

# 세계원전시장 인사이드

World Nuclear Power Market **INSIGHT**



## 현안이슈

### 원전해체 부지복원 기술현황 및 향후전망

1. 서론
2. 원전해체 부지복원 개념
3. 원전해체 부지복원을 위한 토양 정화 기술
4. 국내외 원전해체 부지복원 사례 및 기술개발 동향
5. 결론 및 향후 전망

## 주요단신

### 북미

14

- 미국, 뇌물 공여 발전사업자에 과징금 부과
- 미국, Vogtle 3-4호기 상업운전 연기
- 미국 Exelon, NRC에 Byron-Dresden 원전 해체계획서 제출

### 중동

17

- 이집트, El Dabba 원전 착공 지연

### 유럽

19

- 영국, 고온가스냉각로 AMR 노형 채택에 대한 국민 의견수렴 중
- 영국, 신규 원전 프로젝트에서 중국 CGN 참여 배제 검토
- 스페인, 원전 내 사용후핵연료 임시저장시설 확장을 위한 입찰 승인
- 벨기에, 단계적 원전 폐쇄 정책으로 온실가스 배출 증가 우려

### 아시아

24

- 일본 도쿄전력, 경영 정상화 계획 발표
- 일본 원자력위원회, 2020년도 원자력 백서 발표...안전 문화 쇄신 강조
- 일본 간사이전력, 노후원전 미하마 3호기 상업 운전 재개
- 대만, 탈원전 대비 LNG 발전소 10기 건설 추진

### 기타 단신

28

- 핀란드 TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 정비로 추가 연기 발표
- 영국-호주, SMR 포함한 저탄소 기술분야 협력 강화
- 일본 요미우리신문, 도쿄전력 오염수 방류 시행 계획 2021년 여름 작성 예상
- 일본 간사이원전, 오이원전 3호기 상업 운전 재개 및 설비 이상으로 감발 운영 중
- 대만, 제3원전 영구정지 신청서 제출
- 대만, 원전 운전사 조작 미속으로 제2원전 2호기 가동 중단



# 세계원전시장 인사이트

World Nuclear Power Market **INSIGHT**

Biweekly 격주간 2021 08.06

※ 본 간행물은 한국수력원자력(주) 정책과제의 일환으로 발행되었습니다.

---

**발행인** 김현재

---

**편집인**

박우영	parkw@keei.re.kr	052-714-2221
박찬국	green@keei.re.kr	052-714-2236
조주현	joohyun@keei.re.kr	052-714-2035
남경식	ksnam@keei.re.kr	052-714-2192
김해지	kimhj@keei.re.kr	052-714-2090
한지혜	jhhan@keei.re.kr	052-714-2089
김우석	wskim@keei.re.kr	052-714-2074
김유정	yjkim@keei.re.kr	052-714-2294

---

**디자인·인쇄** 효민디앤피 051-807-5100

---

본 「세계원전시장 인사이트」에 포함된 주요내용은 연구진 또는 집필자의 개인 견해로서 에너지경제연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝혀 둡니다.

## 원전해체 부지복원 기술현황 및 향후전망

한국원자력연구원 해체기술연구부 윤인호 책임연구원 (ihyoon@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

- 원전해체 후 원전부지를 재활용하기 위해서는 해당부지의 토양에 방사성 오염이 발생하지 않아야 함. 하지만, 후쿠시마 사고 이후 복구작업중 혹은 해외 원전 해체 과정에서 부지 내 토양의 방사능 오염이 보고된 경우가 있음.
  - 후쿠시마 사고 이후 해당 원전 부지에서는 대량의 방사성 오염토양이 발생함.
    - 2011년 동일본 대지진으로 발생한 후쿠시마 원전사고는 막대한 양의 방사성 물질을 대기 중으로 누출되어, 이는 후쿠시마현 인근 광범위한 지역의 토양 오염을 야기함.
    - 처리되지 못한 많은 양의 방사성 오염 토양폐기물이 임시저장시설 및 현장저장시설에 보관 중지만 아직 고농도 대용량의 방사성 오염토양을 경제적으로 처리할 수 있는 기술이 개발 되지 않았음.
  - 미국의 경우 운영 중 배관이나 탱크누수 등으로 인해 원전해체 시 부지 내 토양의 방사능 오염이 확인됨.
    - 미국 Connecticut Yankee에서는 약 33,000m<sup>3</sup>의 토양 폐기물이 발생함.
    - Main Yankee에서는 전체 폐기물 중 약 30%를 토양폐기물이 차지하는 것으로 나타남.
    - 미국 상업용 원자력발전소의 해체사례에서 환경복원 비용은 1기당 평균 6천 만 달러가 소요 되었으며, 이는 전체 해체비용의 약 10%를 차지하는 것으로 나타남.
  - 세계적으로 상업용 원자력발전소의 경우, 2030년경에는 가동 연수가 40년이 넘는 원전이 약 70%에 이를 것으로 예상되어 2025년도 이후 세계 원전해체 시장이 활성화되고, 2035년도 전후에 원전해체 시장이 정점에 이를 것으로 전망됨.<sup>1)</sup> 이에 따라 원전해체에 따른 방사성 오염부지의 복원사업도 필요할 것으로 예상됨.

1) 국내외 원전해체기술 개발 동향 및 전망, 세계 원전시장 인사이트 2020.08.08.

- 국내의 경우 원전 사고로 인한 방사성 오염토양 발생은 없었지만, 고리 1호기를 시작으로 노후 원전 해체를 앞둔 상황에서 해외 사례들을 비추어 봤을 때 혹시나 모를 오염토양 발생 시 이를 복구할 수 있는 기술개발이 필요할 것으로 보임.
- 본고에서는 원전해체 부지복원 기술현황 및 향후 전망에 대해 논의하고자 함.
  - 2장에서는 원전해체 부지복원 개념과 절차 및 이에 필요한 전략에 대해 논의하고자 함.
  - 3장에서는 원전해체 부지복원을 위한 토양 정화 기술에 대해 논의하고자 함.
  - 4장에서는 국내외 원전해체 부지복원 사례 및 최근 부지복원 기술동향을 정리하고자 함.
  - 5장에서는 결론과 향후 전망에 대해 제시함.

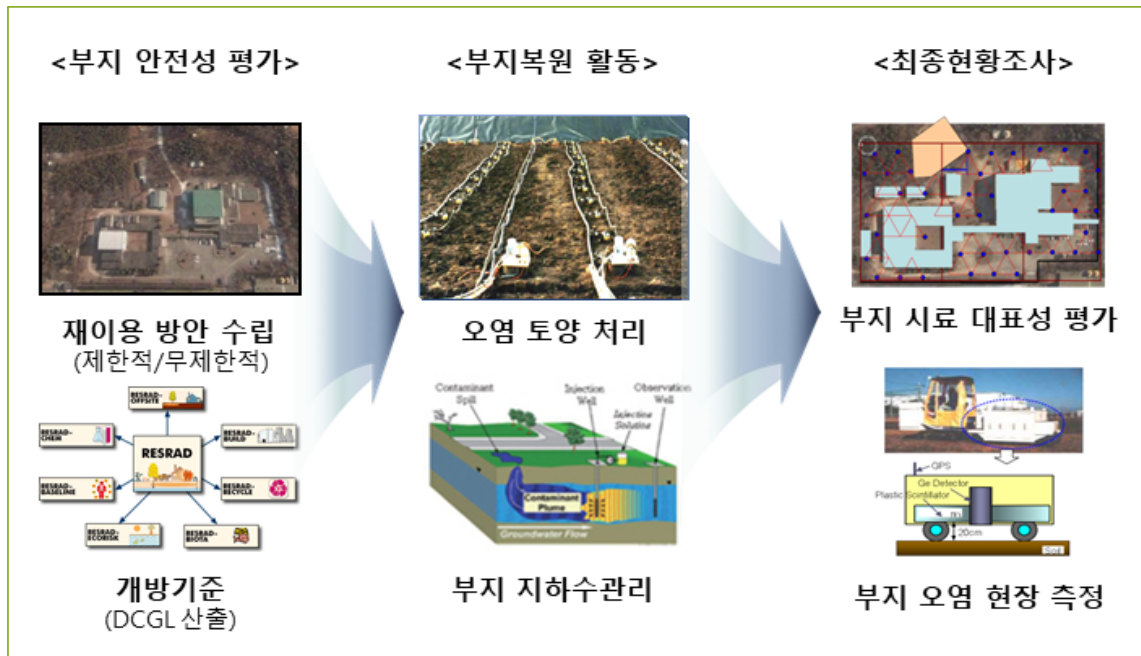
## 2. 원전해체 부지복원 개념

- 원전해체 부지복원은 해체 완료 이후 원자력시설 및 부지의 잔류 방사성물질을 제거하여 원래의 상태로 되돌리는 모든 활동을 뜻함.
  - 부지복원은 원자력시설 해체의 최종 목표로서, 이미 사용된 부지 및 건물을 목적에 맞도록 제한적 혹은 무제한적으로 재이용할 수 있도록 하는 것을 목적으로 함.
    - 무제한적 재이용이란 부지사용에 제한을 두지 않고 이용할 수 있게 하는 해체를 뜻하며, 제한적 재이용이란 잔류방사능과 제도적 관리를 통해 조건부로 이용할 수 있게 하는 해체를 뜻함.
    - 두 경우 모두 잔류방사능에 의한 모든 피폭경로를 고려한 결정집단의 개인에 대한 최대 피폭 방사선량이 유효선량을 기준으로 연간 0.1mSv 이하 수준이 되어야 함. 또한 무제한적 재이용 기준을 초과할 것으로 예상되는 경우, 방사선피폭이 가능한 합리적으로 낮게 유지되도록 안전조치나 제한조건 등을 적용하여, 결정집단의 개인에 대한 피폭선량이 연간 0.1mSv를 초과하지 아니하는 경우에 한해 제한적 재이용이 가능함. 이 경우에도 안전조치나 제한조건 등이 실패하더라도 유효선량이 연간 1mSv를 초과하지 아니함을 입증해야 함.
  - 원자력발전소에서 예상치 못한 누출사고로 인해 발생가능한 방사성 오염 토양을 정화에 필요한 기술 개발이 필요함.
    - 세부적으로는 철저한 부지오염 특성조사와 토양, 지하수 복원기술, 모니터링 기술 등의 개발이 요구됨.

■ 부지복원은 크게 부지 안전성 평가, 부지복원 활동, 최종현황 조사의 단계로 구성되며, 각각의 세부단계의 특징은 다음과 같음.

- 부지 안전성 평가에서는 잔류오염도 조사 및 평가를 위한 부지 개방기준(Release Criteria)을 수립하고 부지 특성자료를 이용하여 핵종별 유도농도준위(Derived Concentration Guideline Level)를 평가하여야 하고, 부지 안전성 평가를 위해 전산코드(RESRAD)가 이용되며, 평가의 신뢰성 확보를 위해서는 부지 특성을 반영한 입력인자를 선정하기 위하여 민감도 분석이 선행되어야 하며, 부지 및 건물을 목적에 맞도록 제한적 혹은 무제한적 재이용 목적에 따라 규제해제 기준이 다르기 때문에 정립이 필요함.
- 부지복원 활동에서는 오염된 토양이나 지하수를 효과적으로 부지에서 제거하고, 제거된 토양 및 지하수를 처리하기 위해서 다양한 정화방법 중에 특성에 맞는 최적화 정화방법을 통해 폐기물 발생량을 줄임.
- 최종현황조사에서는 해체 부지의 개방을 위한 최종현황조사(Final Status Survey) 조사 절차를 시설별로 표준화하고, 측정 및 평가 자료를 통합 관리할 수 있는 평가프로그램과 해체 부지복원 및 재이용을 위해서는 부지 잔류오염도를 정확하게 측정할 수 있는 기술을 통해 평가를 수행함.

〈부지복원 절차 개념도〉



출처: 저자 작성

■ 원자력시설 해체 이후 해체 부지 재사용하기 위해 부지개방기준을 만족하여야 함.

- 원전해체 부지 개방기준은 다음과 같음.
  - 원전사업자가 원전해체 후 부지 등을 무제한적으로 재이용하는 경우, 잔류방사능에 의한 예상가능한 모든 피폭경로를 고려하여 결정하여야 함.
  - 결정 집단의 개인에 대한 피폭선량은 유효선량을 기준으로 연간 0.1mSv를 초과하지 않도록 함.
- 원자력시설 해체 완료 단계에서 오염된 부지를 복원하고, 부지개방을 위한 잔류오염도를 조사 및 평가함.
  - 부지 개방기준(Release Criteria)을 수립하고 부지 특성자료를 이용하여 핵종별 유도농도 준위(Derived Concentration Guideline Level)를 평가함.
- 부지 안전성 평가를 위해 전산코드(RESRAD 등)를 활용하며, 평가의 신뢰성 확보를 위해 부지 특성을 반영한 입력인자를 선정하는 민감도 분석이 선행되어야 함.
  - ※ RESRAD(RESidual RADioactivity): 부지 안전성 평가를 위해 전산코드로 방사성핵종들을 포함하고 있는 토양으로부터 피폭선량을 계산하기 위해 Argonne National Laboratory(ANL)에서 개발됨.
  - 부지 및 건물의 재이용 목적에 따라 규제해제 기준이 다르기 때문에 각각에 대한 규제 정립이 필요함.

■ 최종적으로는, 오염된 부지의 토양을 효율적으로 처리하여 최종 폐기물 발생량을 줄여야함.

- 효율적이고 경제적인 부지복원을 위해 부지 매체 특성에 대한 자세한 정보가 필요하며, 규제기관 및 이해당사자와 국민수용성에 대한 의견수렴이 필요함.
- 또한 지금까지 개발되었던 토양정화 방법의 효율적인 적용을 위해 부지 매체 특성에 따른 방사성오염 이동성을 고려한 토양정화 전략수립이 필요함.
  - 토양정화 전략에는 토양의 입도분포, 조성, 유/무기물, 수분함량 등과 같이 부지 매체의 지구화학적 특성을 분석하고, 방사성핵종의 분배계수(Distribution Coefficient, Kd)에 따른 부지 매체 내 오염의 이동성을 평가하는 작업이 필요함.
- 부지 매체 특성에 따른 방사성핵종의 이동성을 고려하여, 해체 현장 맞춤형 부지복원의 효율적인 전략을 수립하고, 최적의 토양복원 공정을 적용하여 폐기물 양저감 및 비용 절감이 매우 중요함.

■ 부지정화 활동이 완료된 부지를 개방하기 위해서는 최종현황조사가 필요함.

- 해체 부지의 개방을 위한 최종현황조사(Final Status Survey)를 통해 잔류방사능이 기준 이하일 경우 부지 규제를 해제함.

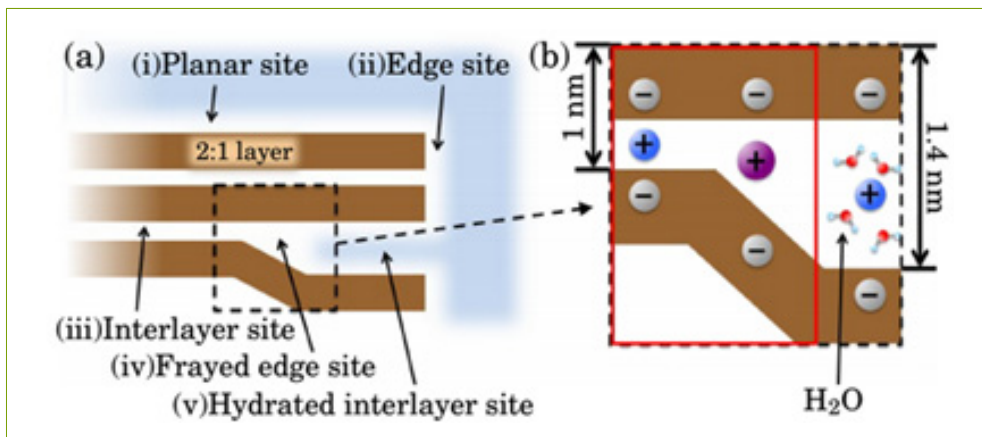
- 해체 부지의 개방을 위한 최종현황조사(Final Status Survey)의 절차를 시설별로 표준화함.
- 최종현황조사는 측정 및 평가 자료를 통합 관리할 수 있는 평가프로그램과 부지 잔류 오염도를 정확하게 측정할 수 있는 기술을 통해 평가를 수행함.
- 조사 과정에서 다양한 이해 관계자들이 있기 때문에 역할과 책임에 따른 소통 및 협의가 필요함.

### 3. 원전해체 부지복원을 위한 토양 정화 기술

■ 토양 방사선오염의 주 요인인 Cs-137과 같은 방사성핵종은 토양과 강하게 결합되어 효과적인 처리기술이 필요함.

- 방사성 오염 토양은 오염의 확산에 있어, 수질 및 대기 오염과 달리 이동성이 거의 없기 때문에 오염토양 발생과 확인 시점간의 차이로 인한 진행속도가 느림.
  - 때문에 토양 내 오염이 상당히 진척될 때까지 인식하기 어려우며, 검출성(detectability)이 매우 낮음.
- 방사성핵종은 고유의 반감기를 가지고 있어 시간이 지남에 따라 방사능은 저감되나, 전반적으로 중금속과 유사한 화학적 특성을 가지고, 파괴되거나 분해되지 않아 분리·농축, 감량 및 고정화 기술의 적용이 가능함.
- 오염토양 중 가장 흔한 방사성 핵종인 Cs-137은 토양 내 점토광물과 강하게 결합함.
  - Cs-137은 점토광물 내 Frayed Edge Site(FES)와 interlayer와 같은 특정 부위에서 비가역적으로 강하게 결합하여 기존 토양정화 기술을 적용하는데 한계가 있음.

〈점토광물 Frayed edge site에서 방사성핵종 결합〉





■ 방사성오염 토양 정화 기술은 다양하지만, 각 부지별 특성에 맞는 기술적용이 필요함.

- 원자력시설 해체 시 부지 복원을 위한 방사성 오염 토양 처리 기술에는 In-Situ 및 Ex-Situ 정화방법이 있음.
  - In-Situ 정화(비굴착식 정화)는 오염된 토양을 굴착하지 않고 지중상태 그대로 처리하는 기술이고, Ex-Situ 정화(굴착식 정화)는 오염된 토양을 굴착하여 지상에서 처리하는 기술임.
  - 정화 대상 부지별 특성에 따라서 In-Situ/Ex-Situ 적용가능 여부가 다름.
- 방사성오염 토양 정화 기술 적용 시 고려사항은 다음과 같음.
  - 제염작업 과정에서 작업자와 작업 설비의 오염 가능성을 최소화하고, Ex-Situ 정화 기술 적용 시 처리를 통한 부피감용 또는 방사성폐기물 최종 처분이 필요함.
  - ※ 각각의 기술마다 제염성능, 제염효율, 안정성, 기술개발의 진척도, 잔류물질, 사회수용성, 처리속도가 다름.
  - 단일 기술보다 다수의 정화기술을 복합적으로 적용하는 것이 일반적으로 훨씬 더 좋은 결과를 나타낼 수 있음.
  - 토양정화법은 굴착, 건식분리, 토양세척법, 열탈착법, 미세입자 분리 방법 등이 있고, 이는 방사성 핵종 및 토양의 물리·화학적 특성에 맞게 적용이 필요함.

〈방사성오염 토양 정화 기술 분류〉

기술	분류	기술설명
굴착	굴착	방사성핵종으로 오염된 토양의 방사능 측정을 통해 방사성핵종으로 오염된 토양을 굴착하고 오염원을 제거하여 부지를 규제대상에서 해제하는 방법으로서, 굴착된 토양은 정화 또는 처분이 필요함.
분리	건식분리	건식 방사성 오염토양 분리법은 방사성 오염토양 처리에서 많이 활용되는 기술 중 하나로, 굴착된 토양을 건조된 상태에서 컨베이어 벨트를 통해 이송시키며 실시간 방사능 계측을 통해 오염 토양과 비 오염 토양을 분류함.
	습식분리	Scrubber, hydrocyclone 등 습식 입도분리를 통해 오염이 적은 모래입자와 오염이 높은 미립자를 분리하고, 이후에 처리효율에 토양세척 공정을 추가적으로 적용함.
	부유선별	부유선별(또는 부유선광)은 혼합된 토양 중 오염된 미립자를 분리하기 위한 기술로 입자의 표면 성질을 활용하여 분리함.
	자력선별	방사성핵종의 대자율을 이용하여 토양에 존재하는 우라늄과 코발트 등과 같은 자성물질을 제거함.
처리	토양세척	오염토양을 굴착하여 토양 입자 표면에 부착된 방사성 핵종을 세척액으로 분리시켜 이를 세척액 내에서 농축하여 재래식 폐수처리방법으로 처리함.
	전기화학적 처리	투수계수가 낮은 포화토양에서 이온 상태의 방사성 핵종을 양극과 음극의 전기장에 의하여 이동시켜 오염물질을 처리함.
	열처리	산소가 존재하는 상태에서 고온(약 1,000℃)으로 오염토양 내 방사성 핵종을 휘발시킴.
	식물정화법	식물체의 성장에 따라 토양 내의 오염물질을 분해·흡수·침전 등을 통하여 오염 토양을 정화함.



## 4. 국내외 원전해체 부지복원 사례 및 기술개발 동향

- 미국 등 해외의 경우 일반적으로 원전 부지에서 대규모로 발생한 방사성 오염토양을 천층 처분 등의 방식으로 처분함.

- 폐기물 발생량 저감을 위해 방사능 분석 장치로 오염토양을 선별하는 자동선별기를 활용함.

### 1) 국외사례

#### ■ Main Yankee 원전

- 원자로는 860MWe, PWR 형식으로, 1972~1996년 운전 후 해체 철거함.
- 2004년 해체완료 후 임시저장시설(Independent Spent Fuel Storage Installation)을 건설하여, 사용후핵연료를 건식 저장함. 그 규모는 약 5ha.임.
- 해체 부지의 최종목적은 Green field status이고, 주요 오염핵종은 Sr-90, Cs-137이고, 오염토양은 굴착을 통해 처분함.

※ Green field란: 정화 이후에 타 개발계획 이 추진되기 이전인 경우로 무제한 개방의미이며, 이에 비해 Brown field란 정화 이후에 재개발용부지로 사용되는 경우로 제한적 개방의미를 뜻함.

#### ■ Connecticut Yankee (Haddam Neck)

- 원자로는 582MWe, PWR 형식으로, 1967~1996년 운전 후 1998~2007년 해체
- 2004년 해체완료 후 임시저장시설을 건설하여, 사용후핵연료를 건식 저장함. 그 규모는 약 5ha임.
- 해체 부지의 최종목적은 Green field이고, 해체 비용은 8.5억 달러로 해체 과정에서 부지 오염 발견(Sr-90, Cs-137 등)되었고, 발생 폐기물은 약 37,700톤으로 오염토양은 굴착 및 처리를 통해 처분함.
  - 오염 토양 및 지하수 정화 등에 소요된 비용이 당초에 비해 18% 증가한 7,500만 달러 증가함.

〈Connecticut Yankee 원전의 해체 전후〉



■ 스페인 카브레라 원전

- 스페인의 카브레라 원전 해체부지에서는 배관 등의 누수로 방사성 오염토양이 발생함.
  - 방사성 오염토양을 처리하기 위해 입도분리 및 토양세척을 통해 폐기물 양을 줄이는 정화 작업을 진행함.

〈스페인 카브레라 원전 전경 및 토양 정화 시설〉



- 지금까지 해외에서는 원자력 시설에서 발생하는 오염토양 폐기물을 처분하는 데 지리적으로나 경제적으로 큰 어려움이 없었기에 이를 저감하기 위한 연구는 크게 진척되지 않았음.
- 방사성 오염토양 처리에 관한 연구는 후쿠시마 원전 사고로 발생한 Cs 오염토양을 처리하는 방법이 다양하게 제안되면서 활발히 진행되고 있음.
  - 오염토양 중 Cs 흡착이 집중된 미세토를 분리하는 방법 중 하나로 프랑스 CEA(원자력 및 대체에너지 위원회)에서 제안한 양이온성 계면활성제를 이용한 거품 부유선별법을 적용함.

- 점토입자가 친수성이고 음전하를 띠는 특성을 이용해 소수성의 양이온성 계면활성제를 반응시켜 미세토를 선택적으로 부유선별하여 분리하는 방법으로, 파일럿 규모의 장치를 제작하여 그 성능을 검증함.
- 토양 내 Cs을 탈착하기 위해 양이온을 이용한 이온교환, 유기산 및 무기산을 이용한 산 세척, 고온에 의한 열처리 등 다양한 기술이 제안됨.
  - 각각의 방법이 장단점을 가지며, 특히 FES 구조를 가지는 점토 광물에 있어서는 제거효율이 비교적 낮은 편으로 나타남.
- 다양한 처리 방안이 연구를 통해 제시되고 있지만, 현재까지는 대규모의 고농도 방사성 오염 토양을 효과적으로 처리하는데 한계를 보임.

## 2) 국내사례

### ■ 우라늄변환시설 및 서울 연구로 부지복원

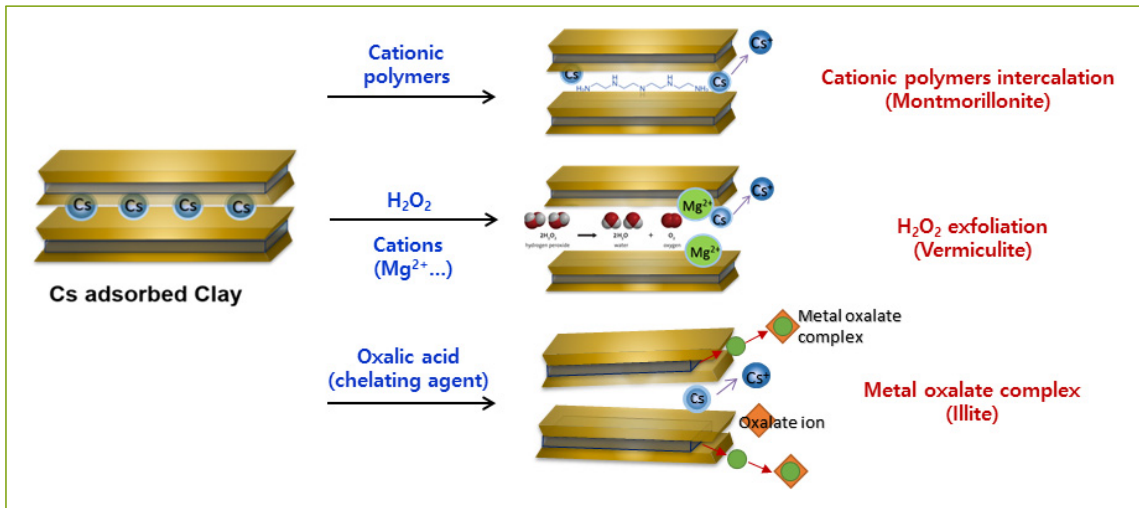
- 국내에서는 원자력연구원 내 우라늄변환시설을 규제해제하여 다른 원자력시설부지로 활용하고 있으며 원자력연구원 서울연구로 부지는 Final status survey report(FSSR)를 제출하여 규제기관의 승인을 받았음.
  - 우라늄변환시설 해체 부지는 개방 후 원자력시설로 재이용하여, PRIDE 시설 부지로 활용 중이고, 발생한 오염토양은 폐기물 저감을 위해 현재 처리 중임.
  - 서울연구로 원자로는 시설 내부 해체 후 FSSR 제출 및 규제기관 승인을 받았으며, 연구로 발생 오염토양은 방사능 측정/분리 후 경주처분장 이송 및 자체처분을 완료하였음.

### ■ 국내에서도 한국원자력연구원을 중심으로 방사성 오염토양 처리에 관한 연구가 활발히 수행중임.

- 오염토양 중 점토를 포함한 미세토를 선택적으로 분리하는 기술이 제안됨.
  - 방사성 오염토양 내 점토 및 실트의 미립자는 Cs-137과 같은 방사성 핵종이 선택적, 비가역적으로 결합하여 오염도가 높고 정화가 어려우므로 이를 선택적으로 분리하는 기술이 필요함.
  - 일반적으로 점토광물은 음전하를 띠는데, 양이온성 자성나노입자를 제조하여 토양 내 점토 입자와 정전기적 인력을 통해 선택적 결합을 유도할 수 있고, 외부 자기장을 통해 쉽게 자성 분리가 가능함.
- 점토광물 내 방사성핵종을 효과적으로 제거하는 기술이 제안됨.
  - 점토광물 내 흡착된 Cs을 탈착하기 위해 점토광물의 층간을 확장하는 구조적 변화와 양이온 교환반응을 적용하고자 함.

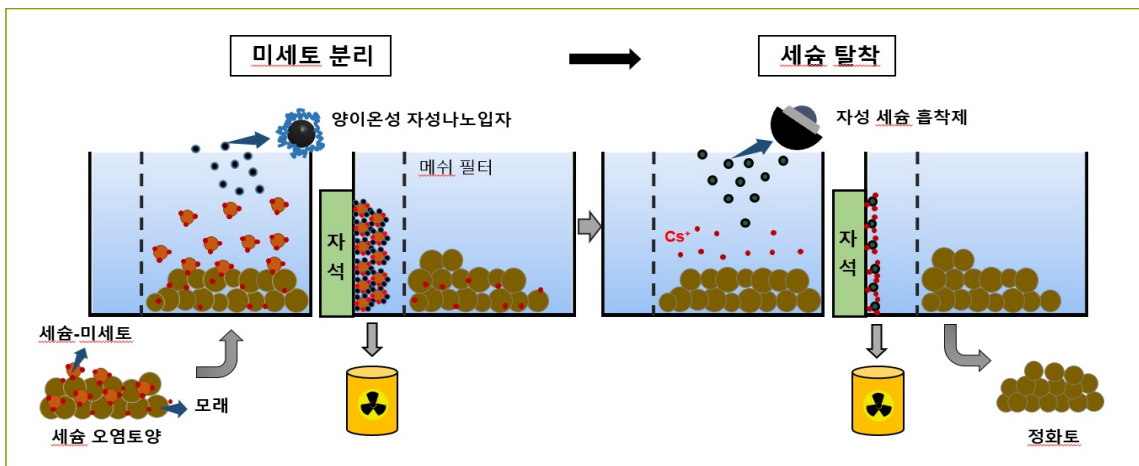
- 적용된 방법은 양이온성 고분자 물질의 층간 삽입과 양이온 치환에 따른 Cs 탈착, 과산화수소 분해 반응에 의한 점토층의 박리(Exfoliation) 발생과 양이온 치환에 따른 Cs 탈착, 옥살산과 같은 킬레이트제에 의한 점토광물의 구조적 변화와 Cs 탈착 등이 있음.

〈점토광물 내 방사성핵종 제거하는 모식도〉



- 최근에는 하이브리드 복합공정으로 미세토 분리 및 핵종 제거를 동시에 수행하는 기술이 개발 진행 중임.
- 먼저 양이온성 자성복합체를 이용하여 오염토양 내 미세토를 분리한 이후에, 페로시아나이드가 결합된 자성 흡착제를 활용하여 Cs 탈착 효율을 높임.
- 복합공정 적용 결과, 약 95% 이상의 Cs 제거율을 확인하여 궁극적으로 방사성 토양폐기물 부피를 효과적으로 저감할 수 있을 것으로 기대함.

〈자성 분리기술을 이용해 방사성 오염토양으로부터 세슘을 선택적으로 제거하는 모식도〉



## 5. 결론 및 향후 전망

### ■ 본 고에서는 원전해체 부지복원 기술현황 및 향후전망 전망에 대해 논의함.

- 해외 사례에서는 원자력시설 운영 중 방사성 핵종 누출에 의해 부지 내 오염 토양폐기물이 대량 발생한 것으로 나타났고, 방사성 토양 폐기물을 처분하는 데 지리적으로나 경제적으로 큰 어려움이 없었기에 이를 저감하기 위한 연구는 크게 진척되지 않았음.
- 최근 들어 상승된 처분비용 및 폐기물 운송 비용 등으로 경제성평가를 통해 효율적인 처리 방법을 고려하고 있음.

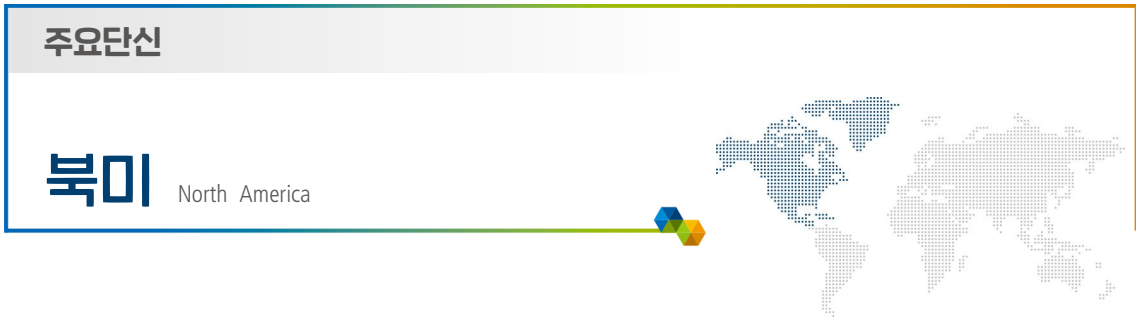
### ■ 방사성 오염토양처리에 관한 연구 사례는 후쿠시마 원전사고 이후 일본을 중심으로 세계 각국에서 활발히 보고되고 있지만, 아직 이를 획기적으로 해결할 수 있는 구체적인 기술은 계속해서 개발 중임. 향후 고리1호기를 시작으로 국내에서도 원전해체가 시작되는 바, 원전해체 후 원전부지를 재활용하기 위한 안전하고 경제적인 오염토양 정화기술 확보가 필요하다고 판단됨.

- 국내에서도 한국원자력연구원을 중심으로 방사성 오염토양 정화에 관한 연구가 활발히 수행 중에 있으며, 앞으로 원전해체 후 부지를 재이용하기 위해서는 안전하고 경제적인 오염토양 정화기술 확보가 필요하다고 할 수 있음.
- 개인적으로는, 기술개발을 통해 국내 원전해체 환경복원 사업뿐만 아니라 해외 방사성 오염토양 정화 시장까지 진출을 모색할 수 있기에, 원천 기술확보와 더불어 기존 기술을 개선하는 연구가 더욱 활발히 진행되어야 할 것으로 보임.

### 참고문헌



- 국내외 원전해체기술 개발 동향 및 전망, 세계 원전시장 인사이트, 2020.08.08.
- Nuclear decommissioning, waste management, and environmental site remediation, Elsevier
- Technology Reference Guide for Radioactively contaminated media, US EPA, 2007
- US DOE, Cost and Performance Report: Thermo NUtech's Segmented Gate System, Sandia National Laboratories, ER Site 16 Albuquerque, New Mexico, Accelerated Site Technology Deployment Program, January 1999
- U.S. Department of Energy, COST AND PERFORMANCE REPORT: ThermoRetec's Segmented Gate System, Brookhaven National Laboratory Area of Concern 16, Suffolk County, New York, Accelerated Site Technology Deployment, February 2001



### ◎ 미국, 뇌물 공여 발전사업자에 과징금 부과

Utility Dive. Cincinnati Enquirer. 2021.07.23.

- Ohio 주 원전 재정지원제도 도입을 위해 5,900만 달러의 뇌물을 정치권에 제공한 발전사업자 FirstEnergy에 2억 3,000만 달러의 과징금이 부과됨.
  - Ohio 주에 2기 원전(Perry, Davis-Besse)을 보유한 FirstEnergy는 2017년부터 2020년 3월까지 주 전 하원 의장 Larry Householder 등에 원전 재정지원제도 통과를 위해 뇌물을 제공함.
  - FirstEnergy는 비영리 사회복지단체인 Partners for Progress를 설립해 Householder 전 하원 의장이 운영하는 단체 Generation Now에 기부하는 방식으로 뇌물을 공여함.
    - ※ 미국 세법상 사회복지단체(501(c)(4))는 로비 자금 출처를 밝히지 않아도 됨.
- FirstEnergy는 미 연방검찰청과의 기소유예 합의에 따라 60일 이내에 과징금의 절반을 미 재무부, 나머지 절반을 Ohio Development Service Agency에 납부해야 함.
  - 과징금 납부 후 3년간 기소유예 합의 내용을 준수하면 FirstEnergy에 대한 기소는 취하됨.
  - FirstEnergy는 2021년부터 향후 3년간 모든 정치 기여금을 공개해야 함.
- 2019년 7월 Ohio 주는 연간 1억 7천만 달러를 조성해 원전·태양광·석탄화력발전소에 보조금을 지급하는 House Bill 6을 입법하였고, 당시 Householder 전 의장은 법안 통과를 주도함.
  - 2020년 7월 Larry Householder 의장은 FirstEnergy로부터 부정이익을 취득한 혐의로 FBI에 체포되었고, 2021년 3월 Ohio 주 의회는 House Bill 6에 담긴 원전 재정지원제도 폐지를 의결함.



- 다만, House Bill 6의 원전 재정지원제도는 폐지되었으나 석탄화력발전소 재정지원, 태양광 프로젝트 지원 등은 유지됨.

## ◎ 미국, Vogtle 3·4호기 상업운전 연기

Utility Dive. The Augusta Chronicle. 2021.07.29.

- Vogtle 3·4호기 건설 프로젝트의 주 건설사 Georgia Power社は Vogtle 3·4호기의 상업운전 시기를 3~4개월 연기한다고 발표함.
  - Georgia Power社は 코로나-19로 인한 건설현장 생산성 저하 및 원전 설비 추가 시험이 필요해 Vogtle 3호기는 2022년 1분기에서 2022년 2분기로, 4호기는 2022년 11월에서 2023년 1분기로 상업운전을 연기한다고 발표함.
  - 상업운전 연기로 건설 프로젝트 지분의 45.7%를 보유한 Georgia Power가 부담하는 건설비용은 4억 6천 만 달러 증가해 총 92억 달러가 됨.
- Georgia Power는 2021년 3월 19일 원전의 보강공사가 필요하다는 이유로 Vogtle 3호기 상업운전시기를 2021년 11월에서 12월로 연기한 바 있음.
  - 2021년 5월 18일 Vogtle 3호기의 고온기능 시험 중 원자로 압력용기 진동 발생으로 고온기능 시험이 중단되었고, 2021년 12월로 예정되었던 상업운전은 2022년 1분기로 연기됨.
  - 이에 미국 NRC는 2021년 6월 21일 Vogtle 원전의 보강공사 원인 규명을 위한 특별 조사를 시작하였고, 8월 중으로 조사 결과를 발표할 예정임.
  - 2021년 6월, Vogtle 3·4호기 건설 현장을 실사한 전문가들은 Vogtle 3호기의 상업운전이 2022년 여름경에나 가능할 것이라는 의견을 Georgia 州 공공 서비스 위원회에 보고함.
- 2009년 건설 승인을 받은 Vogtle 3·4호기는 각각 2016년과 2017년 가동 예정이었으며, 최초 건설예상비용은 140억 달러였으나 지금은 약 270억 달러로 증가함.
  - 고온기능시험을 마친 Vogtle 3호기의 공정률은 99%이며, 3·4호기의 통합 공정률은 93%임.
  - Georgia Power는 2021년 말 또는 2022년 초에 Vogtle 3호기의 연료를 장전할 계획임.



## ◎ 미국 Exelon, NRC에 Byron·Dresden 원전 해체계획서 제출

WIFR, ANS, 2021.07.29.

### ■ 발전사업자 Exelon社は Byron과 Dresden 원전의 정지 후 해체활동보고서(PSDAR)를 NRC에 제출함.

※ 미국의 원전을 영구 정지할 경우 발전사업자는 NRC에 영구 정지 의사를 서면으로 제출해야 하며, 그 이후 원전해체 및 부지복원 계획이 담긴 PSDAR과 인허가 종료 계획서(License Termination Plan)를 제출해야 함.

- Exelon社は 원전의 수익성이 악화되고 있는 가운데 Illinois 州의 원전 재정지원제도 도입이 지지부진해 원전 영구정지라는 선택을 할 수 밖에 없었다고 밝힘.

- Byron과 Dresden 원전은 각각 2021년 9월과 11월 영구정지가 예정됨.

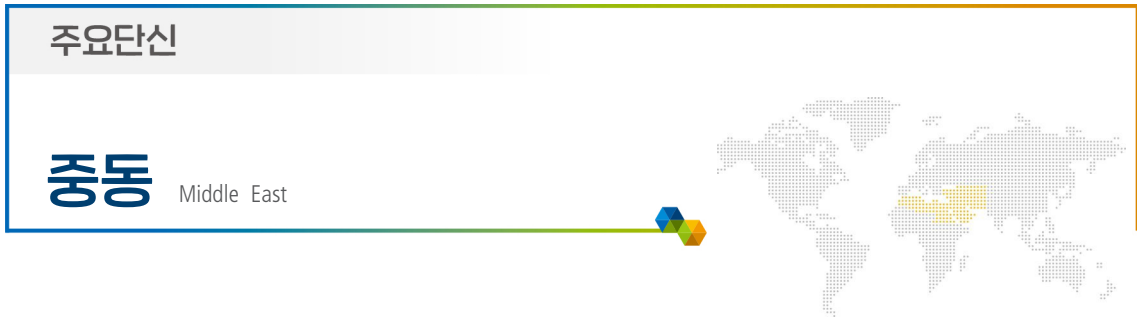
### ■ 2020년 8월 원전의 경제성 악화를 이유로 Byron과 Dresden 원전의 폐쇄를 발표한 Exelon社は 원전 폐쇄 단계를 밟아가고 있음.

- Illinois 州는 2021년 4월 원전 재정지원이 포함된 청정에너지 전환 계획을 발표하였으나 州 의회에서 청정에너지 전환 법안 가결에 실패하였고, 특별 회기 중 추가 협상에서도 합의에 이르지 못함.

- Illinois 州의 청정에너지 법안 통과가 무산되자 Exelon社は 2021년 6월 지역송전망관리 기구 PJM에 Byron 원전의 가동 중단 계획을 통보함.

- Exelon社は 낮은 에너지 가격과 원전에 불리한 시장 구조로 원전의 이윤이 감소하고 있어 향후 Braidwood와 LaSalle 원전도 폐쇄할 수 있다고 발표함.

### ■ 한편, Byron 원전은 원전이 위치한 Ogle County 연간 세수의 1/3에 달하는 3,400만 달러의 재산세를 납부하고 있어 원전이 영구정지될 경우 지역 세수에 큰 타격을 입힐 전망이다.



## ● 이집트, 티 Dabba 원전 착공 지연

Al-Monitor. 2021.07.16. 2021.07.28. Nuclear Engineering International. 2021.07.29. 2021.08.04.

■ 이집트 원자력방사선안전청(ENRRA)은 코로나-19의 여파로 티 Dabba 원전 프로젝트 완공 예상 시기를 2028년에서 2030년으로 연기한다고 발표함.

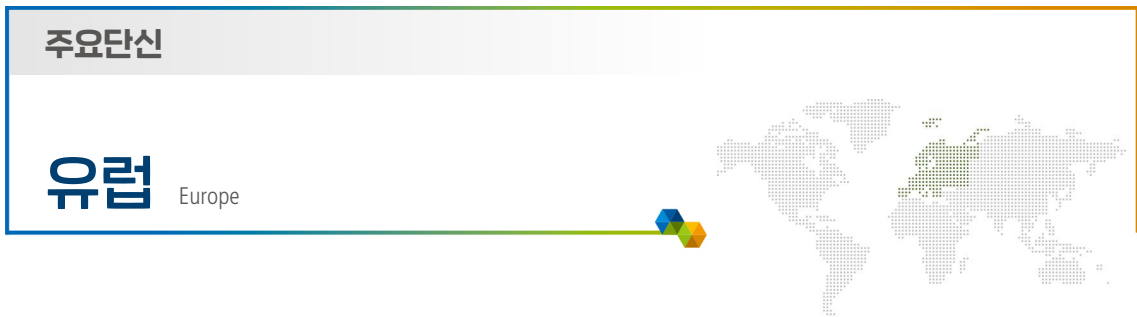
- 당초 2021년 하반기에 발급이 예상되었던 원전 건설 면허 발급은 2022년 중반으로 연기되며, 이에 따라 ENRRA는 2022년 El Dabba 1호기 착공이 어려울 것으로 전망함.
  - ENRRA는 건설 연기에 대한 자세한 이유를 밝히지 않았으며, 재정 문제는 없다고 주장함.
- 이집트와 러시아는 2017년 1,200MW급 VVER-1200 노형 4기 건설 계약을 체결함.

■ 그러나 이집트 언론 Al-Monitor는 티 Dabba 원전 건설 연기 발표의 원인이 이집트와 러시아 간 정치적 갈등일 수 있다고 보도함.

- 나일강 하류 국가인 이집트는 2011년 나일강 상류에 그랜드 에티오피안 르네상스 댐(GERD)을 착공한 에티오피아와 갈등 관계에 있음.
  - 에티오피아는 40억 달러를 투자해 GERD를 건설 중이며, 수력발전(6,450MW급)을 통한 전력 공급을 기대하고 있음.
  - 에티오피아는 2020년 댐 담수를 시작하였고, 2021년 2차 댐 담수를 완료함.
- 이러한 가운데 2021년 7월 9일 GERD를 주제로 열린 UN 안전보장이사회 회의에서 UN 러시아 상주 대표는 에티오피아를 두둔하는 발언을 함.
- 이집트 역시 2021년 6월 러시아의 반발에도 불구하고 미국 등 32개국이 흑해에서 실시한 군사훈련 Sea Breeze 21에 참여함.

■ 다만, 러시아 Rosatom社は 양국간 협력은 그 어느때 보다도 견고하다며 해당 보도를 부인함.

- 7월 30일에는 이집트 전력에너지부 장관, 원자력발전청(NPPA) 청장 등 고위급 인사들이 러시아의 El Dabba 원전 부품 생산 시설을 방문함.
  - 러시아의 원전 부품 생산 시설을 방문한 이집트 대표단은 “차질 없이 모든 부품이 일정에 맞추어 생산될 수 있겠다는 확신을 얻었다”고 발표함.



## ● 영국, 고온가스냉각로 AMR 노형 채택에 대한 국민 의견수렴 중

World Nuclear News, Gov.UK 2021.07.29.

- 2021년 7월 29일 영국 정부는 2050년까지 탄소 중립 목표 달성의 일환으로 추진하는 첨단모듈 원자로(Advanced Modular Reactor, 이하 'AMR') 연구·개발·실증 프로그램에서 고온가스 냉각로(HTR)를 모델로 채택하는 방안에 대한 의견수렴을 이메일로 진행한다고 발표함.

※ AMR은 4세대 원자로로 신규 냉각제 및 연료를 사용하며 SMR과 동일한 모듈 방식을 사용함. 또한 가압 경수로(PWR) 또는 비등경수로(BWR)에 비해 규모가 작고, 상대적으로 낮은 발전 비용, 전력 공급 유연성 향상, 가정 및 산업용 열 공급, 수소 생산 등을 특징으로 함.

- 영국 기업·에너지·산업전략부(BEIS)는 7월 29일부터 9월 9일까지 산업계 및 일반 시민을 대상으로, AMR 실증로로서의 고온가스냉각로의 활용가능성, 고온가스냉각로의 기타 AMR 노형의 활용가능성, 영국 공급망 역량에 대한 의견을 이메일로 수렴할 예정임.
- 영국 기업·에너지·산업전략부는 AMR 프로그램을 통해 고온 열을 제공함으로써 저탄소 수소 및 공정열(산업 및 가정용) 생산, 비용 효과적인 전력생산 지원을 입증하고자 함.
  - 2020년 11월 영국은 '녹색산업 혁명을 위한 10대 중점계획'과 '에너지 백서 2020'을 통해
    - ① 첨단 원자력 기금(Advanced Nuclear Fund)을 통해 최대 3억 8,500만 파운드 지원 (최대 2억 1,500만 파운드 규모의 SMR 지원 포함),
    - ② 2030년대 초까지 실증로 설계를 위해 AMR 연구 및 개발 프로그램에 최대 1억 7,000만 파운드 지원,
    - ③ AMR 상용화를 위해 규제 체계 및 국내 공급망에 4천만 파운드를 지원할 계획함.
- 고온가스냉각로는 원자력혁신처(NIRO)가 기술적인 측면을 평가한 6가지 유형의 AMR 중에 하나이며, 700°C~950°C의 고온 열 공급에 대한 다양한 활용방안을 통해 영국의 탄소 중립 목표를 뒷받침 할 수 있는 잠재력을 갖추고 있다고 평가됨.

- 고온가스냉각로외에, 5가지 유형의 AMR로는 납 냉각 고속로(Lead-cooled Fast, LFR), 용융염 원자로(Molten Salt Reactors, MSR), 초임계 수냉식 원자로(Supercritical WaterCooled Reactors, SCWR), 나트륨 냉각 고속로(Sodium-Cooled Fast Reactors, SFR), 초고온가스로(Very High Temperature Reactor)가 있음.

■ 같은 날 Anne Marie Trevelyan 에너지부 장관은 성명서를 통해 2050년까지 전원 구성에서 재생에너지가 주요 전원이 될 예정이지만, 안정적인 저탄소 기저부하 전원인 원자력도 필요하다고 밝힘.

- Trevelyan 장관은 Sizewell C 프로젝트 추진을 위해 사업자들과 협상을 진행하는 동시에 탄소 배출 현안을 해결하고 산업에 동력을 제공하는 AMR 개발에 박차를 가하고 있다고 덧붙임.

## ◎ 영국, 신규 원전 프로젝트에서 중국 CGN 참여 배제 검토

Financial Times 2021.07.26., Bloomberg 2021.07.28., ITV 2021.07.30.

■ 파이낸셜 타임즈에 따르면 영국 정부는 중국 정부와의 관계가 악화되면서 추진 중인 신규 원전 프로젝트에서 중국 CGN을 배제하는 방안을 검토 중임.

- 영·중 관계는 영국이 중국의 홍콩 반체제 인사 통제, 신장 위구르 소수민족 탄압, 초기 코로나19 대응에 대해 중국 정부를 비판하자 냉랭해진 상태임.
- 영국 정부는 자국의 필수 기반 시설에 중국의 참여가 확대되는 것을 우려함.
  - 전 보수당 대표인 Iain Duncan Smith는 정부가 중국에 대한 의존도를 전략적으로 검토해야한다고 주장하며, 중국 기업이 신뢰할만한 공급업체가 아니라고 발언함.
  - 작년 영국은 중국 통신 장비 제조업체 화웨이를 5G 네트워크 사업에서 배제함
- 이에 따라 200억 파운드 규모의 Sizewell C 프로젝트(Suffolk 지역)와 Bradwell B 프로젝트(Essex 지역)에서 CGN가 배제될 가능성이 있다고 보도됨.
  - 두 프로젝트 모두 EDF와 CGN이 공동으로 진행중이며, Sizewell C는 EPR원자로를, Bradwell B는 중국 자체 개발 노형인 Hualong One 원자로를 적용함.

■ 영국 정부와 EDF는 Sizewell C 프로젝트의 신규 파트너를 물색하는 방안을 논의 중인 것으로 알려짐.

- 2020년 12월 영국 기업·에너지·산업전략부(BEIS)는 가격적정성, 법률, 규제, 국가 안보 요건 충족을 중점으로 EDF와의 자금 조달 방안에 대한 협상을 개시함.
  - 영국 정부는 신규 자금조달 모델인 규제자산기반(RAB) 모델을 검토하면서 프로젝트 지분 확보 가능성도 피력함.
    - ※ 공항이나 상수도 회사의 인프라 프로젝트에 적용된 규제자산기반(RAB) 모델은 국가가 주도하여 소비자에게 시설 건설비의 일부를 부담하도록 해 기반 시설 건설비를 조달하는 모델로, 원전건설의 경우 전기요금에 신규원전 건설비 일부를 추가로 부과하는 방식으로 설계되었음.
- 지난 6월 EDF는 영국 정부에 Sizewell C 프로젝트의 자금 조달을 위한 RAB 모델의 법제화를 촉구함.
- 영국 노조는 올 가을까지 대체 자금 조달 방안이 마련되어야 하며, 이러한 노력이 불발되는 경우 해당 프로젝트가 철회될 위험이 있다고 강조함.

■ 한편, 중국 외교부는 자국의 원자력 회사가 최첨단 기술과 투자 역량을 갖추고 있어, 양국의 원자력 협력은 상호 이익이 된다고 주장하며, 영국 정부가 중국 기업에 개방적이고 공정한 사업 환경을 제공할 것을 요청함.

- 이에 대해, 영국 정부는 자국의 모든 원자력 프로젝트가 엄격한 법적·규제적·국가 안보 요건을 충족시키는 강력하고 독립적인 규정에 따라 수행되어 국익에 부합되어야 한다는 입장을 밝힘.

## ◎ 스페인, 원전 내 사용후핵연료 임시저장시설 확장을 위한 입찰 승인

World Nuclear News, Nuclear Engineering International 2021.07.29.

■ 7월 28일 스페인 각료회의는 방사성 폐기물 관리 및 원전 해체 전담기관인 Enresa가 4개 원전(Almaraz, Asco, Cofrentes, Vandellós II)에 건설될 사용후핵연료 저장시설의 설계·인허가 지원, 제조·공급과 관련된 계약 체결을 진행하도록 최대 2억 2000만 유로 규모의 입찰 개시를 승인함을 위해 최대 2억 2천만유로 규모의 입찰을 승인함.

※ 스페인은 2021년 8월 기준 5개의 부지(Almaraz, Valdeñós, Asco, Cofrentes, Trillo)에서 7기의 원자로(총 7,121MW)를 가동하고 있으며, 3기의 원전(Jose Cabrera, Garona, Vandellós-1, 총 1,067MW)이 폐쇄됨.

- 현재 스페인의 모든 원전은 Vandellós II 원전을 제외하고 사용후핵연료 건식저장시설을 갖추고 있으나, 2026년부터 Trillo 원을 제외한 나머지 원전들은 기존 건식저장시설에 추가적으로 신규 시설이 필요한 것으로 알려짐.

- Trillo 원전은 설계 문제로 인해 2002년부터 최대 80개의 저장용기를 수용할 수 있는 건식 저장시설에 사용후핵연료를 보관 중임.
- Almaraz 원전의 경우, 2027년과 2028년에 예정된 1,2호기 폐쇄 후 저장수조에 보관된 사용후핵연료가 신규 건식저장시설로 이송될 예정임.
- Enresa에 따르면 해당 입찰은 3개 원전에서 사용할 단일 시스템 구축을 목적으로 하며, 이를 통해 규모의 경제 및 비용 절감을 달성할 수 있을 것으로 전망함.

■ Enresa는 신규 건식저장시설에 보관된 사용후핵연료가 2028년 가동을 목표로 하고 있는 중앙 집중식저장시설(CTS)로 이송될 것이며, 최종처분시설 가동 전까지 약 60년간 사용후핵연료를 저장할 것이라고 밝힘.

- 2011년 12월 Villar de Cañas(Castille-La Mancha 지방, Cuenca 州)는 사용후핵연료와 방사성폐기물을 저장하는 중앙집중식저장시설(CTS) 부지로 선정됨.
  - CTS의 설계 수명은 100년으로 설정됨.

■ 최종처분시설의 경우 부지 선정 절차가 개시되지 않았음. 스페인의 제7차 일반 방사성 폐기물 계획(General Radioactive Waste Plan)에 따르면, 최종처분시설은 2073년 가동을 목표로 하고 있음.

## ◎ 벨기에, 단계적 원전 폐쇄 정책으로 온실가스 배출 증가 우려

Nuclear Engineering International 2021.07.21., UxWeekly 2021.07.26.

■ 2021년 7월 20일 벨기에 연방기획청(Federal Planning Bureau)은 경제 전망 2021~2026 보고서를 발간해 2025년까지 자국의 원전 폐쇄 정책이 온실가스 배출량과 전력 수입 증가를 야기할 것이라고 밝힘.

- 벨기에는 2021년 8월 기준 원자로 7기(총 발전용량 5,942MW)를 가동해 전체 전력의 약 40%를 공급하고 있지만 2025년까지 단계적 원전 폐쇄를 시행할 계획임.
  - 2020년 Engie Electrabel은 전력 수요를 충족을 위해 2025년까지 총 4기, 2,950MW 규모의 신규 가스화력발전소 건설 계획을 밝힘.
- 경제 전망 보고서는 전력 공급 부문에서 원전 비중 감소, 천연가스 및 재생에너지 비중 증가, 전력 수입 및 온실가스 증가를 전망함.



〈벨기에 경제 전망 보고서(2021~2026) 주요 내용〉

구분	내용
원전	2025년까지 단계적 원자력 폐지법(2015)에 따라 원전 비중은 점차 감소 예정 - 2021년 51%(전체 가동), 2023년 35%(2022년 10월 Doel 3 및 2023년 2월 Tihange 2 폐쇄), 2026년 0%(2025년 Doel 1·4, Tihange 1·3, Doel 2 폐쇄)
천연가스	원전 폐쇄에 따른 전력 부족분은 가스화력발전로 일부분 대체 예정 -2021년 19%에서 2023년 28%로 천연가스를 통한 발전 증가
재생에너지	재생에너지 발전 비중은 2021년 26%, 2023년 27%, 2026년 30%로 급격히 증가 예정
전력수입	전력 수입을 통해 2026년 약 9%의 전력 공급 예정(2021년 0%, 2023년 5%)
온실가스	코로나바이러스감염증-19로 인한 활동 감소로 온실가스 배출량이 2020년 7.2% 감소하였으나 2023년~2026년에 가스화력발전 증가로 온실가스 배출량 증가 예상 - 2020년 온실가스 배출량은 78.2 MtCO <sub>2</sub> eq이며 2026년 예상 배출량은 94.7. MtCO <sub>2</sub> eq으로 전망

- 2020년 10월에 출범한 벨기에 새 연립 정부는 2025년까지 단계적 원전 폐쇄 정책을 고수할 계획이나, 전력 공급 안정성에 차질이 발생할 경우 2025년 이후로 Doel 4호기와 Tihange 3호기를 계속운전하여 2GW의 원전 폐지를 유보할 가능성이 있는 것으로 알려짐.
- 새 연립 정부는 2021년 11월 발간 예정인 전력 공급 타당성 보고서를 토대로 2025년 까지의 단계적 원전 폐쇄 여부를 최종 결정할 예정임.

**주요단신****아시아** Asia

### ○ 일본 도쿄전력, 경영 정상화 계획 발표

원자력손해배상·페로 등 지원기구·도쿄전력 2021.07.21.,  
아사히신문 2021.07.22., 新潟日報 2021.07.22.

■ 도쿄전력은 7월 21일 후쿠시마 사고 이후 자사가 유일하게 운영 중인 가시와자키 가리와 원전의 가동 계획 등 향후 경영 정상화 계획을 담은 ‘제4차 종합특별사업계획’\*을 발표함.

- 계획에서 도쿄전력은 가시와자키 가리와 7호기가 2022년도 이후, 6호기가 2024년도 이후 가동되며 그 이후에 1~5호기 중 1기가 추가 가동될 것이라 예상하고 1기당 연간 약 500억 엔(약 5,245억 원)의 수익 개선 효과가 발생할 것으로 전망함.

- 이전 계획에서는 1기당 연간 900억~1,000억 엔(약 9,441억~1조 491억 원)의 수익 개선 효과를 예상했지만, 이번 계획에서는 안전 대책 공사로 인한 감가상각비 증가 등을 이유로 금액이 감소함.

- ※ 종합특별사업계획은 도쿄전력이 기업 가치 향상과 수익 증대를 통해 후쿠시마 사고 배상 비용·후쿠시마 원전 해체 비용 등을 확보하기 위해 향후 경영 정상화 계획을 담았으며, 2~3년 주기로 사업 환경 변화에 맞춰 재수립하여 발표됨.

- 도쿄전력은 후쿠시마 제1원전 오염수 해양 방류가 지역 산업에 악영향을 미칠 경우 피해 실정에 맞게 신속하고 적절히 배상하겠다고 밝힘.

〈일본 도쿄전력 경영 정상화 계획 내용〉

	2017년 발표 내용	2021년 발표 내용
원자로 1기 가동 시의 수익 개선 추정치	연간 900억~1,000억 엔 (약 9,441억~1조 491억 원)	역간 약 500억 엔 (약 5,245억 원)
향후 10년 내 재가동될 가시와자키 가리와원전 기수	4~7기 가동 재개 예상	3기 가동 재개 예상
가시와자키 가리와 7호기의 재가동 시기	이르면 2019년도 가동, 늦어도 2021년도 가동 예상	2022년 10월 이후 가동 예상
재생에너지 대책	수력, 풍력발전에 대한 사업 추진 등을 제시했으며 수치 목표는 미제시함.	해상 풍력을 중심으로 약 6,000~ 7,000MW의 전원 개발을 추진함.

자료출처: 新潟日報 2021.07.22.자료를 토대로 편집·작성

◎ **일본 원자력위원회, 2020년도 원자력 백서 발표...안전 문화 쇄신 강조**

마이니치신문 2016.07.25., 일본 원자력위원회 2020년도 원자력 백서 2021.07.,  
일본경제신문 2021.07.27., NHK 2021.08.01.

■ **일본 원자력위원회는 7월 27일 발표한 2020년도 원자력 백서\*에서 후쿠시마원전 사고 발생 10주년을 맞이하여 안전에 대한 경각심과 원자력 관련 기관의 안전 문화 쇄신을 강조함.**

※ 일본 원자력백서는 일본의 원자력 이용 관련 전체 현황과 대응을 자국민에게 설명하기 위하여 1925년부터 2010년까지 매년 발간되었지만, 후쿠시마원전 사고가 발생한 2011년 봄부터는 발간을 일시 중단한 후 2017년부터 발간이 재개됨.

- 원자력위원회는 정부 기관 등이 에너지기본계획이나 정부 공식 웹사이트에서 2013년 일본 도입한 신규제 기준을 세계에서 가장 엄격한 표준이라고 표현한 것을 지적함.
  - 위원회는 이러한 표현은 원전 관련자들이 신규제 기준을 만족하면 원전이 절대적으로 안전한 것으로 믿을 수 있어, 이를 경계해야 하며 원전의 안전성 향상을 지속적으로 추구해야 한다고 강조함.
- 더불어 최근 도쿄전력 가시와자키 가리와원전에서 발생한 테러 안보 대책 미비 사태<sup>2)</sup>를 언급하며 원자력 관련 기관의 안전 문화 쇄신을 강조함.
  - 원자력위원회는 2017년에도 원자력 관련 기관이 동조 압력(Peer pressure)\*과 현 상태를 유지하려는 문화가 강하고, 필요한 정보가 적절히 공유되지 않는다고 지적한 바 있음.

2) 세계원전시장 인사이트 2021.04.30.일본 단신 참고

※ 동조 압력(Peer pressure)은 심리학 용어로 직장 등 어느 특정 동료 집단에서 의사를 결정할 시 소수 의견을 가진 사람에게 압력 중에 다수의 의견에 맞추도록 강제하는 사회적 압력을 의미함.

- 한편, 원자력 백서에서는 2020년 말 기준 자국 및 해외에서 보유 중인 플루토늄이 약 46.1톤 이라고 밝혔으며 영국에서 보관 중인 플루토늄양이 이전보다 약 0.6톤 증가함.

〈2020년 말 기준 일본의 플루토늄 보유 양〉

				2020년 말 기준
총량(국내+해외)				약 46.1t
내역	국내			약 8.9t
	해외	(총량)		약 37.2t
		내역	영국	약 21.8t
			프랑스	약 15.4t

자료출처: 일본 원자력위원회, 2021.07., 令和2年度版原子力白書について 개요판 p5

## ◎ 일본 간사이전력, 노후원전 미하마 3호기 상업 운전 재개

세계원전시장 인사이트 2021.04.30., 일본경제신문 2021.07.27., NHK 2021.07.27., 일본원자력산업신문 2021.07.28., 간사이전력 2021.08.02.

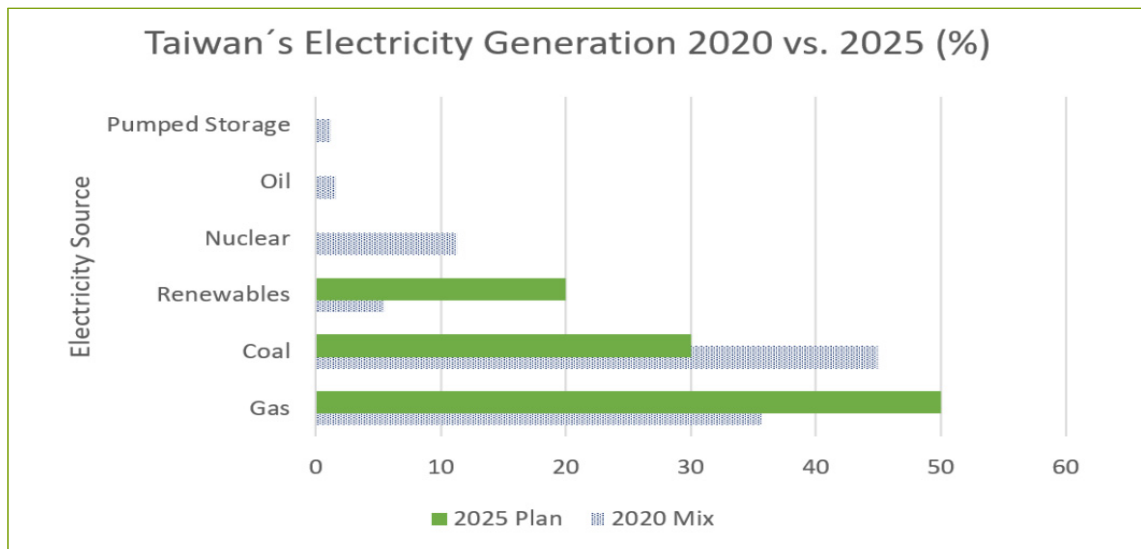
- 일본 간사이전력의 노후 원전인 미하마 3호기(826MW, PWR)가 7월 27일 가동을 위한 원자력 규제위원회의 최종 검사를 마친 후 상업 운전을 재개함.
  - 미하마 3호기는 후쿠시마 사고 후 일본 최초로 상업 운전을 재개한 노후 원전으로 1976년 12월 1일 상업 운전을 개시하여 2016년 원자력규제위원회로부터 계속운전 인가를 취득해 2036년 11월까지 운영이 가능함.
  - 미하마 3호기는 신규제 기준에 따라 의무적으로 설치해야 하는 테러 대책 시설을 완공하지 못한 상태임. 원전 운영사인 간사이전력은 공기 지연으로 시설 설치 기한인 2021년 10월 25일까지 테러 대책 시설을 완공할 수 없다고 공식 발표함.
    - 테러 대책 시설은 항공기가 원전에 충돌하는 테러 공격을 받아도 원격으로 원자로를 제어할 수 있도록 조치한 시설로 법적으로 설치 기한이 정해져 있음.
  - 간사이전력은 테러 대책 시설 완공을 위해 2021년 10월 23일 해당 원전을 정지할 예정이며, 2022년 9월까지 공사를 완료해 2022년 10월 20일 가동을 재개할 계획임.

## ◎ 대만, 탈원전 대비 LNG 발전소 10기 건설 추진

Taipei Times. 2021.07.27.

- 대만 에너지부는 탈원전 정책에 따른 원전 발전량 감소분 대체를 위해 6년 안에 LNG 복합화력 발전소 10기를 건설할 것이라고 발표함.
  - TaiPower가 LNG 복합화력발전소 건설에 166억 4천 만 달러를 투자할 예정임.
- 대만은 에너지 전환 정책에 따라 탈원전, LNG 비중 확대, 노후 석탄화력발전소 폐쇄를 진행 중으로, 발전비중을 LNG 50%, 재생에너지 20%, 석탄화력 30%로 재편하고자 함.
  - 2020년 기준 대만의 에너지믹스는 석탄화력 41.5%, 천연가스 40.1%, 원자력 14.4%, 재생에너지 5.8%임.

〈2020년 대만 발전비중 및 2025년 목표치〉



출처: EIAS, Taiwan's Energy Security: Liquefied Natural Gas, Renewables, and the EU.(검색일: 2021.08.03.)

- 현재 2개소의 LNG 터미널을 보유한 대만은 원활한 LNG 공급을 위해 기존 LNG 터미널의 확장 및 Taoyuan 지역에 제3 LNG 터미널 건설을 추진 중임.
  - 대만은 천연가스 비축의무량을 2018년 기준 7일분에서 2027년까지 14일분으로 늘리고자 함.
  - 다만, 복수의 환경단체가 제3 LNG 터미널 건설은 인근 생태계에 위협이 될 거라며 LNG 터미널 건설 부지 이전을 요구하고 있으며, 본 사안에 대해 2021년 12월 국민투표가 시행될 예정임.

## 기타 단신



### ○ 핀란드 TVO, Olkiluoto 3호기 터빈 정비로 추가 연기 발표

TVO, Nucnet 2021.07.30.

- 2021년 7월 30일 핀란드 전력사 TVO는 Olkiluoto 3호기(1,600MW, EPR)의 고온기능시험 결과 터빈에 대한 정밀 검사 작업이 필요하다고 판단해, 정식 가동을 2022년 3월로 기존 일정에 비해 한 달간 연기함.
  - 공급업체인 Areva-Siemens 컨소시엄에 따르면 당초 Olkiluoto 3호기는 2021년 10월에 전력망 연결, 2022년 2월 상업운전이 예정되어있었음.

### ○ 영국-호주, SMR 포함한 저탄소 기술분야 협력 강화

Gov.Australia 2021.07.29.

- 2021년 7월 29일 영국과 호주는 저탄소 기술 분야의 확대 및 상용화를 위한 파트너십 구축 의향서를 체결함.
  - 양국은 ①청정 수소, ②탄소 포집 및 사용(CCUS), ③탄소 포집 및 저장(CCS), ④소형 모듈원자로(SMR), ⑤친환경 철강·토양 탄소 축적을 포함한 저탄소 물질에 관한 연구 및 개발 수행에 협력하기로 함.

### ○ 일본 요미우리신문, 도쿄전력 오염수 방류 시행 계획 2021년 여름 작성 예상

요미우리신문 2021.07.18.

- 7월 18일 요미우리신문은 도쿄전력의 오염수 방류 시행 계획이 이르면 올여름 작성될 전망이라고 보도함.

- 신문은 현재 일본 원자력 관련 시설의 경우 폐수를 연안에서 방류하거나 또는 시설에서 몇 미터 떨어진 앞바다까지 해저 배관을 설치해 방류하므로 이 두 방안이 방류 계획의 주축이 될 것으로 전망함.

## ◎ 일본 간사이원전, 오이원전 3호기 상업 운전 재개 및 설비 이상으로 감발 운영 중

간사이전력 2021.07.30., 2021.08.04., 2021.08.05.

- 7월 30일 일본 간사이전력은 2020년 7월 20일부터 시행한 오이원전 3호기(1,180MW, PWR)의 계획예방정비를 마치고 상업 운전을 재개함.

- 한편, 간사이전력은 8월 4일 오후 5시경 오이원전 3호기의 복수기 설비에서 해수가 누수된 것을 발견하여 점검을 위해 일부 설비의 가동을 중단하고 발전 출력을 100%에서 65%로 낮췄다고 발표함.
- 이후 8월 5일 간사이전력은 중간 점검 결과 냉각용 해수 배관에서 약 4cm 크기의 구멍을 확인해 원자력규제위원회에 보고했고, 현재 구멍 발생 원인 등을 조사 중이며 해수 누수로 인한 방사능의 영향은 없다고 밝힘.

## ◎ 대만, 제3원전 영구정지 신청서 제출

Taiwan News. 2021.07.27.

- 대만 TaiPower는 2021년 7월 27일 936MW급 PWR 노형 제3원전의 영구정지 신청서를 대만 원안위(AEC)에 제출함. 대만의 원전 영구정지 신청서는 가동 중지 3년 전까지 제출되어야 함.
- 제3원전 1·2호기는 2024년 7월과 2025년 5월까지 가동이 가능함.

## ◎ 대만, 원전 운전사 조작 미숙으로 제2원전 2호기 가동 중단

The Register. Atomic Energy Council. 2021.07.28.

- 2021년 7월 27일 오전 6시 33분 대만 제2원전 2호기의 가동이 중단됨. 원전 중앙제어실의 근로자가 내부 청소를 위해 의자를 옮기는 과정에서 주증기 격리밸브의 보호커버를 건드려 격리밸브가 작동해 터빈의 가동이 중단되어 원자로 가동이 중단됨.
- 같은 날 오전 11시 40분 제2원전 2호기의 가동 재개가 승인됨.



World Nuclear Power Market  
**INSIGHT**



세계원전시장  
**인사이트**