

원자력산업

NUCLEAR INDUSTRY

vol.470
2025

7

KAIF 한국원자력산업협회



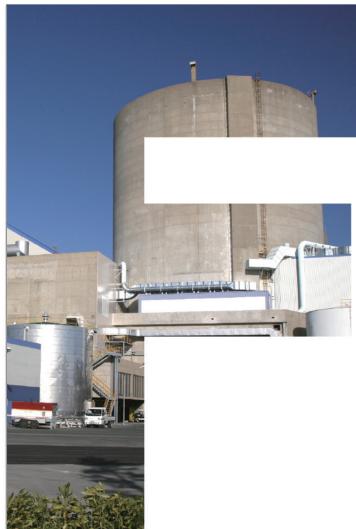
인류를 위한 원자력의 새로운 기회와 도전

초점
원안위, 국내 첫 원전
고리 1호기 해체 승인

KAIF 칼럼
지속가능성의 허망함

원산소식
한국-캐나다 원자력 비즈니스 포럼 개최

회원사 소개
동우일렉트릭(주), (주)영남메탈



원자력산업

July vol. 470



발행일 2025년 7월 18일

발행인 황주호

편집인 노백식

발행처 한국원자력산업협회

주소 서울시 중구 서소문로 38, 센트럴타워 9층

TEL 02. 6953. 2338

FAX 02. 785. 3975

E-mail journal@kaif.or.kr

디자인·인쇄 (주)태신미디어 **TEL** 02. 3662. 8200

「원자력산업」에 포함된 주요 내용은 집필자의 개인 견해로서
한국원자력산업협회의 공식 의견이 아님을 밝힙니다.

02 초점

원안위, 국내 첫 원전 고리 1호기 해체 승인
한국수력원자력, 원전 기자재 국산화 협의체 발족

05 기획 – 국내 차세대 원자력 사업화 현황

소형모듈원전(SMR) 냉각재 유량측정 기술 분석 | 김동억
민간주도 SMR 사업 촉진을 위한 제언 | 김철민
차세대 원자력을 활용한 조선해양 산업 | 김종원
전력계통 보조전원 기술 검증 및 표준화 | 김종훈

29 KAIF 칼럼

지속가능성의 허망함 | 정범진

33 회원사 탐방

영인에너지솔루션(주), 에너지 산업의 밝은 미래를 열다
계측·제어의 혁신으로 발전소를 지키는 기업, (주)오르비스

41 참관기

제44회 캐나다 원자력학회 연차대회 (CNS Annual Conference 2025) | 박언주

44 여행의 美

자연 치유의 땅으로 떠나는 여름 여행 | 김유

50 교과서 박 조선이야기

화성 성역으로 완성한 조선의 번벽축성술 | 장수찬

55 원산소식

한국 – 캐나다 원자력 비즈니스 포럼 개최

59 포토포커스

드론 시대의 명과 암: 혁신과 규제 사이의 균형

63 회원사 소개

동우일렉트릭(주), (주)영남메탈

원안위, 국내 첫 원전 고리 1호기 해체 승인

- 해체 기간 약 12년, 해체 비용 총 1조 713억 원 -
- 매일 점검하고 반기마다 심층 점검 -
- 국민 안심하도록 해체 전 과정 투명하게 공개 -



©한국수력원자력

그림 | 고리 원자력 발전소

원자력안전위원회(위원장 최원호, 이하 원안위)는 26일 개최된 제216회 원자력안전위원회에서 고리 1호기의 해체를 승인하였다. 이에 따라 국내 첫 상업용 원전인 고리 1호기는 본격적인 해체 절차에 착수하게 되었다.

고리 1호기는 1978년 4월 상업운전을 시작해 2017년 6월 영구정지 되었으며, 한국수력원자력(주)(이하 한수원)은 관련 규정에 따라 2021년 5월

원안위에 해체 승인을 신청하였다.

원안위는 한국원자력안전기술원(KINS)의 안전성 심사 결과와 원자력안전전문위원회의 사전검토 결과를 바탕으로 최종해체계획서 등 신청 서류를 심의한 결과, 고리 1호기 해체가 「원자력안전법」에 따른 기술기준을 만족함을 확인하고 해체를 승인하였다. 최종해체계획서의 주요 내용은 다음과 같다.

(해체조직·절차) 한수원은 해체 완료 시까지 해체사업 전담·지원 조직을 구성·운영¹⁾하고, 해체 인력을 단계적으로 증원할 계획이며, 승인된 절차에 따라 해체 활동 수행 예정

(해체 방법) 방사능 준위가 낮은 시설부터 순차적으로 해체하여 작업자의 피폭을 최소화하고 방사성물질 확산을 방지할 예정이며, 시설 해체 시에는 시설의 오염 수준과 형상 등에 따라 적절한 해체 방법과 기술을 적용할 계획

(해체폐기물 관리) 해체 과정에서 발생하는 방사성폐기물의 양은 약 17만 톤으로 예상되며, 이 중 방사능 농도가 매우 낮은 자체처분 대상(약 16만 톤)을 제외한 중저준위 폐기물은 해체지원시설²⁾을 통해 처분 기준을 만족하도록 오염과 유해물질을 제거할 계획

(사용후핵연료 관리) 현재 고리 1호기 습식저장조에 저장 중인 사용후핵연료는 향후 부지 내 건식저장시설 운영 시 해당 시설로 반출 예정

(사고분석) 해체 과정에서 비정상 사고 시 작업 종사자와 주민에게 예상되는 최대 피폭선량³⁾은 각각 연간 선량한도의 33%와 2.1% 수준으로 평가되었으며, 종사자 방사선방호계획과 주민 보호를 위한 환경감시계획도 수립

(해체 비용) 해체 비용은 총 1조 713억 원으로 평가되었으며, 실제 소요 비용이 이를 초과할 경우 별도의 현금 적립 및 회사채 발행 등 대응 방안 제시

한수원은 이번 해체 승인에 따라 약 12년에 걸쳐 단계적으로 해체를 추진해 나갈 예정이며, 원안위는 해체 과정에서 현장을 매일 점검하고, 반기마다 사업자의 해체 상황을 보고 받아 심층 점검을 수행할 계획이다.

아울러, 해체 완료 시에는 부지 재이용 기준(0.1mSv) 만족 여부를 확인한 후 규제 해제 여부를 결정할 예정이다.

최원호 위원장은 “고리 1호기는 국내 첫 원전 해체 사례임을 고려하여 모든 심사 항목에 대해 상세한 검토를 수행하였다”라며 “해체 중에도 국민들이 안심하실 수 있도록 해체 과정을 면밀히 점검하고, 점검 결과를 투명하게 공개할 예정”이라고 밝혔다. **KNIF**

※ 본 저작물은 원자력안전위원회에서 2025년 작성하여 공공누리 제1유형으로 개방한 보도자료를 이용하였으며, 해당 저작물은 원자력안전위원회 홈페이지(<http://www.nssc.go.kr>)에서 무료로 다운받으실 수 있습니다.

1) 2025. 6월 현재 약 110여 명 수준으로 운영 중 (사업소 70여 명, 본사 등 40여 명)

2) 방사성폐기물의 분류, 절단, 제염 등 수행 (해체 승인 후 6년 이내 건설 예정)

3) 종사자 최대 피폭선량 16.9mSv (선량한도 50mSv), 일반인 최대 피폭선량 0.021mSv (선량한도 1mSv)

한국수력원자력, 원전 기자재 국산화 협의체 발족

- 산학연 협력, 국산화를 통한 원전 생태계 자생기반 지원 -



한국수력원자력(사장 황주호, 이하 한수원)이 10일 경주 화백컨벤션센터(HICO)에서 원전 기자재의 국산화 확대 및 산·학·연 협력 기반 강화를 위해 ‘원전 기자재 국산화 협의체’를 발족했다.

협의체에는 한수원을 비롯해 국산품 설계·개발·검증 관련 주요 기업과 연구기관 등 30여 개 회사들이 참여했으며, 앞으로 국산화 추진 과정에서의 기술적, 제도적 어려움을 공유하고, 원전 기자재의 국산화 기술 확보와 안정적인 공급망 구축을 위한 협력 방안에 대한 논의를 이어갈 예정이다.

이를 위해 협의체는 이날 ‘원전 기자재 국산화 기술협력 업무협약’을 체결하고, 원전 생태계 기술 자립 및 자생적 성장 기반 조성에 함께 노력하기로 했다. 아울러 경영진 간담회 및 실무진 발표와 토론을 통해 국산화 확대를 위한 실천적 협력 방향과 과제별 협업 방안 등에 대해 논의했다.

황주호 한수원 사장은 “이번 협의체는 국산품 설계, 개발, 검증 분야 협력기업과 학계, 연구계 전문기관이 한자리에 모여 국산화 개발의 현실과 과제를 함께 이야기하고, 실천 가능한 협력 방향을 논의하는 뜻깊은 출발점”이라며, “참여기관 간 긴밀한 소통과 연대를 통해 전략적 국산화 추진방안 수립과 지속 가능한 협력체계를 함께 만들어가길 기대한다”고 밝혔다.

한수원은 협의체를 중심으로 기술 협력과 개발 연계 활동을 본격화한다는 방침으로, 국산품 설계부터 개발, 현장 적용까지 이어지는 협력체계를 통해 실효성 있는 성과 창출이 이루어질 것으로 기대하고 있다. **KIIF**

※ 본 저작물은 한국수력원자력에서 2025년 작성하여 공공 누리 제1유형으로 개방한 보도자료를 이용하였으며, 해당 저작물은 한국수력원자력 홈페이지(<http://www.khnp.co.kr>)에서 무료로 다운받으실 수 있습니다.

소형모듈원전(SMR) 냉각재 유량측정 기술 분석



김동익

중앙대학교 교수

• 포항공과대학교 기계공학 박사

서론

대형원전 및 소형모듈원전(SMR) 모두 원자로 냉각재계통(Reactor Coolant System, RCS) 유량 측정은 원자로의 열출력 및 운전상태를 정확하게 파악하여 발전소의 효율성과 안전성을 확보하는데 필수적인 요소이다. 특히, SMR의 경우 고유의 컴팩트한 내부구조로 인해 기존의 대형 가압경수로에서 활용된 유량측정 기술을 적용하기에 제한이 있을 수 있다. 따라서, 현존하는 다양한 유량측정 기술에 대한 검토를 통해 SMR에 적용 가능한 측정기술을 도출하는 것이 필요하다. 국내 i-SMR이나 미국 NuScale과 같은 가압경수형 SMR의 경우 고온(냉각재 온도 300°C 이상), 고압(냉각재 압력 약 15MPa), 고방사선 조건하에서 안정적으로 작동가능한 센서 및 계측기의 선정이 필요하다.

정확하고 신뢰성 높은 냉각재 유량계측은 SMR의 안전성 분석, 운전제어, 사고대응전략 수립 등 원자로 운영 전반에 걸쳐 중요한 역할을 한다. 본문에서는 SMR에서의 RCS 유량계측과 관련된 다양한 기술적 사항들에 대해 분석하고자 한다.

SMR 냉각재 유량측정 제약조건

가압경수형 SMR의 냉각재 온도는 약 300~350°C 수준이며, 냉각재 압력은 약 15MPa에 달한다. 이와 같은 조건은 일반 산업계에서 사용되는 유량측정 조건과 비교하여 매우 높은 수준이며, 계측기 내 센서부품(트랜스듀서, 전자회로 등)이 고온·고압 환경하에서 지속적으로 안정동작이 가능해야 한다. 특히, 고온에 의해 센서 재질의 물리적 열화 및 전기적 특성 변화가 발생할 수 있다.

원자로 압력용기 내부 및 1차 냉각재계통 주변

은 고선량 방사선 환경에 노출된다. 방사선으로 인한 센서소자 절연파괴, 전자회로 오류발생, 피로누적 등이 발생할 수 있어 계측기는 반드시 방사선 내구성을 갖추어야 하며 장기 검증 데이터가 요구된다.

일반적으로 상용유량계의 경우 유량계 전단에 충분한 직관부를 확보해야 한다. 측정 신뢰성 확보를 위해 약 10D(배관 직경, diameter) 정도의 직관부가 필요하나, SMR의 컴팩트한 구조상 이를 확보하기 어려울 수 있다. 직관부 부족으로 인해 유속 프로파일이 발달하지 못하면 유속기반 유량계의 측정 정확도가 크게 저하될 수 있으며 측정값의 대표성 확보가 어려울 수 있다.

차압식 유량계나 피토관 유량계 등은 압력탭 설치를 위해 원자로 용기에 추가적인 관통이 필요할 수 있으며, 이는 압력경계 역할을 하는 원자로 용기의 기계적 건전성 뿐만 아니라 누설 가능성 증가, 방사선 차폐 문제 등을 유발할 수 있다. 따라서, 비침습 방식의 유량측정이 바람직하다고 할 수 있다.

이외에도 배관 일체형 유량계 사용불가, 유지보수 측면, SMR 고유의 운전특성으로 인한 다양한 제약조건들이 존재하고 이러한 조건하에서 측정 정밀성과 내구성을 지닌 유량측정 기술의 선정이 요구된다. 다음 표는 원자로 운전조건에 따른 유량계 요구사항을 나타낸다.

표 1 | 원자로 운전조건에 따른 유량계 요구사항

운전 모드	운전 조건	요구 사항
정상 운전	열출력 제어, 냉각재 순환 확인	연속 측정, 고정밀
과도 운전	탄력운전 등에 따른 출력 증가/감소	빠른 응답성
비상 운전	자연순환 유동 (피동안전계통 작동)	저유량 측정 신뢰도
기타	사고 상황에서 격납용기 충수	완전 방수, 센서 내구성 유지

일반적 유량측정 방법 분석

산업계에서는 차압식 유량계(Differential pressure flow meter), 용적식 유량계(Positive displacement flow meter), 터빈 유량계(Turbine flow meter), 피토관(Pitot tube), 볼텍스 유량계(Vortex flow meter), 초음파 유량계(Ultrasonic flow meter), 전자기 유량계(Electromagnetic flow meter), 코리올리 유량계(Coriolis flow meter), 열식 질량 유량계(Thermal mass flow meter), 핫와이어 유량계(Hot wire anemometer) 등 다양한 유량측정 기술이 활용되고 있다(그림 1).

차압식 유량계는 이론적으로 정밀하고 검증된 유량계측 방식이지만, SMR의 구조적 제약(일체형 구조, 원자로용기 관통 최소화, 직관부 부족)으로 인해 실제 적용이 어렵다. 용적식 유량계는 일반 산업용 고정밀 유량 측정용으로는 매우 뛰어난 기술이지만, SMR과 같은 고온·고압·고방사선 환경

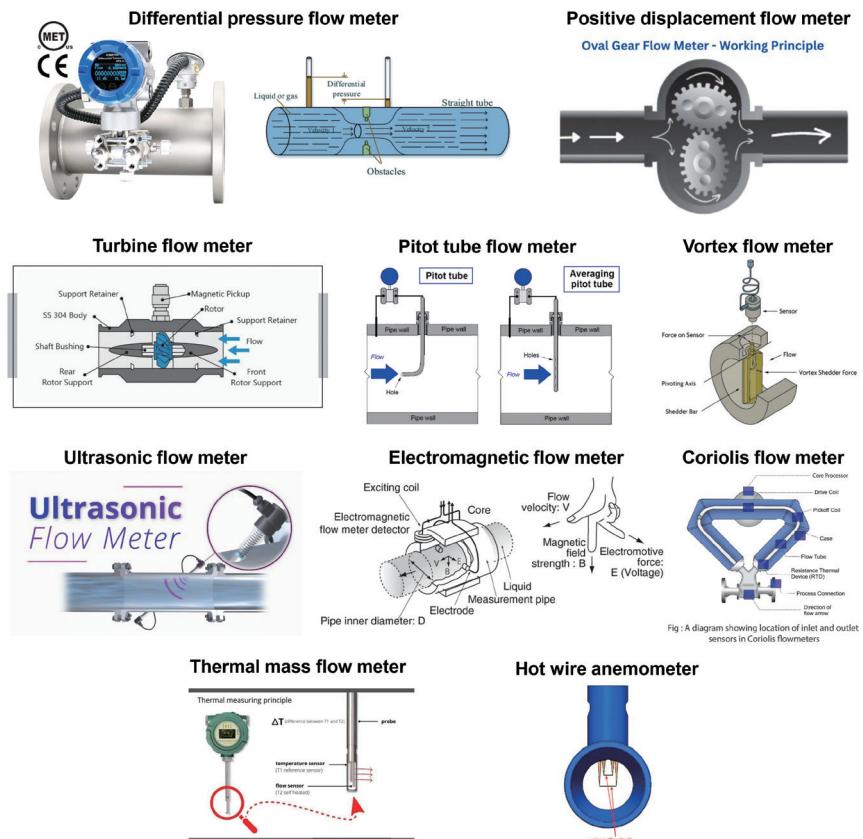


그림 1 | 산업계에서 활용되는 다양한 유량측정 기술

에서는 운전조건 대응 한계와 설치 제약 등으로 인해 RCS 유량 측정용으로는 부적합한 것으로 판단된다. 터빈 유량계는 정확도와 응답속도 측면에서 뛰어난 장점을 가지지만 SMR 운전조건하에서 내구성 부족, 고온 운전 한계, 장기 신뢰성 저하 등의 문제점이 있다. 피토관 유량계는 구조가 단순하고 비용이 낮지만 고온·고압·고방사선 환경에서 장기 신뢰성 확보가 어려우며, 원자로 관통부를 요구하여 SMR 적용이 부적합하다. 볼텍스 유량계는 구

조가 간단하고 유체 범용성이 높으며, 회전 부품이 없다는 점에서 유리한 측면이 있지만 원자로 운전 조건과 설계구조 제약(직관부 부족)으로 인해 RCS 유량 주계측용으로 부적합하다고 할 수 있다. 초음파 유량계는 SMR에 적용 가능한 비침습 유량측정 방식 중 하나로 실제 NuScale 등 해외 SMR에서 주계측 기기로 채택된 바 있다. 하지만, 적용을 위해서는 실증 및 고신뢰 센서 기술개발이 필요하다. 전자기 유량계는 산업적으로 매우 널리 사용되

는 고정밀 유량계지만 원자로 운전조건을 만족하기 어려운 것으로 판단된다. 코리올리 유량계는 기술적으로 매우 우수한 유량측정 기술이지만 원자로 운전조건, 구조 복잡성, 내방사선 등의 한계가 있다. 열식 질량 유량계는 기체 질량유량 측정용으로는 매우 유용하고 정밀하나, 고온·고압·고방사선 액체 유량을 측정해야 하는 SMR 환경 하에서는 적용이 어려울 것으로 판단된다.

현재 산업계에서 활용되는 상용 유량측정 기술의 대부분은 본 절에서 기술한 유량측정 기술에 포함되며, SMR에 적용 가능한 상용 유량기술의 선정을 위해서는 다양한 설치제약 및 요구조건에 대한 만족여부를 파악해야 한다.

SMR에 적용 가능한 유량측정 기술 분석

SMR은 대형 상업용 원자로와 달리 1·2차계통이 일체화 되어 있고, 배관 구성이 최소화된 설계를 채택하므로 기존의 상용 유량측정 기술을 직접 적용하는데 한계가 있다. 또한 고온(300~350°C), 고압(15MPa), 고방사선 조건에서 장기간 신뢰성 있게 운용되어야 하므로 적용 가능한 유량측정 기술은 극히 제한적이다. 현재까지 공개된 정보를 통해 확인 가능한 SMR 또는 일체형원자로 RCS 유량측정 기술은 아래와 같다.

- NuScale Power Module (NuScale Power, 미국)

- 유량측정 방식: 초음파 유량계
- 설치 구성: 원자로 하부 강수부(Downcomer) 외벽에 초음파 트랜스듀서 4세트 배치
- 보정: 열균형법(Heat Balance Method, HBM)으로 보정
- 특징: 원자로 용기 별도 관통부 없이 비침습적 측정, 다중경로를 활용한 유속 대표성 확보, 실시간 연속 계측

- SMART(KAERI, 한국)

- 유량측정 방식: MCP 회전속도, HBM, 그 외 다양
- 설치 구성: 펌프 회전속도(RPM) 측정을 통해 유량측정
- 특징: 비침습적 측정

- I²S-LWR(Georgia Tech/DOE, 미국)

- 적용 방식: 초음파 유량계
- 설치 위치: Downcomer 영역 외벽
- 보완 기술: 중성자 신호 분석, HBM
- 특징: 다경로 초음파 유량계 구성, 유량변화 및 수위 감지 동시 수행
- 이 원자로는 SMR이 아닌 대형 일체형원자로 Downcomer 영역에서 충분한 직관부 확보 가능

일체형 SMR 설계에서 RCS 유량측정을 위해 적

용할 수 있는 기술은 다양한 제약조건으로 인해 제한적이며 대표적인 방법은 다음과 같다.

- 열균형법(HBM)
- 초음파 유량계
- 냉각재 펌프 회전속도 측정을 통한 유량측정
- 냉각재 펌프 전력측정을 통한 유량측정

열균형법은 비침습 방식으로 유량센서 없이도 유량측정이 가능하고 원자로에 추가 관통부나 복잡한 기계장치를 설치할 필요가 없다. 하지만, 정상상태 하에서만 정확한 유량측정이 가능하며 과도상태에서는 정확도가 저하될 수 있다. 냉각재 펌프 회전속도를 이용한 유량측정은 비침습적 측정 방식으로 펌프 내 모터 RPM 측정센서를 필요로 한다. 이 측정기술은 유량측정을 위해 설비를 변경할 필요가 없으며 실시간 측정성이 우수하고 유지보수가 용이하다는 장점이 있다. 하지만 펌프 헤드, 유체 밀도, 저항 손실 등 운전조건에 대한 정확한 정보가 전제되어야 정확도를 유지할 수 있다. 또한 과도상태에서는 적용성이 제한적이다. 냉각재 펌프 전력측정을 통한 유량측정 기술은 펌프 인가 전력과 운전특성 곡선과의 상관관계를 활용하여 유량을 추정하는 방식이다. 비침습 방식으로 전류계/전력계 등 만으로 유량측정이 가능하며 대부분의 펌프에 전력계측 시스템이 탑재되어 있으므로 추가적인 기계장치 설치없이 유량을 측

정할 수 있다. 하지만, 간접적인 측정방식으로 측정 정밀도에 한계가 존재할 수 있으며 단독 유량 측정수단으로는 부적합할 수 있다.

SMR 냉각재 유량 측정기술 제안

앞서 기술한 다양한 유량측정 기술에 대한 분석을 바탕으로 SMR에 적용가능한 RCS 유량측정 기술을 다음과 같이 제안하고자 한다.

첫째, 열균형법은 구조적으로 단순하고, 보정 용 기준 데이터로 활용할 수 있어 SMR 적용에 적합하다. 둘째, 초음파 유량계는 NuScale 등 해외 SMR 사례에 근거한 가장 현실적인 대안으로서, 실증 기반의 타당성 평가가 선행된다면 실시간 유량측정 기술로 활용할 수 있다. 셋째, 펌프 회전속도 및 펌프 전력기반 유량측정 방식은 실시간 측정 우수성과 설치·운용 편의성을 지니고 있어 보조 계측 수단으로 활용 가능하다.

또한, SMR에서 RCS 유량계측 기술의 완성도를 높이기 위해서는 단일 계측기술이 아닌, 앞서 언급한 기술을 결합한 다중 측정 체계를 구성하여 상호 보완이 가능한 계측 시스템을 구축하는 것이 필요하다. 이를 위해서는 각 측정 기술에 대한 실증 실험 데이터를 확보하고, 고온·고방사선 환경 하에서 장기 신뢰성을 보장할 수 있는 센서 및 측정 기술의 개발이 병행되어야 한다. **KAIF**

민간주도 SMR 사업 촉진을 위한 제언

김철민
GS에너지

- 한국과학기술원 원자력및양자공학 학·석·박사
- 한국원자력연구원 연구생

서론

국내외 에너지 전환이 가속화되는 가운데 소형모듈원전(SMR)은 탈탄소화와 전력수요 대응을 동시에 해결할 계임 체인저로 부상하고 있다. 미·중 갈등과 러·우 전쟁으로 인해 세계질서

가 파편화되고 에너지 안보의 중요성이 강조되면서 원자력 에너지의 필요성이 급격히 재인식 되었는데, 2010년대 이후 서방세계는 러시아·중국에 밀려 세계 원자력 시장의 주도성을 상실한 상태였다. 이에 미국·영국·캐나다 등 서방 국가에서는 정부·민간이 합심해 석유·제조 대

	SMR	대형원전
	데이터센터 PPA <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: Dominion/약 500MW 협력방식: 포괄적 MOU PJT 특징: FS 수준, 기존원전 인근 	 지역 전력공급 PJT <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: Energy Northwest/320MW 협력방식: \$500m 투자 PJT 특징: 건설허가 신청, 기존원전 인근
	데이터센터 PPA  <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: 미정/최대 500MW 협력방식: Master Agreement PJT 특징: 계약 세부사항 및 부지 미정 	초기 사업개발 참여  <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: 부지 3개/총 1.8GW 협력방식: 초기 자금 지원 PJT 특징: 부지확보 선행, 1-2년 후 노형 채택
		데이터센터 PPA <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: Talen Energy/1,920MW 협력방식: DC건설(\$650m)+17y PPA(\$18b) PJT 특징: Susquehanna(2.5GW) 일부
	<ul style="list-style-type: none"> ‘30년대 초 신규 원자력 1~4GW 설치 발표 (대형원전/SMR 볼문) <ul style="list-style-type: none"> - Developer 대상 제안요청서(RFP) 발행, 심사중, Shortlisted ('25.02~) - Constellation PPA와 별개로 진행 	데이터센터 PPA <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: Constellation/837MW 협력방식: 20y PPA PJT 특징: TMI 2호기(837MW) 재가동
	 <ul style="list-style-type: none"> Switch 12GW PPA by 2,044, Non-binding (데이터센터) Prometheus Hyperscale 100MW/20yr PPA (데이터센터) Equinix 500MW PPA LOI (데이터센터) Diamondback Energy 50MW PPA LOI (세일오일 생산용) 	데이터센터 PPA <ul style="list-style-type: none"> Utility/공급량: Constellation/1,121MW 협력방식: 20y PPA('27~), \$70/MWh^(e) PJT 특징: Illinois Clinton(1,138MW) 연장
	<p>※ Larry Ellison (Oracle 설립자/CEO)</p> <ul style="list-style-type: none"> - 데이터센터용 SMR 3모듈(1GW) 건설 계획 언급 (24.10) 	

그림 1 | Big Tech 기업들의 대형원전/SMR 관련 계약 현황

기업 등에 전력을 공급하기 위한 FOAK(First-of-a-Kind) 프로젝트를 잇달아 개발해 왔다.

거기에 더해 2024년 이후 AI·데이터센터 전력 공급 테마가 폭발적으로 등장하면서 Big Tech 를 중심으로 자가발전·PPA(전력구매계약)용 SMR 프로젝트 투자가 확대되고 있다.

한국은 2009년 UAE 원전 수출, 2011년 SMART 표준설계인가, 2015년 한미원자력협정 개정을 거치며 ‘원전 선진국’ 지위를 확보했다고 평가받았으나, 이후 일련의 정책 변동성을 거치면서 2020년대에는 국가중심 개발 및 수출주도 전략만으로는 세계 원전시장을 주도하기 힘들다는 의견이 힘을 얻고 있다. 이와 동시에, 국내 민간 대기업들이 글로벌 SMR의 가능성을 높이 보고 사업 참여를 추진하고 있으며, 단순한 지분투자에 그치지 않고 SMR 주요 기자재 생산, 현지화 엔지니어링, 실증사업 공동 추진 등 구체적인 사업성과로 이어지고 있다.

이에 정부와 산업계 모두에서 SMR의 시대에는 공기업 중심 패러다임에서 벗어나 민간이 개발을 주도하고 정부는 제도적 마중물을 제공하는 구조로 신속하게 전환해야 한다는 논리가 힘을 얻고 있다. 본 기고문은 아래와 같은 세 가지 문제의식에 기반하여, 이를 해결하기 위한 제언으로 ①민간 SMR 발전사업자 진입을 위한 제도개선, ②민간의 SMR 부지확보 및 타당

성 조사 선제 지원, ③전력 거래제도 정비를 제안한다.

- 발전사업허가는 사실상 공기업 독점으로 민간 진입 장벽으로 작용
- 정부주도 신규 부지 확보 논의는 정치·주민 수용성 이슈로 지연 위험
- SMR 전력 판매·PPA·무탄소 인증 제도가 정비되지 않아 수익성 불확실성 증대

민간 SMR 발전사업자 진입을 위한 제도개선

최근 정부와 공기업은 SMR 사업에 민간 참여 방안을 다양한 각도로 논의하고자 하는 움직임을 보이고 있으나, 실질적인 논의는 다양한 R&D 사업에의 참여에 한정되어 있다. 정작 ‘민간이 SMR을 개발·소유·운영할 수 있는가’라는 질문에는 ‘i-SMR 홀딩스에 투자하고, 나머지 방안은 나중에 생각하자’라는 답변만 제공되고 있다. 이는 민간기업의 능동적 사업개발이라는 니즈와는 거리가 있으며, 현재 체계로는 사업주 구성, 사업일정 결정, 부지 확보 등 핵심 의사결정 프로세스에서 민간의 역할이 제한적일 수밖에 없는 상황이다.

민간도 주도적으로 SMR 발전사업자 진입을 위한 의사결정을 내릴 수 없는 상황이다. 현행 전기사업법은 원자력발전 사업자 범위를 명시

적으로 제한하지 않지만, 실질적으로는 한국수력원자력만이 허가를 받아왔다. 발전사업허가 기준도 원자력발전의 특수성은 고려하고 있지 않아 실질적인 허가권은 정부의 재량에 달려 있는 상황이다.

이렇듯 정부와 민간 모두 선제적으로 해결책을 제시할 수 없는 상황에서, 최근 국회에서 논의 중인 'SMR 특별법'은 민간 참여 활성화를 위한 법적 근거를 제공할 것으로 기대된다. 대표적인 조문으로 ▲SMR 시스템 개발 역량을 보유한 민간기업 육성 ▲SMR 실증을 위한 부지와 비용 지원 ▲행정·기술·재정적 지원 등이 포함되어 있다. 만약 여야 간의 합의로 해당 법이 제정되고 하위법에 대한 논의가 시작된다면, 아래 사항들을 우선 고려할 필요가 있다.

1. 핵연료주기 단계별 보증·보험·적립금 체계 구축 및 책임소재 명확화

민간이 SMR 사업에 진입할 때 가장 큰 리스크 중 하나는 핵연료주기 전 과정에서 발생할 수 있는 재정적·법적 책임의 불확실성이다. 이를 해소하기 위해서는 우선 원자력손해배상, 사용후핵연료 관리, 해체 등 단계별로 구분된 보증·보험·적립금 체계를 설계해야 한다. 사업 개발, 건설, 운영 단계별로 책임 소재와 보험·적립금의 규모, 지급 방식, 사고 발생 시 보상 절

차 등을 명확히 규정하면 민간 사업자의 예측 가능성이 높아지고, 금융기관의 투자유치도 용이해진다.

특히, 원자력손해배상법 등 기존 법제의 무한 책임 원칙은 유지하되, 실질적 리스크 관리를 위해 정부·공기업·민간이 공동으로 참여하는 '공동보험풀' 또는 '단계별 연대보증' 체계를 도입할 필요가 있다. 예를 들어, 초기 사업자는 일정 수준의 자기부담금을 납부하고, 대형 사고나 사용후핵연료 장기 관리 등 예외적 상황에는 정부가 최종 보증자로 참여하는 구조가 현실적이다. 이를 통해 민간의 부담을 합리적으로 분산시키고, 사업 지속성에 대한 신뢰를 높일 수 있다.

2. 인허가 기간 명확화

민간 SMR 사업의 성공적 진입을 위해서는 인허가 과정의 불확실성을 최소화하고, 전체 일정에 대한 예측성을 확보하는 것이 필수적이다. 현행 인허가 제도는 심사 기간이 명확하지 않거나, 심사 과정에서 추가 자료 요구 및 반복적 보완이 빈번해 사업자 입장에서 리스크로 작용 한다. 이에 따라, 미국 NRC의 사전인허가검토(Pre-Application Review) 제도를 벤치마킹하여 원자력안전위원회와 민간사업자 간 사전협의 채널을 제도화하고, 현재 유명무실화된 건설

허가와 운영허가 심사기간(24개월)에 질의답변 기간을 포함시키는 방안을 제안한다. 하나의 예시로, 다음과 같은 절차를 제안할 수 있다.

- **사전인허가** - 인허가 이슈 사전 식별, 심사 방식 사전 합의
- **사전준비단계 (약 6개월, Docketing 이전)** - 사전인허가를 바탕으로 한 설계 적정성 사전검토, 부지 적합성 예비평가 등 수행
- **본격심사단계 (18개월)** - NRC 사례를 참고하여, 질의응답 간소화 및 교조적이지 않은 심사 추진

3. 금융·세제 인센티브 및 투자유치 지원

현재 SMR 발전사업은 대규모 초기 투자비가 필수적이며, 기술적 불확실성, 인허가 리스크, 장기 수익구조의 불투명성 등으로 인해 기업금융 및 프로젝트 파이낸싱(PF) 추진을 위한 투자 결정이 쉽지 않다. 이 때문에 정부의 정책금융, 신용보강, 세제 인센티브 등 공공부문의 지원이 병행되어야만 민간의 자금조달 부담을 완화하고, 사업 추진의 실효성을 높일 수 있다.

이러한 지원책에 대해 특혜 논란이 제기될 수 있으나, 에너지 산업 내 다른 신재생에너지 분야와의 형평성을 고려하면 충분히 정당화될 수 있다. SMR 역시 신재생에너지와 동등한 수준의 정책적 지원을 적용함으로써, 민간의 혁신

역량과 자본을 SMR 사업에 효과적으로 유입시키고, 에너지 전환과 산업 생태계 다변화라는 국가적 목표 달성을 기여할 수 있다. 그동안 제도화된 발전차액지원제도(FIT), REC(신재생에너지공급인증서) 거래, 정책금융 지원, 투자세액공제, 부가가치세 환급, 감가상각 특례 등 다양한 금융·세제 인센티브를 참고할 수 있다.

민간의 SMR 부지확보 및 타당성 조사 선제 지원

미국과 캐나다 등 선진국의 SMR(소형모듈원전) 프로젝트는 노형 확정에 앞서 ‘부지 선점→허가 병행’ 전략을 통해 사업기간을 4~5년 이상 단축하는 성과를 거두고 있다. 예를 들어, 캐나다 온타리오주와 사스캐처원주는 유망 후보지에 대해 조기 선정을 마치고, 환경·지질·송전 등 기초 인프라 조사를 선제적으로 진행한 뒤, 노형 선정 및 인허가 심사를 병행하는 방식으로 프로젝트의 불확실성을 최소화하고 있다. 이 과정에서 공공기관과 민간기업, 지역사회가 함께 참여하여 부지 확보와 사업 타당성 검토를 신속하게 추진하는 것이 특징이다.

반면, 한국은 여전히 대형원전 중심의 부지 선정 절차와 동일한 접근법을 SMR에도 적용하고 있다. 현재 신규 원전 부지 선정은 지자체

자율유치 공모방식으로 이루어지고 있으나, 부지 언급 자체가 정치적 부담으로 작용해 실질적 진전이 더디다. 공기업은 후보 부지를 보유하고도 선제적 움직임에 한계가 있고, 민간기업은 정부 정책과의 정합성 우려로 독자적 부지 확보에 소극적일 수밖에 없다. 또한, 대형원전과 동일한 방사선비상계획구역(EPZ) 기준이 적용되어 SMR의 소형·분산화 장점이 반영되지 못하고, 다양한 수요처에 맞춘 부지 확보 전략도 부재한 상황이다.

이러한 한계를 극복하기 위해서는 다양한 자체와 민간 개발사가 공동으로 부지 확보를 신청하고, 정부가 환경·지질·송전 적합성 등 1차 스크리닝을 신속히 수행하고, 적합 부지를 후보부지로 지정하는 사업개발 활동이 동시에 별도로 수행되어야 한다. 이런 형태의 자발적인 부지 선정 작업을 통해 정부의 정치적 부담을 분산시키고, 민간이 주도적으로 사업개발에 나설 수 있는 제도적 기반을 마련할 수 있다.

특히, 민간 주도의 SMR 사업은 공공과 달리 지역의 특성과 수요에 맞춘 맞춤형 지원 방안을 자유롭게 수립하고 활용할 수 있다는 점에서 큰 강점을 가진다. 예를 들어, 지역 산업단지의 열·전력 수요, 데이터센터의 안정적 전력 공급, 지역주민의 복지 증진 등 각 지역의 니즈

를 반영한 다양한 사업모델과 지원 패키지를 민간이 자율적으로 설계하고 실행할 수 있다. 이는 중앙정부 주도의 일률적 지원방식과 달리, 지역사회와의 긴밀한 소통과 협력을 통해 실질적인 수용성과 사업 성공 가능성을 높이는 데 기여한다.

아울러, 타당성 조사 비용에 대한 매칭펀드 지원도 중요하다. 다양한 해외 사례와 유사한 방식으로, 예비 타당성조사(FS), 사업모델·금융·지역기여도 분석 등 사업개발 초기 단계에서 발생하는 비용의 50%를 정부가 지원함으로써 민간의 선제적 투자 리스크를 완화할 수 있다. 이와 함께, SMR 전력요금 인하, 산업단지 열공급, 지방세 감면 등 주민수익공유와 지역 특례 제도를 패키지로 입법화하여, 지역사회의 수용성과 참여를 높이는 것이 필요하다.

이러한 선제적 지원체계가 갖추어지면, FOAK(First-of-a-Kind) 프로젝트의 리스크가 분산되고, 사업자-고객-금융기관 간 조기 컨소시엄 형성이 가능해진다. 또한, 국가산단·데이터센터 클러스터 등 다양한 수요처를 중심으로 5~6개 이상의 SMR 프로젝트 파이프라인을 동시에 확보할 수 있어, 국내 SMR 산업 생태계의 조기 활성화와 글로벌 경쟁력 제고에 크게 기여할 것으로 기대된다.

SMR 전력 거래제도 정비

현행 전력시장 구조는 대형기저발전과 계통 한계가격(SMP) 중심으로 설계되어 있어, SMR의 분산·유연·복합 활용 가능성을 제대로 반영하지 못하고 있다. 기존 시장에서는 대형 원전, 석탄 등 기저발전이 중심이 되어 변동비 기반 정산이 이뤄지지만, SMR은 자가발전, 장기 PPA(전력구매계약), 산업단지·데이터센터 등 특정 수요처와의 맞춤형 공급 등 다양한 사업 모델에 적합하다. 따라서 SMR의 경제성과 시장 진입을 촉진하기 위해서는 자가발전 및 PPA 등 새로운 전력거래 방식을 적극적으로 활성화 할 필요가 있다.

특히, 최근 글로벌 빅테크 기업과 산업계는 장기 무탄소 전력공급을 확보하기 위해 자가발전, 온사이트·오프사이트 PPA 등 다양한 방식으로 SMR 전력 도입을 추진하고 있다. 국내에서도 산업단지, 데이터센터, 수소생산 등 대규모 전력수요처가 늘어나고 있는 만큼, SMR 전력의 직접거래(PPA) 및 자가발전 혜용을 제도적으로 확립해야 한다. 이를 위해 구역전기사업, 분산에너지 특화지역 등 현행 제도 내 특례를 확대하고, SMP 중심의 정산체계를 보완하는 별도의 장기계약·프리미엄 정산 모델을 도입하는 것이 바람직하다.

또한, 무탄소 에너지 인증체계의 부재는 SMR의 시장경쟁력을 약화시키는 주요 요인이다. 현재 RE100, CFE(Carbon Free Energy) 등 글로벌 무탄소 전력 인증 기준이 확산되고 있으나, 국내에서는 원자력 기반 전력에 대한 공식적 무탄소 인증제도가 마련되어 있지 않다. 이로 인해 SMR 전력을 활용하는 기업은 탄소중립 실적을 국제적으로 인정받기 어려운 실정이다. 따라서, 한국형 CFE 인증체계를 조속히 구축하여 SMR 전력이 무탄소 에너지로서 공식 인증받고, 관련 기업들이 글로벌 시장에서 경쟁력을 가질 수 있도록 해야 한다.

한국형 CFE 인증체계는 일본의 Non-FIT 비화석증명서(Non-FIT Non-Fossil Certificate) 제도 등 해외 사례를 참고하여, 재생에너지뿐만 아니라 SMR 등 원자력 기반 무탄소 전력에도 인증서를 발급하는 방식으로 설계할 수 있다. 실시간 전력추적 시스템, 블록체인 기반 이력 관리 등 첨단 기술을 활용해 24/7 무탄소 전력공급 실적을 투명하게 검증할 수 있도록 하고, 인증서를 활용한 프리미엄 전력거래·수출 제품 탄소경쟁력 강화 등 다양한 부가가치 창출 방안을 마련해야 한다.

이러한 제도개선이 이뤄지면, SMR 발전사업자는 전력·열·수소 등 복합에너지 공급을 통해 다양한 수요처와 장기계약을 체결하고, 무탄소

인증을 바탕으로 프리미엄 시장을 개척할 수 있다. 궁극적으로 SMR 중심의 새로운 전력거래 생태계가 구축되어, 국내 에너지산업의 혁신과 탄소중립, 산업 경쟁력 강화에 크게 기여할 것으로 기대된다.

결론

세계 SMR 시장은 더 이상 ‘기술 실현가능성’ 논쟁이 아니라 자본과 제도 선점 경쟁 단계로 진입했다. 미국의 ARDP와 빅테크의 PPA, 캐나다 Darlington 실증 노선을 보면, 정부가 길을 열고 민간이 속도를 내는 구조가 공통분모

다. 한국도 공기업 단일 주체 모델을 유지할 경우 시장 창출의 창을 놓칠 위험이 크다. 따라서, 민간 발전사업허가 법제화를 통해 투자 책임-수익 구조를 명확히 하고, 부지 확보·타당성 조사 지원으로 프로젝트 파이프라인을 조기 형성 하며, 전력 거래·무탄소 인증 제도를 개선해 수요 측 투자적합성을 확보해야 한다. 이를 통해 2030년대 중반 국내 첫 SMR을 가동하고, 수많은 후속 프로젝트를 이어나갈 수 있을 것이다. 지금은 ‘골든타임’이다. 원자력 강국 한국이 민간의 혁신 역량과 정부의 전략적 가이드라인을 결합해 글로벌 SMR 주도권을 선점하기를 기대한다. **KAIF**

차세대 원자력을 활용한 조선해양 산업



김종원

삼성중공업 그룹장

• 서울대학교 원자핵공학 학·석·박사

• MIT Dept. Nuclear Eng. Post Doctor Associate

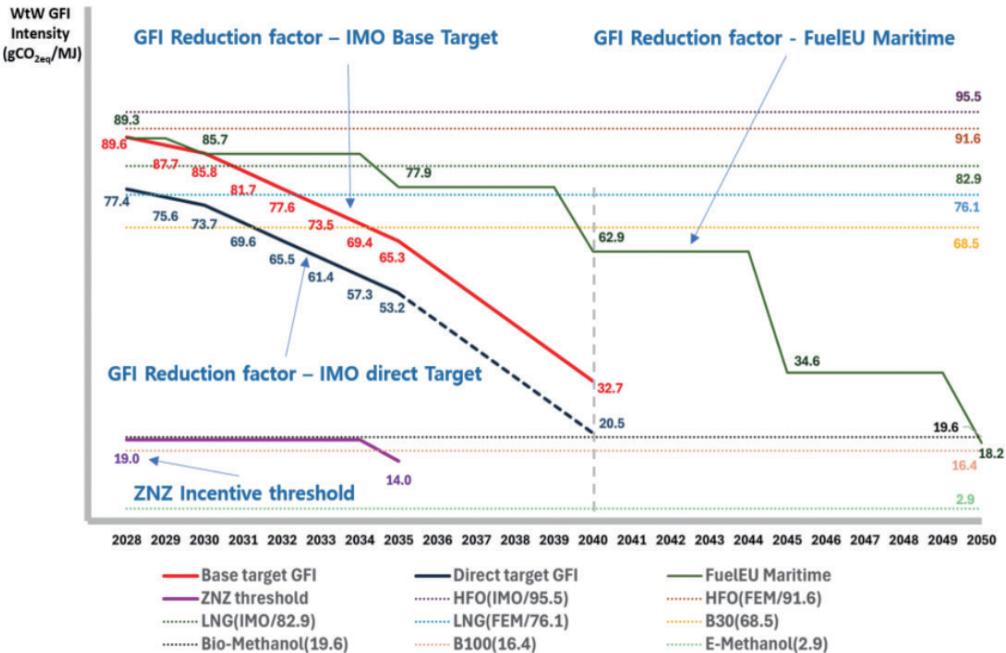
강화되고 있는 해상운송에 대한 온실가스 배출 규제

2021년 6월, IMO(국제해사기구)는 선박 운항 및 인도에 대해 강제성을 갖는 온실가스 감축 규제를 발표하였다. 해당 규제는 2008년 대비 이산화탄소 배출량을 2030년까지 40%, 2050년까지 70% 감축하자는 내용을 담고 있다. 이후 2023년 7월, IMO 산하 위원회인 MEPC(해양환경보호위원회, Marine Environment Protection Committee)의 제80차 회의에서는 온실가스 배출 감축 목표를 상향 조정하는 한편, LCA(전 주기 평가, Life Cycle Assessment) 개념을 도입하자는 의견이 제출되었다. 기존에는 연료 사용 시점(Tank to Wake)에서의 온실가스 배출량만 고려

했으나, 이제는 연료 생성부터 사용하는 전 과정, 즉 Well to Tank와 Tank to Wake를 모두 포함한 Well to Wake 기준을 적용하자는 방향으로 논의가 전개되었다. 이러한 변화로 인해, 친환경 연료 중에서도 고밀도 및 장기 전력 공급이 가능하여 텔탄소화의 중요한 촉진제 역할을 할 수 있는 원자력에 대한 관심이 증가하고 있다.¹¹

한편, 지난 4월 개최된 IMO MEPC 제83차 회의에서는 국제 해운의 온실가스 배출 저감을 위한 중기 조치(Mid-term Measures) 이행에 관한 개정안이 승인되었다. 주요 쟁점은 그림 1에서 볼 수 있듯, GFI(온실가스 연료 집약도, GHG Fuel Intensity)가 높은 연료를 사용하는 선박(Direct Compliance Target)을 충족하지 못하는 Tier 1

11) 「원자력산업」 2023년 11월호 원자력의 조선해양 적용에서의 주요 이슈

그림 1 | IMO 중기조치에 따른 연간 탄소배출 감축 목표²⁾

및 Tier 2 선박)에 대해 정량적인 페널티를 부과하는 방안이 언급되었다는 점이다. Tier 1에 해당하는 선박은 직접 목표(Direct Compliance Target)를 초과한 배출량을 상쇄하기 위해, 보충 유닛(Remedial Units)을 톤당 100달러(USD)에 구매해야 한다. 반면, 기본 목표(Base Target)를 충족하지 못하는 Tier 2 선박의 경우에는 Tier 1 수준의 보충 유닛 구매 비용 외에도, 온실가스 배출량이 낮은 연료를 사용하는 선박으로부터 초과 유닛(Surplus Units, 시장가격)을 구매하거나, 보충 유닛을 톤당 380달러에 추가로 구매하여 초과 배출량을 상쇄해야 한다.

현재 친환경 연료로 널리 사용되고 있는 LNG(액화천연가스)의 경우, GFI가 76~79 gCO₂eq/MJ 수준이므로, 2029년 이후에는 Tier 1에 해당하며, 2030년대 중반부터는 Tier 2에 포함되어 추가적인 페널티를 부담하게 될 것으로 예상된다. 이외에도 ZNZ(Zero or Near-Zero)에 해당하는, 기준(2034년까지 19.0 gCO₂eq/MJ, 이후부터 14.0 gCO₂eq/MJ) 이하의 온실가스 배출량을 가진 연료 및 기술을 사용하는 선박은 선박 건조 초기 비용과 대체 연료 구매에 대해 인센티브를 제공받아, 기존 연료와의 가격 차이를 일정 부분 보상받게 되며, 이러한 정량적 보상의 범위는 2027년

2) KR(한국선급) Technical Report : IMO GHG Reduction Measures (2025.4)

에 결정될 예정이다. ZNZ의 대표적인 예시에 아직 원자력 추진 기술이 공식적으로 언급되지는 않았으나, 이에 대한 진지한 논의가 시작된다면 충분한 인센티브를 확보하여 다른 연료 대비 경제성 측면에서 우위를 점할 수 있을 것으로 기대된다.

차세대 원자력의 조선해양 활용

이미 러시아를 중심으로 민간 원자력 추진 쇄빙

선과 부유식 해양 원전(Akademik Lomonosov, Project 22220)이 상업적으로 운영되고 있으며, 경수로 기반의 겸용된 원자력 기술이 조선해양 분야에서도 실현 가능하다는 점을 입증한 바 있다. 그러나 경수로는 운전 특성상 일정 주기마다 핵연료 재장전 및 사용후핵연료 처리가 필요하며, 이는 민간 사업자 입장에서 큰 부담으로 작용할 수 밖에 없다. 이에 따라 차세대 원자력 기술을 대표하는 제4세대 원자로의 적용 가능성이 주목받고

Reactor Type	Fixed land/ coast	Fixed offshore, independent only	Fixed offshore w/ onshore grid coupling	Self-propelled vessel, local	Self-propelled vessel, international
Light Water Reactor (LWR)	Already exists on land	Low temperature limits efficiencies for synthetic fuel production	Will need heat augmentation	Already exists for Naval/ Government applications	Already exists for Naval/Government applications
Sodium Fast Reactor (SFR)	Under development	Sodium-water interactions	Sodium-water interactions	Sodium-water interactions	Sodium-water interactions
Lead Fast Reactor (LFR)	Least mature technology in the West	High temperature, Lead (Pb) shielding	High temp, Lead (Pb) shielding	Least pursued technology	Least pursued technology
High-Temperature Gas Reactor (HTGR)	Under development	High temperature improves efficiencies for synthetic fuel production	High temperature improves efficiencies for synthetic fuel production	High efficiency but high pressure and low power density	High efficiency but high pressure and low power density
Fluoride High-Temperature Reactor (FHR)	Under development	High temperatures and thermal delivery	High temperatures and thermal delivery	High temperature and Low pressure	High temperature and Low pressure
Molten Salt Reactor (MSR)	Under development	High temperature and thermal delivery	High temperature and thermal delivery	High temperature and Low pressure	High temperature and Low pressure
Heat Pipe Reactor (HPR)	Under development	Limited output as single unit, potential to scale	Limited output as single unit, potential to scale	High temperature and Low pressure	High temperature and Low pressure

그림 2 | 원자로 각 노형 별 조선해양 적용성 평가^{3]}

3] INL, Configurations of Commercial Advanced Nuclear–Maritime Applications (2023.9)

있다. 최근 아이다호 국립연구소는 원자력 추진 선, 부유식 및 착저식 해양 원전 등의 비즈니스 모델을 기준으로 각 원자로 노형의 조선해양 적용 가능성을 평가하였으며, 그 결과 상압 및 고온 운전 조건이 해양 환경에 보다 유리하다고 분석하였다. 이에 따라 불화물냉각원자로(FHR, Fluoride High-temperature Reactor) 및 용융염원자로(MSR, Molten Salt Reactor)가 조선해양 분야에 적합한 원자로 노형으로 도출되었다.

이러한 국제적 흐름에 발맞추어, 한국원자력연

구원과 민간기업 컨소시엄(현대건설, 삼성중공업, HD한국조선해양, 센추리)은 2023년부터 「중대 사고 및 고준위폐기물로부터 자유로운 원자로 기술」 개발을 목표로 하는 해양용 용융염원자로 원천기술개발사업을 수행하고 있다. 특히 실제 수요자의 요구사항을 반영하여 원자로 출력, 핵연료 교체 주기 등 주요 설계 요건을 상위단에서 정의하고 있으며, 이를 바탕으로 선박해양플랜트연구소에서는 ‘SMR(소형모듈원자로) 추진 선박’ 및 ‘부유식 SMR 발전 플랫폼’의 핵심 기술 개발을 지난

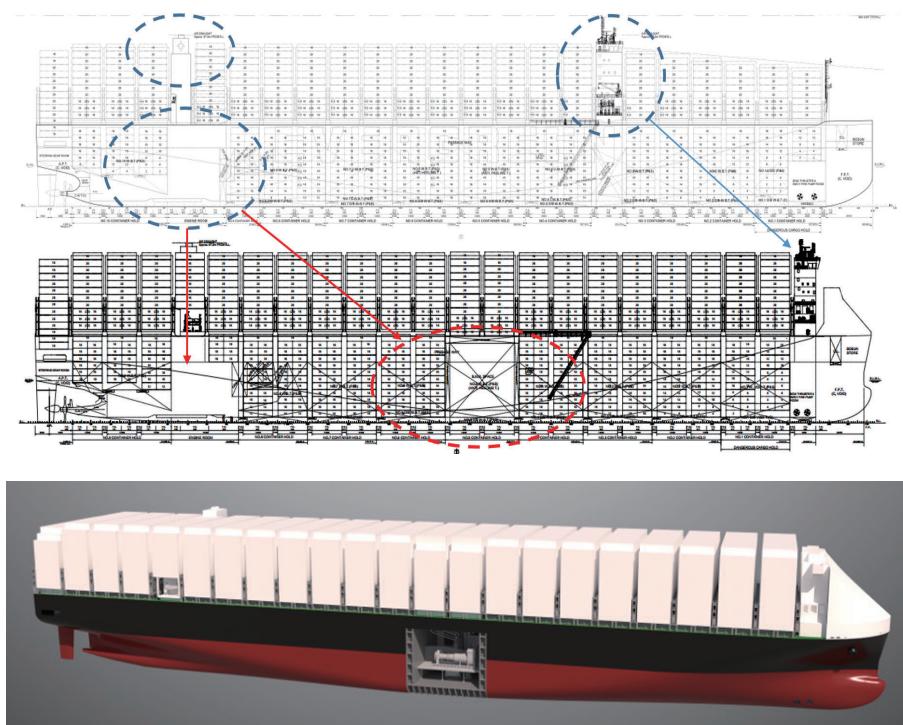


그림 3 | MSR 추진 15,000 TEU급 컨테이너선 모델⁴⁾

⁴⁾ J.W. Kim et al., Development of MSR-based Nuclear Propulsion Ship, G-NAOE 2024 (2024.11)

해부터 본격 착수하였다.

특히, 원자력 추진선 개발의 비즈니스 모델로는 15,000 TEU급 컨테이너선을 선정하였다. 이는 현재 기준으로 미주 및 유럽 항로를 모두 커버할 수 있는 최적 규모로 판단되었기 때문이다. 이를 바탕으로 현재 그림 3과 같은 개념 설계안을 도출하였으며, 거주 구역 배치, 원자로 계통 구성, 동력 변환 계통, 보조 및 비상 전원 체계 등 다양한 조합에 대한 민감도 평가를 통해 향후 원자력 추진선의 최적 설계 모델을 도출해 나갈 계획이다.

국제 기구의 해양 원자력 활동

최근 몇몇 SMR 개발 업체들이 해양 비즈니스 모델을 선보이고, 해외 주요 선급이 특정 원자로를 적용한 기술 평가 보고서를 발표하면서, 국제 기구에서도 관련 활동이 활발히 진행되고 있다. IAEA는 2023년 11월, 부유식 해양 원전을 주제로 한 심포지엄을 개최하고, 해양용 원자로 관련 기술 책자(Small Modular Reactors for Marine-based Nuclear Power Plant)를 발간하였다. 또한, 지난 5월에는 INPRO Dialogue Forum을 통해 부유식 해양 원전의 건설 및 원자력 추진선에 대한 기술·정책적 고려사항을 폭넓게 논의하였다. 특히, IAEA는 해양용 원자로를 이동형 원자로(TNPP, Transportable Nuclear Power Plant)

로 간주하여, 3S(Safety, Security, Safeguards) 측면에서의 규제 연구를 본격적으로 시작하려고 하며, 올 하반기에는 ATLAS(Atomic Technology Licensed for Applications at Sea) 프로젝트를 통해 IMO(국제해사기구) 및 해외 선급들과 함께 해양 원자력 시스템에 대한 규제 프레임워크 개발에 착수할 예정이다.

이와 함께 IMO MSC(해사안전위원회, Maritime Safety Committee) 제 110차 회의에서는 원자력 추진선에 대한 국제 규제 개발이 본격적인 논의 의제로 다뤄졌다. 특히, 기존의 안전 규정이 주로 경수로 기반 군용 또는 시험용 선박에 한정되어 있다는 점에서, 차세대 원자력 기술을 적용한 민간 상용 선박에 적용 가능한 새로운 규제 프레임워크의 필요성이 강조되었다. 이에 따라 IMO는 IAEA, IACS(국제선급협회, International Association of Classification Societies) 등과 협력하여, 원자력 추진선의 안전성, 보안, 방사선 보호, 사고 대응 기준을 종합적으로 포함하는 기초 가이드라인 및 규제 체계 수립에 착수할 계획이다. 이러한 국제 기구의 상호 협력 논의는 현재 세계적으로 확대되고 있는 조선해양 분야 원자력 활용 움직임과 맞물려, 향후 원자력 추진선과 부유식 해양 원전의 상용화 및 국제 운항 허가를 위한 제도적 기반 마련의 출발점으로 평가받을 수 있을 것으로 보인다.

맺음말

그림 4는 2024년에 발간된 미국선급(ABS, American Bureau of Shipping)의 보고서에 포함된 조선해양-원자력 가치사슬(Value Chain)을 보여준다^{5]}. 일반적으로 생각할 수 있는 원자력 추진 선과 부유식 해양 원전뿐만 아니라, 최근 이슈가 되고 있는 E-fuel(Electrofuel, 전기연료) 생산 설비, 항구 인프라 전력 공급 설비 등으로의 확대가 눈에 띈다. 이외에도 설계·건조, 연료 공급, 운용·정비, 해

체 및 폐기 등 다양한 산업 영역에서 원자력 기술이 해양 분야와 접점을 가질 수 있음을 시사하며, 이를 통해 원자력을 활용한 조선해양 활동이 단순한 추진체계 도입을 넘어, 전 생애주기에 걸친 새로운 산업 생태계 형성 가능성으로 확대되고 있음을 확인할 수 있다. 이렇게 원자력을 활용한 조선해양 제품의 수요가 서서히 인식되고 있는 만큼 이를 위한 맞춤형 기술 개발을 산·학·연·관이 함께 대응한다면 차세대 원자력을 활용한 조선해양 산업의 패권을 우리가 가지고 올 수 있다고 생각한다. KAIF

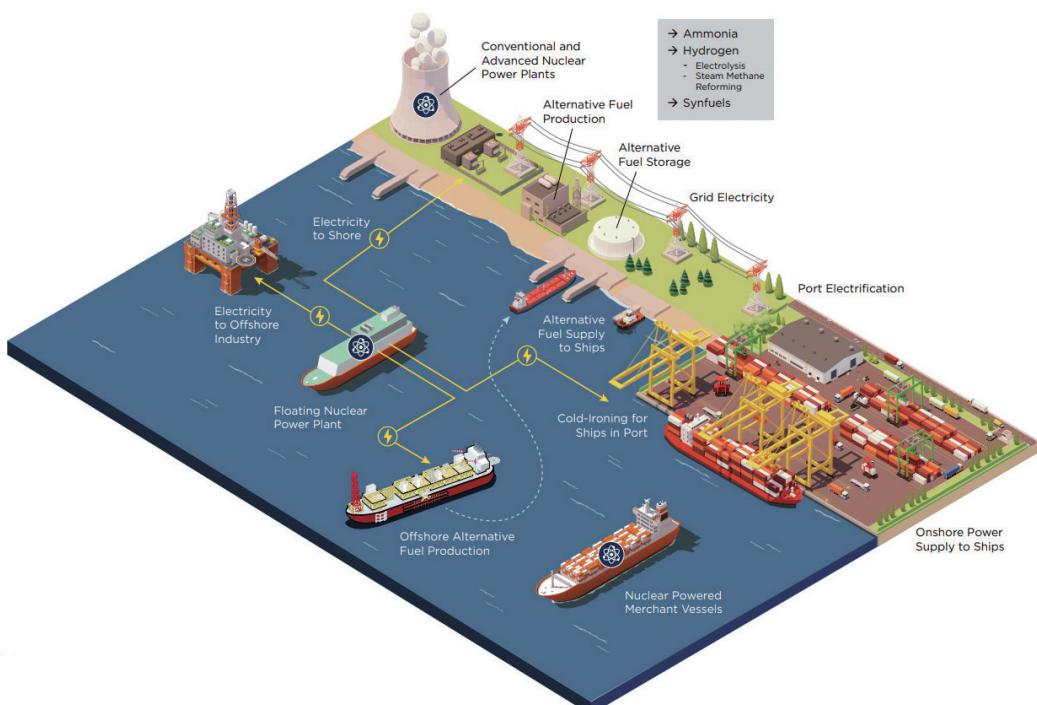


그림 4 | 조선해양-원자력 가치사슬(Value Chain)

^{5]} ABS Beyond the Horizon, CARBON NEUTRAL FUEL PATHWAYS and TRANSFORMATIONAL TECHNOLOGIES (2024,9)

전력계통 보조전원 기술 검증 및 표준화



김종훈
충남대학교 교수

- 서울대학교 전기컴퓨터공학부 공학박사
- 충남대학교 전기전자전파 공학사
- 한국과학기술원 친환경스마트자동차연구센터
겸직교수
- 조선대학교 전기공학과 조교수
- 삼성SDI ES사업부 책임연구원

연구 배경 및 필요성

원자력 발전소의 전력계통 보조전원은 안전 계통 및 모니터링 시스템을 운영하는 데 필수적인 요소이다. 보조전원은 원전 내 전력을 공급하며, 비상시에도 전력 차단 없이 장비들이 정상 작동할 수 있도록 보장한다. 혁신형 소형 모듈 원자로(Iinnovation-Small Modular Reactor, i-SMR)는 기존 대형 원전과 자연력(중력, 자연대류, 압력 차 등) 기반의 피동 안전 계통 중심(Passive Safety System, PSS)으로 운영된다. 이를 통해 외부 전원이나 운전원 개입 없이 사고 시 열 제거가 가능하며, 보조 전원 전력계통에 대한 기능적 의존도가 크게 감소되었다. 이러한 변화는 보조전원 설계 자유도를 확대시키며, 안전등급(Class 1E)이 아닌 비안전등급(Non-Class 1E)으로 적용 가

능하며, 전원 계통의 단순화 및 유지관리 효율화가 가능해졌다. 이러한 구조적 전환은 개방형 납축전지(Vented Lead-Acid, VLA) 배터리 대신 무보수 밀폐형 납축전지(Valve-Regulated Lead-Acid, VRLA) 배터리의 도입 가능성을 높이고 있다. VRLA 배터리는 밀폐형 구조로, 설치 유연성, 유지관리 간소화 등의 장점을 지니며, i-SMR의 무인 운전 및 고온 환경에 적합한 배터리 솔루션으로 평가받고 있다. 하지만, 실제 적용을 위해서는 내열성, 내진성, 열화 특성 등에 대한 기술적 검증이 필요하며, 기존 Class 1E 기준과의 차이를 보완할 수 있는 시험·운용 기반 정립이 요구된다.

납축전지 기술 비교

납축전지는 원자력 발전소를 포함한 다양한 산

업 분야에서 폭넓게 사용되는 대표적인 이차전지로, 구조와 운용 방식에 따라 VLA와 VRLA 배터리 두 가지 주요 형태로 분류된다. 본 장에서는 이 두 기술의 구조적 특징과 장단점을 비교하여, i-SMR과 같은 특수 운용 환경에서의 적용 적합성을 검토한다.

1) VLA(Vented Lead-Acid) 배터리

VLA는 액체 전해질을 사용하는 개방형 구조로, 충전 시 발생하는 수소와 산소 가스를 외부로 배출하기 위한 통풍구가 설계되어 있다. 이 통풍 구조는 전해액 증발에 따른 내부 압력 상승을 제어하고, 배터리의 안전성을 유지하는 데 중요한 역할을 한다. 높은 충전 전류 허용과 우수한 열 분산

능력으로 인해 과부하 조건에서도 안정적인 작동이 가능하다. 그러나 전해질의 경우 황산과 물이 혼합된 액체 상태로 존재하며 증발 및 전기분해 현상으로 인해 주기적인 증류수 보충이 필요하다. 이에 따라 정기적인 유지보수 및 관리가 필수적이며 전해질이 흐르는 구조이므로 수직 설치만 가능하고 기울이거나 눕힐 경우, 전해질 누출 위험이 존재한다.

2) VRLA(Valve-Regulated Lead-Acid) 배터리

VRLA 배터리는 밀폐형 구조로 설계되어, 내부 압력 조절 밸브를 통해 가스를 외부로 거의 배출하지 않고 내부에서 수소와 산소를 물로 재결합시켜 수분 손실을 최소화한다. 이로 인해 정기적



그림 1 | VLA 및 VRLA 구조

인 전해액 보충이 불필요하며, 유지보수가 적다는 장점을 갖는다. 전해질은 두 가지 방식으로 존재하는데 AGM(Absorbent Glass Mat) 타입은 유리 섬유 매트에 전해질이 흡수된 구조이며, GEL 타입은 실리카가 혼합된 젤 형태로 구성되어 있다. 두 형태 모두 전해질 누출 위험이 없고 수평 설치가 가능하며, 밀폐 공간이나 무인 설비, 데이터센터 등 접근이 어려운 장소에 적합하다. 다만, 고온 환경에서는 성능 저하가 발생할 수 있으므로 냉각 시스템이나 온도 모니터링 체계가 필요하다.

VRLA 적용 사례

1) 미국 C&D Technologies社 msEndur ATP 시험
미국 C&D Technologies는 원전 환경에서

VRLA 배터리의 실효성과 신뢰성을 검증하기 위해 msEndur ATP 시험을 수행하였다. 본 시험은 비안전등급(Non-Class 1E) 전원 계통을 대상으로 했지만, 고온 및 내진 환경에서의 기능적 적합성을 검증한 대표 사례다. 시험 항목은 다음과 같다.

- ① 고온 가속 열화 시험: 71°C(160°F)에서 49일 간의 열화 시험을 수행하였으며, 시험 이후에도 용량 저하 없이 정상 상태 유지됨을 확인하였다.
- ② 방전 성능 시험: 8시간 및 24시간 방전 조건 (43A, 종료전압 1.75V/cell)을 통해 장기 운용 시 용량 안정성을 확인하였다.
- ③ 내진 시험: 3축 방향(x, y, z)의 진동을 적용하



그림 2 | C&D Technologies의 msEndur ATP 시험 구성 사진

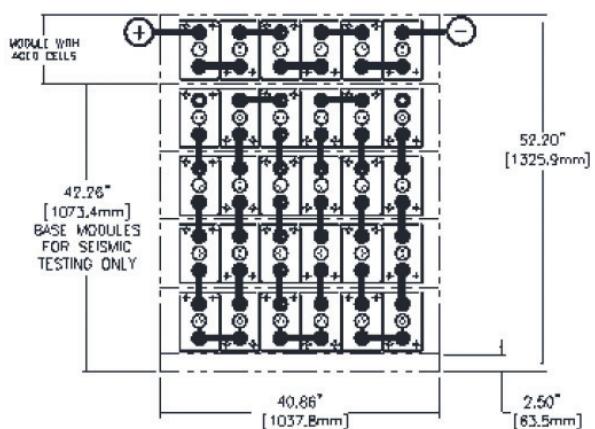


그림 3 | C&D Technologies의 msEndur ATP 시험의 배터리팩 설계도

는 tri-axial 진동 시험을 통해 5회 OBE(운전 기반지진), 1회 SSE(안전정지지진) 조건에서 기능 이상 없이 정상 작동함을 확인하였다.

해당 시험은 IEEE 535(기능 및 성능 평가 기준), IEEE 1188(유지보수 및 시험 절차) 및 IEEE 323 / IEEE 344(환경 및 내진 시험 기준) 기준을 충족하였고 이 결과를 통해 SMR 전력계통 내 VRLA 적용의 기술적 근거로 활용될 수 있다.

2) 미국 NuScale SMR 내 VRLA 적용 사례

NuScale Power는 미국의 i-SMR 개발 프로젝트로, PSS 중심의 설계를 채택하고 있다. 해당 시스템 내 직류전원 계통에 VRLA 배터리를 적용하였으며, 미국 원자력규제위원회(NRC)로부터 조건부 승인을 받았다. NRC의 검토 항목 (ML16340D339)에 따르면, 다음 사항에 대한 기술 검토가 수행되었다:

- ① 고온 환경 노출 및 방전 주기 증가에 따른 열화 영향 분석
- ② 과충전 조건 및 정상 운전/사고 조건에서의 기능 유지 여부

NuScale은 다음과 같은 기준에 기반한 설계 및 검토 체계를 수립하였다:

IEEE 1187/1188 : 유지관리 절차 수립
IEEE 1491 : 모니터링 체계 적용
IEEE 323, 344 : 기준 기반의 환경/내진 시험 수행

해당 VRLA 계통은 Non-Class 1E으로 분류되며, RTNSS(Regulatory Treatment of Non-Safety Systems) 체계 하에서 관리된다. 이 사례는 국내 i-SMR의 비안전계통 전력설계 시 규제 대응 및 기술기준 설정의 선행 사례로 참고 가능하다.

기술 검증 및 모니터링 체계 필요성

i-SMR의 전력계통에 적용이 검토되고 있는 VRLA 배터리는 밀폐형 구조로 설계되어 있어, 내부 상태에 대한 육안 점검이 불가능하다는 한계를 지닌다. 특히 음극 러그와 스트랩이 전해액에 잠겨있지 않은 구조적 특성으로 인해 부식 발생 가능성이 크며, 이러한 이상 징후는 기존의 단순한 육안 점검 방식만으로는 조기에 탐지하기 어렵다. 이러한 구조적 특성을 고려할 때, 장기간 무인 운전이 요구되는 i-SMR 운전 환경에서는 실시간 상태 감시가 가능한 다중 변수 기반의 모니터링 체계가 필수적으로 요구된다. 배터리의 내부 열화 상태는 셀 단위의 전압 편차, 내부 저항 증가, 부동 전압 변화 및 온도 상승 등 다양한 신호로 나타날

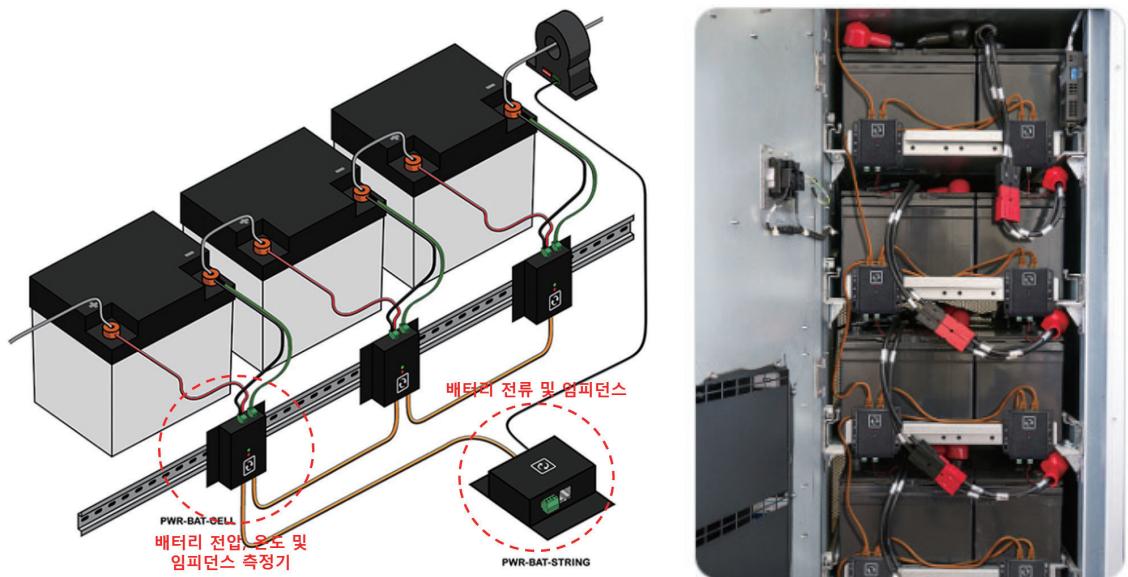


그림 4 | 납축전지 전압, 전류, 온도 및 임피던스 모니터링 시스템

수 있으므로, 단일 지표가 아닌 다변수 진단 체계가 요구된다.

IEEE 1491은 고정형 납축전지에 적용되는 모니터링 장치의 설계·운용 기준을 규정하고 있으며, 다음과 같은 조건을 충족해야 한다. 동일 환경 내 모니터링 장비 및 배터리를 운용해야하며 실내 설치 시 $4^{\circ}\text{C} \sim 50^{\circ}\text{C}$, 실외는 $-40^{\circ}\text{C} \sim 65^{\circ}\text{C}$ 범위에서의 작동을 보장해야 하며, 동작 습도 범위는 0%~85%이다.

IEEE 1188은 VRLA 배터리의 상태 진단 및 교체 판단 기준을 제시한다. 전압, 내부저항, 리플 전류, 온도 등의 지표를 통해 SOH가 85% 미만이거나 이전 대비 성능 10% 이상 저하시 교체 판단이

가능하며, 모니터링 시스템 도입 시 해당 데이터를 자동 수집·기록함으로써 운전원 점검 부담을 줄일 수 있다. 다만, 성능시험 등 실제 충/방전 기반 시험은 모니터링만으로 대체 불가하므로, 장비의 정확도 및 보정 체계가 병행되어야 한다.

IEEE 1635는 VRLA 운용 시 필요한 환기·냉방 설계 기준을 제시한다. 밀폐형 구조의 VRLA는 수소 발생 및 열 축적 위험이 있으므로, 설비 내부 공기 흐름 최적화(셀 간 온도차 3°C 이내 유지, 최소 간격 10mm 확보)와 온도 분산이 필요하다.

결론적으로, i-SMR 전력계통에 VRLA 배터리를 안정적으로 적용하기 위해서는 내부 열화 징후를 조기에 감지하고, 운전 환경 변화에 능동적으

로 대응할 수 있는 모니터링 및 열관리 체계가 병행되어야 하며, 이는 향후 인허가 대응의 기반 자료로 활용될 수 있다.

맺음말

i-SMR는 기존 대형 원전과는 다른 전력계통 구조와 PSS를 기반으로, 보조전원에 대한 Class 1E 요구 수준을 완화할 수 있는 기술적 전환점을 제시하고 있다. 이러한 변화는 기존 VLA 대신, 유지 보수 비용이 적은 VRLA 배터리의 적용 가능성을 뒷받침한다. VRLA 배터리는 밀폐형 구조로 인해 전해질 손실과 황산화 위험이 낮고, 설치 유연성과 공간 효율성이 뛰어나며, 장기 운용에 적합한 배터리로 평가된다. 그러나 고온 환경에 민감하고 내부 열화 징후를 육안으로 확인하기 어려운 구조적 특성상, 적용 시 다음과 같은 기술적 보완이 필수적이다. 첫째, IEEE 1187, 1188, 1491, 1635 등 국제 표준을 기반으로 VRLA 운용 및 모니터링 체계를 정립해야 한다. 특히 고온·고습·무인 운전 환경에서도 실시간 진단과 경고가 가능한 상태 감

시 시스템과 열관리 설계가 요구된다. 둘째, IEEE 535, 323, 344 등 Class 1E 적용 기준을 참고하여 고온 열화 시험, 내진 시험 등 기기검증 절차를 수행하고, 비안전급 VRLA에 적합한 해석 기준 또는 가이드라인을 수립할 필요가 있다. 셋째, C&D Technologies의 msEndur ATP 시험과 NuScale SMR의 조건부 승인 사례는 VRLA가 실제 원자력 설비에서도 고온, 내진 조건에서 기능적으로 활용 가능하다는 실증적 근거를 제공한다. 특히 이러한 사례는 향후 i-SMR의 인허가 대응 시 유의미한 기술 문서로 활용 가능하다. 마지막으로, 기대 수명에 대한 판단은 문헌 기반 이론 수명과 실증 기반 열화 수명 간의 차이를 명확히 구분하고, 이를 기반으로 설계 수명 및 교체 주기를 판단할 수 있는 체계적인 평가 시스템이 필요하다. 결론적으로, VRLA 배터리는 i-SMR 전력계통의 경량화, 무보수화, 공간 효율성 확보 측면에서 유망한 선택지이며, 관련 기능검증과 표준 정합성 확보를 병행할 경우 향후 실증 사업 및 표준설계 인허가 대응에서 전략적 가치가 클 것으로 기대된다. **KAIF**

지속가능성의 허망함



정범진

경희대학교 원자력공학과 교수

- 맨체스터대학교 원자력열수력 포스트닥터
- 서울대학교 원자력공학과 학석·박사
- 한국원자력학회 회장
- 한국연구재단 사외이사
- 산업통상자원부 전력정책심의위원, 에너지위원
- 한국연구재단 원자력단 단장
- 제주대학교 에너지공학과 부교수
- 과학기술부 원자력국 사무관

O리에겐 모르지만 안다고 여기는 것들이 있다. Maxim, Esquire, Outback, Tomahawk, Droptop, Starbucks. 이런 단어는 사실 뜻을 모르는 사람들이 많다. 그렇다고 찾아보지도 않는다. 녹색, 지속가능성, 친환경 이런 단어들도 마찬가지다. 그건 누구나 안다고 여기고 찾아보지 않는다. 녹색이라는 단어도 지금은 친환경을 대표하는 형용사로 사용되지만 그 단어를 최초로 사용한 것은 농업분야였다. ‘녹색혁명’은 비료건 농약이건 들판에 사용해서 수

화율 늘리는 것을 의미했으니 지금의 ‘녹색’과는 의미가 달랐다.

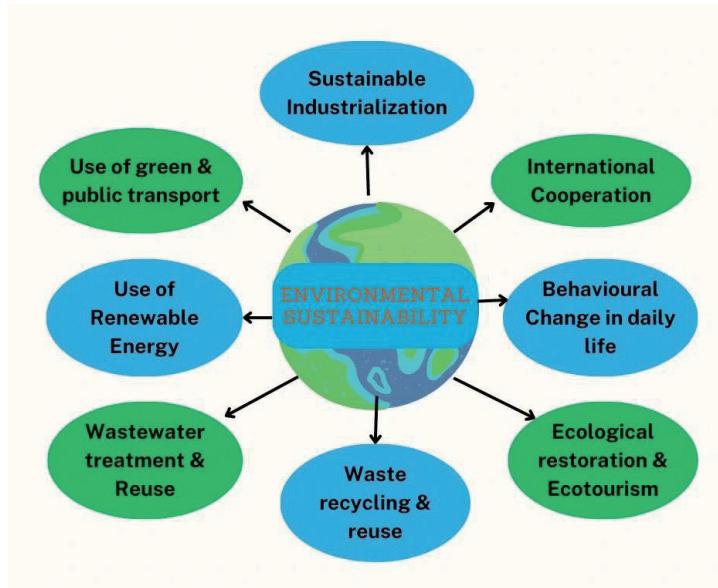
‘지속가능한 원자력’이라는 강의를 준비하면서 과연 지속가능성이 뭔지 찾아보았다. 이 단어 역시 누구나 아는 단어지만 누구도 찾아보지는 않은 단어일 것이다. 지속가능성은 ‘한 시스템이나 과정을 장기간 유지할 수 있는 능력’을 의미한다고 되어 있다. 또 현재 세대의 필요를 충족시키되 미래 세대의 필요도 충족시킬 수 있도록 해야 한다고도 되어 있다.

Sustainability

[sə-ˌstā-nə-ˈbi-lə-tē]

The ability to maintain or support a process continuously over time.

Investopedia



환경의 지속가능성을 위해서 지속가능한 산업, 재생에너지 사용, 녹색교통수단의 사용, 폐수처리 및 재활용, 폐기물 재활용, 환경복원 등을 제시하고 있다. 그런데 원자력은 포함되어 있지 않다. 지속가능성이라는 철학이 구체적인 실행방안으로 어떻게 전개되었는지는 확실하지 않다.

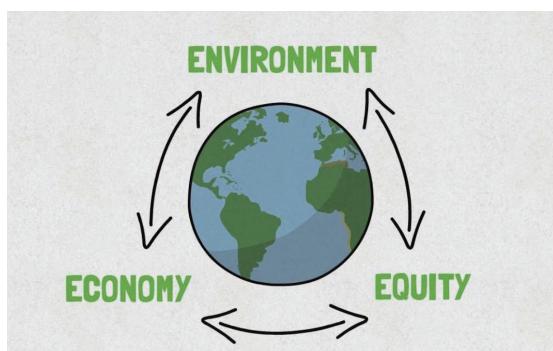
이를 위해 환경, 경제, 사회의 세 가지 측면에서 균형을 이루어야 한다고 한다.

그런데 과연 우리는 환경을 지속가능하게 만들기 위해 환경, 경제, 사회의 세 가지 측면에서 균형을 이루고 있을까? 내 생각으로는 균형을 이루기

보다는 환경을 위해 경제와 사회는 희생시키고 있는 듯이 보인다. 적어도 말로는 균형이 중요하다고 되어있다. 그렇다면 원자력보다 5배 비싼 재생에너지를 쓰자는 얘기는 나오지 않아야 한다.

그리고 보니 지속가능성에 대해서도 몇 가지 의심이 든다. 우선 우리가 원하는 지속가능성은 최선의 상태가 지속되는 것일 것이다. 즉 지속가능성이 철학이 아니라 실행가능한 것이 되기 위해서는 우리 인류에게 최적인 상태가 언제인지 정의가 되어야 한다. 또 그 상태가 지속되어야 한다. 문제는 최적상태가 정의되지 않은 막연한 지속가능성이란 그저 '착하게 살기' 정도의 철학에 불과하다는 것이다. 실행단계의 구체적인 지침이 나오지 않으면 종교가 된다. 그게 매우 좋은 설교를 듣고도 엉뚱하게 제멋대로 살아가는 사람들이 나오는 이유이기도 하다.

‘현재 세대의 필요를 충족시키되 미래 세대의 필요도 충족시킬 수 있도록 해야 한다’는 것도 철



학이나 원칙적 단계에서 머무를 것이 아니라 실제 이행을 위해서는 구체적인 전략하에 전개되어야 한다. 기본적으로 미래 세대의 필요를 충족할 때, 기술의 발전이 포함되어야 한다. 멜더스가 ‘인구는 기하급수적으로 늘지만 지구는 유한하므로 언젠간은 끊게 될 것이다’는 얘기는 기술발전이 고려되지 않았던 것이다. 그 결과 수십 년이 지난 지금 인구가 기하급수적으로 늘었지만 우리는 더 풍족해진 것이다. 지금의 지구를 그대로 물려줘야 한다고 강박적으로 주장하는 것은 멜더스의 주장과 다르지 않다. 미래세대가 필요를 충족하는 데에는 기술적 진보를 믿어도 되지 않을까?

만일 인구증가가 지구환경에 그렇게 위협적 요소였다면 출산율 감소를 문제시하는 상황에 대해 그렇게 환경을 사랑하는 사람이라면 내버려두라고 주장하고 시위라도 해야하지 않나?

최적 시점에 대해서도 다시 생각해볼 필요가 있다. 우리에게 최적시점은 석기시대였을까? 삼국시대? 조선시대? 일제 강점기? 1960년대? ... 만일 지금이 가장 좋은 시대라면 우린 꽤 잘하고 있었고 굳이 지속가능성을 논할 필요가 없다는 말도 된다.

ESG(Environmental, Social, Governance)가 우리에게 엄청난 비용을 치러야 할 과제로 부각되고 있다면 제도화 하기 전에 지속가능성에 대해 좀더 잘 생각한 후 진행해야 하지 않을까?

어떤 환경학자는 환경, 사회, 경제의 균형을 잡는데 수평적 균형을 잡기 위해 노력한다면 사회와 경제는 문제가 없지만 환경과 배치가 되기 때문에

수직적 균형을 잡아야 한다고 주장한다. 즉 환경을 최우선 순위로 두어야 한다고 말한다. 그게 균형인가?

인간은 환경없이 살 수 없지만 환경은 인간없이 유지될 수 있기 때문에 환경이 우선이라는 주장을 하는 바로 그 환경학자는, 환경(環境)이 둘러칠 환(環)에 지경 경(境)이 합쳐진 단어로, 주체인 인간을 안에 두고 둘러싼 것으로 환경을 이해해야 한다고 주장하기도 하였다. 즉 인간을 배제한 환경은 환경이 아니라는 주장을 하였다. 그런데 또 환경이 인간보다 우선된다는 주장도 같이 하고 있다. 환경에 대한 사회학적 논의와 전개는 포장은 그럴듯하지만 자연계에 대한 문과 수준의 감각적 판단에 복잡한 논리를 붙여놓은 것에 불과하다. 그 결과 딥을 미리 결정해 놓고 논리를 짜맞추는 수준처럼 보이는 것이다.

자원 재활용에 대해서도 생산단계, 소비단계, 폐기단계에서 자원을 재활용하는 것이 바람직하다는 주장인데... 예쁜 말잔치를 하고 있는 것이다. 제품의 가격은 투입된 총 자원을 생산된 제품의 개수도 나눠서 결정된다. 비싸다는 것은 투입된 자원이 너무 많다는 것이다. 흔히 친환경 제품은 비싸도 사주는 경향이 있는데 그것은 환경을 사랑하는 아름다운 마음씨이지만 현명한 생각은 분명히 아니다. 싸야 친환경이다. 재활용의 경우도 재활용이 더 싸고 좋을 때만 바람직한 것이다. 비싸다는 것은 하나의 자원을 재활용하기 위해 다른 자원이 너무 많이 투입되었다는 것이다. 비싸다면

재활용을 할 필요가 없다는 얘기다. 보다 자원의 가격이 비싸져서 재활용을 한 것이 더 쌀 때, 재활용이 의미가 있는 것이다. 이렇게 재활용에 대해서도 막연한 생각으로 바람직하다고 우기고 그 결과 보조금을 줘가면서 재활용을 하는 우스운 상황이 전개되고 있다.

인류에게 엄청난 비용과 희생을 초래할 지속가능성에 대해 단기적으로는 손해지만 장기적으로는 이득이라는 주장도 한다. 인류의 장기적 이득을 위하여 단기적 손해는 기업이 감당해야 한다는 주장은 납득되기 어렵다. 흔히 기업의 사회적 책임을 운운하면서 이런저런 의무를 부과하는 것과 같은 맥락이다. 기업이 불법을 저지르지 않고 세금을 내고 고용을 했다면, 그것으로 기업의 사회적 책임은 다 한 것이다. 기업이 별도로 어떤 봉사활동을 해야 할 이유는 없다.

그렇다면 환경과 지속가능성을 주장하는 사람들은 왜 이렇게 느슨한 정의와 이행단계로의 불투명한 전개를 용인하고 있을까? 답이 정해져 있기 때문이다. 재생에너지를 팔아먹어야 하는데 논리적으로 따지면 그렇게 하기 어려운 것이다.

원자력은 화석연료에 비해 100만 배의 에너지를 생산한다. 땅이라는 자원을 적게 요구한다. 또한 이 과정에서 환경으로 배출되는 것도 미미하

다. 방사성폐기물은 격리만 해두면 자연물이 되어간다. 별도의 조치가 필요하지 않으며 환경과의 상호작용도 없이 자연물이 되어가므로 폐기물도 친환경적이다. 우라늄이라는 자원은 원자력이 아니라면 대포의 탄두를 만드는 데 쓰일 별볼일 없는 물질에 불과하다. 다른 용도가 없어 보이는 금속이 엄청난 에너지원으로 사용되는 것이다. 그러나 이 또한 다른 용도와 경합되지 않는다. 게다가 엄청난 양이 바닷물에 녹아있다. 그야말로 지속가능한 것이다.

지속가능성을 위해 효율과 효과가 중요한데 효율은 바른 방법(Right way), 그리고 효과는 최선(Best way)이라고 정의한단다. 그게 무슨 말인가? 효과는 결과가 나타났는지, 그리고 효율은 그 결과를 얻는데 비용이 적게 들어갔는지가 사전적 정의가 아닌가? 사전적 정의가 아닌 이상한 정의를 자기들끼리 내려놓고 주장하는 것이 PC(Political Correctness) 아닌가? 대중이 이해하지 않는 다른 정의를 내려놓고, 이 정의에 따라서 실행방안을 강구하는 것도 이상한 일이다.

우리끼리 원자력은 청정에너지라고 아무리 주장해도 이미 그들의 세계에서 원자력이 배제되어 있다면, 우리끼리 모여서 떠든다고 해결되지 않는다. KAIF

한국원자력산업협회는 511개의 단체회원사에 대한 혜택 제고 방안으로 회원사들을 직접 방문, 회사 현황을 파악하여 본지를 통해 홍보하고 기업 애로사항 등은 원산이 운영하고 있는 원전기업지원센터에 데이터를 축적하고 있습니다. 회원사 여러분의 적극적인 참여를 바랍니다.

영인에너지솔루션(주), 에너지 산업의 밝은 미래를 열다

영인 에너지솔루션(주)는 60년 넘게 전력 산업 현장을 지켜온 기업으로, 전통적인 전력 에너지 분야는 물론 신에너지 분야에 이르기까지 EPC(설계·조달·시공) 사업을 통해 'Electric Power Total Solution Provider'로서 세상에 밝은 빛을 제공하고자 노력하고 있다.

사람 중심, 도전과 책임, 지속가능한 내일 영인에너지솔루션(주)의 경영철학은 언제나 '사람'에서 시작된다. 나이와 업무 성과를 연결시키지 않으며, 전공을 살려 정년퇴직한 전문가들을 국가의 보물로 여기고 이들이 젊은 인재들과 어우러져 새로운 시너지를 창출하는 공간을 만들어가고 있다. 또한, '되지 않는 일'을 '되게 하

는 기업'으로 기억되고자 끊임없이 기준을 갱신하고 표준을 선도하며, 국내를 넘어 동남아 전력 인프라 선진화 여정에서 '도전은 곧 책임'이라는 자세로 임한다. 지속가능한 내일을 위해 ESG 경영, 신재생에너지 확대, 전력망 솔루션, AI 기반 전력 운영 시스템 확장의 비전을 가지고 친환경, 고효율, 고신뢰성이라는 가치 아래 기술을 고도화하고 인재를 양성하며 사회적 책임을 다하고 있다.

현재 영인에너지솔루션(주)는 경기도 성남에 본사를 두고 있으며, 김영달·김현준 각자 대표 이사의 지휘 아래 약 130명의 임직원이 함께하고 있다.



미래 에너지 산업의 핵심 파트너

전력·에너지 핵심 기술력 기반의 선도 기업 영인에너지솔루션(주)는 창립 이래 전력 및 에너지 분야의 핵심 기술력을 바탕으로 국내외 에너지 인프라 구축을 선도해왔다. 주요 사업 분야는 다음과 같다.

- 배전반, 제어반, 보호계전기 제조 및 공급: KEPCO, 한수원, 한국지역난방공사 등 발전사 및 삼성전자, 효성 등 국내외 기업의 대형 플랜트에 고신뢰 전력설비를 납품했다.
- 전력 제어 설계 및 감시 시스템 개발: 스마트 보호 및 모니터링 기반의 통합 솔루션을 구축한다.
- 신재생에너지 및 해상풍력, 태양광 발전 시스템 구축: 해상변전소 설계 및 태양광·ESS(에너지저장장치) 통합 설비 직접생산 인증을 보유한다.
- 해외 송·변전 EPC 및 O&M 사업: 미얀마 등 동남아 전력 시장에서 다수의 변전소 시공 및 운영 실적을 보유하며, 해외 발전시설 설계, 시공, 감리 기술검토 등 지원 업무를 수행한다.

특히, 154kV 이상 고전압급 보호배전반과 감시제어시스템 분야에서 확고한 기술 우위를 점하고 있으며, 한국전력공사, 한국수력원자력, 중부발전 등 발전 공기업과의 장기 공급 계약을 기반으로 안정적인 사업 포트폴리오를 유지하고 있다. 또한, 국내 양극재 1위 기업인 에코프로비엠의 국내외 생산 시설 증설 프로젝트에 참여하며 미래 에너지 산업의 핵심 파트너로 자리매김하고 있다.

기술 고도화와 글로벌 시장 개척을 통한 도약

미래 에너지 시장 선도를 위한 기술 고도화 영

인에너지솔루션(주)는 지속적인 성장을 위해 다음 세 가지 분야에 중점적으로 투자하고 있다.

첫 번째로 ‘스마트 보호계전기 및 배전반 기술 고도화’다. 자체 개발한 ECMS(전력설비 감시·제어 시스템)를 중심으로 스마트 계전 보호, 고장 예측 진단 기능 강화에 투자하여 전통적 전력설비의 디지털 전환을 추진하고 있다. 다음으로, ‘신재생에너지 사업 역량 강화’다. 태양광·ESS·풍력 등 신재생에너지 통합 솔루션 구축을 위한 직접 생산 인증 확대 및 EPC 기술 내재화에 투자한다. 특히 전남 신안 해상풍력 6GW를 해상 에너지 허브에 모아 HVDC(초고압직류송전) 기반 해저케이블을 통해 수도권에 대용량 전력을 직접 공급하는 ‘에너지 아일랜드’ 사업을 공동 개발하여 경제성과 효율성을 높이고 있다. 마지막으로 ‘해외 EPC 및 O&M 시장 개척’이다. 미얀마 등 동남아 전력 인프라 시장을 대상으로 고전압 변전소 설계·시공(EPC) 및 유지관리(O&M) 분야에 중점 투자하고 있다.

더불어 영인에너지솔루션(주)는 전력 엔지니어링 전문성을 바탕으로 해상풍력과 태양광을 중심으로 재생에너지 사업을 확대하며 미래 성장 동력을 확보하고 있다. 2023년 신설된 신성장 사업본부는 해상풍력의 초기 개발, 설계, 유지보수 기술 강화에 집중하며 글로벌 기술 파트너와 협력하고 있다. 또한, 신규 발전소가 전력계통에 미치는 영향을 분석하고 전력망의 안정적 운영을 위한 최적의 솔루션을 제공하고자 전력계통

영향평가 사업단을 구성했다. 해외 시장 개척을 위해 Maintenance Free 타입의 MOF(계기용 변성기)를 미얀마에 도입하고, 향후 국내 MOF 생산시설을 미얀마로 이전하여 이를 동남아 시장 진출의 거점으로 활용할 계획이다.



또한 원자력 분야로의 사업 확대를 위해 한수원 유자격 등록 품목을 늘려가고 있다. 신한울 3, 4호기 분전반 및 로드뱅크를 수주(40억 원) 하였고, 한울 3, 4호기 보조기기 제어 및 계전기 보호배전반 수주(120억 원 예상)를 추진하며 한수원의 해외 원전 수주 시 동반 참여를 목표하고 있다.

글로벌 경쟁력 강화를 위한 당면 과제

영인에너지솔루션(주)는 현재 몇 가지 중요한 도전과제에 직면해 있다. 첫 번째로, 한수원의 체

코 원전 수주가 확정된 이후 현지 기업과의 협력이나 컨소시엄 구성 방안을 두고 깊은 고민을 하고 있다. 이는 국가별로 상이한 인증 체계와 사업 관행, 법적 규제에 대한 정보가 부족하기 때문으로, 이러한 불확실성 속에서 적절한 파트너를 찾고 유연하게 대응하는 것이 쉽지 않다. 또한 한수원이 요구하는 공급망 고도화와 국산화율 제고에 따라 기술 자립도, 납기 능력, 해외 사업 수행 경험에 대한 기준이 점점 더 엄격해지고 있어, 중견기업으로서 글로벌 인증 체계와 품질관리 시스템, 리스크 대응 역량을 강화해야만 실질적인 사업 참여가 가능할 것으로 보고 있다. 여기에 더해, 글로벌 사업이 확대되면서 다국적 계약서 검토, 외국 정부기관과의 협상, 현지 실사 대응 등과 같은 전문성이 요구되는 실무가 크게 늘어나고 있는데, 이에 대응할 수 있는 글로벌 사업 인력과 언어·계약 전문 인력이 부족하다는 점도 큰 과제로 느끼고 있다. 이러한 여러 과제들을 극복하기 위해 영인에너지솔루션(주)는 지속적으로 역량을 강화하고 방안을 모색해 나가고 있다.

상생을 통한 글로벌 경쟁력 강화

이러한 애로사항을 해소하기 위해 영인에너지솔루션(주)는 정부와 전력공기업에 몇 가지 지원을 요청하고 있다. 먼저, 글로벌 원전 수출에 연계된 중소·중견기업 지원 플랫폼을 구축해주기를 바란다. 체코 원전 수출 등 해외 EPC 프로



젝트에 참여할 때 한국 기업 간에 실질적인 컨소시엄 구성이 가능하도록 정부 주도의 다양한 프로그램을 운영하고, 기술력은 충분하지만 혁신 네트워크가 부족한 기업들을 위해 인증, 계약, 법률 자문 등 맞춤형 컨설팅과 정부 인증 지원 사업을 확대해주기를 희망한다. 또한, 공기업의 입찰 제도에서 단순 매출이나 해외 실적 중심의 정량 평가보다는 국내 실적, 기술 인증, 품질 수준 등을 반영한 질 중심의 정성 평가 요소를 강화하고, 중소·중견기업에게 과도한 입찰 요건을 완화하여 실질적인 수행 능력을 중심으로 평가해주기를 요청한다. 마지막으로, 고부가가치 기자재인 보호계전기, 디지털 보호반 등의 국산화와 실증 기반을 확대하기 위해

장비 테스트 및 성능 검증 기회를 늘려, 국내 기자재가 해외 EPC 사업에서 성능과 실적을 인정받을 수 있는 체계적 근거를 마련해주기를 기대하고 있다.

정년 없는 평생직장의 실현

‘사람이 미래’라는 철학의 실천 영인에너지솔루션(주)의 가장 큰 자랑거리는 나이라는 굴레에서 벗어나 정년 없는 평생직장을 만들어가고 있다는 점이다. 한전에서 퇴직한 전문가들과 젊은 인재들이 함께 어우러져 새로운 시너지를 만들어내는 공간이며, 이러한 철학은 육아휴직 제도와 사택 제공 등 다양한 복지제도를 통해 직원들이 안정적으로 일할 수 있는 환경 조성으로 이어졌다. 이러한 토양 위에서 직원들은 단순한 직장인이 아닌 전기 기술의 선구자로 성장하고 있다. 영인에너지솔루션(주)은 앞으로도 지속적인 성장을 위해 인재에 대한 투자와 복지 향상에 경영 가치를 집중할 것이다. **KIIF**

계측·제어의 혁신으로 발전소를 지키는 기업, (주)오르비스

오르비스는 원자력 및 화력발전소 플랜트 계측 제어분야 경상정비 및 시스템 개발 전문업체로써 끊임없는 연구 개발을 통한 노하우를 축적하여 발전해 온 기업이다. 경기도 성남 하이테크밸리에 본사 및 사업소 포함 150여명의 직원이 근무하는 작지만 강한 기업이다. 1990년 창립 이래, 고객과 소통하며, 고객의 니즈를 반영한 제품을 꾸준히 개발하였고, 1996년 한국전력연구원과 공동으로 연구개발한 보일러 투브 누설감지 설비(BTLD) 국산화를 시작으로 현재까지 총 38개의 연구 과제를 성공적으로 개발 완료하였으며, 이를 바탕으로 21개의 특허를 취득하

였다. 발전사와 공동으로 연구개발한 제품들은 우수 개발 선정품으로 지정되어 한국수력원자력, 발전 5개사, 지역난방공사 등에 공급하고 있으며, 주요 제품으로는 고압전동기 원격절연저항 측정시스템(RMRT), 반도체식 논리계통 전자카드(SSILS), 벨브누설감시설비(VLMS) 등이 있다.

RMRT, 전기안전사고예방 필수 설비로 자리잡다

고압전동기 원격절연저항 측정시스템(RMRT)은 중대재해 처벌법이 제정되면서 더 필요한 설비로 부각되었다. 발전소의 고압전동기 전전성 확인을 위해 정비원이 직접 절연저항을 차단기 반에서 측정하면서 감전에 의한 인명 안전사고가 간헐적으로 발생하던 기존과는 다르게, 당사에서 개발한 제품은 절연저항을 원격으로 측정하여 그 결과치를 운전원에게 알려줌으로써 전기 안전사고를 원천적으로 차단하였다. 현재는 6개 발전사 및 지역난방공사 등에서 필수 설비로 완전히 자리 잡았다. 오르비스는 이에 안주하지 않고 꾸준한 연구개발을 통한 개발한 새로운 신제품을 원자력 발전소에 시범 운영중에 있다.



그림 1 | (주)오르비스 소수일 회장

RMRT (고압전동기 원격절연저항 측정시스템)

Remote Insulation Resistance Measurement System

기동 전에 수동으로 절연저항을 측정할 경우, 반복적인 차단기 인출로 인해 접촉자에 유격이 발생하고, 이로 인해 접촉저항 증가 및 소손이 발생할 수 있고 또한 인적 실수로 인한 감전사고의 위험도 존재한다. 이러한 문제를 예방하기 위해, 절연저항을 원격으로 측정하고 고장을 예측하며, 이력 관리를 통해 설비의 신뢰성을 확보하고 인적 사고를 방지할 수 있는 설비이다.

특징

- 동작 중 발생되는 이벤트 및 에러 메시지 출력
- 개별 차단기의 통전 상태 표시
- 패스워드 기능으로 보안성 강화
- 추이 분석 및 이력 관리

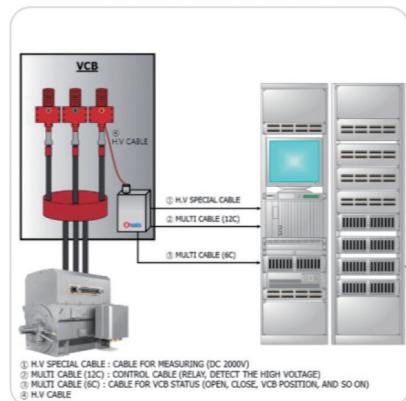


그림 2 | 고압전동기 원격절연저항 측정시스템(RMRT)

효율향상과 안전을 높이는 신기술, SSILS·VLMS

반도체식 논리계통 전자카드(SSILS)는 기존의 외산 제품을 대체하기 위해 개발되었다. 외국 제품의 원가가 점점 높아지면서 안정적인 예비품 확보 및 납품에 소요되는 기간이 오래 걸리고 이에 따른 A/S 지연으로 발전소 운영에 어려움이 많았다. 이에 오르비스에서 새로 개발한 반도체식 논리계통 전자카드는 시뮬레이터를 통한 시험, 현장 적용 실증시험을 거쳐 2013년에 개발 승인이 완료되었고 2017년에 한국수력원자력 개발 선정품으로 지정되었다. 각종 기기들의 운전 제어를 위해 기존의 세분화 되어 있던 기능들을 통합하고 사용자가 원하는 기능을 선택하여 운영의 유연성이 높아지게 되었고 안정적인 예비품 확보가 가능해지면서 더 효율적

인 발전소 운영에 기여하게 되었다.

밸브 누설감시설비(VLMS)는 밸브 본체와 시트 접촉면의 이물질 끼임, 균열 및 빈번한 개폐에 따른 손상에 기인한 밸브의 내부누설을 고감도 음향 센서를 이용하여 실시간으로 감시하고 초기 누설 정보를 제공하는 시스템으로, 밸브의 전·후단에 센서를 설치하고 감지신호를 증폭하여 누설 파형을 분석 감시하는 시스템이다. 밸브 누설감시설비는 한국수력원자력의 보조기기 기자재로 등록되어 있으며 한울 3,4호기, 월성 5,6호기, 신한울 1,2호기, 새울 3,4호기 등에 설치되어 안정적인 전력공급에 이바지하고 있다.

국내외 현장에서 빛나는 기술력

신제품 개발뿐만 아니라 원전 계측제어설

SSILS (반도체 논리제어계통 전자모듈 3종)

Solid State Interposing Logic System

반도체식 논리게통은 각종 공정 기기들의 운전 제어를 위해 반도체식 논리회로를 이용하는 계통이며, 고리 2발전소를 기준으로 주제어실에 19개 패널과 RWB 1개 패널이 설치되어 있으며 원격 제어스위치 및 상호 패널 간에 케이블 등으로 구성되어 있습니다.

특징

- 각 패널은 2개의 Logic Cabinet(92(46×2)개의 슬롯)과 1개의 Terminal Cabinet으로 구분
- 독립된 기기(밸브, 전동기, 차단기, MOV 등)를 제어 및 감시 할 수 있는 논리회로 내장

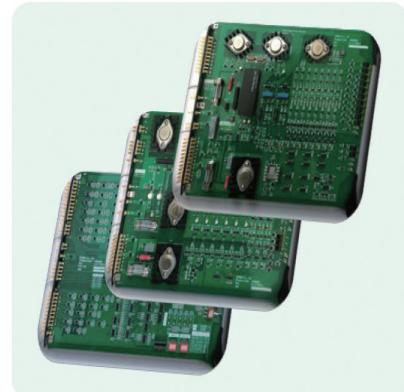


그림 3 | 반도체식 논리제어계통 전자카드 (SSILS)

비 정비업체 및 발전 5개사 정비적격업체 인증을 취득하고, 한빛원자력, 하동화력, GS동해전력, 삼척블루파워 등 경상정비에 참여하고 있다. 그 밖에 전기케이블 및 전기패널 공사 유자격공급자 및 예비품목 기자재 공급업체로도 등록되어 있다

해외 사업으로는 모로코 SAFI, 알제리 Biskra 등의 시운전을 수행하였으며, 나이지리아 Egbin 발전소에는 Excitation System 을 공급하고, 두바이 SEWA, 인도네시아 Jawa, 베트남 Vung Ang 발전소 등에는 노내 감시 카메라, 보일러 튜브감시시스템 등

VLMS (밸브 누설 감시시스템)

Valve Leak Monitoring System

밸브 Body와 Seat면의 이물질 삽입, 빈번한 밸브 개폐에 따른 손상 또는 밸브 몸체와 시트의 균열, Stem, Packing 및 용접부 결함 또는 피로 균열 등에 의한 밸브의 누설을 고강도 음향센서를 이용하여 실시간으로 감시, 초기에 누설정보를 제공하여 밸브손상을 예방하고 누설방지에 따른 효율을 향상시키는 시스템이다.

특징

- 음향신호대 잡음비 및 스펙트럼 분석
- 냉각공기 공급 불필요
- 클램프타입으로 설치 및 유지보수 용이
- 누설에 의한 주의, 알람 가능



그림 4 | 밸브누설 감시시스템 (VLMS)

의 기자재를 납품하였다. 시스템 공급설치 이후에도 열정적인 기술지원과 A/S를 제공하고 있다.

철저한 품질경영 시스템구축으로 글로벌 인증 확보



그림 5 | ISO19443 인증서

오르비스는 설비의 안정성 확보 및 고객의 안전을 위한 품질경영에도 최선의 노력을 다하고 있다. 원자력 품질보증인 KEPIC QAP 도입을 시작으로 품질경영시스템 ISO9001, 환경영영시스템 ISO14001, 원자

력공급망 품질경영시스템 ISO19443을 취득하였다. 특히 원자력공급망 품질경영시스템 ISO19443은 원자력 산업의 안전 문화 도입 및 정착을 위한 인증이며 유럽 국가들의 원전 기자재 제작 납품을 위한 필수인증 요건이다. 이에 오르비스는 ISO19443 인증을 중소기업 가운데서도 선제적으로 취득함으로써 체코 원전사업 및 유럽 원전시장 진출의 교두보를 마련하였다.

인재와 기술로 성장하는 오르비스

오르비스는 1990년 창립이래 “미래는 인재로, 고객은 기술로, 조직은 재미로”라는 기업이념을 기반으로 꾸준히 성장하고 있으며 직원의 행복과 고객의 니즈를 동시에 만족시키기 위해 최선의 노력을 하고 있고, 한수원 동반성장아카데미, 원전현장 인력양성원 등 교육기관을 통해 직원들의 업무능률향상을 위한 노력도 꾸준히 병행하고 있다.

미래의 발전 시장은 에너지 안보, 탄소중립 목표, 기술혁신 등을 기반으로 세계 원자력 발전시장의 재활성화 및 신재생 에너지 등이 확대될 것으로 예상됨으로 기존의 계측제어 및 감시 시스템에 AI기술을 탑재한 고도화되고 정밀해진 제품개발을 위해 최선의 노력을 다 할 예정이다. **KNIF**





제44회 캐나다 원자력학회 연차대회(CNS Annual Conference 2025)

박언주

한국원자력산업협회 회원서비스센터 대리



그림 1 | Rudy Cuzzetto 의원 환영 인사



그림 2 | Jeremy John Whitlock 박사 연설

지난 6월 8일부터 11일까지 4일간, 캐나다 토론토 웨스틴 하버 캐슬 호텔에서 제44회 캐나다 원자력학회 연차대회(CNS Annual Conference 2025)가 성황리에 개최되었다.

이 행사는 캐나다원자력학회(CNS)가 주관하는 북미 최대 규모의 원자력 국제 행사 중 하나로, 캐나다를 비롯한 미국, 유럽, 아시아 등 세계 각국에서 약 400여 명의 원자력 전문가, 기업 관계자, 학계 인사들이 참석했다.

이번 연차대회에서는 캐나다의 대표 원자로인 CANDU의 성과, SMR 등 차세대 원자력 기술의 확산 가능성이 주요 화두로 다뤄졌다.

이 중 특히 인상 깊었던 몇 가지 내용을 중심으로 다음 문단에서 소개하고자 한다.

국제 연차대회에 처음으로 참석한 이번 경험을 통해, 2025년이라는 시점이 원자력 산업의 중대

한 전환점임을 실감할 수 있었다. 다가오는 2030년 온실가스 감축 목표와 2050년 탄소중립 실현을 앞두고, 원자력의 중요성이 점점 커지고 있는 지금, 이번 대회는 원자력이 지속가능한 에너지 전환의 핵심으로 자리잡고 있다는 사실을 확인할 수 있는 행사였다. 행사는 주최 및 후원 기관 관계자들의 환영사로 시작되었다.

캐나다원자력학회(CNS)의 차기회장 Peter Ottensmeyer, 온타리오 전력공사(OPG)의 엔터프라이즈 엔지니어링 수석 부사장 Mark Knutson, 온타리오 에너지광산부 의원 Rudy Cuzzetto 등이 인사말을 전하며 참석자들을 환영했다.

이어진 기조연설에서는 국제원자력기구(IAEA)의 Jeremy John Whitlock 박사가 'CANDU: Evolution of an Engineering Legacy'라는 주제



그림 3 | Markus Piro 교수 발표

로 발표를 진행했다.

특히 Jeremy John Whitlock 박사는 CANDU 기술의 역사적 의의와 향후 발전 방향을 소개하며, “좋은 기술만으로는 충분하지 않다”는 말을 강조했다. 즉, 기술의 성공적 확산을 위해서는 정부, 산업계, 시민사회 간의 신뢰와 협력이 필수적이라 는 것이다. 실제로 CANDU의 발전이 뛰어난 기술력뿐만 아니라 긴밀한 협력을 통해 이루어졌다는 설명으로 원자력 기술을 바라보는 시각을 다시 생각해보게 하는 계기가 되었다.

기조강연이 원자력 기술의 역사와 국제 협력의 가치를 알리는 내용이었다면, 다른 세션에서는 기술, 정책, 산업계의 다양한 관점이 실질적으로 다뤄졌다.

그 중 가장 인상 깊었던 세션은 맥마스터대학교의 Markus Piro 교수가 발표한 ‘Nuclear

Academy – Equipping the Future’였다. 이 세션에서는 원자력 산업의 지속 가능성을 위한 인재 양성의 중요성이 조명되었으며, 맥마스터대학교가 운영 중인 60개 이상의 원자력 관련 과목과 오는 9월부터 새롭게 도입되는 ‘원자력학사회 부전공(Minor in Nuclear Studies & Society)’ 과정이 소개되었다. 이 과정은 공학에 국한되지 않고, 인문·사회 전공자들도 원자력 분야의 이해를 넓히고 산업에 진출할 수 있도록 지원하는 체계다.

Markus Piro 교수는 발표를 통해 원자력 기술의 지속 가능성을 위해, 단순한 기술 교육을 넘어 사회, 정책, 환경 등 다양한 분야에서 이해를 갖춘 융합형 인재가 필요하다고 강조했다. 실제 현장에서도 비전공자를 포용하는 교육 모델에 대한 관심이 높았으며, 수강 신청 요건에 대해 질문이 오가는 등 참석자의 실질적인 관심을 엿 볼 수 있었다.



그림 4 | 'FORGED Operations' 부스 방문

이처럼 교육을 단순한 제도로만 보지 않고, 원자력 분야가 사회와 더 넓게 어떻게 연결될 수 있을지를 고민해보는 계기가 되었다.

이외에도 전시장에서는 다양한 원자력 기업들의 부스를 둘러보며 자유로운 네트워킹이 이루어졌다.

그 중에서 특히 인상 깊었던 기업은 'FORGED Operations'였다. 원자력 업계에 입문한 지 1년 남짓된 나로서는 낯선 기업들이 많았지만, FORGED Operations 부스에서는 흥미로운 자료들이 발걸음을 향하게 했다. 기업 관계자는 회사 소개와 함께, 회사가 보유한 주요 기술인, 디지털 기술과 데이터 분석 솔루션을 중심으로 원자력과

의 연관성을 설명해주었다. 이에 짧은 시간이었지만, 기업 관계자와의 질의응답을 통해 또 다른 원자력 기업을 알아가는 시간이 되었다.

이번 CNS 연차대회는 원자력의 과거, 현재, 미래를 살펴보는 뜻깊은 자리였다. 기술 개발뿐만 아니라 정책, 국제 협력, 인재 육성 등 원자력 산업의 전반적인 생태계 전반을 어떻게 구성하고 이끌어야 할지를 고민해볼 수 있는 소중한 기회였다. 또한, 국제 사회와의 교류를 통해 보다 더 넓은 시야를 얻었고, 우리나라 원자력계가 나아가야 할 방향과 협회 차원에서 어떤 역할을 할지에 대한 실질적인 통찰도 얻을 수 있었다. **KIIF**



자연 치유의 땅으로 떠나는 여름 여행



김유
여행작가

요즘 힐링(Healing)이란 말이 사회 각 분야에 급속도로 퍼지고 있다. 복잡다단한 삶을 잠시 벗어나 몸과 마음을 정화하고 치유 하자는 움직임이다. 여행, 음악, 영화, 출판, 방송, 건강, 미용, 음식 등등 힐링이 빠지면 얘기 가 안 될 정도로 새로운 ‘문화 코드’로 확실하게 자리 잡아가고 있다. 힐링은 한때 유행했던 웰빙(Well-Being)과 일맥상통한다. 스트레스 없

는 건강한 몸과 마음은 현대인들의 영원한 숙제다. 그러나 그게 어디 쉬운 일인가. 빈틈을 주지 않으려는 각박한 세상사는 여유, 비움, 안정 같은 삶의 에너지를 앗아가고 있다. 그러나 힐링은 마음먹기에 따라 누구든지 누릴 수 있다. 친구, 직장동료, 가족, 연인과 함께 떠나는 여행은 힐링을 누릴 수 있는 가장 좋은 방법이다.



사진 1 | 녹동항



사무치도록 아름다운 섬

여름도 막바지를 향해 가고 있다. 바다, 강, 숲그늘이 그리운 계절. 본격적인 휴가철, 며칠 쉴 데는 어느 곳에나 있지만 ‘지붕 없는 미술관’이라 부르는 남도 끝머리 고흥 땅은 몸과 마음을 정화하고 치유하기 좋은 곳이다.

5시간 남짓 달려 고흥 땅에 발을 딛자 삽상한 바닷바람과 천지사방에 고개를 내민 여름꽃들이 길손의 마음을 한없이 설레게 한다.

남도 끝머리, 고흥은 고흥반도를 중심으로 순천시, 보성군, 장흥군, 완도군을 두고 있는 아름다운 고을이다. 고흥 여행은 보성 땅인 벌교읍에서 15번 국도를 타면서 시작된다.

첫 목적지는 고흥반도 맨 끝에 있는 녹동항. 항구 특유의 활기가 느껴지는 남해안 수산물 집결지다. 크고 작은 어선들이 정박한 선창 한켠의 어시장으로 들어가 본다. 골목시장을 가득 채운 자연산 광어, 농어, 도다리, 우럭, 가오리, 해삼, 명게, 전복, 세발낙지 등등 싱싱한 활어를 구경하는 재미가 여간 아니다. 어시장 앞 선창가에는 건어물 시장이 자리 잡았다. 서대, 도미, 쥐포, 문어, 김, 다시마, 미역 등등 잘 말린 건어물이 방문객들을 기다린다.

녹동항은 선창의 기능과 함께 제주도와 거문도의 관문항 역할도 하고 있다. 녹동항 동쪽에

들어선 여객선터미널에선 녹동-제주를 잇는 카페리¹⁾를 운항하고 있으며 소록도와 주변 섬을 도는 유람선도 부정기적으로 운항한다.

녹동대교를 건넌다. 소록도로 가는 길. 녹동대교는 복층형 해상 다리인 거금대교와 이어져 있다. 소록도와 우리나라에서 열 번째로 큰 섬인 거금도는 이 두 해상 다리가 놓임으로써 그 야말로 격세지감을 느끼게 한다. 사슴을 닮은 섬, 소록도. 섬에 발을 딛자 길 양쪽으로 푸른 솔밭과 바다가 가슴 가득 안겨 온다. ‘나환자촌’이라는 선입견만 버린다면 사무치도록 아름다운 섬이다. 곳곳에 남아 있는 나환자들의 흔적이 마음을 아프게 하지만 이 섬만이 간직한 운치랄까 멋은 주변 여느 섬에 뒤지지 않는다. 치자나무, 편백나무, 팔손이나무 등 각종 관상수가 가득한 중앙공원은 소록도의 얼굴이다. 섬 바깥으로 가면 아담한 해변이 있고 솔밭이 있고 갯벌이 아득히 펼쳐져 있다. 섬을 돌아보는데 걸어서 2시간이면 충분하다. 소록도를 지나 거금도까지 들어가면 익금해변과 옥룡마을을 지나 다도해를 감상하며 해안 일주 드라이브를 즐길 수 있다.

녹동항에서 27번 국도를 타고 고흥읍내 쪽으로 가다 보면 유자마을(풍양면 한동리)이 나온다. 도로변에 유자공원이라는 팻말이 서 있다. 유자는 이곳 고흥 외에도 완도, 남해, 거제, 통

¹⁾ Car ferry, 자동차와 사람을 함께 운송할 수 있는 여객선



사진 2 | 금탑사 비자나무숲

영, 고성 등에서 생산되지만 우리나라 전체 유자 생산량의 30%는 고흥산이라고 보면 된다. 이곳의 기후와 토질이 유자를 재배하기에 적당하기 때문이다. 한때는 유자나무 한 그루만 있으면 자식을 대학까지 보낼 수 있다고 해서 ‘대학나무’라고까지 불렸지만 유자를 재배하는 농가가 기하급수적으로 늘어나면서 지금은 다 옛말이 돼버렸다.

보물 같은 산과 철새가 날아오는 광활한 들판

고흥이 아름다운 건 산도 한몫한다. 그 중심에 천등산(해발 553미터)이 있다. 이 산은 해발 고도가 그리 높지 않지만 고흥 사람들에게

는 보물 같은 산이다. 산 동쪽 중턱에 들어선 금탑사(金塔寺)는 절 자체의 분위기보다는 주변에 무성하게 자라는 비자나무(천연기념물 239호)가 신비한 기운을 선사한다.

금탑사는 송광사의 말사로 신라 문무왕 때(7세기 말) 원효대사가 창건했으며 금탑(金塔)이 있어 금탑사라 지었다. 이곳에 퍼져 있는 비자나무는 높이가 9~14m, 둘레가 1m가 넘는 거목이 대부분이다. 그 희귀성 때문에 모든 나무에 번호표를 붙여 철저하게 관리하고 있다. 비자나무 주변에는 율곡 이이의 부친이 호환(虎患)이 두려워 심었다는 나도밤나무를 비롯해 또 푸조나무, 비목 등이 어우러져 자생하고 있다.

천등산에서 나와 77번 국도를 타고 도화면



소재지를 지나면 바다 같이 광활한 해창만이 펼쳐진다. 서산의 천수만처럼 간척 사업으로 생긴 드넓은 땅으로, 호수와 갈대밭이 보여주는 가슴 시리도록 아름다운 풍경은 저 순천만을 떠올리게 한다. 때 이르게 찾아온 철새도 이따금 얼굴을 내민다. 일몰 무렵의 해창만은 더욱 아름답다. 해창만은 이곳 사람들의 생계 터전이기도 하다. 만을 감싸고 있는 남성리, 오취리, 상오리, 사도리 등 어촌마을 앞에는 알맹이를 까고 쌓아둔 굴껍질이 수두룩하다. 해창만은 일찍이 석화 생산지로 이름을 날렸거니와 이곳의 특산물인 ‘진석화젓’은 조선시대 임금님 수라상에 오를 정도로 그 맛이 뛰어났다고 한다.

해창만에서 북쪽으로 조금 들어가면 8개의 봉우리가 하늘로 치솟은 팔영산(八影山, 608m)

을 만나게 된다. 1봉에서 8봉으로 이어지는 종주 산행은 바위산의 매력을 느끼기에 부족함이 없다. 정상에 서면 푸르디푸른 다도해가 품에 안기고 쾌청한 날이면 멀리 대마도까지 보인다. 산 중턱에 들어선 능가사는 비구니들의 도량으로 한때 화엄사, 송광사, 대흥사와 함께 호남의 4대 사찰로 꽉힐 만큼 규모가 컼다고 한다.

팔영산 인근의 용암마을에서는 아름다운 일출도 볼 수 있다. 용이 승천했다는 전설을 간직한 용암마을(영남면 우천리) 우측 해안가에는 검은 빛이 나는 용바위가 서 있다. 저 고성의 삼족암을 연상케 하는 바위는 군데군데 패여 있다. 용바위 우측에는 용이 살았다는 용굴이 있다. 용바위에서 양사리 방면으로 조금 거슬러 올라가면 남열해변이 펼쳐진다. 때를 만난 바



사진 3 | 용암마을에 있는 용바위



사진 4 | 몽돌이 깔린 염포해변

다는 시원하고 청량하다. 고운 모래가 깔린 해변은 울창한 송림과 기암괴석을 두르고 있어 풍광이 멋스럽다. 파도가 다소 거친 것이 흠이지만 훤히 열린 다도해로 떠오르는 해돋이는 가히 환상적이다.

다리로 연결된 두 개의 섬

내륙 여행은 여기서 마무리하고 작고 아름다운 섬, 나로도로 건너간다. 나로도는 내나라도 와 외나라도로 나뉘어 있다. 잘 포장된 15번 국도를 타고 섭정-동일-소영리를 지나면 나로2대교를 만난다. 다리를 건너 15번 국도를 타고 약 1km를 가면 삼거리가 나오는데 여기서 왼쪽으로 가면 나로도해변이고 오른쪽 길은 나로도항과 연결된다. 솔숲으로 둘러싸인 나로도해변

은 한 폭의 그림같다. 햇살에 반짝이는 파도 소리도 정겹다. 해변 한켠에는 천연기념물로 지정된 상록수림이 마치 여성의 젖무덤처럼 봉긋 솟아있다. 이 숲은 물고기떼를 해안으로 유인하는 일종의 어부림 역할을 한다. 구실잣밤나무, 개서어나무, 후박나무, 동백, 소나무, 비자나무 등 40여 종의 상록활엽수가 바닷바람을 맞으며 서 있다. 마을 사람들은 이 숲이 마을을 지켜주는 신령스런 존재로 믿고 매년 정초(正初)에 제사를 지낸다. 나로도해변에서 1km 거리에 있는 나로도항은 한때 삼치 파시로 유명했던 곳이지만 지금은 다도해를 둘러볼 수 있는 유람선 여행으로 더 유명해졌다. 유람선은 나로도항에서 출발해 2시간 정도 섬을 둘러보고 다시 나로도항으로 들어온다. 부채처럼 생긴 부채바위, 카멜레온을 닮은 카멜레온 바위,



노려보는 듯한 사자 바위 등 해안 절경이 내내 이어진다.

외나로도 중심에 우뚝 솟은 봉래산(해발 410 미터, 일명 마치산)도 올라볼 만하다. 우주과학 기지가 있는 하반마을 바로 위에 솟은 명산이다. 이 산에는 일제 때 시험림으로 조성한 수령 80년 된 삼나무와 편백나무 3만여 그루가 자라고 있다. 정상에 오르면 한반도의 제일 남쪽에 왔다는 걸 실감할 수 있다. 푸른 다도해가 손에 잡힐 듯 하고 저 멀리 제주도의 한라산까지 가 물거릴 정도로 전망이 빼어나다. 산행은 예내리 예당마을 통신 중계소 입구에서 출발해 봉래산~시름재~삼나무숲을 거쳐 중계소로 하산하는 코스로 약 3시간 정도 걸린다. 삼나무 숲만 보고 오는 데는 30분이면 족하다.

하반마을은 해돋이와 해넘이를 동시에 볼 수 있는 마을이기도 하다. 해돋이는 우주센터 바로 아래 해안마을에서, 해넘이는 서쪽 염포마을로 가면 볼 수 있다. 염포 마을 입구의 염포해변은 검은 몽돌이 해변을 가득 덮고 있다. 바닷물이 들고 날 때마다 자갈을 씻어내는 파도 소리가 귀를 간지럽힌다. 우주센터는 아무나 들어갈 수 없는 보안시설이지만 입구의 우주천문과학관에서 우주과학의 기본 원리와 로켓, 인공위성과 우주공간 등에 대해 살펴볼 수 있다. 야외에 전시된 로켓광장, 태양전지, 해시계, 로켓분수, GPS 상시관측소 등도 볼만하다.

귀로에 중산일몰전망대에 들러 고흥과 보성 바다 사이로 해가 떨어지는 장관을 볼 수 있다면 더할 나위 없이 좋겠다. **KAIF**



사진 5 | 고흥 여행 지도



화성 성역으로 완성한 조선의 번벽축성술

장수찬

역사커뮤니케이터

조선 건축의 전환점, 수원 화성

1796년 9월, 조선 건축의 꽃이라 불리는 수원 화성(華城)이 완공되었다. 화성 축성은 정치적·기술적으로 모두 큰 의미를 지닌다. 정치적으로는 정조(正祖, 1752~1800)가 아버지 사도세자(思悼世子)의 묘소를 풍수지리적으로 명당인 화성으로 옮기며, 효심을 통한 왕권 강화를 꾀한 상징적 조치였다. 기술사(史)적으로 보면 조선 시대의 영

건(營建)·축성(築城) 기술이 ‘전례(前例)¹⁾’라는 틀에 갇혀 정체되어 있던 상황에서 혁신의 신호탄을 쏘아올린 일대 사건이었다. 대표적인 혁신 사례가 번벽축성술(燔甓築城術)²⁾의 완성이었다.

‘전례(前例)’라는 전통이 기술 발전을 가로막다

1592년 임진왜란으로 인해 많은 건축물이 병화(兵火)³⁾로 일실되었다. 민간 주택뿐만 아니라 관



© 국가유산포털

그림 1 | 화엄사 각황전 (1702년 재건)

거대한 석축 위에 세워진 정면 7칸, 측면 5칸인 2층 건물로 조선 후기에 지어진 건물 가운데 최대의 규모를 자랑하는 웅장하고 아름다운 불전(佛殿)으로 전한다. (이강근, 「17세기 碧巖 覺性의 海印寺·華嚴寺 再建에 대한 연구」, 2019)

1) 예로부터 전하여 내려오는 일 처리의 관습

2) 벽돌을 굽는 방식으로 성을 쌓는 건축 기술

3) 전쟁으로 인한 화재

아, 궁궐, 그리고 불교 사찰까지 전소한 것이다. 그렇기 때문에 임란 이후 많은 건축물들이 재건(再建)되는데 특히, 사찰 건물은 다양한 기술이 활용되어 이전과 달리 개성있고 특색있는 불전(佛殿)이 등장한다. 풍부하지 못한 불사(佛寺)의 재정 탓에 시공 장인은 전례를 의식하지 않고 형편에 맞추어 기술력을 최대치로 끌어올린 결과였다.

예를 들어, 1702년 재건된 화엄사 각황전은 거대한 석축 위에 세워진 2층 건물로, 조선 후기 사찰 가운데 가장 웅장하고 아름다운 건축물 중 하나로 꼽힌다. 반면, 관아, 궁궐, 성곽 등 국가 주도의 건축물은 재정이 풍부했음에도 불구하고 기술적 변화가 거의 없었다. 이는 조선이 유교적 질서와 '고례(古例)⁴⁾'라는 의식(ritual)을 중시한 사회였기 때문이다. 조선의 관료들은 『의궤(儀軌)』와 『등록(曆錄)』 등 과거 기록을 엄격히 따르며, 새로운 공법의 도입보다 기존 방식을 반복하는 데 주력하였다.

예컨대, 산릉(山陵) 공사에서 정자각을 시공할 때 건식공법이 더 효율적이라는 사실을 알면서도 전례가 없다는 이유로 구식인 습식공법만 고수하였다. 이렇듯, 기술 발전을 저해하는 전례 중심의 사고방식은 조선의 시공 기술을 오랜 기간 정체시켰다. 그러나 전례 답습 방식에 조금씩 변화가 생기기 시작한다. 틀에 묶여있던 조선 관료가 선진문물을 경험하면서 혁신을 이해했기 때문이다.

벽돌로 쌓은 희망, 성곽에 담긴 혁신의 그림자

1644년 혈맹과 다름없던 명나라가 멸망하고, 적국 청나라가 중국을 지배하면서 조선은 커다란 위기의식을 가지게 된다. 기존 사대질서는 주종관계로 전락하여 외교뿐만 아니라 국방정책도 청황제의 눈치를 보았다. 특히, 중국으로부터 받아들이는 선진문물까지 청나라의 통제를 받아야만 했다. 대표적 기술이 벽축성술(蟠甃築城術)이다.



© 규장각한국학연구원

그림 2 | 척계광(戚繼光)의 『기효신서』 서문

권13 〈서문(守哨篇)〉은 수성전(守城戰)에 필요한 각종 성의 규모와 다양한 시설물(지, 계안, 옹성 등)의 규격과 모양을 그림과 함께 설명하고 있다.

벽축성술은 임진왜란 당시, 명나라로부터 들여온 『기효신서(紀效新書)』라는 병법서를 통해 알게 된다. 『기효신서』는 벽돌을 활용한 중국 성제(城制)의 방어시설을 소개하고 있는데 우리나라에는 없던 방어책이었다. 전통적으로 흙[土城]이나 돌[石城]로 성곽을 쌓았을 뿐, 우리 조상들은 벽돌

4) 옛적부터 내려오는 관례.



을 활용하여 성곽을 설치하지 않았었다. (조선 전기인 1393년 개성부 내성을 벽돌로 쌓은 사례가 최초이다.)

더군다나, 벽돌로 축성한다면 효율과 경제성면에서 토성이나 석성보다 재정부담을 덜고 노동력 또한 절감할 수 있었다. 조선은 이러한 방식에 주목하여 경세치용(經世致用, pragmatism)⁵⁾을 강조한 관료 중심으로 벽돌을 활용한 축성공사를 시도하기 시작했다. ‘이미 중국에서 시험해본 선진적인 방식’이라는 인식이 있었기 때문이다.

그러나 ‘전례’에 묶여 전통 방식에 익숙한 다수 관료의 태도와 청의 통제로 인한 기술 도입의 제약은 큰 걸림돌이 되었다. 청은 조선의 성지(城地)⁶⁾ 수축을 금지했기 때문에 벽돌 제조에 관심있던 소수의 조선 관료들은 은밀한 방식으로 벽돌 제조 기술을 수입할 수밖에 없었다.

제국의 기술, 연행(燕行)⁷⁾에서 해답을 찾은 조선

청과의 외교 사절인 연행사(燕行使)는 단순한 외교 사절을 넘어 실질적으로 정보 수집과 기술 도입의 창구 역할을 하게 되었다. 특히, 사신들은 청나라의 견고하고 웅장한 벽돌 성곽에 큰 관심을 보였으며 제작 기술을 배우고자 노력하였다.

5) 학문은 세상을 다스리는 데에 실질적인 이익을 줄 수 있는 것이어야 한다는 유교의 한 주장

6) 성과 그 주위에 파놓은 땅

7) 사신이 중국의 베이징에 가던 일. 또는 그 일행.

8) 집이나 담이 허물어졌거나 낡은 것을 다시 고쳐 짓거나 쌓음

1683년, 동지사(冬至使)로 청에 다녀온 조사석(趙師錫, 1632~1693)은 사행 도중 벽돌가마를 발견하자, 군관들에게 값을 주고 벽돌 굽는 법을 배우도록 지시하였다. 귀국 후 중국식 벽돌 제조 방식을 시범적으로 실험했고 경제성과 효율성은 물론, 품질 면에서도 우수함이 입증되자 조사석은 이 기술을 전국적인 축성 공사의 기본으로 활용할 것을 건의하였다. 숙종 임금은 이를 수용하였고 중국의 선진 기술은 연행사 등을 통해 조선에 점차 정착하며 실용화되기 시작했다.

그러나, 벽돌을 활용한 성곽 수축은 쉬운 일이 아니었다. 벽돌만 제조한다고 해서 성곽이 완성되는 것은 아니었기 때문이다. 당시 관료들은 기술상 미숙함을 이유로 성가퀴만 벽돌로 쌓고, 성의 몸통에 해당하는 체성(體城)은 돌로 쌓는 방식으로 성곽을 완성했다.

포탄은 막았으나, 땅은 걷디지 못한 벽돌성의 역설

숙종의 아들인 이은 영조 임금은 강화도 외성을 아예 벽돌로 개축(改築)⁸⁾하라고 명령했다. 명령을 받든 강화유수 김시혁은 1742년 강화도를 일주(一周)하는 강화외성을 벽돌로 다시 쌓는 작업을 진행한다. 그는 청나라 연행시 웅장한 벽돌

성을 경험한 적이 있어 그 견고함을 시험해보고자 했다. 병자호란 당시 경험을 되살려 벽돌성이 대포 공격을 막을 수 있는지 알기 위해 포격을 진행하였는데, 약간의 구멍만 날뿐 성벽 전체가 허물어지지 않는 결과를 보였다. 김시혁은 이를 영조 임금에게 보고하였고 임금은 성과에 크게 만족했다.



© 국가유산 포털

그림 3 | 벽돌로 쌓은 흔적이 보이는 강화외성 오두돈대

하지만 예상치 못한 곳에서 문제가 발생했다. 완공 1년 후, 강화외성의 벽돌이 무너져 벼렸기 때문이다. 이는 기반을 다지는 기초공사가 부실한 게 원인으로 파악되었다. 벽돌 성을 시험해 본 것은 대담한 시도였으나 어쨌거나 실패로 귀결되어 벼렸다. 실패로 결론이 난 강화외성은 조선 정부와 관료들에게 벽돌에 대한 부정적인 인식만 크게 심어주었다.

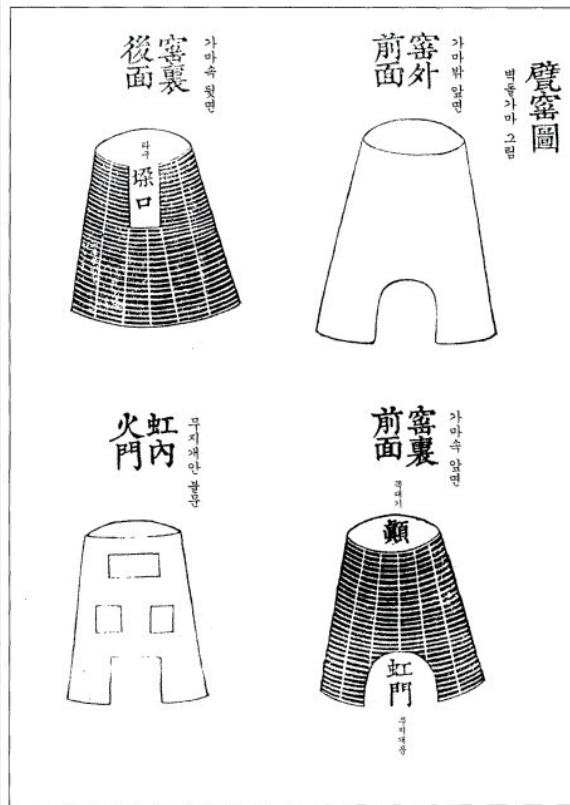
실패에서 배운 교훈이 담긴 수원 화성의 시공

영조 임금의 뒤를 이어 정조가 등극하자, 많은 부분에서 개혁 조치가 이루어졌다. 규장각과 장용영을 설치하는 등 왕권 강화에 심혈을 기울였다. 그 가운데 정조가 추진한 사업 중 절정은 화성 성역이었다. 성역(城役)은 아버지 사도세자 묘소가 있는 현릉원을 수호하는 동시에, 왕권을 위협하는 서울 경화세족의 권력을 견제하는 조치였다. 화성의 성공을 위해 정조는 최신 공법을 동원하는데 이 중에는 번벽축성술도 있었다.

번벽축성술은 강화외성 붕괴 사건 이후에도 꾸준히 경제치용을 강조한 소수 관료와 학자들에 의해 보완되며 완성되어 있었다. 그 핵심기술은 벽돌기마의 제작이었는데, 화성 건설에는 종 모양의 중국식 벽돌기마[甃窯]가 등장한다. 조선 전통기마인 굴기마는 횡염식기마(橫鹽式窯)⁹⁾로 내부 온도 차이가 커서 열 조절이 어려웠지만, 벽돌기마는 승염식기마(昇鹽式窯)¹⁰⁾로 연소실과 소성실이 나란히 배치되어 비교적 적은 땔감으로도 더 높은 온도를 낼 수 있는 장점이 있었다. 조선 전통 기마는 더 많은 땔감을 사용하고도 장인 한 명이 14.5장의 벽돌을 생산했지만, 중국 벽돌기마는 적은 땔감으로도 장인 한 명이 100장 이상의 벽돌을 생산했으니, 경

⁹⁾ 가마 내부 불길의 진행 방향이 가로 방향인 가마

¹⁰⁾ 가마 내부 불길의 진행 방향이 아래에서 위로 진행하는 상하 구조로 이루어진 가마



©『화성성역의궤』(1801)

그림 4 | 화성성역의궤〈도설〉편에 등장하는 벽돌가마의 스케치

제성과 효율성 면에서 중국 벽돌가마는 조선 전통 가마를 압도했다. 게다가 강화외성의 실패를 거울 삼아 기초공사를 튼튼히 하여 이전처럼 화성의 벽돌이 무너져 내리는 일도 없었다. 이전의 경험치가 훗날의 대비가 되었던 셈이다.

최신 공법을 활용한 화성 성역은 공사 기간마저 단축할 수 있었다. 당초의 건설 기간은 10년을 예상했지만 거중기의 도입, 벽돌의 활용, 녹로(轆轤, 도르래 장치)의 제작 등 최신 기술 덕분에 2년 6개월 만에 완성할 수 있었다.

조선 정부는 위대한 성과를 기록으로 남기고자 『화성성역의궤』를 편찬했는데, 축성 당시 설계도와 공사 내역을 글과 그림으로 철저하게 남겨놓았다. 그 결과, 일제 강점기와 6.25 당시 파괴되었던 수원 화성 원형에 가깝게 복원할 수 있었다. 화성의 완벽한 복원은 전 세계를 놀라게 했다.

1997년 화성은 세계문화유산이 되었으며 기록 성과인 『화성성역의궤』는, 2007년 『조선왕실의궤』와 함께 세계기록유산으로까지 등재되었던 것이다. **KNIF**

한국-캐나다 원자력 비즈니스 포럼 개최

계속운전, SMR 분야 등에서 미래 협력 가능성 확인



한국과 캐나다의 원자력 산업계를 대표하는 주요 기관과 기업들이 참여한 ‘한국-캐나다 원자력 비즈니스 포럼’이 6월 17일 화요일, 한국수력원자력 방사선보건원 2층 비전홀에서 개최됐다.

양국의 원자력 산·학·연 관계자 90여 명이 참석한 이번 포럼에는 한국수력원자력, 한국원전수출산업협회, 주한 캐나다 대사관, 주한 퀘벡정부 대표부, 캐나다원자력산업기구(OCNI, Organization for Canadian Nuclear Industries), 캐나다원자력협회(CNA, Canadian Nuclear Association), 퀘벡투자공사(IQI,

Investissement Québec International) 등 양국 주요 기관이 함께했다.

2023년 9월 첫 행사에 이어 2회째를 맞이한 이번 행사는 양국의 에너지 정책, 전력수급 계획 등의 정보를 공유하고 상호 시장 진출 및 제3국 공동 진출 등 실질적 협력 방안을 모색하기 위한 자리로 마련됐다.

양국 대표, 원자력 분야에서의 전략적 협력 강화 강조

황주호 한국원자력산업협회장은 개회사를 통해 “글로벌 에너지 패권 경쟁이 더욱 치열해지



사진 1 | 황주호 한국원자력산업협회장

는 가운데, 에너지 안보 확보와 탄소배출 저감, 산업 경쟁력 강화를 위한 해법으로 원자력의 역할이 다시 주목받고 있다”며, “이러한 흐름 속에서 한국과 캐나다는 기존의 협력 관계를 넘어 ‘전략적 동반자’로서 협력을 더욱 확대해 나가야 한다”고 강조했다.

이어진 축사에서 타마라 모휘니(Tamara Mawhinney) 주한 캐나다 대사는 “2년 전 포럼

참석에 이어 올해에도 함께 할 수 있어 기쁘다”는 말을 전하며, 임기가 끝나는 7월 이후에도 양국의 우호 관계를 늘 응원하겠다는 뜻과 함께 지속적인 협력을 당부하였다.

다미앙 페레이이라(Damien Pereira) 주한 켐べ정부 대표도 이번 교류의 중요성을 강조했다. 그는 “글로벌 선도기업 AtkinsRéalis도 사실 켐베기업”이라며, “주(州) 내에 운영 중인 원자로



사진 2 | 타마라 모휘니 주한 캐나다 대사



사진 3 | 다미앙 페레이이라 주한 켐베정부 대표



사진 4 | 한국-캐나다 B2B 미팅

는 없지만 이곳에 기반을 둔 많은 기업이 한국과 실질적 협력을 이어오고 있고, 양국의 교류가 향후 글로벌 에너지 수요 해결에 큰 기여를 할 수 있을 것”이라는 기대를 나타냈다.

에너지 안보와 탄소중립이라는 공동 과제를 앞에 두고, 참가자들 또한 원자력의 전략적 가치와 한국-캐나다 협력의 시의성에 깊이 공감하는 분위기였다.

양국 기업, 공급망 연계 및 실질 협력 논의

본 포럼에서는 양국의 원자력 관련 현안과 향후 협력 방안을 주제로 다양한 발표가 이루어졌다. 먼저, 국가 에너지정책 추진 방향과 원전 공급망 현황에 대한 주제 발표가 각각 한국원자력산업협회와 캐나다원자력협회에 의해 진행되었다. 이어 한국수력원자력은 중수로 운영 현황 및 설비개선 계획을, 캐나다원자력산업기구는 SMR 관련 정책 및 사업 추진 현황에 대해 발표하였다.

주제 발표에 이어 캐나다 주요 참여기업에 대한 소개도 이루어졌다. 캐나다원자력연구소(CNL, Canadian Nuclear Laboratories), 캐나다수출개발공사(EDC, Export Development Canada) 등 정부 조직뿐만 아니라 Velan, L3Harris 등 캐나다 공급망 핵심 기업들이 참여해 자사의 사업영역과 국내 기업과의 협업 기회 등에 대해 공유하였다.

이후에는 양국 기업 간의 실질적인 비즈니스 교류가 진행됐다. 2시간 남짓한 짧은 시간 동안 50건이 넘는 B2B 미팅이 매칭되었으며, 이를 통해 상호 협력 가능성과 구체적 사업 연계 방안 등이 집중적으로 논의되었다.

캐나다 대표단, 국내 원전 연구 인프라 시찰

본행사 하루 전인 6월 16일, 캐나다 원전기업 대표단은 대전에 소재한 국내 연구시설을 방문하였다. 이들은 먼저 한국원자력연구원의 연구용원자로(HANARO)와 소듐 열유동 종합



사진 5 | 캐나다 원전기업 대표단 대전 연구시설 방문

효과 시험장치(STELLA)를 둘러본 후, 한국수력원자력 중앙연구원으로 이동하여 i-SMR 시뮬레이터와 통합예측진단(AIMD, Artificial Intelligence Monitoring & Diagnosis) 센터를 차례로 방문하였다.

이번 방문에 참석한 한 캐나다 관계자는 “대한민국의 우수한 연구 인프라와 기술역량을 직접 확인할 수 있었던 뜻깊은 시간이었다”고 소감을 전했다.

한편, 캐나다는 혁신과 기술력에서 앞선 ‘티어1 원자력 선진국’으로 평가받는다. 독자적인 원자로 기술과 탄탄한 산업 생태계를 바탕으로 원자력 분야에서 주도적인 위치를 차지하고 있

으며, 세계 2위의 우라늄 생산국으로서 세계 원전 시장에 안정적으로 연료를 공급할 수 있는 기반도 갖추고 있다.

양국은 1983년 월성의 중수로형(CANDU) 원전 도입을 시작으로 지금까지 꾸준한 협력을 이어오고 있다. 최근에는 협력 범위를 넓혀 류마ニア 체르나보다 원전 설비개선 사업 등 해외 프로젝트에서도 공동으로 사업을 추진하고 있다.

향후 소형모듈원자로(Small Modular Reactor, SMR) 분야 등에서도 활발한 협력이 이루어질 것으로 기대되는 가운데, 한국원자력산업협회는 양국 원자력계의 협력 기반 조성에 지속 힘쓸 계획이다. **KNIF**

드론 시대의 명과 암: 혁신과 규제 사이의 균형



드론은 원격 조종으로 하늘을 자유롭게 날아다니며 다양한 역할을 수행하는 무인 항공기이다. 법률적으로는 항공안전법상의 ‘초경량비행장치’에 속하며, 사람이 타지 않고 날아다니는 모든 것을 지칭하는 UAV(무인 항공기, Unmanned Aerial Vehicle)로 해석되기도 한다. 드론의 어원은 수벌이 윙윙거리는 소리에서 유래했다는 설과, 1930년대 영국에서 포격 연습용 무인 비행체 ‘퀸 비(Queen Bee)’를 ‘드론(수벌)’으로 바꾸어 부르게 된 것에서 유래했다는 설이 있다. 드론은 본래 군사용으로 개발되어 1849년 열기구 형태로 전투에 사용되

었고, 제1·2차 세계대전에서 중요한 전투무기로 활용되었다. 현대적인 원격조종 무인기 연구는 1898년 니콜라 테슬라의 선박 무선 조종 기술에서 시작되었으며, 1917년 미 육군의 ‘에어리얼 토페도’ 개발로 이어졌다. 최초의 재사용 가능한 드론은 1930년대 초 영국에서 개발된 DH-82 ‘퀸 비’로, 현재 드론의 실질적 원조로 평가된다.

드론 기술은 최근 몇 년 사이 빠르게 발전하며 군사부터 상업, 일상생활까지 다양한 분야에서 혁신적인 변화를 이끌어내고 있다. 드론 시장은 그 다양한 쓰임새를 기폭제로 가파른 성

장세를 보인다. 2023년, 전 세계 드론 시장 규모는 약 337억 달러(약 45조 원)에 이르렀고, 2030년에는 545억 달러까지 연평균 7.1% 성장할 것으로 전망된다. 특히 군용 드론 시장은 2023년 144억 달러에서 2030년 356억 달러로 성장할 것으로 예상된다. 한편, 드론의 확장 개념인 도심항공교통(UAM)은 도심 교통 혼잡과 환경 문제를 해결할 ‘게임 체인저’로 주목받고 있다. 2040년에는 세계 시장 규모가 6,090 억 달러(국내 13조 원)에 달할 것으로 전망되며 연평균 30%씩 성장할 것으로 예상된다. 특히 중국은 세계 최대 드론 업체인 DJI를 필두로 세계 드론 시장에서 압도적인 점유율을 차지하고 있다. DJI는 2021년 기준 미국 시장의 76.1%를 점유하고 있다. 중국산 드론은 미국에서 취미용 드론 시장의 90% 이상, 산업용 드론의 70%, 응급 구조용 드론의 80% 이상을 점유한다.

DJI의 성장은 중국 정부의 대대적인 지원을 자양분으로 삼았다. 중국은 2003년 선전시에서 ‘통용 항공 비행 관제 조례’를 제정하고 2009년 국가 차원의 지침을 마련하는 등 선제적으로 드론 산업 육성에 나섰다. 미국은 DJI 드론 사용을 금지하고 무역 제재 리스트에 포함하는 등 중국산 드론 규제를 강화하고 있으나, DJI 제품을 대체할 만한 미국산 또는 유럽산 제품이 가격, 가용성, 사용 편의성, 품질 면에서 마땅치 않아 미국의 견제가 잘 먹히지 않는다는 평가도 있다.

우리나라도 미래 성장동력 산업인 UAM의 상용화를 목표로 ‘K-UAM 로드맵’(2020년 6월) 및 ‘모빌리티 혁신 로드맵’(2022년 9월) 등에 따라 대규모 실증, R&D, 규제 특례 등 전방위적 정책을 추진 중이며, 드론 산업도 ‘드론 실증도시 및 상용화 지원 사업’(2018년~)과 ‘드론 산업 얼라이언스’(2025년 5월~)를 계기로 기술 개발부터 실증, 수출까지 전 과정을 체계적으로 지원하기 위해 노력하고 있다. 특히, 2025년 6월 6일 트럼프 미국 대통령이 드론·eVTOL(전기동력 분산 수직이착륙기) 행정명령을 발표하며 미국 중심 산업 재편, 탈중국 공급망 가속화, 규제 완화 등을 추진하는 등 글로벌 UAM 및 드론 산업은 중대한 전환점을 맞고 있으며, 이는 국내 산업에도 새로운 기회와 도전으로 작용할 것으로 예상된다. 다만, 우리나라는 세계 최고 수준의 배터리와 ICT 기술을 보유하고 있음에도 불구하고, 기체 개발 및 자율비행 기술 격차는 해결 과제로 남아있으며, 드론 기업들이 영세하고 기체의 외산 의존도가 높은 실정이라고 전문가들은 말한다.

드론은 다양한 산업 분야에서 혁신적인 활용 사례를 보여준다. 농업 분야에서는 정밀 농업의 필수 도구로 농작물 생육 상태 모니터링, 병해충 감지, 비료 및 농약 정밀 살포를 통해 노동력을 절감하고 생산성을 높인다. 물류 및 배송 분야에서는 아마존 같은 대기업들이 소형 물품 배송을 시범 운영하며, 교통 체증을 피해 더 빠

르고 효율적인 서비스를 제공할 잠재력을 보인다. 특히 재난 지역이나 산간 지역에 긴급 의약 품이나 구조 물자를 신속하게 전달하는 데 활용되며, 국토교통부 K-드론 배송 프로젝트¹⁾는 2024년에 시작되어 현재까지 진행 중이며, 드론 배송 상용화를 위한 다양한 실증 사업과 지원 사업이 추진되고 있다. 영화 및 방송 분야에서는 헬리콥터 없이 고화질 영상을 촬영하여 제작비를 절감하고 창의적이고 다이내믹한 영상 연출을 가능하게 한다.

재난 관리 및 구조 분야에서 드론은 재난 현장의 실시간 데이터 제공, 접근 어려운 지역 탐사, 피해 상황 분석, 실종자 수색에 큰 도움을 준다. 울산은 재난안전도시로서 원전사고 대비 방호장비 배송, 불법 드론 대응 안티드론 운용, 조난자 수색·구조 사업에서 성과를 보였고, 산불 진화 시 야간 열화상 카메라를 통해 진화 상황을 확인하기도 했다.

대형 구조물 점검 및 유지보수 분야에서는 교량, 댐, 발전소 같은 대형 구조물의 외관 점검, 고층 아파트 화재 진압 및 구조 장비 조달, 시설물 균열 확인 등 안전 점검에 활용되어 안전성을 강화하고 유지보수 효율성을 극대화한다. 특히 사람이 접근하기 어려운 석유·가스 시추 시설, 발전소, 송전선 등 에너지 산업 시설 점검

에 이점이 있다.

환경 보호 분야에서는 산림 감시, 불법 벌목 단속, 야생 동물 보호, 해양 쓰레기 수거 등 다양한 임무를 수행한다.

군사적 활용 측면에서 드론은 소형임에도 상대에게 엄청난 심리적 공포감과 위축을 형성하여 비용 대비 효과성이 우수하며, 러시아-우크라이나 전쟁에서는 드론이 전장의 군사력 균형을 뒤엎는 ‘게임 체인저’ 역할을 하고 있다. 우크라이나의 ‘거미줄 작전²⁾’은 비핵보유국이 저렴한 재래식 무기체계로 핵보유국의 전략, 핵자산을 무력화시킨 역사상 최초의 사례로 평가된다. 또한 약 50만 원(400달러)에 불과한 ‘1인 칭 시점(FPV³⁾) 드론’이 수십억 원짜리 러시아 탱크를 타격하는 ‘가성비’를 보여주며 전장에서 ‘신화’에 가까운 지위를 얻었다. 우크라이나는 AI를 드론에 통합하여 통신 연결이 끊긴 상황에서도 자율적으로 목표를 식별하고 공격하도록 프로그래밍하여 ‘알고리즘 전쟁’의 시작을 알렸다.

드론 기술은 GPS, AI 및 머신러닝, 센서 기술, 통신 기술, 배터리 기술 등 다양한 기술의 발전과 맞물려 이루어졌다. 특히 비행 제어 시스템, 무선 및 위성 통신 기술, 고에너지 밀도 배터리, 고강도 경량 소재인 탄소섬유 복합재 등의 기

¹⁾ 드론을 활용하여 도서 지역, 산간 지역, 섬 등에서 생필품 및 음식 등을 배송하는 사업

²⁾ 러시아-우크라이나 전쟁 중 2025년 6월 1일 우크라이나 보안국(SBU)이 러시아 깊숙이 침투하여 수행한 비밀 드론 공격

³⁾ First Person View, 조종사가 드론에 장착된 카메라의 시야를 실시간으로 보면서 조종하는 드론

술 발전도 빠르게 진행 중이다. 미래 드론 기술은 AI를 기반으로 한 완전 자율 비행 드론이 주를 이루어 배송, 농업, 재난 구조 등에서 효율성을 크게 향상시킬 것이며, 드론 택시와 같은 혁신적인 서비스도 가능하게 할 것이다. 또한 사물 인터넷(IoT)과 통합되어 스마트 도시 관리 등 상호 연결된 환경에서 더욱 정교한 임무를 수행할 것으로 기대된다.

드론 기술의 발전과 함께 해결해야 할 사회적 과제들도 존재한다. 드론 상용화의 큰 걸림돌로는 법적 규제의 미비가 지적되며, 특히 프라이버시 침해 문제가 심각하다. 고층 아파트 등에서 드론을 띄워 사생활을 몰래 찍는 '드론 몰카 피해'가 증가하고 있으나, 현행법상 주거 침입으로 보기 어려워 단속과 처벌이 어려운 경우가 많다. 또한 국가 안보 및 테러 위협 측면에서도 우려가 큰데, 2022년 12월 북한 무인기 영공 침범 사건과 같이 국가 중요 시설이 드론 공격 또는 테러를 당하는 일이 전 세계 곳곳에서 발생하고 있다. 저렴하고 상용화된 드론 기술 덕분에 과거 강대국에만 국한되었던 첨단 군사적 능력이 약소국이나 비국가 행위자들

(non-state actors)도 이용할 수 있게 되면서 '전쟁의 민주화' 현상이 나타나고 있다. FPV 드론의 등장은 살상에 대한 죄책감을 덜 느끼게 하는 '버튼 누르기 전쟁'을 확산시켜 치명적 자율무기 시스템에 대한 인간 통제와 관련된 윤리적 논쟁을 제기한다. '컨테이너 전쟁'이라는 신조어는 평범한 화물 컨테이너에 무기화된 드론이 적재되고 민간 트럭이 동원되는 미래 전쟁의 양상을 예고하기도 한다.

드론 기술은 비약적인 발전을 이루고 있으며, 앞으로도 도심 항공교통(UAM), 물류 자동화, 스마트팜, 환경 감시 등 새로운 응용 분야에서 산업 전반의 핵심 기술로 자리잡아 갈 것으로 기대된다. 자율 비행, AI 기술, IoT와의 결합 등을 통해 드론은 더 많은 분야에서 혁신을 가져올 것이며, 그 활용 범위도 크게 확장될 것이다. 그러나 법적 규제, 안전성, 배터리 성능 등의 해결해야 할 과제들도 남아있다. 이러한 도전 과제들을 극복한다면, 드론은 우리의 생활을 더욱 편리하고 효율적으로 만들어줄 핵심 기술로 자리 잡을 것이다. **KNIF**

동우일렉트릭(주)

회사소개

동우일렉트릭(주)은 1988년 에폭시 절연 기술의 태동기에 설립되어 기술적으로 불모지였던 국내시장에, 에폭시 몰드 절연 변성기의 국산화를 위하여 에폭시 절연분야에 끊임없는 연구개발로 배전급은 물론, 초고압 절연 제품까지 개발·공급함으로써 국내 에폭시 몰드 기술 전반에 걸친 질적, 양적 성장을 이루었다. 최근 정부의 “저탄소녹색성장” 에너지 정책에 따라 “스마트화, 친환경화”를 위해 축적된 기술을 기반으로 친환경 신기술, 신제품개발에 더욱 매진하여 고객의 니즈를 만족시키고자 전 임직원이 혼연일체가 되어 혁신을 추구하고 있다. 신규 원천기술확보 및 차별화된 품질경쟁력, 혁신적인 원가경쟁력으로 해외 마케팅 강화를 통해 국내를 넘어 세계 최고의 변성기, 절연물과 친환경 전력기기 전문 제조업체로의 도약을 꿈꾸며 글로벌 초우량 기업을 향해 전진하고 있다.

주요 제품소개



계기용 변류기



계기용 변압기



중전압 절연물



고전압 전력기기 (개폐기, GIS)

보유기술 및 인증

순번	인증명칭	인증번호	인증일
1	환경인증	ISO 14001	2015
2	품질 인증	ISO 9001	2015
3	안전보건경영시스템	ISO 45001	2018
4	경영시스템인증서	ISO 37001	2024
5	원자력 계기용변성기 인증	EN-244	2020
6	계량기 제조업	제 2018-전남나주0001호	2018
7	기업부설연구소	제20022091호	2002
8	에너지 특화 기업 인증서	제 2021-41호	2021
9	IBK 강소기업 선정서		2023
10	혁신기업 국가대표 1000	제2020-28호	2021
11	기죽친화인증서	제 2023-0335호	2023
12	메인비즈	제 R110601-02695 호	2011
13	이노비즈	제 R2061-0528 호	2024
14	소부장 전문기업	제 28833호	2022
15	뿌리기업	제 23212-19127호	2020
16	KEPCO Trusted Partner(KTP) 인증서	No. 2022-KTP-001	2022
17	지식재산 경영인증서	제 2024-0083호	2024

주요 국내외실적

- 현대일렉트릭
 - 신한울 1·2호기, 한빛 1·2호기, 고리 3·4호기, KNPC ZOR PJT 등
- 효성중공업
 - 고리 2호기, 신고리 4호기, UAE BARAKA 원자력, 이스라엘 모바일 변전소 PJT 등
- LS일렉트릭
 - 미국/SPS, xAI, Black Pearl IDC PJT 등
- 선도전기
 - 새울원자력본부 PJT

소통 창구

- 담당자 : 전사QM 최귀현 매니저
- 대표번호 : 031-611-8000



(주)영남메탈

회사소개

(주)영남메탈은 1986년 5월 사업을 시작한 이후 지난 40여 년 동안, 배관연결구 및 누수복구 클램프(PIPE COUPLING) 분야에서 전문성과 경험, 차별화된 기술과 혁신에 기반하여 성장해 왔다. 꾸준한 연구개발을 통해 현재 각종 배관연결용 캡팅, 화제보호용 캡팅, 엘보(곡관) 보수용 등 배관연결구 및 무단수 누수복구 클램프 분야 사업을 영위하고 있으며, 미래 시장에 선제적으로 대응할 수 있는 사업 경쟁력을 확보하기 위해 불철주야 노력하고 있다.

주요 제품소개



배관연결구(GR-S)



누수보수용(RCH-S)



곡관(엘보) 보수용



제품 전체 사진

주요 국내외실적

국내 실적

- 조선 중공업 분야 : 현대중공업, 현대미포, 현대삼호중공업, 삼성중공업 외
- 건설분야 : 현대건설, 삼성건설, 대우건설, (주)한양, 롯데건설 외
- PLANT분야 : 태안화력발전소 한화파워시스템, 두산엔진 외
- 설비 및 엔지니어링 분야 : 한국지역난방공사, 한국환경공단, 삼성엔지니어링 외
- 상수도 분야 : 서울특별시 상수도 사업소 및 구청수도과, 한국수자원공사 외

해외 실적

그리스, 나이지리아, 남아공, 네델란드, 노르웨이, 뉴질랜드, 대만, 독일, 두바이, 러시아, 말레이시아, 미국, 브라질, 베트남, 사우디아라비아, 스위스, 스페인, 싱가포르, 아르헨티나, 에스토니아, 영국, 이란, 이집트, 이태리, 인도, 인도네시아, 일본, 중국, 캐나다, 콜롬비아, 태국, 튜르키예, 파키스탄, 핀란드, 호주, 홍콩, 사우디 등 세계 35여 개국에 수출

소통 창구

- 담 당 자 : 김병철 이사
- 대표번호 : 055-345-3195

보유기술 및 인증

특허 등록사항

- 특허 11건 (해외 1건 포함), 디자인 2건, 상표 2건

형식승인 (PIPE COUPLING(Mechanical Joint))

- ① ABS (미국선급협회)
- ② BV (프랑스선급협회)
- ③ DNV (노르웨이선급협회)
- ④ NK (일본선급협회)
- ⑤ LR (영국선급협회)
- ⑥ KR (한국선급협회)
- ⑦ RMRS (러시아선급협회)

기타 인증 현황

- ① ISO 9001:2015 BY L.R.Q.A.
- ② KC 인증 (위생안전기준)
- ③ 이노비증인증 (중소벤처기업부)
- ④ (주)영남메탈 연구개발 전담부서 (한국산업기술진흥협회)
- ⑤ 세계일류상품 인증 (산업통상자원부)
- ⑥ 소재·부품·장비 전문기업 인증 (산업통상자원부)
- ⑦ 우수조선기자재 인증 (한국조선기자재협동조합)
- ⑧ 2025년 혁신형 물기업 지정 (환경부)

2025 세계 원자력발전 현황과 동향

발간 안내

본 도서는 전 세계 41개국에서 운전·건설·계획 중인 원전 현황, 주요 국가별 원전 정책 동향, 세계 통계자료 등 원자력 정보가 수록된 자료로, JAIF, IAEA, WNA, 에너지경제연구원 등에서 발표한 국내외 원자력발전 현황과 동향을 정리하였습니다.



도 서 명 2025 세계 원자력발전 현황과 동향

페 이 지 258면

구 입 방 법 KAIF 홈페이지 > 우측 Quich Menu (도서 구매)

정 가 80,000원 (송료 포함) 회원가 60,000원

구 입 문 의 02-6257-2583, yearbook@kaif.or.kr

국내 최초 산업용 원전 고리 1호기 해체 승인 Nuclear Decommissioning Business Forum 2025 2025 원전해체 비즈니스 포럼

2016년부터 매년 개최하여 올해 10회를 맞는 비즈니스 포럼에서 국내 원전해체 준비 현황을 살펴보고 글로벌 원전 해체 경험을 공유하고자 하오니 많은 관심과 참여를 바랍니다.

일 시 | 2025. 8. 19. (화) 11:30 ~ 18:00

장 소 | 경주 라한 셀렉트 컨벤션홀 (B1)

참석대상 | 원전해체 분야 산·학·연 관계자

프로그램

시간	내용
11:30~13:00 (90')	참가등록 및 오찬
13:00~13:15 (15')	[개회사] 황주호 한국수력원자력 사장 겸 원자력산업협회 회장 [축사] 산업통상자원부 에너지정책실장

[1부] 원전해체 산업 현황과 계획	[좌장] 정재학 경희대 원자력공학과 교수
---------------------	------------------------

13:15~14:40 (85')	국내 원전해체 사업 추진 현황과 계획 (발주계획 포함) 오으뜸 한국수력원자력 원전사후관리처 해체사업부 차장
	원전해체 R&D 추진 현황 및 향후 계획 김선일 원자력환경복원연구원 미래전략부장
	원전해체 장비 개발 현황과 계획 김남균 한전KPS 원자력정비기술센터 차장
	중수로 원전해체 디지털트윈 플랫폼 구축 현황 강기수 포미트 대표
	질의응답 및 토론
14:40~15:00 (20')	휴식

[2부] 원전해체 산업 상생과 경쟁력 강화	[좌장] 정재학 경희대 원자력공학과 교수
-------------------------	------------------------

15:00~15:50 (50')	한국원자력환경공단 기술이전 제도 소개 김진하 한국원자력환경공단 URL 추진팀장
	한수원 수출자원 체계 고도화 장태성 한국수력원자력 상생협력처 동반성장부장
	질의응답 및 토론
	휴식

[3부] 글로벌 원전해체 경험과 교훈	[좌장] 정재학 경희대 원자력공학과 교수
----------------------	------------------------

16:10~17:30 (80')	글로벌 원전해체 동향과 시사점 정재학 경희대 원자력공학과 교수
	NUKEM의 원전해체 경험과 계획 Andreas Riegel NUKEM Deputy Director of Engineering
	일본의 원전해체 경험과 계획 Akihiro Tagawa JAEA 나라하 원격기술 개발센터장
	Framatome의 원전해체 경험과 계획 Heiko Herbell Framatome Deputy Head of Business Development of IBG
	질의응답 및 토론
17:30~17:40 (10')	마무리 말씀 / 폐회

*상기 계획 및 발표주제는 변경될 수 있음