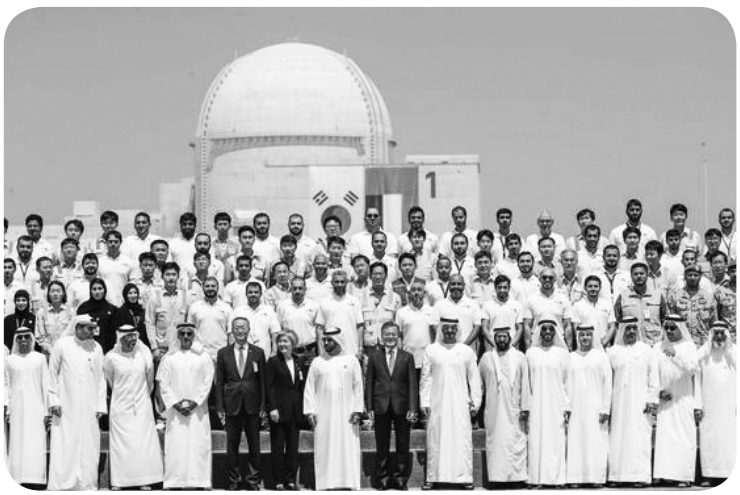
문재인 대통령, 한국원전 수출 1호 '바라카 1호기' 건설 완료 기념행사 참석

"바라카 원전은 공사기간 준수, 안전성, 경제성 모든 면에서 모범" 평가
"올해 말 준공…세계 첫 3세대 상업운전, 사막 원전 건설 동시 달성"
바라카 원전 현장 근로자들과 오찬, 노고 격려



문재인 대통령이 아랍에미리트(UAE) 바라카 원전 1호기 건설 완료 행사 후 모하메드 빈 자이드 알 나흐얀 왕세제 등과 함께 기념촬영을 하고 있다.

아랍에미리트(UAE)를 방문한 문재인 대통령은 3월 26일 UAE와 중동의 첫 원전이자 한국의 첫 해외 수출 원전인 바라카 원전 1호기 건설 완료 행사에 참석했다.

이날 행사에는 양국 원전 협력의 첫 번째 결실인 1호기의 성공적인 건설을 축하하기 위해 양국 정상을 비롯한 정부, 기업, 기관 대표 등 핵심 인사 200여명이 대거 참석했다. 특히 UAE 측에서는 왕세제를 포함해 8명의 UAE 왕족이 참석할 만큼 국가적으로 높은 관심을 보였다. 청와대 관계자는 "왕족들이 하나의 행사에 이렇게 대거 참석하는 것은 매우 이례적인 일"이라고 말했다. 모하메드 빈 자이드 알 나흐얀 UAE 왕세제는 현장에서 자신이 직접 운전대를 잡은 차량 옆좌석에 문 대통령을 태워 이동할 정도로 큰 만족감을 표했다.

문재인 대통령은 기념식이 끝난 후 한국전력공사, 한국수력원자력, 두산중공업, 현대건설, 삼성물산 등 UAE 원전 건설에 참여하고 있는 원전 공기업, 시공업체, 주요 기기 등 대 · 중소기업 노동자 200여명과 오찬을 나누며 원전 건설 현장에서 겪었던 따뜻하고 감동적인 사연들을 함께 나누었다. UAE 원전 건설 현장에는 2717명의 한국인 노동자들이 일하고 있다.

문재인 대통령은 "근로자 한 사람 한 사람이 국가를 대표한다는 마음으로 하나가 되어 구슬땀을 흘렸다. 저는 다시 한 번 우리 국민의 단합된 힘과 역량을 느낀다."며 노동자들을 격려하고, "여러분들이 이곳 UAE에서 땀으로 써 내려가는 삶의 이야기는 대한민국 경제 성장 역사의 또 하나의 빛나는 성취로 기록이 될 것"이라고 말하고 "정부는

문재인 대통령은 바라카 원전 현장에서 현장 근로자 격려 행사를 통해 "올해 말 바라카 원전 1호기가 준공돼 가동되면 세계 원전 중 최초로 3세대 원전의 상업운전과 사막에서의 최초 원전 건설을 동시에 달성하게 된다."고 말하고 "준공까지 남은 일정도 순조롭게 이뤄지도록 최선을 다해달라."고 당부했다.

여러분이 큰 자부심과 보람으로 일하도록 지원하겠다"고 밝혔다.

문 대통령은 "올해 말 바라카 원전 1호기가 준공돼 가동되면 세계 원전 중 최초로 3세대 원전의 상업운전과 사막에서의 최초 원전 건설을 동시에 달성하게 된다."며 "준공까지 남은 일정도 순조롭게 이뤄지도록 최선을 다해달라"고 당부했다.

문 대통령은 "정상회담에서 모하메드 왕세제는 그간 우리 노동자, 기업, 정부의 노력에 감사하다고 말하면서 우리 기술의 전폭적인 신뢰를 표명했다"고 전하고, 특히 "바라카 지역을 비롯한 아부다비 서부 지역의 여러 가지 사업에 있어서 우리 한국에 최우선적인 권리를 주겠다고 그렇게 약속을 했다"고 외교 성과를 보고하기도 했다.

현장 근로자들은 원전 건설의 애환과 보람을 직접 전했다. 최성환 UAE 원자력본부장은 "저희 '팀 코리아'의 노하우를 제2, 제3의 원전 수출에 활용할 수 있도록 대통령이 더 많이 격려 · 지원해달라."고 했다. 2012년부터 근무한 김문수 차장은 "처음에는 얼마나 내가 버틸까 했지만 국책사업이라는 사명감으로 6년을 버텼다."며 "원전 1~4호기가 순서대로 완성되는 모습을 보며 내가 대한민국 국민이라는 것에 굉장한 자부심을 느꼈다."고 했다. 문 대통령은 "여러분이 세계 에너지 역사를 크게 변화시키는 위대한 일을 하고 있다는 자부심을 느껴도 좋을 것 같다"며 격려했다.

한편 모하메드 빈 자이드 알 나흐얀 왕세제는 이날 자신의 트위터에 "오늘 친애하는 내 친구인 문 대통령과 함께 평화로운 원전 1호기의 완공 현장을 볼 수 있게 돼 기쁘다. 이런 거대한 사업을 가능케 한 문 대통령과 한국의 친구들에게 모든 감사를 전한다."며 "UAE와 한국은 야심에 찬 나라다. 양국은 비전이 한 곳으로 수렴하고 이례적이고 모범적 관계로 이어졌다. 우리의 전략적 파트너십은 강하고 생산적이며 더 견고한 다음 단계로 나아가기 위해 최선을 다할 것"이라고 양국 관계를 높이 평가했다.

2012년 7월에 최초로 콘크리트가 타설된 후 드디어 완공된 UAE 원전 1호기를 비롯하여 UAE의 목표대로 2020년까지 원전 4기가 모두 준공되면(총 5.6 GW 규모) 한국형원전(APR1400)이 UAE 전력 수요의 약 25%를 공급하게 된다.

문재인 대통령, UAE의 사우디 원전 수주 지지 확인

문재인 대통령과 모하메드 빈 자이드 알 나흐얀 UAE 아부다비 왕세제가 환담하고 있다.

문재인 대통령은 아랍에미리트(UAE)로부터 사우디아라비아 원전 수주 지지를 확인하는 등 다양한 실질 협력 방안을 이끌어냈다. 문재인 대통령은 3월 26일 모하메드 빈 자이드 알 나흐얀 아부다비 왕세제와 정상회담을 마치고 가진 주요 각료 면담에서 이같은 성과를 거뒀다고 김의겸 청와대 대변인이 현지 브리핑에서 전했다. 우리나라가 사우디 아라비아 원전을 수주하는 데 UAE 지지를 받는 부분이 공식화된 것이다.

문 대통령은 모하메드 왕세제와의 정상회담에서 우리 정부의 사우디 원전 수주를 향한 협조를 당부한 바 있다. UAE 측은 "향후 한국의 사우디 원전 진출에 필요한 구체적인 협력을 한국 측과 조속히 추진하기를 희망한다"고 밝혔다. 이와 관련 UAE는 우리나라와 함께 건설하는 바라카 원전이 품질과 안전성, 경제성 면에서 전 세계적으로 가장 훌륭한 모델인 점을 사우디 정부에 전달할 방침이다.

청와대 관계자는 아부다비 현지에서 기자들과 만나 "사우디 원전 수주는 한국전력이 단독 제안한 상태다. 바라카 원전 성과를 인정받아 적극적으로 알리겠다는 목표"라며 "구체적 협력 관계는 추가 논의하겠다"고 말했다.

백운규 산업부 장관, 사우디 핵심 부처 장관들 만나 원전 수주 활동 펼쳐

원전 세일즈를 위해 3월 11~13일 사우디아라비아를 방문한 백운규 산업통상자원부 장관은 알팔레 에너지산업 광물자원부 장관 등 사우디 주요 부처 장관들과 잇따라 만나 대형 원전 수주를 위한 한국 정부 의지를 적극 표명하고 원전 수출을 위한 양국 간 협력 강화 방안을 논의했다.

백 장관의 이번 방문은 오는 4월 내로 예정된 사우디 원전사업 예비 사업자 선정에 앞서 한국의 원전 수출에 대한 의지를 전달하기 위한 목적이다. 사우디는 작년 말 각국이 1차로 제출한 상용 원전에 대한 기술정보요구서(RFI) 답변서를 심사해 3월 말~4월 중 예비 사업자 리스트를 발표할 예정이다. 최종 원전 사업자 선정을 올해 말 이뤄질 전망이다.

사우디아라비아를 방문한 백운규 산업통상자원부 장관이 3월 12일 리야드 석유연구센터에서 알팔레(Khalid A. Al-Falih) 사우디 에너지산업광물자원부 장관과 만나 협력 방안을 논의하고 있다.

백 장관은 사우디 부처 장관들에게 "한국은 풍부한 원전 건설 및 운영 경험을 갖고 있고, 세계 최고 수준의 경제성, 국제적으로 입증된 기술적 안전성 등도 있다."며 "사막 환경에서도 주어진 예산과 공기를 준수하며 성공적으로 아랍에미리트(UAE) 원전 건설을 추진하고 있다."고 설명했다. 이에 알팔레 장관은 "한국 원전의 잠재력을 높이 평가하면서 양국 간 협력 강화를 위한 한국의 원전 정책과 경쟁력을 공유해달라."고 답했다.

양국은 또 한-사우디 간 공동으로 추진 중인 차세대 소형 원전 '스마트(SMART)'원전의 성공적인 건설과 제3국 진출 등 협력 방안도 논의했다. 알팔레 장관은 "SMART 원전 건설을 적극 지지하겠다."며 "원전과 재생에너지 등 에너지 분야에서 협력이 지속해서 확대되길 바란다."고 말했다.

백 장관은 사우디 비전 2030과 관련해 한국이 사우디 경제 개혁 실현을 위한 전략적 파트너라는 점을 강조했다. 양국은 올해 안에 제2차 '비전 2030 위원회'를 열고 이를 위한 성과사업 발굴 노력을 강화하기로 했다. 작년 열린 1차 비전 2030 위원회에서 도출된 40개 협력 과제의 진행 상황에 대해서도 점검할 계획이다. 비전 2030은 사우디 정부가 '활기찬 사회', '번성하는 경제', '야심찬 국가'를 표어로 내세우고 탈(脫)석유 정책 및 산업 다변화를 도모하기 위해 2016년부터 추진 중인 경제 개혁 계획이다.

산업부는 "원전정책을 총괄하는 알팔리 장관 등을 만나 원전 협력 방안을 논의하면서 사우디 원전 예비사업자 선정뿐만 아니라 향후 선정되는 경우 최종 수주 단계까지를 고려한 최고위급 협력채널을 확보했다."고 말했다.

신고리 5호기 원자로건물 격납철판 지상 조립 후 인양 설치

한국수력원자력 새울원자력본부는 2월 28일 신고리 5 · 6호기 건설 현장에서 신고리 5호기 원자로건물에 지상에서 따로 조립한 격납철판(CLP · Containment Liner Plate)을 인양해 처음 설치했다. 원자로건물 격납철판 설치는

신고리 5호기 원자로건물에 지상에서 따로 조립한 격납철판(CLP · Containment Liner Plate)이 설치되었다.

원자력발전소 건설 과정에서 기계와 전기 공사의 본격적인 착수를 알리는 신호탄이라는 의미가 있다.

원자로건물 내벽에 설치되는 격납철판은 6mm 두께로 방사성 물질 유출을 방지하는 물리적 방호 장벽 중 하나다. 지름 45.72m, 높이 77.5m로 모두 19단으로 구성돼 있다. 인양 작업 없이 원자로건물 안에서 바로 설치하는 격납철판 1~2단은 이미 지난해 말 설치가 끝났다.

이날 설치한 격납철판은 3단~5단까지로, 원자로건물 인근 지상에서 3개 단(높이 총 7.21m)으로 쌓아 모듈처럼 제작한 격납철판이다. 2천300t급에 달하는 국내 최대 규모의 크레인까지 동원해 설치했다. 이 같은 설치 방법은 높은 곳에서 하는 고소 작업을 없애 사고를 예방할 수 있고 품질과 작업 효율도 높일 수 있다는 잇점이 있다. 19단까지 설치하는 격납철판은 오는 9월 마무리된다.

신고리 5호기는 2022년 3월, 신고리 6호기는 1년 뒤인 2023년 3월 준공된다.

신고리 1호기, 14개월만에 가동 재개… 86개 항목 '안전'

지난해 1월 정기검사에 들어갔던 신고리 1호기(가압경수로형 · 100만㎾)가 계획예방정비를 마치고 3월 11일 오전 0시41분 발전을 재개했다. 정지 후 1년 2개월 만이다.

신고리 1호기는 계획예방정비를 통해 원자력안전법과 전기사업법에 따른 법정 검사와 원전연료 교체, 후쿠시마 후속 조치인 이동용 발전차 실증 시험 등 각종 기기 정비 및 설비 개선을 수행하면서 안전성을 한층 강화했다.

앞서 원자력안전위원회(원안위)는 3월 9일 정기검사를 받은 신고리 1호기의 재가동을 승인했다. 원안위는 정기검사를 통해 86개 항목에 대한 검사를 마쳤고, 원자로 임계(핵분열이 지속적으로 일어나는 조건)와 안전 운전에 미치는 영향이 없음을 확인했다.

원안위는 이번 정기검사에서 원자로냉각재펌프 부속품(콘너트), 격납건물 내부철판(CLP), 주증기대기방출밸브

1년2개월여 만에 3월 11일 발전을 재개한 고리원자력본부 신고리 1호기(오른쪽).

(MSADV), 콘크리트 구조물 등을 중점적으로 점검했다. 현재 원안위가 정기검사를 진행 중인 원전은 전체 24기 중 11기로 고리 3 · 4호기, 신고리 2 · 3호기, 한빛 4호기, 월성1 · 4호기, 신월성 2호기, 한울 2 · 3 · 5호기다.

원자로 냉각수 실시간 기포 탐지 기술 세계 최초 개발

고온고압인 원자로 내부 냉각수 상황을 실시간으로 직접 확인할 수 있는 기술이 세계 최초로 개발됐다. 한국원자력연구원은 음향 방출(Acoustic Emission)을 이용, 원자로 냉각수에서 발생하는 기포를 실시간으로 탐지할 수 있는 기술을 개발했다고 3월 26일 밝혔다. 이 기술은 현재 국내 특허 등록을 완료하고 「Annals of Nuclear Energy」 등

냉각수 기포 음향 방출 탐지 실험 진행 상황을 점검하고 있는 모습.

SCI 전문학술지에 4편의 논문을 게재한 상태다.

원자력연구원 원자력재료연구부 심희상, 허도행 박사 연구팀이 개발한 '냉각수 비등현상(沸騰現象) 음향방출 탐지 · 분석기술'은 잠수함 음향 탐지 등에서 사용되는 기술을 활용한 것으로, 핵연료피복관에 설치한 센서로 고온고압 조건에서 기포 발생 시 나타나는 음파를 탐지, 실시간으로 기포 발생 여부와 발생량을 분석한다. 연구팀은 탐지 장비는 물론 환경신호와 기포 발생 신호를 분리할 수 있는 분석방법도 개발했다.

기존에는 고온고압의 원자로에서 발생하는 기포를 실시간으로 탐지하는 것이 어려워, 냉각수의 온도나 원자로 열출력 측정값을 통해 간접 추정할 수밖에 없었다. 부식 생성물 부착량이 급격하게 증가하면 원자로의 열출력을 낮추거나, 더 나아가 운영을 잠시 정지시키기도 한다. 그러나 연구원이 개발한 기술을 활용하면, 피복관 건전성 유지에도 효과적일 뿐 아니라 정확한 기포 발생량을 알 수 있어 불필요한 열출력 감소를 없앨 수 있다. 또한 최근 원전 현장에서 이슈가 되고 있는 축방향 출력 불균일 등을 방지할 수 있어 원자로 안전성을 더욱 강화할 것으로 기대된다. 추후 연구팀은 피복관 표면의 부식생성물 부착량을 줄이고 예측하는 기술로 발전시키기 위한 연구를 계속할 예정이다.

KAERI 개발 핵연료 점검 로봇, IAEA 핵사찰 로봇으로 채택될 듯

원자력연구원이 개발한 SCV가 모의 핵연료 저장 수조에서 움직이고 있다.

한국원자력연구원은 박종원 박사팀이 개발한 '핵연료 점검 로봇(SCV, Spent fuel Check Vehicle)'이 'IAEA 로보틱스 챌린지'경연대회를 거쳐 최근 IAEA 수상(水上) 로봇 부문에 선정되어 우리나라가 개발한 원자력 로봇이 IAEA가 추진 중인 핵사찰 로봇으로 채택될 가능성이 한층 높아졌다.

앞서 IAEA는 전 세계 원자력 시설에서 방사성폐기물을 점검할 자율 이동 사찰 로봇을 개발하기 위해 지난해 8월 호주에서 'IAEA Robotics Challenge 2017(IRC 2017)'을 개최한 바 있다. 총 17개국 27개팀이 참가한 당시 대회는 수상 로봇, 지상 로봇 분야로 나눠져 예선과 모의 시험 환경에서 직접 평가하는 본선으로 진행됐으며, 원자력연구

원이 출품한 '핵연료 점검 로봇'은 수상 로봇 분야에서 영국, 헝가리 참가팀과 함께 최종 선정됐다.

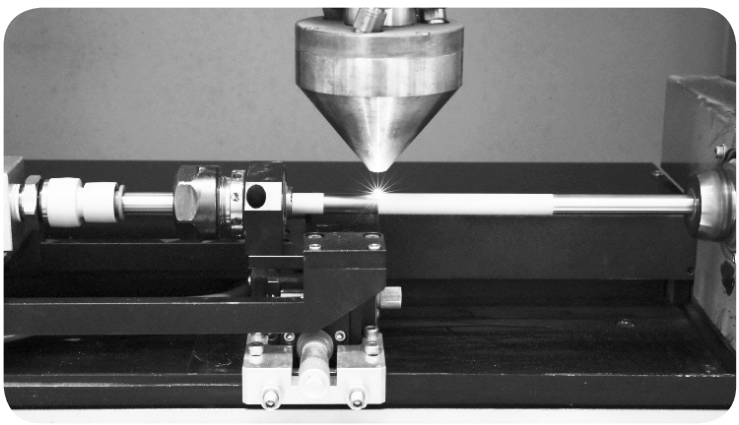
선정된 로봇은 현장 적용 시험(Proof-of-concept)을 거쳐 최종 기술 수준이 증명될 경우, IAEA 요청에 따라 완제품으로 제작, 수출된다. 연구원은 IAEA와 함께 현장 적용 시험 단계의 세부사항을 논의하고 있는데, 올해 안에 실제 원전 내부에서 사용후핵연료 사찰 작업을 통해 로봇 성능을 시험할 계획이다.

IAEA가 핵사찰을 위해 로봇 개발에 직접 뛰어든 것은 이번이 처음이다. 현재 IAEA는 사찰요원을 파견, 사용후핵연료 저장수조에 보관된 핵연료와 지상에 적재된 방사성폐기물 컨테이너를 주기적으로 사찰하고 있다. 그러나 사찰 요원들의 방사선 피폭 우려와 원자력산업 규모의 성장으로 사찰 업무 수행이 어려워지자, 이들을 대체할 로봇 개발이 절실해진 상황이다.

원자력연구원의 '핵연료 점검 로봇'은 경연대회에 참가한 로봇 중 유일하게 IAEA가 제시한 모든 실험을 성공적으로 수행했다. 수상 로봇은 깊이 10m 이상의 핵연료 저장 수조에서 자율적으로 움직이고, 핵연료를 정확하게 관측할 수 있어야 하며, 세계 각지로 항공 운송이 가능하도록 무게가 가볍고, 작업을 마친 로봇에 대한 제염 작업 또한 쉽고 빠르게 할 수 있어야 한다.

'핵연료 점검 로봇'은 다른 로봇보다 월등히 빠른 30㎝/s 이상의 속도로 자율 주행이 가능하고, 탑재한 검사 장비를 이용해 사용후핵연료를 자동으로 인식, 검사할 수 있다. 또한 사용자가 편리하게 조종할 수 있는 유저 인터페이스(UI)를 갖추었으며, 무게가 11㎏에 불과해 항공 운송과 재빠른(5분 이내) 설치 · 운용이 가능하다. 외부로 노출된 부분이 단순해 제염이 쉬운 점도 높게 평가받았다.

3D 프린팅 기반 내열 합금 신기술 세계 최초 개발



파이프에 산화물을 도포한 후 3D 프린터 레이저를 조사하는 모습.

한국원자력연구원이 3D 레이저 프린팅 기술을 활용하여 기존 대비 성능은 높이면서도 20배나 빠르게 '산화물 분산강화' 합금을 만들 수 있는 신기술을 세계 최초로 개발했다. 이 기술은 원천성을 인정받아 현재 국내를 포함하여 미국, 일본, 유럽(프랑스)에 특허 등록을 완료한 상태다.

포토 포커스

UAE 바라카 원전 현장 근로자들과 함께 한 문재인 대통령
문재인 대통령은 3월 26일 UAE 바라카 원전 1호기 건설 완료 행사에 참석한 뒤 원전 건설 현장 근로자들에 둘러싸여 기념촬영을 하고 있다. 문재인 대통령은 건설 현장 근로자들과 만난 자리에서 "여러분들이 이곳 UAE에서 땀으로 써내려가는 삶의 이야기는 대한민국 경제 성장 역사의 또 하나의 빛나는 성취로 기록이 될 것"이라고 말했다.

이번에 개발한 '3D 레이저 프린팅 기반 산화물 분산강화 기술'은 후쿠시마 원전 사고와 같은 원자로 수소 폭발을 방지하기 위해 개발을 시작했다. 후쿠시마 사고 당시 원자로 내부의 고온으로 핵연료 피복관이 변형 · 파괴되고 핵연료 피복관이 산화되면서 다량의 수소가 발생, 결국 수소 폭발로 이어졌다.

그러나 '3D 레이저 프린팅 기반 산화물 분산강화 기술'을 적용해 제작한 핵연료 피복관은 1,200℃의 고온에서도 거의 변형되지 않기 때문에(기존 대비 1/4 이하), 사고 발생 시 수소 발생을 크게 억제하여 후쿠시마 사고와 같은 심각한 사고로 진행되지 않게 한다. 이에 사고 대응 시간을 추가로 확보할 수 있어 사고 시 핵연료의 안전성을 5배 정도 강화할 수 있을 것으로 평가된다.

한국원자력연구원은 본 기술을 적용한 사고저항성 피복관 개발과 함께 기타 산업 전반에 확장 적용할 수 있도록 기술을 고도화할 예정이다. '산화물 분산강화' 합금을 포함한 내열 금속 시장은 산업 고도화에 따라 지속적으로 확대되고 있는 상황으로, 핵연료 피복관 시장만으로도 국내 연 500억원, 세계시장 연 1조원 규모로 파악된다.

원자력연구원 하재주 원장은 "산화물 분산 강화 소재는 미국, 일본 등에서 활발하게 연구되고 있는 고부가가치 소재로, 국방, 항공우주 등 다양한 첨단 산업에 활용될 수 있을 것"이라며, "이 기술이 활용되면 우리나라의 관련 산업 발전에 획기적인 전환점이 될 것으로 기대한다."고 밝혔다.