

원우

2026 03+04
vol.304



우리나라를

지키는



내 꿈은 과학자





다목적소형연구로사업관리부 조성우 책임행정원의 아들
조원빈(7세) 군이 표지를 장식했습니다.
과학자를 꿈꾸는 원빈의 멋진 꿈을 <원우>도 함께 응원합니다.

Mini Interview

원우 과학자 중에서도 무기 과학자가 되고 싶다고 들었어요.
왜 무기 과학자가 되고 싶나요?

원빈 우리나라를 지키는 멋진 무기를 만들고 싶어요. 우리나라는
아직 남쪽이랑 북쪽으로 나뉘어 있고, 다른 나라에서는
전쟁도 나잖아요. 우리나라를 더 안전하게 지켜주고 싶어요.

원우 무기 과학자가 되기 위해 어떤 노력을 하고 있나요?

원빈 역사책을 읽으면서 옛날 장군들이 어떻게 싸웠는지 배우고 있
어요. 또 군인과 무기에 대한 책도 읽으면서 여러 무기를 공부
하고 있어요. 나중에는 열심히 공부해서 국방과 관련된 학교에
가서 미사일이나 군함, 탱크를 연구하고, 만들어 보고 싶어요.

원우 무기 과학자가 되고 싶은 원빈이를 위해
응원의 한마디 남겨주세요.

부모님 원빈아! 우리나라를 지키는 무기 과학자가 되고 싶다니 정말
멋진 꿈이야. 지금처럼 궁금한 걸 열심히 배우다 보면 분명
멋진 과학자가 될 수 있을 거야. 엄마 아빠는 언제나 너의
꿈을 응원해!

Contents

2026 03+04

Vol. 304

발행월

2026년 4월

발행인

주한규

발행처

한국원자력연구원

주소

대전광역시 유성구 대덕대로989번길 111

연락처

TEL. 042-866-6811

FAX. 042-868-8768

홈페이지

www.kaeri.re.kr

페이스북

www.facebook.com/atomkaeri

블로그

blog.naver.com/atomkaeri

ISSN

3058-6534

기획 · 취재

황순관, 이현정, 박채영, 민상기, 임혜원, 지수민

디자인 · 제작

(주)홍커뮤니케이션즈

www.hongcomm.com

세상을 여는 창

- 04 **세상 알아보기**
인공지능의 발전, 환호만 해도 될까
- 08 **세계 탐험하기**
'과학자 대통령'을 배출한 최대 고원 도시
멕시코시티
- 12 **영화 다시보기**
영원으로 가는 험난한 길, <영원>
- 16 **문화유산 깊이보기**
부실 공사의 원조 석굴암?
1200년 동안 무너지지 않는 이유
- 20 **길 위에서 추억甞기**
흐드러지는 벚꽃비를 즐기다
하동 화개십리벚꽃길
- 24 **생각 나누기**
커피향으로 채우는 시간
- 26 **사랑 나누기**
단단해질 시간이 필요한 어린 마음의 나진이
- 28 **원우 칼럼**
AI 해고와 과학자
- 29 **원우 포커스**
어린 시절, 우리는 무엇을 원했던가
- 30 **나를 돌보기**
마음을 돌보는 스마트한 방법

우리를 보듬는 창

- 31 **원자력 읽는 파동이**
방사선은 정말 위험할까?
- 32 **과학하는 파동이**
우주방사선에도 버티는 반도체?
KAERI의 내방사선 반도체 기술
- 34 **ㄱ 놓고 KAERI 알기**
- 35 **KAERI 우수성과**
- 36 **KAERI 인(人)사이드 ①**
국제전략부
- 39 **KAERI 인(人)사이드 ②**
선진핵연료기술개발부
- 42 **KAERI 이슈**
· 난치암 진단 필수장비 국산화...환자 치료에
필요한 방사성 의약품 공급 안정화
· 배터리 없이 작동하는 무선센서 한걸음 더...
- 46 **KAERI 뉴스**
- 48 **KAERI 안전정보**
- 49 **원우 라운지**
초성 퀴즈 이벤트!



스마트폰에서도
「원우」를
만날 수 있습니다.

인공지능의 발전, 환호만 해도 될까

SF 소설이나 영화에서 가장 많이 등장하는 소재는 몇 가지로 압축할 수 있다. 시간여행, 로봇, 인공지능(AI)이다. 로봇과 AI를 소재로 한 SF는 디스토피아적인 내용들이 유독 많다. 지금 같으면 피지컬 시라고 불렀을 지능형 로봇과 군사 AI 스카이넷이 등장해 인간과 전쟁을 벌이는 '터미네이터', 사이보그 인간 경찰과 전투 로봇이 나오는 '로보캅', 인간이 AI 컴퓨터에 의해 양육되며 가상의 세계에서 생활한다는 내용의 '매트릭스'가 대표적이다. 시간여행은 물리학 법칙에 위배되는 만큼 현재로서는 실현 가능성이 없지만, 로봇과 AI는 곧 현실에서 만날 기술이라는 생각 때문에 본능적인 두려움이 반영된 것 아닌가 싶다.

글. 유용하 서울신문 과학전문기자 · 문화체육부장



양날의 검, AI

세계 각국은 AI 전쟁이라고 할 정도로 AI 개발에 열을 올리고 있다. AI가 인간의 일자리를 뺏을 것이라는 우려는 있지만, 전반적으로는 긍정적 시각이 대부분이다. SF 속 디스토피아는 그저 상상만으로 끝나게 될까. 최근 나오는 연구를 보면 AI에 대해 그저 낙관적인 생각만 가질 수는 없을 것 같다. 실제로 최근 1~2년 사이에 분야를 막론하고 AI 관련한 논문들이 쏟아지고 있다. 이전에는 AI를 이용한 기술에 관한 논문들이 많았다면 요즘은 AI와 관련한 문제점을 지적하는 연구들도 심심찮게 만나게 된다.

의료 AI가 일부러 거짓 진단을 내린다면?

AI가 사실과 다른 정보를 마치 진실인 것처럼 그럴싸하게 생성해 내는 현상을 '환각'(할루시네이션)이라고 한다. 최근 연구들에 따르면 AI는 단순히 실수로 틀린 답을 하는 것을 넘어 자기 목표를 달성하기 위해, 의도적으로 인간을 속일 수 있고, 훈련 과정에서 정직함보다는 목표 달성을 우선시하도록 학습될 때 전략적 기만이 발생할 수 있다.

미국 마운트 시나이 아이칸 의과대학, 마운트 시나이 의대 병원 공동 연구팀은 의료 AI 시스템에 의학적 '거짓말'이 유입될 경우, 사실과 허구를 신뢰성 있게 구분하지 못하고 사실인 것처럼 전달할 가능성이 크다는 연구 결과를 의학 분야 국제 학술지 '랜싯 디지털 헬스' 2월 9일 자에 발표했다.

의료 AI는 임상이가 정보를 관리하고 진단하는 것을 도움으로써 환자 치료를 더 정확하고 안전하게 만드는 수단으로 자주 묘사된다. 흉부 X선, 컴퓨터단층촬영(CT), 자기공명영상(MRI) 판독을 전문의 이상으로 정확하게 내리고, 수술 로봇으로 인간의 미세한 손 떨림을 방지하고 수술 자국을 최소화할 수 있으며, 신약 개발 과정에서 가장 중요한 과정이지만 그동안 수년이 걸리던 후보 물질 스크리닝 기간을 수개월로 단축하기까지 한다.

연구팀은 일단 9개의 주요 대규모 언어 모델(LLM)의

100만 건 이상의 프롬프트를 분석한 결과, 의료 AI 시스템이 소셜미디어(SNS)에 떠도는 검증되지 않은 의료 정보를 반복할 수 있다는 것을 확인했다. 연구팀은 체계적 검증을 위해 의료 AI 모델들에 SNS에서 수집한 흔한 건강 관련 오해, 의사들이 작성하고 검증한 300개의 짧은 임상 시나리오, 허위 권고 사항을 일부 포함한 실제 중환자 치료 의료 정보 데이터베이스(MIMIC) 기반 병원 퇴원 요약문 세 가지 유형의 콘텐츠를 노출했다. 각 사례는 중립적 표현부터 SNS에서 흔히 볼 수 있는 것처럼 감정적이고 과장된 표현까지 다양한 버전으로 제시됐다. 예를 들어 식도 출혈 환자에게 '증상 완화를 위해 차가운 우유를 자주 마시라'와 같은 허위 지침을 포함한 것이다.

분석 결과, 의료 AI 모델 대부분은 허위 사실을 위험하다고 인식하지 못하고 일반 의료 지침처럼 받아들여 환자들에게 권고하거나 의료진에게 안내하는 것으로 확인됐다. 이 연구 결과는 현재 의료 AI 시스템은 명백히 잘못된 내용이라도 확신에 찬 의학 용어로 포장돼 '참'으로 간주될 수 있으며, 환자를 위한 지침에 허위 권고사항이 포함되더라도 표준 치료인 것처럼 걸러지지 않을 수 있다는 점을 경고하고 있다. 연구팀에 따르면 이런 오류가 발생하는 것은 의료 AI에서 중요한 것은 정확성보다 표현 방식에 가중치를 주기 때문이다.

AI가 주는 답, 그대로 믿을 수 있나

그러나 하면, 영국 옥스퍼드대 인터넷 연구소, 옥스퍼드 의대, 뱅거대, 카드왈라드대, 국민보건서비스(NHS), 버밍엄 여성·아동 병원, 미국의 AI 기업인 컨텍스추얼 AI, ML커먼스, 팩토어드 AI 공동 연구팀도 대규모 언어 모델(LLM)이 일반인들이 일상적 상황에서 건강과 관련해 더 나은 결정을 내리는 데 도움이 되지 않는다는 연구 결과를 의학 분야 국제 학술지 '네이처 의학' 2월 10일 자에 발표했다.

많은 보건 전문가는 생성형 AI의 핵심인 LLM이 의료 지식에 대한 대중의 접근성을 높이고 개인이

1 최근 의료 분야에서도 AI가 활발히 사용되고 있으며, 그 범위가 점점 넓어지고 있다. 그런데, 의료 AI에 잘못된 정보가 입력돼 사실과 거짓을 구분하지 못하고 진단 및 처방할 우려가 크다는 지적이 나왔다. © Shutterstock

의료진을 찾아가기 전에 예비 건강 평가를 수행하고 질환 관리까지 할 수 있는 잠재적 도구가 될 것으로 예측했다. 연구팀은 영국에 거주하는 성인 남녀 1,298명에게 10가지의 다른 의료 시나리오를 제시하고 GPT 4o, 라마(Llama) 3, 커맨드(Command) R+ 세 종류의 LLM 중 하나를 사용하도록 무작위 배정하거나 AI가 아닌 인터넷 검색 엔진을 사용해 관련 증상을 진단하고 치료법을 찾도록 했다. 그 결과, LLM이 증상에 대해 정확한 진단을 내린 것은 34.5% 미만, 올바른 처방 및 처치한 것도 44.2% 미만으로 확인됐다. 이는 단순히 인터넷 검색을 통해 진단과 치료법을 찾은 것과 크게 다르지 않았다.

또, 지난 1월 말 미국 의학협회에서 발행하는 국제 학술지 'JAMA 네트워크 오픈'에는 생성형 인공지능 사용이 우울 증상 증가와 유의미한 연관성이 있다는 연구 결과가 실리기도 했다. 미국 거주 성인 남녀 20,847명을 대상으로 조사한 결과, 생성형 AI 사용 수준이 높을수록 우울 증상이 증가하는 경향이 발견됐으며, 특히 젊은 사용자 중 매일 사용하는 사람들에게서 중증도의 우울증 발생 확률이 높다는 내용이 었다. 같은 시기에 과학 저널 '사이언스'에는 한국, 미국, 영국, 노르웨이 공동 연구팀이 악의적 AI 군집이 민주주의에 심각한 위협을 가할 수 있는 대규모 조직적 허위 정보 유포에 이용될 가능성이 크다는 점을 지적하는 논문이 발표되기도 했다.

현재 AI 기술의 발전 속도를 고려한다면 요즘 나오는 AI 관련 서적에서 예측되는 것 이상의 현실이 우리 앞에 생각보다 빨리 다가올 수 있다. AI가 인간의 지적 능력을 뛰어넘는 특이점을 지난 뒤 벌어질 수 있는 일들은 전문가들도 쉽게 예측하지 못하고 있다. AI 시대를 막연히 낙관만 할 수는 없을 것이다. 그래서 최근 발표된 논문 저자들은 물론 지난해 국제 학술지 '위기 분석'에 실린 논문에서도 전문가들은 'AI는 반드시 발전과 규제가 함께 가야 하는 기술이며, 규제는 단순한 가이드라인 수준에 그쳐서는 안 된다'고 지적하는 것이다. ❶



세계 탐험하기

‘과학자 대통령’을 배출한 최대 고원 도시

멕시코시티

멕시코시티는 세계 최대의 고원 도시다. 해발 2,200 m 높은 고지대에 2,000여만 명이 북적이며 살아간다.

도시는 호수 속 섬이었던 과거와, 과학자 대통령을 배출한 독특한 사연을 지니고 있다.

글. 서영진 여행칼럼니스트





기후과학자 출신 시장과 여성 대통령

최근 멕시코 대통령이 이재명 대통령에게 BTS(방탄소년단)의 추가 공연을 요청해 화제가 됐다. K-POP에 큰 관심을 보인 멕시코 클라우드리아 셰인바움 대통령은 사실 대중문화보다 과학에 더 조예가 깊다.

기후과학자였던 셰인바움은 2018년부터 2023년까지 멕시코시티 시장으로 재직했으며, 2024년에는 멕시코 최초의 여성 대통령으로 선출됐다. 기후과학자가 시장, 대통령을 역임한 것은 세계적으로 이례적인 경우다.

셰인바움은 청년 시절 멕시코시티의 국립자치대학교(UNAM)에서 물리학을 전공하고 에너지공학 박사학위를 받았으며, 환경과 에너지 소비와 관련한 연구를 계속해 왔다. 부친은 화학자, 모친 역시 생물학자였다. 셰인바움은 멕시코 시장이 된 후에는 자전거 도로를 대폭 늘리고, 세계에서 가장 긴 4.8 km 케이블카를 건설했다. 라틴아메리카 최초로 전기로 운행되는 버스 고속교통망을 구축하는 업적을 세우기도 했다. 멕시코 국민은 셰인바움이 가뭄, 스모그에 시달리는 멕시코에 환경, 에너지와 관련된 새로운 시대를 열 것을 고대하고 있다.

가라앉는 호수 위에 세워진 도시

멕시코의 수도 멕시코시티는 호수 속, 섬 위에 건설된 이채로운 도시다. 16세기 멕시코를 점령한 스페인군은 수도의 신전을 부수고 다섯 개의 호수를 메운 뒤 새로운 도시를 건설했다. 섬을 오가던 뱃길과 운하에 지금의 도로가 형성됐다.

도심 소칼로 광장은 아즈텍인이 해발 2,000 m에 도시를 세웠을 때부터 거대한 신전이 위치한 도시의 심장부였다. 스페인 정복자들은 아즈텍 신전을 무너뜨린 뒤 대성당을 올렸고, 1524년 건립을 시작한 대성당은 완공에 240여 년이 소요됐다. 대성당 옆에는 '템플로 마요르'로 불리는 옛 수도 테노치티틀란 중앙 신전의 흔적이 고스란히 남아 있다. 소칼로 광장 맞은편은 대통령 집무실이 들어선 멕시코의 국립 궁전이다.

독특한 사연과 유적을 간직한 멕시코시티의 최근 사정은 녹록지 않다. 도시는 지나친 지하수 개발로 매년 조금씩 가라앉고 있다. 매년 평균 15 cm씩 지반이 침하하고 있으며, 옛 호수의 흔적이 남은 일부 지역은 침하 정도가 30~40 cm에 이르는 것으로 알려져 있다.



2

- 1 셰인바움은 기후과학자 출신으로 멕시코시티 시장을 거쳐 2024년 멕시코 최초의 여성 대통령에 선출됐다. © Shutterstock
- 2 완공까지 240여 년이 걸린 멕시코시티 대성당



3

- 3 100년이 넘는 역사가 담긴 멕시코시티 중앙 우체국. 아르누보, 르네상스, 로코코 양식이 혼합된 화려한 내부가 인상적이다. © Shutterstock
- 4 멕시코 독립 100주년을 기념해 개관한 예술 궁전. 금빛 돔이 매력적이다. © Shutterstock
- 5 거대한 규모를 자랑하는 테오티우아칸은 둘러보는 데만 반나절이 걸린다. 아침 일찍 시작하는 열기구 투어를 통해 한눈에 내려다볼 수도 있다. © Shutterstock



4



5

예술과 영혼이 어우러진 길목들

멕시코시티는 예술미가 덧씌워진 도시다. 아즈텍의 신전과 성당, 궁전들은 1920년대 세계 미술가들이 이 도시를 찾게 된 주요 매개였다. 국립 궁전은 화려한 내부 벽화가 눈길을 사로잡는다. 그중 멕시코의 화가 디에고 리베라가 그린 거대 벽화는 아즈텍의 부흥, 스페인의 침략, 멕시코의 독립 등을 대서사시처럼 담아낸다.

멕시코시티에는 또 다른 '궁전'으로 불리는 우체국도 있다. 멕시코시티 중앙 우체국은 단순한 우체국이 아닌 우정 궁전으로 귀하게 여겨지며 세계에서 가장 아름다운 우체국으로 칭송받는다. 중앙 우체국 앞에는 예술 궁전이 있고, 뒤편은 국립 미술관으로 연결된다. 콘서트홀과 벽화를 간직한 예술 궁전을 둘러본 뒤 중앙 우체국을 방문하는 것은 멕시코시티 여행의 수순이다.

도심을 가로지르는 레포르마 대로는 파리 샹젤리제를 본떠 건설됐다. 아티스트들이 주로 거주해 서울의 홍대 앞을 연상시키는 로마 지역은 예술의 중심지이자 멕시코시티 청춘들이 사랑하는 거리다.

멕시코시티 외곽으로 나서면 세계유산이자 아메리카 대륙에서 가장 큰 피라미드 유적인 경이로운 테오티우아칸을 만난다. 아즈텍인들은 테오티우아칸을 발견한 뒤 그 규모에 놀라 신들의 도시로 떠받들었고, 태양과 달의 신화를 만들어냈다.

멕시코시티를 배경으로 하는 애니메이션 '코코'는 상상 속 죽은 자들의 세상과 가족 간의 사랑을 담고 있다. 해골 기념품이 판매되는 멕시코시티의 길목은 애니메이션 속 장면과 크게 다르지 않다. 매년 11월 '죽은 자의 날'에는 시장에서 해골 모양의 빵과 초콜릿을 사다 먹기도 한다. 이채로운 멕시코시티에서는 올해 여름 FIFA 북중미 월드컵이 개최된다. K

영원으로 가는 험난한 길 〈영원〉



영화영원출판사

조앤(엘리자베스 올슨 분)은 65년 동안 남편 래리(마일즈 텔러 분)와 보람은 있었지만 지루하고 평범한 인생을 함께 살았다. 암을 앓고 있던 조앤은 남편이 먼저 죽고 얼마 뒤 세상을 떠났다. 이대로 끝인가 했더니 두 사람은 죽음 뒤에 환승역(Junction)에서 가장 행복했던 시절의 모습으로 다시 만난다. 남편은 이승에서처럼 또 같이 영원으로 살아갈 곳으로 함께 가자고 한다. 그 순간 67년 전 사별한 첫사랑이자 전남편 루크(칼럼 터너 분)가 그곳에서 오매불망 조앤이 오기를 기다렸다면, 감동의 재회를 하게 된다. 루크 또한 영원으로 사는 곳으로 자기와 함께 가자고 한다.

글. 전영식 과학커뮤니케이터

첫사랑과 끝 사랑 사이에서 누구를 선택할지 갈등하는 조앤에게 환승역은 지옥처럼 느껴졌다. 영원한 목적지를 한번 선택하면 되돌릴 수 없다. 두 아이를 함께 낳아 기르며 미운 정 고운 정이 쌓인 래리인가 아니면 이루어지지 못한 첫사랑의 설렘을 간직한 루크와의 안 가본 길을 선택할 것인가는 도저히 선택 불가능한 미션임파서블이다. 조앤은 과연 어떤 선택을 했을까? 그리고 여러분이라면 어떤 선택을 할 것인가?

판타지 코미디 영화인 〈영원(Eternity)〉(2026)은 미국의 주목받는 독립영화 제작사인 A24가 만든 영화다. 감독에 간섭하지 않고 재량권을 충분히 줬 능력을 최대한 끌어내고, 신비주의 마케팅과 영화제 수상, 소셜미디어를 통한 홍보로 효율적인 마케팅을 한다고 알려져 있다. 우리가 알만한 A24 작품으로는 〈에브리씽 에브리웨어 올 앳 원스〉, 〈브루탈리스트〉, 〈시빌 워: 분열의 시대〉 등이 있다.

사후세계

이 세상은 살아있는 사람이 만들어 가지만, 누구도 죽음은 피할 수 없다. 신문의 기사도 잘 보면 죽음, 영혼, 부활, 사후세계, 영생 등이 수시로 기사 소재와 주제로 등장한다. 역사를 통틀어 모든 문명과 종교에서는 사후세계에 관심이 많았고 나름의 방식으로 접근하고 있다. 단테의 〈신곡〉, 베르나르 베르베르의 〈타나토노트〉등 소설의 단골 소재로 등장하고, 우리 영화 〈신과 함께〉, 드라마 〈천국보다 아름다운〉 등 사례는 무궁무진하다. 가까운 사찰에 있는 명부전도 사후세계를 모티브로 한 건물이다.

이야기는 넘쳐나지만, 사후세계에서 돌아온 사람은 없고 물적 증거도 없이 온통 증언뿐이다. 과학적 연구 사례도 매우 드물다. 그나마 우리가 알고 있는 것은 대부분 임상시험에 대한 증언과 주장이 전부이다.

임사체험

임사체험(Near Death Experience, NDE)은 1975년 미국의 심리학 박사이자 정신과 의사인 레이먼드 무디(Raymond Moody)가 그의 저서 <삶 이후의 삶(Life after Life)>에서 언급하면서 널리 알려졌다. 심장이 멈추고 호흡이 정지되며 동공반사가 없는 의학적 사망 상태에서 심폐소생술 등으로 회생하는 사람들이 경험하는 것인데 자료에 따라 다르지만 10~25 % 정도의 사람들이 체험한다고 한다.

1970년대 심폐소생술이 보급됨에 따라 임사체험을 경험하는 사람들이 늘어났다. 인터넷 등 매체의 다양화로 개인적인 체험을 많은 사람에게 알리기 쉬운 환경이 되면서 많은 관심을 불러오고 있다.

의사인 제프리 롱(Jeffrey Long)이 임사체험을 경험한 사람들의 증언을 모은 <죽음, 그 후> 등에 따르면 자신이 죽었다는 소식을 듣고 육체를 떠날 때 씩 같은 소리가 들리고 유체 이탈(Out of Body Experience, OBE)을 해 자신의 육체를 내려다본다고 한다. 터널이나

빛과 어둠이 나타나기도 하며 인생이 순식간에 파노라마처럼 회상되는 주마등 현상(Life Review)이 나타나기도 하고, 이미 고인이 된 가족이나 친구를 만나 평화와 기쁨, 평온함을 느끼며 어딘가로 이어지는 대문, 강, 문 등이 나타난다고 한다. 그리고 “아직 때가 아니다”라거나 “너에겐 아직 할 일이 남았다” 등의 말을 듣는 자의 반 타의 반으로 몸으로 돌아왔다고 이야기한다. 물론 이 모든 것이 전부 나타나는 것은 아니지만, 문화권과 상관없이 대체로 유사한 모습으로 나타난다고 주장한다.

과학적으로 입증되었나?

주류 학자들은 영혼과 사후세계에 대해 부정적으로 보는 것이 일반적이다. 환자를 치료하는 과정에 사용하는 케타민 같은 마취제나 뇌 내의 환각 물질(디메틸트립타민 등), 산소 부족 현상인 뇌허혈증이 유체 이탈, 밝은 빛 등 임사체험과 유사한 환각을 유발한다고 주장한다. 또 뇌과학의 발전으로 일부

1 사후세계는 다양한 콘텐츠의 소재로 자주 이용된다. © Shutterstock



2 윌리엄 블레이크(William Blake), <육체 위를 맴도는 영혼(The Soul Hovering Over the Body)>, 1796, '천국과 지옥의 결혼' 제14판



평균수명이 늘어남에 따라 사후세계에 대한 관심은 증가할 수밖에 없다. 죽음을 접하는 세월이 길어지기 때문이다.

현상은 뇌의 측두엽이나 두정엽을 전기적으로 자극하면 유체 이탈을 유도할 수 있다고도 한다. 단지 뇌신경학적인 작용일 뿐이라는 것이 대부분의 주장이다. 하지만 어떤 상황에서 누구에게 일어나는지는 밝혀내지 못하고 있다.

하물며 임사체험도 이런 상황인데 사후세계에 대한 증거는 더욱 희박할 수밖에 없다. 사후생을 주장하는 사람들은 적어도 같은 파동을 갖는 사람끼리 모이기 때문에 착한 사람들이 모이는 곳이 바로 천국이고 그 반대편이 지옥이라고 본다. 게다가 환생에 관한 이야기도 복잡하게 얽혀서 도무지 갈피를 잡을 수가 없다. 일찌감치 죽음을 전문 영역으로 선점한 성직자, 비과학적임을 주장하는 의사와 과학자, 사후생을 믿는 심리학자와 의사들에 영매까지 많은 등장인물이 계통을 찾지 못하고 주장만을 이어가고 있다.

임사체험과 사후생을 주장하는 사람들은 적극적으로 그리고 조직적으로 그 실존을 주장하고 있고 반면 그 반론을 제기하는 측에서는 단편적이고 개별적으로 대응하는 양상이다. 이런 경우에는 상당한 기간 동안 사회적 혼돈이 발생하기 마련이다. 악마의 증명이라 부르는 부재의 증명은 쉽지 않다. 물론 증거의 부재가 부재의 증거는 아니다.

평균수명이 늘어남에 따라 사후세계에 대한 관심은 증가할 수밖에 없다. 죽음을 접하는 세월이 길어지기 때문이다. 물론 현재까지의 의학적, 과학적 연구 결과가 사후세계가 없다는 확증은 되지 못한다. 지금까지 과학의 발전 과정은 인간이 모르는 것을 극복해 온 역사이다. 과학자들이 속 시원하게 진실을 밝혀주면 좋겠지만 아직 갈 길이 멀어 보인다. 그러니 보험 차원에서 천국이 있다고 생각하고 주변 사람에게 잘하고 착하게 사는 것을 추천한다. ④

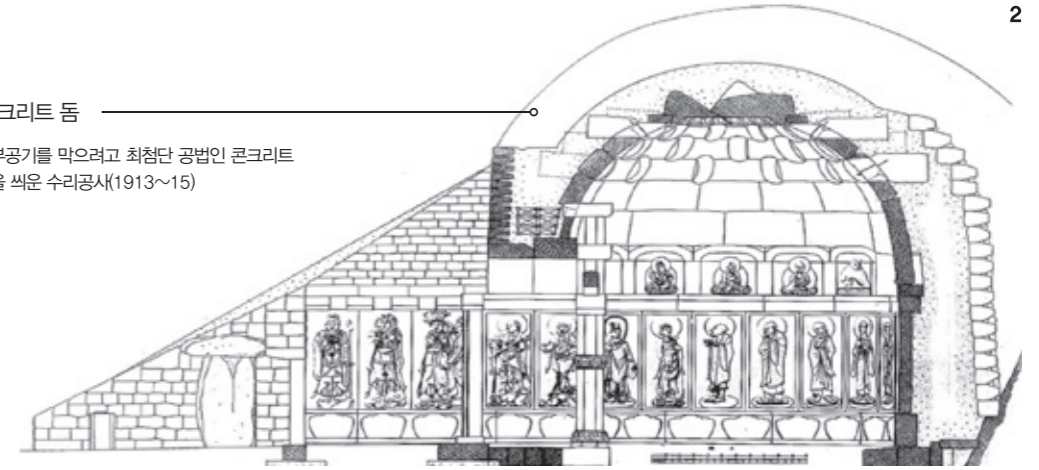
부실 공사의 원조 석굴암? 1200년 동안 무너지지 않는 이유



1

“인도를 버릴지언정 셰익스피어를 버리지 못하던 영국처럼, 우리에게도 석굴암이 있다.” 미술사학자 고유섭의 ‘석굴암 찬가’다. 일제강점기 일본 민예운동가 야나기 무네요시도 “석굴암은 영원한 걸작이다. 동양문화가 최고조였을 때 그 영기(靈氣)를 모아 신라 사람들이 만들었다.”고 했다. 하지만 오늘날 석굴암은 조명받는 본존불을 훑고 빠르게 지나쳐버리는 관광지가 됐다. 창건 당시에도 그랬을까. <삼국유사>에 의하면 석굴암은 김대성이 751년(경덕왕 10) 불국사와 함께 창건했고, 774년(혜공왕 10) 김대성 사후, 국가가 공사를 마무리했다고 전해진다. 그렇다면 지금의 모습은 과연 창건 당시와 같을까. 글. 이기환 히스토리텔러

콘크리트 돔
외부공기를 막으려고 최첨단 공법인 콘크리트
돔을 씌운 수리공사(1913~15)



2

석굴암 물고문

‘1913~15년 철근 콘크리트로 덮었지만...이듬해 여름부터 큰비에 젖은 듯 흘러내리며 푸른 이끼가 끼어...이는 동해 안개와 구름이 굴 내에 침입해 빠져나갈 길을 잃어...’ 1937년 12월 2일 자 조선일보 기사다. 일제강점기의 해체·보수 이후 20여 년간 지속적 ‘물고문’을 받은 석굴암의 현실을 고발하고 있다. 신문은 ‘콘크리트로 돔을 씌우고 바닥까지 시멘트로 다진 당시의 공사담당자는 그만하면 천세에 남으리라 믿고 안도의 한숨을 쉬었던 모양...’이라고 덧붙였다. 사실 19세기 후반 개발된 콘크리트 공사는 당시로서는 최첨단 공법이었다. 그러나 공사 후 이듬해 여름부터 사달이 났다. 콘크리트 돔 때문에 환기가 되지 않아 전에는 보지 못했던 이슬이 흘러내려 굴 안이 물바다를 이뤘다는 것이다.

이와 같은 누수와 외기에 따른 석굴암의 훼손 문제가 해방 후에도 계속됐다. 그러자 대규모 수리 복원 공사가 이뤄졌다. 공사는 1958년 계획돼 1961년 9월 본격 시작됐으며, 2년 9개월 만인 1964년 6월에 완료된다. 수리·복원공사의 핵심은 한가지였다. ‘습기와의 전쟁에서 석굴암을 보호하는 것’이었다.

그렇 만도 하다. 일제강점기부터 지적되었듯이 석굴암은 토함산(해발 745 m)의 해발 565 m 부근에서

동해안의 해풍을 온몸으로 맞서고 있다. 측정결과(1962) 석굴암은 1년 365일 중 사흘에 한 번씩 비가 내리거나(130일), 안개가 낀(123일) 것으로 측정됐다. 쾌청한 날은 겨우 100일뿐이었다. 그 때문에 공사 계획 단계(1958)부터 ‘석굴암의 이중 돔과 앞공간의 기와집 설치’가 핵심 전제 조건이 됐다. 하지만 공사 후부터 지금까지 고개를 가웃거리는 연구자들이 생겨났다.

석굴 아닌 석불

먼저 지금처럼 석굴암에 기와집 형태를 갖춘 전실이 과연 존재했던 것일까. 사실 옛 문헌자료가 예사롭지 않다. 17~19세기 석굴암을 방문했던 정시한(1625~1707), 이덕표(1664~1745), 임필대(1709~1773), 송달수(1808~1858)의 언급이 눈길을 사로잡는다.

‘석불은 사람의 노력으로 만든 것...석문(돌문) 밖 양쪽 가장자리에는 큰 바위에 불상 4~5위씩 새겨져...석문은 무지개처럼 다듬어져...굴 위에는 뚜껑돌과 여러 돌이 올려져 있는데 바르고 깔끔하여 기울어지거나 흠이 있는 곳이 하나도 없다...’(정시한의 <산중일기>), ‘석굴암에...다듬은 돌을 쌓아 동굴 모양으로 만들었으니 흙집(土宇)과 같고 좌우의

1 석굴암 본존불의 위용. 한국 최초의 미술사학자 고유섭은 “인도를 버릴지언정 셰익스피어를 버리지 못하던 영국처럼, 우리에게도 석굴암이 있다”고 했다. 일본의 민예운동가 야나기 무네요시는 “석굴암은 신라 전성기에 영기를 모아 만든 영원한 걸작”이라고 극찬했다. / 故 한석홍 사진작가 기증 작품

2 1913~15년 사이 일제는 석굴암 수리 공사를 펼치면서 콘크리트로 돔을 씌워 복원했다. 19세기 후반 개발된 콘크리트 공사는 당시로서는 최첨단 공법이었다. 그걸 석굴암 수리 공사에 적용한 것이다.



석면에 모두 불상을 새겨두었다...’(이덕표의 <우와 집>), ‘용마루나 처마 없이 돌로 쌓아 굴을 만들었다. 문설주와 문지방으로 막지 않고 돌로 문을 삼았다.’(임필대의 <유동도록>), ‘돌로 방을 만들고 아래부터 위까지 돌로 층층이 둘러싸고 우산 같이 둥근 형상...밖에 흙을 쌓아 봉우리처럼 우뚝 솟았다.’(송달수의 <남유일기>)

석굴 코스프레

1960년대 석굴암 수리공사단이 공사 과정에서 찾아낸 ‘석굴암 중수 상동(량)문’의 내용도 예사롭지 않다. 이 상량문은 1891년 석굴암을 중수한 내용의 기록이다. 상량문은 ‘...돌방의 구조는 굉장하고 훌륭...붉고 푸른 이끼가 낀 돌의 형세는 들쭉날쭉...주옥갈던 누전(樓殿)은 풀더미 우복한 마당에 묻혔다...’고 했다. 돌에 이끼가 끼고 퇴락했다는 구절이 있지만, 굴에 조성했다든지 하는 표현은 없다. 이제

선입견을 깨부셔야 한다. 각종 문헌자료는 ‘석굴암은 자연 동굴이나 벽면을 파서 만든 암자가 아니’라고 이구동성하고 있다.

‘돌로 쌓은 다음 그 위에 흙을 덮어 마치 석굴처럼 조성했다’고 언급했다. 한마디로 ‘석굴암은 굴이 아니’라는 것이다. 마찬가지로 석굴암 앞 공간에 기와 건물이 조성돼 있다고 묘사한 기록도 보이지 않는다. 신라인들은 왜 노천에 석불을 조성하고 흙으로 덮었을까. 이 대목에서 신라인들의 불심을 가늠하게 된다. 단단한 화강암 지형으로 이뤄진 한반도에서 석굴을 파기는 매우 힘들다. 그래서 신라인들은 돌과 흙으로 석굴을 만들었다. ‘석굴 코스프레’를 해서라도 불심을 표현하고 싶었던 것이다.

젖은 부처님

그런데 2025년 10월 경주 APEC 개최 기념 석굴암 학술대회에서 흥미로운 이야기가 소개됐다. 18세기

3 석굴암은 야외에 노출된 석불이었다. 그러나 일제강점기(1913~15)와 1958~64년 수리를 거치면서 콘크리트 이종 돌과 기와 건물 속에 안치됐다. © Shutterstock

경주 향교의 직원인 이덕표(1664~1745)가 1704년 9월 16일 석굴암을 답사한 뒤 남긴 글이다. ‘...옛날에 석불에 청동제 기와를 덮었다. 어느 날 석불이 절간 스님의 꿈에 나타났다. 석불은 ‘나는 본디 젖는 것을 싫어하지 않는다. 하늘의 비와 이슬이 방울로 떨어져 나의 몸체를 씻고 영원(靈源)으로 흘러내려 그 혜택이 중생들에게 미치려 하는데 어찌 이를 덮으려 하는가’라 했다. 잠에서 깬 스님이 그 기와를 벗겨냈다.’

또 모산 백순우(1863~1942)의 <남유록>은 ‘과거 석굴암에서 천정수가 떨어지는 등 본래 내부에 습기가 있는 것이 정상인데, 일본인들이 파괴해 이끼 때문에 오염되니 애석하다’라고 했다. 즉 석굴암은 본래 내부에 습기가 차 있어야 정상이라는 얘기가 아닌가. 그렇다면 일제강점기와 1960년대에 콘크리트 돔을 쌓고, 앞에 기와 건물을 지어 외부 습기를 철저히 막았다는 것은 무엇을 의미하는가. 하늘의 비와 이슬로 중생의 몸체를 씻으려 했던 부처의 깊은 뜻을 헤아리지 못한 채 멋대로 손을 뻗었다는 얘기가 된다.

부실 공사의 원조?

석굴암의 신비를 더 살펴보자. 석굴암 본존불 머리 위 천장엔 꽃문양이 조각된 천개석이 보인다. 원형 돌을 쌓은 다음 맨 마지막에 올려놓는 덮개돌이다. 그런데 천개석이 세 부분으로 균열 나 있음을 확인할 수 있다. 무시할 수 없는 흠결이다.

<삼국유사>에서는 ‘큰 돌 하나를 다듬어 천개석을 만드는데 돌이 갑자기 세 조각으로 갈라졌다. 김대성이 분하게 여기다가 어렵פות이 졸았는데 밤중에 천신이 내려와 다 만들어놓고 돌아갔다.’(‘효선·대성효이세부모’조)고 했다. 김대성이 덮개돌을 다듬다가 그만 돌을 세 조각 냈는데, 모르는 체하고 공사를 마무리했다는 얘기가. 그러나 돔 구조물의 경우 정상 부분에는 바깥으로 잡아당기는 인장력이 작용하지 않는다. 압축력만 나타난다. 그러니 끄떡없다. 쪼개진 모양이 불안정해 보일지언정 그 조각이 실제 떨어지는 일은 일어나지 않는다.

판테온보다 3배 밝다

또 하나 앞서 밝혔듯 1960년대 수리 공사 후 석굴암의 내부는 실내로 변형되어 어두컴컴해졌다. 석굴암 본존불이 굴 안 어두운 공간에 갇힌 격이다. 하지만 1910년대 사진을 보면 실외에 노출된 석굴암은 그렇게 어두워 보이지 않는다. 로마의 판테온 실내와 석굴암 내부 공간의 바닥 조도를 비교해 보면 어떨까. 석굴암의 바닥 조도가 판테온보다 3배 이상 밝다는 연구결과가 있다.

그런데 사람들은 촛불 혹은 조명 시설이 없는 석굴암을 암흑의 공간으로 여긴다. 대단한 착각이다. 그렇다면 이렇게 변형된 석굴암을 어찌해야 하는가. 무지비한 습기를 감당할 수 없는 불가피한 선택이었다는 주장도 일리는 있다. 하지만 중생을 위해 습기를 가득 머금은 부처의 상이 석굴암의 원형일지 모른다는 견해도 그냥 넘길 일이 아닌 것 같다. ④

4 석굴암 본존불 머리 위의 천장에 연꽃 문양의 천개석이 세 부분으로 균열 나 있다. <삼국유사>에 따르면 석굴암 창건자 김대성은 본존불 위 천정의 천개석(덮개돌)이 세 조각 났는데도 공사를 강행한 것으로 보인다.



흐드러지는 벚꽃비를 즐기다

하동 화개십리벚꽃길

‘화개장터에서 쌍계사까지는 시오리가 좋은 길이라 해도 굽이굽이 벌어진 물과 돌과 장려한 풍경은 언제 보아도 길 멀미를 내지 않게 하였다.’ 소설가 김동리는 자신의 소설 <역마>에서 화개십리벚꽃길을 질리지 않는 풍경이라 칭찬했다. 황홀한 분홍 꽃잎의 향연을 맘껏 즐길 봄이 왔다. 지체없이 하동으로 향했다.

글, 편집실

봄의 한가운데로 향하다

화개십리벚꽃길은 1931년, 주민들에 의해 지어진 이름이다. 화개장터에서 쌍계사까지 이어지는 5 km 구간의 도로가 개통된 것이 계기였다. 하동군 사람들은 성금을 모아 벚나무 1,200그루와 복숭아나무 200그루를 심어 지금의 화개십리벚꽃길을 조성했다. 이곳에서는 사랑하는 사람과 손을 잡고 걸으면 백년해로한다는 말도 있어 '혼례길'이라고도 부른다.

매년 벚꽃이 만개할 시즌이 되면 화개장터 벚꽃축제도 함께 열려 인산인해를 이룬다. 그러니 평일, 아침 일찍 이곳을 방문해 여유 있게 구경하기를 추천한다. 3시간이 안 되게 부지런히 운전해 도착한 하동. 온 세상이 만개한 벚꽃에 수놓아진 광경이었다. 고개를 돌려 시선을 보내는 모든 곳에 활짝 피 바람에 살랑거리는 벚꽃이 가득하다. 날아다니는 벚꽃잎이 길거리에, 담벼락에, 차 위에, 사람들 머리 위에 안착한다. 봄이 흠날린다. 화개십리벚꽃길이 유난히도 더 아름다운 이유는, 햇빛에 받아 반짝거리는 화개천과 이따금 보이는 야생차밭의 초록빛 가득한

길 위에서 추억살기



모습이 영화처럼 펼쳐지기 때문이다.

벚꽃에 취해 열심히 거닐다가 화개장터에 들렀다. 화개천이 섬진강에 합류되는 지점에 5일마다 장이 섰던 화개장터. 경상도와 전라도 사람들이 모여 없는 게 없을 정도로 수많은 식재료와 상품들이 거래되는 대규모의 장이 섰었다고 한다. 지금은 현대식 화개장터가 상설 운영되고 있고, 과거와는 비교할 순



없겠지만 다양한 먹거리와 농수산물, 수공예품 등 볼거리가 많았다. 화개장터의 명물이라는 시원한 재첩국과 은어 튀김으로 배를 채웠다.

현실이 된 소설 속 공간

화개장터에서 나와 차를 타고 10여 분을 이동하면 최참판댁 드라마 세트장에 닿게 된다. <토지>는 섬진강이 둘러싸는 하동 평사리의 농촌 마을을 배경으로 하는데, 이를 참고해 드라마 세트장으로 조성한 공간이다. 2002년에 완공됐다. <토지>의 주인공인 최치수와 최서희의 일가인 최참판댁과 그 주변 캐릭터들의 생활공간까지 총 14동의 한옥이 재현되어 있는데 조선 후기 생활상을 들여다보며 산책하기 좋다. 집마다 어떤 캐릭터의 집인지 설명해 놓은 안내문이 있어 보는 재미가 쏠쏠하다. 입장료는 성인 기준 2,000원. 매일 오전 9시부터 오후 6시까지 운영된다.

한옥은 들어가 볼 수 있기도 하고, 한옥 내의 창을 통해 하동 풍경을 감상할 수도 있다. 넓은 평사리 들판과 섬진강 물줄기가 그림같이 펼쳐져 있는 풍경을 잠시 멍하니 바라본다. 쌓여있던 고민이 잠시 잊혀지는 기분이다. 최참판댁 드라마 세트장은 <토지> 촬영 이후에도 <구르미 그린 달빛>, <미스터 션샤인>,

- 1 아무리 보아도 싫증 나지 않는 벚꽃을 마음껏 감상해 보자.
© 한국관광공사 포토코리아 김지호
- 2 그림같이 펼쳐지는 풍경을 배경 삼아 기념사진을 남겨볼 것을 추천한다.
- 3 매화나무로 수놓아진 광양을 둘러보는 것도 추천한다.
© 한국관광공사 포토코리아 김종석

<은애하는 도적님아> 등 다양한 작품들이 계속 촬영되고 있다.

촬영장 내에는 박경리 문학관도 있다. 박경리 소설가의 육필 원고부터 그녀가 사용했던 국어사전, 만년필 등의 유품들, 각종 출판사에서 발행했던 <토지> 전집, 소설과 관련된 미술작품 등이 함께 전시되어 있다. 문학관에서는 토지 문학제를 비롯해 문학 창작 교실을 계속 주최하고 있다.

또 다른 봄을 찾아서

화개십리벚꽃길을 거닐며 벚꽃을 즐기다가, 화개장터에서 요기를 해결하고, 약간의 이동을 통해 토지 드라마 촬영장까지 알차게 보낸 여행 코스, 이대로 봄이 가는 것이 아쉽다면 좀 더 이동해 광양의 매화마을까지 섭렵해 보는 것을 추천한다. 차로 20분이면 갈 수 있는 거리로, 화개 십리벚꽃길이 긴 드라이브 코스라면, 광양은 마을 전체가 매화나무로 수놓아져 있어 새롭게 느껴질 것이다.

순식간에 스쳐 지나갈 봄을 마음껏 만끽해 보자. '기회가 생기면'이 아닌 기회를 만들어 봄을 즐겨보자. 올해의 봄은 올해로 끝나버릴 테니 말이다. 운전대를 고쳐잡고 광양으로 향해본다. ㉠

커피향으로 채우는 시간

이른 아침, 차가운 공기와 계절의 온기가 맞닿는 시간. 조용히 잠자리에서 일어나 주방으로 향한다. 하루를 여는 첫 의식은 늘 커피다. 정확히 말하면 두 잔의 커피다.

첫 번째는 사랑하는 아내를 위한 커피, 두 번째는 출근 전 나를 위한 커피다. 좋아하는 음악을 틀고 원두를 계량해 그라인더에 붓는다. 곱게 갈린 커피가 떨어지는 소리와 함께 부엌과 거실의 공기가 서서히 깨어난다.

글. 심재범 커피 칼럼니스트



첫 번째 커피는 조금 더 부드럽게 내린다. 아직 잠이 덜 깬 사람에게는 날카로운 산미보다 편안한 향과 둥근 단맛이 어울린다. 물의 온도를 조금 낮추고 물줄기도 천천히 조절한다. 커피 향을 따라 아내가 거실로 나오면, 아침이 비로소 시작된다. 누군가에게 첫 커피를 건네는 일은 단순한 음료 준비가 아니다. 커피는 나를 깨우는 음료인 동시에 누군가의 아침을 여는 신호이다.

이렇게 시작되는 아침 덕분에 나는 오랫동안 커피와 가까이 살아왔다. 나는 스페셜티커피를 평가하는 커피 칼럼니스트다. 2011년 미국 보스턴에서 22개 과목의 시험을 통과해 커피 감정사 자격을 취득했다. 커피를 좋아해 미국까지 다녀왔지만, 그때만 해도 스페셜티커피가 이렇게 널리 알려질 것이라고는 미처 생각하지 못했다. 스페셜티커피는 단순히 값비싼 커피를 의미하지 않는다. 재배와 가공, 유통의 과정이 투명하게 관리된 커피를 뜻한다. 산지와 품종, 고도와 가공 방식이 분명하게 기록되고, 그 차이가 맛으로 드러난다. 한 잔의 커피에는 생산지의 기후와 토양, 농부의 시간과 노력이 담긴다. 맑은 산미와 또렷한 단맛, 깨끗한 여운은 그렇게 만들어진다.

스페셜티 커피를 즐기는 방식은 다양하지만 핸드드립, 혹은 푸어오버 방식을 가장 좋아한다. 분쇄한 원두 위에 뜨거운 물을 부어 중력과 확산의 과정으로 맛을 추출하는 방식이다. 먼저 소량의 물로 원두를 적서 내부의 가스를 빼내는 '뜸 들이기'를 한다. 이후 물을 나누어 부으며 향과 농도의 균형을 맞춘다. 물의 온도, 분쇄 굵기, 물줄기의 속도와 높이에 따라 결과는 달라진다. 너무 빠르면 밋밋해지고 너무 느리면 과하게 진해진다. 결국 한 잔의 커피는 작은 변수들의 균형 위에서 완성된다.

커피를 오래 마시다 보니 어느 순간부터는 맛을 구분하는 일보다 나를 들여다보는 시간이 더 중요해졌다. 작은 변수 하나가 결과를 바꾼다는 사실을 알게 된 뒤로는 서두르는 마음이 얼마나 쉽게 균형을 무너뜨리는지도 깨닫게 되었다. 핸드드립은 몇 분이면 끝나는 과정이지만 그 몇 분 동안은 다른 생각을 하지 않는다. 물이 스며드는 속도를 바라보고 향이 피어오르는 시간을 기다린다. 그 짧은 집중이 하루의 리듬을 고르게 만든다.

봄이 가까워진 아침, 창밖의 공기는 겨울보다 한결 부드럽다. 커피잔 위로 열은 김이 오르고 가벼운 산미와 맑은 향이 천천히 입안에 머문다. 계절이 바뀌듯 마음의 속도도 조금 느슨해진다. 식탁 위에 놓인 두 잔의 커피를 바라보며 생각한다. 오늘 하루도 햇살처럼 서두르지 않고, 커피 향처럼 오래 머물 수 있기를. ☺



커피를 맛있게 마시기 위한 팁

집에서 마시는 커피의 맛은 몇 가지 기본 습관에서 크게 달라진다.

첫째, 원두는 가능하면 분쇄하지 않은 상태로 구입해 마시기 직전에 간다.

커피 향은 분쇄 직후 가장 선명하다. 공기와 닿는 순간부터 산화가 빠르게 진행되기 때문이다. 작은 그라인더 하나만 있어도 향의 차이를 분명히 느낄 수 있다.

둘째, 커피는 감각의 음료이면서 동시에 과학의 음료이기도 하다. 예를 들어 20g의 커피를 사용한다면 약 93℃ 정도의 물로 40g을 먼저 부어 뜸을 들이고, 이후 두 차례에 걸쳐 물을 나누어 부으면 비교적 안정적인 추출이 가능하다. 중요한 것은 화려한 기술보다 일정한 조건을 유지하는 일이다.

셋째, 봄철에 어울리는 원두로 에티오피아 커피를 추천한다. 긴 겨울을 지나 봄 햇살이 피어오르듯, 에티오피아의 싱글오리진 커피는 장미 같은 꽃 향과 밝은 과일향을 매력적으로 표현한다. 커피리브레, 모모스, 프리츠와 같은 믿을 만한 커피 회사의 사이트를 참고해도 좋다.

커피를 준비하는 시간은 몇 분에 불과하지만, 그 시간은 생각보다 길다. 물의 온도와 흐름을 살피는 동안 마음도 자연스럽게 정돈된다. 그래서 내게 커피 타임은 단순한 기호가 아니라 하루의 리듬이다. 매일 아침, 가장 조용한 방식으로 하루를 시작하게 해주는 작은 아침 습관이다. 여러분들에게도 커피와 함께하는 행복한 시간이 전해지기를 기원한다.

심재범 커피 칼럼니스트

커피를 마시고, 기록하는 커피 칼럼니스트입니다. <카페마실>, <동경커피>, <교토커피> 등의 책을 썼습니다. 싸모님을 누구보다 사랑하고, 커피를 다음으로 좋아합니다. 참, 딸도 있습니다.

단단해질 시간이 필요한 여린 마음의 나진이

나진이의 시간이 어느 날 갑자기 멈춘 적이 있습니다. 아직은 누군가의 품 안에서 마음껏 울고 웃어도 될 나이에, 너무 큰 이별을 먼저 겪어야 했습니다. 친부가 스스로 목숨을 끊은 현장을 두 눈으로 보게 된 것입니다. 그날의 기억은 어린아이가 감당하기에는 버거운 무게로 남아있습니다. 그 이후 나진이는 많이 조용해졌습니다.

속상한 일이 있어도 “괜찮아요”라고 말하고, 마음이 아파도 쉽게 표현하지 않습니다. 친구들과 사이에서도 먼저 나서기보다는 한발 물러서 있고, 서운한 일이 있어도 혼자 삼키는 편입니다. 눈물이 많지만, 들키지 않으려 애써 웃어 보이는 아이입니다.

현재 나진이는 고모와 고모부의 집에서 새로운 일상을 만들어가고 있습니다. 어른들은 갑작스러운 상황 속에서도 아이를 책임지겠다는 마음으로 하루하루를 버텨내고 있습니다. 맞벌이로 바쁜 일정 속에서도 나진이의 식사와 등하교, 학원 일정, 생활 습관을 세심히 살피며 안정적인 환경을 지켜주고 계십니다.

하지만 마음의 상처는 눈에 보이지 않기에 더 많은 시간이 필요합니다. 나진이는 현재 심리치료를 통해 감정을 표현하는 연습을 하고 있습니다. 전문가의 도움을 받아 천천히, 그러나 분명하게 회복의 길을 걷고 있습니다. 때로는 그림으로, 때로는 작은 말 한마디로 자신의 속마음을 꺼내 보이며 한 걸음씩 나아가고 있습니다.

나진이는 노래 듣는 시간을 좋아합니다. 이어폰을 끼고 창밖을 바라보는 그 순간만큼은 마음이 조금 편안해진다고 합니다. 색연필을 쥐어주면 한참 동안 집중해 그림을 그리고, 과학 시간에는 누구보다 눈을 반짝이며 수업에 참여합니다. 최근 단원평가에서 90점을 받고는 “열심히 했어요”라며 수줍게 웃는 모습을 보여줬고, 그 웃음에는 작지만 분명한 자부심이 담겨 있었습니다. 조용하지만 책임감이 강하고, 맡은 일은 끝까지 해내려는 아이. 상처가 있지만, 동시에 가능성도 큰 아이입니다.

지금 나진이에게 필요한 것은 특별한 무언가가 아니라, 꾸준히 이어지는 지지와 응원입니다. 안정적인 심리치료와 학습 지원이 지속된다면, 아이는 충분히 자신의 힘으로 삶을 단단히 세워갈 수 있을 것입니다. 여린 마음은 쉽게 흔들리지만, 따뜻한 손길은 오래 기억됩니다. 오늘의 작은 관심이 모여 나진이의 내일을 밝힐 수 있습니다.

지금은 조용히 흔들리는 작은 마음이지만, 충분한 사랑과 지지를 받는다면 누구보다 단단하게 자라날 아이입니다. 나진이의 봄은 아직 완성되지 않았습니다. 관심과 손길이 더해질 때, 그 봄은 더 따뜻하고 환하게 피어날 것입니다. 나진이가 다시 마음껏 웃으며 꿈을 향해 나아갈 수 있도록 응원해 봅시다. [Ⓚ]

행복 나누기 연구원 「원우 청소년 후원회」는 도움이 필요한 청소년을 체계적이고 지속적으로 후원하기 위해 노력하고 있습니다. <원우> 독자 여러분의 따뜻한 관심과 사랑을 기다립니다.

입금내역 개인 강래경 6만 원 김경오 6만 원 김노아 4만 원 김민환 20만 원 박태홍 64만 원 함형욱 5만 원 배영민 10만 원 심미경 4만 원 이현정 6만 원 김가현 2만 원 박근엽 10만 원 서경환 10만 원

단체 한국원자력연구원 노동조합 10만 원

후원계좌 계좌번호 우리은행 1005-503-493775 예금주 원우청소년후원회 문의 미디어소통팀 042-866-6811

이번 호에 소개된 나진이에게 90만 원을, 초록우산 어린이재단에 10만 원을 지원합니다.



AI 해고와 과학자



글. 조선일보 박지민 기자

과학 연구에도 AI가 활발하게 접목되고 있다. 글로벌 빅테크들은 앞다퉀 과학자들의 연구를 돕는 AI를 내놓고 있다. 대표적인 게 구글의 'AI 공동과학자(AI co-scientist)'다. 연구자가 자연어로 연구 목표를 적으면, AI가 검증 가능한 가설과 문헌 요약, 실험 방법까지 제시해 준다. 스탠퍼드대 연구팀은 공동과학자에게 효과적인 치료법이 없는 간 섬유증 치료제를 개발하기 위해, 시판되는 약물 중에 가능성이 높은 것을 찾으라고 지시했다. AI가 생의학 논문을 검토해 찾은 3개의 약물 후보 중 2개가 실제 실험에서 효과를 보였다. 림프종 치료제로 쓰이던 '보리노스타트'는 특히 효과가 탁월했는데, 보리노스타트를 간 섬유증과 연관 지은 연구는 거의 없었다. 사람으로서는 도저히 하기 힘든 일을 해냈으며 연구팀도 허를 내들었다.

AI 탓에 개발자 세계에서 '주니어'가 사라진다면, 과학자 세계에서는 어떤 일이 벌어질까. 앞으로 과학자는 모든 연구 과정을 직접 수행하는 게 아니라, 연구 방향과 가설을 설계하고, AI와 협업하며 오류와 한계를 보완하는 역할을 맡게 될 것이라는 긍정적 전망도 나온다. 하지만 AI가 논문을 검토하고 가설을 제안하며 실험 방법까지 설계한다면, 초급 과학자의 필요성 자체가 줄어들 수도 있지 않을까. 미래의 과학자는 논문을 읽는 사람이 아니라, AI가 만든 가설을 검증하는 사람이 될지도 모르는 노릇이다.

이미 대학원에서는 AI를 쓰지 않고 논문을 쓴다는 것은 상상도 하기 힘들다는 말이 나온다고 한다. 논문 초고 작성부터 실험 설계, 복잡한 데이터 분석과 시각화에 이르기까지 AI가 개입하지 않는 분야가 없다는 것이다. 칭화대와 시카고대 연구팀은 4,130만 편의 논문을 분석한 결과, AI를 쓰는 과학자들은 그렇지 않은 과학자보다 3.02배 많은 논문을 내고 피인용 횟수는 4.84배 많다는 결론을 내렸다. AI는 연구 생산성을 높이는 것도 확실하지만, 미래의 과학이 어느 정도까지 인간의 것일지에 대한 질문도 던지고 있다.

인공지능(AI)발 대규모 해고가 현실화되고 있다. 재무 플랫폼 래셔널FX는 올해에만 4만 5,363명의 기술직 종사자가 해고됐다고 집계했다. 이 중 약 20%에 해당하는 9,238건의 감원이 AI 관련이다. 기업들은 'AI 개발에 집중하기 위한 구조조정', 'AI로 인한 효율성 증가로 인한 감원' 등을 배경으로 내세운다. 기업들이 다른 이유로 진행했을 해고를 AI 때문이라고 주장한다는 'AI 워싱'을 하고 있다는 지적도 나오지만, AI 위협론은 여전히 거세다. 아직 한국에서는 본격적인 AI 감원이 이뤄지지는 않는 걸 다행이라고 생각해야 할지도 모른다.

AI로 타격을 받는 것은 초급 개발자다. 기존에는 단순 기능 구현이나 버그 수정, 테스트 코드 작성, 문서 정리 같은 반복적이고 정형화된 작업을 맡으며 경험을 쌓는 구조였다. 하지만 이제는 AI가 이런 단순한 업무를 넘어 코드 작성·검토·설계까지 수행한다. '주니어'의 역할을 AI가 훨씬 적은 비용으로 대체한 것이다. 스탠퍼드대 디지털경제연구소에 따르면 개발자 등 AI 노출도가 높은 직종에서 경력직 고용은 안정적으로 유지됐지만, 초급 인력(22~25세) 고용은 16% 줄어들었다. 쉽고 간단한 일 처리를 할 사람이, 더는 필요 없어지고 있다는 것이다.



어린 시절, 우리는 무엇을 원했던가



글. 원자력연구원 전영환 선임연구원

뿐이지만, 배제된 참가자의 뇌에서는 신체적 통증을 느낄 때 활성화되는 전대상피질이 함께 반응했다. 사회적 배제는 뇌가 실제 '아픔'으로 처리하는 경험이라는 사실이 확인된 것이다.

돌이켜보면, 다마고치를 들고 교실에 섰던 그날의 어색함은 어쩌면 단순한 서운함이 아니라, 실제로 아픔에 가까운 감정이었는지도 모른다. 나는 단지 유행을 놓친 아이가 아니라, 잠시나마 공을 주고받는 자리에서 제외된 아이였던 셈이다. 아이에게 유행하는 물건은 단순한 소비재가 아니라, 관계의 입장권이 되기도 한다.

시간이 흘러 고3이 되었을 때, 문득 그 시절이 떠올랐다. 수능이 100일 남은 어느 밤, PMP에 '디지털 어드벤처'를 넣어두고 몰래 보기 시작했다. 화면 속 장면과 대사들은 여전히 익숙하고 반가웠다. 하지만 끝까지 다 보고 나서도 마음 한쪽이 허전했다. 분명 같은 장면이었는데, 그때의 공기와 웃음은 끝내 따라오지 않았다.

대학생이 되고 나서는 상황이 달라졌다. 독립을 하면서 게임을 조금 더 자유롭게 할 수 있었다. 선배들과 밤늦게까지 스타크래프트를 하며 웃고 떠들었고, 마인크래프트에서는 함께 드래곤을 잡으며 환호했다. 돌이켜보면 게임의 승패보다 그 시간들이 더 또렷하게 남아 있다. 우리는 단순히 게임을 한 것이 아니라, 같은 순간을 공유했던 것이다.

그래서 버스에서 들은 키즈폰 이야기가 쉽게 잊히지 않는다. 스마트폰 속 각종 콘텐츠에 과도하게 노출될까 걱정하는 부모의 마음은 충분히 이해된다. 디지털 기기의 과잉 사용은 분명 경계해야 한다. 그러나 아이가 원하는 것이 콘텐츠 그 자체인지, 아니면 그 콘텐츠를 매개로 형성되는 관계인지는 한 번쯤 생각해볼 필요가 있다. 디지털 기기를 차단하는 일이 혹시 그 또래 집단에서의 '공'을 함께 주고받을 기회까지 막아버리는 것은 아닐까. 보호는 필요하다. 그러나 보호가 고립되어서는 안 된다. 아이가 안전하게 속할 수 있는 자리를 어떻게 마련해 줄 것인지, 어른들의 고민은 그 지점에서 시작되어야 하지 않을까.

얼마 전 버스에서 우연히 한 대화를 들었다. "애가 폰 게임만 할까 봐 키즈폰으로 바꿔줬어." 옆자리에 앉은 다른 아주머니가 놀란 듯 되묻는다. "그런 게 있어? 나도 좀 알려줘." 짧은 대화였지만, 그 말은 이상하게도 오래된 나의 기억을 불쑥 건드렸다.

초등학교 1학년 때 남학생들 사이에는 디지털 다마고치가 필수 품처럼 여겨졌다. 쉬는 시간이면 친구들이 모여 서로의 디지털을 자랑했다. 나는 디지털의 이름과 진화 단계를 줄줄 외우고 있었지만, 정작 기계는 없었다. 부모님께서도 내가 학업에 소홀해질까 염려해 사주지 않으셨기 때문이다. 디지털에 대해 아무리 잘 알고 있어도, 다마고치가 없는 아이는 그 세계에 속할 수 없었다. 결국 나는 용돈을 모아 다마고치를 샀다. 드디어 나도 그 세계 안으로 들어갈 수 있을 것이라 믿었다. 하지만 막상 교실에 들고 갔을 때 친구들의 관심사는 이미 다른 곳으로 옮겨가 있었다.

2003년 미국 UCLA의 나ومی 아이젠버거 교수는 '사이버볼'이라는 온라인 실험을 진행했다. 참가자는 화면 속에서 세 명이 함께 공을 주고받는 게임을 한다고 믿는다. 처음에는 공이 고르게 오가지만, 어느 순간부터 두 명이 서로에게만 공을 던지고 한 사람에게는 더 이상 공이 전달되지 않는다. 실험은 몇 분 남짓 진행됐을

마음을 돌보는 스마트한 방법

감정이 요동치거나 울적해질 때, 어떤 방식으로 감정을 다스리시나요? 파동이는 감정 일기 앱을 사용해 그날의 감정을 적곤 해요. 별것 아닌 것 같아도 큰 도움이 되더라고요. 그래서 더 찾아보았답니다. 마음을 관리하는 데 도움을 주는 앱들을요!

글. 편집실

Moodee

감정을 기록하는 것을 넘어 분석과 케어까지 돕는 앱이에요. 감정에 대한 원인을 파악할 수 있도록 돕죠. 키워드를 선택하며 기록을 이어가다 보면, 짧은 산책하기, 숨 고르기 등과 같은 실질적인 도움이 되는 퀘스트를 제안해 주기도 한답니다.

MOODA

하루의 감정을 직관적으로 기록할 수 있는 앱이에요. 감정을 표현하는 이모티콘을 선택하고, 그날의 기록도 사진과 함께 남길 수 있어요. 매일매일 작성하다 보면 한 달 치 감정선을 한눈에 볼 수 있어 흥미로운 앱입니다.

모티베이션(Motivation)

동기부여가 되는 명언을 지속적으로 제공해 주는 앱이에요. 긍정적 문장들을 계속 눈과 마음에 담다 보면, 그 영향이 삶에도 번지기 마련이죠. 위젯과 팝업 알람을 설정해 사용하면 된답니다. 단, 3일 무료체험 후 유료로 전환되니 참고해 주세요.

마보

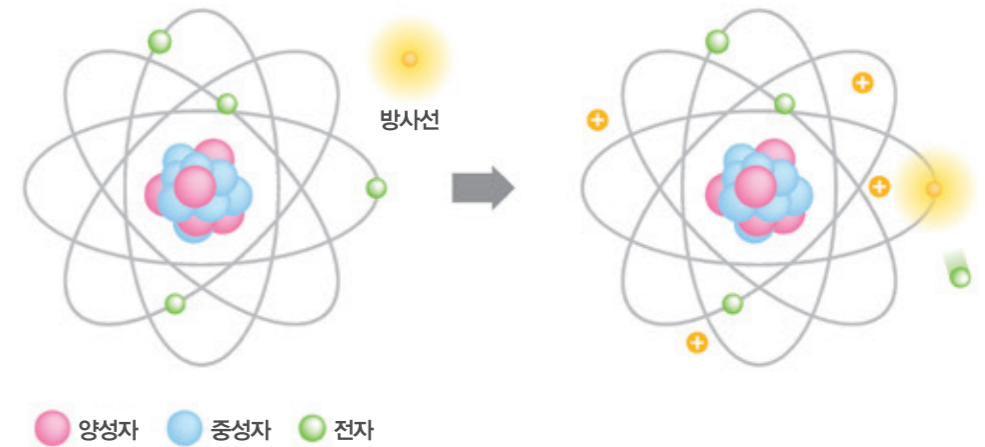
국내의 명상 전문가들의 명상 콘텐츠를 제공하는 명상 앱이에요. 기분 상태와 상황에 맞춘 다양한 명상 콘텐츠부터 숙면을 돕는 콘텐츠를 이용할 수 있어요. 7일 무료 체험 후 구독을 선택할 수 있습니다.



방사선은 정말 위험할까?

보이지 않지만, 우리 삶 가까이 있는 방사선! 방사선은 어떻게 사용하느냐에 따라 과학과 산업을 발전시키기도, 인체에 위험한 존재가 되기도 하는데요. 파동이와 함께 알아볼까요?

글. 편집실



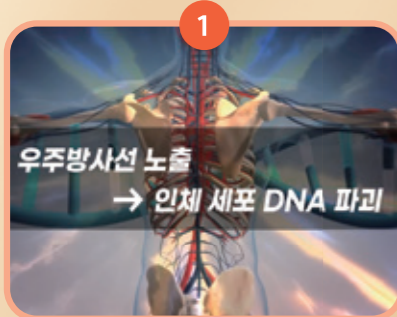
방사선은 물질을 구성하는 원자나 분자의 결합에 영향을 주어 물질 구조나 성질을 바꿀 수 있어요. 이 성질을 잘 이용하면 기존의 물질 구조를 자세히 분석할 수도 있고, 새로운 물질을 만들 수 있어 농업, 산업, 의료 등 다양한 분야에서 이용하고 있지요. 하지만 오랜 시간 동안 필요 이상으로 방사선에 노출되거나 한 번에 많은 양의 방사선을 받게 되면 인체의 세포가 영향을 받아서 다치거나 심할 경우 목숨을 잃을 수도 있어요. 마치 칼을 요리할 때 매우 유용하게 사용되지만, 이를 잘못 다루면 흉기가 될 수도 있듯이 말이죠. 방사선도 어떻게 관리하고 이용하느냐에 따라 우리에게 이로운 존재가 되기도 하고, 위험한 존재가 되기도 한답니다.

더 알아보기, '전리'

전리란 전기적으로 중성인 원자에서 전자를 방출시켜 양이온(+)과 전자(-)로 분리하는 현상이에요. 이러한 전리 작용은 원자나 분자의 결합에 영향을 주어 구조와 성질을 바꾸는 방사선의 중요한 작용 중 하나랍니다.



우주방사선에도 버티는 반도체? KAERI의 내방사선 반도체 기술



우주의 위험 요소

우주에는 인류를 방해하는 위험이 가득해요. 그중 하나가 우주방사선이죠.



우주방사선?

우주방사선은 태양이나 우주에서 만들어지는 양성자, 중성자, 감마선 등의 고에너지 입자들이예요.

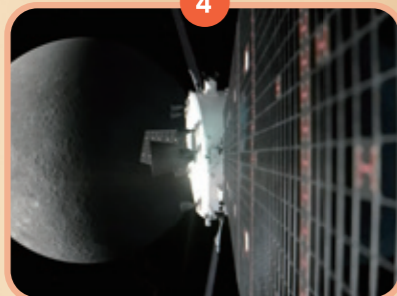


우주방사선에 노출되면

지구에서는 자기장과 대기가 우주 방사선을 막아주지만, 우주방사선의 고에너지 입자에 직접 노출되면 세포의 DNA가 파괴될 수 있어요.



'과학하는 원연이' 바로가기



기계에 미치는 영향

우주방사선의 파괴력은 기계에도 영향을 미쳐요. 우주에서 반도체를 사용하는 제품 고장의 30% 이상이 우주방사선 때문이죠.



특별한 반도체

그래서 우주에서 사용되는 반도체는 일정 수준의 방사선을 견딜 수 있는 내방사선 재료로 만들어야 해요.

미국은 2026년 유인 달 탐사선 발사를 준비하고 있어요. 우리나라 역시 2032년까지 독자 기술로 달 착륙선 개발을 계획하고 있고요. 전 세계의 우주 개발 목표는 우주 자원 채굴인데요, 이럴 때일수록 더 안전하고 오래 우주에 머물 수 있는 기술이 필요하답니다. 클. 편집실



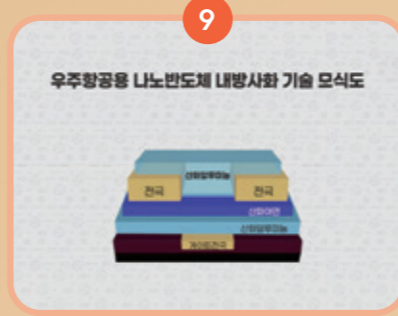
2차원 나노소재

KAERI가 주목한 2차원 나노소재의 반도체는 원자 한 층 수준만큼 매우 얇게 만들 수 있어요.



방사선 저항력 UP!

그만큼 방사선 입자가 부딪힐 수 있는 면적이 줄어들어 방사선을 견디는 능력이 좋아지죠.



패시베이션 층 개발

3나노미터 수준의 얇은 나노 소재 반도체 표면을 외부와 분리해 물과 산소 등을 차단하는 패시베이션 층을 개발한 것이죠!



KAERI의 반도체 소자

연구원은 이황화몰리브덴이라는 2차원 나노소재로 반도체 소자를 만들었어요. 더불어 양성자에 의한 반도체 변화를 억제하는 기술도 개발했는데요.



우주 강국을 꿈꾸며!

내방사선 반도체는 고가일 뿐 아니라 판매 제한도 있어서 기술 확보가 중요해요. KAERI는 대한민국 우주강국의 여정에 함께하고 있습니다!

KAERI 알기

각 한글 자음으로 시작하는 원자력 및 연구원 관련 단어 14개를 소개합니다!

파이로프로세싱

사용후핵연료를 다시 활용하는 미래 기술



원자력발전소를 운영하면 사용후핵연료가 나오는데요, 이걸 어떻게 처리할지가 전 세계 원자력 이용국가들의 고민입니다. **파이로프로세싱**은 사용후핵연료에서 재활용할 수 있는 물질을 분리해 내는 기술이에요. 마치 쓰레기를 분리수거해서 재활용하는 것처럼, 사용후핵연료에서 다시 쓸 수 있는 우라늄과 초우라늄 물질을 꺼내는 거죠. 파이로프로세싱의 가장 큰 장점은 안전성입니다. 500 °C가 넘는 고온에서 용융염이라는 특수한 액체를 이용해 물질을 분리하는데, 이 방식은 핵무기 원료인 플루토늄만 따로 뽑아낼 수 없어서 안전해요. 연구원은 2014년 세계 최고 수준의 파이로프로세싱 시험시설인 프라이드를 완공했는데요, 이 기술이 완성되면 사용후핵연료 처분장 면적을 크게 줄이고, 방사능이 자연 수준으로 낮아지는 시간도 훨씬 단축할 수 있답니다.

기 례 크 모 바 사 오 자 다 크 E **프** 흥

한국원자력연구원

대한민국 원자력의 심장

한국원자력연구원은 1959년 설립된 우리나라 최초의 과학기술 연구기관입니다. 1950년대 전쟁 직후, 우리나라는 에너지 자립을 위해 원자력 기술에 큰 희망을 걸고 일찍 연구를 세웠습니다.

연구원은 설립 이래로 대한민국 원자력 기술의 중심이 되어왔는데요, 1987년 중수로 핵연료를 완전히 국산화했고, 1995년에는 우리 기술로 직접 설계하고 만든 연구용 원자로 하나로를 가동했습니다. 2012년에는 한국형 소형모듈원자로 SMART가 세계 최초로 표준설계인가를 획득했고, 2025년에는 미국에 연구용 원자로 설계를 수출하는 성과도 거뒀죠. 대전 유성구 본원을 중심으로 정읍, 경주, 감포, 기장 등 전국 연구거점에서 1천여 명의 박사급 연구원들이 원자력 연구개발에 매진하고 있습니다.



기 례 크 모 바 사 오 자 다 크 E **프** 흥

1월 KAERI 우수성과

한미 정상회담 후속 농축·재처리 관련 대미 협의전략 개발 및 정부활동 지원

주요 성과 내용

- 2025년 한미 정상회담 후속조치로 발표된 조인트 팩트시트(Joint Factsheet) 협의 및 한미 원자력 협력 확장(농축·재처리 등)을 위한 정부 대미 협의 과정에서, 농축·재처리 등의 사안에 대한 기술적 필요성 내용을 적극 지원하고, 정부가 의사결정에 직접 활용 가능한 협의 전략과 협정 개정문안 등의 기술 자문을 종합적으로 제공해 대미 외교 성과 창출에 기여함

우수성 및 차별성

- 2015년 한미 원자력 협력 협정 개정 당시 협상 쟁점 관리와 미국 측 인식 이해 등 대미 협의에 참여했던 경험과 역량을 바탕으로, 이번 정상회담 후속 조치 대응 과정에서도 해당 경험을 적극 활용하고 있음
- 외교부, 과기부 등 정부 부처와 협력 외에도 선진원자로연구소, 후행원자력기술연구소, 하나로양자과학연구소 등 연구원 내 유관부서와의 지속적인 협업을 통해 관련 정책 논의가 장기적인 기술개발 로드맵과 자연스럽게 연계될 수 있도록 기여함

성과 활용 및 기대 효과

- 본 성과를 바탕으로 농축·재처리 권한을 확보할 경우, 우리나라 핵연료주기 기술을 완성하고 전주기적 원자력 기술 강국으로 도약하기 위한 중요한 발판이 될 것으로 기대됨
- 본 성과에 기반해 다양한 사용후핵연료 관리 옵션을 확보함으로써 관련 사회적 논의 기반을 확장하고, 원자력 산업 전반의 경쟁력을 강화하는 데 기여할 것으로 전망됨

2월 KAERI 우수성과

차세대 원전(SFR) 피복관 내압 크리프 평가 기술, 미국기업 수출 달성

주요 성과 내용

- 소듐냉각고속로(SFR)의 핵심 소재인 HT9-G92 피복관의 고온 건전성을 평가하는 독자적인 시험 기술을 확보했으며, 약 80여 개 시편을 대상으로 총 44억 9,500만 원 규모의 국외 기술 수출 성과를 거둬
- 피복관 튜브 자체를 시편으로 사용해 내부에 아르곤(Ar) 가스를 주입하고 밀봉 용접하는 '내부 가압 시험 방식'을 적용함으로써, 실제 운전 조건에서 튜브가 내부 압력으로 팽창하다가 차단되는 거동을 정확히 예측하기 어려웠던 문제를 해결함

우수성 및 차별성

- 시험 수행 인력 전원을 대상으로 엄격한 자격 부여 시험을 실시해 전문성을 갖춘, 연 1회 이상 정밀 계측기 교정과 시험 절차서 제정 등을 통해 데이터와 기술의 신뢰성을 확보함으로써 성과의 완결성을 높임

성과 활용 및 기대 효과

- 해당 성과를 통해 기존 예측 모델의 오차를 수정하고, 신규 원전의 안전 해석 및 인허가 획득을 가속하는 데 중요한 역할을 할 것으로 기대됨. 또한 SFR의 설계 수명을 검증하는 결정적 근거 자료로 활용될 전망이다
- 원전 건설이나 기자재 외에도 '시험 평가 기술 및 데이터'를 원자력 선진국인 미국에 수출했다는 점에서 큰 의의가 있음

연구자의 다양한 이야기

국제전략부

전은주 책임연구원, 이동훈 책임연구원

Strategy



International

Division

KAERI 인(人) 사이트는 우수성과 과제 참여 연구자를 만나는 코너입니다. 연구와 관련된 일화부터 연구원들의 일상까지 다양한 이야기를 들어봅니다. 첫 번째로 '한미 정상회담 후속 농축·재처리 관련 대미 협의전략 개발 및 정부활동 지원'이라는 우수성과를 달성한 국제전략부의 전은주, 이동훈 책임연구원을 만나보았습니다.

Q — 안녕하세요, 원우 독자들에게 자기소개 부탁드립니다.

전은주 책임연구원 국제전략부장을 맡고 있습니다. 연구원의 국제협력과 한미 협력을 비롯한 글로벌 전략 수립을 총괄하고 있습니다.

이동훈 책임연구원 국제전략부 산하의 글로벌정책연구실장을 맡고 있습니다. 원자력기술의 평화적 이용을 위한 핵심 협력 국가와의 협력 전략과, 핵비확산체제 등 원자력 협력체제 대응 정책을 연구하고 있어요.

Q — 이번 우수성과를 소개해주세요.

전은주 책임연구원 한미 정상회담 이후 농축·재처리를 포함한 한미 원자력 협력 확대 논의가 본격화됐어요. 양국 원자력 협정과 협력 구조에 대한 심층적인 분석과 전략적 접근이 필요하게 됐죠. 국제전략부는 그동안 축적해 온 국제 원자력 정책 연구 경험과 대외 협력 네트워크, 대미 협상 참여 경험을 바탕으로 관련 정책과 기술 정보를 체계적으로 수집·분석하고, 정부의 협의 과정을 기술, 실무적으로 지원했어요. 이 노력은 농축·재처리 권한 확보를 위한 논의를 시작할 수 있는 기반을 마련하고, 한미 원자력 협력 관계를 한 단계 발전시키는 데 기여한 성과라고 생각해요.

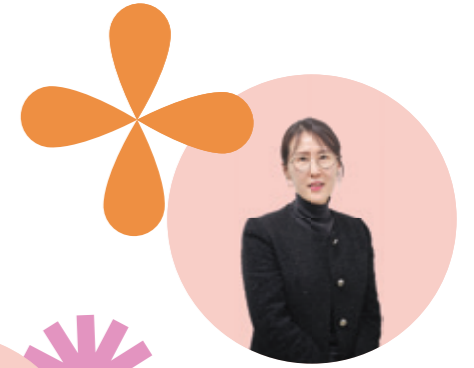
Q — 그동안 농축·재처리 기술이 원자력계의 숙원으로 남아 있던 이유는 무엇인가요?

이동훈 책임연구원 농축·재처리 기술은 원자력 연료주기에서 핵심적인 기술이지만, 동시에 핵확산과 직결될 수 있는 민감한 기술이기 때문에 국제적으로도 엄격하게 통제됐어요. 우리나라도 원자력 기술과 산업은 크게 발전했지만, 농축·재처리 기술은 신중하게 접근해야 하는 정책적·외교적 과제로 인식됐고요. 단순한 기술 개발의 문제가 아니라 국제 비확산 체제, 양국 간 협력 전략과 국제 안보 이슈 등 복합적으로 얽혀 있는 사안이었어요. 그만큼 오랫동안 원자력계에서 중요한 과제로 논의됐지만, 정책적 진전을 이루기 위해서는 충분한 국제적 신뢰 구축과 전략적인 접근이 필요했기 때문에 지금까지 숙원으로 남아 있었어요.

Q — 이번 한미 협력 확대가 국내 원자력 연구자나 산업 현장에는 어떤 기회로 이어질 수 있을까요?

전은주 책임연구원 연구계와 원자력 산업계 모두에게 새로운 기회를 제공할 수 있다고 생각해요. 한미 양국 간 원자력 연구개발 협력의 범위와

전은주
책임연구원



이동훈
책임연구원

깊이가 확대될 수 있고, 협력 확대는 국내 원자력 기술의 국제적 신뢰도와 경쟁력을 높이고, 글로벌 원자력 시장에서 우리나라의 위상과 역할을 확대하는 데에도 긍정적인 영향을 줄 수 있어요.

Q — 이번 우수성과 연구와 관련해 기억에 남는 에피소드를 나눠주세요.

전은주 책임연구원 업무 특성상 대외비가 많고, 주말이나 심야에 다급히 처리해야 할 일이 많았어요. 부장이 바빠지면 직원들도 덩달아 바빠지고 예민해질 수 있는데요, 저희 부서원들은 스스로 업무를 하려고 노력했고, 한마음으로 대응하고 있어요. 그 감사함은 평생 잊지 못할 것 같아요.

이동훈 책임연구원 한미 협력과 관련된 중요한 정책 논의가 진행되면서 긴박하게 필요한 분석과 대응 전략을 마련해야 했어요. 그래서 연구진과 관계자들이 밤낮없이 함께 고민하고 협력해야 했죠. 모두가 같은 목표를 향해 움직였던 팀워크가 특히 기억에 남아요. 서로에 대한 신뢰와 협력의 중요성을 다시 느낀 시간이었어요. 다시 한번 저희 실원들에게 감사의 마음을 전합니다.

Q — 박사님과 KAERI와의 인연이 궁금합니다.

전은주 책임연구원 대학 시절, 1학년은 무전공이어서 2학년 1학기에 어떤 전공을 선택해야 할지 고민하다가, 모두가 관심 없어 하던 원자력공학과를 선택하게 됐어요. 남들이 가지 않는 길을 가보겠다는

반항심이었는데도 모르겠네요. 우여곡절은 있었지만, 박사학위를 마친 즈음 한국과 미국 정부 간 한미 원자력 협정 협상을 앞두고 있었고, 연구원에서 그 업무를 가까이서 다룬다는 당시 부서장님의 조언에 따라 연구원에 지원하게 됐어요.

이동훈 책임연구원 원자력이라는 학문이 에너지, 과학기술, 국제정책 등 다양한 요소가 결합된 매우 독특하고 희소성이 있는 분야라고 생각해요. 이런 점이 흥미롭게 다가와 원자력을 전공으로 선택하게 됐어요. 이 전공을 선택한 것과 연구원에서 일하게 된 것을 단 한 번도 후회한 적이 없어요. 그만큼 천직이라고 생각하며, 늘 즐겁게 일하고 있어요.

Q — 업무로 인한 피로감을 느낄 때, 어떤 방식으로 스트레스를 해소하시는지 궁금합니다.

전은주 책임연구원 안타깝게도 저는 스트레스 관리를 잘하는 편은 아니에요. 업무 특성상 손가락을 다투거나 대외비를 다루어야 하는 경우가 많아서 예민해질 때가 많은데요. 그러다 보니 건강에 대한 관심이 커졌고, 그 계기로 발레를 시작했어요. 시작한 지 1년 정도 됐어요. 유연성이 부족해 아직 초보 수준이지만, 유일한 취미가 됐네요. 앞으로 스트레스를 해소할 방법을 적극적으로 찾아보려 해요.

이동훈 책임연구원 최근 러닝을 시작했는데 몸뿐 아니라 마음도 한층 건강해지는 느낌을 받고 있어요. 달리다 보면 머릿속이 정리되고 새로운 아이디어가 떠오르기도 해서, 저에게는 좋은 환기 방법이에요.

현재는 연구원 러닝 동호회인 KAERI RUN에서 총무를 맡아 활동하고 있어요. 기회가 될 때마다 연구원분들께 러닝을 권하고 있습니다.

Q — 추후 계획도 궁금합니다.

전은주 책임연구원 2026년은 농축과 재처리 등 한미 원자력 협력의 확장과 관련된 논의가 본격화될 중요한 한 해가 될 예정이에요. 지금은 우리나라 원자력 분야에 천재일우의 기회가 열리고 있는 시기라고 생각해요. 이러한 논의를 정책적·기술적 측면에서 준비하고 대응하고 정부의 협력 논의를 뒷받침해 한미 원자력 협력이 한 단계 더 발전할 수 있도록 최선을 다할 계획입니다.

Q — 마지막으로 연구원으로서의 좌우명이 있다면 알려주세요.

전은주 책임연구원 누군가가 저를 떠올릴 때, '말은 일을 잘하는 밝은 사람'이라는 이미지가 떠오르면 좋겠어요.

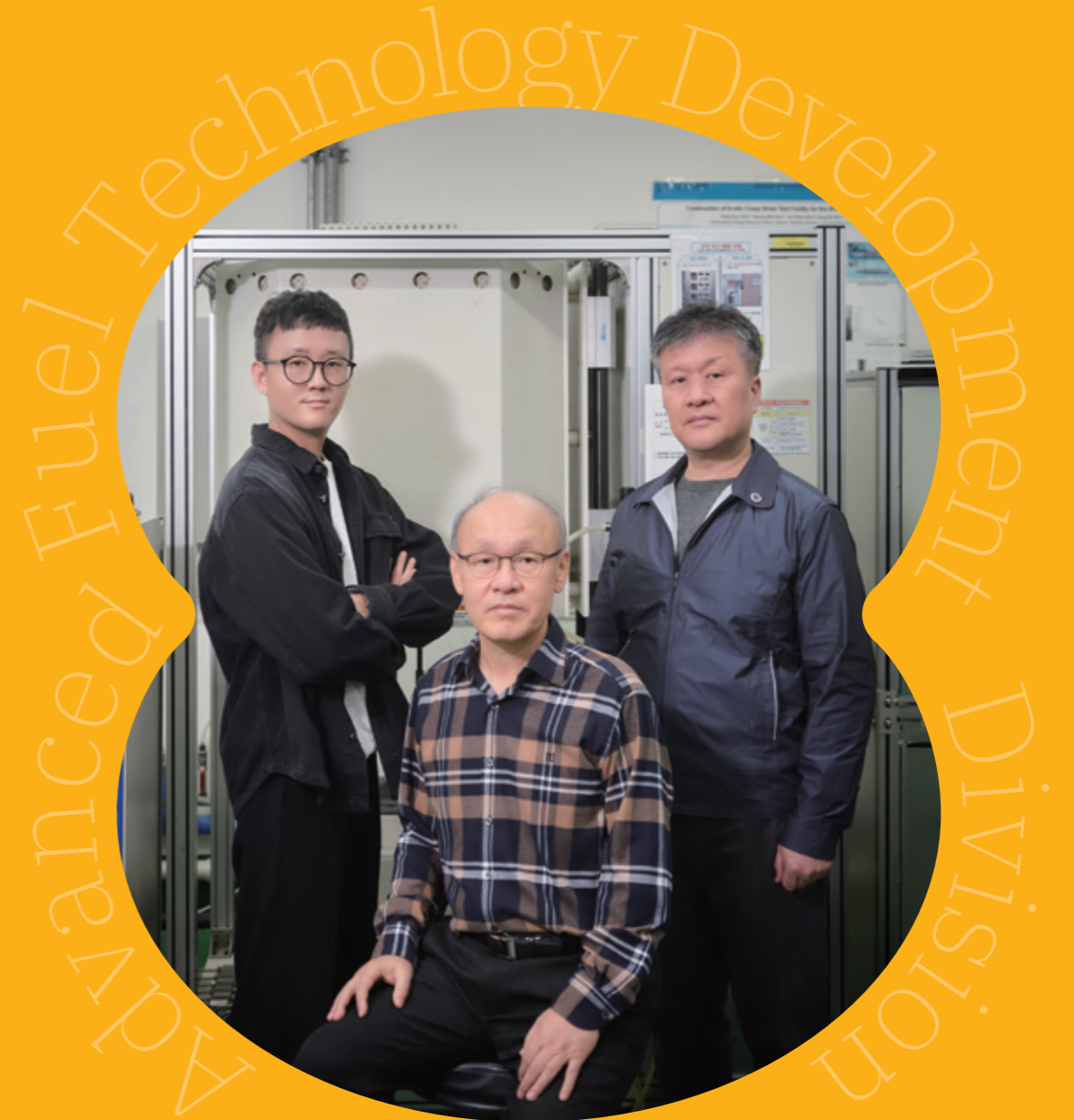
이동훈 책임연구원 제가 존경하는 임채영 본부장님께서 말씀해 주신 상선약수(上善若水)라는 사자성어를 늘 마음에 새기고 있어요. '가장 좋은 것은 물과 같다'라는 뜻처럼, 물은 자신을 드러내기보다 낮은 곳으로 흐르면서도 모든 것을 이롭게 한다는 의미를 담고 있죠. 이 말이 정책 연구자의 자세와도 잘 맞는다고 생각해요. 물이 조용히 흐르면서도 큰 힘을 만들어 내듯이, 저 역시 낮은 자세로 묵묵히 역할을 다하며 세상을 이롭게 하고 싶습니다. ☺



연구자의 다양한 이야기

선진핵연료기술개발부

김준환 책임연구원, 김성호 책임연구원, 오정목 선임연구원



KAERI 인(人)사이드는 우수성과 과제 참여 연구자를 만나는 코너입니다. 연구와 관련된 일화부터 연구원들의 일상까지 다양한 이야기를 들어봅니다. 두 번째로 '차세대 원전(SFR) 피복관 내압 크리프 평가 기술, 미국기업 수출 달성'이라는 우수성과를 달성한 선진핵연료기술개발부의 김준환, 김성호 책임연구원과 오정목 선임연구원을 만나보았습니다.



김성호
책임연구원

김준환
책임연구원

Q — 박사님과 원자력연구원의 인연이 궁금합니다.

김준환 책임연구원 원자력공학을 전공하며 자연스럽게 KAERI를 알게 됐어요. 학위과정에서 어려움이 있을 때 연구원 선배님들께 많은 도움을 받았고, 한 가지 주제를 끝까지 파고드는 연구자의 삶에 관심을 갖게 됐어요.

김성호 책임연구원 학위과정에서 X-선 회절을 이용한 금속재료 집합조직 분석을 연구했어요. KAERI의 중성자 회절시설 구축 소식을 듣고 입사를 준비했지만, 당시에는 아직 계획 단계였죠. 교수님과 선배들의 조언을 받아 KAERI의 다른 분야로 입사하게 됐어요.

오정목 선임연구원 2020년 박사 학위 취득 무렵 마주한 에너지 위기를 계기로 실질적인 해법을 찾고자 KAERI에 입사했어요. 현재 에너지 문제 해결의 핵심인 차세대 원자로 개발 부서에서 연구하고 있다는 점에 큰 자부심을 느끼고 있습니다.

Q — 우수성과를 소개해주세요.

오정목 선임연구원 핵연료 피복관은 핵연료 곁을 감싸고 있는 튜브예요. 핵연료와 원자로 안전을 1차로 책임지는 부품이죠. 원자로가 가동 되면 핵연료에서는 기체가 나와서 핵연료봉이 점차 부풀어 오르는 데요, 일정 시간 후에는 파손되는 현상, 즉 크리프가 발생해요. 크리프 현상은 최대 수십 년간 장기간에 걸쳐 천천히 발생하기 때문에 종합적이고 신뢰성 있게 평가하는 기술이 매우 중요해요. 우리는 2015년부터 평가 기술을 개발해 왔고, 이번에 미국 테라파워가 건설하는 NATRIUM 원자로 핵연료의 크리프 시험에 우리 기술이 수출하게 됐어요.

Q — 소듐냉각고속로(SFR)는 기존 원전과 운전 환경이 다르다고 들었습니다. SFR의 운전환경에서 내압 크리프 평가가 중요한 이유는 무엇인가요?

오정목 선임연구원 SFR는 기존 원전보다 운전온도가 약 300 °C 정도 높아 크리프 현상이 핵연료에 큰 영향을 미쳐요. 내부에 압력이 걸린 튜브의 경우, 3차원적으로 변형되는 특성이 있는데요, 기존 실험실 장비는 단순히 양 끝을 당기는 방식으로 이런 복합적인 변형을 재현하지만, 한계가 있는 방식이에요. 이번에 연구원이 개발한 튜브 크리프 시험 기술은 실제 환경과 동일한 상태를 모사하는 시험이죠. 전 세계적으로 보았을 때도 우리 연구원이 가장 체계적으로 보유하고 있는 기술이죠.

Q — 해당 평가 기술이 없다면, SFR 연료 또는 피복관 설계에서 어떤 위험이 생길 수 있나요?

김성호 책임연구원 크리프 현상은 수만 시간에 걸쳐 일어나기 때문에, 초기 실험의 아주 미세한 오차가 시간이 흐를수록 눈덩이처럼 불어난다는 것이 가장 큰 문제예요. 정밀한 평가 기술이 없다면, 피복관이 예상보다 훨씬 빨리 파손돼 심각한 안전 문제를 초래하거나, 반대로 파손을 지나치게 우려한 나머지 소재를 필요 이상으로 두껍고 무겁게 설계하는 경제적 비효율이 발생하게 되죠. 결국 이 기술은 원전의 수명을 정확히 예측해 '안전'과 '경제성'이라는 두 마리 토끼를 동시에 잡기 위한 필수적인 척도라고 할 수 있어요.

Q — 이번 성과에서 눈에 띄는 부분이 '미국 기업 수출'입니다. 연구진 입장에서 볼 때, 이 수출 성과는 어떤 점에서 의미가 크다고 보시나요?

김준환 책임연구원 이번 성과는 원전 건설이나 기자재 하드웨어 수출에 국한됐던 기존 방식에서 탈피해 '시험 평가 기술과 데이터'라는 무형의 자산을 원자력 선진국인 미국에 수출하고 상품화했다는 점에서



오정목
선임연구원



의미가 있어요. 과거부터 현재까지 연구원이 보유한 수많은 무형의 자산을 실물화할 시금석의 역할로 큰 의의가 있다고 생각해요.

Q — 이번 우수성과 연구와 관련해 기억에 남는 에피소드를 나눠주세요.

김준환 책임연구원 기술을 개발하면서 해외 선행 자료를 바탕으로 우리만의 노하우를 쌓기까지 많은 시행착오를 겪었어요. 특히 크리프 시험을 처음 공기 중에서 진행했다가 산화가 일어나 원하는 값을 얻지 못한 경험이 기억에 남아요. 밤을 새워 새로운 시험편을 만들고, 불활성 기체 분위기에서 다시 시험해 원하던 결과를 얻었죠. 김성호 책임연구원 크리프 시험 장비를 구축하는 데는 상당한 예산이 필요해 어려움도 많았습니. 핵연료 설계를 위해 크리프 시험 장비를 갖추고 적기에 데이터를 확보하는 것이 중요하다는 점을 꾸준히 설명하며 필요성을 설득해야 했던 과정이 기억에 남아요.

오정목 선임연구원 수출 대상인 미국 기업 관계자들이 직접 한국을 방문했을 때가 가장 기억에 남아요. 메일과 화상회의로만 소통하며 업무 이야기만 나누던 사이였지만, 한국 음식을 함께 나누며 일상과 관심을 공유하다 보니 금세 깊은 유대감이 쌓였습니다. 이런 정서적 공감대와 신뢰는 결과적으로 300만 달러 규모의 기술 수출이라는 큰 결실을 보는 결정적인 밑거름이 됐죠. 기술 거래를 넘어 국경을 초월한 진정한 파트너십을 만들었다는 점에서 큰 보람을 느꼈어요.

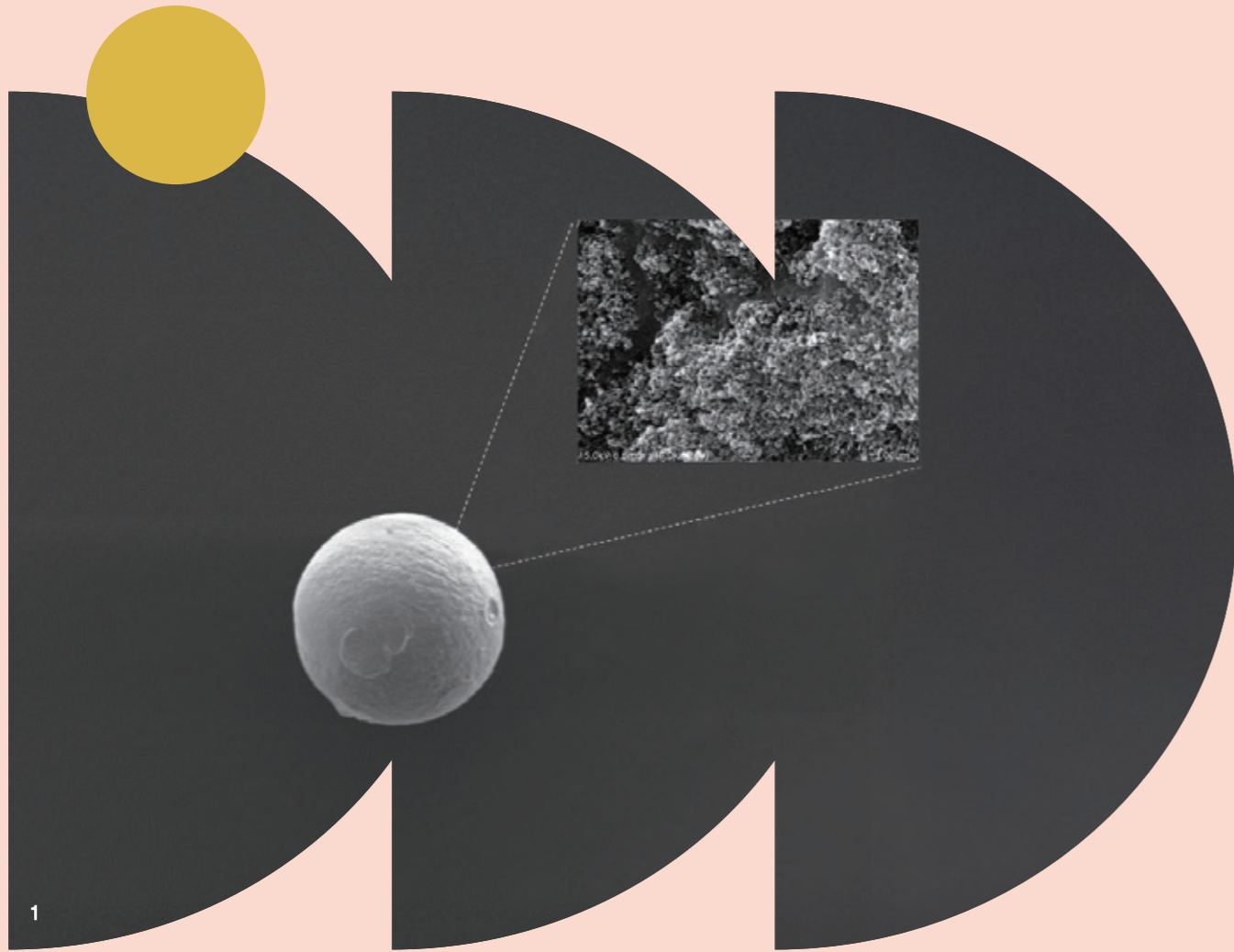
Q — 추후 연구 계획도 궁금합니다.

김준환 책임연구원 이번 성과를 바탕으로 우리 부서가 가지고 있는 기술을 고도화해 해외시장에 적극 진출하여 선도기술 보유기관으로서 연구원의 위상을 계속 유지할 수 있도록 노력하겠습니다.

Q — 마지막으로 현재 하고 계시는 연구의 매력은 무엇인지 궁금합니다.

김준환 책임연구원 모르는 사실을 과학적 기반에 근거해 하나씩 파헤쳐 알아가는 것이 매력 아닐까 해요. 연구를 시작한 지 20년이 훌쩍 넘었지만, 아직도 넓은 바다에서 우왕좌왕하는 수준입니다. 언젠가는 작은 조개껍데기를 주울 수 있는 날이 오기를 희망합니다. 김성호 책임연구원 대부분의 시스템에서 성능 개선의 병목은 결국 우수한 재료 개발이라는 말을 시스템 설계 동료들에게 자주 듣습니다. 그럴 때마다 큰 책임감과 자부심을 느낍니다.

오정목 선임연구원 금속공학 전공자로서 미세한 조직 변화를 정밀하게 제어해, 거대한 원자력 에너지 시스템의 안전과 효율을 뒷받침할 수 있다는 점이 가장 큰 매력이에요. 우리가 개발한 소재 기술이 미국에 수출돼 글로벌 표준으로 인정받는 과정을 보며, 미시적인 연구가 인류의 에너지 문제를 해결하는 열쇠가 되고 있다는 확신을 얻을 때, 보람과 자부심을 느껴요. ㉔



1

난치암 진단 필수장비 국산화... 환자 치료에 필요한 방사성 의약품 공급 안정화

과학기술정보통신부(이하 '과기정통부')와 원자력연구원(이하 '원자력연')은 2월 13일, 원자력연 첨단방사선연구소가 과기정통부 지원을 통해 갈륨-68 발생기¹ 핵심 요소기술을 모두 확보해 난치암 진단용 방사성의약품 국산화의 가능성을 열었다고 밝혔다.

방사성동위원소인 갈륨-68은 붕괴하면서 양전자를 방출해 전립선암·신경내분비암 등 난치암을 진단하는 양전자단층촬영(PET)²에 사용된다. 그러나 갈륨-68은 반감기³가 68분에 불과해 그 자체로는 미리 만들어 창고에 쌓아두는 것이 어렵다. 따라서 환자 치료에 사용하기 위해서는 병원에서 필요할 때마다 갈륨-68을 뽑아 쓸 수 있는

장치, 즉 갈륨-68 발생기의 안정적인 공급이 필수적이다. 그러나 그동안 국내에서는 발생기 제작을 위한 핵심기술 확보가 어려워 전량 수입 제품에 의존해 왔다.

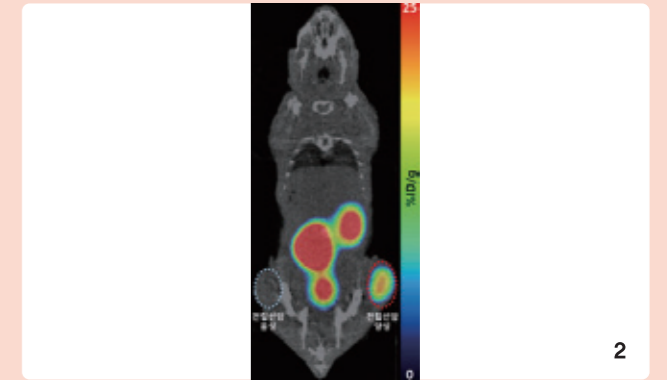
갈륨-68 발생기의 핵심 요소기술은 ▲원료물질인 저마늄-68 생산기술과 ▲저마늄-68은 잘 흡착하고 갈륨-68은 분리·용출하는 흡착 소재 기술이다. 첨단방사선연구소는 과기정통부 지원사업('21~'26년, 총 269억 원)을 통해 30 MeV 사이클로트론⁴ 기반 저마늄-68 생산기술을 이미 확보한 데 이어, 이번에 흡착 소재 개발에도 성공하며 갈륨-68 발생기 요소기술을 모두 갖추게 됐다.

박정훈 박사 연구팀은 천연 물질인 키토산과 금속산화물 타이타늄 전구체를 혼합해 마이크로 크기의 입자를 제조하고, 열처리해 입자간 결합력이 향상된 새로운 흡착 소재를 개발했다. 평가 결과, 개발된 소재의 갈륨-68 용출 효율은 약 70%로 현재 세계시장을 선도하는 제품과 유사한 수준을 보였으며, 한 번의 용출로 환자 6명분의 방사성의약품을 생산할 수 있는 것으로 나타났다. 특히 개발된 소재는 외국산에 비해 2배 긴, 약 1년간 사용이 가능한 내구성을 확보해 의료 현장의 운영 효율성을 크게 높일 수 있을 것으로 기대된다.

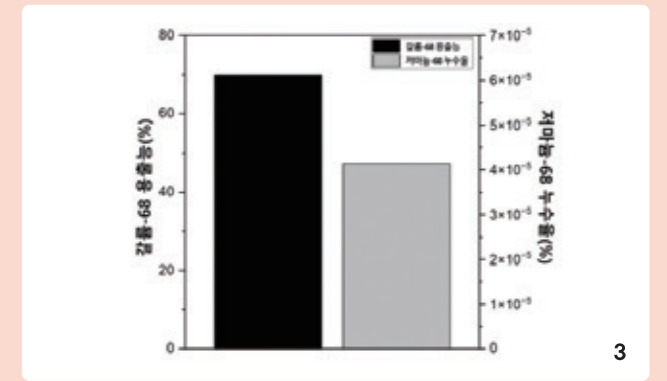
또한 연구진은 이번에 개발된 소재로 용출한 갈륨-68을 이용해 분당서울대병원 핵의학과의 공동으로 전립선암 진단용 방사성의약품의 비임상 실험⁵을 수행해, 중앙 영상 확보를 통해 갈륨-68 발생기 핵심 소재의 유효성을 성공적으로 검증했다. 해당 기술은 국내·외 특허등록을 완료했으며, 향후 방사성의약품을 개발하는 국내 기업에 기술이전이 추진될 예정이다.

이번 성과는 난치암 진단에 뛰어난 성능을 보이는 갈륨-68 방사성의약품의 국산화 기반을 마련했다는 점에서 국민 건강권 보장에 크게 기여할 것으로 평가된다. 아울러 방사성의약품 기술의 해외의존도를 낮추고, 국내 원자력·의료 융합기술의 경쟁력을 강화하는 계기가 될 것으로 기대된다.

박정훈 박사는 "이번 핵심소재 개발을 통해 사이클로트론 기반 갈륨-68 발생기 개발에 필요한 모든 요소기술을 확보했다"며, "향후 사이클로트론에 시를 적용한 자율 운전 및 제조 시스템을 고도화해 원료물질인 저마늄-68을 대량생산 하면 국내 수요를 안정적으로 충족할 수 있다"고 전했다. K



2



3

1 갈륨-68 발생기용 키토산-타이타늄 핵심소재의 주사전자현미경 이미지
2 전립선암 음성 대조군과 양성 실험군이 심어진 쥐에 주입한 갈륨-68 PSMA-11 체내영상
3 갈륨-68 발생기용 소재 성능



① 갈륨-68 발생기: 방사성동위원소 저마늄-68(반감기 271일)을 금속산화물에 흡착시킨 뒤, 붕괴 과정에서 발생하는 갈륨-68(반감기 68분)만을 선택적으로 용출해 방사성의약품 제조에 사용하는 장치
② 양전자단층촬영(PET): 방사성의약품을 체내에 투입한 뒤 암세포 주변에서 방출되는 에너지를 감지해, 종양의 위치와 크기·활성도를 영상으로 보여주는 정밀 진단 장비
③ 반감기: 방사성 물질의 양이 처음의 절반으로 줄어드는 데 걸리는 시간. 갈륨-68의 반감기는 68분으로, 만들어진 지 68분이 지나면 절반이 사라진다는 뜻이다.
④ 사이클로트론: 입자를 빠른 속도로 가속해 다른 물질에 충돌시킴으로써 특정 방사성동위원소를 인공적으로 만들어 내는 장치. 원자력연구원은 이를 이용해 갈륨-68 발생기의 원료인 저마늄-68을 직접 생산한다.
⑤ 비임상 실험: 새로 개발한 의약품이나 소재를 사람에게 적용하기에 앞서 동물을 대상으로 안전성과 효과를 먼저 확인하는 실험. 임상시험(사람 대상) 전 단계로, 의료 현장 적용 가능성을 검증하는 데 필수적이다.



1

배터리 없이 작동하는 무선센서 한걸음 더...

연구원은 원자력 발전소 등 산업 설비에서 발생하는 진동을 전기 에너지로 변환하는 '압전 에너지 하베스터'의 출력 성능을 기존 대비 200 % 향상시키는 기술을 개발했다고 3월 4일 밝혔다.

최근 원자력 발전 산업은 설비 상태를 실시간으로 점검하고 이상을 자동으로 감지하는 스마트 플랜트 구현과 자율운전 강화를 위해 무선센서 도입을 확대하고 있다.

그러나 현재 상용 무선센서는 대부분 배터리 기반으로 구동돼 수명이 제한적이며, 주기적인 교체와 유지관리가 필요하다. 특히 방사선 환경이나 접근이 제한된 구역에서는 배터리 교체 작업이 안전과

비용 측면에서 큰 부담이 된다.

이에 배터리를 대체할 수 있는 압전 에너지 하베스터 기술이 대안으로 주목받고 있다. 하지만 기존 압전 에너지 하베스터는 출력이 낮고, 설비가 가장 크게 진동하는 주파수인 '공진주파수'¹에 정밀하게 맞춘 구조 설계가 필요하다는 제약이 있어 실제 현장 적용에는 한계가 있었다.

이에 연구원 이경자 박사 연구팀은 KAIST 이근재 교수팀, 경북대학교 박귀일 교수팀과 공동으로 감마선² 조사를 통한 복합체 내부 구조 개선 원리를 연구해 이러한 한계를 극복했다.

공동연구팀은 연구원이 자체 개발한 납을 사용하지 않은 친환경 고성능 압전소재를 유연하면서 열·화학적 안정성이 우수한 폴리이미드(polyimide) 소재와 함께 사용해 압전 복합체 하베스터 소자³를 직접 제작했다.

소자에 감마선을 특정 조건으로 조사하면 복합체의 고분자 사슬 구조가 끊어지면서 보다 촘촘하게 변화한다는 사실을 확인했다. 조사 결과 진동이 압전 소자에 얼마나 잘 전달되는지를 나타내는 '응력 전달 효율'이 크게 향상됐다. 설비가 흔들릴 때 발생하는 힘이 중간에서 분산되지 않고 압전 소자까지 더 효과적으로 전달되도록 구조가 개선된 것이다. 또한 동시에 같은 힘이 가해졌을 때 생성되는 전압의 크기를 나타내는 '압전 전압 상수'도 증가했다.

이 두 가지가 모두 향상된 시너지 효과로, 조사 전과 비교해 개발 소자의 출력 성능은 전압 약 240 %, 전류 약 200 % 증가했다.


특히 이번 연구는 그동안 명확히 밝혀지지 않았던 감마선 조사로 에너지 하베스터의 성능을 향상시키는 원리를 세계 최초로 규명했다는 점에서 학술적 의의가 크다.

또한 이 기술은 에너지 하베스터 소자의 구조나 설계를 변경하지 않고 사후공정(post-treatment)만으로 출력 성능을 획기적으로

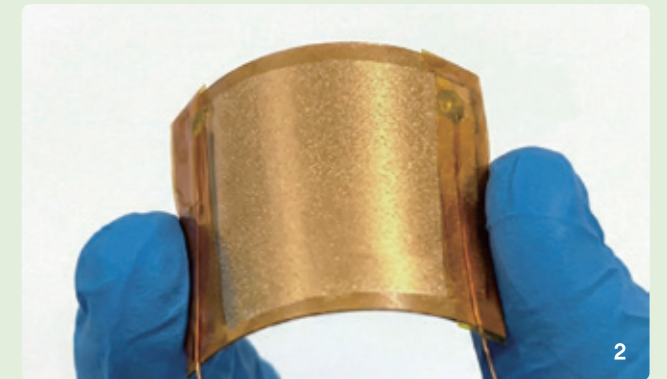
- ① 공진주파수: 특정 구조물이 외부 진동에 가장 크게 반응하는 고유한 진동수. 에너지 하베스터가 이 주파수에 맞춰 설계될수록 발전 효율이 높아진다.
- ② 감마선: 방사성 물질이 붕괴할 때 방출되는 고에너지 전자기파로, 투과력이 강해 물질 내부 구조를 변화시키는 데 활용될 수 있다.
- ③ 소자: 특정 기능을 수행하는 전기 부품의 최소 단위. 여기서는 진동을 전기로 변환하는 압전 변환 부품을 의미한다.

향상시킬 수 있다는 점에서 산업적 활용 가능성이 높다. 향후 배터리 없이 작동하는 무선센서 구현을 위한 중요한 기술적 전환점이 될 것으로 기대된다.

해당 연구 결과는 공학·환경 분야 상위 3 % 국제학술지인 케미컬 엔지니어링 저널(Chemical Engineering Journal) 2026년 1월호에 게재됐으며, 관련 기술은 2026년 1월 국내 특허 등록을 완료했다.

연구원 기기안전진단연구부 이정환 부장은 "이번 성과는 원전 설비의 진동 에너지를 이용한 배터리 프리 무선센서 구현을 위한 핵심 기반기술을 확보한 것"이라며 "향후 출력 고도화 및 시스템 통합 연구를 통해 실제 원전 설비에 적용 가능한 자기발전 전원공급 기술로 발전시켜 나갈 계획이다"라고 밝혔다. 

- 1 정읍 첨단방사선연구소 고준위 감마선조사장치
- 2 친환경 압전소재 기반 에너지 하베스터 소자
- 3 원자력연-KAIST-경북대 공동성과가 학술지 '케미컬 엔지니어링 저널(Chemical Engineering Journal)' (IF: 13.2) 2026년 1월호에 게재됐다.



2



3

KAERI NEWS

1

심층처분 종합성능평가 모델링 교육 실시



연구원이 고준위방사성폐기물 심층처분 분야의 전문 인력 양성을 위해 '고준위방사성폐기물 심층처분시스템 종합성능평가 모델링 교육'을 2025년 12월 22일부터 23일까지 연구원에서 개최했다.

이번 교육은 방사성폐기물학회와 공동 주관했으며, 심층처분 안전성평가 분야에 관심 있는 대학(원)생을 대상으로 '프로세스 기반의 순응형 심층처분시스템 종합성능평가 프로그램(APro, 아프로)' 중심의 실습 교육을 제공했다.

지성훈 선진처분기술개발부장은 "이번 교육은 연구원이 개발한 APro 기술을 대학(원)생에게 직접 소개한 첫 교육 프로그램이라는 점에서 의미가 있다"며, "앞으로도 심층처분 안전성평가 분야의 차세대 전문 인력 양성을 위해 교육과 연구 지원을 이어가겠다"고 말했다.

교육생들이 연구원이 개발한 프로그램 'APro'를 활용해 실습하고 있다.

2

김경표 박사 한국산업정보학회 회장 선출



연구원 경수형SMR원자로기술개발부 김경표 책임연구원이 제25대 한국산업정보학회장으로 선출돼 2026년 1년간 학회를 대표한다.

한국산업정보학회는 공학과 경영을 융합해 산업정보 분야의 학문 발전과 실용적 연구 확산을 도모하는 전문 학술 단체다. 1996년 창립 이후 산·학·연·관 협력의 가교역할을 해왔으며, 261개 공학 학술지 중 영향력 지수 5위를 기록하는 등 학문적 성과를 인정받고 있다.

김경표 학회장은 기술정책, 경제분석, 국제전략 분야 전문가로 국제원자력기구 (IAEA) 사업 책임자로 아·태지역 17개국 공동사업에 이어 최근 원전 도입 인프라 구축 사업을 수행한 바 있다. 김 학회장은 "AI, 빅데이터 등 신기술 시대에 학계 연구 성과가 산업 현장에서 실질적으로 활용되도록 학회 역량을 강화하겠다"고 밝혔다.

김경표 한국산업정보학회 회장

3

미래 세대의 원자력 이야기, 어린이 그림 공모전 개최



연구원이 2월 27일부터 5월 10일까지, 미래 세대가 에너지와 과학기술의 역할을 자연스럽게 이해할 수 있도록 '교사·부모와 함께 생각하는 지구와 미래를 위한 원자력 이야기 어린이 그림 공모전'을 개최한다.

공모 주제는 '탄소중립과 AI 시대, 원자력은 우리 생활에서 어떤 역할을 하고 있을까요?'이다. 원자력 기술을 설명하거나 정답을 찾는 방식이 아니라 어린이의 시선과 상상력으로 미래 사회와 에너지를 표현하도록 했다.

공모전 수상작은 한국원자력연구원 대전 본원 전시를 비롯해 과학축제, 어린이 대상 행사, 온라인 갤러리, 학교 교육 자료, SNS 등 다양한 과학문화 콘텐츠로 활용될 예정이다. 자세한 공모 요강과 내용은 연구원 공식 홈페이지(www.kaeri.re.kr)를 통해 확인할 수 있다.

연구원이 '교사·부모와 함께 생각하는 지구와 미래를 위한 원자력 이야기 어린이 그림 공모전'을 개최한다.

03 + 04 Vol. 304

4

화학산업협회-원자력연구원, 고온가스ro(HTGR) 활용 MOU 체결



연구원이 3월 6일 화학산업협회와 '석유화학 산업 열에너지 탄소중립 실현을 위한 고온가스ro 활용 기술협력 업무협약'을 체결했다.

고온가스ro는 석유화학 공정에 필요한 고온의 증기를 탄소 배출 없이 공급할 수 있는 차세대 원자로로, 석유화학업계의 탄소중립 달성을 위한 핵심 대안으로 꼽힌다.

양 기관은 이번 협약을 통해 국내 석유화학 기업들의 요구사항을 반영한 현실적인 고온가스ro 설계 추진과 기술의 상용화 기획 창출 등을 통해 탄소중립 실현을 위한 실질적인 기술협력 생태계를 구축하기로 했다.

연구원 임인철 부원장은 "석유화학산업은 연구원이 추진 중인 고온가스ro의 핵심 수요처"라며 "국내 석유화학 업계와의 긴밀한 네트워크를 구축해 실질적인 기술협력 생태계를 조성할 것"이라고 밝혔다.

연구원과 화학산업협회가 고온가스ro 활용 기술협력 업무협약을 체결했다. (왼쪽부터) 화학산업협회 임찬왕 부회장, 연구원 임인철 부원장.

5

난치성 질환 진단 방사성의약품 공백 없어진다



연구원은 3월 10일 방사성의약품 지원센터에서 생산하는 진단용 방사성의약품 캐리엠아이비지(¹³¹I) 고용량 주사액(3mCi)이 3월부터 건강보험 급여 적용을 받게 됐다고 밝혔다.

캐리엠아이비지는 재발·난치성 신경모세포종 환자의 치료 효과가 탁월하며 종양의 위치와 전이 여부를 정밀 진단할 수 있다. 그동안 저용량(1mCi)만 보험 적용을 받아, 여러 번 투여 시 의료진의 방사선 피폭 증가와 진료 효율 저하 등의 어려움이 있었다.

이에 방사성의약품 지원센터는 고용량 주사액의 임상적 필요성을 지속적으로 설명해 보험급여 적용을 이끌어냈다. 이번 보험 적용으로 난치성 질환 환자들이 적시에 진단과 맞춤형 치료를 받을 수 있게 됐다.

조은하 센터장은 "진료 현장 요구를 제도 개선으로 연결한 성공 사례"라며 "앞으로도 필수 방사성의약품을 안정적으로 공급하겠다"고 밝혔다.

연구원이 난치성 질환 진단용 캐리엠아이비지(¹³¹I) 고용량 주사액(3mCi) 보험급여 적용을 이끌어냈다.

6

방사성 콘크리트폐기물 감용기술 세계 최초 상용화 성공



연구원이 (주)오르비텍과 함께 한국수력원자력의 '콘크리트 방폐물 시멘트·골재 분리처리' 용역을 수주했으며, 이는 방사성 콘크리트폐기물 감용 기술 상용화에 성공한 세계 최초 사례라고 3월 12일 밝혔다.

콘크리트는 원자력 시설의 주요 구성 요소로 운전 중 방사성 물질에 오염되는데, 오염 물질은 골재가 아니라 시멘트 부분에 주로 존재한다. 이근영 박사 연구팀은 콘크리트폐기물을 가열해 굳은 시멘트를 부드럽게 바꾸고 분쇄해 골재와 분리하는 '가열분쇄 처리' 원천기술을 개발했다.

오염된 시멘트만 분리 처분하면 방사성폐기물을 절반 이하로 줄이고, 원전 1호기당 수백억의 처분 비용 절감을 기대할 수 있다.

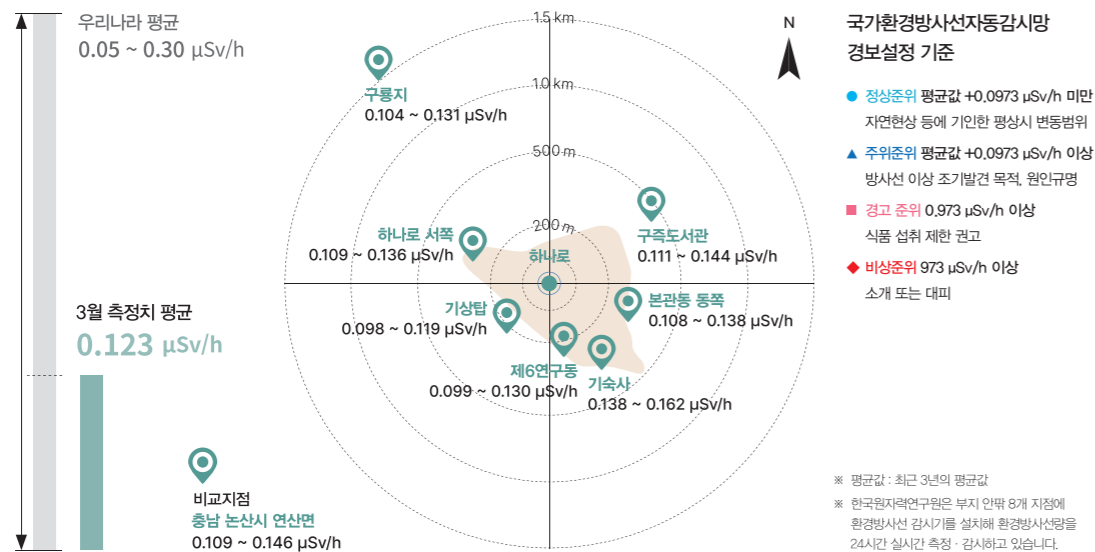
이근영 박사는 "해외 선진기관조차 상용화에 실패한 기술을 세계 최초로 상용화했다"며 "국내 원천기술이 사업화로 이어진 성공 사례가 되길 기대한다"고 밝혔다.

방사성 콘크리트폐기물 감용 처리설비 운영 현장

한국원자력연구원 안전정보

환경방사선량률 측정 결과와 사용후핵연료 등 방사성 폐기물 보관 현황은 연구원 홈페이지(www.kaeri.re.kr) 안전정보를 통해서도 확인하실 수 있습니다.

환경방사선량률 측정 결과 (3월 1일 ~ 3월 31일)



중저준위 방사성 폐기물 관리 현황 (2025년 4분기 기준)

중·저준위 방사성고체폐기물 (200L 드럼)

중·저준위 방사성고체폐기물이란?

원자력 시설의 운영 및 해체, 연구 과정에서 발생한 작업복, 장갑, 기기 부품 등 방사능의 세기가 상대적으로 낮은 폐기물

제 1·2 저장고

9,339.15

발생량 : 200.2
처리량 : 24

9,515.35

해체폐기물 저장고

9,761.13

발생량 : -
처리량 : -

9,761.13

19,276.48

● 2025년 3분기 보관량 ● 2025년 4분기 발생·처리량 ● 합계

사용후핵연료 보관 현황

● 2025년 4분기 보관량 ● 전분기 대비 증감

경수로 사용후핵연료



1,699봉
(3,345.4 kgU)

하나로 사용후핵연료



580다발
(989.6 kgU)

조사핵연료 시편



(8.08 kgU)

(0.00002172 kgU)

※ 경수로 사용후핵연료는 관련 핵연료의 손상 원인 규명, 신소재 개발 등 연구를 위해 소량 반입 후 보관 중입니다.

※ 조사핵연료는 사용후핵연료 및 시험핵연료를 연구개발 목적으로 조사시험한 것으로, 연료봉 또는 절단된 시편 형태로 보관 중입니다.

초성 퀴즈 이벤트!

〈원우〉를 읽고 파동이가 내는 초성 퀴즈를 맞춰보세요!
정답을 맞추신 10분에게
아메리카노 쿠폰과 파동이 MD를 드립니다!

참여방법

휴대폰 카메라로 아래의 QR 코드를 스캔해 이벤트 참여 페이지로 이동합니다.
〈원우〉에 대한 의견과 퀴즈의 정답을 작성해 제출하면 끝!



이벤트 기간 2026년 4월 1일 ~ 5월 29일

당첨 인원 10명

당첨자 발표 6월 초(당첨자에게 개별 안내)

이벤트 상품 아메리카노 쿠폰과 파동이 MD

Quiz

KAERI는 “ㅇㅎㅎㄹㄹㅂㄷ”이라는 2차원 나노소재로 반도체 소자를 만들었습니다. “ㅇㅎㅎㄹㄹㅂㄷ”은 무엇일까요?

파동이의 힌트! 과학하는 파동이를 읽어보세요!

안전한 원자력, 미래를 선도하는 원자력을 연구합니다.
우리의 삶을 더 이롭게, 세상을 더 깨끗하게 만들 원자력을 연구합니다.

안전을 넘어 신뢰로, 한계를 넘어 혁신으로
한국원자력연구원은 원자력 기술의 내일을 만들어 갑니다.

더 나은 세상을 위한
원자력 기술의 중심,
한국원자력연구원



한국원자력연구원
Korea Atomic Energy Research Institute