

글로벌 원전해체 및 기술개발 현황

원자력환경 PD

최 훈

2025.05.21



1. 글로벌 원전현황
2. 주요국 원전해체 추진 현황
3. 원전해체 국제협력 현황
4. 원전해체 관련 기술 업데이트



1. 글로벌 원전 현황



운영 중



건설 중



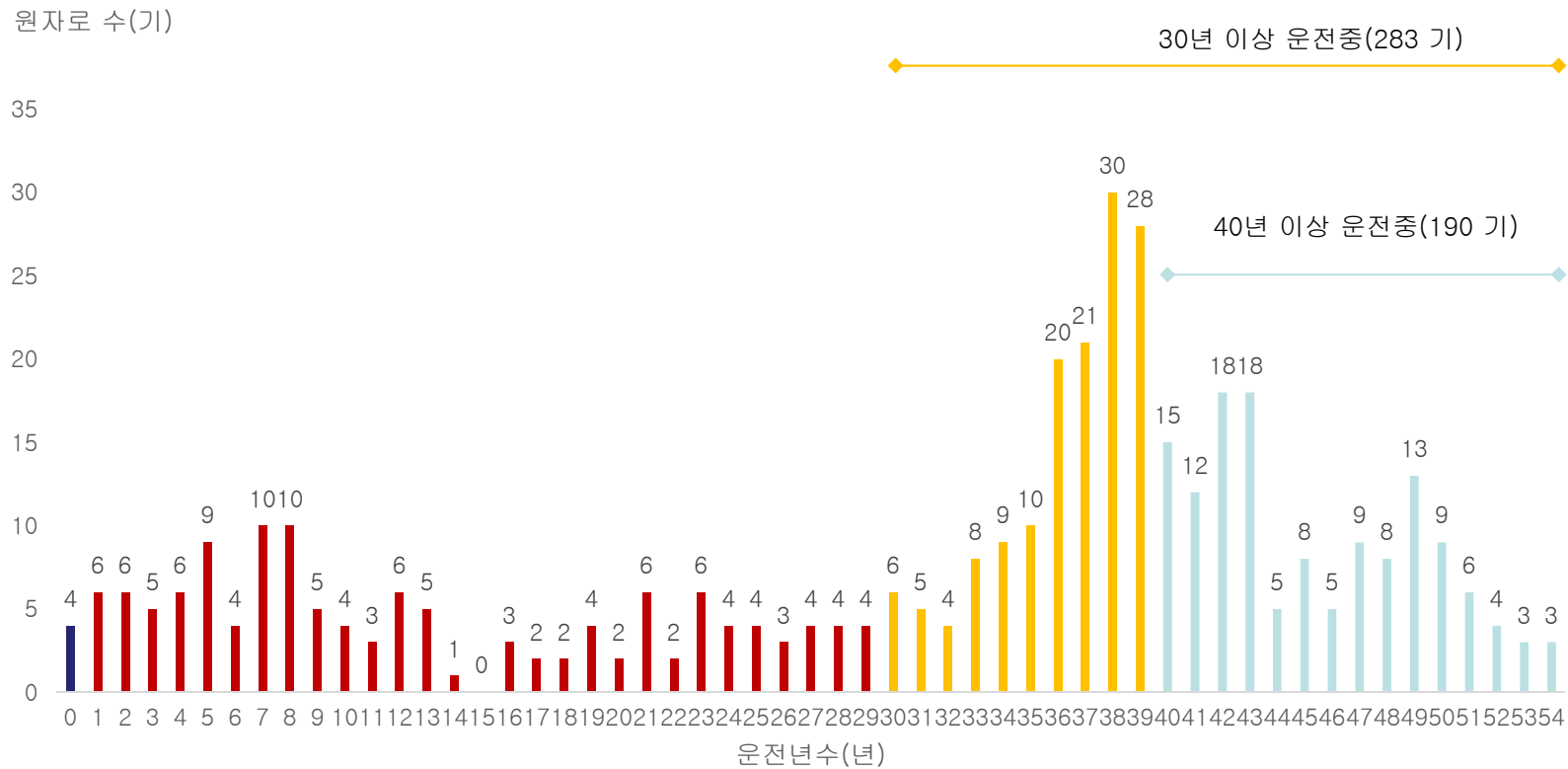
영구정지

국가	미국	영국	독일	일본	프랑스	러시아	스웨덴	기타	계
원전 수	41	36	33	27	14	11	7	45	214

IAEA PRIS, 2025.5.18

1. 글로벌 원전 현황

원전 운전기간



IAEA PRIS, 2024.8

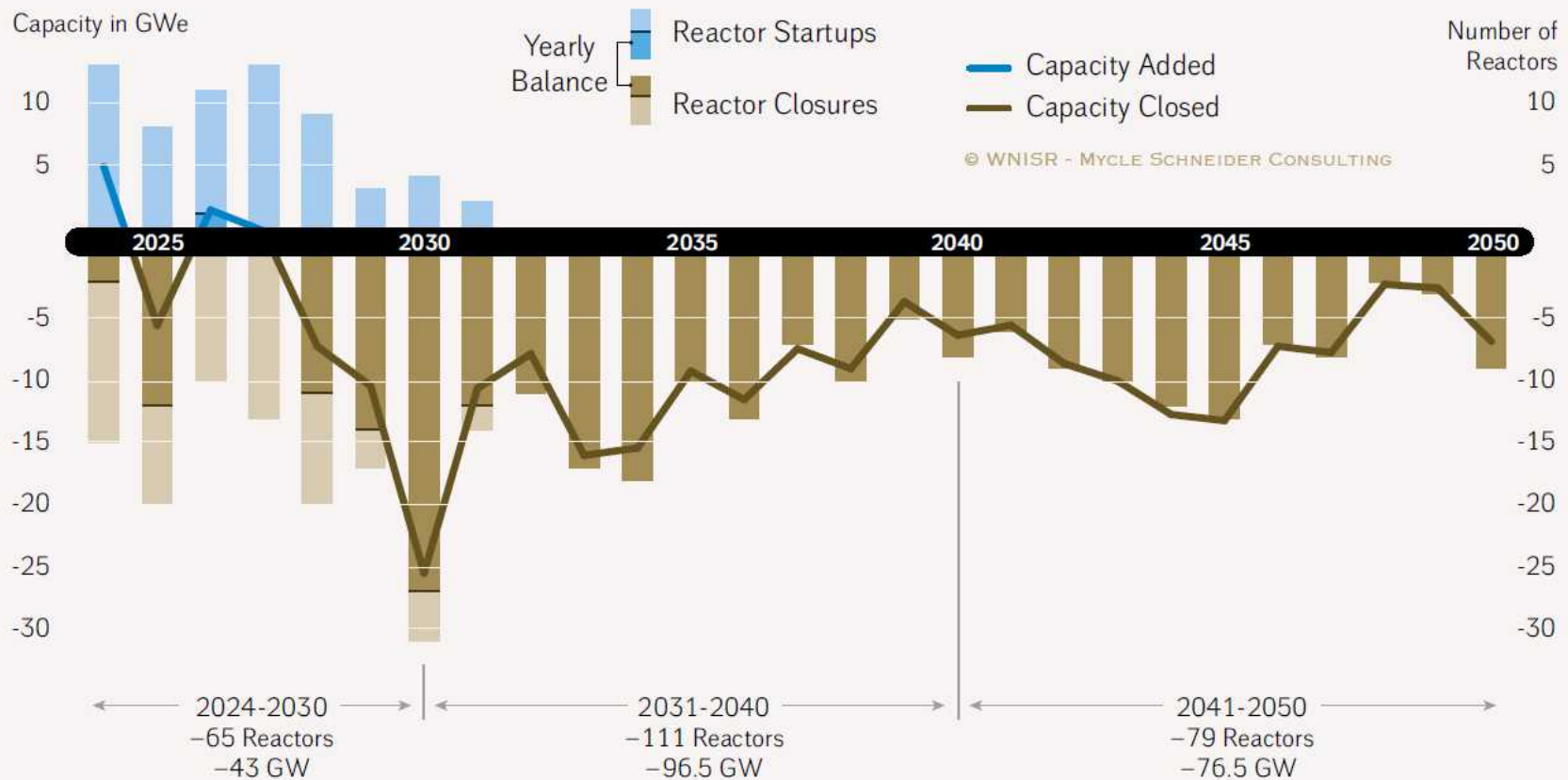
1. 글로벌 원전 현황

글로벌 원전 영구정지 예상

Projection 2024–2050 of Nuclear Reactors/Capacity in the World

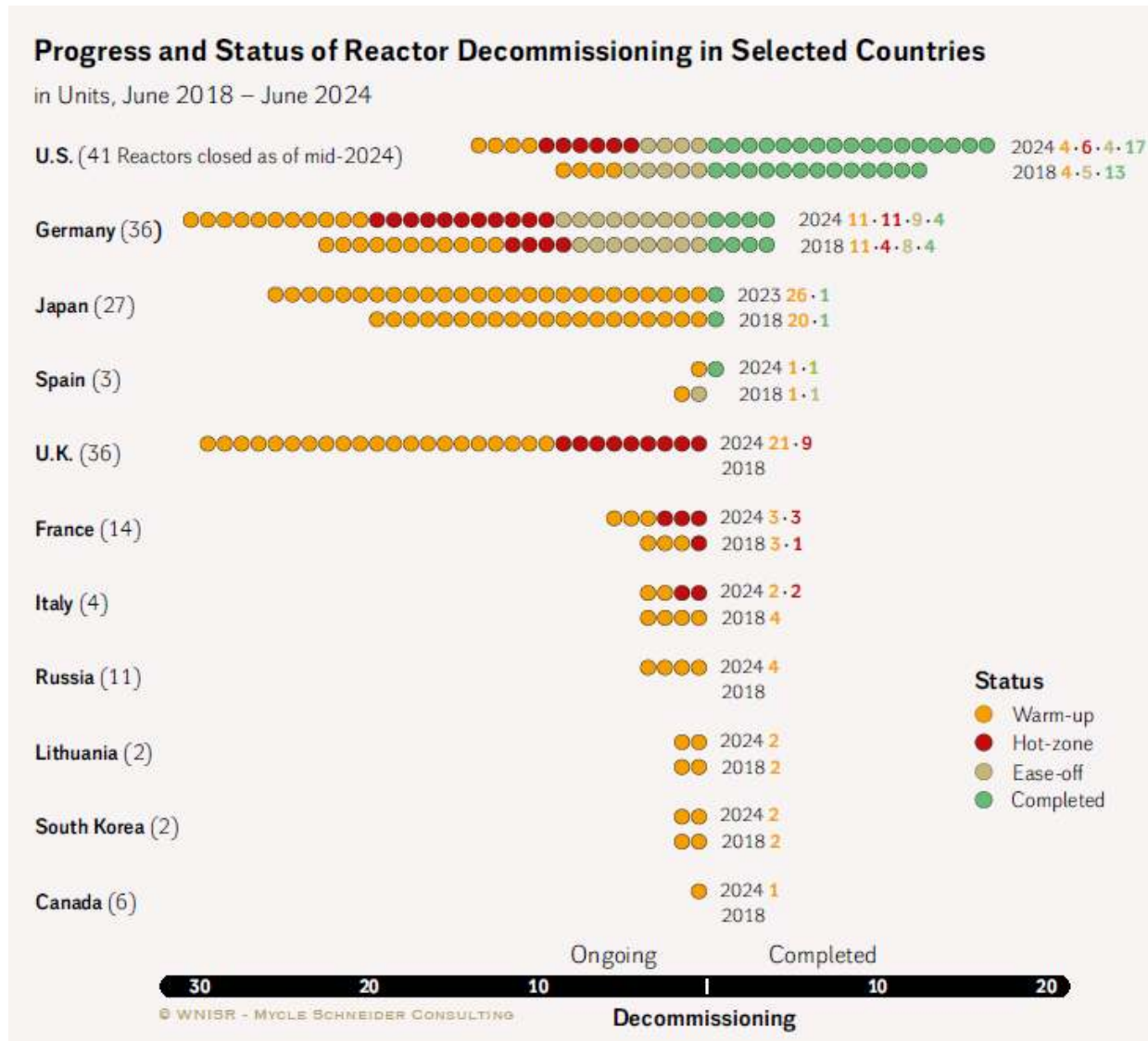
General assumption of 40-year mean lifetime + Authorized Lifetime Extensions

Operating and Under Construction as of 1 July 2024, in GWe and Units



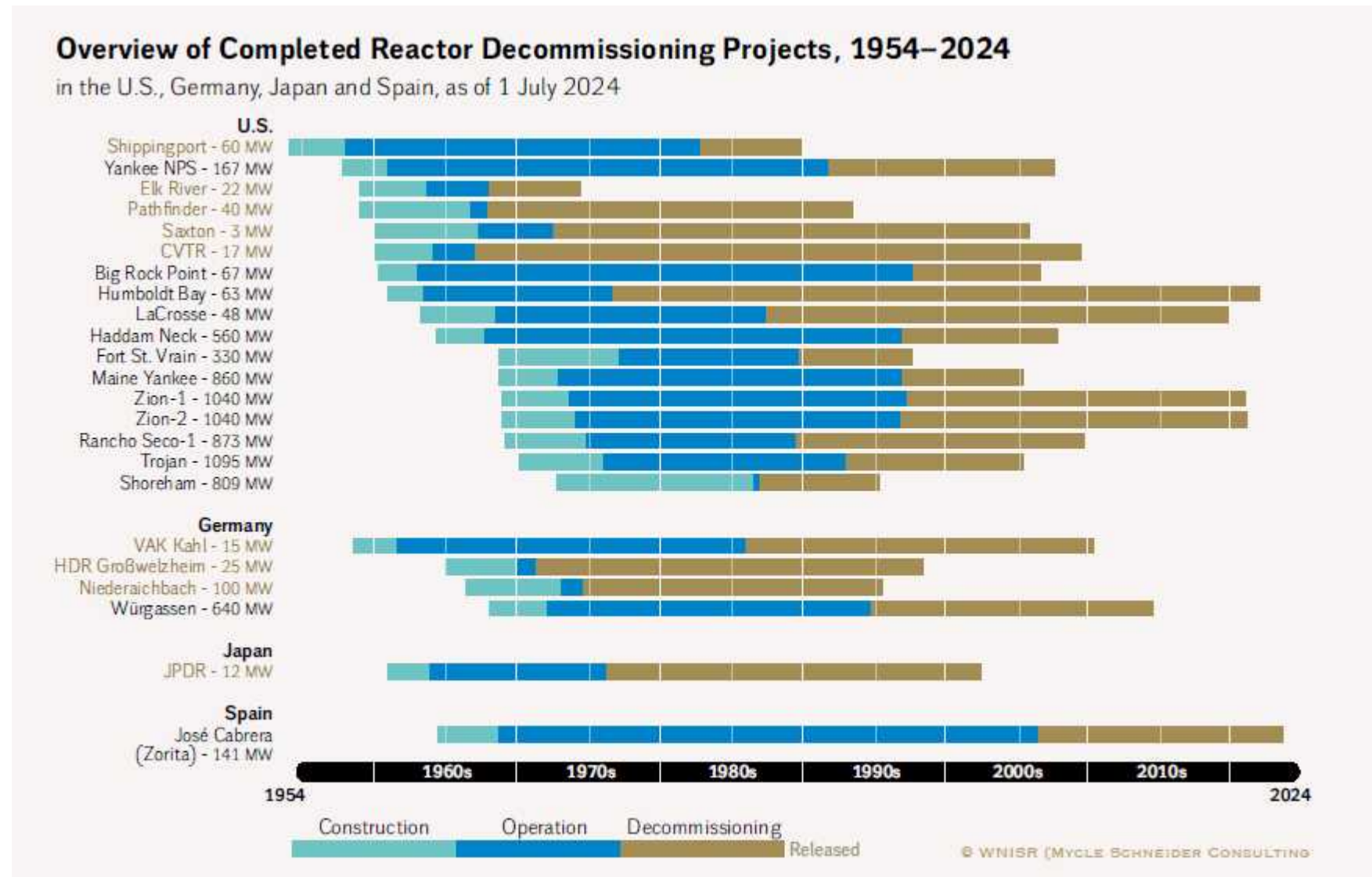
1. 글로벌 원전 현황

글로벌 원전 해체 현황



1. 글로벌 원전 현황

글로벌 원전 해체 현황



2. 주요국 원전해체 추진 현황-미국

◆ San Onofre

- ✓ 1호기('08년 해체완료), 2,3호기('13년 정지, '20년 해체 착수)
- ✓ 2024년 사용후핵연료 반출(부지내 ISFSI)
- ✓ 2028년 철거완료 예정
- ✓ 2025년 2월에 화재방호 지침 위반 통지(NRC)
- ✓ SONGS Decommissioning Solutions (Aecom and Energy Solutions)

◆ Three Mile Island

- ✓ 1호기는 재가동 추진 ,2 호기 Post Defueling Monitored Storage 상태
- ✓ TMI-2 Solutions, 2052년까지 해체 완료 계획

◆ Vermont Yankee

- ✓ 2017년 사용후핵연료 반출, 2019년 해체 착수
- ✓ 2030년 부지복원 완료 예정
- ✓ NorthStar Group Services/Orano USA(RV, RVI 절단)

◆ 원자로건물 철거 진행중

- ✓ 원자로건물 내부 Structure and Component 철거
- ✓ 원자로 용기 분절
- ✓ 대형기기 배출
- ✓ 유해물질 제거



- ◆ 원자로건물 철거 (2025 예정)
 - ✓ 원자로 등 주요 기기 해체 완료
 - ✓ 2030년 철거 완료 예상



2. 주요국 원전해체 추진 현황-미국

◆ Oyster Creek

- ✓ 2019년 해체 착수
- ✓ 해체완료 시점 연기 (2025 > 2029)
- ✓ Holtec Decommissioning International

◆ Indian Point

- ✓ Decommissioning Power Reactor Inspection 통과('24.11, NRC)
- ✓ 폐수방출 문제로 소송 진행중
- ✓ Holtec Decommissioning International

◆ Crystal River 3

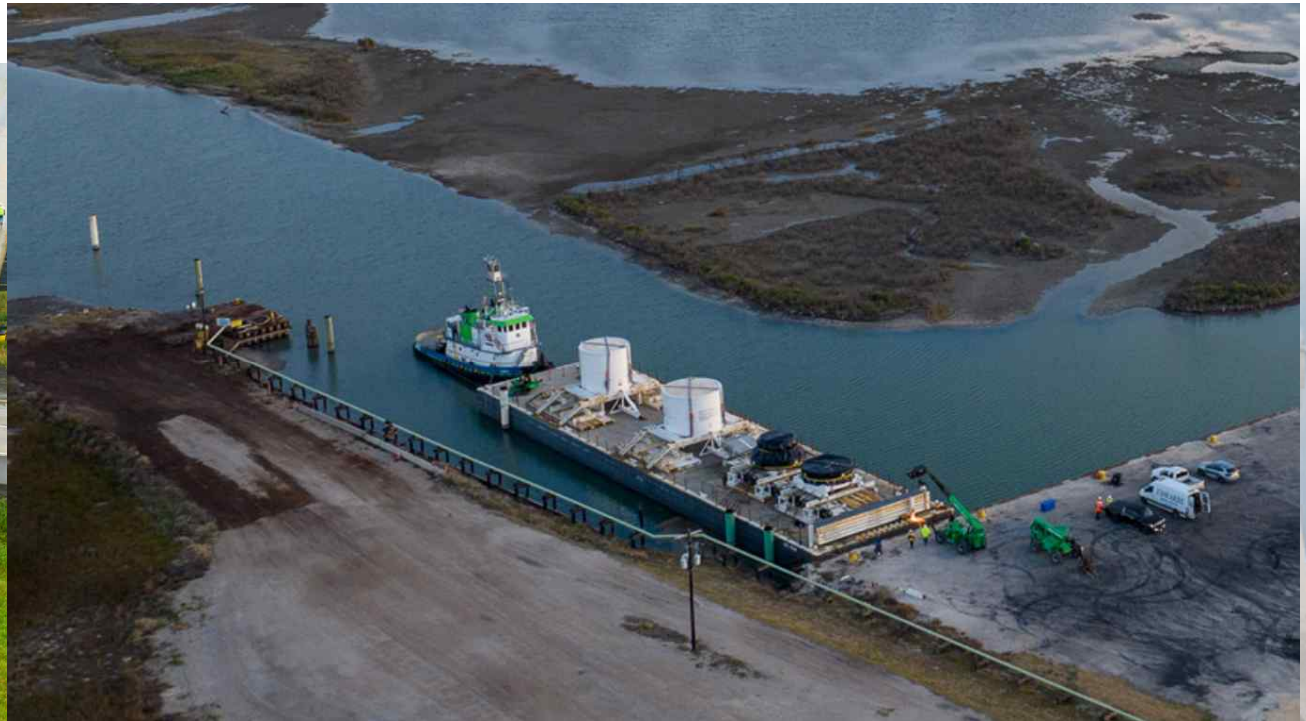
- ✓ 2020년 해체 착수, 2027년 완료 예정
- ✓ Accelerated Decommissioning Partners (NorthStar & Orano)

◆ Fort Calhoun

- ✓ 2019년 해체 착수, 2026년 Greenfield 로 부지 해체 계획
- ✓ Energy Solutions

Crystal River 3

- ◆ RV, RVI 반출 완료(2024.10)
 - ✓ Orano 의 Optimized Segmentation Process 적용
 - ✓ RV를 네 개의 섹션으로 절단, 내부에 RVI 절단물 등을 패킹
 - ✓ 4 개 대형용기에 나누어 이송
 - ✓ Texas 주 Andrews 카운티로 이동



2. 주요국 원전해체 추진 현황-영국

- ◆ 33개 원자로 해체 진행 중
 - ✓ 26개 가스냉각원자로 (Magnox)
 - ✓ 흑연감속재 때문에 경수로 대비 해체비용 5배 예상
 - ✓ 원자로건물은 Safstor 상태, '70년 이후 해체 예정
- ◆ Berkeley Site (2기)
 - ✓ Altrad, 설계, 석면제거, 철거 계약체결(2023.5)
 - ✓ '26년부터 Care and Maintenance, '70년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Bradwell Site (2기)
 - ✓ 원자로건물과 연못을 제외하고 철거완료(2019)
 - ✓ Care and Maintenance (Safe storage) 상태, '83년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Chapelcross Site (4기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '24년부터 Care and Maintenance, '89년 원자로건물 철거 예정

2. 주요국 원전해체 추진 현황-영국

- ◆ Dungeness A Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '27년부터 Care and Maintenance, '88년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Dungeness B Site (AGR, 2기)
 - ✓ 사용후핵연료 반출 중
- ◆ Hinkley point A Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '31년부터 Care and Maintenance, '81년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Hinkley point B Site (AGR, 2기)
 - ✓ 4호기 사용후핵연료 반출 완료, 3호기 진행중
- ◆ Hunterston A Site (2기)
 - ✓ Care and Maintenance, '72년 원자로건물 철거 예정

2. 주요국 원전해체 추진 현황-영국

- ◆ Hunterston B Site (AGR, 2기)
 - ✓ 사용후핵연료 반출 중
- ◆ Oldbury Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '27년부터 Care and Maintenance, '96년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Sizewell A Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '34년부터 Care and Maintenance, '88년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Trawsfynydd Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '27년부터 Care and Maintenance, '71년 원자로건물 철거 예정
- ◆ Wylfa Site (2기)
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '25년부터 Care and Maintenance, '96년 원자로건물 철거 예정

2. 주요국 원전해체 추진 현황-영국

◆ Hunterston B 2 (AGR)

- ✓ 사용후핵연료 반출완료(' 25.4, EDF)
- ✓ 해체, 철거는 Magnox 가 수행



Hunterston B (Image: EDF Energy)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-영국

- ◆ Calder Hall Site (4기)
 - ✓ Sellafield 가 해체 진행
 - ✓ 터빈홀, 보조건물 철거 진행 중
 - ✓ '27년 이후부터 Care and Maintenance
- ◆ Winfrith Site (연구로 7기, 증기생산용 중수로 1기)
 - ✓ 일부 부지 복원 완료



2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Greifswald NPP 5개 호기('95 해체 착수, EWN)
 - ✓ 주기기 절단 철거 완료('11)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Grohnde 원전 1개 호기(해체승인 취득, '23.12)
 - ✓ '37년까지 철거 완료 예정



Grohnde (Image: PreussenElektra)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

◆ Neckarwestheim 2개 호기(해체승인 취득, '23.4)

- ✓ 1호기 '17년 해체 착수
- ✓ 2호기 2차측 기기 해체 진행중



Neckarwestheim (Image: Daniel Maier-Gerber / EnBW)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

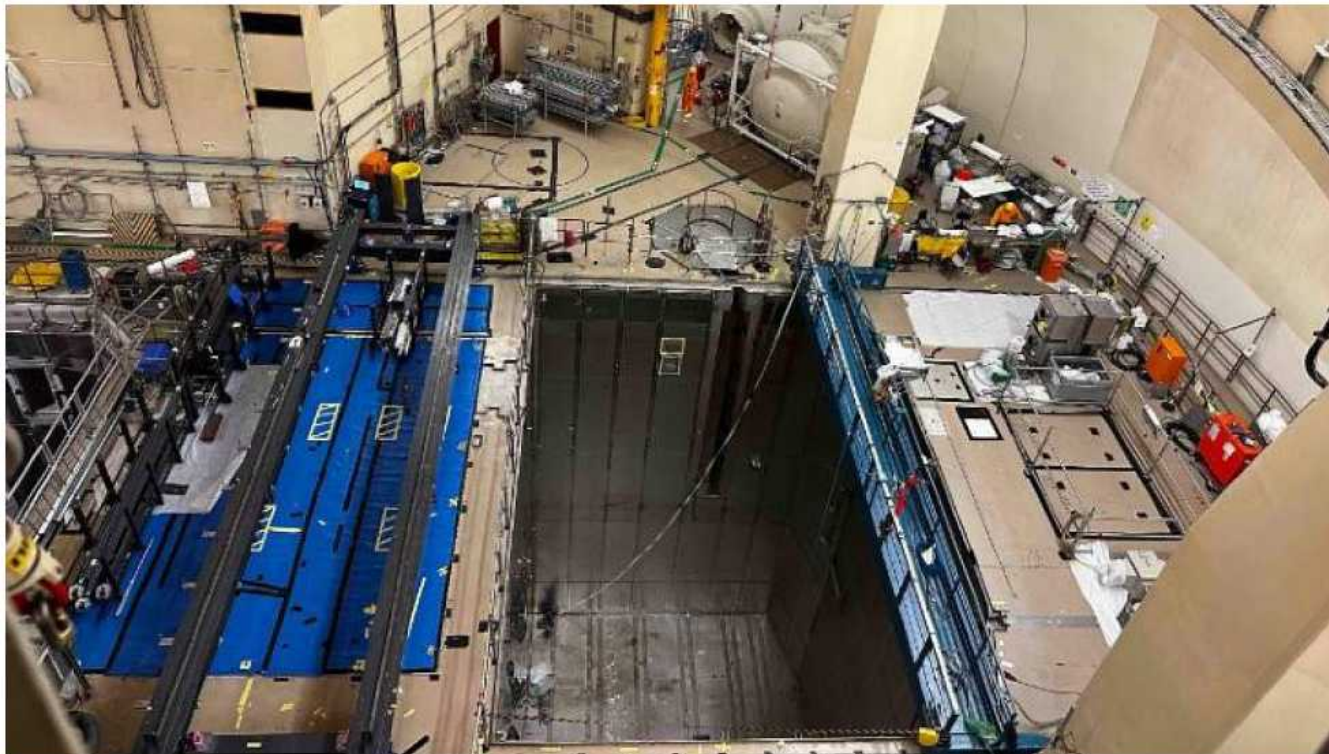
- ◆ Philippsburg 원전 2개 호기(해체승인 취득, '23.4)
 - ✓ 1호기 '16년 해체 착수(Nukem/GNS/WH 콘소시엄이 절단, 철거 용역 수행)
 - ✓ 2호기 사용후핵연료 반출 완료
- ◆ Biblis 원전 2개 호기(해체 진행 중)
 - ✓ 보조건물 철거 진행중('23.1 냉각탑 철거)



The first cooling tower at Biblis A is brought down (Image: RWE)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Grafenrheinfeld 원전 (해체승인 취득, '18)
 - ✓ RVI 절단 철거 완료
 - ✓ 습식저장조 및 원자로수조 저장수 제거 완료('23.8)
 - ✓ 냉각탑 철거('24.8)
 - ✓ 소형화재사고 발생('25.3, 그라인딩 작업중 환기용 호스에 인화)



The empty fuel pool (Image: PreussenElektra)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Brunsbüttel 원전 (해체승인 신청, '12)
 - ✓ RVI, RV 절단 철거 진행중('25.1)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Brokdorf 원전 (해체승인, '24.10)
 - ✓ RV, Bio-shield 제외 절단 철거 착수(' 24.12)

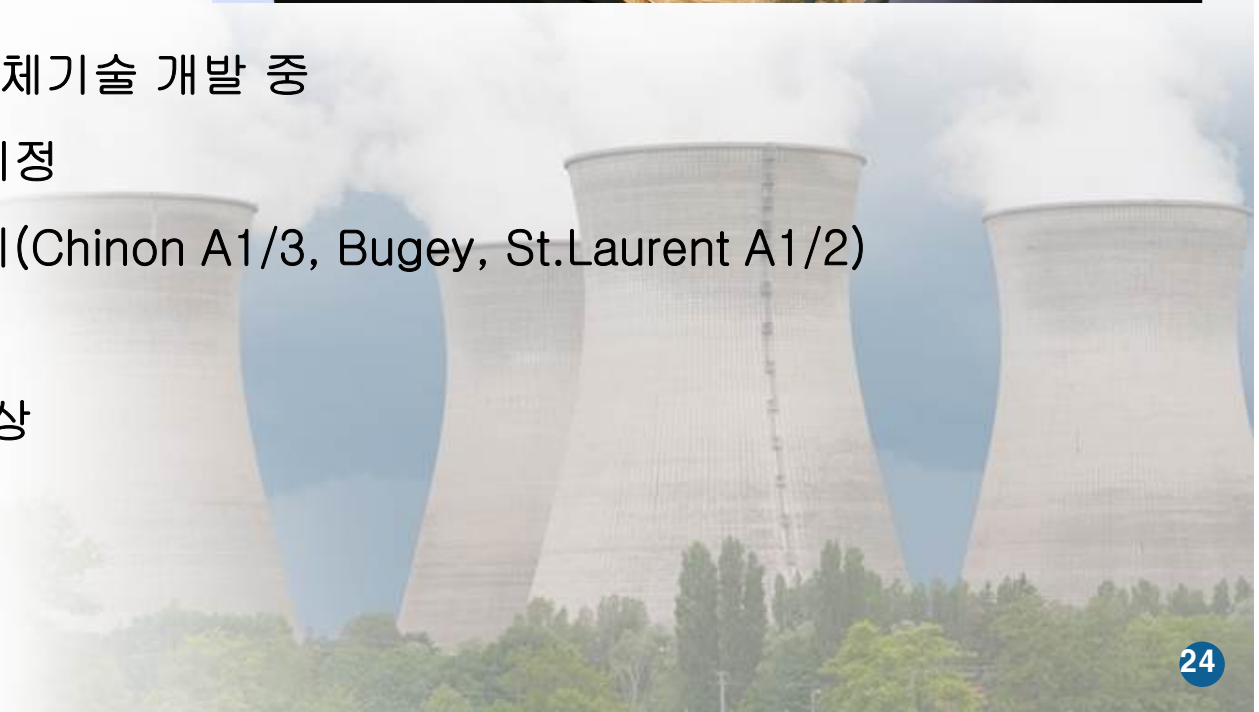
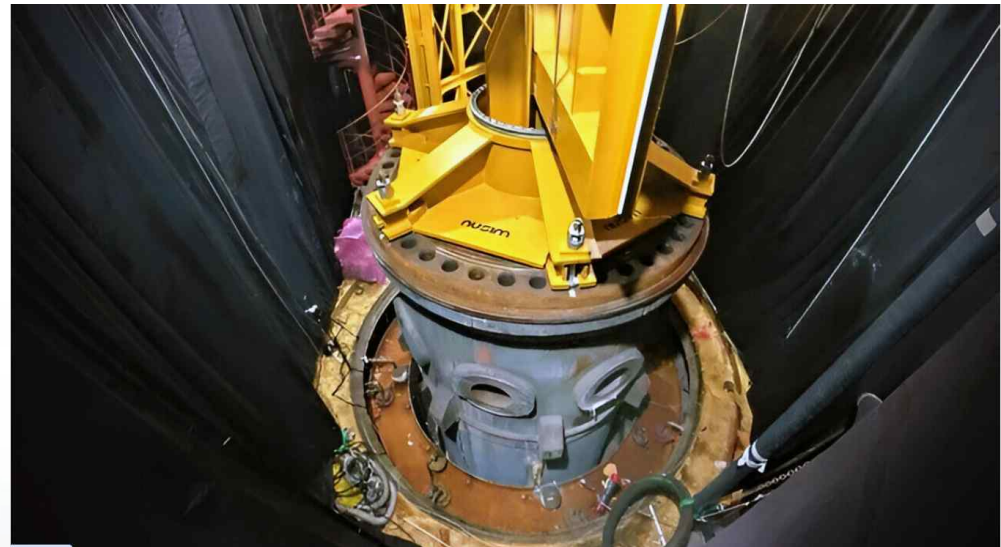


2. 주요국 원전해체 추진 현황-독일

- ◆ Isar 원전 2호기 (해체승인 취득, '24)
 - ✓ 원자로내 핵연료 반출 완료
 - ✓ 일차계통 제염 완료
 - ✓ 냉각재펌프, 냉각계통배관-원자로 분리, RVI 절단
- ◆ Gundremmingen 원전(BWR)
 - ✓ Unit A '05년 해체완료, 원자로건물을 제외한 건물을 기술센터로 활용
 - ✓ Unit A 해체 과정에서 경험과 첨단기술 축적
 - ✓ Unit B 해체승인 취득 '19.3
 - ✓ Unit C 해체승인 취득 '21.5
 - ✓ 최종해체승인 취득, '24.5
 - ✓ WH가 원자로, bio-shield 해체
 - ✓ '30년 해체 완료 예정
- ◆ Krümmel 원전(해체승인 취득, '24.8)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-프랑스

- ◆ 부분해체 후 50년 지연해체
- ◆ Chooz A 원전(PWR)
 - ✓ '07년 해체승인 취득
 - ✓ '22년 RVI 수중절단 착수
 - ✓ '25.3 RV 인양
- ◆ Chinon 원전 (GCR)
 - ✓ 2호기 대상 GCR 해체기술 개발 중
 - ✓ '30년 2호기 해체 예정
 - ✓ '50년 이후 5개 호기(Chinon A1/3, Bugey, St.Laurent A1/2)
- ◆ Fessenheim 원전(PWR)
 - ✓ '26년 해체 착수 예상



2. 주요국 원전해체 추진 현황-러시아

◆ Leningrad 원전(RBMK)

- ✓ 해체승인 진행 중
- ✓ 2개 호기 모두 사용후핵연료 인출 완료



Leningrad 2: now defuelled (Image: Rosatom)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-러시아

- ◆ Balakovo 원전(VVER) 폐 증기발생기 4기 처분
 - ✓ 내외부 제염 후 30년간 보관
 - ✓ 처분을 위해 임시저장시설에서 반출



(Image: Rosenergoatom)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-러시아

◆ 원자력 지원선박 해체 완료('23.11)

- ✓ Lapse, '63~'81 동안 원자력쇄빙선 연료교체에 사용, 이후 결함 사용후핵연료 및 방폐물 저장고로 활용
- ✓ '12년 Nerpa 조선소로 이동, '18년 원격작업이 가능한 격납건물 완공
- ✓ 선박을 분할해서 해체, 사용후핵연료를 저장한 부분은 격납건물을 지어 내부에서 결함연료반출, 우랄지역의 Mayak 재처리시설로 이송
- ✓ 대서양 연안 EU 회원국 공동 기금 조성

◆ 원자력추진 잠수함 202척 해체



(Image: Rosatom)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-스페인

- ◆ Zorita 원전(PWR) 복토 완료('23.9)
 - ✓ Enresa, '10년 발전사업자로부터 발전소 소유권 양수
 - ✓ WH가 RV, RVI 등 해체계약 체결
 - ✓ '19년 격납건물 철거 착수, '22년 터빈건물 철거 완료
 - ✓ 부지해제를 위한 정화 및 검사 진행중



The site of the plant's former containment building (Image: Enresa)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-스페인

◆ Garoña 원전(BWR) 해체 준비

- ✓ Enresa, 발전소 소유권 양수
- ✓ 사용후핵연료 반출 중
- ✓ '26년까지 터빈빌딩 철거, '33년까지 원자로, 격납건물 등 철거 예정



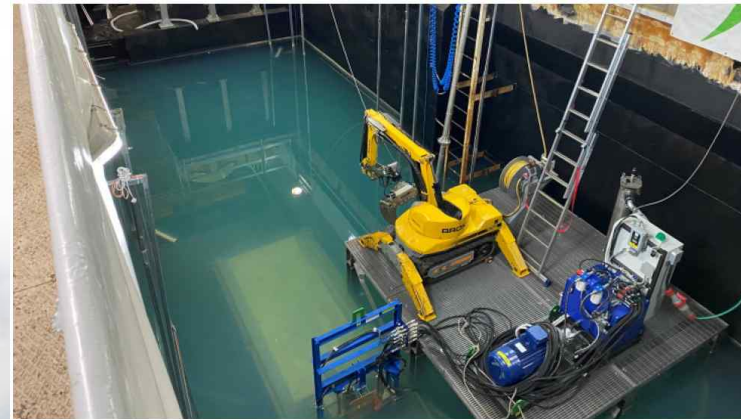
The Garoña plant (Image: Nuclenor)

2. 주요국 원전해체 추진 현황-이탈리아

- ◆ Garigliano 원전(BWR) 해체 진행 중
 - ✓ Sogin/Nucleco
 - ✓ '23.12, Pressure vessel 해체 착수
 - ✓ '25.4 액체폐기물 계통 철거



Removing the vessel head marks the start of the final phase of decommissioning of the boiling water reactor (Image: Sogin)



Reactor vessel dismantling work at Garigliano (Image: Sogin)



2. 주요국 원전해체 추진 현황-이탈리아

- ◆ Caorso 원전(BWR) 해체 착수
 - ✓ Sogin
 - ✓ '14년 해체승인 취득
 - ✓ '24.9, 배관 절단, 기기 해체 착수



2. 주요국 원전해체 추진 현황-일본

- ◆ 하마오카 2호기 (BWR) 해체 착수
 - ✓ 추부전력, 3단계 해체계획 승인('24.12)
 - ✓ 원자로 헤드 제거('25.3)



3. 원전해체 국제협력 현황

- ◆ 영, 이종발전원 간 해체기술 개발 협력('22.9)
 - ✓ Nuclear Decommissioning Authority(NDA), National Decommissioning Centre(NDC) 공동연구 협약 체결
- ◆ 한, 캐나다 간 기술개발 협력('22.11)
 - ✓ 중수로 해체폐기물, 디지털 트윈 등의 기술, 정보 및 경험 교환
- ◆ 미 Jacobs Solutions, 영 Manchester Univ. 간 해체기술개발 협력('23.5)
 - ✓ 원전해체, 발전 및 우주항공 분야 로봇틱스 기술개발 및 사업화 협력



The MoU was signed at SNC-Lavalin's headquarters in Canada on 21 November (Image: KHNP)



A robotics specialist at work (Image: Jacobs)

3. 원전해체 국제협력 현황

- ◆ 영, 일 간 해체기술개발 협력('23.9)
 - ✓ 양국 정부로부터 두 개 연구개발 프로젝트 펀딩(1백2십만\$)
 - ✓ 방사능검출 및 방폐물 처리 분야 기술개발 협력
 - ✓ Sellafield 원전 해체 및 후쿠시마 방폐물 제거에 활용
- ◆ 영, 이종발전원 간 해체기술 개발협력 성과 도출('24.2)
 - ✓ AI기반 위험관리 기술, 수중 레이저절단 기술, 경제성 평가기술, 심지층굴착 기술 등
- ◆ 러, 남아공 해체 및 방폐물 관리 기술 협력('24.11)
 - ✓ TVEL, AllWeld Nuclear and Industrial



4. 원전해체 관련 기술 업데이트

◆ 해체폐기물 재활용

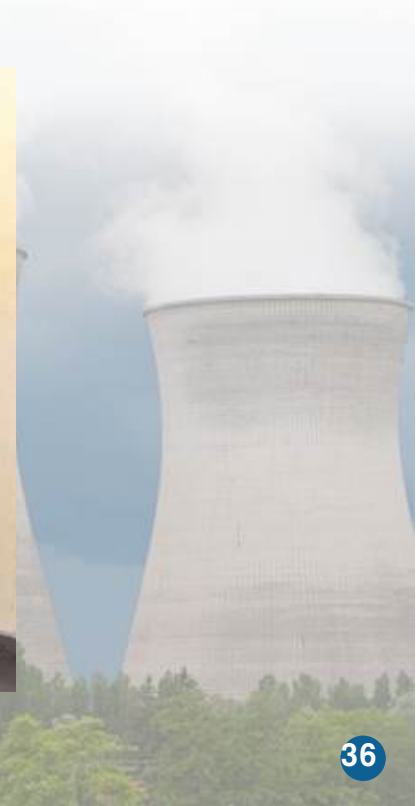
✓ Veolia, 폐전선 구리 재활용 기술 개발('24,11)



4. 원전해체 관련 기술 업데이트

◆ 뱀 모양 로봇 개발('24.9)

- ✓ 영국 노팅엄 대학 개발
- ✓ Dounreay 발전소에서 실증
- ✓ 단순하고 가격이 비싸지 않으며, 단기간 사용하고 폐기 가능
- ✓ 카메라, 조명, 선량계 장착





감사합니다

KOREA INSTITUTE OF ENERGY TECHNOLOGY
EVALUATION AND PLANNING