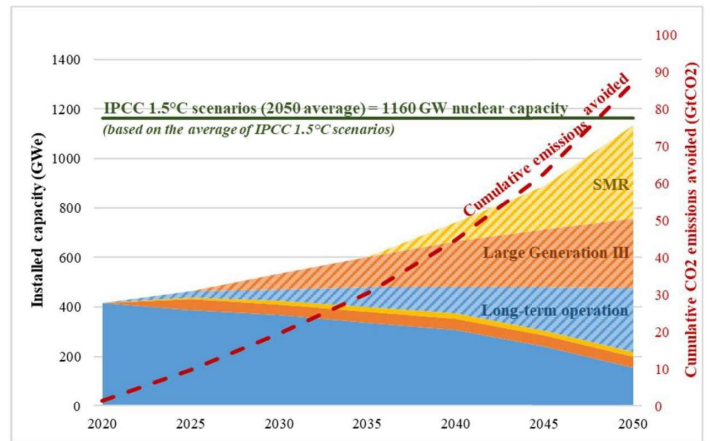
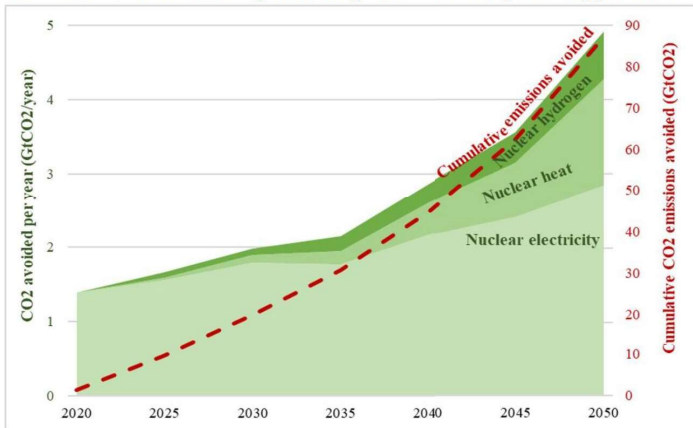
Organisation	Scenario	Climate target	Nuclear innovation	Description	Role of nuclear energy by 2050	
					Capacity (GW)	Nuclear growth (2020-50)
IAEA (2021b)	High Scenario	2°C	Not included	Conservative projections based on current plans and industry announcements.	792	98%
IEA (2021c)	Net Zero Scenario (NZE)	1.5°C	Not included but HTGR and nuclear heat potential are acknowledged.	Conservative nuclear capacity estimates. NZE projects 100 gigawatts more nuclear energy than the IEA sustainable development scenario.	812	103%
Shell (2021)	Sky 1.5 Scenario	1.5°C	Not specified	Ambitious estimates based on massive investments to boost economic recovery and build resilient energy systems.	1 043	160%
IIASA (2021)	Divergent Net Zero Scenario	1.5°C	Not specified	Ambitious projections required to compensate for delayed actions and divergent climate policies.	1 232	208%
Bloomberg NEF (2021)	New Energy Outlook Red Scenario	1.5°C	Explicit focus on SMRs and nuclear hydrogen	Highly ambitious nuclear pathway with large scale deployment of nuclear innovation.	7 080	1670%

*출처: GIF Webinar

온실가스 저감을 위해 필요한 원자력 에너지(2)

- 전기 생산 뿐 아니라 열원 이용, 수소 생산에도 활용 (2020~2050년 사이에 23Gt 온실가스 저감 수요)
- 기존 대형원전의 계속운전과 신규 건설, 그리고, SMR이 조합되어야 1.5°C 목표 달성 가능
→ 2050년까지 총 87 Gt의 온실가스 저감을 위해 1,160 GW의 원전 필요 (**핵심은 SMR의 적기 투입**)

Carbon emissions avoided by nuclear power and non-power applications



*출처: OECD/NEA

미국의 선진원자로 시장 선점을 위한 전략

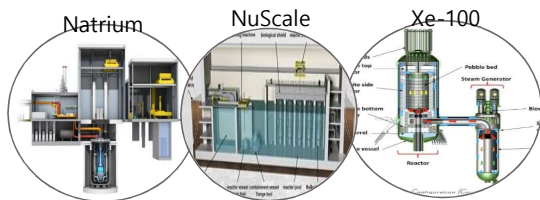
- 미 행정부(트럼프, 바이든)는 국가안보차원에서 세계 원자력 리더십 회복에 집중



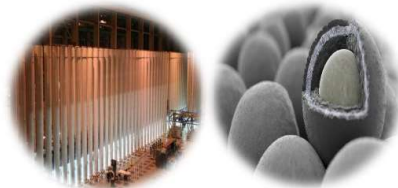
선진원자로
개발 전략
제시

선진원자로 개발/배치를 위한 비전과 전략('17.1)

원자력 기술 경쟁우위 회복을 위한 전략('20.4)



선진원자로(Advanced Reactor) 개발/실증



선진핵연료(HALEU, TRISO) 개발

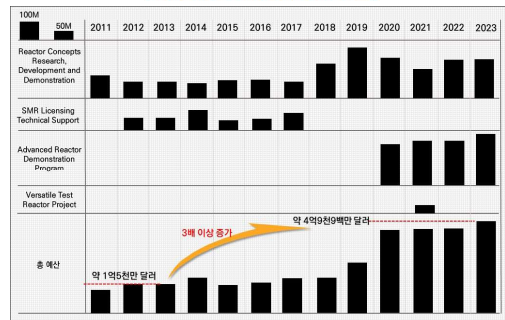
미국의 선진원자로 개발 지원(1)

- 미 의회는 선진원자로 개발을 위해 초당적으로 입법과 예산을 지원 중



예산지원 선진원자로 개발 예산

FY23 약 \$ 5억
(*10년대 초 대비 3배 이상 증액)



기술 개발의 성숙으로 실증 단계로 진입함에 따라 선진원자로 실증 사업(ARDP) 등에 대규모 예산이 투입

미국의 선진원자로 개발 지원(2)

지원 프레임워크

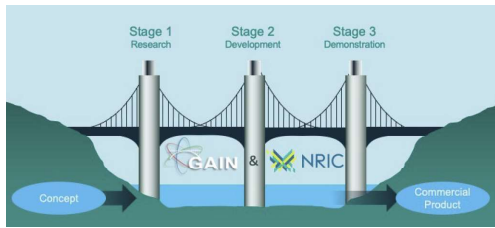
선진원자로 개발/실증/상용화를 위한 민간-공공 (Private-Public) 파트너십 구축을 지원하는 2개의 프레임워크를 운영 중



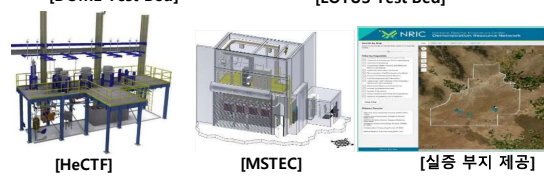
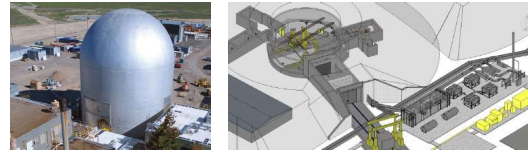
연구 → 개발

개발 → 실증

공공의 자원과 인프라를 민간의 기술과 연결하는 가교 역할



인프라 지원



INL을 중심으로 실증 부지를 포함하여 선진원자로 개발/실증을 위한 R&D/실증 인프라 제공

미국의 SMR 국제 인프라 개발 프로그램(FIRST)

- FIRST (Foundational Infrastructure for the Responsible Use of Small Modular Reactor Technology) 개요
 - 바이든 행정부는 '21년 4월 기후정상회담에서 기후 위기 대응과 청정에너지 기술혁신을 위한 국제협력 사업의 추진을 약속하고, 후속조치로 국제사회에 소형모듈형원자로(SMR)의 배치를 가속화하기 위한 FIRST* 프로그램을 공식 런칭
 - 530만 달러의 예산을 배정받으며 시작되었으나 SMR의 개발과 배치가 가속화됨에 따라 총예산이 크게 증가하여 2022년 12월 기준 2,100만 달러의 예산 지원
- 추진 현황
 - 한국, 일본, 캐나다, 영국 등 4개국은 기여국으로 참여하고 있으며, 협력국은 15개국
 - 유럽(5): 루마니아, 우크라이나, 에스토니아, 라트비아, 세르비아
 - 아시아(5): 카자흐스탄, 필리핀, 인도네시아, 태국, 말레이시아
 - 아프리카(5): 가나, 케냐, 르완다, 남아공, 나미비아
 - 우리나라는 2023년 들어 본격적으로 참여하고, FIRST 프로그램에 한국 기여금 명목으로 30만 달러 지원



[출처: US Today]

2022년 한미 정상회담



[출처: KAERI 글로벌전략실]

FIRST 프로그램 ARF* 워크숍 KAERI 발표
* ASEAN Regional Forum

SMR 개발 촉진을 위한 국제협력 강화

대상국			
개도국	전략적 지원	기술 교육 및 훈련	맞춤형 수출
선진국	공동 개발, 실증 및 배치	공동 연구	사업 협력 (기술 제공)
동맹국	안전/비확산/핵안보 관련 글로벌 규범 마련	글로벌 이슈에 대한 기술적 해결책 마련	전략적 사업 파트너십
	전략적	기술적	상업적
	협력 수요		

SMR 관련 예상 국제 이슈

- (기술협력) 협력 상대국의 핵비확산 정책에 따른 제한
 - 기술의 origin 문제에 따른 핵비확산 의무사항 사전 고려 필수
- (수출) 우리나라의 수출통제 정책에 따른 수출 대상국 제한
 - 우리나라는 한미정상회담('22.5)에서 IAEA 추가의정서를 원전 공급 조건으로 하기로 합의
 - IAEA 추가의정서 미가입국(예: 사우디)에게는 수출 난망
- (국제규범) 핵비확산/핵안보 관련 국제규범 준수사항 고려
 - 설계단계부터 관련 사항 고려 (특히 사이버보안)
- (사용후핵연료) 사용후핵연료 처리 필요시 원자력협정에 따른 사전동의 문제 해결 필요 (특히, 선진원자로)

SMR은 새로운 전환점

■ 투자 촉진을 위해 정책 및 규제 개혁 필요

- SMR이 성공적으로 도입되기 위해서는 민간 부문의 투자가 활발하게 이루어져야 하며 이를 위한 정책 입안자 및 규제 당국의 강력한 지원이 필수 불가결함
- SMR의 특성을 고려한 인허가 및 규제 프레임워크를 조정하고 간소화해야 함

■ SMR의 발전단가 추정

- SMR의 발전단가 추정은 매우 불확실하지만, 일부 선진국 프로젝트의 경우 45~110\$/MWh로 추정하고 있으며, 일부 개발자는 nth kind of unit의 경우 50~60\$/MWh를 목표로 하고 있음
- 시리즈(series) 건설 방식이 사용되며, 설계 단순화, 표준화 및 모듈화, 공장 제작 등을 통해 비용을 낮출 수 있을 것임

■ SMR의 장점

- 낮은 자본 비용, 고유한 안전성 및 폐기물 관리 특성, 프로젝트 위험 감소로 사회적 수용성 개선, 연구 개발, 실증 및 민간 투자 유치에 유리
- 폐지된 화석 연료 발전소 부지를 재사용하여 기존의 송전, 냉각수 및 숙련된 인력 활용 가능
- 산업 시설에 입지하여 전기, 열, 수소 공급 가능

향후계획

■ 원자력 전문가 풀을 활용한 SMR 분야별 동향 조사

- SMR 기술 개발 동향, 국내외 정책 동향
- 미국 등 선진국의 지원 법안 혹은 예산 동향
- 폐기물 관리 등 쟁점 사항
- 핵비확산 및 국제 협력

■ SMR 경쟁력 분석을 위한 경제성 분석 분야 추가

■ 2~3개월 간격으로 전문가 세미나를 통한 정보 업데이트