새로운 원자력 시대로 진입, 기술 주도권 분기점에 서다

김하늬 기자 | 승인 2026.02.13 09:25

[공학저널 김하늬 기자] 신규 원전 건설과 함께 소형모듈원자로(SMR), 고속로 등 차세대 원자로 개발이 동시에 추진됨에 따라 원자력은 이제 국가 경쟁력을 좌우하는 전략 기술로 재조명되고 있다. 국제에너지기구(IEA)가 '세계는 새로운 원자력 시대로 진입하고 있다'고 평가한 배경 역시 이러한 변화와 맞닿아 있다.

이 같은 글로벌 환경 변화는 우리나라 원전 산업에도 중요한 기회를 제공하고 있다. 세계 최고 수준으로 평가받아 온 한국 원전의 설계·건설·운영 역량은 최근 체코 신규 원전 수주 성과를 통해 다시 한번 국제적으로 입증됐다. 원자력 기술력뿐 아니라 사업 수행 능력과 공급망 관리 역량까지 종합적으로 평가받았다는 점에서 의미가 크다. 원자력 확대에 대한 사회적 공감대 역시 과거에 비해 상당 부분 형성돼 있다. 탄소중립 달성과 에너지 안보, 전력 수급 안정이라는 현실적 과제 앞에서 원자력의 역할을 재평가해야 한다는 인식이 점차 확산되고 있다.

그러나 국내 정책 환경을 놓고 보면 여전히 과제가 남아 있다. 최근 정부가 제11차 전력수급기본계획에 포함된 대형원전 2기와 SMR 1기 건설을 원안대로 추진하기로 결정한 것은 국가 에너지 정책이 합리성과 예측 가능성을 회복하고 있음을 보여주는 긍정적인 신호로 평가된다.

다만 이 같은 결정만으로 급변하는 전력 수요 구조와 산업 환경 변화를 충분히 감당하기에는 한계가 있다는 지적도 나온다. 특히 AI와 데이터센터, 반도체 산업을 중심으로 한 전력 수요의 급격한 증가와 2050 탄소중립 목표를 동시에 고려할 때 현재 논의가 시작된 제12차 전력수급기본계획에서는 추가 신규 대형원전과 SMR 도입 여부가 보다 본격적으로 검토돼야 할 필요성이 커지고 있다. 이 계획에서 원자력이 어떤 비중과 역할로 자리매김하느냐에 따라 향후 국가 전력 시스템은 물론 첨단 산업의 성장 경로까지 좌우될 수 있다는 점에서 보다 중장기적 시각의 정책 판단이 요구되는 시점이다.

차세대 원자로 기술에 대한 관심이 다시 높아지는 배경 역시 이러한 문제의식과 맞닿아 있다. 제4세대 원전으로 분류되는 차세대 원자로는 기존 경수로 중심의 기술을 넘어 안전성과 자원 활용 효율을 근본적으로 개선하는 방향으로 설계되고 있다. 본질적 안전성을 강화해 외부 전원이나 복잡한 능동 설비에 대한 의존도를 낮추고 중대사고 가능성을 구조적으로 줄이도록 설계된 점이 가장 큰 특징이다. 여기에 고속로(SFR)를 중심으로 사용

후핵연료 내 우라늄과 플루토늄을 재활용함으로써 연료 자원 활용도를 획기적으로 높이고 장기 방사성 폐기물의 독성과 부피를 줄일 수 있다는 점도 중요한 경쟁력이라고 할 수 있다.

또한 차세대 원자로는 전력 생산에 그치지 않고 수소 생산, 고온 공정열 공급, 해양 추진 등 다양한 산업 영역으로 응용 가능성이 확대되고 있다. 원자력이 탄소중립 산업 전환을 뒷받침하는 다목적 에너지 플랫폼으로 진화하고 있다는 평가가 나오는 이유다. 국내 경수로 분야에서는 이미 높은 수준의 설계·건설·운영 역량을 확보하고 있으며, 이를 기반으로 혁신형 SMR 개발도 안정적으로 진행 중이다.

제4세대 원전 분야에서도 고속로 핵심 기술과 고온가스로 실증 기술, 연료·재료·계통 해석 분야에서 의미 있는 연구 성과가 축적돼 왔지만 대형 실증로나 상용화 단계로 나아가기 위해서는 보다 일관된 국가 차원의 투자와 로드맵이 필요한 상황이다.



한국원자력학회 최성민 회장(**사진**)은 "기술 주도권을 선점할 수 있는 매우 중요한 전략적 전환기"라며 "차세대 원자로는 단순히 새로운 설비가 아니라 국가 에너지 구조와 산업 경쟁력을 동시에 재편할 수 있는 핵심 기술"이라고 설명했다.

그는 이어 "지금 이 시기에 연구개발 투자와 실증 로드맵을 얼마나 일관성 있게 추진하느냐가 향후 수십 년을 좌우하게 될 것"이라고 덧붙였다.

원자력의 지속가능성을 논할 때 빼놓을 수 없는 또 하나의 축은 연료주기와 사용후핵연료 관리 문제다. 원자력의 미래는 발전소의 안전한 운영뿐 아니라 핵연료를 안정적으로 확보하고 사용후핵연료를 어떻게 책임 있게 관리하느냐에 달려 있다는 것이 전문가들의

생각이다. 후행연료주기 기술은 사용후핵연료를 단순한 폐기 대상이 아닌 미래 에너지 자원으로 전환함으로써 자원 효율성과 에너지 안보, 폐기물 관리 문제를 동시에 해결할 수 있는 핵심 기술로 평가된다.

파이로프로세싱은 이러한 후행연료주기 기술 가운데 대표적인 대안으로 선택받고 있다. 고온 용융염 환경에서 우라늄과 초우라늄 원소를 회수·재활용하는 이 기술은 사용후핵연료의 부피와 장기 방사성 독성을 줄이고 고속로와 연계해 연료 자원 활용도를 획기적으로 높일 수 있는 잠재력을 지니고 있다. 장기적으로는 우라늄 자원 의존도를 낮추고 연료 공급망 안정성과 에너지 자립 기반을 강화하는 데 기여할 수 있다는 평가도 나온다.

최 회장은 "후행연료주기 기술은 기술적 문제뿐 아니라 제도적·사회적 과제가 함께 얽혀 있는 영역"이라며 "연구개발 단계에 머물러 있는 기술을 산업 규모로 확장하고 실제 운영 환경에서 신뢰성과 안전성을 충분히 검증하는 노력이 병행돼야 한다"고 설명했다.

그는 이어 "국제 비확산 체제와의 정합성을 유지하면서도 변화한 산업 환경과 국가 에너지 전략을 반영할 수 있도록 제도 역시 진화할 필요가 있다"며 "무엇보다 중요한 것은 국민 신뢰이며 투명한 정보 공개와 지역사회와의 지속적인 소통 없이는 어떤 기술도 사회적으로 정착하기 어렵다"고 강조했다.

한국원자력학회는 이러한 복합적인 과제 속에서 과학적 근거에 기반한 정책 제언과 사회적 소통을 동시에 수행해야 할 책무를 안고 있다. 학회는 원자력의 역할과 적정 비중, 대형 원전과 SMR의 균형 발전에 대해 책임 있는 전문 의견을 지속적으로 제시하며 국가 에너지 정책의 합리성과 예측 가능성을 높이는 데 기여한다는 계획이다.

특히 AI 확산에 따른 전력 수요의 구조적 증가를 고려해 제12차 전력수급기본계획에 원자력이 국가 전력 시스템의 중심 전원으로 합리적으로 반영될 수 있도록 학회 차원의 분석과 정책 제언을 이어갈 방침이다.

국민 인식 제고 역시 학회가 중점적으로 추진하는 과제다. 원자력은 실제 안전성과 기술 수준에 비해 국민이 체감하는 인식과의 간극이 큰 분야 중 하나다. 이 간극을 줄이기 위해 학회는 초·중·고 학생을 대상으로 한 에너지·과학 교육과 전국 단위 강연 프로그램을 확대하고 과학적 사실을 국민 눈높이에 맞춰 전달하는 소통 활동을 강화할 예정이다. 이를 통해 미래 세대가 에너지 문제를 보다 과학적이고 합리적으로 바라볼 수 있는 토대를 마련하겠다는 구상이다.

원자력 안전성과 국민 신뢰를 연결하는 역할 역시 학회의 중요한 숙제로 꼽힌다. 주요 안전 이슈가 발생할 경우 학회는 신속하고 객관적인 과학 데이터를 바탕으로 사실관계를 명확히 설명하고 과도한 불안이나 오해가 확산되지 않도록 책임 있는 소통에 나설 계획이다. 전문적인 내용을 쉽게 풀어 전달하는 설명 자료와 공개 토론, 언론과의 협력 등을 통해 국민이 스스로 판단할 수 있는 환경을 만드는 것이 목표다.

최성민 회장은 마지막으로 "원자력 정책은 특정 이념이나 이해관계가 아니라 과학기술적 사실과 객관적 데이터에 기반해 논의돼야 한다"며 "학회는 정책 논의의 중심에서 신뢰받는 과학적 기준점 역할을 수행해야 한다"고 전했다.

그는 이어 "기술 혁신과 인재 양성, 국제 협력, 대국민 소통을 유기적으로 연결하는 플랫폼으로서 학회의 역할을 강화해 나갈 것"이라며 "원자력을 통해 인류의 지속 가능한 성장과 미래 세대의 에너지 선택권을 확장하는 데 기여하는 것이 임기 동안의 목표"라고 덧붙였다.

저작권자 © 공학저널 무단전재 및 재배포 금지

김하늬 기자