

차세대 수력 발전의 디지털 전환, 사이버 보안 강화 및 분산형 에너지 통합 표준화

해당국가	미국	기관(기업)	미국 국립재생에너지연구소	동향분야	기술	국토교통 기술분류	플랜트
------	----	--------	---------------	------	----	-----------	-----

□ 차세대 수력 플랜트 현대화 및 실시간 디지털 운영 플랫폼 고도화

○ AI·에뮬레이션 기반 가변속 수력 발전 통합 제어 기술 상용화

- 2025년 미국 국립재생에너지연구소(NREL)가 발표한 2MW급 수력 발전 에뮬레이션 연구 플랫폼을 활용하여 가변속 터빈의 계통 연동 특성 및 에너지 변환 효율 최적화 기술에 대한 실증 연구 추진
- 디지털 트윈 기반 가상 수력 플랜트 환경을 구축하고, 터빈 비정상 진동·수압 변화·발전기 과열 신호를 AI 예측 알고리즘으로 분석하여 고장 발생 이전 단계에서 대응하는 예방적 유지관리 체계 구현

○ 사이버-물리 시스템(CPS, Cyber-Physical System) 기반 수력 시설 보안 및 리질리언스 강화

- 수력 발전 설비의 사이버 공격 대응력을 평가하는 'CVF*(Cybersecurity Vulnerability Framework)'을 도입하여 제어 시스템 해킹 방지를 위한 엔드투엔드 보안 프로토콜 및 하드웨어 보안 모듈 적용

* 사이버 취약점 식별 → 위협 시나리오 분석 → 대응수준 평가 → 보완조치 도출을 체계적으로 수행하는 보안 성숙도 및 대응역량 평가 프레임워크를 의미

- 재난 및 광역 정전 발생 시 수력 발전의 블랙스타트 기능을 강화하고, 수력-태양광-ESS 통합 운영을 통한 계통 복원 리질리언스 설계 표준 정립

□ 효율적·지속 가능한 수력 인프라 전환 및 표준화 기술

○ 비발전용 댐(Non-Powered Dams)의 수력 플랜트 전환 및 표준 공법 확산

- 미국 에너지부(DOE)가 제시한 Non-Powered Dam 전환 가이드라인을 반영하여 환경 영향을 최소화하는 모듈형 터빈 설계 및 저영향 공법 도입
- 중·소규모 수력 플랜트 경제성 확보를 위한 표준 설계 도면·부품 체계 정립과 지역 분산형 에너지 자립 모델 연계 기술 고도화

○ 차세대 양수 발전 및 수상 태양광 하이브리드 실증 추진

- 가변속 펌프-터빈 기술을 적용한 양수 발전 현대화를 추진하고, 신토메이 고속도로 사례*와 같이 대규모 상용 인프라 환경에서 장기간 축적된 실운전 데이터를 기반으로 기술 신뢰성 검증 모델 적용

* 일본 국토교통성이 추진한 대규모 국가 핵심 인프라(고속도로)에서 첨단 기술을 실증·상시 운영 데이터 기반으로 검증한 사례

- 댐 수면을 활용한 수상 태양광-수력 복합 플랜트 운영 시 수위 변동에 따른 구조 안전성 실시간 모니터링 체계를 구축하고, 스마트그리드·분산에너지관리시스템(EMS)과의 연계 기술 고도화

※ 출처 : 미국 국립재생에너지연구소(2026.01.14), NREL Water Power Newsletter, The Current, Summer 2025