

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍



2024. 02. 26 월요일  
서울대학교 호암교수회관 PM 2:00



서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center

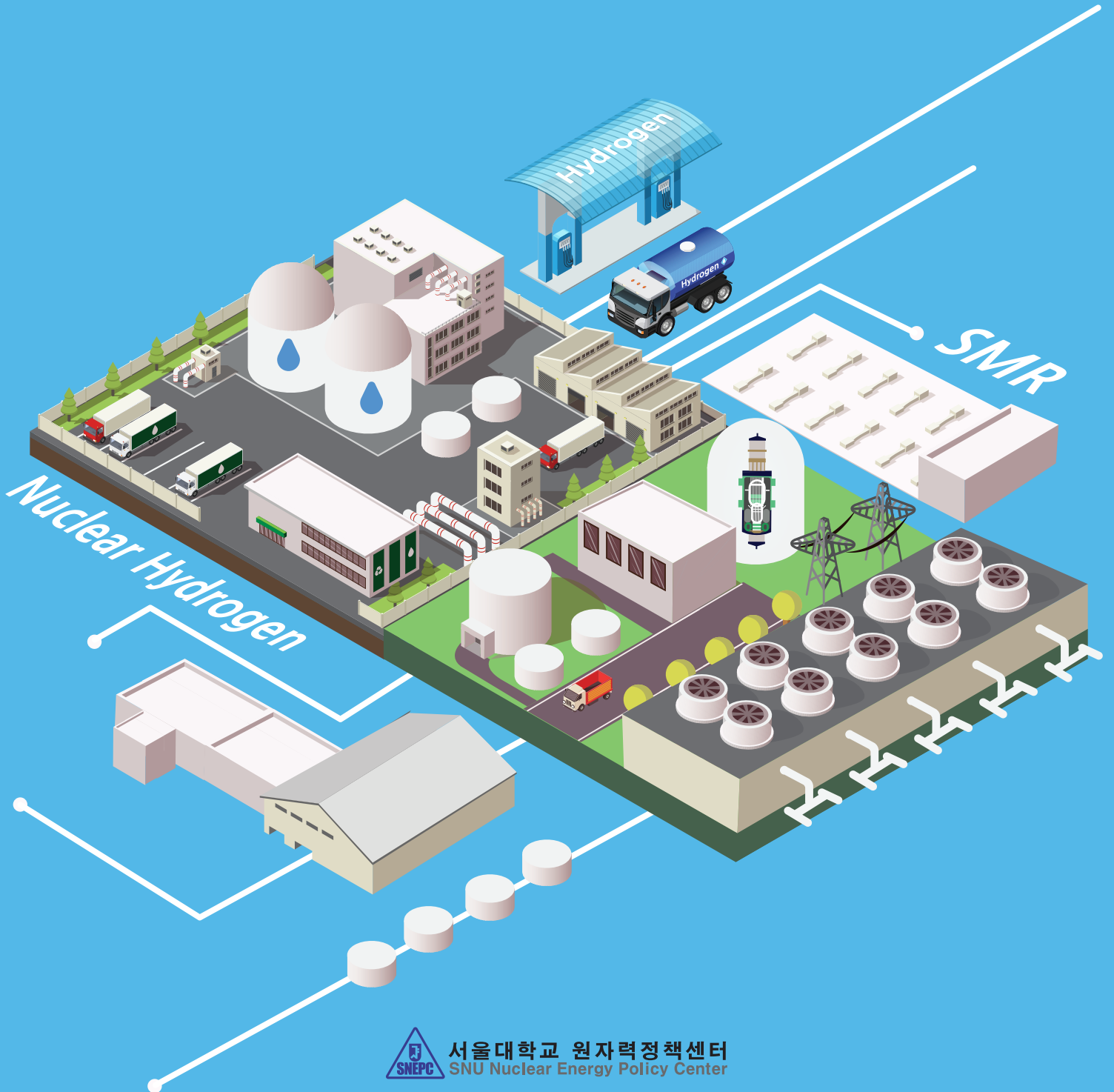


## 프로그램 안내

시간	주요 내용	
13:30 - 14:00	등록 및 참가자 확인	
개회식		
14:00 - 14:30	개회사	박상덕   NEXFO 위원장
	축사	이은철   자문위원장
	기념촬영	
전체 진행		
14:30 - 14:50	시의적절한 원자력 정책 현안 대응	박상덕   NEXFO 위원장
14:50 - 15:10	토의	
15:10 - 15:30	탄소중립 달성과 안정적 에너지 수급을 위한 최적 에너지믹스	이만기   NEXFO 위원
15:30 - 15:50	토의	
15:50 - 16:00	Coffee Break	
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="text-align: center;"> <b>분과1</b> 안전·규제 및 후행핵주기         </div> <div style="text-align: center;"> <b>분과2</b> 미래기술 및 에너지 정책         </div> </div>		
16:00 - 16:20	신형원자로(AR) 안전규제 현안 및 도전과제 오성현   NEXFO 위원	원전부지확보 관련 이슈와 해결방안 박석빈   NEXFO 위원
16:20 - 16:40	토의	
16:40 - 17:00	원자력 바로 알기(원바로) 황해룡   NEXFO 위원	원전수출 경쟁력 제고를 위한 원전 산업체계 개편 대안 검토 이종호   NEXFO 위원
17:00 - 17:20	토의	
17:20 - 17:40	사용후핵연료 저장 이슈 해결 방안 박석빈   NEXFO 위원	미래 원자력기술 시장전망과 해외진출 방안 오근배   NEXFO 위원
17:40 - 18:00	토의	
18:00 - 18:10	맺음말 및 폐회	
18:10 - 20:00	만찬	



# 전체진행





# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

시의 적절한 원자력 정책 현안 대응

박상덕 수석위원







2차년도 중간 발표회  
 원자력 지속가능성에 대한  
 NEXFO 워크숍



박상덕 수석위원

# 시의 적절한 원자력 정책 현안 대응

시의 적절한 원자력 정책 현안 대응

# CONTENTS

## 완료된 과제

- 22-01 한빛 4호기 재가동 : 완료
- 23-03 10차 전력수급기본계획 : 완료
- 23-04 김기현 망언 : 완료

## 진행중 과제

- 23-01 고리2호기 계속운전 : 심사중
- 23-02 사용후핵연료 특별법 : 국회 계류중
- 23-05 후쿠시마 방류수 : 방류중
- 23-06 고리3,4호기 계속운전 : 심사중
- 23-07 11차 전력수급기본계획
- 24-01 한빛1,2호기 계속운전
- 24-02 친원전 공익신고자
- 24-03 원자력계 국회 진입
- 과담선동  
나가며

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

-총 16개 지자체 대상 5회에 걸친 권역별 주민공청회 개최 완료



[自由칼럼] 탈원전 운동원들, 고리2호기 계속운전 반대 명분 없다

서울대학교 원자력정책센터 수석연구원 | © 발행 2023.01.18 14:23  
 © 수정 2023.01.18 14:37 | 총 댓글 9

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 원전안전점검대책단장을 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.

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



문주현 단국대학교 에너지공학과 교수



[自由칼럼] 원전 관련, 사사건건 틀린 말만 하는 민주당

박성덕 서울대 원자핵공학센터 수석연구원 | 입력 2022.12.21 14:16 | 수정 2022.12.21 17:06 | 댓글 0



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



기회-연재

사용후핵연료 건식저장시설 안전우려 과도 [기고]

입력 : 2023-03-19 16:01:52

[정병진 경희대 교수]

[기고] 사용후핵연료 문제, 법으로 지역주민들과 약속해야

김경희 월성원전-방폐장 민간환경감시기구 원전소위원회

관련뉴스

기고

입력 : 2023-03-17 00:28:23

오피니언 : 송중순의 미래를 본다

다시 선택한 원전 시대, 폐기물 처리 본격 고민해야

중앙일보 | 입력 2022.07.04 00:44

포 > 경제

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

정용훈 KAIST 교수 인터뷰

f y t n p

2023-03-12 22:01 | 수정 : 2023-03-12 10:04

[기고]고준위방폐물법 제정 서둘러야

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

박수정 핵정개혁시민연합 사무총장

- 2013년 3월 29일, ALPS 시운전 개시. 삼중수소의 62개핵 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 충족한다고 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

초기 반핵 세력 움직임





대책

- 과학적 사실을 지속적으로 전달
- 탈핵 무당 맞불 집회 지속

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 원전 오염수 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 **창외 여론전**  
- 망루농성 한국노총 간부의 경찰의 진압과 연계
- 23년 6월 5일 **원내대책단** 출범
- 23년 6월 12일 민주당 **전원 성명서** "후쿠시마 오염수 투기 총력 저지"
- 23년 6월 17일, 인천에서 **창외집회**
- 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 해양 방류 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 **각개 활동**
- 23년 8월 16일 민변, **日오염수 방류 헌법소원...청구인'고래-해녀' 등 4만여명**

각계 활동

후쿠시마 오염수 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/ 부산로템리조트5층호머 스튜디오	과총 /과총 부산지역연합회 회	전성호 과총 부산울산지역연합회 회장 김영태 부경대 교수(사회) 정재훈 부산대 기계공학부 교수(법제1) 김영복 부경대 식품과학부 교수(법제2) 이형택 과총 경남지역연합회 회장(의정) 이정철 부산대 기계공학부 교수(토론) 이종수 국립수산물안전관리연구원(과총)과장(토론) 이창희 경상국립대 해양식품공학과 교수(토론) 박상현 부산환경운동연합 활동가(토론) 구자상 부산시(법제2)대(법제2)합의사(토론) 이승환 경남도안정보 사회부팀 (토론)
경북권 토론회	8.21.(월) 14시30분/ 경산농업 분청 3층 대 회의실 (경북 경산시 소재)	과총 /과총 경북지역연합회	서상근 과총 경북지역연합회 회장 한병문 과총 경북지역연합회 사무총장(사회) 김정희 (주)미래사회정책연구원 대표(사회) 백정원 한국원자력학회 회장(기초강연) 도창기 한동대 생명공학과 교수(법제1) 이원훈 영지대학교(법제2)대(법제2)합의사(토론) 서경석 (주)한국수력원자력 홍보관장(토론) 채종규 대구대 교수(토론)
충청권 토론회 (충남, 대전, 충북)	8.22.(화) 14시 30분 청주국립대학교5층대강당	과총 /과총 대전지역연합회 충남지역연합회 충북지역연합회	김용문 과총 충청지역연합회 회장 이종원 과총 대전지역연합회 회장(법제 좌장) 한규희 과총 충남지역연합회 회장(토론 좌장) 박우윤 과총 충북지역연합회 수석부회장(사회) 박일영 충청대 제약학과 교수(법제) 김광영 충청대 환경공학과 명예교수(토론) 박근주 충청경제신문 취재1국장(토론) 발제 및 재발토론 섭외 중
강원권 토론회	8.23.(수) 14시 춘천 베이스호텔	과총 /과총 강원지역연합회	구성준
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 / 포항북항문화센터
  - (주최/주관) 경북도청 / 한국수산물안전관리협회 한국원자력학회

**3 일정안** \* 프로그램 시간 및 순서는 상황에 따라 변동할 수 있음

시간(분)	행사내용
13:30-13:55	* 등록 및 참석자 배치 (사회 : 황규환 한국해양수산개발원 전문연구원)
13:55-14:00	* 개회사 : (경북도청)
14:00-14:15	* (가제)일본 원전 오염수 문제 개요 및 해빙 확산 (박상덕 서울대 원자핵공학센터 수석연구원)
14:15-14:30	* (가제)일본 원전에서 누출되는 핵종 및 주요 핵종별 특징 (김기현 서울대학교 교수)
14:30-14:45	* (가제)후쿠시마 원전 오염수가 언제에 미치는 영향 (양승오 세영기독병원 핵의학과 교수)
14:45-15:00	* 원전 오염수 방류에 따른 주민들 영향 (김영호 부천대학교 교수)
15:00-15:15	* 수산물의 영양과 건강 (심길보 부경대학교 교수)
15:15-15:25	10' 자리 청돈(Coffee Break)
15:25-15:55	30' * 소비자 및 전문가가 함께하는 Q&A (이덕환 서강대학교 명예교수) (유병서 한국해양산업연구원연합회 사무총장) (이억 보표사)
15:55-16:00	5' * 마무리

각종 활동

 <b>한국원자력학회</b> KOREAN NUCLEAR SOCIETY	배포일 2023년 6월 20일    매수 3매
	6월 20일(화)부터 보도하여 주시기 바랍니다. [문의] 한국원자력학회 사무국 (042-826-2614) 이슈위원장 정병진 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 수산업에 피해 예방을 위해 적극 활동 예정 -

[공지] 후쿠시마 원전 처리수 방류에 대한 대한방사선방어학회의 입장

문의처 | 4202 | 2023-07-31 08:55:04

첨부파일 (1) (PDF)

후쿠시마 처리수 방류: 어떻게 볼 것인가?  
대한방사선방어학회의 입장

제212회 한림원탁토론회

후쿠시마 오염수 처리 후 방류의 국내 영향

일시 : 2023년 7월 6일(목) 15:00

장소 : 코리아나호텔 7층 로얄룸

※ 온-오프라인 동시 개최

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 책임연구원은)는 5일 후쿠시마 원전 방류수 문제에 대한 과학적인 이해를 돕기 위해 '후쿠시마 원전 방류수 확산에 대한 과학적 이해' 심포지엄을 서울대학교 호암교수회관에서 개최하였다.

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

SCIENCE조선

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



- 가 +

이현철 부산대 기계공학부 원자력시스템 전공 교수

정용훈 카이스트 교수 "日오염수 방류 후 100년 살 아도 영향 없다"

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

< >

[포럼] 후쿠시마 방류수 문제와尹정부 과제

문화일보 | 입력 2023-04-19 11:37

🖨️ 프린트

💬 댓글 0 📄 1T 폰트 🗣️ 공유

정재준 부산대 기계공학부 교수·원자력시스템 전공

동아사이언스

오피니언

[이덕환의 과학세상] '가짜' 과학에 찌들어버린 사회

2023.07.18 13:44

각종 활동

한무경 의원, 후쿠시마 괴담과 우리 수산물 대책 토론회 개최



야권의 '후쿠시마 괴담 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 괴담**

과학과 진실로 국민 건강을 지키겠습니다.

**국민의힘**

우 정부는 방류 반대하는데도 왜 방류는 정중론이?

가짜뉴스입니다.

문제를 풀자는 지난 정부에 미안거로 과학적으로 안전하지 않는 방류에 절대 반대합니다.

정부는 방류정사태를 계기로 시민단을 우리 후쿠시마 오염수 정화 사업을 직접 확인하는 등 안전성 확보에 최선을 다하고 있습니다.

방류 경과

	방류 시기	방류량	삼중수소 총 배출	최대 헤더 농도* (< 1500Bq)	최대 해수 농도**	비고
1차 방류	23.08.24 ~23.09.11	7888톤	1조2440억 Bq	220Bq/L	1.5Bq/L	
2차 방류	23.10.05 ~23.10.23	7810톤	1조2511억 Bq	188Bq/L	22Bq/L	
3차 방류	23.11.02 ~23.11.20	7729톤	1조 1239억Bq	190Bq/L	30Bq/L	
4차 방류	24.2월말	7800톤 예정				총 7차례 예정

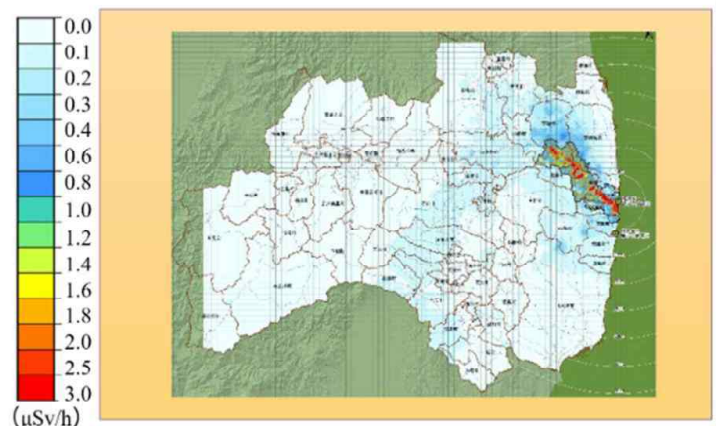
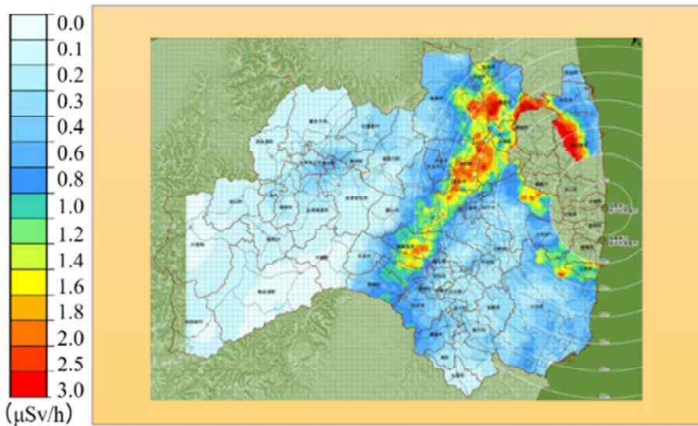
\* 일본정부 안전 기준 허용치의 1/40

\*\* 3KM 이내 14개 지점 ( 원인조사: 350BQ, 방류 중단: 700BQ)

후쿠시마 상황

● 2011년 4월 12-16일

● 2022년 4월 7일 ~ 2022년 5월 12일



봉천동 : 0.16, 행당동 : 0.12



최근 탈핵무당 움직임



핵오염수 망언망동 정치인  
'오염수5적' 선출 국민투표

핵오염수 망언망동 '오염수5적', 누가 있을까요?  
2024년 4월 총선에서 꼭! 기억해야 할  
'오염수5적'을 투표해주세요.

투표 기간: 2월 5일 (월) ~ 2월 16일 (금) / 2주간

핵오염수 고도해도  
해방되기까지 6000

<p><b>일바꾸기 · 국민우물샘위</b></p> <p>ALPS가 걸러내지 못하는 삼중수소가 알뜰 유방 2020년 오염수 괴담은 '뇌피셜' 2023년</p> <p>김기현 국민우물샘위</p> <p>김기현 (국민의힘, 울산 남구을) 3년 전에는 ALPS가 걸러내지 못하는 삼중수소가 알뜰 유방할 수 있다고 하더니, 정권이 바뀌자 오염수 괴담은 '뇌피셜'이라며 말바꾸기함</p>	<p><b>국민우물샘위 · 색깔론</b></p> <p>오염수 중단을 요구하는 데는 공산주의 국가 밖에 없다</p> <p>김미애 국민우물샘위</p> <p>김미애 (국민의힘, 부산 해운대구을) 오염수 방류 문제를 걱정하며 해결 방안을 묻는 주민에게 '오염수 중단을 요구하는 데는 공산주의 국가 밖에 없다'고 말하며 새정권을 부추기고 국위 보명을 요청함</p>	<p><b>사실 해국 · 국민우물샘위</b></p> <p>관우병, 사드 통 숯한 괴담이 우리 사회에 많은 패악을 퍼뜨리며 과학 의원하고도 같은 조영국영을 몰고 나가서 침묵하는 것, 입, 세, 혁</p> <p>박덕률 국민우물샘위</p> <p>박덕률 (국민의힘, 충북 보은군옥천군영동군괴산군) 오염수 핵당투기로 인한 국민 불안을 야당 핵심으로 돌리며 관우병, 사드와 함께 모두 괴담으로 치부함</p>	<p><b>사실 해국 · 국민우물샘위</b></p> <p>핵안이 안전부서에게 오염수 반대활동 저장을 내리는 것으로 파악하고 있다</p> <p>유상범 국민우물샘위</p> <p>유상범 (국민의힘, 강원 춘천군영성군영성군영성군) 오염수 핵당투기를 반대하는 시민들을 북한이 지원한다며 중추하는 사실들로 규정하여 국민 불만을 조성함</p>
<p><b>사실 해국 · 국민우물샘위</b></p> <p>미국 2011년 발생한 '기' 핵발전소 오염수 투기는 '오염수'와 '핵'을 구분하지 않는 '기'서 수조물을 보지 않을 것이다</p> <p>김영선 국민우물샘위</p> <p>김영선 (국민의힘, 경남 창원시의창구) 오염수 핵당투기의 안전성을 강조하기 위해 노획된 수산시장 수조물을 피혁으며 국민을 우롱함</p>	<p><b>사실 해국 · 국민우물샘위</b></p> <p>백인이 '후쿠시마 (오염수) 반대 투쟁을 벌이다'는 '진짜'를 내리고 장소를 (-) 주변으로 하라고 하면, '침묵'이 열린다</p> <p>박대홍 국민우물샘위</p> <p>박대홍 (국민의힘, 경남 진주시) 영확한 근거없이 오염수 반대 집회가 북한 지원을 받아 이뤄졌다는 색깔론을 펼침</p>	<p><b>사실 해국 · 국민우물샘위</b></p> <p>맛물에도 삼중수소 있다 비만 맞아도 방사는 테리 합하는 것과 같다</p> <p>윤상현 국민우물샘위</p> <p>윤상현 (국민의힘, 인천 동구미추홀구을) 비물에도 삼중수소가 많다고, 비를 맞으면 '방사능'에 노출된다는 발언으로 사실을 왜곡한 사실을 왜곡하는 발언으로 사실을 왜곡함</p>	<p><b>일바꾸기 · 국민우물샘위</b></p> <p>오염수 방류는 국민 건강과 안전에 심각한 피해 2020년 위험하다는 과학적 근거가 전이 없는데 선출됨 2023년</p> <p>임이자 국민우물샘위</p> <p>임이자 (국민의힘, 경북 상주시문경시) 문제인 정권에서는 국민 건강과 안전, 수산업에 피해를 주며 대국민을 속여왔지만, 정권이 바뀌자 위험하다는 근거가 없다는 선출한다고 말바꾸기함</p>
<p><b>국민우물샘위</b></p> <p>2008년도에 관우병, 사드 전자파 관련 괴담의 괴담 선출 후쿠시마 오염수도 마찬가지</p> <p>조경태 국민우물샘위</p> <p>조경태 (국민의힘, 부산 사하구을) 오염수 핵당투기 반대 목소리를 관우병·사드와 묶어 괴담 선출이라 지부함</p>	<p><b>국민우물샘위 · 색깔론</b></p> <p>후쿠시마 오염수 방류 문제를 정치적인 목적으로 활용하는 세력은 세계에서 북한노동당, 중국공산당 그리고 대한민국에 더불어민주당 뿐이다</p> <p>태영호 국민우물샘위</p> <p>태영호 (국민의힘, 서울 강남구갑) 오염수 핵당투기 반대 세력을 조선노동당, 중국공산당에 비유하여 색깔론을 펼치고 불만을 조성함</p>		

최근 탈핵무당 움직임

후쿠시마 핵 사고 13주기  
에너지 전환대회



2024. 3. 16. (토) 서울 일대  
#바꿔, 정치! #안대, 핵발전!  
#멈춰, 에너지 민영화! #잘해, 기후대응!



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 : 한국수력원자력(주)

3. 공람기간 및 장소/의견수렴대상 지자체

- 가. 공람(열람)기간: 2023.4.13.~ 2023.5.23. 09~18시 (단, 토·일요일 및 공휴일 제외)
- 나. 의견수렴대상 지자체: 방사선비상계획구역(EPZ) 내 16개 지자체

경과

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	백스코 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 공청회과 같은 큰 소란없이 마무리됨
- 이미 2호기에서 탈원전 세력의 기세가 꺾인 것으로 판단

- 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 운용할 예정



## 전기신문

### 11차 전기본 '신규원전' 쉽지 않네 사업 일정 단축 절실

노동석 센터장 “2038년까지 들어오려면 공기 단축 필요”  
11차 전기본에는 2038년까지의 발전설비계획이 포함  
신규원전 건설은 통상 15년 가량 소요

- ▲부지확보 3년 ▲사업 준비 49개월
- ▲건설 준비 22개월 ▲시공·시운전 74개월

#### [이슈분석] 11차 전기본 초안 공개, 계속해서 미뤄지는 이유는?

에너지경제신문 | 입력 2024.01.19 10:43

11차 전기본 총괄위원장인 정동욱 중앙대 교수도 최근 본지와와의 인터뷰에서 "신규원전 건설은 아직 정확한 답을 갖고 있지 않다. '무조건 반영한다' 혹은 '반영 하지 못 한다' 둘 다 불확실하다"

대통령실에서 산업부에 신규 원전 10기를 11차 전기본에 반영하라는 지시를 했다는 언론 보도가 나온 바 있다.

원자력지시시민단체협의회 성명

원자력발전소의 대대적 증설을 촉구한다

인공지능이 문명전환을 예고하고 있다.

세상 모든 사람이 인공지능의 혜택을 받지는 못할 것이다. 인공지능을 이용하기 위해선 고성능 반도체와 풍부한 전력이 필요하다. 이 두 가지를 모두 갖춘 나라는 많지 않다.

대한민국은 문명전환에 동참할 수 있는가?

대한민국의 사정은 어떤가? 다행히 삼성전자와 SK하이닉스가 고성능 반도체를 생산할 능력을 보유하고 있어 인공지능을 활용할 기본적 여건은 갖추었다.

그러나 인공지능의 본격적 활용을 위해 2,30년 내에 엄청나게 증가할 전력수요를 뒷받침할 인프라는 준비돼 있는가?

금년 다보스포럼에서는 인공지능의 활성화, 데이터센터 전력수요 급증 등으로 오는 2050년 전력수요가 상상할 수 없는 수준으로 폭증할 것이라는 예측이 제시됐다.

제28차 유엔기후변화협약 당사국총회 COP28에서 대한민국은 넷 제로 뉴클리어 이니셔티브(Net Zero Nuclear Initiative)에서 2050년까지 원자력발전용량을 2020년 대비 3배 이상 늘리겠다고 다짐했다.

-중략-

태양광, 풍력발전소의 전기생산은 기후와 날씨에 따라 천차만별이다. 믿을 수 없는 전원이다. 석탄과 가스는 모두 해외에서 수입해야 한다. 어떤 상황에서도 믿을 수 있는 에너지원은 원자력발전소다. 우리 안보를 지키는 에너지는 원자력이다. 정부는 안보를 위해 원자력발전소를 대대적으로 증설하라.

정부는 수소경제시대를 위해서 오는 2030년부터 매년 2천2백만 톤의 수소를 해외에서 수입하겠다는 계획을 세우고 있다. 이게 현실적인 계획인가? 국내 원자력발전소에서 수소를 생산해야 환경과 경제, 안보를 지킬 수 있다. 정부는 수소경제시대를 대비해 원자력발전소를 대대적으로 증설하라.

원자력발전소의 대대적 확충은 인공지능, 기후변화 대응, 경제, 안보, 수소경제시대를 위해 반드시 필요한 시급한 과제다. 정부는 제11차 전력수급기본계획을 통해 획기적인 원전 확대 청사진을 제시하라.

2024. 1. 29

원자력지시시민단체협의회 - (사)사실과과학네트워크, (사)에너지와 여성, (사)에너지미래를생각하는법률가포럼 (사)원자력산업환경진흥협회, (사) 한국원자력국민연대, (사)한국원자력문화진흥원, (사)환경운동실천협의회, 기후환경에너지실천연대, 사실과과학문화행동, 에너지과학도시군산사랑모임, 원자력살리기국민행동, 원자력정책연대, 행동하는자유시민, CFE코리아 -사단법인 우선, 한글 자모 순

주요경과

- 23.06.30 한빛1호기 계속운전 주기적 안정성평가보고서 원안위 제출
- 23.10.10 방사선환경영향평가서 원안위와 지자체 제출, 공람
  - 광역지자체 2곳(전라남도, 전라북도), 기초지자체 6곳(영광군, 함평군, 장성군, 무안군, 고창군, 부안군)
- 23.10.19 무안/장성 공람 시작, 영광/함평/고창/부안 등 주민 공람보류
- 24.01.17 한수원, 영광/함평/고창/부안 상대 ‘부작위 위법 확인’ 행정소송 제기
- 24.01.25 고창군은 법적 대응 예정, 다른 군은 공람 중



달핵신문입력 2023.10.13

영광군 : 주민 피폭선량 평가와 중대사고 결과를 초안에 반영  
 부안군 : 각 면별 주민총피폭선량 표기  
 함평군 : 기상조건을 추가해 방사성 물질 이동예측 평가 보완, 계절별 변화를 고려한 운배수 확산  
 사고시 주민 안전을 위한 방재내용을 보완  
 고창군: 최신 기술 수준을 적용해 초안을 재작성  
 한수원 : ‘평가서 초안은 규정에 따라서 작성했다’는 입장



## 보호 못 받는 공익신고 민간 지원재단 만든다

회사서 보복·직위해제... 강창호 한수원 노조위원장 회견

장혜원 기자 [기자페이지+](#)

입력 2024-02-04 19:00:00



## 월성1호기 부패행위신고자 활동 경과

공소장에 드러난 월성 원전 폐쇄 결정 과정

**2018년 4월 2일** 문 대통령, 靑 내부 시스템에 '월성 1호기 영구 가동 중단은 언제 결정할 계획인가요' 댓글 게시



채희봉 비서관, 댓글 보고한 행정관에게 '산업부에 대통령 하문(下問) 전달하고 입장 받아라' 지시



**4월 3일** 정모 산업부 과장, 백운규 장관에게 '월성 1호기 조기 폐쇄하되 원안위 허가까지 2년 6개월 더 가동 필요' 보고, 백 장관, "너 죽을래" 질책



- ① 2020.1월: 월성1호기 부패행위 감사실, 검찰 신고
- ② 2020.2월: 한수원이 신고자를 직위해제
- ③ 2021.1월: 권익위 신고자 보호 결정 및 직위해제 취소 주문
- ④ 2021.2월: 한수원이 서울행정법원에 권익위 결정에 대한 취소소송
- ⑤ 2022.3월: 한수원 감사실이 신고자를 형사고발
- ⑥ 2022.9월: 서울행정법원, 고등법원 모두 한수원이 패소하여 신고자 직위해제 취소
- ⑦ 2023.11월: 한수원 감사실에서 고발한 사건이 기소됨

### 필요성

- 정치 바람으로부터 원자력을 보호 : 후쿠시마 선동, 고준위폐기물, 원자력R&D예산삭감 등 몽니 제거

### 원자력지시민단체 성명

각 정당은 제22대 국회에 원자력산업계 전문가를 다수 영입하라.

금년 4월 제22대 국회의원 총선거는 우리 대한민국이 선진국 대열에 정착하느냐, 후진국으로 추락하느냐를 결정하는 중대한 선택의 순간이다.

대한민국은 어느 시기부터인지 사리사욕과 특정 이념을 앞세운 정치세력의 분탕질로 정치, 경제, 사회 등 각 분야의 기강이 무너지고 법치가 실종되고 말았다. 이념과 이권으로 굳게 뭉친 카르텔은 행정, 사법, 입법부에 깊이 뿌리내린 채 자가증식 중이다.

정치를 바꾸기 위해 먼저 국회의원부터 바꿔야 한다. 무능, 부패, 사악한 정치인과 정치세력은 물러나야 한다. 우리는 정직, 청렴, 선량한 정치인을 원한다.

우리 '원자력을 지지하는 시민단체 협의회'는 환경전문가를 자처하는 사이비 환경운동가와 그 아류가 제21대 국회의원으로 변신해 이제까지 온갖 거짓말과 교연영색으로 대한민국 원자력산업계를 파괴하고 국민을 오도해 온 사실을 뼈아픈 심정으로 지켜보았다. 그들은 국회의원이 아니라 태양광발전, 가스발전 사업자의 앞잡이라고 해야 마땅할 것이다.

무자격 정치인들이 탈원전에 앞장선 결과가 무엇인가? 한국전력 누적적자 200조 원이 그것이다. 5천만 국민 모두가 각각 400만 원씩 부담해야 청산이 가능한 빚더미다. 지금 대한민국 산업경쟁력을 갹아먹는 가장 큰 문제 가운데 하나는 점점 비싸지고 있는 전기요금이다.

-중략-

그럼에도 불구하고 탈원전을 부르짖고 우리 원자력발전소의 해위수출을 반대하는 사이비 환경운동가, 무자격 정치 건달들에게 국회의원이라는 막중한 소임을 떠안긴 정당은 깊이 반성하고 국민에게 사죄해야 한다.

우리는 각 정당 지도부에 호소한다. 대한민국의 밝은 미래를 위해 원자력산업계 전문가를 제22대 국회의 비례대표로, 지역구 후보로 공천하라. 대한민국이 발전하기 위해선 원자력발전에 이해가 깊은 관련 전문가들이 입법과 정책 수립에 적극적으로 참여해야 한다.

대한민국 정당들이 4월 총선을 통해 진정으로 미래세대의 번영과 행복을 설계하는 국회를 구성하고자 한다면 먼저 자당의 국회의원 후보로 원자력산업계 전문가를 다수 공천함으로써 진심을 증명하기 바란다.

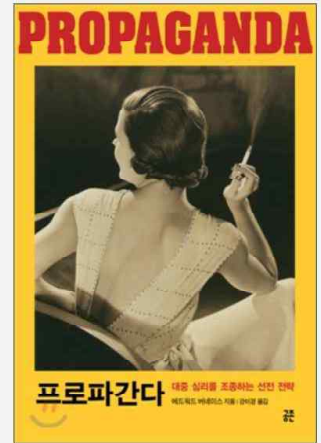
2024. 1

원자력지시민단체협의회 - (사)사실과과학네트워크, (사)에너지와여성, (사)에너지의 미래를 생각하는법률기포럼 (사)원자력산업환경진흥협회, (사) 한국원자력국민연대, (사)한국원자력문화진흥원, (사)환경운동실천협의회, 기후환경에너지실천연대, 사실과과학문화행동, 에너지과학도시군산사랑모임, 원자력살리기국민행동, 원자력정책연대, 행동하는자유시민, CFE코리아-사단법인 우선, 한글 자모 순

탈핵 PROPAGANDA

▶ PROPAGANDA : 사실 여부와 상관없이 설득하고 선동하는 행위 (거짓 선동)

- 1622년 카톨릭 선교 기관 이름에 등장
- 1871년 테일러 바넘이 상업적 수단(쇼 비즈니스)으로 활용 :
  - \* 80세의 단원을 161세로 선전, 이 사실이 밝혀지자 인조 인간이라고
- 1차대전시 '독일의 프로파간다'를 거짓이라고 연합국이 선동 : 부정적 이미지화
- 1928년 EDWARD BERNAYS가 체계화 : 저서 '프로파간다', 마케팅 전문가 등장 아이보리 비누 조각대회
- 2차대전시 나치의 프로파간다 (괴벨스) : 프로파간다를 먼저 하고 그것에 맞춰 정책을 진행
- 소련/중국/북한 공산당 : 프로파간다 + 세뇌
- \* 세뇌 : 양심과 도덕성을 타락시킴, 인식능력을 혼돈 시킴, 어떤 자극에 특정한 방향으로 반응케 함
- 탈핵 세력은 끊임없이 거짓 뉴스로 선동 중

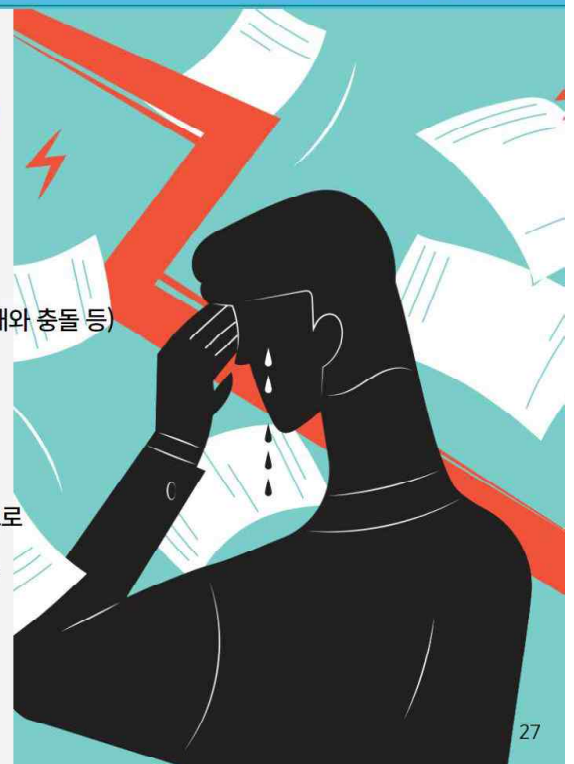


괴담 선동의 이해

▶ 정치경제적 측면 (조동근 명지대 명예교수, 바른사회시민회의 공동대표)

- 기대 수익때문에 선동
- 감성 자극으로 화두 선점 -> 개연성 소멸-> 기정사실화-> 교정 불가
- 우리나라 괴담선동의 일상화 원인 : 온정주의, 유화적태도, 무처벌
- 1) 1987년 629민주화선언으로 좌절된 민주화 세력이 92년 6월 인천공항 괴담 생산(침하, 새와 충돌 등)
  - \* 김영삼 정부는 인천공항 건설 제동, 결국 개항이 4년 늦어짐, 처벌이 없었음
- 2) 광우병 : 이명박의 압승(500만표)에 대한 저열한 투쟁
  - \* 실용을 표방한 탈이념의 문약한 이명박 정부가 방기로 괴담의 일상화 진행
  - \* 칼포퍼(열린 사회) : 가짜 뉴스의 단속과 처벌을 반대하는 세력에 의해 민주주의가 위기속으로
  - \* 괴벨스 : 원수에게 자신을 섬멸할 무기를 스스로 쥐어 준다는 것은 민주주의의 최고 난센스
  - 결국 대통령(문재인)과 당대표(이재명)가 괴담 생산자로 변신

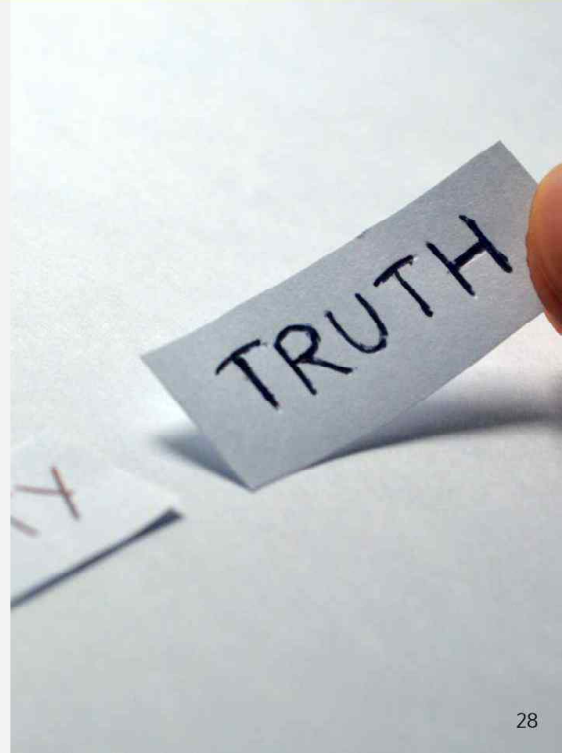
괴담 저지 방안 : 기대 수익이 마이너스가 되도록 처벌



괴담 선동의 이해

사회 심리적 측면 (박인환 전 건국대 교수, 바른사회시민회의 공동대표)

- 나치(괴벨스)가 파악한 집단광기 심리
- 1) 분노와 증오는 대중을 열광시키는 가장 강력한 힘
- 2) 대중은 설득시키는 것이 아니고 도취 시키는 것이다.
- 3) 거짓말은 처음에는 부정하고 다음은 의심하나 계속하면 믿게 된다
- 4) 거짓과 진실의 적절한 배합이 100% 거짓보다 더 효과가 크다
- 5) 대중은 작은 거짓말보다 큰 거짓말을 잘 믿는다. 그리고 그것은 진실이 된다.
- 6) 승리한자는 진실을 말했느냐 따위를 추궁 당하지 않는다.
- 7) 이성을 제압하여 승리를 거두는 가장 손쉬운 방법은 공포와 힘이다.
- 8) 국민들에게 불쾌한 뉴스를 무조건 숨기는 것은 심각한 실수다.
- 가짜뉴스 전달 강도 = [내용의 중요성] X [모호성(정보 부족)]
- 믿는 바가 진실이기를 바라는 마음이 집단 확증편향을 일으킨다.



괴담 선동의 이해

철학적 측면 (홍성기 아주대학 명예교수)

- 과학 괴담의 구분
- 1) 정상과학 : 소수 과학자의 괴담은 기존 과학자 집단에 의해 반박됨
- 2) 과학담론(과학 철학, 과학 정책, 환경주의, 위험 소통 등) : 완벽한 반박 불가능
  - 과학은 불완전
  - Absence of evidence is not the evidence of absence
  - 극한적 상상
  - 절대적, 초장기적 안전성 추구
  - 공적 권위 불인정
- 과학 괴담의 특징
- 공적 권위가 무너지고 사적 권위가 그 자리를 차지 : 광우병때 식약청의 권위 붕괴
- 다행히 광우병과 달리 후쿠시마는 **공적 권위가 정상 가동**
  - 정부 : 원자력안전위원회, 해양수산부,
  - 단체 : 원자력학회, 방사선방어학회, 한국과학기술단체총연합회, 한국과학기술한림원
  - 국제 기구: IAEA
- 괴담 선동을 막으려면 **윤리의식 제고 필요**



괴담 선동이 퍼져 나가는 이유

- ▶ 노력 장벽 : 진위 확인이 상대적으로 어려운 경우
- ▶ 정보 공백 : 정보가 없는 경우 처음 얻은 정보를 기준으로 판단
- ▶ 순환 고리 : 여러 곳에서 같은 정보를 얻을 때
- ▶ 믿고 싶은 마음 : 나에게 이익이 되는 경우
- ▶ 자존심의 덧 : 틀렸다는 사실을 인정하기 싫어하는 마음
- ▶ 무관심 : 진위 자체가 중요하지 않거나 애써봐도 소용없다고 생각
- ▶ 상상력 부족:

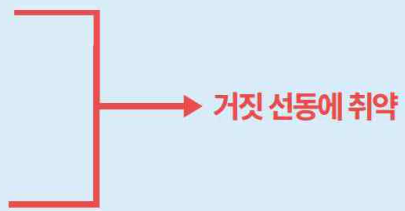


군중 인식(심리)

- ▶ 군중 : 일정한 공간을 차지하는 사람들의 무리
- > (공간+방송+ SNS)를 통하여 모이는 무리

> 군중 심리 : 많은 사람들이 한꺼번에 상호작용할 때 나타나는, 개인 수준에서는 잘 발견되지 않는 심리

- 피암시성: 암시(감성적으로 넌지시 알림)에 크게 취약해져 무의식적으로 행동
  - 충동성(폭력성): 충동적(즉흥적)인 행동
  - 과장성(단순성): 감정이 단순해 지고 과장되거나 강화됨
  - 편협성(전횡성) : 다른 사람(집단)의 반대 의견을 허용(수락)하지 않는 경향이 농후
- \*지혜있는(또는 간교한)정치인들은 자신의 뜻(긍정적, 부정적)을 관철시키는 도구로 사용



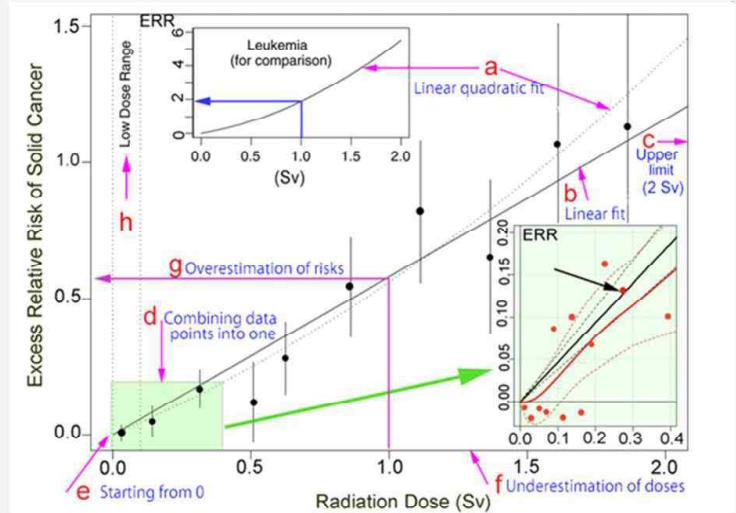


보이지 않는 방사선에 대한 두려움에서 기인

- 저선량은 문제 없음 (우리는 이미 방사선의 바다에서 살고 있음)
- 주민은 고선량에 노출될 가능성이 없음
  - TMI 와 후쿠시마에서는 고선량 피폭자 없음
  - 체르노빌에서도 중사자만 피폭 사망

식품 중 칼륨40(K-40)의 방사능 (단위: Bq/kg)

쌀	30	분유	200	녹차류	600
식빵	30	시금치	200	감자칩	400
쇠고기	100	버섯류	700	청주	1
생선	100	김피	2000	맥주	10
우유	50	생미역	200	와인	30



‘용량이 독을 만든다’ 독성학의 아버지 Paracelsus

물질	물	커피	니코틴	소금	바나나	맥주	청산가리	방사선
반수 치사량	7리터	110잔	75개피	300g	400개	120잔	0.6그램	4000mSv

Hormesis : 유해요인에 대한 적응반응

임계점을 넘는 경우에만 위해로 작동하고, 적정용량 이하에서는 오히려 유익한 효과

낮은 용량에서는 자극이나 유익한 효과  
높은 용량에서는 억제나 유해한 효과

생물종	반응	반응	문헌
원생동물, 세균	성장속진	< 50mGy/yr	planet 등, 1987
생쥐	면역반응	0.025~0.1Gy	Lin 등, 1987
사람	세포면역	< 0.5Gy	Bloom 등, 1987
식물 종(種)	성장속진	다양	Sheppard & Regiting, 1987
사람	발암률	0.05μr/yr	Nambi & soman, 1987



에너지원별 중대 사고 치명률

단위: 명, 전력 생산 1조 kWh당 사망자 수

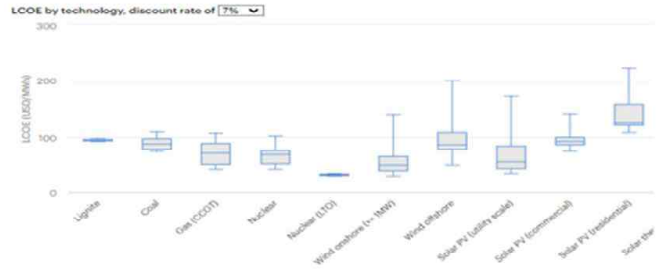
석탄	14
천연가스	8
2세대 원전	0.5
3세대 원전	0.0008
태양광	0.03
육상 풍력	0.2
해상 풍력	1

발전원별 생애주기 탄소배출량

(단위: gCO2eq/kWh)



LCOE by IEA



100만kW급 연료 필요량(연간)



탈핵 선동으로 밥벌이 하는 탈핵 무당의 인식을 전환하기는 어렵다.

● 국민을 대상으로 인식 전환을 시도하자.

- 과학적 사실을 지속적으로 알리자
  - 원자력은 통상적인 재해나 태양광 보다 안전하다는 사실이 역사적 통계
- 친원전 시민단체를 강하게 키우자 (참여와 후원)
- 전문적 소통 인력 양성
- 국가적 소통 기구 설치 (정보 전달을 넘어 개입, 해결하는 기구)

원자력계는 반지성 선동을 이겨낼 능력이 있다.

다만 행동이 없었다.

이제부터 행동하여 제 2의 탈원전을 막자!



Thank you.  
Q & A



# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

탄소중립 달성과 안정적 에너지 수급을 위한  
최적 에너지믹스

이만기 위원





2차년도 중간 발표회

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

이만기 위원

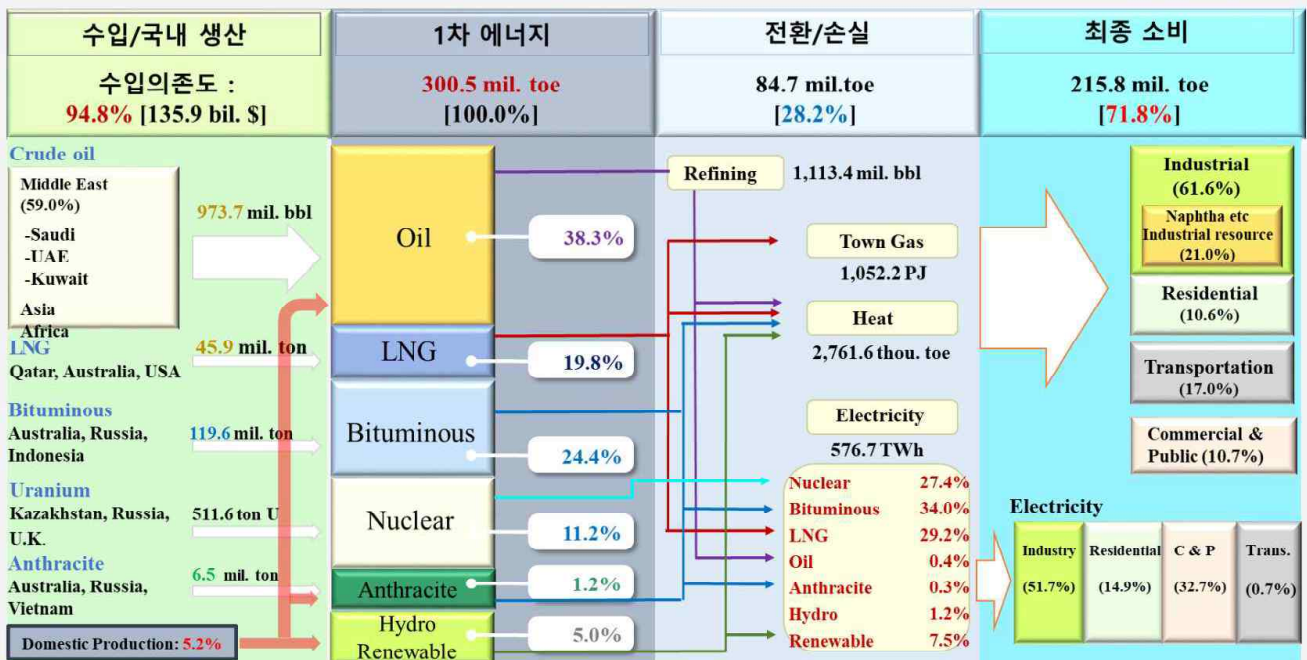
## 탄소중립 달성과 안정적 에너지 수급을 위한 최적 에너지믹스

- 주요 입력자료 분석을 중심으로



### Energy Balance Flow of Korea in 2021

에너지 부문 온실가스 (백만톤 CO2eq) - 총배출: 국가 총배출의 86.9%, 587.7 / - 발전부문: 에너지 부문의 38%, 223.7

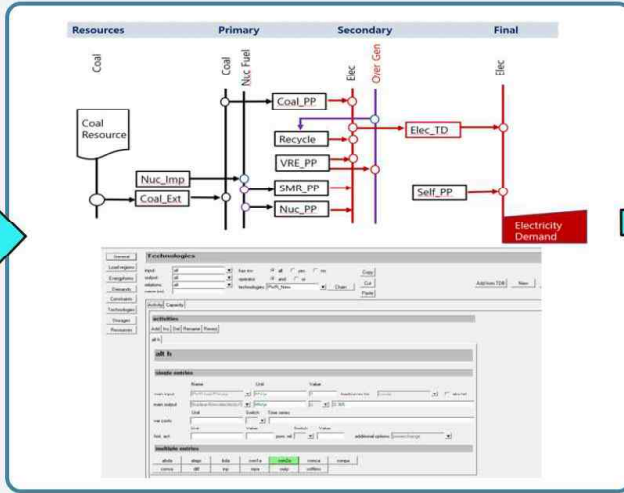


- IASA에서 개발
- Bottom up 모형 (총비용 최소화)
- 장기 에너지 시스템 모형
- IAEA 주력 에너지 모형
- IAEA 회원국 에너지 계획 수립
- IPCC 보고서 시나리오 작성

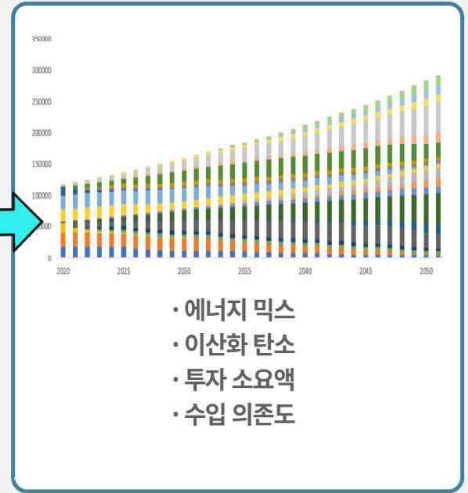
INPUT

- 에너지 chain 구조
- 에너지 수요 전망
- 전력부하 profile
- VRE load profile
- 기술/경제 파라미터
- 각종 제약 조건

MESSAGE



OUTPUT



MESSAGE: Model for Energy Supply Strategy Alternative and their General Environmental Impacts

탄소중립 달성과 안정적 에너지 수급을 위한 최적 에너지믹스

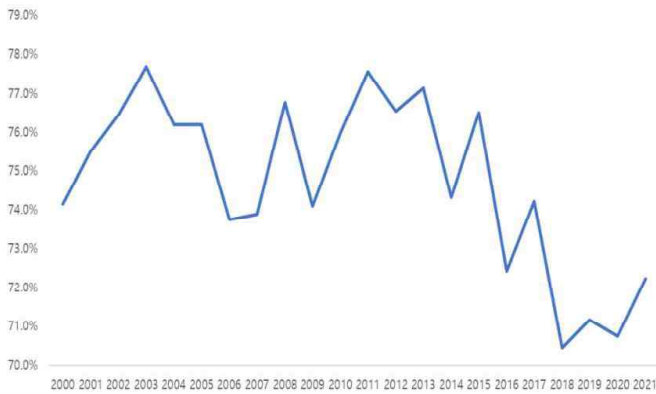
# CONTENTS

- 1 전력시스템 주요 실적 자료
- 2 전원믹스 개관 (Screening Curve)
- 3 재생에너지와 전력생산 profile
- 4 향후 수행계획



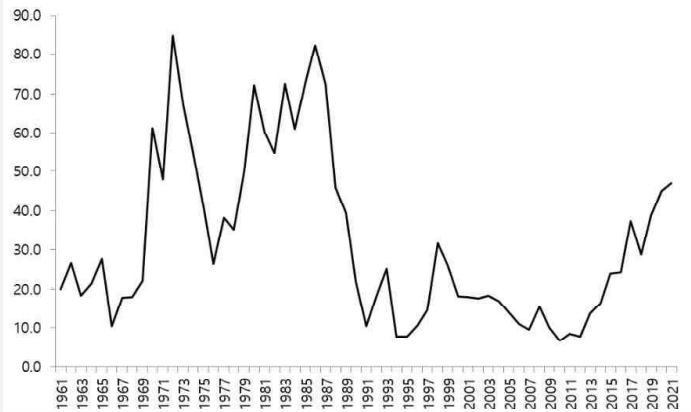
국내 전력시스템 부하율 추이

$$\text{부하율(\%)} = \frac{\text{평균부하}}{\text{최대부하}} \times 100$$



국내 설비에비율 추이

$$\text{설비에비율(\%)} = \frac{\text{최대전력} - \text{총발전설비용량}}{\text{총발전설비용량}} \times 100$$



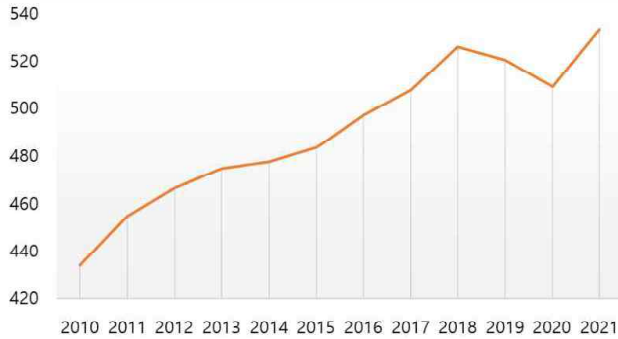
- 과거 LNG 가격은 변동 폭이 매우 큰 것으로 나타남.
- 8차 및 9차 전기본 수립 당시 안정화된 LNG가격은 최근 폭등하여 9차 전기본 입력 LNG 가격에 비해 2.5~2.8배 증가

(\$/mmBTU) 30.0

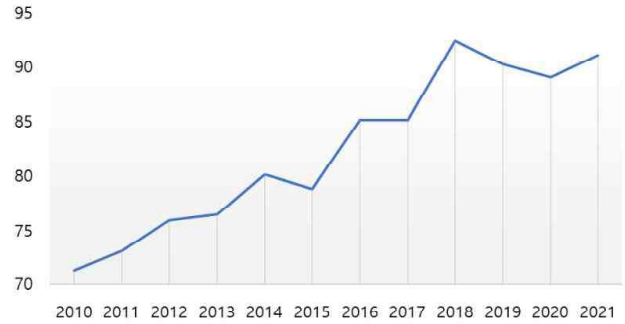


# 1. 전력시스템 주요 실적 자료 3) 전력수요 및 최대전력수요 추이

전력수요



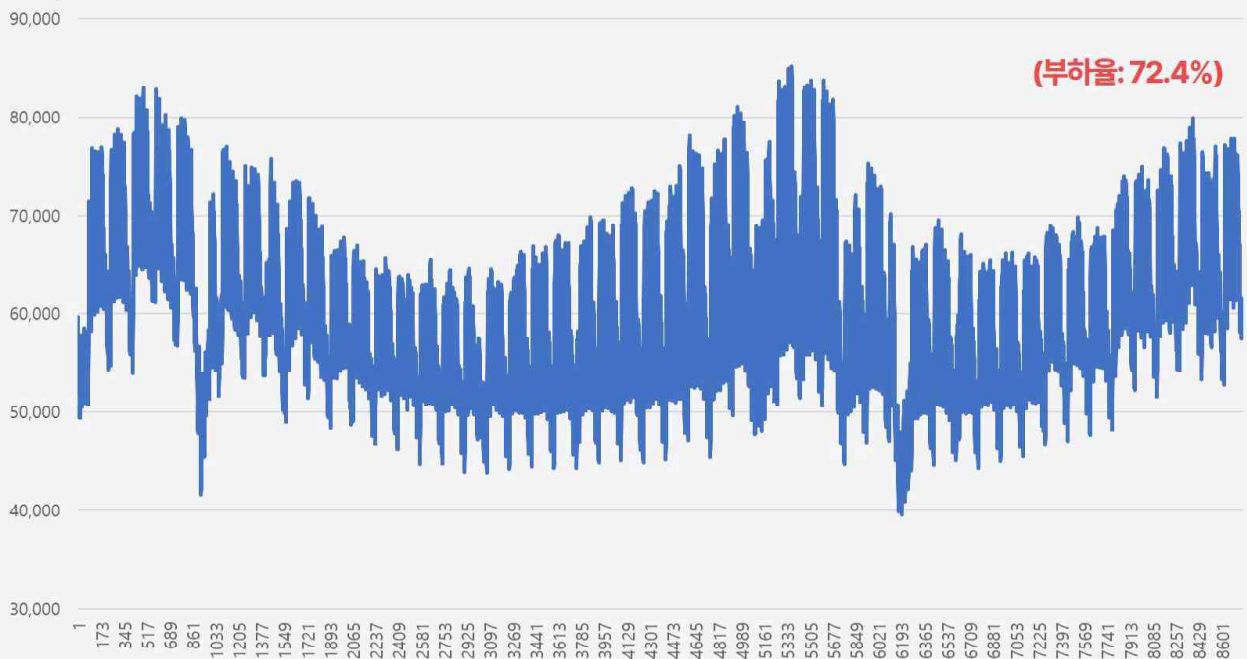
최대전력수요



	2000-2021	2000-2018 (코로나 이전)
전력수요	1.9%	2.4%
최대수요	2.3%	3.3%

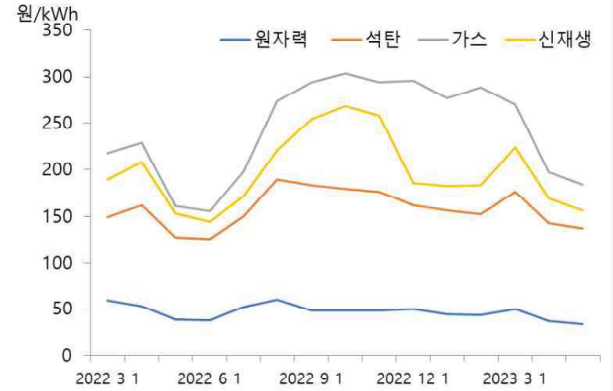
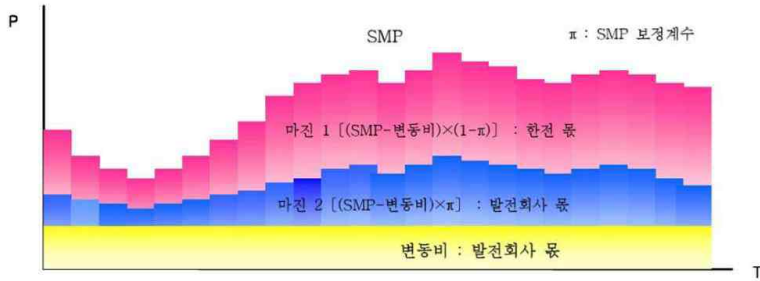
# 1. 전력시스템 주요 실적 자료 4) 국내 시간대별 부하 Profile

(2016년)



## 2. 전원믹스 개관(Screening Curve) 1) 전력시장 정산단가

정산단가 = 자기변동비 + (SMP - 자기변동비) x 정산조정계수(보정계수)

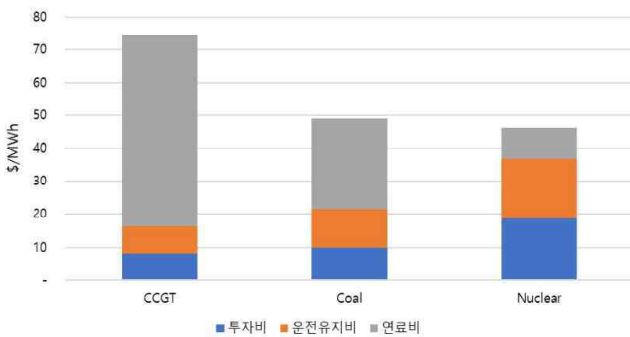


정산단가('22)	원자력	석탄	LNG	신재생
원/kWh	52	158	239	271 (70)

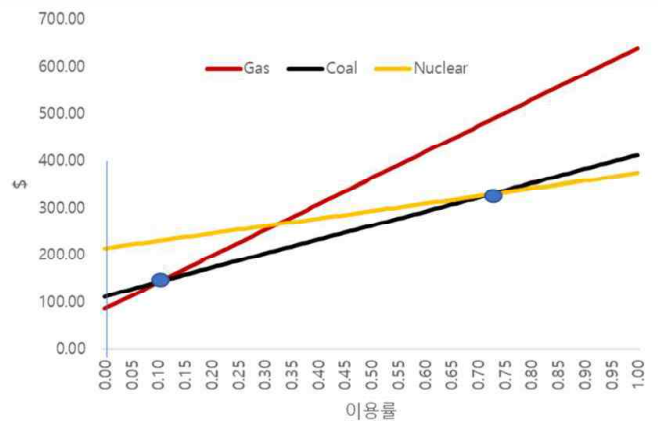
주: 신재생 ( )는 REC(보조금) 비용  
 자료: 전력거래소

## 2. 전원믹스 개관(Screening Curve) 2) 국내 주요 발전원의 균등화발전비용(LCOE)

LCOE 할인을 5%

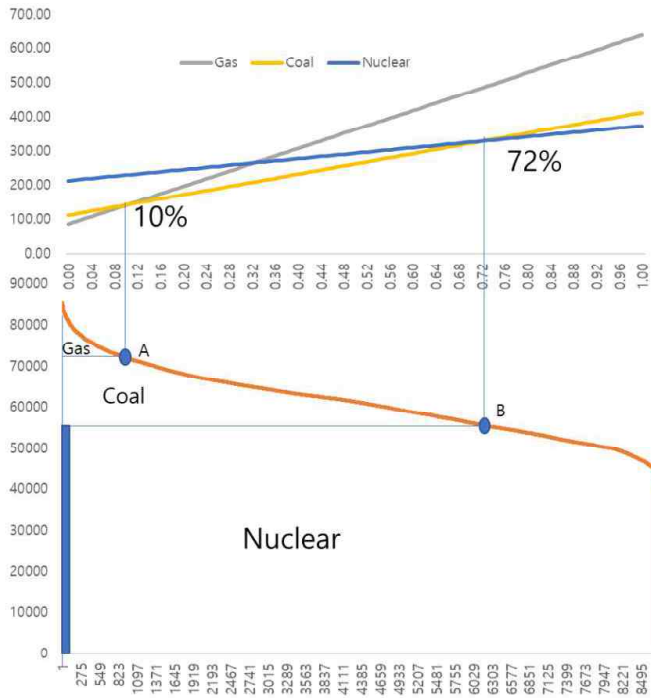


Breakeven 이용률



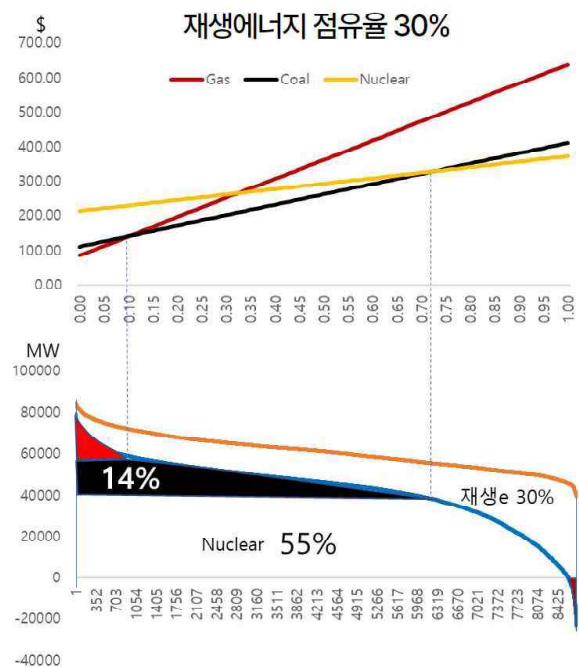
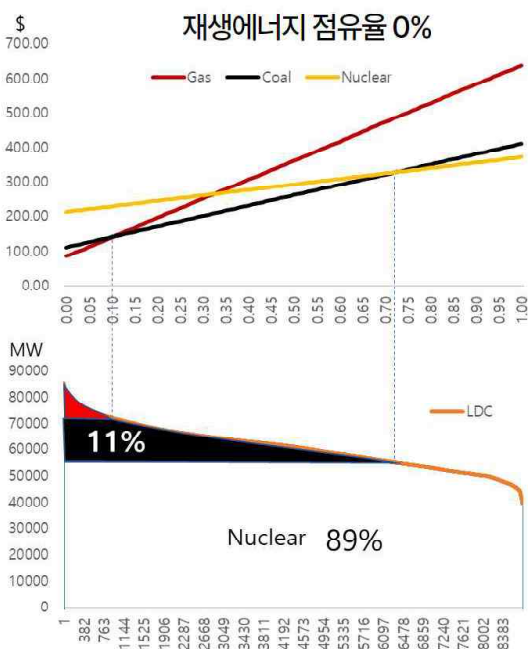
참조: PROJECTED COSTS OF GENERATING ELECTRICITY, OECD/NEA, 2020

## 2. 전원믹스 개관(Screening Curve) 3) Screening Curve 방법론을 활용한 전원믹스 시뮬레이션(1)

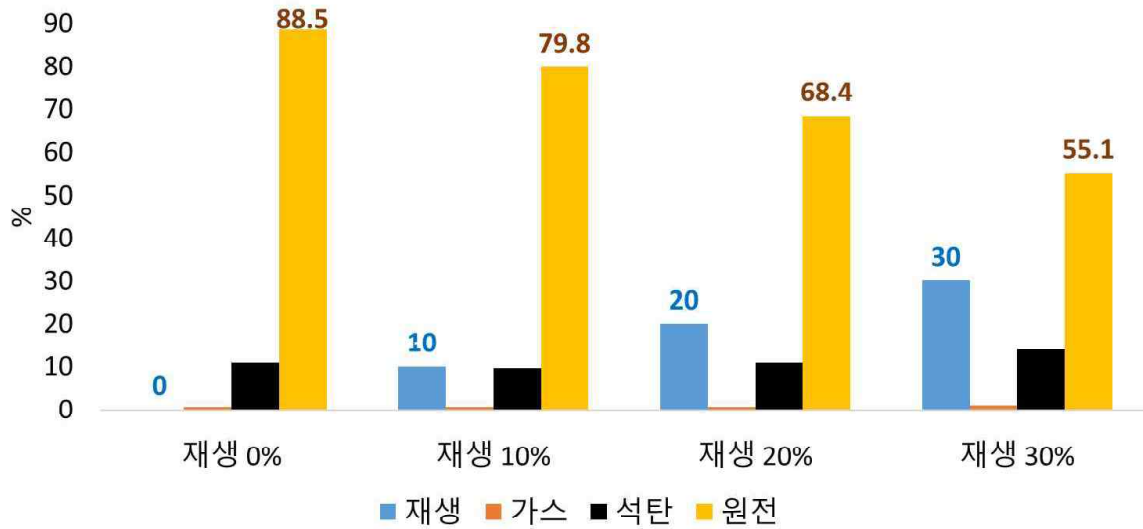


발전원	점유율
Gas	0.6%
Coal	10.8%
Nuclear	88.6%

## 2. 전원믹스 개관(Screening Curve) 4) Screening Curve 방법론을 활용한 전원믹스 시뮬레이션(2)

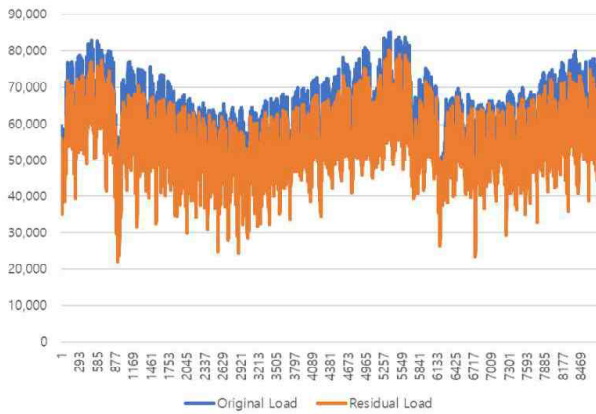


재생에너지 점유율이 증가함에 따라 석탄 발전 점유율은 거의 일정하지만 **원전 점유율 큰 폭 하락**

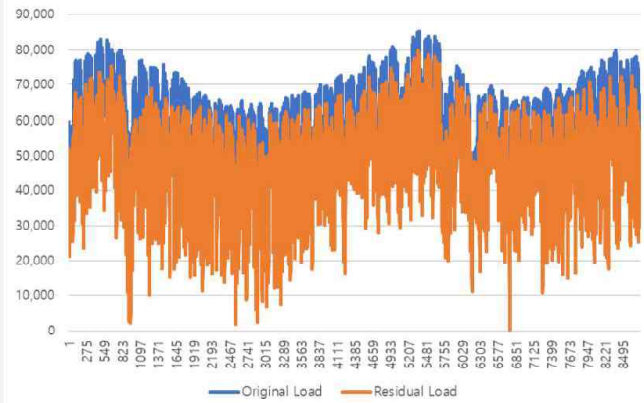


- 발전설비 이용률
- 기존 설비 및 확정투입 용량
- 전력시스템 신뢰도
- 발전원의 출력 유연성
- 각종 제약조건
- 기타

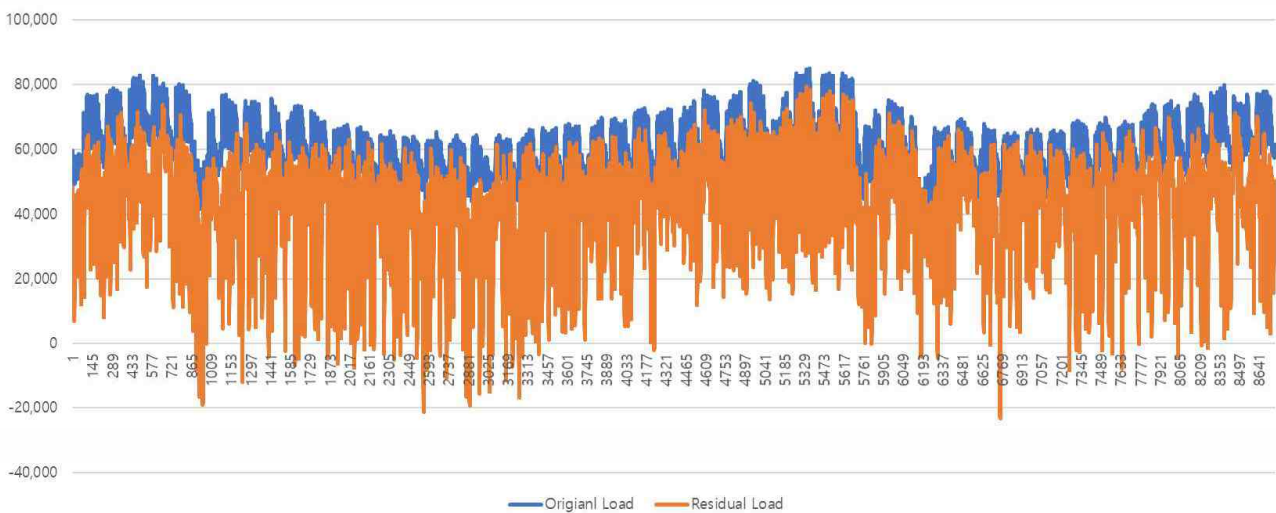
Chronological Load and Residual Load (재생: 10%)

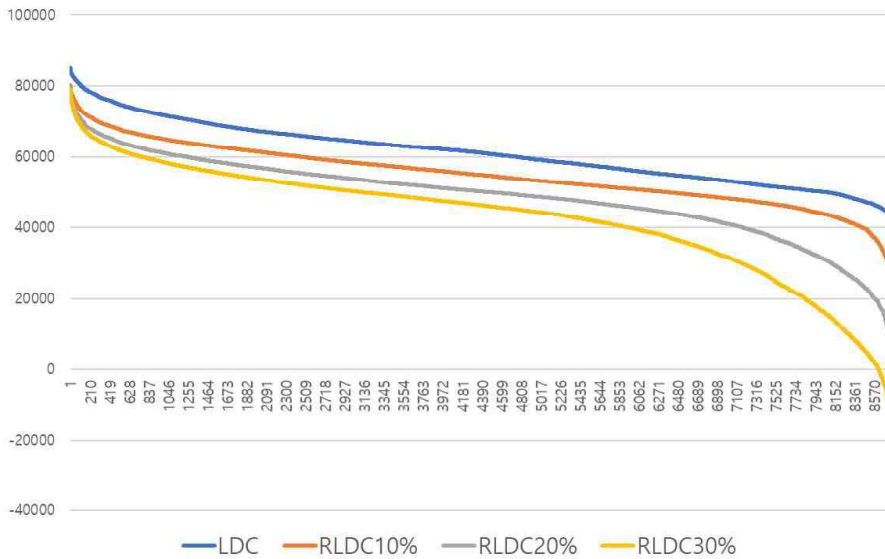


Chronological Load and Residual Load (재생: 20%)



Chronological Load and Residual Load (재생: 30%)

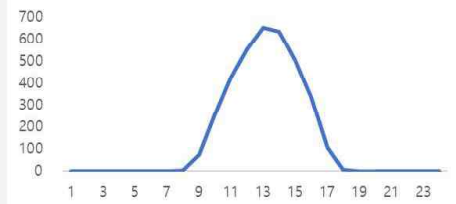




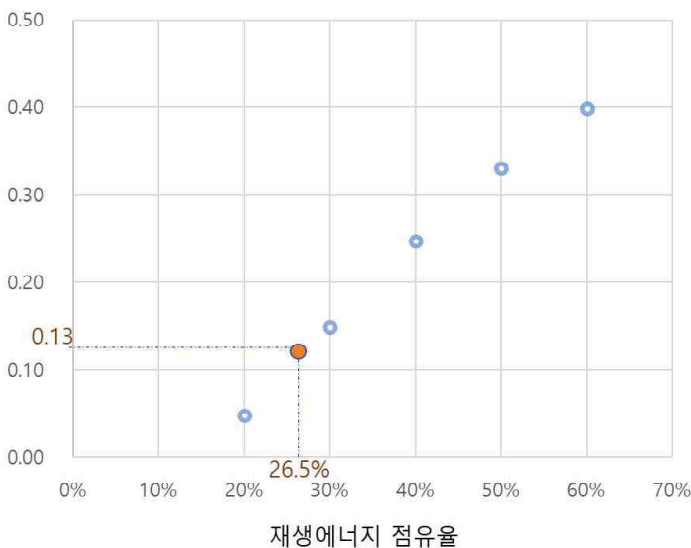
재생에너지 점유율 증가

- 첨두부하 기여효과 적음
- 기저부하 상당 부분 잠식

하루 시간대별 태양광 발전 패턴



재생e 단위당 과잉발전비(比)



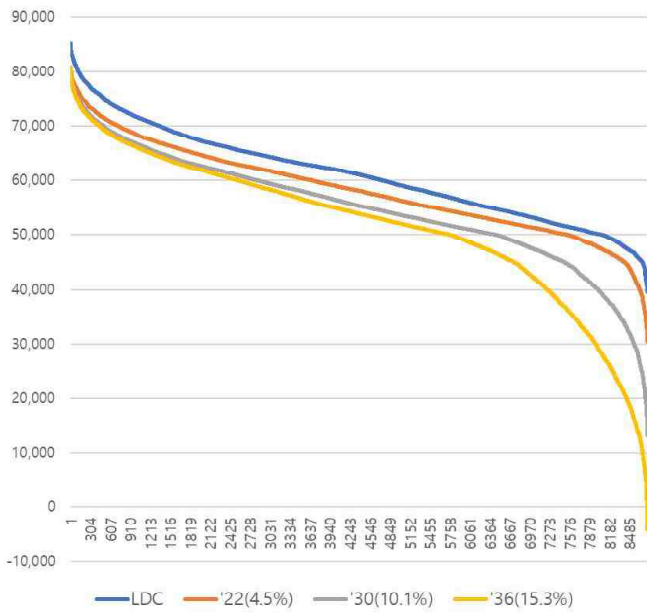
과잉발전량(음수)

$$= \text{발전량} - (\text{재생e} + \text{최소출력량}(50\%))$$

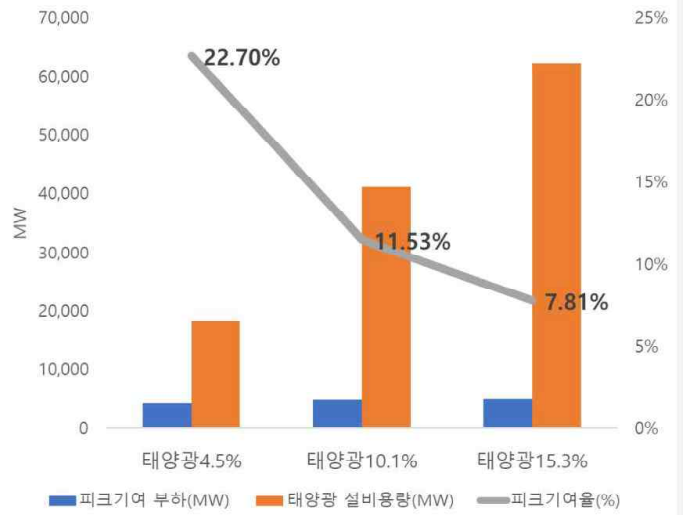
최소출력량 산출 근거:

- 재생e 26.5%('36) ≡ 재생e 단위당 과잉발전비 0.13
- \* 10차 전기본 참조

태양광 발전 점유율 증가와 RLDC 변화 추이



태양광의 피크 기여율 하락



- 제11차 전력수급기본계획 분석
  - 적정 에너지 믹스 모형 설정 고려 사항 반영
- 에너지 믹스 모델링을 위한 기본 입력자료 준비 및 분석(계속)
- 적정 에너지믹스 예비 모형 구축
  - Reference Energy System 설계(예비적 단계)
  - 전력수요 및 VRE 생산 패턴을 반영한 load region 설정
  - 전력시스템 제약조건 설정





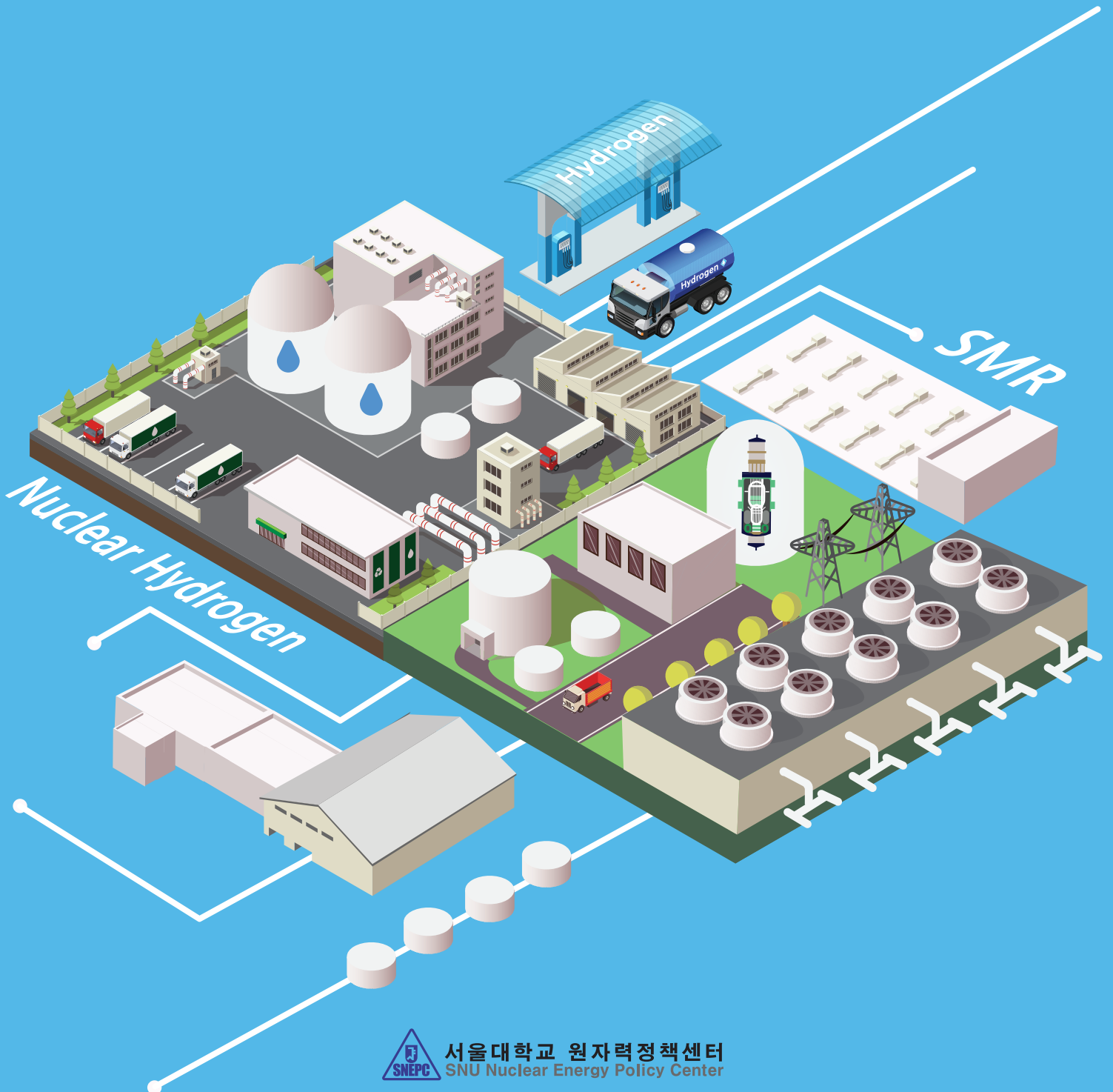


**Thank you.**  
**Q & A**



분과1

# 안전·규제 및 후행핵주기





# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 신형원자로(AR) 안전규제 현안 및 도전과제

오성현 위원





2차년도 중간 발표회

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

오성헌 위원

## 신형원자로(AR) 안전규제 현안 및 도전과제



### 신형원자로(AR) 안전규제 현안 및 도전과제

# CONTENTS

1 신형 원자로  
(Advanced Reactor, AR)

2 법령상 인허가 현안

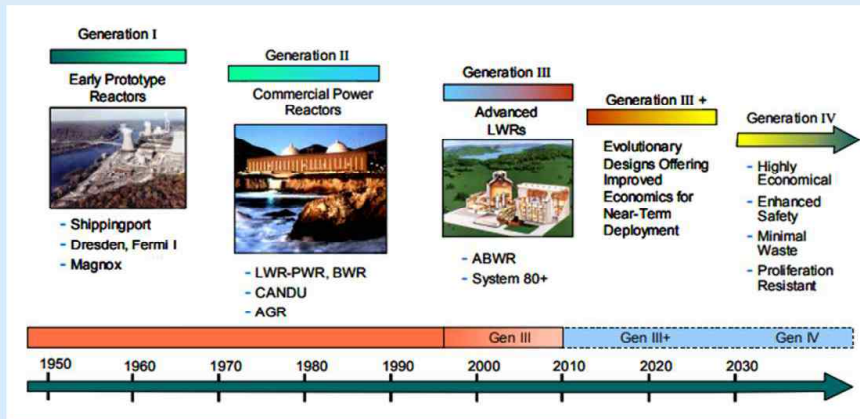
- 면제 및 대체규정 적용
- 특정기술주제보고서 대상 및 범위
- AR 다목적 활용
- 제어실 운전원 구성

3 도전과제

4 마무리

## Advanced Reactors :

- referred to as "Generation IV" nuclear technologies,
  - with existing commercial reactors constituting "Generation III" or, for the most recently constructed reactors, "Generation III+."
- ALWR, Gas-cooled reactors, Liquid metal-cooled reactors, MSR



[Source: "Advanced Nuclear Reactors: Technology Overview and Current Issues", February 2023, "A Technology Roadmap for Generation IV Nuclear Energy Systems", December 2002]

## Classification of Advanced Reactors

Advanced reactors	Large size (300 Mwe 이상)	Small size (300 Mwe 미만)
Light water reactors (LWRs)	Gen-III/III+ reactors	Small modular reactors (SMRs)
Gen-IV reactors, etc.		

## Definition of SMRs

United States (US)		United Kingdom (UK)		OECD/NEA		IAEA	
AR	SMR	· LWRs less than 300 Mwe	SMR	· Gen-III+ · Small size · Modular	SMR	· Gen-III+ · Gen-IV · 1 ~ 300 Mwe · Modular	· Gen-III+ · Gen-IV · Advanced concept · Inherent safety · Less than 300 Mwe · Modular
		· Non-light water reactors	AMR	· Gen-IV · Modular			

AR: Advanced Reactor. AMR: Advanced Modular reactor

[Source: "In-Goo Kim, Introduction to Nuclear Safety Regulation: lecture Notes, December 2023"]



적용 면제/대체 규정 적용

- 새로운 혁신 설계로 인하여 현행 규제요건을 적용하는데 한계가 있을 경우, 개발자는 타당한 근거를 제시하여 규제적용 면제 요청 가능
- 최근 미국 신청원자로 인허가 심사에서 중요하게 활용되고 있는 절차로서 국내 원자력안전법령에서 이의 적용성을 평가
- 국내외 관련 법령에서 면제/대체 규정 적용과 관련된 규정

국내	NRC
원자력안전법 제26조(운영에 관한 안전조치 등) 제1항	
<p><b>제1절 : 원자로시설의 위치</b> 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제3조(적용범위) 제2항</p>	<p>10 CFR 50.12 "Specific Exemption"</p> <p>10 CFR 50 Appendix A Introduction</p>
<p><b>제2절 : 원자로시설의 구조·설비 및 성능</b> 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제11조(적용범위) 제2항</p>	<p>10 CFR 52.7 "Specific Exemption"</p>

적용 면제/대체 규정 적용

국내	NRC
<p>원자력안전법 제26조(운영에 관한 안전조치 등) 제1항 :</p> <p>발전용 원자로운영자가 발전용원자로 및 관계시설을 운영할 때에는 인체·물체 및 공공의 안전을 위하여 다음 각 호의 조치를 <u>위원회 규칙으로</u> 정하는 바에 따라 하여야 한다. 다만, 위원회가 원자로의 사용목적이나 설계상의 원리적인 차이로 인하여 그대로 적용하기 어렵거나 기술적인 면에서 적용하지 아니하여도 안전상 지장이 없다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니한다.</p>	<p>10 CFR 50.12 "Specific Exemption"</p> <p>(a) The Commission may, upon application by any interested person or upon its own initiative, grant exemptions from the requirements of the regulations of this part, which are --</p> <p>(1) Authorized by law, will not present an undue risk to the public health and safety, and are consistent with the common defense and security.</p> <p>(2) The Commission will not consider granting an exemption unless special circumstances are present. Special circumstances are present whenever--</p>

적용 면제/대체 규정 적용

국내	NRC
	<p>10 CFR 50.12 "Specific Exemption"</p> <p>(i) Application of the regulation in the particular circumstances conflicts with other rules or requirements of the Commission; or</p> <p>(ii) Application of the regulation in the particular circumstances would not serve the underlying purpose of the rule or is not necessary to achieve the underlying purpose of the rule; or</p> <p>(iii) Compliance would result in undue hardship or other costs that are significantly in excess of those contemplated when the regulation was adopted, or that are significantly in excess of those incurred by others similarly situated; or</p> <p>(iv) The exemption would result in benefit to the public health and safety that compensates for any decrease in safety that may result from the grant of the exemption; or</p> <p>(v) The exemption would provide only temporary relief from the applicable regulation and the licensee or applicant has made good faith efforts to comply with the regulation; or</p> <p>(vi) There is present any other material circumstance not considered when the regulation was adopted for which it would be in the public interest to grant an exemption.</p>

적용 면제/대체 규정 적용

국내	NRC
<p>제2장 : 원자로시설의 기술기준</p> <p>제1절 : 원자로시설의 위치</p> <p>제3조(적용범위) 제2항 :</p> <p>제1항에 의한 기술기준 중 당해 원자로시설의 사용목적, 원리적 차이 또는 설계상의 원리적인 차이로 인하여 당해 원자로시설에 그대로 적용할 수 없거나 적용하지 아니하더라도 안전상 지장이 없다고 원안위가 인정하는 경우에는 일부 규정을 적용하지 아니할 수 있다.</p> <p>원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제11조(적용범위) 제2항 :</p> <p>제1항에 의한 기술기준 중 당해 원자로시설의 사용목적, 원리적 차이 또는 설계상의 원리적인 차이로 인하여 그대로 적용하기 어렵거나 기술적인 면에서 적용하지 않아도 안전상 지장이 없다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니한다.</p>	<p>10 CFR 50 Appendix A Introduction</p> <p>There will be some water-cooled nuclear power plants for which <u>the General Design Criteria are not sufficient</u> and for which <u>additional criteria must be identified and satisfied in the interest of public safety</u>. In particular, it is expected that <u>additional or different criteria will be needed to take into account</u> unusual sites and environmental conditions, and for water-cooled nuclear power units of <u>advanced design</u>. Also, there may be water-cooled nuclear power units for which <u>fulfillment of some of the General Design Criteria may not be necessary or appropriate</u>. For plants such as these, <u>departures from the General Design Criteria must be identified and justified</u>.</p>

### 적용 면제/대체 규정 적용

- 현행 규제요건의 일부 또는 전부를 적용할 수 없는 경우에 적용 면제 또는 대체요건 적용을 요청할 수 있는 근거 확보
- 원자로시설의 사용 목적, 설계상의 원리적 차이 또는 설계의 특성 상 기존의 규제요건을 만족시킬 필요가 없거나 적용이 어려운 경우 적용

#### 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제3조/제11조(적용범위) 제2항:

제1항에 의한 기술기준 중 당해 원자로시설의 사용목적, 원리적 차이 또는 설계상의 원리적인 차이로 인하여 그대로 적용하기 어렵거나 기술적인 면에서 적용하지 않아도 안전상 지장이 없다고 인정하는 경우에는 그러하지 아니한다.

### 면제/대체 규정 관련 문제점 대응 방안

- 원안법 제26조는 운영에 관한 안전조치 기술기준 적용 면제에 대한 원칙을 규정하고 있으며, NSSC의 인정이 필요한 것으로 제한하고 있음
- 원자로시설 등의 **기술기준에 관한 규칙 제3조 및 제11조**는 각각 다음에 대한 기술기준을 규정하고 있음
  - 제3조/제11조 : 원자로시설의 위치와 관련된 기술기준 적용범위 및 예외사항
  - 제11조 : 원자로시설의 구조, 설비 및 성능에 관한 기술기준 적용범위 및 예외사항
- 본 규정은 기술기준 규칙에서 **규정한 기준의 적용 면제를 허용한 규정으로 볼 수 있음**
- 그러나 본 규정에는 NSSC의 **인정의 구체적인 방법과 기준 및 절차 등이 명시되어 있지 않음** ⇒ **방법, 기준, 절차 및 내용 등 구체화 필요**
- 따라서 본 규정을 활용한 **면제/대체 적용 논의가 가능**할 것임



## 미국의 적용 사례

- NRC에서는 10 CFR 50.12에서 면제를 허용할 수 있는 6가지 구체적인 경우를 규정하고 있고, 10 CFR 52.7에서 이를 준용하고 있음
- 10 CFR 50, APPENDIX A GDC에서는 **신형/선진 설계(ADVANCED DESIGN)의 원전에 대해서는 추가 또는 다른 기준을 수립할 수 있음**을 제시  
이 경우 GDC와 다르게 기준을 제시하거나 추가하는 경우에는 이를 식별하고 정당화할 것을 규정
- **NUSCALE**의 경우는 이를 고려하여 **대체요건으로 PDC(PRINCIPAL DESIGN CRITERIA)을 개발**하고 이를 **제시하여 인허가를 획득**
- **국내 SMR 설계 및 인허가**에서도 이를 참고하여 **대체요건 개발** 등의 노력이 필요



## 참고 : NuScale 적용사례

### NuScale 적용사례 검토

- 미국 규제체계에서는 **설계가 규제요건의 근원적 목적을 달성**하고, **안전성이 충분히 입증**된다면 해당 규제요건의 면제를 허용함 (10CFR50.12)
- 일부 요건의 적용을 면제받을 경우에는 **대체요건(개발자 PRINCIPAL DESIGN CRITERIA, PDC)을 개발하여 제시함**
  - PDC는 규제요건 중 일부 요소에 대한 면제가 필요한 경우, 해당 요소를 제외하여 구성하거나,
  - 해당 노형의 설계 특징에 맞게 수정하여 **원래 규제요건의 기본적 목적이 침해되지 않도록 개발자가 개발함**
- **NUSCALE**은 NRC와의 사전인허가 기간에 서면 자료제출, 회의 등을 통해 **규제요건과 혁신설계와의 차이(GAP)를 도출함**

### NuScale 적용사례 검토

- NUSCALE은 8건의 GDC 면제 요청과 7건의 PDC 를 개발함
  - NUSCALE은 피동형 안전계통을 사용, 전력계통에 대한 관련 GDC를 면제받음
  - 면제를 받기 위해 값 분석을 통한 면제보고서(EXEMPTION REPORT)를 NRC에 제출하였으며, TR를 통한 기술적 타당성을 입증하여 면제를 승인 받음
  - 또한, 기존 GDC에서 NUSCALE 혁신설계에 따라 필요가 없는 문구를 수정(및 삭제)하여 면제가 아닌 NUSCALE PDC를 개발하고 이를 승인 받음
- 기본적으로는 새로운 노형(SMR 등)에 맞는 규제요건/기준을 마련하고 그에 따라 인허가를 받아야 하지만,
- NUSCALE은 대형 경수로와는 다른 혁신설계에 대해 NUSCALE PDC를 개발하여 설계의 정당성을 인정 받음

### NuScale 적용사례 검토

- NUSCALE이 대형 경수로 조건의 규제요건과 PDC로 표준설계인가를 획득한 점을 고려할 때,
- PDC 등을 이용하는 방법은 SMR 인허가에 충분히 활용이 가능할 것으로 보임



기존 일반설계기준 (GDC)	NuScale 설계기준 (면제 또는 PDC)	근거
<p><b>GDC 17 (전력계통)</b>                      안전에 중요한 구조물, 계통 및 기기가 요구되는 기능을 수행할 수 있도록 소내 전력계통과 소외 전력계통이 제공되어야 함.                      전력공급계통은 가정된 사고 및 환경 조건에서 동시 고장 가능성을 최소화하고 안전기능을 수행할 수 있도록 충분한 용량, 다중성, 독립성 및 시험성 설계요건을 만족하도록 설계되어야 함.</p>	<p>면제</p>	<p>NuScale의 안전 관련 기능은 전력에 의존하지 않고 달성됨.</p>
<p><b>GDC 27 (복합 반응도제어계통 능력)</b>                      반응도 제어계통은 비상노심냉각계통에 의한 독물질 첨가와 함께 반응도 변화를 신뢰성 있게 제어하여 가정된 사고조건에서 고착봉에 대한 적절한 여유로 노심을 냉각시키는 능력을 유지하도록 설계되어야 함.</p>	<p><b>PDC 27</b>                      반응도 제어계통은 가정된 사고조건에서 노심 냉각능력이 유지되도록 반응도 변화를 안정적으로 제어할 수 있도록 설계되어야 함. 가정된 사고 후 제어봉은 모든 봉이 완전히 삽입된 상태에서 저온 조건에서 원자로 노심을 미임계 상태로 유지할 수 있어야 함.</p>	<p>반응도 제어 능력은 가정된 사고가 연료를 손상시켜도 지속적인 노심냉 각이 배제되지 않으므로 사고 결과가 허용 가능한 한도 내에서 유지될 수 있음을 보장함.</p>

기존 일반설계기준 (GDC)	NuScale 설계기준 (면제 또는 PDC)	근거
<p><b>GDC 34 (잔열 제거)</b>                      구성품 및 기능의 적절한 다중화, 적절한 상호 연결, 누출 감지 및 격리 기능이 제공되어 소내 전력계통 작동 및 소외 전력계통 운영의 경우 단일고장을 가정하여 계통 안전기능을 달성할 수 있어야 함.</p>	<p><b>GDC 34</b>                      구성품 및 기능의 적절한 다중화와 적절한 상호 연결, 누출 감지 및 격리기능이 제공되어 단일고장을 가정할 때 계통 안전기능이 달성될 수 있어야 함.</p>	<p>NuScale의 안전 관련 기능은 전력에 의존하지 않고 달성됨.</p>
<p><b>GDC 19 (제어실)</b>                      제어실 밖의 적절한 위치에 있는 기기는                      (1) 원자로를 신속하게 정지시킬 수 있는 설계 능력을 갖추어야 하며, 여기에는 원자로를 고온 정지하는 동안 발전소를 안전한 상태로 유지하기 위해 필요한 계측과 제어 장치가 포함되어야 하며, (2) 적절한 절차의 사용을 통해 원자로를 저온 정지시킬 수 있는 점계적 능력이 있어야 함.</p>	<p><b>PDC 19</b>                      제어실 밖의 적절한 위치에 있는 기기는 원자로를 안전정지 상태로 유지하기 위해 필요한 계측 및 제어를 포함하여 원자로를 안전하게 정지시킬 수 있는 설계 능력을 제공해야 함.</p>	<p>NuScale 주제어실(Main Control Room, MCR)은 MCR에서 대피 시 원자로를 안전하게 정지시킬 수 있으며, 이후 운전원 조치 없이 안전하게 정지할 수 있도록 설계됨. 또한, 원자로건물 내 모듈보호계통 장비실에서 MCR 외부로부터 원자로를 안전하게 정지시킬 수 있음.</p>

TR제도는 사업자가 원자로시설의 부지 선정, 설계부터 시설의 해체까지 다양한 주제에 대하여 사전 승인을 신청할 수 있는 제도임

이를 통하여 건설허가 또는 운영허가 신청문서에 이를 활용하여 인허가 기간의 단축이나 절차를 간략하게 할 수 있음

국내에서는 기존 경수로 대비 설계특성이 변경되거나 안전성 입증을 위한 새로운 평가/해석 코드의 개발 등에 TR이 주로 활용

- NRC의 경우, 규제의 면제나 완화 목적으로 이를 폭 넓게 활용하고 있음

국내에서도 개발중인 SMR의 설계특성 등을 고려하여 기존 규정의 면제/대체 규정 마련을 위한 수단으로 활용하는 것이 필요함

국내	NRC
<p>원자력안전법 제100조(TR의 승인) ① 원자로시설을 설치·운영하려는 자 또는 원자로시설의 건설·운영에 참여하는 자가 TR 신청하는 경우 이를 승인할 수 있다.</p>	<p>LIC-500 Topical Report Process(10 CFR에는 규정이 없음)  4.2 Topical Report Criteria  A TR should:</p>
<p>원자력안전법 시행규칙 제131조(TR의 승인신청 등) ① 법 제100조제1항에서 “총리령으로 정하는 특정기술주제보고서”란 다음 각 호의 사항이 포함된 보고서를 말한다. 1. 원자로시설의부지선정·설계·제작·건설·가동전시험·시운전·운전 및 해체에 관련된 기술적사항에 대한 방법론과 관련 전산코드 2. 동일한 목적으로 반복 적용될 수 있는 안전성에 관련된 사항 3. 원자로시설관련 허가신청서의 첨부서류 작성시에 기초가 되는 사항</p>	<p>A. Deal with a specific <u>safety-related or other generic subject</u> regarding a U.S. nuclear power plant that requires a safety evaluation (SE) by the NRC staff; <u>for example, component design, analytical models or techniques, or performance testing of components and/or systems</u> that can be evaluated independently of a specific license application. B. Be applicable to multiple licensees, for multiple requests for licensing actions, or both.</p>

국내	NRC
	<p>Examples of requested licensing actions include license amendment requests (LARs), relief requests, and other types of TR-based submittals that are not submitted pursuant to Title 10 of the Code of Federal Regulations (10 CFR) Section 50.90 or Section 50.55a</p> <p>C. Increase the efficiency of the review process for applications that reference the TR.</p> <p>Exceptions to these criteria, especially criterion B, may be allowed on a case-by-case basis if the NRC staff determines that an exception is in the public interest. The NRC staff reviews the applicant's justification to determine if the exception is appropriate.</p>

원자력안전법 시행규칙 제131조는 원자로시설에 관련된 TR 제출에 관한 세부사항과 TR 대상 등을 규정하고 있음

- 기술적 사항에 대한 방법론과 관련 전산코드, 반복 적용 안전성관련 사항, 인허가신청서의 작성시에 기초가 되는 사항

NRC는 LIC-500에서 TR 대상은 안전성 평가가 요구되는 특정 안전과 관련된 주제 뿐만 아니라 일반 주제까지도 포괄하여 포함하고 있음

- 일반 주제 예 : 부품설계, 분석/해석 모델 또는 기술, SSC의 성능시험 등

따라서 국내의 경우도 시행규칙 제131조 제1항 제1호에 기술된 '기술적 사항에 대한 방법론'의 범위를 확대 해석 또는

TR의 대상 및 범위가 확대되도록 관련 규칙 등을 개정하는 등의 조치가 필요한 것으로 판단됨



혁신형 SMR을 포함하여 대부분의 신형 원자로(ADVANCED REACTOR, AR)는 전력생산과 더불어 다양한 목적으로 개발중임

원자력안전법 제1조(목적)는 “원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다.”라고 규정

원자력안전법의 목적 등은 생산 및 이용시설에 대한 인허가 관련 사항을 규정하고 있는 10 CFR 50.1 내용과는 큰 차이가 없음

- 인허가 대상 등에서 차이가 있음

국내	NRC
<p>원자력안전법 제1조(목적) 이 법은 원자력의 연구·개발·생산·이용 등에 따른 안전관리에 관한 사항을 규정하여 방사선에 의한 재해의 방지와 공공의 안전을 도모함을 목적으로 한다.</p>	<p>10 CFR 50.1 Basis, purpose, procedure applicable</p> <p>The regulations in this part are promulgated by the Nuclear Regulatory Commission pursuant to the Atomic Energy Act of 1954, as amended (68 Stat. 919), and Title II of the Energy Reorganization Act of 1974 (88 Stat. 1242), to provide for the <u>licensing of production and utilization facilities</u>. This part also gives notice to all persons who knowingly provide to any licensee, applicant, contractor, or subcontractor, components, equipment, materials, or other goods or services, that relate to a licensee's or applicant's activities subject to this part, that they may be individually subject to NRC enforcement action for violation of § 50.5.</p>
<p>원자력안전법 제10조(건설허가) 발전용원자로 및 관계시설을 건설하려는 자는 위원회의 허가를 받아야 한다.</p>	
<p>원자력안전법 제20조(운영허가) 발전용원자로 및 관계시설을 운영하려는 자는 위원회의 허가를 받아야 한다.</p>	
<p>원자력안전법 제12조(표준설계 인가) 같은 설계의 발전용원자로 및 관계시설을 반복적으로 건설하려는 자는 그 설계에 관하여 위원회의 인가를 받을 수 있다.</p>	

국내의 경우는 원자력안전법 제10조(건설허가), 제12조(표준설계인가) 및 제20조(운영허가)에서,  
· 발전용원자로 및 관계시설을 건설, 반복 건설 및 운영하려고 하는 자만이 허가/승인을 받도록 규정하고 있음

국내의 경우 발전용원자로만을 규정하고 있어 인허가 대상 등에서 차이가 있다고 볼 수 있음

따라서 다목적 활용(예, 수소생산, 공정열 이용 등)으로 개발되는 원자로의 인허가도  
원안법에서 다룰 수 있도록 하는 등의 개선 필요

- 국내의 혁신형 SMR은 총 4개의 모듈을 하나의 통합제어실에서 운전하는 전략을 갖고 있음
  - 기존 대형 경수로에서 5명의 운전원이 1개의 원자로시설을 운전하는 전략 대신 3명의 운전원이 4개의 모듈을 모두 운전
- 혁신형 SMR에서 채택하고 있는 모듈의 개념은 하나의 원자로시설에 해당될 수 있기 때문에 원자력안전법에 따르면 최소 8명이 필요
- 원자력안전법 제26조(운영에 관한 안전조치 등)

③ 발전용원자로운영자는 원자로마다 제84조에 따라 원자로조종감독자면허를 받은 사람 및  
원자로조종면허를 받은 사람 각 1명 이상을 늘 원자로의 운전업무에 종사하게 하여야 한다.

- 미국의 경우 10 CFR 50.54 (M)(1) 에서 운영허가 조건으로 운전원 및 선임운전원 구성에 대한 최소 요건을 아래와 같이 규정

(m)(1) A senior operator licensed pursuant to part 55 of this chapter shall be present at the facility or readily available on call at all times during its operation, and shall be present at the facility during initial start-up and approach to power, recovery from an unplanned or unscheduled shut-down or significant reduction in power, and refueling, or as otherwise prescribed in the facility license.

(2) Notwithstanding any other provisions of this section, by January 1, 1984, licensees of nuclear power units shall meet the following requirements:

(i) Each licensee shall meet the minimum licensed operator staffing requirements in the following table:

- 하나의 제어실에서 1~2기의 원자로, 두개의 제어실에서 2~3기의 원자로, 세개의 제어실에서 3기의 원자로를 운전할 수 있음을 규정

Minimum Requirements<sup>1</sup> Per Shift for On-Site Staffing of Nuclear Power Units by Operators and Senior Operators Licensed Under 10 CFR Part 55

Number of nuclear power units operating <sup>2</sup>	Position	One Unit	Two units		Three units	
		One control room	One control room	Two control rooms	Two control rooms	Three control rooms
None	Senior Operator	1	1	1	1	1
	Operator	1	2	2	3	3
One	Senior Operator	2	2	2	2	2
	Operator	2	3	3	4	4
Two	Senior Operator		2	3	3	3
	Operator		3	4	5	5
Three	Senior Operator				3	4
	Operator				5	6

<sup>1</sup>Temporary deviations from the numbers required by this table shall be in accordance with criteria established in the unit's technical specifications.

<sup>2</sup>For the purpose of this table, a nuclear power unit is considered to be operating when it is in a mode other than cold shutdown or refueling as defined by the unit's technical specifications.

<sup>3</sup>The number of required licensed personnel when the operating nuclear power units are controlled from a common control room are two senior operators and four operators.

- NUSCALE의 경우, 하나의 제어실에서 3명의 선임운전원과 3명의 운전원이 최대 12기의 원자로 모듈을 운전할 수 있도록 설계
  - MCR 대피시 원자로건물내 모듈보호계통 기기실에서 원자로를 안전하게 정지
  - 정지 이후 운전원 조치없이 안전하게 정지상태를 유지할 수 있도록 설계
- 10 CFR 50.54(M)(2)(I)는 하나의 부지내에 3개 이상의 호기가 있거나 단일제어실에서 2개 호기 이상이 운전되는 경우 적용되지 않음
- NUSCALE은 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 SPV(STAFFING PLAN VALIDATION)와 ISV(INTEGRATED SYSTEM VALIDATION)를 통해 운전원 구성에 대한 근거 및 타당성을 제시

- 또한 NUSCALE은 10 CFR 50.54(M) 면제 요청과 10 CFR 50 APPENDIX A, GDC 19(CONTROL ROOM)에 대한 PDC를 제시
- NRC는 평가 및 입회 확인 결과, NUSCALE의 제어실 운전원 구성과 관련된 10 CFR 50.54(M) 면제 요청과 PDC 19를 허용



### ● 제어실 운전원 구성 관련 문제점 대응 방안

- 앞의 “면제/대체 규정 적용” 에서 제시한 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙 제3조 및 제11조의 대응 방안에 따라 적용 면제 요청 등 고려
- 이 경우, NUSCALE 사례를 참조하여 SPV와 ISV 등을 통하여 계획한 운전원으로 모든 운전 상황에서 안전하게 감시 및 운전을 할 수 있음을 입증
- 또는 원자력안전법 제26조 제3항 및 고시 제2020-2호 제6조 제1항을 개정하는 것을 고려할 수 있으나 이는 현실적으로 어려움 예상

### ● 다양한 혁신적인 설계 및 검증되지 않은 기술 적용

- 기술/지식 격차 해결을 위한 종합적인 분석, 시뮬레이션, 시험 필요
- 새로운 설계 개념, 재료 및 안전계통 활용 전략

### ● 공급망의 여러 요소가 핵심 안전역량에 미치는 영향

- 공급망의 다양한 요소(예, 부품의 품질 및 신뢰성, 적기 공급, 기준 준수 등)가 AR의 설계, 건설, 운영 및 유지보수에 미치는 영향

### ● 운전경험 부족 및 건설기간 단축

### ● 공장 등에서 연속 생산 및 새로운 배치(DEPLOYMENT) 형태 접근 전략

### ● 특정 기술 및 시스템에 적절하게 적용할 수 있는 규제 프로세스 마련

- 인허가 프로세스, 규칙 및 규정, 안전요건 및 지침 등

### ● 제안된 많은 SMR 설계는 기존의 대형 LWR과는 다른 기술에 의존

- 대형 LWR은 수십 년에 걸쳐 많은 연구 및 운영경험을 쌓아온 광범위한 지식/기술기반을 확보
- IPWR SMR에 적용할 수 있는 잠재력을 갖고 있지만 추가적인 연구 및 검토가 필요한 현상(예, 자연순환, 피동냉각) 존재

### ● LWR 지식은 가스냉각, 용융염 및 액체금속 냉각 설계와 같은 비 수냉식 SMR에는 적용이 제한적

### ● SMR의 안전성을 보장하기 위해서 충분한 지식/기술 기반이 필요

- 새로운 현상을 갖고 있는 원자로기술의 신규 적용을 위해서는 새로운 분석용 틀을 개발하거나, 현재 사용되고 있는 틀을 검증하는 것이 필요

### ● SMR의 안전성을 보장하기 위해서 충분한 지식 기반이 필요 (계속)

- 설계에 적용하기 위한 현상을 입증하기 위한 새로운 시험 및 실험
- 안전성 분석 방법을 정당화하기 위해 해당 현상에 대한 적절한 모델을 개발 필요

### ● 현행 인허가 체계는 능축도가 낮은 UO<sub>2</sub> 연료를 사용하는 대형 단일 호기 LWR의 광범위한 경험에 의존

- 수냉식 SMR은 유사한 운전조건 및 연료 배치 형태를 갖고 있어 현행 인허가 프로세스를 용이하게 활용할 수 있을 것으로 기대
- 새로운 설계의 가장 큰 어려움은 경험 기반이 제한적이라는 점
  - 효율적인 피동안전설비, 보다 적은 수의 심각한 고장 모드 및 축소된 EPZ 등에 대한 안전성을 입증하고 승인하는데 어려움 존재
- 연료 및/또는 냉각재에 대한 변경은 기존 규제 및 법적 체계의 변화를 요구하고 있음

### ● 원자력안전 규제조치내에서 많은 새로운 전문 지식의 확보 뿐만 아니라 유연한 인허가 접근법이 필요

원자로시설의 많은 부분(원자로심 포함)을 모듈화하여 공장에서 제작하는 것은 핵물질 운송에 대한 현행 국가 및 국제 체계에 이슈로 부상

모듈 및 개별 구성요소에 대한 다국적 인허가 문제와 함께 제조공정에 대한 규제개입 정도가 새로운 이슈로 부상

다중 모듈 SMR 설계는 공유 계통 사용과 제작 및 건설이 건설 현장에서 공장으로 이동함에 따라 원자력안전에 대한 특별한 고려 필요

이러한 변화는 기존 원전과 비교하여 초기 발전소 시험의 수행 방법 및 시험 장소 등에 영향을 미칠 수 있음

기존의 인허가 접근 방식에 영향을 미칠 수 있고, SMR의 각 인허가 단계에서 새로운 도전과제를 야기할 수 있음

● 안전요건을 준수하기 위해 사용되는 분석, 검증, 문서화, 규정, 활동 및 절차의 수준은 관련 방사선 위험에 상응해야 함

- 규제기관은 어떠한 요소가 안전에 중요하고 새롭고 혁신적인 것으로 간주되는 지를 결정하고,
- 사전 인허가 프로세스 등에서 이러한 문제의 우선순위를 결정하는 것이 필요

● 현행 LWR 규정을 개정하고, 합리적·객관적인 규정을 마련하여 새로운 원자로에 대한 규제기반을 신속하게 구축하는 것이 필요

- 리스크-정보 성능-기반 규제 (RIPBR, Risk-Informed and Performance-Based Regulation)
- 기술포용-리스크정보-성능기반 규제 (TI-RIPBR, Technology-Inclusive Risk-Informed and Performance-Based Regulation)



- 오늘날의 원자력 규제체계는 혁신의 속도, 혁신 기술의 확장 등을 관리하는데 구조적 어려움을 겪고 있음
- 이러한 문제를 해결하기 위한 중요한 방법 중 하나는 신형 원자로 기술에 대한 규제요건을 조정하고 조화시키는 것임
  - CNSC는 영국 및 미국 규제기관과 양자간 협력을 하고 있으며, 이를 통해 SMR의 혁신적 기술에 대한 접근방식에서 보다 높은 수준의 조화에 도달 가능
  - EU는 EU 회원국 규제당국을 위한 공통의 표준화 및 간소화된 인허가 프로세스에 대한 평가를 포함하여 유럽 SMR에 대한 비전을 개발하고 있음
- 조화의 목표는 최소한의 기준과 규제가 아닌 일관성 있게 적용될 수 있는 기준과 규정을 마련하는 것임
  - 조화는 각 국가의 규제기관에서 제정된 규정에서 기능적 동등성을 추구



구분	현안 명
Licensing Process Issues	1. License for Prototype Reactors
	2. License Structure for Multi-Module Facilities
	3. Manufacturing License requirements for Future Reactors
Issues Concerning Design Requirements for SMRs	1. Implementation of Defense-in Depth (DiD) Philosophy for ARs
	2. Use of Probabilistic Risk Assessment in Licensing Process for SMRs
	3. Appropriate Source Term, Dose Calculations, and Siting for SMRs
	4. Key Component and System Design Issues for SMRs (e. g. Classification of SSC)
Operational Issues for SMRs	1. Appropriate Requirements for Operator Staffing for Small/Multi-Module
	2. Operational Programs for Small or Multi-Module Facilities
	3. Installation of reactor Modules During Operation of Multi-Module Facilities
	4. Industrial Facilities using Nuclear-Generated Process Heat

[Source: "SECY-10-0034, Potential Policy, Licensing, and Key Technical Issues for SMR Designs"]



구분	현안 명
Operational Issues for SMRs	5. Security and Safeguards requirements for SMRs
	6. Aircraft Impact Assessments for SMRs
	7. Offsite Emergency Planning Requirements for SMRs
Policy and Licensing Considerations for MRs	1. Population-related Siting Considerations
	2. Emergency Preparedness (EP)
	3. Staffing, Training, and Qualification Requirements
	4. Autonomous and Remote Operations
	5. Regulatory Oversight
	6. Aircraft Impact Assessment
	7. Manufacturing licenses and Transportation
	8. Security Requirements
	9. Environmental Considerations

[Source: "SECY-10-0034, Potential Policy, Licensing, and Key Technical Issues for SMR Designs"]

구분	현안 명
1.	Application of defence in depth (DiD) (NEA, 2016; IAEA, 2005) when safety features (e.g. passive safety systems/features) are used on multiple DiD levels
2.	PSA for innovative/FOAK designs
3.	Investigation of emergency planning zones (EPZs) and emergency response requirements for SMRs
4.	Fuel safety of SMRs (both WC-SMR and AT-SMR)
5.	Human factors (including remote operations and multi-unit/multi-module plants)
6.	Exploration of multi-unit/multi-module design aspects to determine the impacts on safety (including shared systems, adjacent unit/module accidents and common mode failures)
7.	Safety and security aspects related to the transport of fueled nuclear modules and transportable/floating nuclear power plants (SMRs)
8.	Understanding of safety implications related to interconnections between SMRs and associated process applications (hydrogen production, process heat for chemicals, mining, etc.)

[Source: "OECD/NEA, Research recommendations to Support the Safe Deployment of SMR, CNSI 2023"]

### ● 현행 원자력안전법과 규제요건은 기존 대형원전을 기준으로, SMR 혁신설계와의 차이로 인한 인허가 이슈 발생 가능

- (설계) 무봉산운전, 방사선원향, 비안전등급 전력계통, 피동 안전계통)
- (운영) 운전원 최소 인원수, 원격/자동 제어(탄력운전)
- (제도) 표준설계인가-건설허가-운영허가 VS. 표준설계인가-통합허가 4개 원자로모듈 건설/운영허가 일괄 승인

### ● 인허가 이슈 해결을 위해서는 현행 규제체계 정비 필요

- (사전설계검토) 현행 규제기준의 적용여부와 안전성 입증방안 등을 사전에 검토
    - 표준설계인가 신청 전, 기초자료 등을 바탕으로 현행 규제기준 적용 여부 검토
- [미국 : PRE-APPLICATION REVIEW, 캐나다 : VENDOR DESIGN REVIEW]

[Source: "i-SMR 개발현황과 도전과제, 혁신형 SMR 기술개발사업단, 2023"]



### 인허가 이슈 해결을 위해서는 **현행 규제체계 정비 필요**

### ● 사전설계검토를 통해 도출된 규제입장 등을 바탕으로 표준설계인가 심사기반 구축

- (규제정비) SMR 특성을 반영하여 법령, 규칙 고시 제/개정 추진
- (심사활용) 표준설계인가 심사시 직접적으로 적용가능한 심사지침 등을 마련



안전성

- 얼마나 안전한 것이 충분히 안전한 것인가 (기술적 OR 사회적)
- 안전성, 경제성을 동시에 개선하는 유일한 방안: 피동안전개념 구현?



경제성

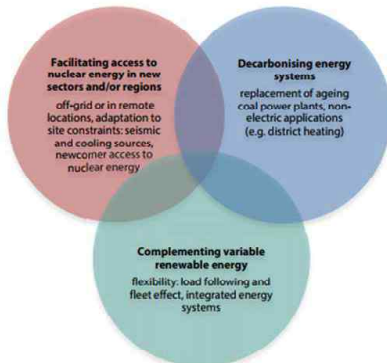
- 원전산업에서 안전성과 경제성은 반비례, 규모의 경제(ECONOMY OF SCALE)가 유효한 산업
- 규모의 경제를 극복하는 방안 → 혁신기술 사용
  - 피동계통 적용으로 설계 단순화
  - 원자로 모듈 설계 및 공장 제작으로 건설물량 대폭 감소
  - 혁신적인 제작기술로 주기기 제작기간 획기적 단축
  - AI/IOT 활용, 원격운전/예측진단 등 혁신기술 대폭 적용으로 운영인력 최소화

참고 - SMR 경제성

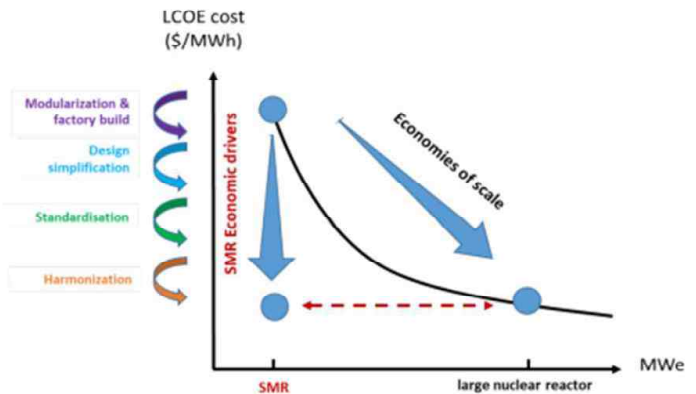
● KEY ECONOMIC DRIVERS

- Design simplification
- Standardization
- Modularization and factory-based construction
- Harmonization

● Applicability of SMRs



● SMR KEY ECONOMIC DRIVERS TO COMPENSATE FOR DISECONOMIES OF SCALE



Source: NEA (2020).

Note: KW, = kilowatt electric.

법령상 인허가 현안 해결을 위한 법령·기술기준 정비 필요

안전성 평가 및 검증을 위한 기반 마련(심사지침, 규제지침 등)

안전중요도, 리스크·성능기반 및 기술중립의 유연한 규제체계 마련

- GRADED APPROACH, RIPBR, TI-RIPBR

규제기관과 개발자 간 설계개념과 규제요건 등에 대한 상호 이해 제고

- 효과적·효율적 심사 수행 기반 마련 및 기술개발의 불확실성을 최소화

규제기관과 개발자 간의 소통 및 협력체계 마련·적극 활용

- I-SMR 규제준비단, I-SMR 개발사업단, SMR 규제연구 추진단



Thank you.  
Q & A

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 원자력 바로알기(원바로)

황해룡 위원



서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center



2차년도 중간 발표회

## 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍



황해룡 위원

## 원자력 바로알기 (원바로)

원자력 바로알기 (원바로)

# CONTENTS

1 LNG가 청정에너지?

2 원바로

- YouTube

3 원자력 인식

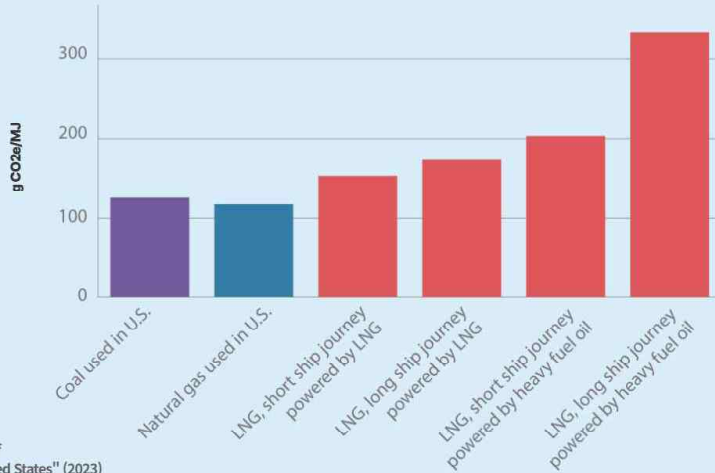
- 글로벌 의견
- 에너지 속성
- 인구통계학적분석
- 대중이 원하는 것



새로운 연구에 따르면 LNG의 수명 주기 탄소배출량은 실제로 석탄을 태우거나 가스를 미국 국내에서 태우는 것보다 더 나쁜 것으로 나타남.

**LNG exported from U.S. has larger climate footprint than coal**

Lifecycle emissions in CO2 equivalent for coal, natural gas, and LNG shipped by tanker

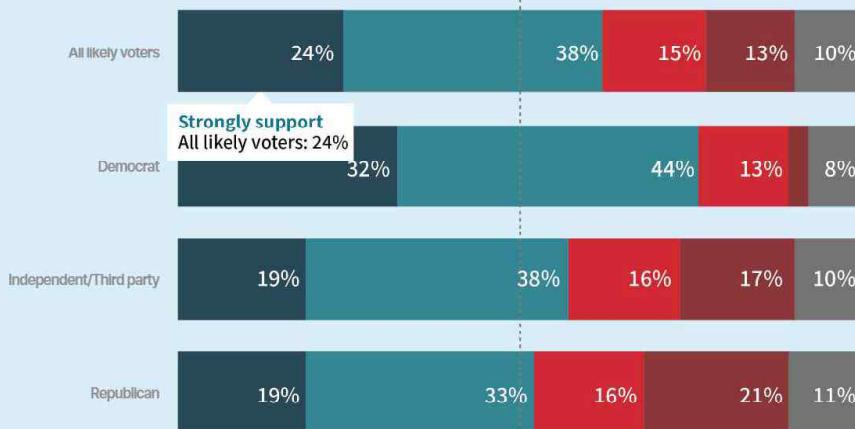


Source: Howarth, "The Greenhouse Gas Footprint of Liquefied Natural Gas (LNG) Exported from the United States" (2023)

2024년1월26일, 바이든-해리스 행정부는 에너지부가 승인을 위한 기본 분석을 업데이트할 때까지 non-FTA 국가로의 LNG 수출에 대한 보류 결정을 일시적으로 중단한다고 발표했다.

**Most American voters support a pause on LNG exports**

Based on a November 2023 survey of 1,279 likely voters



Source: Data For Progress

● Poll question: There is currently a proposal to pause all new natural gas export projects until their impacts on local communities, the environment, and energy prices are properly assessed. Do you support or oppose pausing all natural gas export projects until the proper reviews are completed?





원바로

@user-ge8mh5wl3g · 구독자 1.56천명 · 동영상 177개  
원자력에 대한 여러 사실과 정보를 쉽고 정확하게 알려드립니다. >

홈 동영상 Shorts 라이브 커뮤니티

최신순 인기순 날짜순



원자력, 탄소없는 미래로 가는 길  
조회수 66회 · 1개월 전



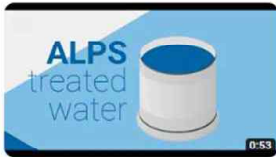
사중후핵연료 저장처분 안전성 확보를 위한 핵심기술 개발사업  
조회수 21회 · 1개월 전



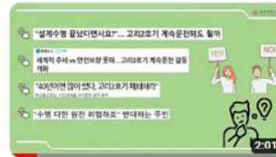
지구를 구하는 원자력 (우리나라에서는 지구를 구하기 위해 어떤 노력을?)  
조회수 115회 · 1개월 전



토양의 수분과 상태를 우주광선 중성자 센서로 측정 가능해요! #원자력 #IAEA #중성...  
조회수 12회 · 2개월 전



ALPS 처리수, 처리과정은 어떻게 될까요?  
#ALPS  
조회수 26회 · 3개월 전



국내 원전 현황은 어떻게 될까요? #원자력 #팩트체크 #지구온난화 #설계수명 #원전...  
조회수 94회 · 4개월 전



드코 방사선량의 진실, 국제기준을 지키지 않는 일본 #원자력 #팩트체크 #방사선량  
조회수 96회 · 4개월 전



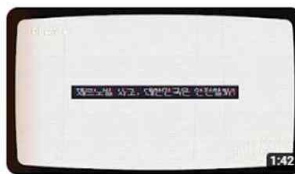
원자력 훑어보기 #원자력 #팩트체크 #지구는 난화 #사중후핵연료  
조회수 13회 · 4개월 전



원자력에 대한 잘못된 선입견 바로잡기! #탄소중립 #저탄소에너지  
조회수 18회 · 4개월 전



사중후핵연료 팩트체크 #사중후핵연료 #팩트체크 #원자력 #안전  
조회수 39회 · 4개월 전



체르노빌사고, 대한민국은 안전할까? #원자력 #원전 #안전한원자력  
조회수 14회 · 4개월 전



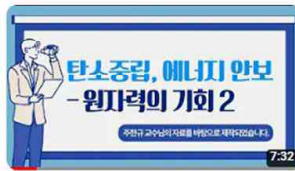
농업에서는 어떻게 탄소중립을 이룰까요? #탄소중립 #원자력 #중위핵소  
조회수 29회 · 4개월 전



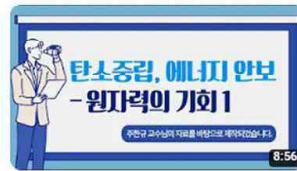
[팩트체크] 후쿠시마 오염 처리수의 진실은?  
조회수 10만회 · 5개월 전



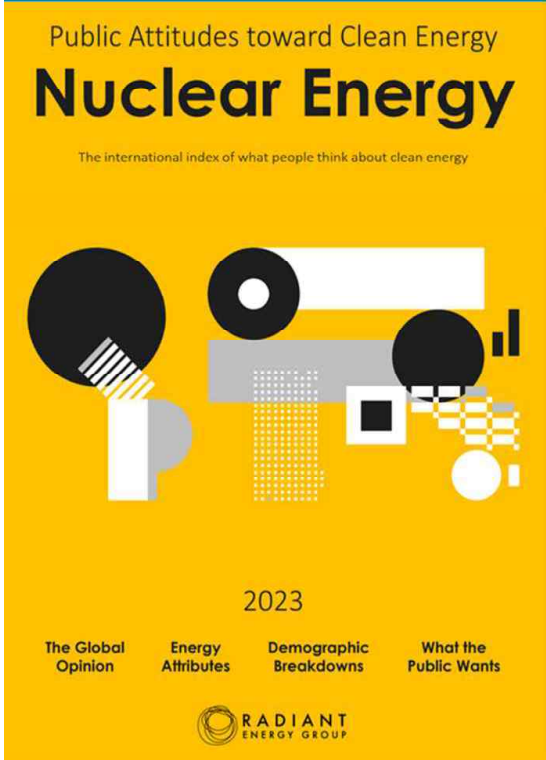
방사선은 인체에 어떤 영향을 미칠까요?  
조회수 229회 · 6개월 전



탄소중립, 에너지 안보 원자력의 기회2  
조회수 279회 · 11개월 전



탄소중립, 에너지 안보 - 원자력의 기회1  
조회수 164회 · 1년 전



## 청정에너지에 대한 대중의 태도 (Public Attitudes toward Clean Energy, PACE) 지수

: 사람들이 원자력에 대해 어떻게 생각하는지에 대해 공개적으로 발표하는 세계 최대 규모의 국제 연구

- 설문조사 사반타(SAVANTA)가 실시/ 래디언트 에너지 그룹(RADIANT ENERGY GROUP)이 수행 및 분석 PACE 지수는 청정 에너지원에 대한 지지/반대, 이러한 태도를 유도하는 요인, 그리고 기관이 대중이 원하는 바를 더 잘 충족시킬 수 있는 방법을 추적하기 위해 설정됨.
- 설문응답자: 20,122 명
- 20개국
- 기간: 2023.10.17.~2023.11.14.
- 85% OF THE GLOBAL POPULATION POWERED BY NUCLEAR REPRESENTED

### 원자력 에너지 사용을 지지하는 사람이 반대하는 사람보다 1.5배 더 많음



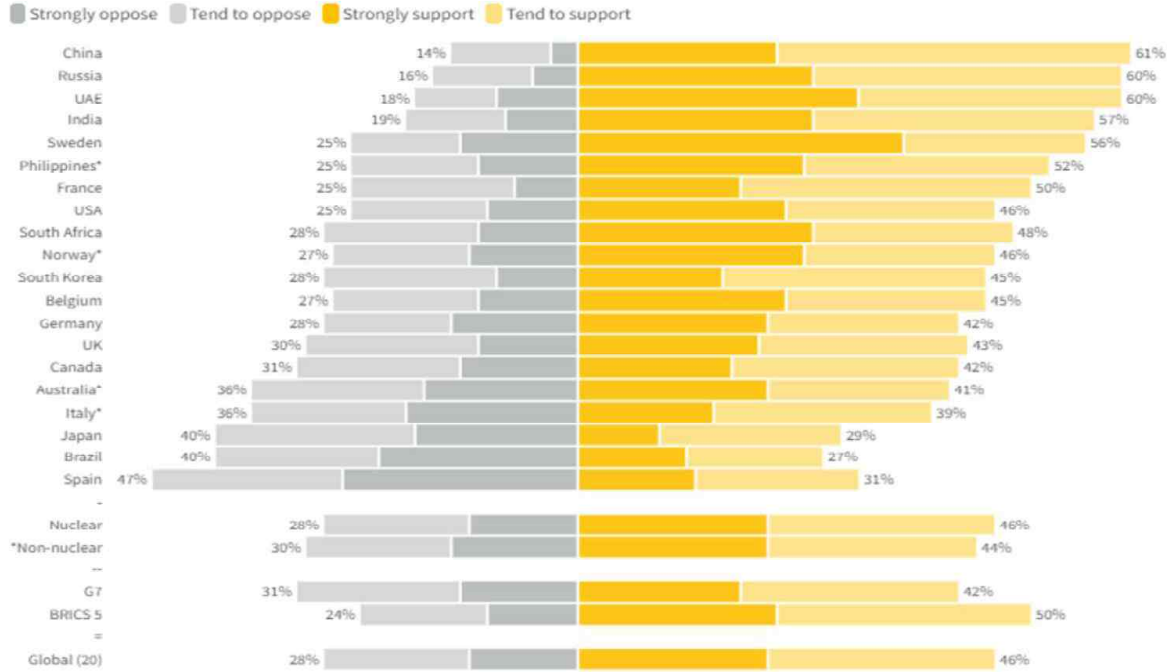
- 설문조사에 참여한 20개국에서 응답자의 28%가 원자력 에너지 사용에 반대하는 반면, 1.5배(46%)가 이를 지지하는 것으로 나타났음. 조사 대상 국가 20개국 중 17개국 이 원자력 사용에 대한 순지지(지지율이 반대율보다 높음)를 보였으며, 세계에서 가장 인구가 많은 두 나라(중국, 인도)에서 지지율이 반대율보다 3배 이상 높았음

### 원자력 에너지에 대한 선호도가 육상 풍력, 나무에서 추출한 바이오매스, 탄소 포집 및 저장기능이 있는 가스보다 높았음



- 조사 대상자의 25%는 자국이 원자력 에너지에 집중해야 한다고 답했으며, 대규모 태양광 발전소에 대한 선호도는 33%에 불과했음. 기후 변화 대응에 대해 기술 중립적이고 긍정적인 전망을 가진 사람들은 다른 에너지원보다 원자력에 대한 선호도가 더 높았음

**More people support using nuclear energy than oppose it**  
 % that say they oppose, or support nuclear energy's use in their country



● **신뢰성(Reliability)은 대중이 가장 우선시하는 에너지 속성임. 원자력은 가장 신뢰할 수 있는 열 에너지원으로 간주됨.**

신뢰성보다 더 많은 대중이 중요하게 생각하는 에너지 속성은 없음. 응답자의 66%가 원자력을 신뢰할 수 있다고 생각하는 반면, 바이오매스와 가스를 신뢰할 수 있다고 생각하는 비율은 60% 미만에 불과했음.

● **원자력 에너지의 온실가스 배출량은 대다수가 높다고 생각함.**

응답자의 절반 이상(53%)이 원자력이 온실가스 배출량을 상당히(FAIR) 또는 많이 발생시킨다고 생각함.

● **원자력 발전 비용은 원자력 사용을 단계적으로 폐지한 국가에서 풍력이나 태양광 발전 비용보다 낮다고 생각하는 사람이 더 많았음.**

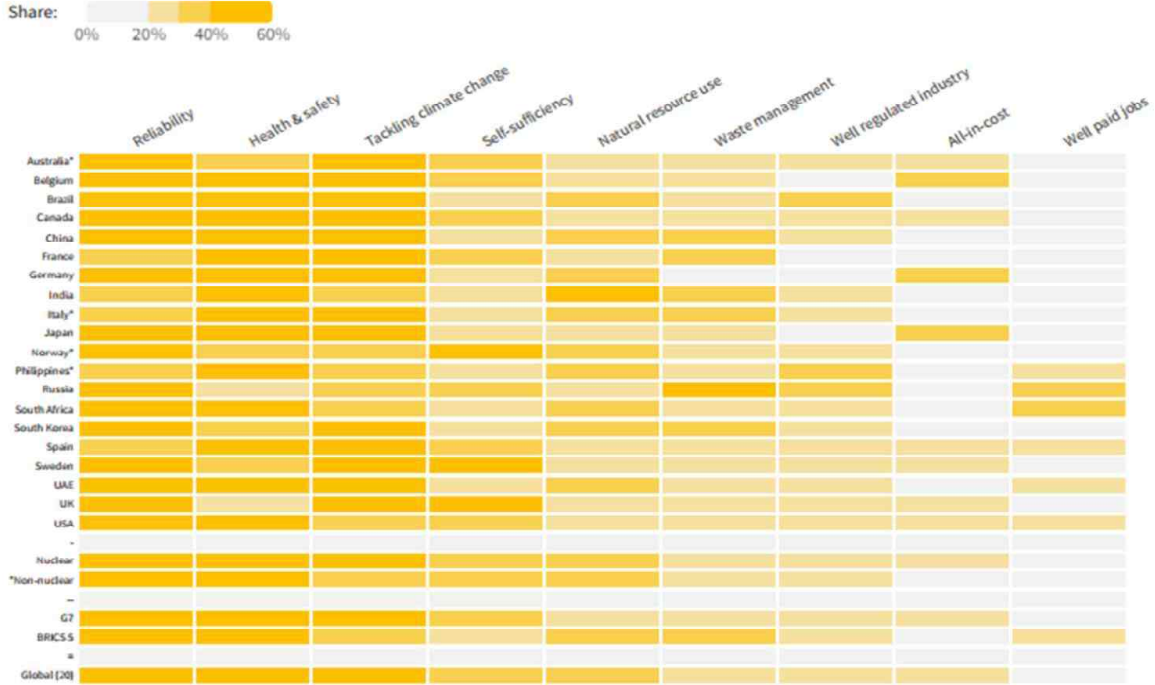
독일, 일본, 한국, 스웨덴은 정치적으로 탈원전을 가장 많이 추진한 국가로, 원자력이 에너지 비용 절감을 위한 기술로 가장 긍정적으로 인식되고 있음.

● **안전과 폐기물에 대한 우려는 조사 대상 국가 모두에서 높았음. 그러나 안전 또는 폐기물 우려와 지지 사이의 상관관계는 상대적으로 낮았음.**

전 세계적으로 응답자의 79%가 원자력 안전에 대한 우려를 언급했음. 그럼에도 불구하고 과반수인 40%가 원자력 에너지 사용을 지지하는 반면, 33%의 소수만이 반대하는 것으로 나타났음.

**Reliability is the public's highest-priority energy attribute**

% that say the energy attribute is in their top three most important considerations when providing for their country's future energy needs



● **성별과 원자력 지식은 원자력 지지를 일관되게 나눈.**

남성 인구통계학적 특성과 원자력 에너지의 작동 원리에 대해 가장 잘 알고 있다고 자처하는 사람들이 일관되게 원자력 에너지 사용을 가장 많이 지지하고 있음.

● **연령과 환경에 대한 우려는 일관성 없이 원자력 지지를 나눈.**

설문조사에 참여한 대부분의 국가에서 젊고 기후에 관심이 많은 인구집단이 원자력 사용을 가장 적게 지지하는 경향이 있음. 그러나 이러한 역학 관계는 보편적인 것은 아님. 남아프리카공화국에서는 젊고 기후에 관심이 많은 인구 집단이 원자력 사용을 가장 지지하는 것으로 나타났음.

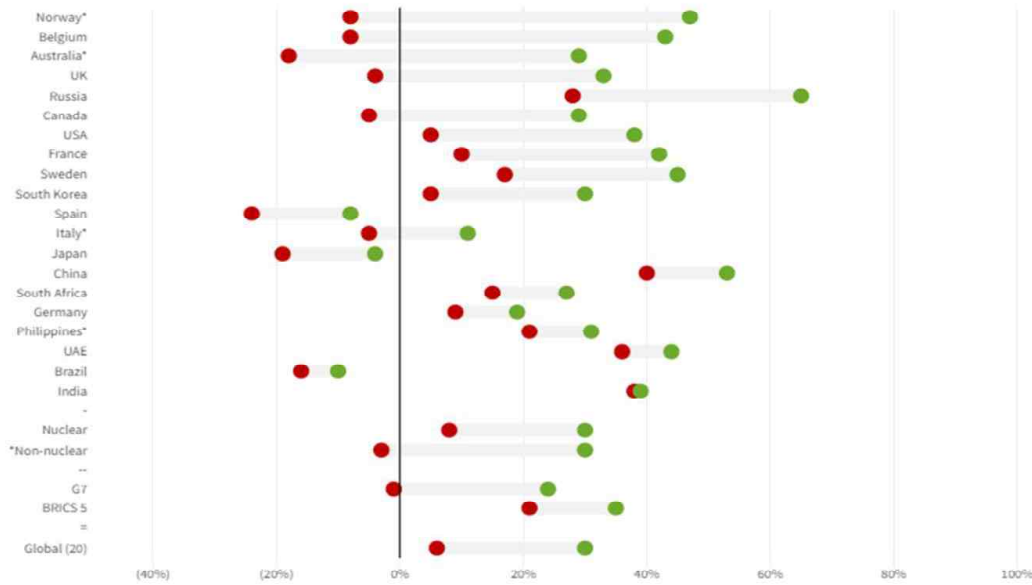
● **G7 전체에서 우파 유권자들은 현재 원자력을 가장 많이 지지하고 있음.**

원자력 부문의 고용 기준, 노조 조직률, 환경 규제, 그리고 종종 원자력 발전소의 국가 소유권 등을 고려하면 좌파 성향의 유권자들이 원자력과 더 밀접하게 연관되어 있다고 볼 수 있음. 그럼에도 불구하고 원자력에 대한 지지는 우파 유권자들 사이에서 가장 강함

**Gender consistently divides nuclear support**

Net support (total support – total opposition) for the use of nuclear energy in generating electricity in their country, %

Demographic: ● Female ● Male



대중이 원하는 것

- 지지/반대 지표는 대중의 정서를 파악할 수 있지만, 대중이 정부가 어떻게 행동하기를 원하는지를 대변하기에는 부족함.

원자력 에너지 사용에 반대하는 경향이 있다고 답한 응답자 중 54%는 그럼에도 불구하고 기존 원자력 발전소를 계속 운영하려는 정부 정책을 지지하며, 17%는 더 많은 원자력 발전소를 건설하기를 원함.

- 대중은 원자력을 계속 사용하고 새로운 원전을 건설하기를 원함.

원자력 발전 국가에서는 원자력 발전의 단계적 폐지보다는 계속 사용하길 원하는 응답자가 3배 이상 더 많았음. 기존 상업용 원자로가 없는 4개국에서는 원전 사용 금지보다 신규 원전 건설을 원하는 응답자가 2배 더 많았음.

- ESG 펀드 매니저들은 원자력 주식을 제외함으로써 투자자를 잃을 위험이 있음

미국에서는 원자력 주식을 포함하는 사회적 책임 펀드의 우선순위를 정하겠다고 응답한 비율이 25%로, 원자력 제외 펀드의 우선순위를 정하겠다고 응답한 비율(20%)보다 높았음.

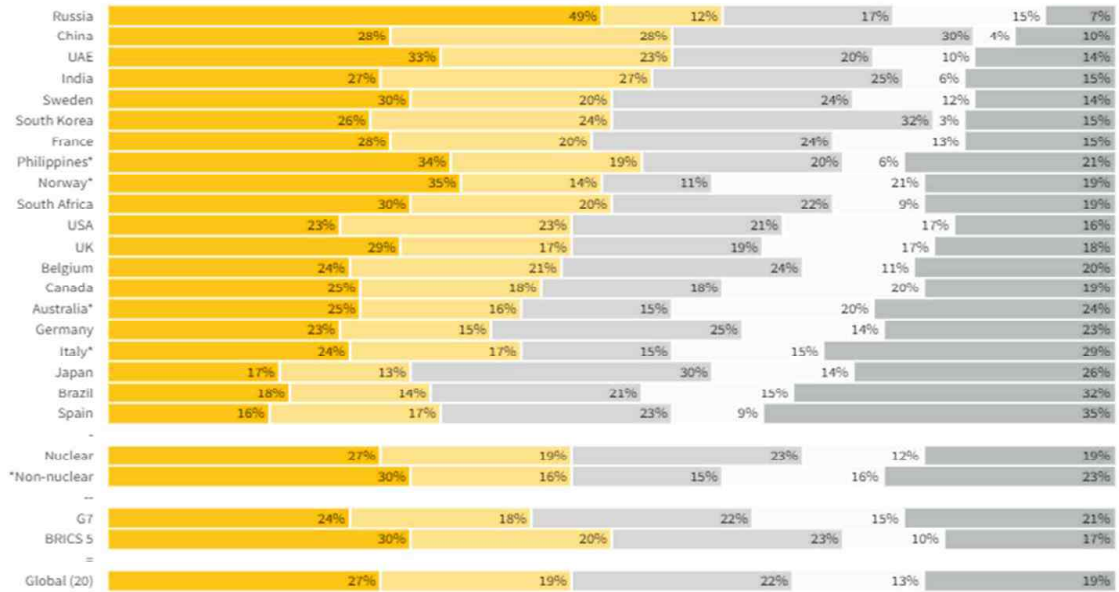
- 대중은 원자력의 신뢰성을 높이길 원함

원자력의 신뢰성은 원자력에 대한 지지의 주요 동인임. 원자력을 신뢰할 수 있다고 생각하는 사람들은 원자력 사용에 대해 4배 이상 더 많은 지지를 보였음.

**The public wants to keep using nuclear power and build new plants**

% that say they align with each policy approach on nuclear energy's use in their country

■ Keep using and subsidize new builds 
 ■ Keep using but do not subsidize new builds 
 ■ Keep using but do not build more 
 ■ Don't know 
 ■ Phase out and ban



**Thank you.**  
**Q & A**

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 사용후핵연료 저장 이슈 해결 방안

박석빈 위원

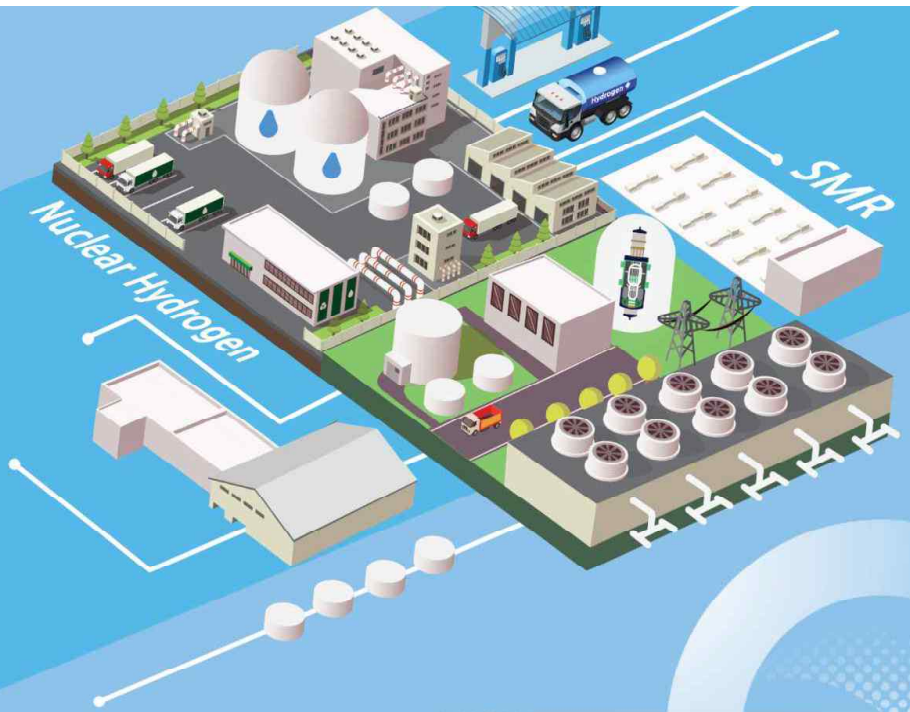






2차년도 중간 발표회

## 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

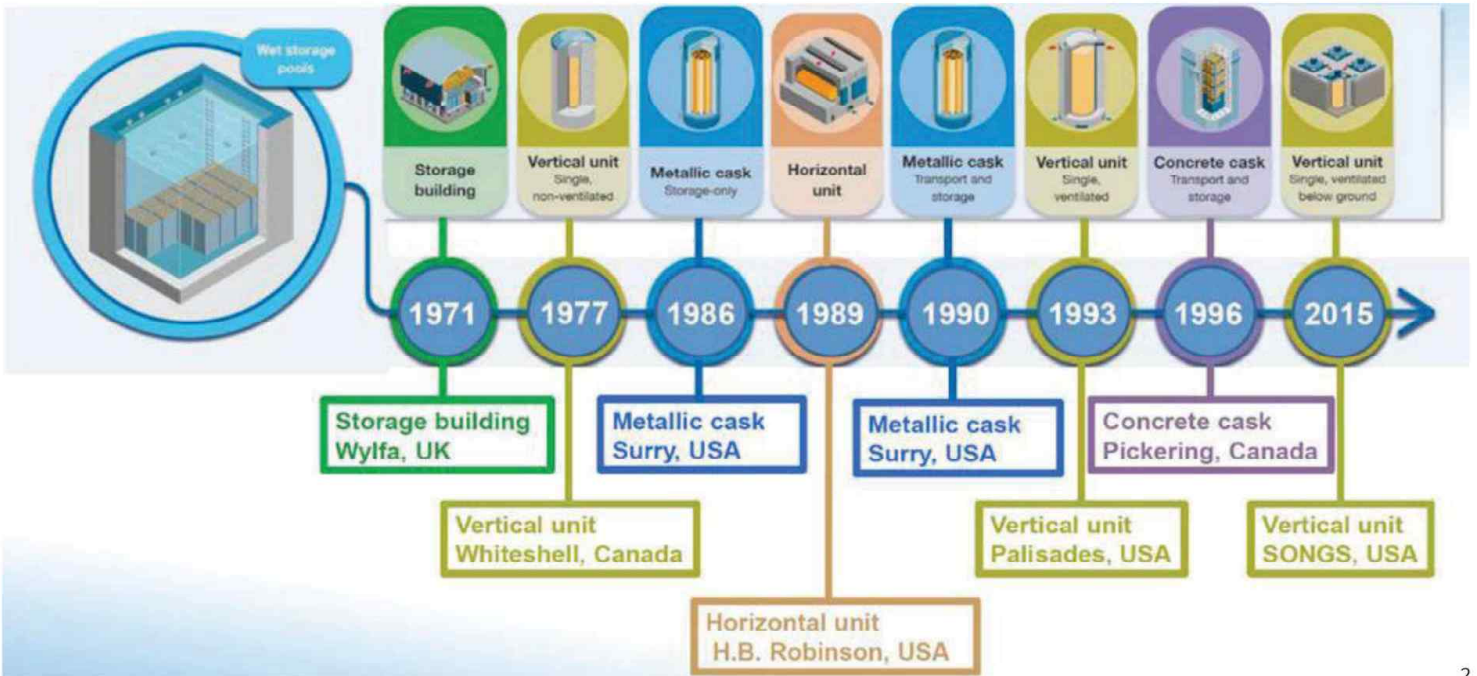


박석빈 위원

## 사용후핵연료 저장 이슈 해결 방안

사용후핵연료 저장 이슈 해결 방안

## 전년도 연구 내용 요약

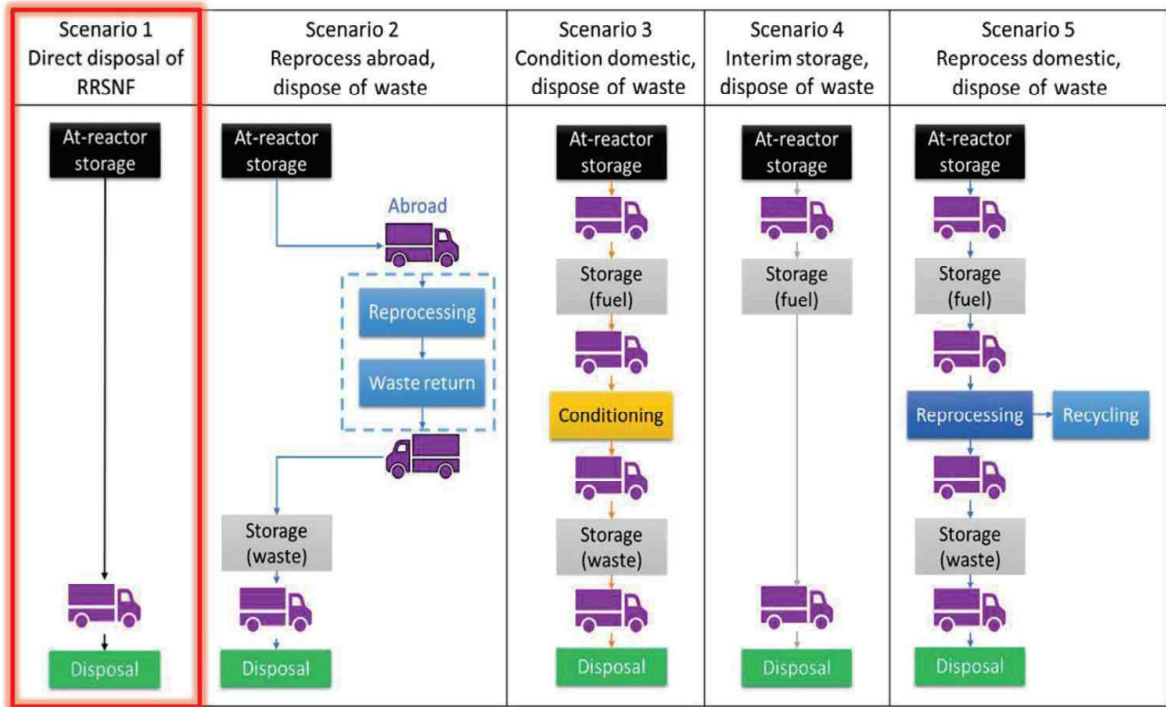


▶ 건식 저장시설

- 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 겸용용기를 대안으로 선호
  - 일본 무쯔 저장시설: 옥내 금속겸용용기에 저장하는 방식, 사용후핵연료가 들어있는 저장용기를 언제든지 다른 곳으로 이동 가능 → 대국민 수용성에 이점
- 국내 운영 중간저장시설(안): 옥내형의 금속저장캐스크 형태를 유력 검토
- 부지 내 건식저장시설(안): 초도물량 사용후핵연료를 옥내형 금속저장용기 형태로 추진



건식저장시설의 안전성 평가 항목

관련 규정 및 기준	요건	평가방법
<ul style="list-style-type: none"> <li>· 원안법/영/규칙/원자규칙/방사선규칙</li> <li>· IAEA SSS No.SSG-15</li> <li>· US 10CFR72, 10CFR20</li> <li>· US NRC NUREG-1536/1567 or 2215</li> <li>· ASME Sec.III Div.3</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안전기준 : 미임계 유지, 방사성물질 누출방지, 방사선량 가능한 낮게 유지, 연료손상 방지, 연료회수 가능</li> <li>- 정상운전 : 통상적으로 발생 가능한 조건(연료장전/용기인양/용기취급 등)</li> <li>- 비정상운전 : 일정하지 않지만 자주 발생 가능한 조건(연료봉 10%파손/흡입구 50%봉쇄/장비성능미비/작업자실수 등)</li> <li>- 사고조건 : 비정상조건보다 심각한 사고조건(연료봉 100%파손/흡입구 100%봉쇄/전복/화재/누설/폭발/취급착하 등)</li> <li>- 자연재해 : 정상운전시 발생가능한 재해(지진/토네이도/번개/태풍/홍수/지진해일/매몰 등)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 전산해석</li> <li>· 안전성입증시험 (원형/축소모델)</li> </ul>



저장시스템 자체 성능 평가 항목

구분		설계요건	기술기준
외부 정상 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 온도</li> <li>눈 및 얼음 하중</li> <li>취급 하중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>22°C</li> <li>3.63 kN/m<sup>2</sup></li> </ul>	ANSI/ANS57.9 건축 구조 설계기준 CMAA#70
외부 비정상 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 온도: 최소/최대</li> <li>공기 입구 막힘</li> <li>바람: 최대 풍속</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-25°C/35°C</li> <li>50%</li> <li>45 m/s</li> </ul>	ANSI/ANS57.9  건축 구조 설계기준
사고 조건	<ul style="list-style-type: none"> <li>외부 환경 온도</li> <li>낙하</li> <li>전복</li> <li>화재: 시간/온도</li> <li>공기 입구 막힘</li> <li>홍수: 높이/유속</li> <li>지진: 수평/수직</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>40°C</li> <li>60cm</li> <li>8분/800°C</li> <li>100%</li> <li>완전 침수/4.6 m/s</li> <li>0.3g/0.2g</li> </ul>	ANSI/ANS57.9  NUREG-1536 10CFR72.122 10CFR72.128 RG 1.59 RG 1.60

▶ 폐기물 발생량

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

▶ 책임계

- EPRI는 책임계 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

### ▶ 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

### ▶ 원전 부지 내 저장 후 원전 부지 외 중간 저장

- 이중 목적 시스템(Dual Purpose system) 혹은 겸용용기(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 겸용 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

# 당해년도 연구 진도

## 경주시

### 유망 원자력 분야: 신수종 및 혁신제조 기술

#### 사용후핵연료 운반 및 저장용기 제작

'23년 2월 기준 사용후핵연료는 경수로에서 22,333다발이 저장수조에 보관 중이며 약 75%가 차 있는 상태임.

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
	<b>Total</b>		<b>29,872</b>	<b>22,333</b>	<b>74.8</b>
PHWR	Wolsong (Wet)	156,832	149,052	95.0	2037년
	Wolsong (Dry)	498,000	353,640	71.0	
	<b>Total</b>		<b>654,832</b>	<b>502,692</b>	<b>76.8</b>

- 소내 저장수조가 2030년 부터 포화됨에 따라 별도의 저장시설 확보 필요  
('39년까지 약 1,000개의 경수로용 소내저장 캐스크 소요)
- 해외 경수로 운영국은 대부분 건식저장시설을 운영 중 (미국은 2개의 중앙집중식 및 96개소의 독립저장시설을 운영)

### 유망 원자력 분야: 신수종 및 혁신제조 기술

#### 사용후핵연료 저장용기 국내 시장 규모

구분	시장 규모 <sup>1)</sup>	비고
원전내 건식 저장사업	약 3.0 조원 (약 1,000 개)	'21년 ~ '39년
중간저장사업	약 5.4 조원 (약 1,800 개)	'40년 ~ '60년
영구처분사업	약 7.5 조원 (약 15,000개)	'60년 ~

지역	핵연료 저장량	포화년도
한빛	6,691개	'30년
한울	6,411개	'31년
고리	6,865개	'31년 ('25년 <sup>2)</sup> )

지역	핵연료 저장량	포화년도
신월성	658개	'39년

기준	핵연료저장량	포화년도
'22. 3월 기준 (한수원 홈페이지)		
'19년 방사성폐기물학회 용역보고서 기준		



1. 본부발 발생량 기준 예측 시장 규모이며, Cask 가격은 '19년 산업부 방사성폐기물비용산정위원회 자료 기준 (30억/기)  
2. 고리 1호기 해체 고리시 25년 사용후핵연료 인출 필요

### 유망 원자력 분야: 신수종 및 혁신제조 기술

#### 한수원의 경수로 사용후핵연료 부지내 건식저장시설 계획

구분	예상 추진 일정														
	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'36	'43	'60
관리정책 로드맵	사업준비	부지선정절차 [부적합지역 우선배제 (1년) → 부지공모, 주민의견 확인 (2년) → 부지적합성 기본조사 (5년) • 부지적합성 심층조사 (4년) → 주민의사 최종확인 후 부지확정 (1년)]											관리시설 부지 확보	중간저장 시설 확보	영구 처분 시설 확보
한수원 1단계 (고리)	준비	설계	인허가		제작/시공		운영 1단계								
	기본계획/계약	시설설계 용기설계	저장시설운영변경허가운반저장용기 설계승인		저장시설 건설 운반저장용기 제작		용기방식								
한수원 2단계 (고리/한빛/한울)	기본설계	상세설계		인허가			건설/제작		운영 2단계						
		저장모듈 상세설계		저장시설 운영 변경허가			저장모듈 건설 캐니스터 제작		모듈방식						

- 최근 한수원은 두산에너지빌리티와 건식저장시스템 종합설계용역 계약(2023. 11) -2027년까지 운반저장 캐스크 포함 건식저장시스템 설계 및 인허가 취득
- 사용후핵연료 저장용기 제작 관련 업체(별첨 2)를 경주 산단으로 유치 노력 필요

### 유망 원자력 분야: 신수종 및 혁신제조 기술

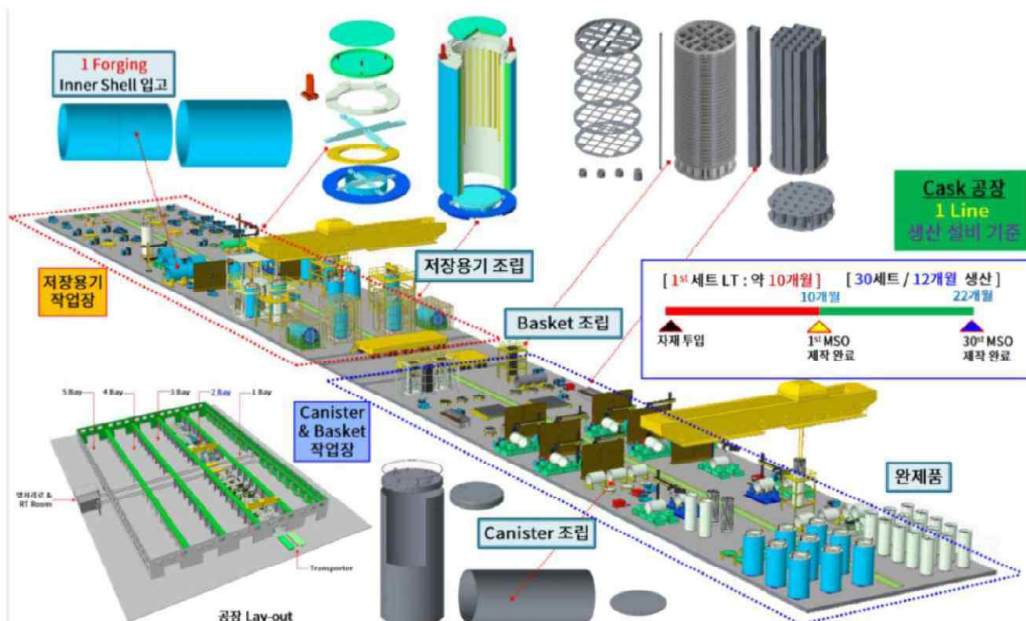
#### 사용후핵연료 운반 및 저장용기 개발 현황

- 한국원자력환경공단, 한국전력기술, 한수원, 두산 등은 운반 및 건식저장용기를 개발 중
- 미 NAC와 기술제휴 중인 두산에너지빌리티의 용기 모형

모델명	금속저장 (운반/저장) Doosan DSS-32				금속저장 MAGNASTOR MSO-37	
구분	바스켓 & 캐니스터	운반용기	이송용기	저장용기	바스켓 & 캐니스터	저장용기
수용 다발 수	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발	WH형 14X14 & 16X16 32다발	CE/WH형 37다발	CE/WH형 37다발
주요 제원	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 1,779 mm</li> <li>내경: 1,751 mm</li> <li>높이: 4,351 mm</li> <li>중량: 34톤 (핵연료장전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 2,517 mm</li> <li>내경: 1,793 mm</li> <li>높이: 4,811 mm</li> <li>중량: 110톤 (최대 운전 중량)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 2,187 mm</li> <li>내경: 1,805 mm</li> <li>높이: 4,510 mm</li> <li>중량: 77톤 (핵연료장전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 2,930 mm</li> <li>내경: 1,970 mm</li> <li>높이: 5,150 mm</li> <li>중량: 130톤 (핵연료장전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 1,828 mm</li> <li>내경: 1,803 mm</li> <li>높이: 4,872 mm</li> <li>중량: 46톤 (핵연료장전)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>외경: 2,900 mm</li> <li>내경: 2,019 mm</li> <li>높이: 5,690 mm</li> <li>중량: 140톤 (핵연료장전)</li> </ul>
영상						

### 사용후핵연료 운반 및 저장용기 제작 (경주)

#### Cask 제작 공장 개요





용기제작 부문별 참여기업 예상



# 추가 논의 필요

### 사용후핵연료(Used Fuel, UF)의 안전한 관리는 국가의 책임

- 제대로 관리가 안 될 경우 장기적으로 후손에게 부담이 된다.

### 사용후핵연료의 안전한 관리를 위한 필요 기반기술 확보

- UF 운반 / 저장 / 포장 / 처분 의 안전성 확보
- UF 실증규모 검사, 측정, 포장 등 제반 소요기술 실증
- 이를 위한 UF 특성 데이터 확보는 원자력계의 공통관심사
- UF 데이터 취득을 위한 조사후 시험설비 필요



### SF의 원전 소내저장, 운반, 임시저장 등 원전부지내 SF 관리

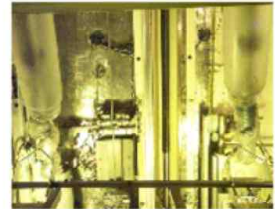
- 안전성 확보를 위해 SF 취급에 대한 종합적인 실증시험 수행 필요
- 대표 시료 취급용 대형 차폐시설의 확보 필요.
  - 이 시설은 UF의 수납, 검사 및 건식 저장 감시, UF의 밀집 포장, 잔존 폐기물의 감용 포장 및 부대 폐기물의 수집 처리 등의 기능이 수행 가능해야 함.

### SF에 대한 실증시험의 범위

- SF의 실증시험은 수중 시험, 핫셀 비파괴시험 및 핫셀 파괴시험 구분
- SF 수중시험 시설
  - 수송용기의 인수 / 하역플, 핵연료 저장플 및 핵연료 시험 / 해체플 3개의 구별된 수조로 구성
  - 원전에서 운반해 온 SF는 일차적으로 외관검사, 제원측정, 연소도분포측정, 변형측정 등의 비파괴검사 수행
  - 상단고정체 해체 후 연료봉의 선택적 인출 및 인출된 연료봉에 대한 수중 와진류 및 초음파 시험 등 수행

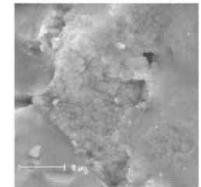
### 핫셀 비파괴시험

- 외관검사
- ✓ TV-Camera, Endoscope, Periscope 장비 필요
- ✓ UF 크기 검사
  - 변형 여부 판정용 총길이/폭, 휨정도, 산화막 두께 등 측정
- ✓ 결함 검사
  - 누설(sipping), 와전류, 초음파, 감마선 분광 분석



### 핫셀 파괴시험

- 광학현미경 및 전자현미경을 이용한 미세조직시험
- 시편 단위의 감마 스펙트럼 분석
- 핵연료 소결체의 밀도/경도시험
- 피복관의 미소경도 측정
- 차폐형 전자현미경을 이용한 정성/정량 분석



### 임시저장용 기술의 실증

- 중간저장 시설 적기 건설이 어려운 현 시점에서 SF 저장 공간 부족 문제 해결 필요
- ✓ SF의 이 SF의 장기 보관 건전성 확보 및 밀집 보관 필요
- ✓ 동, 절단, 밀집, 밀봉, 압착 등의 단계별 기반 기술의 개발과 실증 필요

### SF 검사 시, 추출되는 데이터는 종합 관리 필요

- SF의 건전성 판단의 기준
- SF의 이송, 보관, 저장, 처분 단계에서의 UF의 건전성 예측 및 관리
- 추후 개발 핵연료의 설계기준 자료로 활용

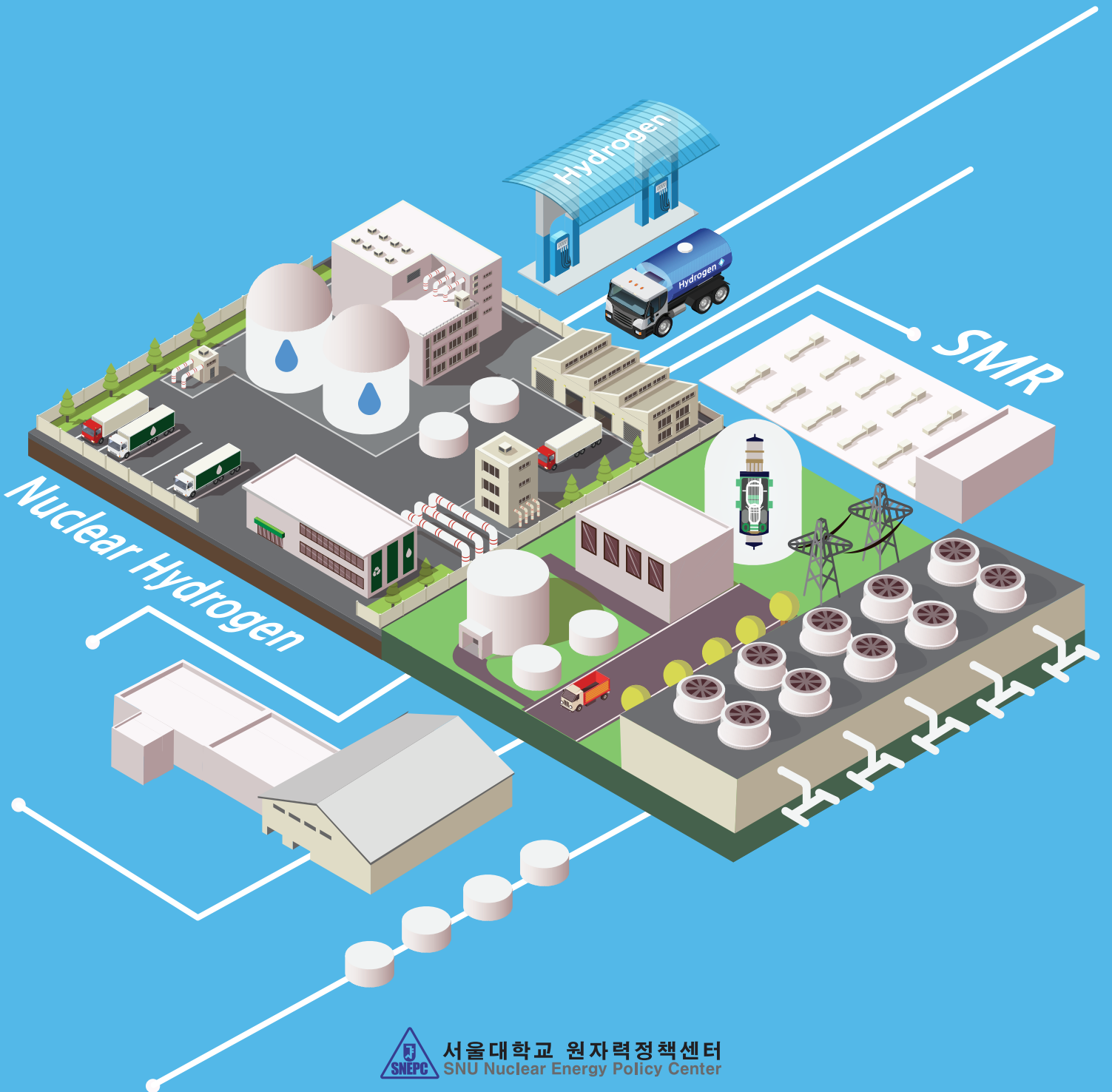
### 국내 기보유 핫셀기술/시설의 평가와 활용 최적화 검토



**Thank you.**  
**Q & A**

분과2

# 미래기술 및 에너지 정책





# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 원전부지확보 관련 이슈와 해결 방안

박석빈 위원

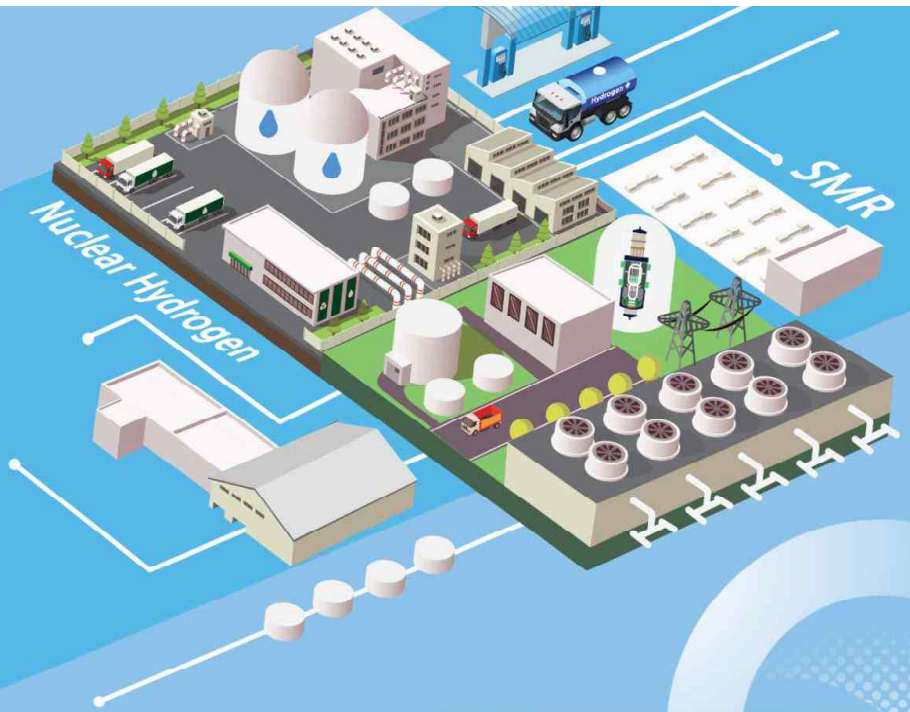






2차년도 중간 발표회

## 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍



박석빈 위원

## 원전부지확보 관련 이슈와 해결 방안

### 필요성 및 배경

#### ▶ 1차년도 연구 결과,

- 원전의 건설 및 운영 사업은 최고 수준의 인력, 기술, 그리고 약 100만 개의 많은 기기와 부품이 필요한 거대 산업
- 원전의 안전한 운영을 위해서는 숙련된 기술자 및 엄격한 품질 관리 요건에 부합하도록 신뢰성을 갖춘 원전 부품을 지속적으로 공급받을 수 있는 공급처 확보가 필수
- 원전의 핵심부품인 원자로 제작에는 상당히 복잡하고 정교한 고중량의 대규모 단조품이 필요하고, 이런 원자로를 설계, 제작, 공급할 수 있는 공급자는 우리나라를 포함하여 전 세계적으로도 매우 한정
- 원전건설 사업의 성공을 담보하기 위해서는 원자로 외에도 수많은 부품들의 원활한 적기 조달이 필수적 요건
- 이러한 원전산업 생태계를 활성화하려면, 현재 최고의 경쟁력을 가지고 있는 대형원전의 지속적인 건설 필요
- 약 3년 주기의 신규 원전건설이 바람직한 것으로 확인

#### ▶ 따라서, 지속적인 원전건설을 위해서 원전부지의 확보에 문제점들이 없는 지 조사 및 분석 필요

- 확인된 문제점들을 해결하는 방안 도출

#### ▶ 적기 해소해야 지속적인 원전건설을 통한 원자산업 생태계 활성화 가능

#### ▶ 우리나라의 원전부지확보와 관련된 이슈들에 대해 조사 및 분석하여 해결방안 제시

- 이러한 이슈들에 기술적 이슈들과 지역적, 사회적 이슈들이 함께 혼재해 있는 것으로 추정되며, 해외의 사례들의 조사를 병행하여 타산지석으로 고려

상반기					하반기				
원전부지 선정 관련 기술 요건 조사: 상반기									
					세계 원전부지 확보 현황 조사 및 시사점: 하반기				
					원전부지 확보 관련 이슈 파악 및 방안 제시: 하반기				

▶ 이슈 1: 부지확보의 어려움

- 지리적 제약 요인 고려 부지 선정: 부지는 지진, 홍수 및 기타 자연재해의 위험 최소화 필요. 부지 선정에 대한 지역 사회의 의견 수렴 및 적극적인 대화를 통해 사회적 지지 확보 필요

▶ 이슈 2: 환경영향

- 환경영향평가 실시 후, 결과 공개하여 환경 문제에 대한 투명성 유지 필요. 가능한 한 친환경 기술과 방법 채택하여 환경 영향 최소화 방안 제시
  - ▶ 지진 및 지질 조건: 지진 활동 및 지질 조건을 고려하여 지진의 가능성과 토지 안정성 평가
  - ▶ 물 공급 및 냉각 수원: 주변의 수원 자원과 지역 기후 조건을 고려하여, 충분한 물 공급 확보 및 냉각을 위한 수원 보유 필요
  - ▶ 인구 밀도 및 주민 이동성: 주변 지역의 인구 밀도와 주민 이동성 평가 필요

▶ 이슈 3: 안전 및 보안 / 에너지 공급 안정성 / 방사성폐기물 관리

- 원전 건설 시, 함께 포함되어야 하는 부지 관리

## 1. NS-R-3 "Site Evaluation for Nuclear Installations":

- 원전 부지의 평가에 대한 포괄적인 접근 방식 제공
- 부지 선정과 관련된 기술적 요소와 안전성 평가에 중점
- 지질학적, 기상학적, 수문학적 조건 뿐만 아니라 인구학적 요소와 사이트 주변의 환경 영향도 고려

## 2. SSR-1 "Safety of Nuclear Power Plants: Design":

- 설계 안전성 기준으로, 부지 특성이 원전 설계에 어떻게 반영되어야 하는지에 대한 지침 제공
- 자연재해나 인간이 유발한 사건으로부터 원전을 보호하기 위한 설계 기준 포함

## 3. SSR-2/1 "Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation":

- 원전의 운영과 관련된 안전 기준 제시
- 부지 조건이 운영 중 안전성에 미치는 영향 평가

## 4. GS-G-1.1 "Seismic Hazards in Site Evaluation for Nuclear Installations":

- 지진 위험 평가와 관련된 구체적인 지침 제공
- 지진이 원전 부지 선정과 설계에 미치는 영향 평가 방법론 제시

## 5. NS-G-3.2 "Dispersion of Radioactive Material in Air and Water and Consideration of Population Distribution in Site Evaluation for Nuclear Power Plants":

- 원전 사고 시 방사성 물질의 확산 평가
- 인구 분포 고려 부지 선정 기준

- SMR과 같은 첨단 원자력 기술의 개발은 비상계획구역(Emergency Preparedness Zone, EPZ)을 최소화할 수 있음.
- 해당 기술은 고급 안전 기능 내재 안전 설계를 통해, 사고 발생 시 방사성 물질의 방출 가능성을 획기적으로 줄이는 것이 목표
- 기존의 대형원전에 비해 축소된 EPZ 가능, 이론적으로는 원전 부지 내로 EPZ 제한 가능

### 가장 최소화된 EPZ를 가진 SMR 예시

- NuScale Power: NuScale의 SMR 설계는 고유의 안전 특성 보유, USNRC로부터 설계 인증 획득
  - 원전 부지 내, 방사선 방출 제한 가능하다는 분석 자료, 규제 기관 제출, NuScale EPZ의 원전 부지경계로 제한 가능
  - SAFETY EVALUATION FOR NUSCALE TOPICAL REPORT, TR-0915-17772, "METHODOLOGY FOR ESTABLISHING THE TECHNICAL BASIS FOR PLUME EXPOSURE EMERGENCY PLANNING ZONES AT NUSCALE SMALL MODULAR REACTOR PLANT SITES," REVISION 3
  - 원전 부지의 최종 EPZ의 크기와 범위는 특정 NuScale SMR 부지에 대한 NRC의 최종 승인 과정에서 결정
- NuScale 설비의 공정 열 이용자, 사업체나 주택 등의 활용 시설 근접에 배치 가능
- 비상계획 소요 비용 크게 절감

### 규제 승인:

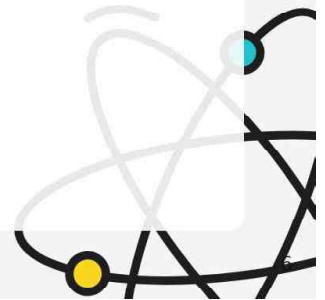
EPZ를 줄이기 위한 모든 노력은, 각 국가의 규제 기관이 안전성 평가와 공공 보호 기준에 대한 자체적인 접근 방식을 가지고 있기에, 해당 국가의 원자력 규제 기관의 승인 필요.

### 공공의 신뢰와 수용성:

원전 시설, 특히 인구 밀집 지역 근처에 있는 원전 시설에 대한 공공의 신뢰와 수용성은 중요한 고려 사항이기에, EPZ의 크기를 줄이는 것은 기술적인 검증 뿐만 아니라, 공공과의 투명한 소통과 참여가 필요.

### 비상 대응 계획:

비상 대응 계획은 여전히 필요하며, 사고 시 대응을 위해 지역 사회, 지방 정부 및 비상 대응 기관과의 협력 중요.



### 1. 특수한 운영 환경: 원자력 항공모함은 이동성이 요구되며, 종종 공해상에서 활동

· 이러한 환경은 고정된 민간 원전 시설과는 다른 운영 및 안전 요구 사항 존재.

### 2. 군사적 요구 사항: 군사적 목적의 원자력 항공모함은 전략적 유연성, 신속한 대응 능력, 및 군사 작전 수행 능력 항시 유지 필요

· 이러한 환경은 고정된 민간 원전 시설과는 다른 운영 및 안전 요구 사항 존재.

### 3. 군사 규제 및 프로토콜: 원자력 항공모함은 국가의 군사 규제 및 프로토콜에 따라 운영

- 비 공개 원칙
- 해당 규제는 민간 원자력 규제 기관의 규제와 차이
- 군사 작전의 안전성과 효율성 보장에 초점

### 4. 안전 및 보안 조치: 군사용 원자력 시설은 높은 수준의 보안과 함께 엄격한 안전 조치 시행

· 민간 시설의 안전 기준과 다르게 적용 가능, 때로는 더 엄격

군사적 목적상 EPZ의 "완화"라기보다는 군사적 요구와 작전 환경에 적합한 안전 및 대응 기준의 "적용"이라고 이해하는 것이 적절

- EPZ 설정은 주관적 판단만을 기반으로 하는 것이 아니라, **객관적이고 과학적인 데이터, 분석, 그리고 안전 기준을 근거로 함.**
- 해당 분석과 판단 과정을 통해, EPZ 설정은 과학적 근거와 체계적인 접근 방식을 기반으로 하며, 주관적 판단보다는 **객관적이고 신뢰할 수 있는 데이터와 분석에 의존**
- 그러나 모든 안전 관련 결정과 마찬가지로, **EPZ 설정에는 전문가의 판단과 평가가 포함되며, 때로는 불확실성을 관리하고 최선의 대응 전략을 선택하는 과정에서 주관적 요소가 일부 포함 가능**
- 원자력 관련 중대 사고의 발생 가능성이 극히 낮은 원자로의 경우, **EPZ 최소화 가능**
  - 고도 안전 설계, 고급 안전 기술 적용, 엄격한 운영 프로토콜 및 사고 방지 시스템 등을 통해 달성 가능
  - 그런데도, 원자력 시설에서 사고 발생 가능성을 완전히 배제할 수는 없다고 주관적인 결정을 한 사항이므로, 원자력 시설의 설계와 운영에 있어 안전성을 최대화하고, 사고 발생 시 피해를 최소화할 수 있는 충분한 예방 조치와 대응 계획이 항상 필요

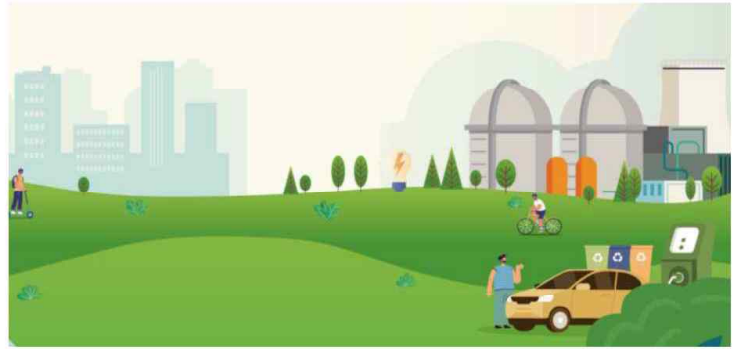
- 소행성 충돌과 원자력 시설의 중대사고 발생 확률을 비교할 때 고려해야 할 중요한 점은 두 사건의 **본질적 차이와 인류가 대응할 수 있는 능력**
  - 소행성 충돌은 매우 낮은 확률의 사건이지만, 그 영향은 지구 전체 또는 광범위한 지역에 걸친 재앙
  - 반면, 원자력 시설의 중대 사고는 비록 발생 확률이 낮더라도, 발생 시 그 영향이 지역적으로 제한되고, 사전에 준비와 대응을 할 수 있는 사건으로 고려
  - 실제로 국제적 차원에서는 소행성 충돌 위험에 대비한 노력이 이루어지고 있다. 예를 들어, NASA의 Planetary Defense Coordination Office는 지구에 접근할 수 있는 NEO를 추적하고, 잠재적 충돌 위험을 평가하는 작업을 수행
  - 기술적 제한과 자연재해의 불확실성으로 인해 완전 대비 불가.



- **예측/제어 가능 원자력 시설의 위험을 관리하기 위한 실용적이고 책임 있는 접근 방식으로 윤리적으로 결정된 사안**
- **인간이 조치할 수 있는 한 조치해야 한다는 윤리적 예방 및 대응 조치의 일부**
- **소행성 충돌과 같은 극히 낮은 확률의 불가항력적인 자연재해와는 다른 맥락에서 이해 필요**
- **위험 관리와 안전 기준 설정에 있어서 '어느 정도까지 관리해야 하는가?'**
  - 리스크 평가, 공중 보건, 안전 기준, 사회적 수용성 등 여러 요소 고려 결정 필요
  - 원자력 시설의 중대사고 발생 확률이 극히 낮다 하더라도, 잠재적 영향의 심각성 고려 필요
- **리스크 관리의 원칙:**
  - ALARA: 리스크를 합리적으로 달성 가능한 가장 낮은 수준까지 줄이는 것을 목표로 하며, 비용, 기술적 가능성, 사회적 요구 고려 결정.
  - 예방 원칙: 잠재적 위험이 크지만 발생 확률이 낮은 사건에 대해, 사전 예방 조치를 취하는 것이 중요하다는 윤리적 판단 사회적, 경제적 비용과 잠재적 피해 비교 조치 결정.

- 1. 원자력 시설의 중대사고 발생 확률이 소행성 충돌 확률보다 작다 할지라도, 사고 발생 시의 잠재적 영향과 사전에 대응할 수 있는 능력을 고려하여, EPZ 설정과 같은 안전 조치 필요**
- 2. 리스크 관리는, 사회적 수용성, 공중 보건 보호, 그리고 가능한 최선의 예방 조치를 구현하는 것을 목표로 해야 한다는 윤리적 근거하에 결정**
  - 발생 확률 뿐만 아니라, 사건의 잠재적 영향과 대응 가능성을 모두 고려하여 종합적으로 조치 결정.
- **EPZ의 원자로 경계로 제한하려면, 원자로의 설계와 운영이 극도로 높은 안전성 확보 필요**
- **(사고로 인한 방사선 누출 가능성을 사실상 제로에 가깝게 만들어야 함을 의미)**
  1. 내제 안전성: 원자로는 내제 안전성 보유 필수.
  2. 피동 안전 시스템: 원자로는 외부 전원이나 인간의 개입 없이도 안전하게 운영될 수 있는 피동 안전 시스템 포함 필수
  3. 다중 방호: 방사성 물질을 안전하게 격리하기 위해 다중 보호 장벽 구현 필수
  4. 고장 허용 설계: 원자로는 고장 허용 설계 원칙에 따라 제작 필요
  5. 엄격한 운영 및 유지보수 프로토콜: 원자로 운영진은 엄격한 훈련을 받아야 하며, 정기적 유지보수/검사
  6. 심층 방어: 사고를 예방하고, 발생할 경우 영향을 최소화하기 위해 다양한 안전 층위를 포함하는 심층 방어 전략 채택

- 상기 요건들은 현재의 원자력 기술과 미래의 혁신적인 원자로 설계에서 시현 가능
- 따라서 EPZ를 원자로 경계로 제한한다는 것은 기술적으로 달성 가능 목표
- 원자로의 모든 측면에서 최고 수준의 안전성 확보 필수
- 규제 기관과 공중의 안전에 대한 기대치 충족 필요
- ✔ 광범위한 검증, 시뮬레이션, 및 안전 평가 필요.



**Thank you.**  
**Q & A**

서울대학교 원자력정책센터 NIFTEP





# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 원전수출 경쟁력 제고를 위한 원전 산업체계 개편 대안 검토

이종호 위원





2차년도 중간 발표회

## 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍



이종호 위원

## 원전수출 경쟁력 제고를 위한 원전 산업체계 개편 대안 검토

서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center

NIFTEP

## 원전수출 경쟁력 제고를 위한 원전 산업체계 개편 대안 검토

서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center

NIFTEP

# CONTENTS

1

과제 개요

- 최종목표
- 연차 별 연구목표
- 참여 연구원

2

과제 추진 현황

- 원전시장 분석 보완
- 국내 원전 수출체계 및 문제점
- 원전수출체계 대안 검토
- 거버넌스 안 도출 및 컨센서스 형성 방안

3

향후 연구 계획

# 원전 수출을 위한 수주 경쟁력 제고 및 정부 지원방안 과제 개요

## 최종 목표:

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

## 연차 별 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

## 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
- 컨센서스 도출 및 정책 제언

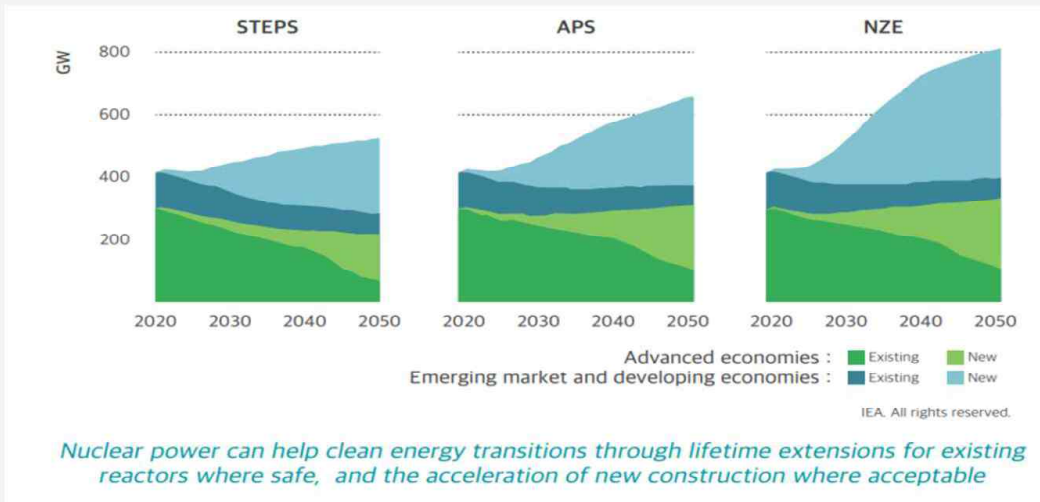
### ▶ 3차년도: 미래 원전시장 진출을 위한 민.관 공동 수출전략 강구

- 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

▶ 2050년 세계원전시장 전망: 600~1,000 GW 신규 전망

- IEA, 2021 World Energy Outlook: 현재 400GW → 800GW 규모로 증가할 예정
- 신규원전 기준 약 600GW의 신규원전 건설 전망



● IAEA, 2023 "ENERGY, ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER ESTIMATES FOR THE PERIOD UP TO 2050" :

현재 400GW → 890GW 규모로 증가할 예정

- 최대 약 600GW의 신규원전 건설 전망

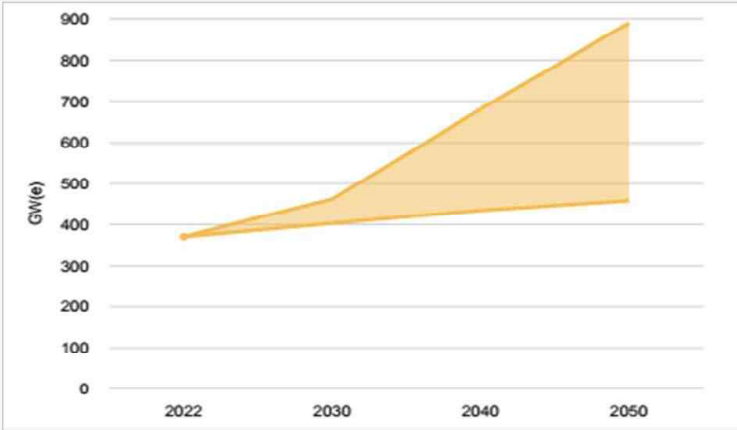


그림 4-00. 2050년 원전설비 전망(IAEA, 2023)

Electricity Production	2022	2030		2040		2050	
		Low	High	Low	High	Low	High
Total	27 672	33 275	33 275	41 508	41 508	50 071	50 071
Nuclear	2 545	3 143	3 601	3 518	5 385	3 901	7 158
<i>Nuclear as % of Electricity Production</i>	9.2%	9.4%	10.8%	8.5%	13.0%	7.8%	14.3%

그림 4-00. 2050년 원전발전량 전망(IAEA, 2023)

● IAEA, 2023 "ENERGY, ELECTRICITY AND NUCLEAR POWER ESTIMATES FOR THE PERIOD UP TO 2050" :

낙관 890GW, 비관 460GW

- 약 300~700GW의 신규원전 건설 전망

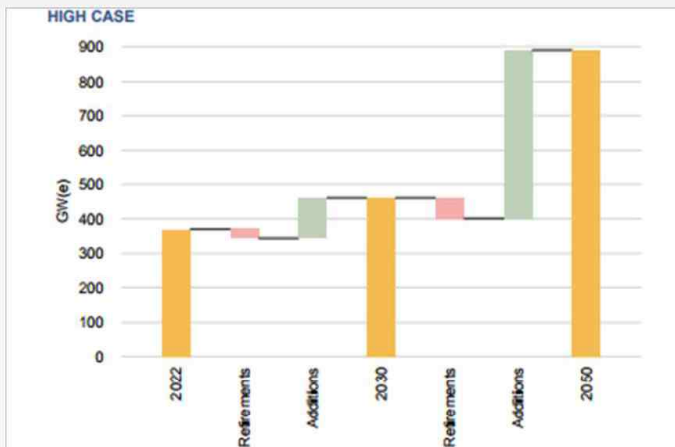


그림. 2050년 세계 원전설비 전망(낙관적)

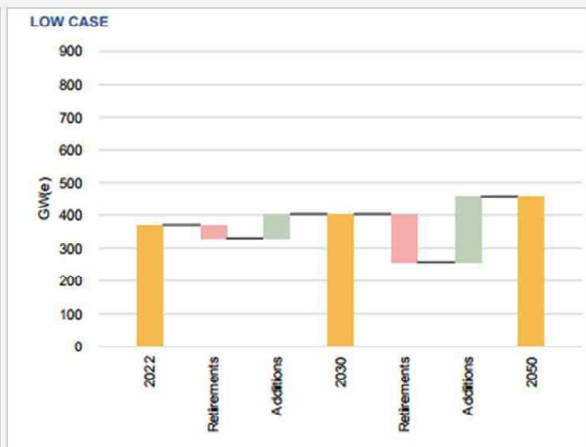


그림 4-00. 2050년 세계 원전설비 전망(비관적)

● **지난해 12월 유엔기후변화협약 제28차 당사국총회(COP28) : 2050년까지 세계 원자력발전 용량을 현재의 3배로 확대 선언**

- 한국, 미국, 프랑스, 일본 등 22개국은 참여
- 원전용량이 기존 400GW 규모에서 1,200GW 규모로 증가
- 신규로 환산하면 약 1,000GW가 추가 건설

● **2050년까지의 세계 신규원전 전망은 낙관적으로 600~1,000GW 전망**

- 중국, 러시아, 프랑스, 한국, 미국 등 자국 기술로 건설하는 나라의 비중이 50%정도라고 가정한다면 원전수출 시장규모는 약 300~500GW 정도

● **따라서, 수출경쟁력이 있는 우리나라 원전산업체가 수출시장의 10%만을 차지한다 가정하여도 2050년까지 30GW에서 50GW의 원전을 수출할 수 있는 것임**

- 참고로 현 정부는 2030년까지 10기의 원전 수출 추진

표. 2050년 에너지 믹스 시나리오별 발전량

(단위: TWh)

시나리오	(원전:재생E:수소)	원전	재생에너지			수소	총수요
			태양광	풍력	소계		
I	35 : 45 : 20	440	395	171	566	252	1,258
II	40 : 40 : 20	503	332	171	503	252	1,258
III	45 : 35 : 20	566	269	171	440	252	1,258

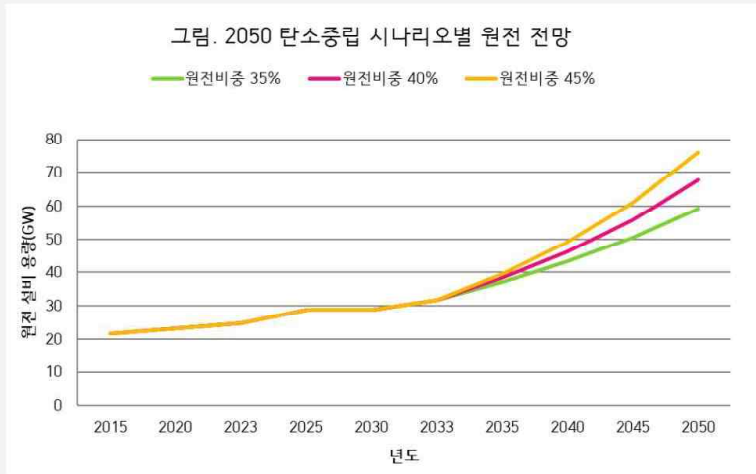
표. 2050년 에너지 믹스 시나리오별 설비량

(단위: GW)

시나리오	(원전:재생E:수소)	원전		재생에너지*		수소
		필요	(신규)**	태양광	풍력	
I	35 : 45 : 20	59.1	(△27.5)	294.7	75.4	~47
II	40 : 40 : 20	67.6	(△36.0)	247.7	75.4	~45
III	45 : 35 : 20	76.0	(△44.4)	200.7	75.4	~43

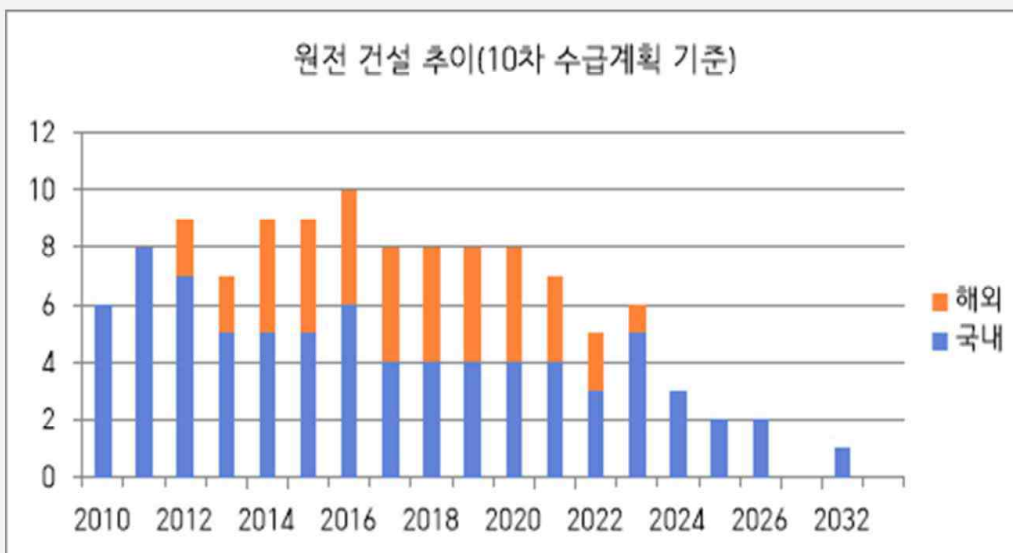
● 2050 탄소중립계획 시나리오에서 제시한 2050년 전력수요, 1,258 TWh를 기준으로 원전 비중을 35%~45%로 가정한다면 2050년까지 신규원전 27.5GW 에서 44.4GW가 필요한 것으로 평가됨

· 2033년부터 상업운전이 가능하다고 가정하면 APR1400 기준으로 매년 1~2기를 건설하여 총 20~32기의 신규원전이 필요함



신규원전 건설 증장기 에너지믹스를 수립하여 뒷받침 해야

· 현재도 문정부의 2050 탄소중립 계획의 전원믹스 유효





● 원전 산업(수출) 산업의 특성

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

● 외국의 원전산업체계

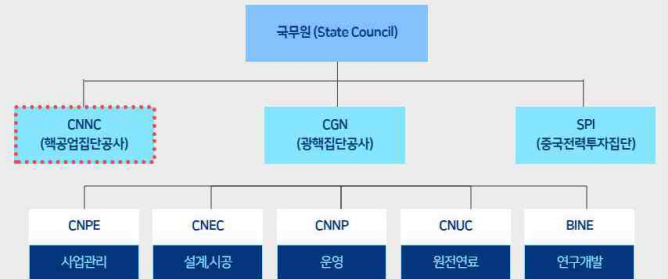
- 미국, 유럽의 경우는 장기간 건설 중단으로 공급망(Supply Chain)이 무너진 상태
- 생존을 위해 합종연행을 통해 지속적으로 변화하여 옴
- 반면 중·국러시·아프랑스 등은 일사불란한 체계를 갖추어 세계 시장을 선점하려 하고 있음

경쟁국 원전공급자들의 산업체계(러·중) : 정부 중심 체계

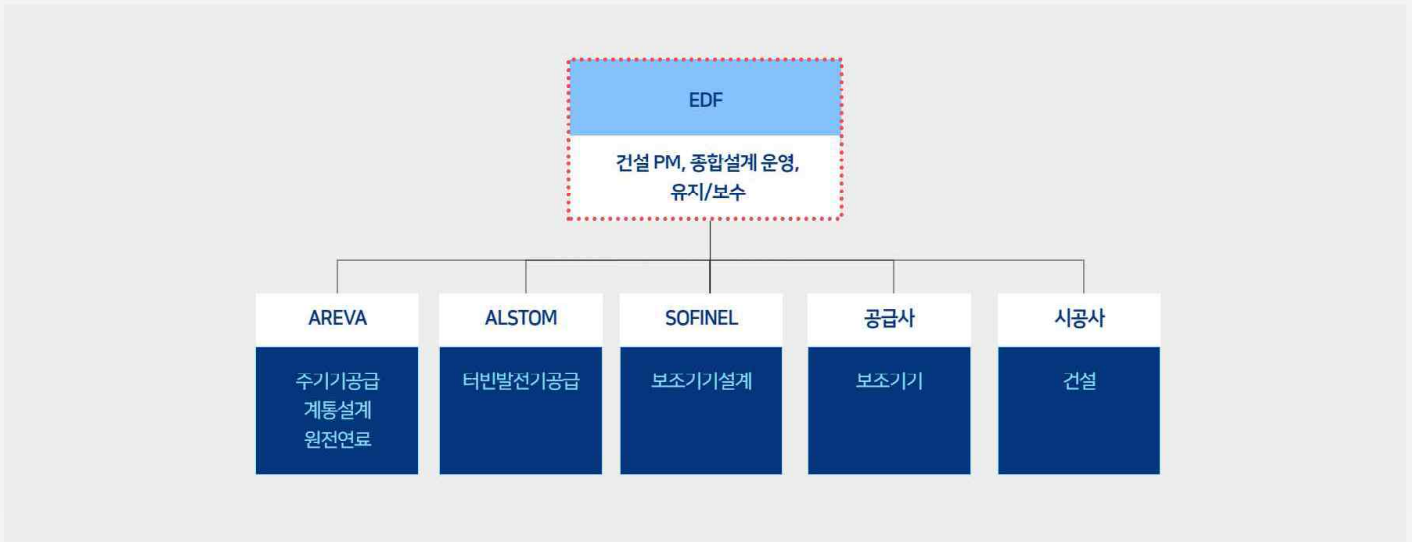
러시아의 원전산업체계



중국의 원전산업체계



프랑스의 원전 산업체계: 공기업(EDF) 주도 민간방식 운영



● '80년대 이전: 한전(전력회사)과 원자력연구소를 중심으로 원전사업 출발

- 한전: 원자력발전본부 및 원자력건설본부를 중심으로 출발
- 원자력연구소: 원자로설계(자체) + 연료 설계 제작(핵연료공단) + 엔지니어링(KNE)

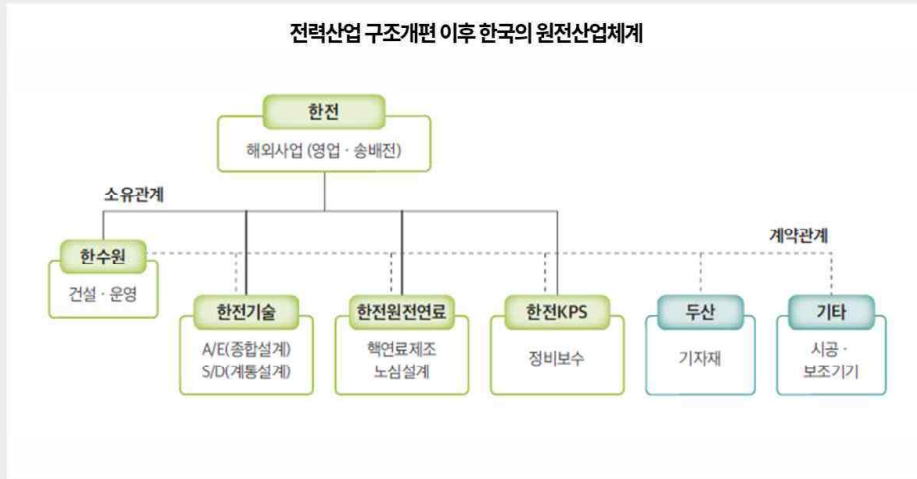
● 원전기술자립('80~'90년대 중반) 추진시 현재의 역할분담체계 구축(산업부 산하기관)

- 한전: 원전 운영, 건설, 해외사업
- 한전자회사: 한전기술(원자로설계 + 엔지니어링), 원전연료(연료설계제작), 한전보수(정비)



## ● 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 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 가능 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

### ● 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: 2024. 2. EDF와 2개로 Short List로 선정  
→ 4호기로 확대하여 24.4월말까지 입찰서 제출, 6월 우선협상대상자 선정
- 폴란드: 2017년부터 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 등에 원전 수출 노력

### ● 공기업으로서 문제점

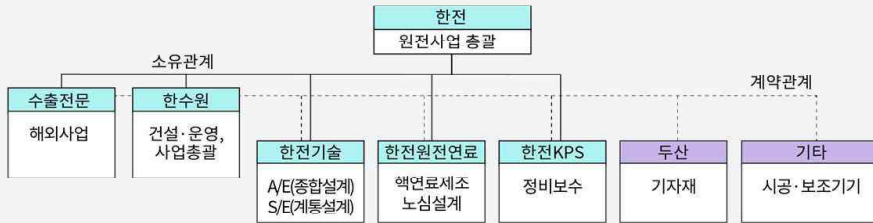
- 직원들의 사업마인드가 부족하고 성공에 대한 유인책도 없음
- 업무 전문성 육성에 한계가 있음( 다른 곳으로 이동할 대안이 있음)
- 입찰 제도 등의 제약으로 가용한 Supply Chain의 효과적 활용이 어려움
- 관리적 측면의 사고가 익숙한 공기업 직원으로 고객을 상대로 한 마케팅 역량에 한계

### ● 산업체계상의 구조적 문제점

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



제1안: 한전에 별도 원전 해외사업 전문자회사를 설립하여 통합하는 안



● **내용**: 한전과 한수원의 해외사업 기능을 한전 산하에 원전 해외사업 전문자회사를 설립하여 통합하는 방안

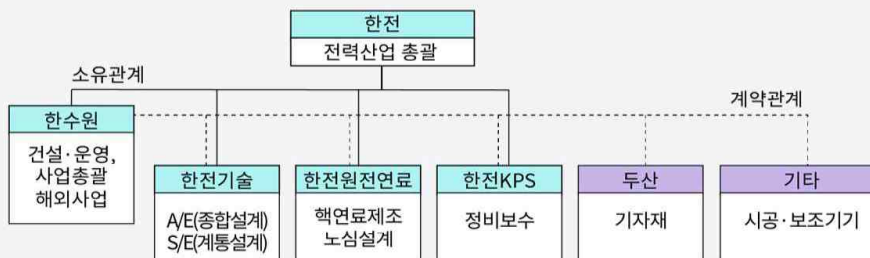
● **장점**

- 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

제2안: 해외사업 기능을 통합하여 한수원 산하조직으로 운영하는 안



● **내용**: 한수원 산하의 원전 해외사업 조직을 확대하여 한전의 해외사업 기능을 통합 운영하는 방안

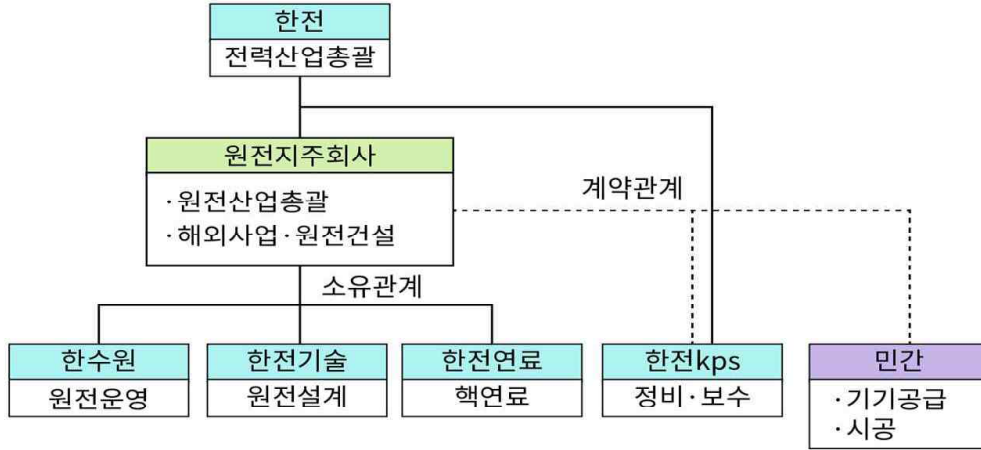
● **장점**

- 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)

제3안: 한전 산하에 원전산업을 총괄하는 중간 지주회사를 설립하는 안



● 제3안: 한전 산하에 중간지주회사를 설립하여 해외사업 등 원전사업 총괄 기능을 수행하는 방안

- 내용: 한전 산하에 원전산업을 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 수출체계를 포함한 원전산업 거버넌스 검토 및 최적 방안 제시
- 최적대안 검토 및 대안에 대한 컨센서스 형성
- 정부에 의 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







# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍

## 미래원자력기술 시장 전망과 해외진출방안

오근배 위원



서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center



2차년도 중간 발표회  
원자력 지속가능성에 대한  
NEXFO 워크숍



오근배 위원

# 미래원자력기술 시장 전망과 해외진출 방안

미래원자력기술 시장 전망과 해외진출 방안

## CONTENTS

1 SMR 개요 및 비전

2 SMR 유형 및 활용분야

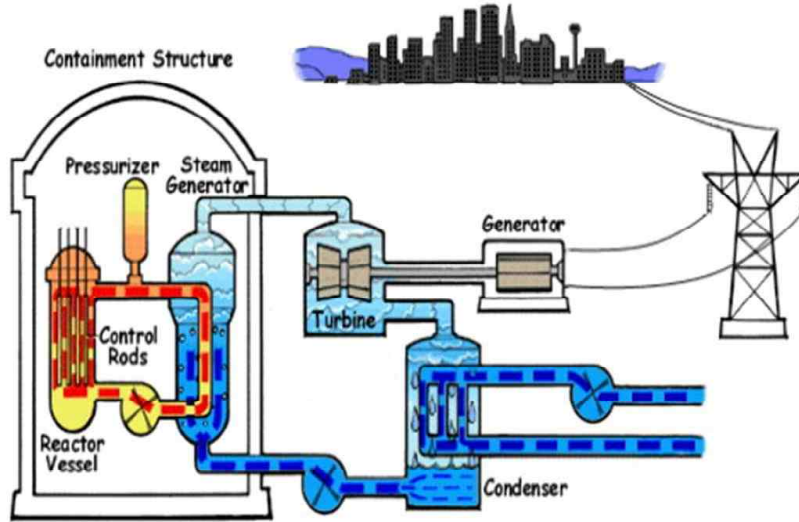
3 SMR 시장 전망 및  
개발현황

4 SMR 국내건설과  
해외진출 방안

# I-1. 대형 가압경수로 발전소 (Loop Type)

## 주요경과

- 우리나라 원자력 발전소의 주종 ( 고리2~4, 신고리1~2, 새울1~2, 신월성1~2, 한울1~6, 신한울1, 한빛1~6)
- 증기발생기, 냉각재 펌프, 가압기 등 주요 기기들이 배관으로 연결되어 있음
- 주 목적으로 생산된 전력을 대규모 전력망에 연결하여 가정과 공장 등에 공급



2

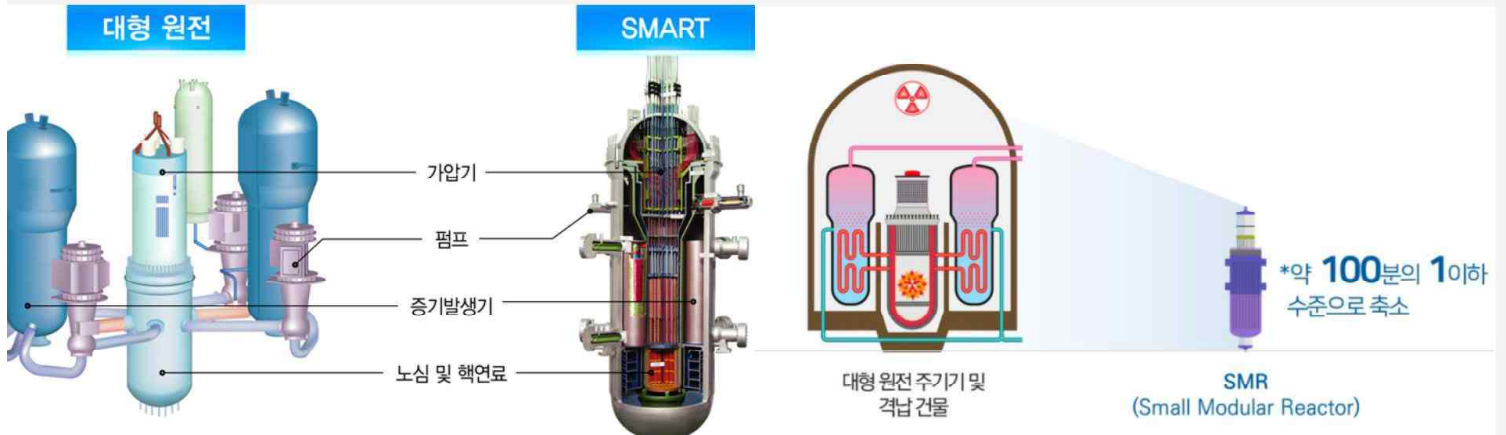
# I-2. 소형원자로(SMR)

## 소형모듈원자로(SMR: Small Modular Reactor) : 300 MWe 이하의 원자로

※ 초소형원자로: 열출력 기준으로 1~20 MW 범위의 원자로

### SMR 특성: 일체형 구조

- 증기발생기, 냉각재 펌프, 가압기 등 주요 기기를 하나의 용기에 일체화 가능



3

### I-3. 소형원자로(SMR)

#### SMR 특성: 다목적 활용

- 모듈 형태로 공장 제작, 현장 이송 및 조립 건설: 건설공기 단축 및 건설비용 절감 가능, 증설 용이
- 소형인 특성으로 다양한 지역, 다양한 목적에 따라 활용 가능
  - 격지, 오지 에너지원, 기후변화 대비 노후 석탄·화력발전 대체 및 수요지 인근 분산형 전력망 제공 가능
  - 안정적 기저전력원 역할 외 산업 공정열 공급, 수소생산, 해수 담수화 등 다양한 분야에 활용 가능

#### SMR의 다목적 이용

<p><b>화력 발전 대체</b> (on-grid)</p> <p>(용량 ~350 MWe)</p>		<p><b>중공업/오일샌드 증기/전력공급</b></p> <p>(용량 20~200 MWe)</p>	
<p><b>오지 열/전력 공급</b> (off-grid)</p> <p>(용량 ~10 MWe)</p>		<p><b>광산 지역 열/전력 공급</b> (off-grid)</p> <p>(용량 ~20 MWe)</p>	

### I-4. SMR의 장점

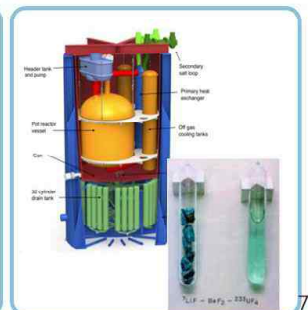
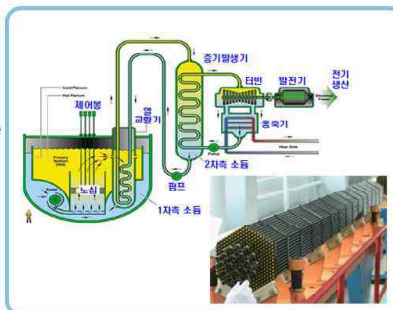
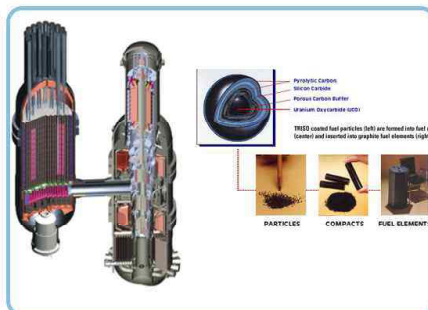


## II-1. 다양한 SMR 로형별 활용분야

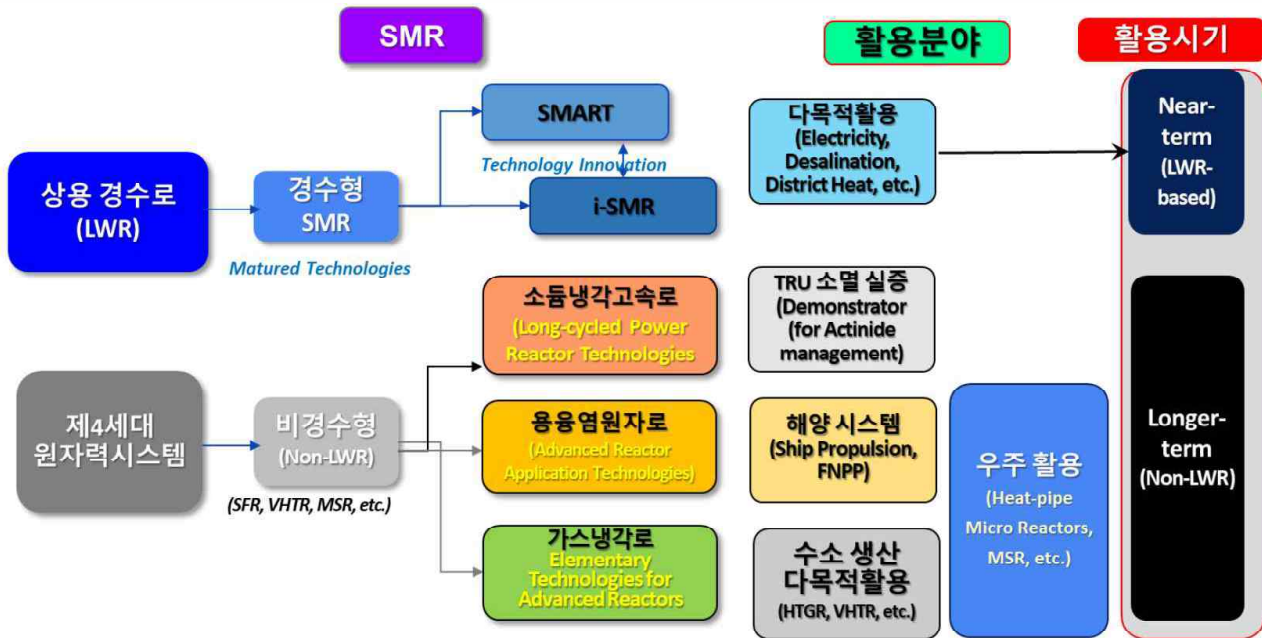


## II-2. SMR 로형별 개념 비교

항목	가압경수로	고온가스로	소듐냉각로	용융염로
냉각재	물	헬륨(He)	소듐(Na)	불소/염화염
출구온도	320 °C	750~950°C	500~550°C	~650°C
냉각재압력	150기압	70기압	대기압	대기압
감속재	물	흑연	-	흑연/-
핵연료	집합체	피목입자	금속연료	UF <sub>4</sub> , PuF <sub>3</sub> , UCl <sub>3</sub>
안전계통	능동/피동	자연냉각	능동/피동	누출시 고화
전력 외 활용분야	담수, 난방	수소생산, 공정열	열저장, 사용후 연료관리	수소생산, 해양용, 사용후연료관리



## II-3. 국내 SMR 개발 흐름



## II-4. SMART 및 i-SMR

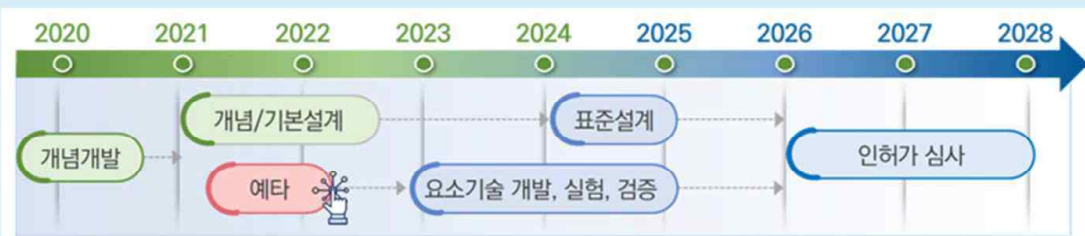
### SMART

▶ 세계 최초 표준설계인가 획득('12.7.), 수출시장 확대를 위한 사우디 협력, 캐나다 수출 추진



### i-SMR

▶ 설계·혁신기술·제조기술 3 분야로 기술개발, 표준설계 및 기술검증 완료 (2028)



## II-5. 비경수형 SMR (소듐냉각고속로, 고온가스로, 용융염원자로)

### 소듐냉각고속로

- ▶ 사용후연료 소각용 150 MWe 원형로 기본설계-안전성 검증 핵심기술 개발 완료(~2017)
- ▶ 기 확보 SFR 기술을 민간으로 기술 이전 후, 민간 주도 국외 실증 및 해외 시장 진출 추진

### 고온가스냉각고속로

- ▶ 원자력수소생산 기술 개발 착수 (2004년), 핵심기술개발 수행 (2006년 ~ 2016년), USNC의 캐나다 실증사업 참여 중
- ▶ 산업공정열 공급 고온가스로 개발 추진 (2024년)

### 용융염원자로

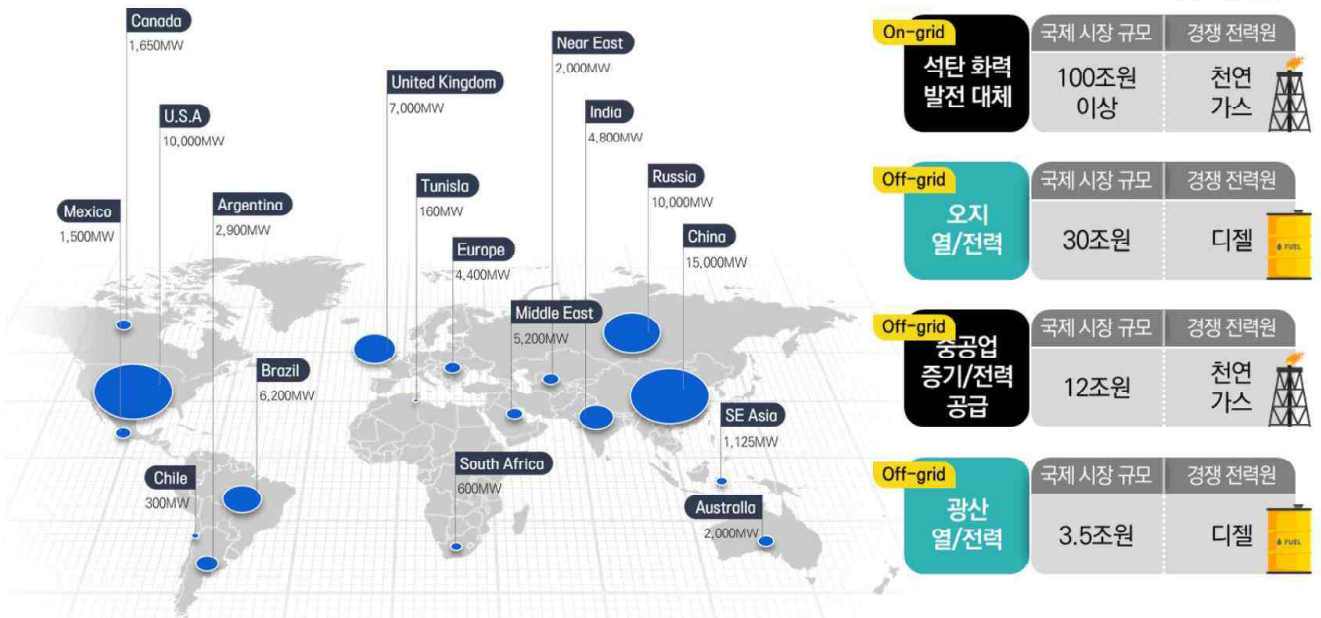
- ▶ 2030년대 실증 목표로 선박추진 동력용 염소기반 MSR 개발 착수 (2023년 5월)
- ▶ 민간업체 참여: KAERI 외 현대건설, 삼성중공업, HD 한국조선해양, 선박해양플랜트연구소, 센츄리 참여



## III-1. SMR의 지역·활용분야별 시장 전망

### 2035년까지 전세계 65~85GW 규모 시장 전망

(30~40년, 연간)



※ Source : Small Modular Reactors – once in a lifetime opportunity for the UK (2017)

※ Source : Canadian SMR Roadmap: Economic and Finance Working Group Report (2018)



### III-2. 세계 SMR 개발 현황 (1/2)

한국, 미국, 러시아, 중국 등에서 80종 이상의 SMR 개발 중



Source: 소형 원자로 기술조사보고서 (2020)



### III-3. 세계 SMR 개발 현황 (2/2)



※ IAEA 「Advances in Small Modular Reactor Technology Developments」 (‘20.9월)

### PWR 기반 SMR 실증로 국내 건설과 비경수형 SMR의 국내 건설·활용

- ✔ 수출을 위해서는 조기 실증을 통한 해외 SMR 시장 진입(PWR 기반 SMR 실증로)
- ✔ 국내 산업 분야에 활용을 통해 2050년대 탄소중립을 실현( 장기적으로 비경수형 SMR의 국내 건설·활용 필요)

	단기	중기	장기
공기업	실증로 건설 주도	실증후 수출	원자력 인프라 지원 (인력양성, 핵연료 수급 등)
민간 산업	건설 사업 참여	분산전원으로 활용	비경수형 원자로 사업 주도

### SMR의 국내 건설을 위해 해결해야할 사항

- ✔ (사업체제) 사업주도를 공기업(단기)에서 수요자인 민간 산업체(장기)로 전환
- ✔ (제도) 산업체 참여를 위한 제도(민간 산업의 발전 사업 참여 등) 개선
- ✔ (부지) 기존 원자력 부지, 폐쇄 화력발전 부지, 산업체 부지 등 활용성 검토
- ✔ (규제) 개발단계의 규제 불확실성 저감을 위한 규제 선진화
  - 신기술 수용을 위한 인허가 기술 개발 (단기, 경수형 SMR)
  - 신개념 및 신기술 수용을 위한 인허가 기술 개발 (장기, 비경수형 SMR)
- ✔ (부품 공급) 기자재 공급 역량 구축 (R&D 단계부터 민간 산업체 참여)
- ✔ (정부 지원) SMR 개발 및 사업 촉진을 위한 정책적 지원
  - 산업체를 위한 원자력 인프라(핵연료 공급, 사용후연료 관리, 핵비확산 등) 지원 체계 구축
  - 원자력 기술인력 양성, 기자재 공급망 유지 및 활성화 지원
  - 금융, 정치, 국제 협력, 외교적 지원

### IV-3. SMR 실현을 위한 전략

노형	기본방향	현황 및 추진전략
1. SMART (상용화)	정부주도 ↓	<ul style="list-style-type: none"> <li>원자력(연)-기업 협력, 건설을 위한 현지 협력체 구성 중</li> <li>민간 주도 첫호기 수출 추진, 정부는 국가 간 협력 등 지원</li> </ul>
2. 고온가스로 (핵심기술)		<ul style="list-style-type: none"> <li>원자력(연)-기업 공동, 산업 공정열 공급 고온가스로 기획 중</li> <li>민관협력 사업(24)을 통해 실증기반 구축 추진 (최우선)</li> </ul>
3. 소듐냉각고속로 (원자로 설계)	민간이전	<ul style="list-style-type: none"> <li>기존 사용후핵연료 소각로 기술을 발전용 SMR로 변경 중</li> <li>협력기업 발굴 후 기술 이전 및 사업화 모델 수립 (장기)</li> </ul>
4. 용융염원자로 (기초·원천)	정부 +	<ul style="list-style-type: none"> <li>국내 건설사·조선사 등이 과기부 용융염원자로 원천기술 개발 사업 참여 중</li> <li>민관 공동 원천기술개발 후 기업주도 사업화 (중장기)</li> </ul>
5. 혁신형SMR (개념설계 완료)		민간

### IV-4. SMR 관련 국제협력 프레임



- ✔ (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)

- ✔ SMR 해외 수출을 위해 필요 사항
  - 잠재적 SMR 도입국과의 파트너십 강화 (수출 대상국에 대한 기술지원 체계 구축 등)
  - SMR 도입국 기술(현지 부품 공급망 등) 최대 활용 (도입국은 SMR 부품의 현지 조달을 우선시 하는 경향)
  - SMR 도입국의 핵연료 수급 방안 확보 → 한미 고위급 위원회 활성화
  - 사용후핵연료 관리 지원 방안 확보 → 처분장 확보를 위한 특별법 통과 지원
  - SMR 도입국의 SMR 운영 역량 확보를 위한 인력 양성 지원
  - SMR 도입국의 수출 금융 지원 체계 구축
  - 인허가 규제 국제 표준화에 적극 참여



**Thank you.**  
**Q & A**

# 원자력 지속가능성에 대한 NEXFO 워크숍



서울대학교 원자력정책센터  
SNU Nuclear Energy Policy Center