

2025 년 글로벌 원자력산업 관련 유망시장 최근 동향과 기술개발 전략

I. 국내외 원자력 관련 기술, 시장 최근 동향과 전망

1. 글로벌 전력, 원전산업 주요 이슈와 기술, 시장 동향

1-1. 최근 글로벌 전력, 에너지 시장 이슈와 동향

- 1) 무탄소에너지(CFE) 부상과 에너지믹스
 - (1) 개요
 - (2) 최근 글로벌 에너지전환 동향 및 전망
 - (3) 한중일의 에너지전환(에너지믹스) 정책 동향과 전망
- 2) 생성 AI 시대의 데이터센터 구축과 전력난
 - (1) 생성 AI 시대의 데이터센터 경쟁
 - (2) 데이터센터와 전력 소비
- 3) 전력 부문의 AI 활용 분석
 - (1) 전력 부문의 AI 활용
 - (2) 전력 시스템의 AI 활용 관련 위험 DYTH

1-2. 최근 국내 원자력 관련 정책 동향

- 1) 차세대 원자로 민·관 협력 추진전략
 - (1) 개요
 - (2) 추진 계획
- 2) 고준위 방사성폐기물 연구개발(R&D) 로드맵
 - (1) 개요
 - (2) 추진 계획
- 3) 원전산업 경쟁력 강화방안
 - (1) 개요
 - (2) 세부 추진 계획

1-3. 원자력기반 핑크수소 생산 기술 및 시장 동향

- 1) 원자력 기반 수소 생산 기술 개요
 - (1) 저온수전해 방식
 - (2) 고온수전해 방식
 - (3) 열화학 방식
 - (4) 원자력 기반 수전해 기술 간 비교
- 2) 원자력 기반 수소 생산 경제성 분석
- 3) 국내외 원자력 기반 수소 생산 프로젝트 현황
 - (1) 해외 원전 수소 사업추진 사례
 - (2) 국내 원전 수소 사업추진 사례
- 4) 원자력 기반 수소 생산 정책 동향
 - (1) 국내
 - (2) 미국
 - (3) 유럽
 - (4) 중국
 - (5) 일본

2. 유망 원자력산업 관련 기술, 시장 동향과 장래 전망

2-1. 차세대 원자로와 SMR 개발 동향과 전망

- 1) 차세대 원자로 개요
 - (1) 원자로별 기술 분류와 특징
 - (2) 소형 모듈형 원자로(SMR) 개요
 - (3) 초소형 모듈 원자로(MMR) 기술 개요 및 동향
- 2) 차세대 원자로, SMR 개발 동향과 전망
 - (1) 글로벌 차세대 원자로, SMR 개발 경쟁과 전략
 - (2) 주요국 차세대 원자로, SMR 개발 동향과 전략
- 3) 국내외 주요국 차세대 원자로 지원 정책
 - (1) 해외 주요국 차세대 원자로 지원 정책
 - (2) 국내 차세대 원자로 정책 및 개발 현황
- 4) 국내외 SMR 시장 전망
 - (1) 글로벌 SMR 시장 전망
 - (2) 국내 SMR 시장 전망

2-2. 제 4 세대 원자로 개발 동향과 전망

- 1) 제 4 세대 원자로 개요
 - (1) 원자력발전의 변천사
 - (2) 원전 세대별 노형 비교
 - (3) 국내외 주요국 4 세대 원자로 개발 전략
- 2) 제 4 세대 원자로(Gen IV) 개발 방향과 동향
 - (1) 사용후핵연료 처리의 대안, “소듐냉각고속로(SFR)”
 - (2) 수소생산, 공정열 등 고열의 다양한 활용, 초고온가스로(VHTR)
 - (3) 원전 소형화, 용융염원자로(MSR)
- 3) 4 세대 원자로 개발을 위한 과제

2-3. 국내외 핵융합 기술 개발 동향과 전망

- 1) 핵융합 기술 개요와 동향
 - (1) 핵융합기술 개요
 - (2) 핵융합 기술 개발 동향
- 2) 국내외 핵융합 기술 기업 동향
 - (1) 글로벌 핵융합 투자와 스타트업 동향
 - (2) 국가별 주요 스타트업 현황 및 기술 개발 동향
 - (3) 국내 핵융합 개발 전략과 기업 동향

2-4. 원전 해체 기술, 시장 동향과 전망

- 1) 원전해체 기술과 시장 개요
 - (1) 원전해체 정의
 - (2) 원전해체 방법
- 2) 글로벌 원전해체 시장 규모 및 전망
 - (1) 글로벌 원전해체 시장 규모 및 전망
 - (2) 미국과 일본 원전 해체 시장 동향과 전망
- 3) 국내 원전 해체 시장 동향
 - (1) 국내 원전 해체 시장 및 경쟁력 분석
 - (2) 국내 원전해체산업 정책 동향
 - (3) 국내 최초 원전인 고리 1 호기, 해체 절차 개시

3. 글로벌 주요국 원자력 발전 시장 최근 동향과 향후 전망

3-1. 미국

- 1) 미국 원자력 발전 산업 동향
 - (1) 미국 원자력 발전 현황
 - (2) 미국 빅테크 원자력 투자 동향
- 2) 미국 원자력 공급망의 핵심, 우라늄 수급 대응 동향

- (1) 지속가능한 원자력 공급망의 핵심, 우라늄 수급 동향
- (2) 미국의 원자력 공급망 구축 전략과 대응 동향
- 3) 미국 차세대 원자로 개발 동향과 전망
 - (1) 미국 소형 모듈형 원자로(SMR) 개발 동향
 - (2) 미국 원자력 발전 지원 동향과 전망

3-2. 중국

- 1) 중국 원자력 발전 산업 동향
 - (1) 중국 원자력 발전 현황
 - (2) 중국 원자력 발전 정책 동향
- 2) 중국 원자력 발전 산업 전망
 - (1) 중국 원자력 발전 전망
 - (2) 중국 차세대 원자로 개발 전략

3-3. 일본

- 1) 일본 원자력 발전 산업 동향
 - (1) 일본 에너지믹스 전략
 - (2) 일본 원자력 발전 현황
- 2) 일본 원자력 발전 산업 전망
 - (1) 일본 원자력 발전 전망
 - (2) 일본 원전 산업 발전 전략

3-4. 영국

- 1) 영국 원자력 발전 산업 동향
 - (1) 영국 원자력 발전 현황
 - (2) 영국 원전 개발 프로젝트 현황
- 2) 영국 원자력 발전 전망
 - (1) 영국 원자력 기술 활용 전략
 - (2) 영국 원자력 육성 정책 동향

3-5. 프랑스

- 1) 프랑스 원자력 발전 산업 동향
 - (1) 프랑스 원자력 발전 산업
 - (2) 프랑스 친원전 정책 전환과 전략
- 2) 프랑스 원자력 발전소 현황
 - (1) 프랑스 원자력 발전소 현황
 - (2) 프랑스 EPR 프로젝트 현황
 - (3) 원전 보수 유지 프로젝트 안전 문제
- 3) 프랑스 원자력 발전 전망

3-6. 이탈리아

- 1) 이탈리아 에너지믹스 전략과 원전 재개 동향
- 2) 이탈리아 원자력 발전 현황
- 3) 이탈리아 원전 관련 부품 수입 동향
- 4) 이탈리아 원자력 발전 전망

3-7. 튀르키예

- 1) 튀르키예 원자력 발전 산업
 - (1) 튀르키예 원전 프로젝트 현황
 - (2) 아크쿠유 원전에 한국산 원전 설비 공급
- 2) 튀르키예 소형모듈원자로(SMR) 발전 계획
- 3) 튀르키예 원자력 발전 전망

3-8. 핀란드

- 1) 핀란드 원자력 발전 산업 현황
 - (1) 핀란드 원자력 발전 현황
 - (2) 핀란드 방폐장(Nuclear waste management site), 원전폐기물 처리현황
 - (3) 핀란드 SMR 개발 동향
- 2) 핀란드 원자력 발전 관련 부품 수입 동향

3) 핀란드 원자력 산업 전망

- (1) 핀란드 원전에 대한 긍정 여론 증가
- (2) 핀란드 원자력 산업 전망

3-9. 루마니아

1) 루마니아 원자력 발전 현황

- (1) 루마니아 원자력 발전 산업 현황
- (2) 루마니아 원자력 발전 시설 현황
- (3) 루마니아 주요 원전 프로젝트

2) 루마니아 원자력 관련 주요 품목 수입 동향

3) 루마니아 원자력 산업 전망

3-10. 스위스

1) 스위스 원자력 발전 현황

- (1) 스위스 원전 운영 현황
- (2) 스위스 원전 산업 주요 특징
- (3) 스위스 방사성 폐기물 시장 동향

2) 스위스 원전 기업, 기관 동향

- (1) 원전 분야 주요 기업
- (2) 주요 연구기관과 기술개발 동향

3-11. 슬로바키아

1) 슬로바키아 원자력 발전 현황

- (1) 슬로바키아 원전 운영 현황
- (2) 슬로바키아 원전 건설 계획

2) 슬로바키아 원전기자재 수출입 동향

- (1) 슬로바키아 원전기자재 수출 동향
- (2) 슬로바키아 원전기자재 수입 동향

3-12. 카자흐스탄

1) 카자흐스탄 전력 현황

2) 카자흐스탄 원자력 관련 시장 동향

- (1) 카자흐스탄 원자력 발전 도입 계획
- (2) 카자흐스탄 신규 원전 건설 프로젝트
- (3) 세계 최대 규모 우라늄 생산국으로 핵심 원료 수급 장점
- (4) 카자흐스탄 원자력 관련 주요 품목 수입 동향

3) 카자흐스탄 원자력 산업 전망

3-13. 남아프리카공화국

1) 남아공 원자력 발전 현황

- (1) 원자력 발전 현황
- (2) 원자력 발전 계획

2) 남아공 원자력 관련 시장 동향

- (1) 원자력 시장과 SMR 개발 동향
- (2) 원자력 관련 주요 품목 수입 동향

3) 남아공 원자력 산업 전망

3-14. 인도

1) 인도 전력시장 현황과 전망

2) 인도 원자력 발전 시장 동향과 전망

- (1) 인도 원자력 발전 현황
- (2) 인도 원자력 발전 계획
- (3) 인도 소형 모듈 원자로(SMR) 관련 전략

3) 인도 원자력 시장 전망

II. 국내 원자력산업 관련 정책과 기술개발 전략

1. 최근 국내 원자력산업 관련 주요 추진 정책 동향과 전략

1-1. 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안

1) 개요

- (1) 추진배경
- (2) 국내·외 동향
- (3) 비전 및 목표

2) 정책 방안과 추진 전략

- (1) 기술개발 및 실증 로드맵 수립
- (2) (가칭) K-ARDP 도입·추진(* Advanced Reactor Demonstration Program)
- (3) 안전규제체계 적기 구축
- (4) 전략적 국제협력
- (5) 혁신성장 생태계 조성

3) 향후 추진 계획

- (1) 사업별 추진계획
- (2) 추진 과제별 일정

1-2. 핵융합에너지 실현 가속화 전략

1) 개요

- (1) 추진 배경

2) 전략 목표와 추진계획

- (1) 비전 및 주요 전략
- (2) 정책목표 및 9 대 핵심과제

2. 원자력 에너지 11 대 전략 분야 핵심기술 개발 전략

2-1. 혁신형 SMR

1) 전략과제 개요와 기대효과

- (1) 3 대 전략 핵심기술
- (2) 단기, 중기 기대효과

2) 3 대 핵심기술별 개발내용

- (1) [핵심기술-1] 무봉산 노심 설계 및 운영 기술
- (2) [핵심기술-2] 모듈형 원자로냉각재계통 및 완전피동형 안전계통 설계·검증 기술
- (3) [핵심기술-3] 다수 원자로 모듈 설계, 배치, 시공, 안전성 평가 및 통합 운영 기술

2-2. 다목적/고도화 SMR

1) 전략과제 개요와 기대효과

- (1) 3 대 전략 핵심기술
- (2) 단기, 중기 기대효과

2) 3 대 핵심기술별 개발내용

- (1) [핵심기술-1] SMR 기반 비발전 다목적 활용 기술개발
- (2) [핵심기술-2] SMR 수출경쟁력 강화기술 개발
- (3) [핵심기술-3] SMR 해양시스템 탑재 및 운용 기술개발

2-3. 차세대 경수로 핵연료(LEU+)

1) 전략과제 개요와 기대효과

- (1) 4 대 전략 핵심기술
- (2) 단기, 중기 기대효과

2) 4 대 핵심기술별 개발내용

- (1) [핵심기술-1] LEU+ 핵연료 개발 기술
- (2) [핵심기술-2] LEU+ 핵연료 제조·운반·운영 기술
- (3) [핵심기술-3] 핵연료 연소도 증가(68GWD/MTU) 기술
- (4) [핵심기술-4] 혁신 핵연료 신소재 및 신공정 기술

2-4. 대형원전의 탄력운전

1) 전략과제 개요와 기대효과

- (1) 4 대 전략 핵심기술
- (2) 단기, 중기 기대효과

2) 4 대 핵심기술별 개발내용

- (1) [핵심기술-1] 노심설계 및 안전성 평가 기술개발
 - (2) [핵심기술-2] 계통 영향평가 및 제어 기술개발
 - (3) [핵심기술-3] 운영절차 개발 및 운전지원시스템 개발
 - (4) [핵심기술-4] 수출 경쟁력 강화를 위한 탄력운전 성능향상 설계 최적화 기술개발
- 2-5. 원전 연계 청정수소 생산
- 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 2 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 2 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 저온수전해 청정수소 생산플랜트의 원전연계 기술개발
 - (2) [핵심기술-2] 고온수전해 청정수소 생산플랜트의 원전연계 기술개발
- 2-6. 대형원전의 수출 경쟁력 및 활용성 강화
- 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 3 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 3 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 수출형 원전기기 설계 고도화
 - (2) [핵심기술-2] 최신 유럽요건 반영 설계 및 안전해석 고도화
 - (3) [핵심기술-3] 대형원전 활용 동위원소 생산 기술개발
- 2-7. 원전 혁신제조 공정 및 소재·설비
- 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 4 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 4 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 현장수요대응 원전 첨단 제조기술 개발
 - (2) [핵심기술-2] SMR 용 소재 개발 및 조사·내환경 특성 평가 기술개발
 - (3) [핵심기술-3] SMR 혁신제조 설비 국산화 및 공정 최적화
 - (4) [핵심기술-4] SMR 가동중 건전성 관리 및 장기건전성 향상 기술개발
- 2-8. 원전해체 기술 자립화
- 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 5 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 5 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 상용원전 절단·제염 실증 인프라 구축 및 기술 상용화
 - (2) [핵심기술-2] 4 차 산업혁명 기술 적용 스마트 원격절단 기술개발
 - (3) [핵심기술-3] 해체폐기물 감용·처리 기술 고도화 및 실증
 - (4) [핵심기술-4] 해체폐기물 대량·단시간 처리 및 통합관리 기술 고도화
 - (5) [핵심기술-5] 해체작업자 통합안전관리 시스템 개발
- 2-9. 고준위 방폐물의 전주기 핵심기술 개발
- 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 11 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 11 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 경수로 사용후핵연료 건식저장시스템 개발
 - (2) [핵심기술-2] 사용후핵연료 안전정보·장기저장 실증기술 개발
 - (3) [핵심기술-3] 운반경로·사고평가 기술 및 결함핵연료 운반시스템 안전성 평가 기술개발
 - (4) [핵심기술-4] 중간저장시설 안전성 입증을 위한 운영 및 평가기술
 - (5) [핵심기술-5] 고준위방폐물 처분을 위한 부지환경 장기변화 예측기술 개발
 - (6) [핵심기술-6] 장기 지질환경 변화 예측 확률 모델 및 3D 부지평가 해상도 향상 기술개발
 - (7) [핵심기술-7] 한국형 사용후핵연료 관리시설 설계기술 개발
 - (8) [핵심기술-8] 한국형 처분시스템 설계 요건 및 주요 소재 평가
 - (9) [핵심기술-9] 처분시설 종합안전성 입증체계 개발

- (10) [핵심기술-10] 연구용 URL 실증실험 기반 구축
- (11) [핵심기술-11] 연구용 URL 부지적합성 조사·분석 기술개발
- 2-10. 중저준위 방폐물 복합처분시설 안정성 강화
 - 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 2 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 2 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 중저준위 방폐물 복합처분시설의 안전 운영을 위한 인수기준 및 운영·폐쇄 기술 최적화
 - (2) [핵심기술-2] 현장 실증기반 중저준위 방폐물 복합처분시설 부지특성 평가 고도화
- 2-11. 가동원전 안전성 향상
 - 1) 전략과제 개요와 기대효과
 - (1) 2 대 전략 핵심기술
 - (2) 단기, 중기 기대효과
 - 2) 2 대 핵심기술별 개발내용
 - (1) [핵심기술-1] 가동원전 안전성 향상 핵심기술개발
 - (2) [핵심기술-2] 계속운전 안전성 확보기술 고도화

Ⅲ. 원자력산업 관련기술 로드맵과 기술 개발 연구테마

1. 원자력 산업 미래소재 기술로드맵

- 1-1. 원자력 미래 소재분야 기술 개요와 동향
 - 1) 원자력 미래소재 기술 개발의 필요성
 - (1) 원자력 소재 정의와 역할
 - (2) 원자력 소재의 중요성
 - 2) 원자력 소재 시장 환경 변화와 분야별 주요 이슈
 - (1) 글로벌 원자력 시장 환경 변화
 - (2) 원자력 핵심 기술 이슈
 - (3) 원자력 소재 기술 이슈
 - (4) 공급망 이슈
- 1-2. 원자력 미래 소재분야 기술 로드맵(2022-2035)
 - 1) 원자력 미래 소재분야 총괄 기술 로드맵(2022-2035)
 - 2) 원자력 미래 소재분야 8 대 세부 기술 로드맵
 - (1) 용융염원자로용 고온 내부식 금속 구조소재
 - (2) 초고온가스로 열교환기용 장수명 초내열 소재
 - (3) 초소형 원자로용 초고온 열원 기반 열광전변환 융합소재
 - (4) 소동냉각고속로 피복관용 크리프 및 중성자 조사 저항성 내열소재
 - (5) 차세대 원전용 장주기 고연소도 복합재 고성능 핵연료 신소재
 - (6) 사용후핵연료 저장 바스켓용 고인성 중성자흡수 금속소재
 - (7) 핵융합로용 고열속/고입자속 저항성 고인성 플라즈마 대면소재
 - (8) 핵융합로 증식재용 고성능 리튬 세라믹스

2. 2025년 원자력 발전 관련 기술 개발 연구 테마

- 2-1. 2025년 원자력 발전 기술
 - 1) 해외 연구로사업에 활용가능한 상향류 노심 고성능 다목적 연구로 기본모델 개발
 - 2) 파이로-SFR 기술의 경제성 및 사회·환경적 영향 분석
 - 3) 원전 탄력운전 기술개발사업
- 2-2. 소형모듈원자로(SMR) 기술
 - 1) 소형모듈원자로 설계 불확도 저감을 위한 몬테칼로 고신뢰도 노심해석 및 다물리 연계 기술 개발
 - 2) 소형모듈원자로 고신뢰도 열유체 코드 검증 및 불확도 저감 기술 개발
 - 3) 소형모듈원자로 유체-구조 상호작용 및 구조 건전성 평가 기술
 - 4) 빅데이터 기반 하이브리드 노심/열수력 코드 개발

5) 소형모듈원자로 혁신운영기술 개발을 위한 디지털트윈 프레임워크 기반기술 개발 및 종합성능 평가

6) 소형모듈원자로 핵심기기 상태감시 및 혁신 유지보수 기반기술 개발

7) 디지털트윈 플랫폼 기반 소형모듈원자로 거동 신속 예측 체계 구축 및 운전원 최적행위 제안 기술 개발

8) 소형모듈원자로 기반 다목적 플랜트 구성 및 종합성능 평가기술 개발

9) SMR 3D 프린팅 제작지원센터 구축

2-3. 가동 원전 안전성, 원전 해체 기술

1) 다물리 해석 기반 융복합 센싱 기술 및 시스템 핵심모듈 개발

2) 계통기기 지능형 감시/안전예측 진단 엣지시스템 개발

3) 격납건물 해석체계 고도화 및 최적 사고관리전략 가동원전 적용성 평가

4) 노심구조부품 손상예방 및 크러드 저감 실용화 기술 개발

5) 피동형 방사성물질 저감 설비 성능 검증 및 적용기술 개발

6) 폐기물 내 C-14 동위원소 고순도 농축기술 개발

7) 다상분리 공정 기반 저농도 삼중수소 폐액 처리기술 개발

8) 처분 부적합 해체폐기물 맞춤형 고화 매질 및 공정 개발

9) 베타볼테익 동위원소전지 초격차 핵심소재기술 개발

10) 열-전력변환 동위원소전지 핵심기술 고도화

11) 히트파이프 원자력 전원공급 시스템 기본 설계 체계 구축

12) 히트파이프 제조 기술 개발 및 집합체 종합 검증 시험

13) 핵연료 및 노심구조물 제조 및 평가 기술 개발

2-4. 기타 원자력 기술(방사선)

1) 방사선 기반 단일전자 반응 활성물질 변환 원천기술 개발

2) 전자선 감응 이온전도성 분자 고체화 기술을 활용한 이차전지 제조 기술