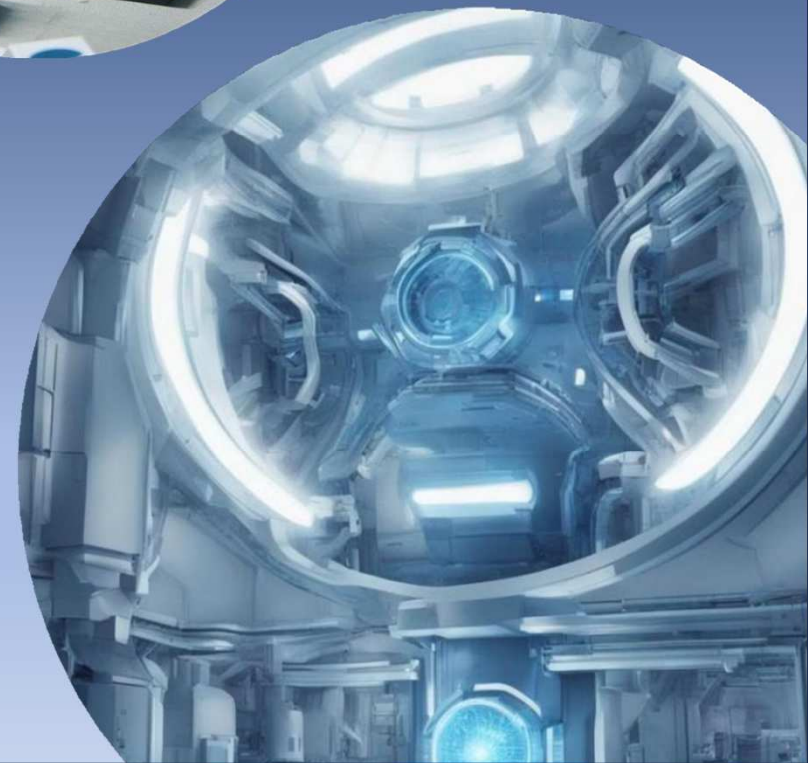


마이크로우라너스 MICROURANUS GLOBAL GO-TO-MARKET STRATEGY

CORE DESIGN FOR LONG-CYCLE
LEAD-BISMUTH-COOLED FAST
REACTOR FOR MARINE
APPLICATIONS

 **MicroURANUS**
(주)마이크로우라너스



The image depicts a futuristic, circular interior, possibly a control room or a laboratory. The central focus is a large, cylindrical structure composed of many small, square panels, illuminated with a cool blue light. This central column is surrounded by a complex, multi-layered structure of curved, metallic-looking panels and beams, some of which are lit with a warm orange or red glow. A prominent feature is a glowing, yellow, ring-like structure that appears to be a data stream or a signal path, curving around the central column. The overall atmosphere is high-tech and futuristic.

THE FUTURE OF SMRs

SMR의 미래

소형 모듈형 원자로의 미래

납냉각식 Vs 수냉식

소형 원자로 기술의 기원은 해군 원자로에서 찾을 수 있으며, 가압경수형 원자로는 미국 잠수함에서, 납-비스무트 냉각 원자로는 (구)소련의 알파 잠수함에서 비롯되었습니다. 수냉식 원자로(WCR)와 납-비스무트 냉각 고속 원자로(LFR)는 모두 전세계 SMR 경쟁에서 선두를 달리고 있으며, 미국이 수냉식 원자로를 주도하는 반면, 러시아와 유럽은 납-비스무트 냉각 고속 원자로를 주도하고 있습니다.

LEAD-COOLED (LED BY USSR & EU)

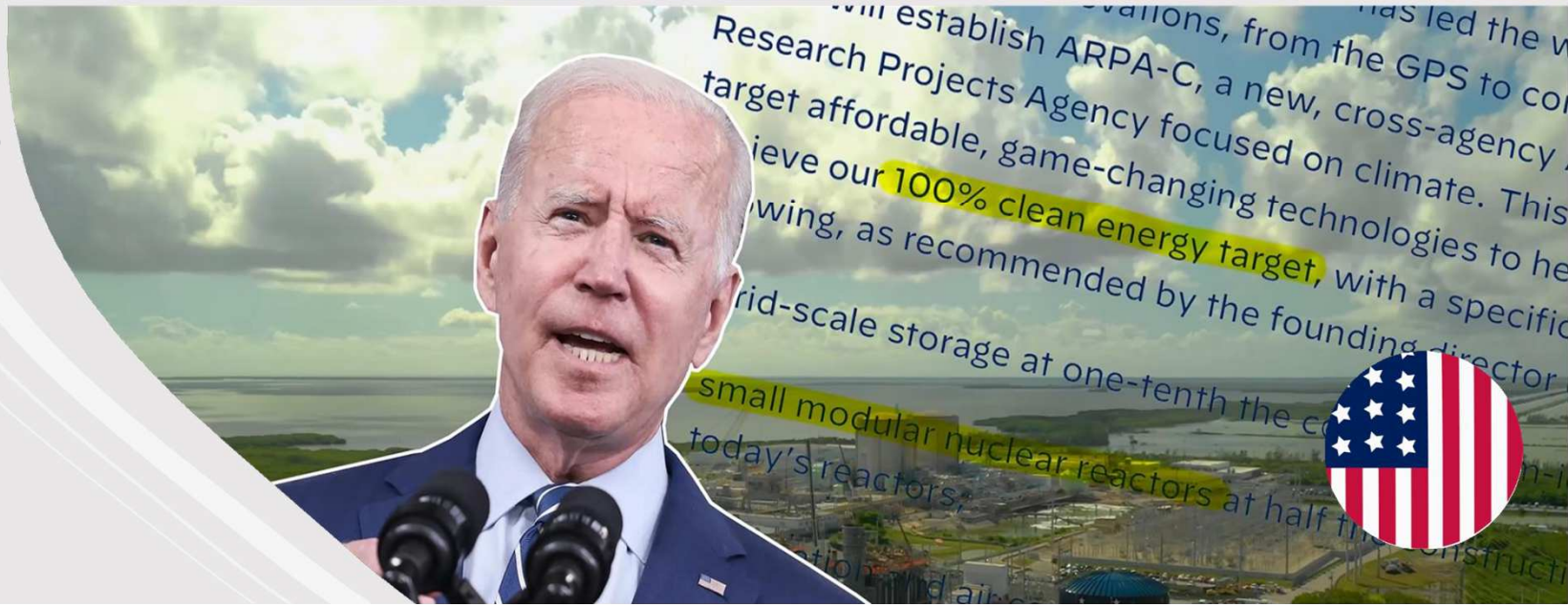
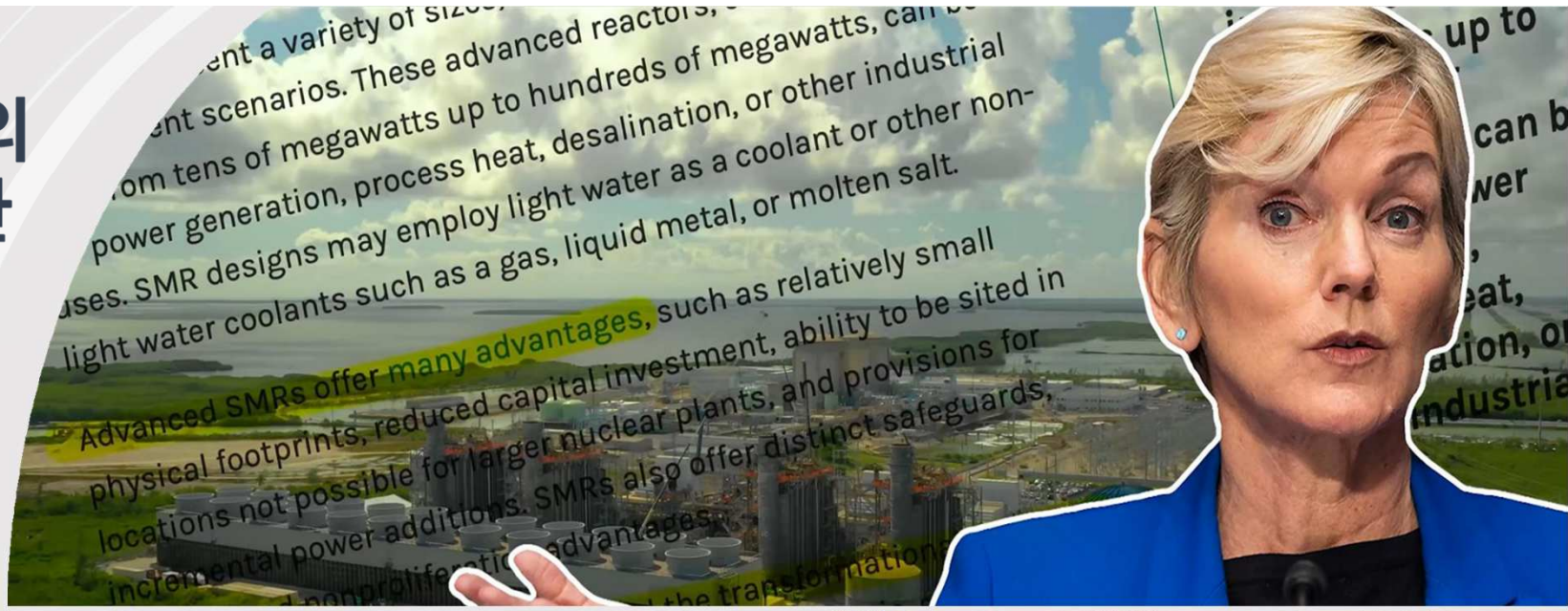
Vs

WATER-COOLED (LED BY USA)



미국 바이든 행정부의 기후변화대응을 위한 소형 모듈형 원자로 정부 지원 결정

미국 바이든 대통령 행정부가 급격한 기후변화 및 온난화에 대한 대응 목표를 달성하기 위한 중요 수단으로서 원자력을 100% 청정 에너지로 인정하고 원자력을 게임체인징 기술로 인정하고 이에 대한 지지를 표명 하였습니다.



영국의 소형 모듈형 원자로 개발 현황

영국 정부는 2014년 국가 원자력 연구소가 수행한 타당성 조사를 통해 SMR에 관심을 가지기 시작했으며, ROLLS-ROYCE는 2017년에 440MW급 SMR을 설계했으며, 2021년에는 이를 470MW로 업그레이드했습니다. ROLLS-ROYCE외에도 GE HITACHI, HOLTEC, X-ENERGY, NEWCLEO, COPENHAGEN ATOMICS, GMET 등 6개의 SMR 설계가 승인 신청을 하였고, 2023년 상반기 예산에서 영국정부는 GREAT BRITISH NUCLEAR (GBN)를 출범시켜 SMR 개발 지원 계획을 발표 하였으며, 2023년 7월 영국정부는 1억 5천 7백만 파운드의 정부보조금 패키지를 발표하였습니다. 영국의 ROLLS-ROYCE SMR은 2019년 1,800만 파운드를 지원받고, 2021년 2억1천만 파운드의 정부 자금을 받은 바 있습니다.



납냉각식(LFR)을 선택한 EU 국가

수냉식 원자로와 가스 냉각 흑연 원자로 등 열원 원자로로는 우라늄 자원의 1% 미만을 사용하고 대부분의 우라늄을 폐기물로 배출하기 때문에 지구 온난화 대응에 도움이 되지 않습니다. 또한, 후쿠시마사고 이후, 일본은 화학반응으로 수소폭발의 위험성을 가진 소듐고속로(SFR)을 해체하였습니다. 결국 납냉각식 원자로(LFR)의 안전성과 신뢰성이 영국, 러시아, 벨기에, 프랑스, 루마니아, 이탈리아 등 여러 유럽국가의 국가지도자는 물론 유럽의 원자력 커뮤니티 간 합의를 이끌어 냈습니다.



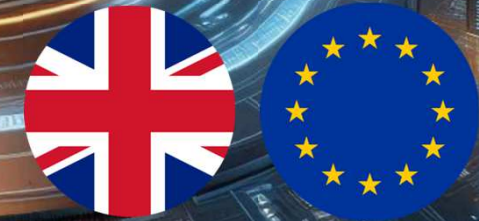
유럽에서 납냉각식(LFR)의 전망

유럽 원자력 산업계는 납냉각고속로(LFR)를 가장 지속 가능한 원자력 발전원 중 하나로 선정했으며, 안전과 사용후핵연료 재활용 문제를 해결할 수 있는 성숙한 기술로 인정하고 있습니다. 프랑스는 소듐고속로(SFR)와 용융염 원자로(MSR)를 포함한 다른 옵션에 대한 계획을 2050년 이후로 미루고 LFR의 조기 건설을 결정한 바 있습니다.

EU SUSTAINABLE NUCLEAR ENERGY INDUSTRY INITIATIVE (ESNII)
ESNII VISION REPORT NO. 1 30/06/2021

ESNII Technologies	2015	2020	2025	2030	2035	2040
LFR-ADS Belgium	Concept Pre-License	Design License	Construction in 3 Phases		Commissioning & Operations	
LFR-SMR Belgium				Construction		
LFR-SMR Romania				Construction		
LFR-SMR Sweden				Construction		
LFR-SMR France		Licensing		Construction		
SFR France		Engineering Studies and R&D		<No Construction planned till 2090>		
MSR France		<No engineering work planned for MSR till 2050>				
LFR UK (Westinghouse)		Pre-license		Construction		

LFR: LEAD FAST REACTOR / SFR: SODIUM FAST REACTOR / ADS: ACCELERATOR DRIVEN SYSTEM (SUB-CRITICAL LFR) / MSR: MOLTEN SALT (FAST) REACTOR



해상용 SMR 적용 가속 전망

국제해사기구(IMO) MEPC-80 "2050년까지 순 배출량 제로" 결의로 해양용 SMR 적용이 가속화 될 것으로 전망되며, 선박 선급협회는 이미 원자력 추진을 위한 최상의 기술이 SMR이라는 결론에 이르렀습니다.

2014년 영국 로이드 선급은 수에즈 막스 유조선에 핵연료 교체가 필요 없는 납냉각식 (LFR)을 선택한바 있고, 최근 미국 선급 ABS와 이탈리아 선급 RINA가 수에즈 막스 컨테이너선에 재장전이 필요 없는 납냉각식 (LFR)을 포함한 소형 원자로를 선정했습니다.



LFR 세계화를 위한 마이크로우라너스의 글로벌협력



GEN-IV LFR pSSC IN TURIN, ITALY (2023)



ROK ENTERED GIF LFR BY MOU SIGNING (2015)

MicroURANUS
(주)마이크로우라너스

국제 제4세대 원전 포럼 (GIF)에 국제 안전코드 및 표준 개발을 위해 마이크로우라너스 황일순 박사가 대표로 GIF(OECD-NEA 사무총장) 대표와 2015년 공식 MOU를 체결하였고, EU, 일본, 러시아, 한국, 중국, 미국 등 6개 회원국의 적극적인 참여로 매년 2회 GIF LFR 시스템 운영 준비위원회가 개최되고 있습니다. 특히 2023년 10월, 제33차 GIF LFR 회의를 한국에서 개최하면서 UNIST, 서울대학교, 카이스트 등 대학과 (주)마이크로우라너스가 주도하는 글로벌 컨소시엄을 통해 표준설계 인가 취득부터 실증로 설계 제작 및 연구 개발을 진행 중입니다.

LFR 세계화를 위한 마이크로우라너스의 글로벌 컨소시엄

한국은 오랫동안 100MW급 가압경수형 원자로인 SMART를 개발해 왔습니다. 최근에는 70MW급 경수로인 ARA, 혁신적인 SMR(i-SMR), 용융염 원자로, 나트륨 냉각 고속로(SFR) 등 여러가지 방식의 새로운 설계를 시작했습니다만, SMART 설계는 첫번째 플랜트 건설 비용이 KW당 10,000달러로 추정되면서 경제성 문제로 인해 수요를 찾지 못하고 있으나, 현재 국내 원전 사업은 기존의 경수로 위주의 사업 컨소시엄이 주도권을 가지고 있고, 4세대 SMR인 마이크로우라너스의 LFR 방식은 국내에서 정당한 평가를 받지 못하고 있습니다. 하지만, 오히려 미국, 영국 정부와 SMR 개발 기업들이 마이크로우라너스 기술에 큰 관심을 갖고 있고, 사업 파트너십이 활발하게 진행중으로 마이크로우라너스 SMR 기술에 대한 민관 합동 TFT 및 사업 컨소시엄 SPC를 구성하여 상용화 시기를 앞당겨야 할 것으로 보입니다.



HM Government



표준설계 인가 취득 파트너십



실증로 설계 제작 파트너십



한국과학기술원



연구 및 제작 총괄 파트너십

마이크로우라늄스 글로벌 협업의 이점 및 도전 과제

Benefits

지식 공유를 통한 기술 시너지

통합 리소스를 통한 시장 진입 가속화

다양한 투자자의 재무 안정성 강화

글로벌 SMR 시장 경쟁에서 더욱 강력한 입지 구축

Challenges

복잡한 규제 및 인증 프로세스

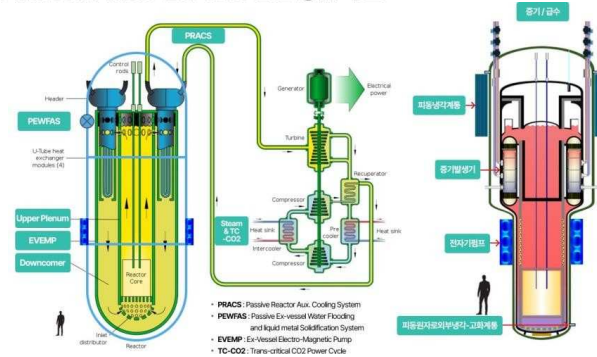
높은 초기 투자 비용

개발 중 발생할 수 있는 기술적 위험

국제적 이해관계자 간 균형 맞추기



MicroURANUS 20MWe 초소형원자로



마이크로우라늄 SMR 기술과 경쟁 기술 비교

혁신성 / 선진적 / 확장적

NuScale

기술 Light-Water Reactor, LWR
경수로 기반의 소형 모듈 원자로

연료 표준 이산화 우라늄 연료

규모 모듈당 77MWe 모듈화된 설계

장점 모듈식 설계로 규모에 따른 유연한 적용 가능 검증된 경수로 기술로 신뢰성과 안정성 확보 낮은 초기 비용으로 단계적 구축 및 투자 위험 감소 상용화 근접하여 빠른 배 치가능

단점 60MWe는 표준설계승인을 받았으나 77MWe는 미승인 혁신성 제한으로 미래기술 대비 경쟁력 약화 가능 효율성 한계로 인해 연료 활용도 낮음 짧은 연료주기로 인해 운영 및 유지보수 비용 증가

Terra Power

Sodium-cooled Fast Reactor, SFR
나트륨 냉각 고속 원자로

고급 금속 연료

345MWe 대형발전소를 위한 설계

높은 에너지밀도
고속 중성자를 활용하여 열화 우라늄 등 저급 연료 사용 가능 긴 연료 주기로 연료 교체 없이 장기간 운영 가능 수동 안전 시스템 등으로 안전성 향상 시도

표준설계 미승인
나트륨 냉각재의 반응성으로 인해 안전 관리 필요 대 규모 투자와 복잡한 기술로 초기 비용 상승 실현가능성이 낮다고 보는 업계의 시각
일본 몬주 원전 나트륨 유출사고로 부정적 인식이 높음

MicroURANUS

Lead-cooled Fast Reactor, LFR
납 냉각 고속원자로

Uranium Oxide Fuel

20MWe 초소형 모듈화된 설계

초소형 모듈화설계로 확장적 적용 가능성 높음 다양한 환경(선박, 플로팅 등등) 적용 가능 40년동안 연료 교체없이 사용해 안정적인 전력공급 40년 이후 연료충전하여 재판매 가능으로 경제성 증가 해체비용이 거의 발생하지 않음

표준설계 미승인
초기비용 NuScale 보다 상대적으로 높을 수 있음

우라늄 가격 변동과 사용후핵연료 재활용 이슈

우크라이나 전쟁 여파로 우라늄 가격이 치솟으며 우라늄 공급에 대한 불확실성이 커지고 있고, 많은 국가들이 우라늄의 미래 공급을 우려하고 있으므로 사용후핵연료를 안전한 방식으로 재활용하기 위한 용융염 기술, 즉 파이로프로세싱의 중요성이 커지고 있습니다. 철과 니켈을 함유한 전도성 서멧(CERMET) 소재와 같이 비소모성 혁신적 음극 소재가 원자력 파이로프로세싱용으로 승인되면 사용후핵연료 재활용은 진정한 친환경 기술이 될 것입니다.



무탄소 세계를 위한 마이크로우라늄의 지속가능 그린 에너지

- 전세계 환경에 적합하게 방호된 초소형 원전
- 용량 20MWe 단위의 분산 전력으로, 해저, 해상, 지하, 지상 적용 (미래 우주용 NANO REACTOR로 적용)
- 도시, 산업단지, 해양 전력, 수소, 열 공급 (전력 외 열, 증기를 이용한 지역, 산업 시설 활용)
- 초소형 모듈 증설로 수요 증가에 대응 용이
- 40년간 핵연료 공급 불확실성 근절
- 대량 제작, 운송 및 설치 가능
- 원자로 용접 밀봉 방호, 사용후핵연료 재활용 (신재생에너지를 보완하는 탄소중립 전력원 활용)
- 수소환원제철을 위한 수소 생산 설비 활용





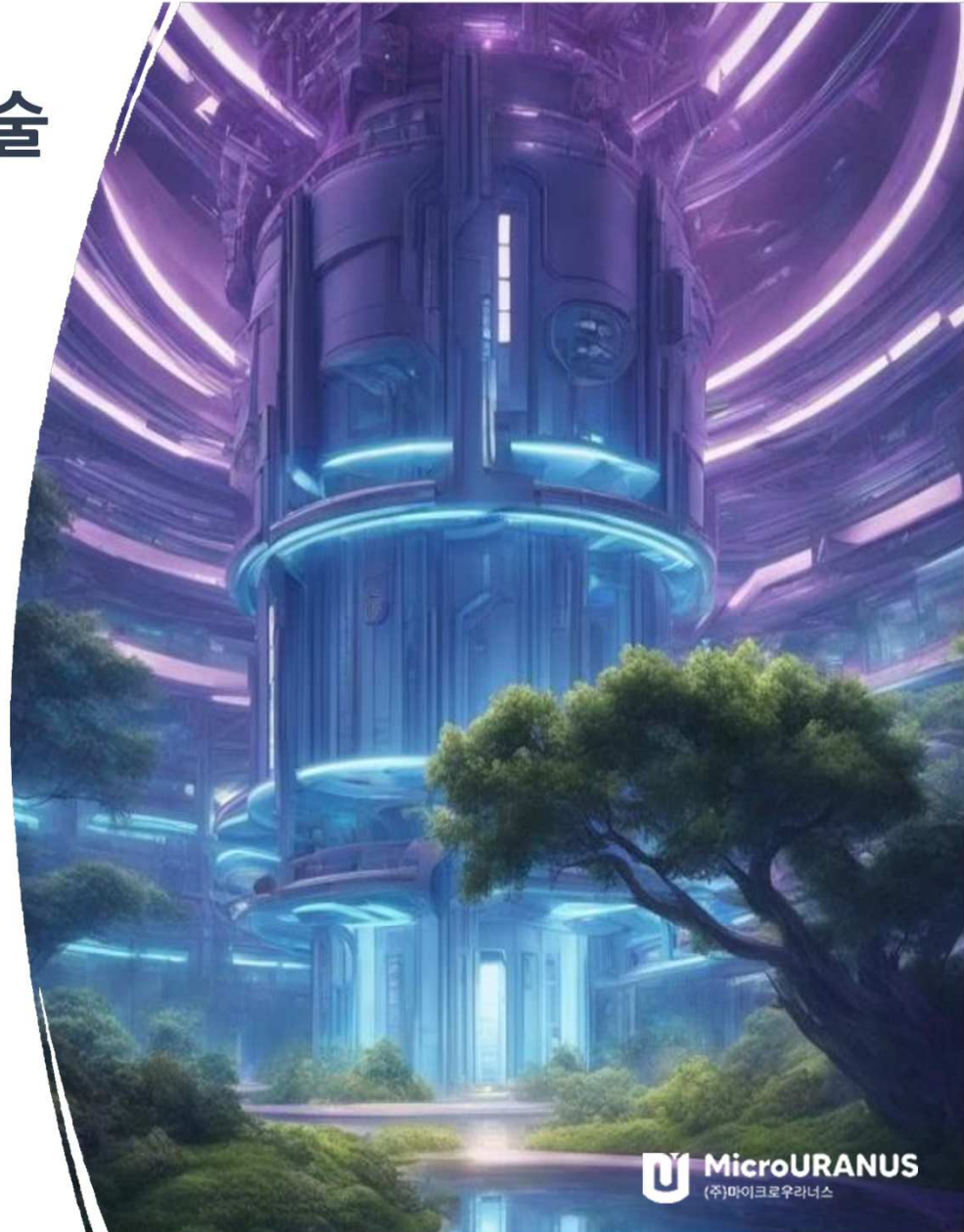
GAME-CHANGING TECHNOLOGY

기술 혁신

소형 모듈형 원자로 판도를 바꾸는 혁명적 기술

마이크로우라너스(MicroURANUS)는 혁신적인 20MWe 소형 모듈형 원자로(SMR)개발을 통해 지구 온난화에 대한 해결책을 제시하며 원자력 기술의 획기적인 도약을 이끌고 있습니다. 서울대와 UNIST가 20여 년에 걸쳐 개발한 납 냉각 고속 원자로(LFR)는 과거 소련 핵잠수함에서 유래한 기술에 혁신을 더하여 액체 납-비스무트(LEAD-BISMUTH)로 냉각되는 대한민국 고유의 기술로 개발된 납 냉각 고속원자로(Lead-cooled Fast Reactor)입니다.

마이크로우라너스는 안전성, 핵안보성 그리고 친환경적 측면에서 가장 앞서 있는 기술로 한번의 핵연료 장전으로 40년 동안 교체 없이 가동할 수 있고, 사용후핵연료 관리문제를 해결한 세계 최초의 원전으로 유럽이 주도하는 LFR 기술 가운데 선두에 서 있습니다.

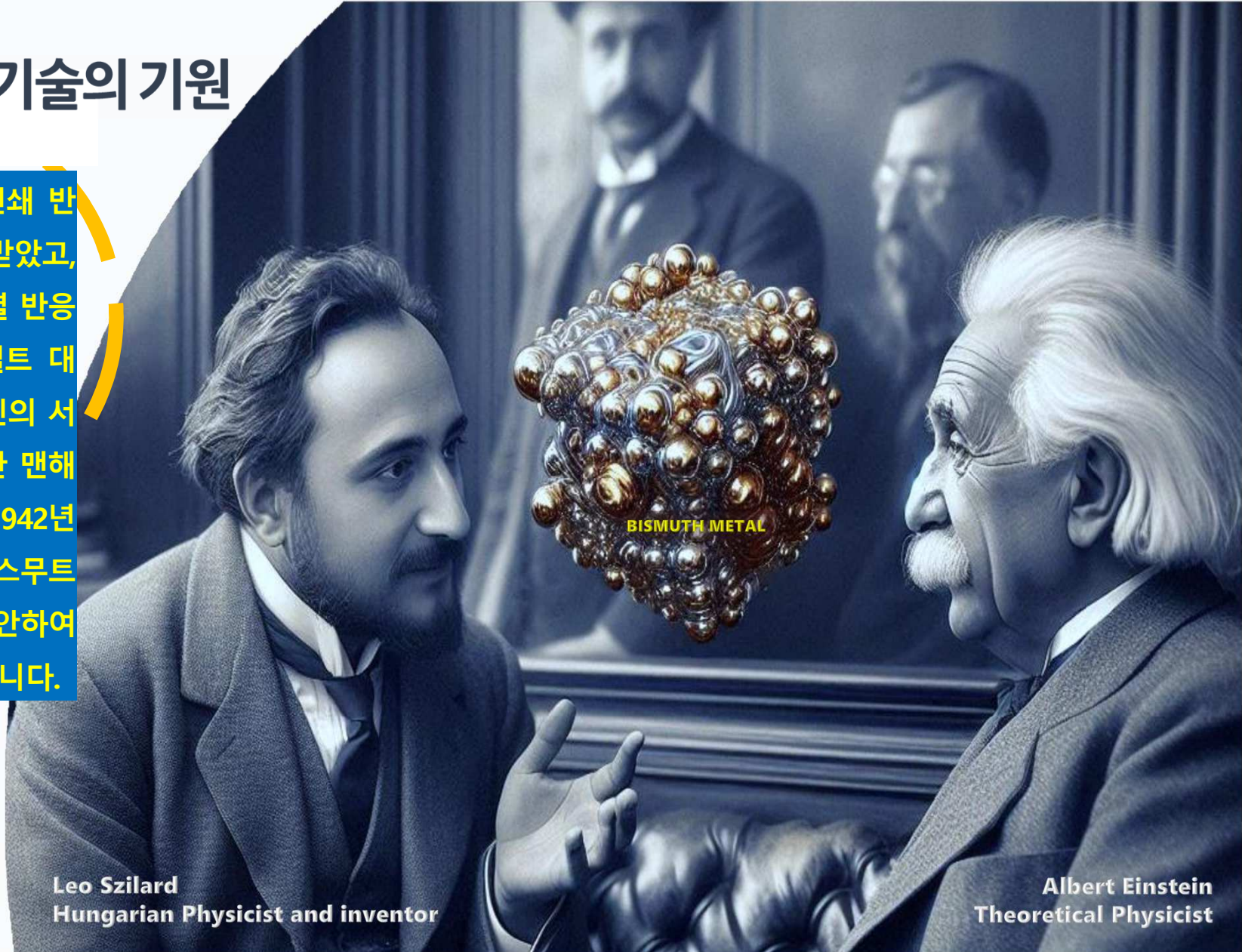


롱사이클 소형 모듈형 원자로 설계

마이크로우라너스는 해양용으로 설계된 납-비스무트 냉각 고속 원자로로서, 60MWe의 전력을 생산하며 출력을 조절할 수 있습니다. 우라늄 산화물 연료와 중성자 누출을 최소화하는 최적화기술과 두개의 농축구역으로 구성된 어니언 조닝 (ONION ZONING)을 채택하여 출력을 평탄화하고 원자로 교체 없이 노심수명을 40년까지 지속할 수 있도록 설계되어 있습니다.

납-비스무트 원자로 기술의 기원

레오 실라드는 1933년 원자로 연쇄 반응을 고안하여 1936년 특허를 받았고, 얼마 지나지 않아 1938년 핵분열 반응을 발견했습니다. 1939년 루스벨트 대통령에게 편지를 써서 아인슈타인의 서명을 받아 원자폭탄 개발을 위한 맨해튼 프로젝트를 시작했습니다. 1942년에는 원자로의 안전 대책으로 비스무트 액체 금속을 원자로 냉각재로 제안하여 LFR 혁신 기술의 기원을 마련했습니다.



Leo Szilard
Hungarian Physicist and inventor

Albert Einstein
Theoretical Physicist

마이크로우라너스의 최첨단 기술

1

40-Year Fuel Cycle

마이크로우라너스는 저농축(12%) 우라늄을 단일 연료로 40년 동안 가동할 수 있는 세계 최초의 상용 원자로입니다.

2

Advanced Coolant System

끓는점이 1,670°C인 납-비스무트 액체 금속 냉각제를 사용하는 마이크로우라너스 기술은 용융, 수소 폭발 및 방사능 누출의 위험을 해결하였습니다.

3

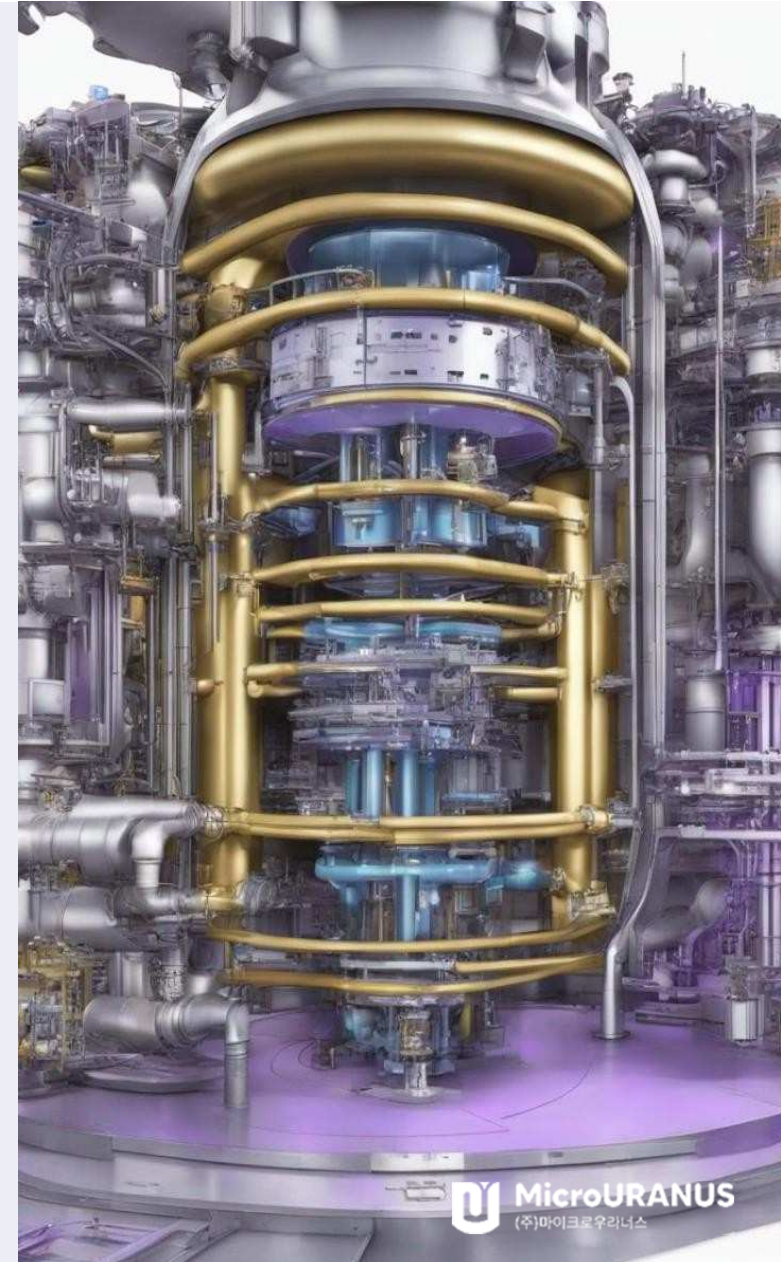
Innovative Materials

획기적인 소재인 AFATi 합금은 납-비스무트 부식과 빠른 중성자 손상 문제를 동시에 해결합니다.

4

Compact Design

저압 냉각수를 사용하는 마이크로우라너스는 리무진 버스에 들어갈 수 있을 정도로 컴팩트한 크기로 대량 생산이 가능합니다.



황 일 순 박사

마이크로우라너스 CEO

서울대에서 원자력공학 학사와 KAIST에서 기계공학 석사 학위를 받은 후, 1987년 MIT에서 핵재료공학 박사학위를 받았습니다. 이후 서울대학교 원자핵공학과에서 교수로 재직하였으며, 울산과학기술원(UNIST) 원자력공학과에서 석좌교수로 재직하였습니다. 현재는 서울대학교 명예교수이며 세계원자력정상회의(SHAPE) 공동집행위원장, 서울핵안보정상회의 (NSS-2012) 홍보자문위원장, 원전수출국민행동 본부장, 엘리자베스여왕공학대상(QEP) 심사-선정위원 등으로 활동한 바 있습니다. 그리고 현재 세계원전수명관리학회(IFRAM), OECD/NEA 핵주기위원, 국제4세대원전포럼(GIF) LFR위원회 한국대표, 한국핵정책학회 부회장 및 부설핵안보연구소장으로 활동하고 있습니다.





GREEN ECONOMIC

친환경적 경제성

마이크로우라너스의 환경 친화성

무탄소 에너지 생산

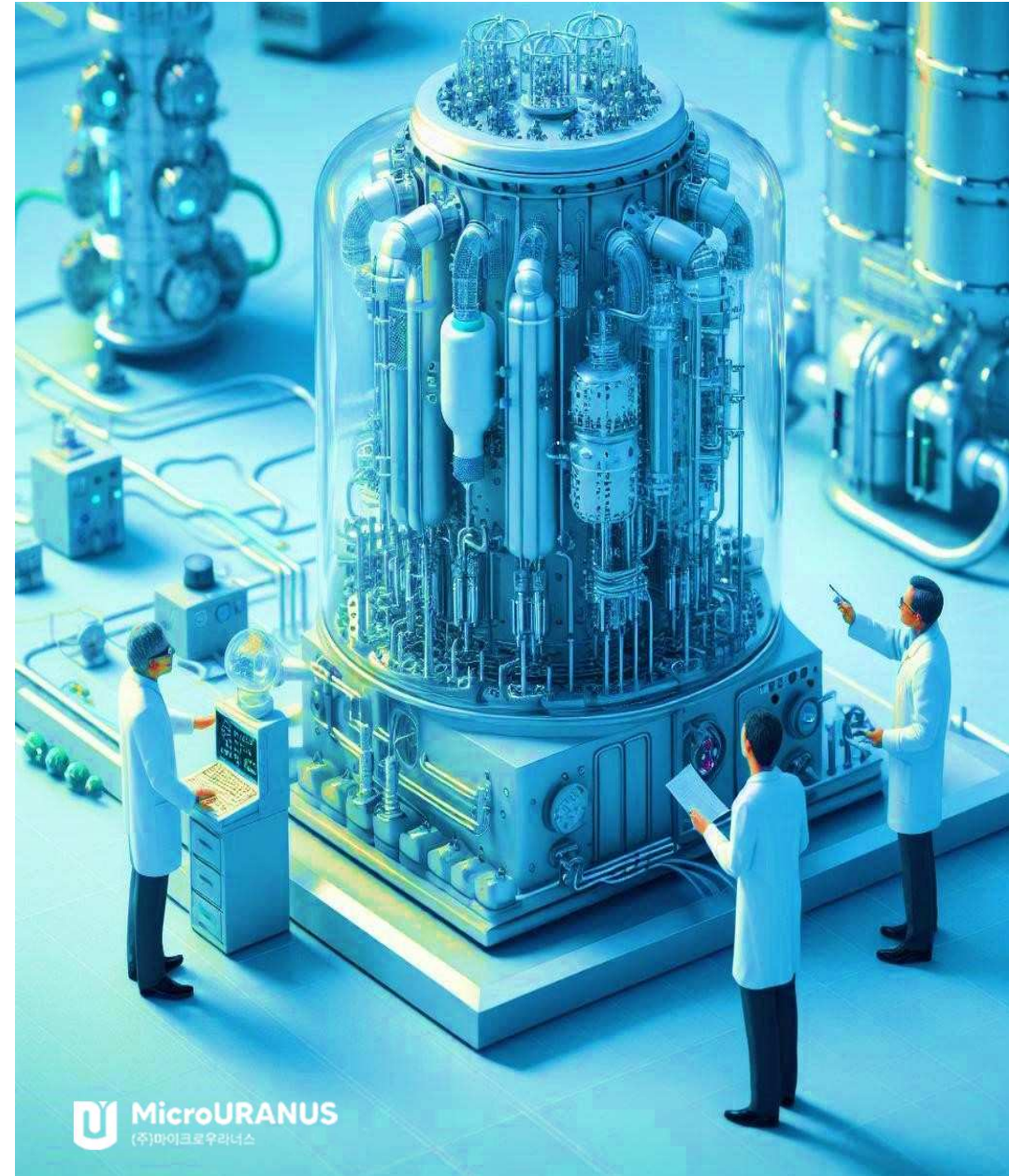
마이크로우라너스는 운영 중 온실가스를 전혀 배출하지 않아 탄소 중립 목표 달성에 크게 기여합니다. 이는 기후 변화 대응을 위한 핵심 기술로 평가 받고 있습니다.

사용후핵연료 최소화

40년 무교체 운전으로 사용후핵연료 발생량을 획기적으로 줄였습니다. 또한, 발생한 사용후핵연료는 파이로프로세싱을 통해 재활용되어 고준위 폐기물을 남기지 않습니다.

자원 효율성

마이크로우라너스는 경수로 대비 약 100배의 에너지를 더 생산할 수 있어 우라늄자원 이용 효율성이 매우 높습니다. 이는 지속가능한 에너지 생산에 크게 기여하는 요소입니다.



마이크로우라너스의 기술 안전성과 운용경험

Proven Track Record

80원자로-년(RY) 동안 성공적으로 운영한 모두 8기의 ALFA 원자력 잠수함의 원자로 운영 기술을 기반으로 납-비스무트 냉각 시스템에서 입증된 안전성과 신뢰성을 기반으로 기술을 완성하였습니다.

Continuous Improvement

지속적인 연구와 개발을 통해 마이크로우라너스는 원자력 안전 기술의 최첨단을 유지하며 글로벌 안전 기준을 충족하고 이를 뛰어넘기 위해 끊임없이 발전하고 있습니다.

Enhanced Safety Measures

마이크로우라너스는 구조재 부식, 폴로늄 방사능 누출, 저전력 냉각수 응고 등의 기존 문제를 해결한 안전한 원자로를 만들고 있습니다.

Innovative Cooling System

납-비스무트 냉각제의 높은 끓는점은 본질적으로 안전한 원자로 디자인 설계를 만들어 기존의 원전 사고 시나리오를 사전에 방지합니다.

마이크로우라너스의 안전성

자연순환 냉각

납-비스무트 냉각재의 자연 순환으로 인해 전원 상실 시에도 안전하게 냉각이 가능합니다. 이는 기존 원자로의 주요 안전 문제를 해결하는 요소입니다.

저압 운전

대기압에 가까운 저압에서 운전되어 압력용기 파열 위험이 없습니다. 이로 인해 안전성이 크게 향상되고 두꺼운 압력용기가 필요없어 제작 비용이 절감됩니다.

고온 안정성

납-비스무스 냉각재의 높은 끓는점($1,670^{\circ}\text{C}$)으로 인해 냉각재 상실 사고의 위험이 근본적으로 제거됩니다. 이는 기존 원자로와 비교할 수 없는 안전성을 제공합니다.

방사능 격리

원자로 용기의 완전 밀봉 설계로 정상 운전 중 방사능 유출이 없으며, 사고 시에도 방사능 물질이 외부로 유출될 가능성이 극히 낮습니다.





마이크로우라너스의 경제성 가치

1

모듈화 설계

공장에서 제작된 모듈을 현장에서 조립하는 방식으로, 건설 기간과 비용을 크게 절감할 수 있습니다. 이는 대형 원전 대비 경제성을 높이는 핵심 요소입니다.

2

대량 생산

표준화된 설계로 대량 생산이 가능하여 단가를 낮출 수 있습니다. 이는 규모의 경제를 실현하여 경쟁력 있는 가격을 제공합니다.

3

운영비용 절감

40년 무교체 운전으로 핵연료 교체 비용이 발생하지 않으며, 자동화된 운영 시스템으로 인력 비용도 크게 절감 됩니다.

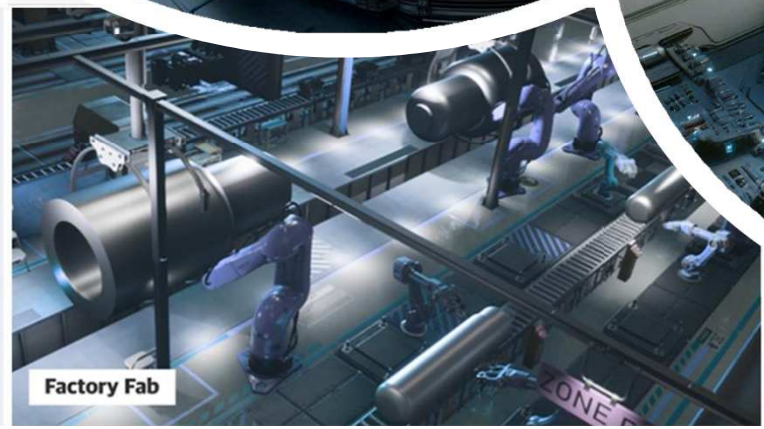
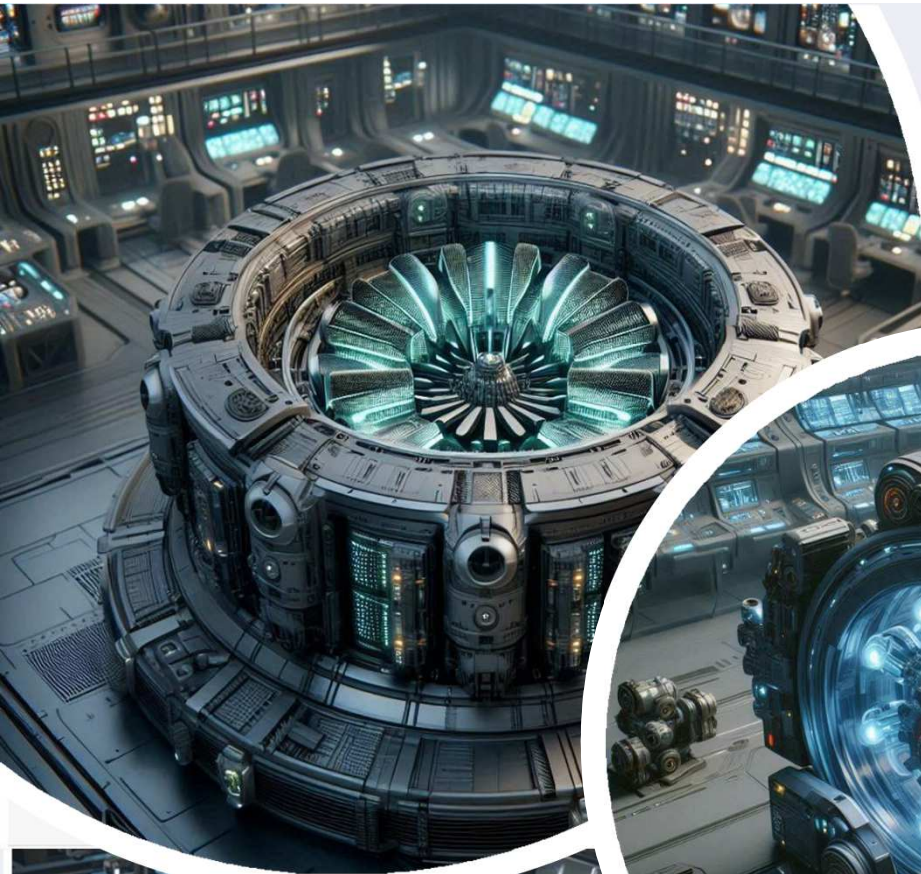
4

다목적 활용

전력 생산 뿐만 아니라 수소 생산, 해수 담수화, 선박 추진동력원 등 다양한 용도로 활용 가능하여 경제적 가치를 높일 수 있습니다.

다목적 저비용 설치형 초소형 SMR 대량 제작

VERSATILE, AFFORDABLE, MASS-PRODUCED &
MICRONIZED SMR





VISION & STRATEGY

비전과 전략



마이크로우라너스의 단계별 추진 전략

Phase 1: AI Powering

초기에는 육상 실증을 통하여 AI Data-Center 40년 전수명기간에 중단없는 전력을 공급하는 SMR 생산에 집중하여 독보적인 시장 진입 지점을 만들 계획입니다.

Phase 2: Floating & Maritime SMR

조선해양시스템의 전수명기간 동안 핵연료 교체없이 에너지를 공급하는 SMR 기술에 한국의 조선 최강 산업을 결합하여 부유식 및 대양 선박 추진용 SMR 생산으로 확장하여 더 광범위한 에너지 수요를 해결하고자 합니다.

Phase 3: Micro Reactor Development

해양과 내륙용 SMR 기술기반으로 해저, 극지, 우주 등 다양한 응용 분야를 위한 초소형 마이크로 원자로(MR)를 개발하여 인류의 에너지 한계를 뛰어넘고자 합니다.

마이크로우라너스의 캠페인 실행 전략

Continuous Education Campaigns

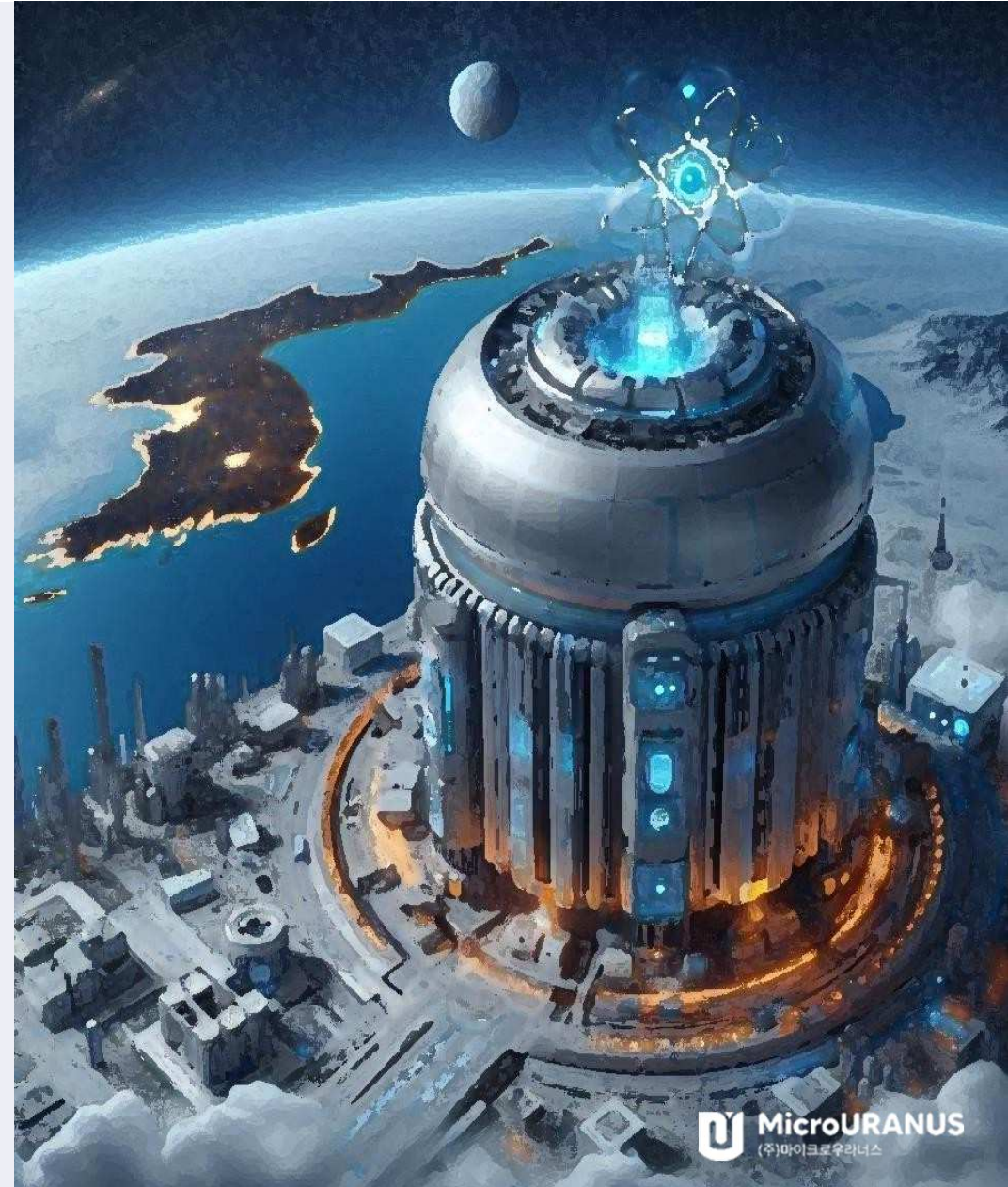
마이크로우라너스 LFR 기술의 안전성, 경제적 이점, 환경적 이점을 강조하기 위해 지속적인 대중 인식 제고 이니셔티브를 실행하면서 커뮤니티, 대학, 미디어와 협력하여 신뢰를 구축해 나갑니다.

Policy Advocacy

정책 입안자들과 긴밀히 협력하여 우호적인 규제 및 정책을 수립합니다. 에너지 안보를 달성하고 한국이 글로벌 무대에서 지속 가능한 에너지 기술의 리더로 자리매김하는 데 있어 역할을 합니다.

International Collaboration

미국, 영국 및 기타 국가와 파트너십을 구축하여 SMR 기술 표준화를 위한 연합 전선을 구축합니다. 이러한 협력을 통해 글로벌 에너지 시장에서 한국의 위상을 높이고 시장 진입을 용이하게 합니다.





마이크로우라너스의 지속가능한 에너지 미래를 위한 비전



Global Energy Partnership

마이크로우라너스는 대한민국이 첨단 원자력 기술의 세계적 글로벌리더로 자리매김하여 글로벌 에너지 협력의 혁신을 주도하는 것을 목표로 합니다.



Environmental Stewardship

탄소와 고준위폐기물 배출이 없는 깨끗한 에너지를 제공함으로써 기후 변화에 대응하고 지속 가능한 개발을 촉진하기 위한 전 세계적인 노력에 크게 기여할 것입니다.



International Cooperation

마이크로우라너스는 미국, 영국 및 기타 국가와의 전략적 파트너십을 통해 에너지 문제 해결을 위한 새로운 글로벌 협력 시대를 열어가고 있습니다.



Technological Advancement

마이크로우라너스는 지속적인 연구와 기술 개발을 통해 원자력 혁신의 선두에서 에너지 기술의 한계를 뛰어넘고 있습니다.

A futuristic, circular interior, possibly a control room or a laboratory. The central focus is a large, cylindrical structure composed of many small, square panels, illuminated with a bright blue light. This central structure is surrounded by a complex, multi-layered circular structure with various panels, lights, and mechanical components. A glowing yellow ring of light orbits around the central structure. The overall atmosphere is high-tech and industrial.

ORGANIZATION

조직도

MicroURANUS 조직도

고문
송명재 TNI 회장
한희승 한원마리타임 회장
임석식 명예교수
변준연 비전파워 회장
김기범 워터슬라이더 회장



CEO 황일순

Ph.D.
Nuclear Materials Engineering
서울대 명예교수, 전 UNIST 석좌교수
세계원전수명관리학회 회장



감사 이인형

Ph.D. 화학공학
순천향대학 교수
전 공과대학장



COO 한용필

Ph.D., Chemical Engineering
전 삼성전자 PM,
첨단기술 전문경영인



CIO, Systems & MMIS

정재천

Ph.D. NMMIS
전 KINGS 교수



CTO, Safety & Licensing

정해동

Ph.D. Mechanical Engineering
전 KINS 가동원전규제담당장 수석전문위원



CFO, Finance & Standard Design

한용필

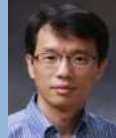
Ph.D., Chemical Engineering
전 삼성전자 PM,
첨단기술 전문경영인



Twinning & Testing

박재영 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
UNIST 교수



Fuel Design & Qualification

류호진 고문

Ph.D. Materials Engineering
KAIST 교수



Materials & Components

반치범 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
부산대 교수



Nuclear Policy

최성열 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
서울대 교수



Nuclear Safety

이유호 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
서울대 교수



Safety & Simulation

Fynan 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
UNIST 교수

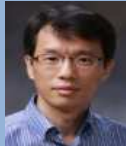
MicroURANUS 조직도



**Twinning
& Testing**

박재영 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
UNIST 교수



Fuel Design & Qualification

류호진 고문

Ph.D. Materials Engineering
KAIST 교수



Materials & Components

반치범 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
부산대 교수



Nuclear Policy

최성열 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
서울대 교수



Nuclear Safety

이유호 고문

Ph.D. Nuclear Engineering
서울대 교수

Irradiation Corrosion

김태용 자문

Ph.D. Nuclear Engineering
서울대 선임 연구원

SNU-UNIST-KAIST-PNU MINERVA



MicroURANUS (MU) 사업소 및 협력 기관





INTERVIEW ARTICLE

인터뷰뉴스기사

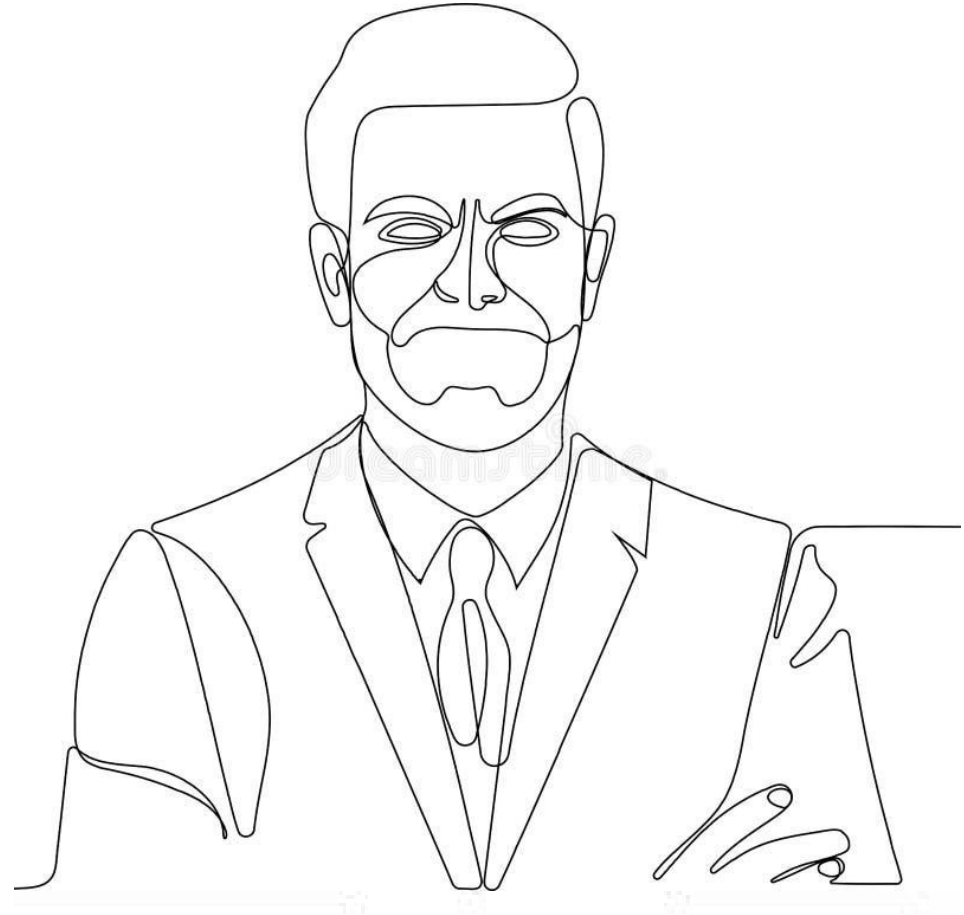
마이크로우라너스 CEO, 황일순 박사 뉴스 기사 인터뷰

DR. IL SOON HWANG, CEO OF MICROURANUS, INTERVIEWED FOR NEWS ARTICLE

유럽 "원전은 녹색에너지" 지정 추진 (조선일보)

미 에너지부는 테라파워와 엑스 에너지에도 7년간 총 32억달러를 투자하기로 했다. 테라파워는 빌 게이츠가 SMR 개발을 위해 설립한 회사다. 테라파워의 신형 원자로 나트륨은 345메가와트 규모로, 냉각재로 물 대신 액체 나트륨(소듐)을 쓰는 소듐냉각고속로(SFR)다. 액체 나트륨은 물보다 끓는점이 높아 사고가 나도 과열될 가능성이 작다. 액체 상태의 소금이 배터리처럼 열저장도 할 수 있다. 엑스 에너지가 개발 중인 초고온 가스원자로로는 열에 강한 흑연으로 연료를 감싸 섭씨 1700도 이상을 견딘다. 체르노빌 원전이 녹아내린 온도보다 500도 이상을 더 견디는 셈이다. **국내에서는 황일순 교수팀이 정부 지원을 받아 30~50메가와트 출력의 대형 선박용 SMR을 개발하고 있다. 냉각재로 물 대신 액체 납을 쓴다. 납은 물과 반응하지 않고 원자로가 녹는 사고가 나면 바로 굳어 방사능 유출을 차단한다. 또 고속 중성자로 핵분열을 일으켜 천연 우라늄이나 폐연료봉도 연료로 쓸 수 있다.**

안전한 소형원전, 부울경 해양·조선분야 적용해야(경남매일)



마이크로우라너스 CEO, 황일순 박사 뉴스 기사 인터뷰

DR. IL SOON HWANG, CEO OF MICROURANUS, INTERVIEWED FOR NEWS ARTICLE

[안전한 소형원전, 부울경 해양·조선분야 적용해야](#) (경남매일)

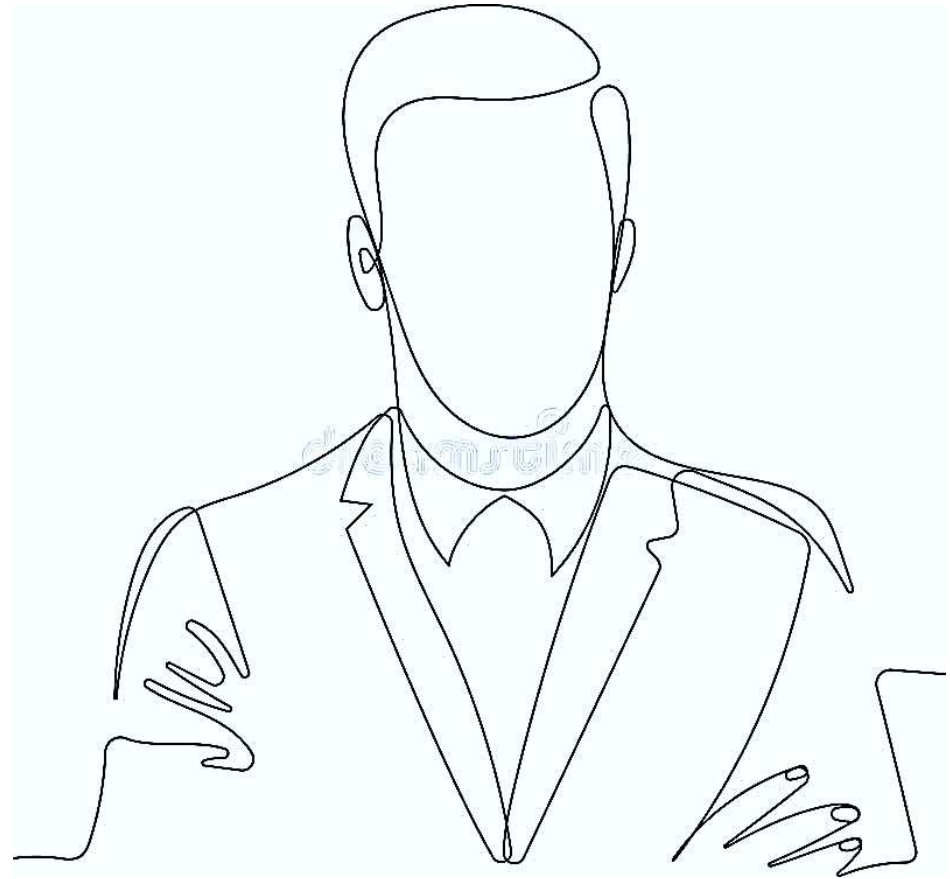
특히 이날 '4세대 소형원전 선구자'인 황일순 UNIST 석좌교수가 '탄소 중립과 소형원전 혁명'을 발제해 눈길을 잡았다.

먼저 윤영석 의원은 인사말에서 "우리나라 미래 에너지 정책은 원자력을 빼놓고는 설정할 수 없다"면서 "문재인 정부의 탈원전 정책으로 경남 경제가 파괴되고 국가 경쟁력은 휘청거린다고 국회 정책질의에서 강력하게 비판하고 안전한 소형원전 개발을 내세워 총리와 장관한테서 긍정적인 답변을 들었다"고 말했다.

이어 발제한 황일순 석좌교수는 "바다를 접한 부울경은 무탄소 에너지 시대를 앞두고 안전한 소형원전 개발에 한발 앞서 나가야 한다. 4세대 원전시대를 맞아 UNIST가 개발하고 있는 4세대 소형원전인 마이크로우라너스(MicroURANUS)가 각광을 받을 것이다"고 말했다. 또한 "개발 중이거나 개발된 세계 소형원전 100여 개 대부분은 물냉각을 적용하지만 MicorURANUS는 납냉각이기 때문에 멜트다운 등에 따른 안전을 걱정할 필요가 없고 전 수명 기간 핵연료를 교체할 필요가 없어 더더욱 안전하다"고 말했다.

또한 "부울경에서 먼저 조선과 해양 분야에 소형원전을 적용하면 안전을 걱정하는 민원을 피할 수 있을 뿐 아니라 경쟁력을 극대화하고 특히 경남을 중심으로 SMR을 내세워 세계 원전산업을 이끌 수 있다"고 말했다.

황 교수의 발제 후 정희균 한국원자력산업기술연구조합 사무총장은 부울경에 접목할 수 있는 조선해양 소형원전에 대한 설명을 덧붙였다.



마이크로우라너스 CEO, 황일순 박사 뉴스 기사 인터뷰

DR. IL SOON HWANG, CEO OF MICROURANUS, INTERVIEWED FOR NEWS ARTICLE

[\[기고\]울산 차세대 그린에너지 '초안전 소형원자로\(SMR\)' 준비 중 \(경상일보\)](#)

액체 납을 냉각재로 이용하는 원자로는 미국, 유럽, 러시아, 중국 등에서 개발 중인데 높은 핵연료 효율과 열효율 및 핵안보성, 사용후핵연료 처분 용이성 등 여러 장점이 있다. 반면 납의 무게로 인한 지진 충격에 따른 구조 건전성 문제와 납 냉각 고화 문제, 납 환경에서 금속 부식을 해결해야 한다.

지진은 튼튼한 구조 설계를 갖게 하거나 면진 장치를 이용한 내진설계로 해결한다. 금속 부식 문제는 부식 저항성이 탁월한 합금 개발로 해결했고 납을 고온 액체로 유지하는 운용상의 문제도 인덕션 가열장치 설치로 해결했다. 이미 러시아는 내륙에 납 냉각 실증용 원자로를 건설 중이며 중국도 납 냉각 연구로를 건설해 가동 중이다.

납 냉각 원자로는 소형화-모듈화가 쉽고 고속 중성자를 이용해 한번 핵연료를 장전하면 원자로 안에서 핵연료가 자체 생산되며 연소하기 때문에 사용후핵연료 발생이 최소화된다. 또 원자로용기를 밀봉 용접하므로 원자로를 분해하지 않는 한 핵연료를 추출할 수가 없어 높은 핵안보성을 가진다. 따라서 납냉각로는 안전성이나 경제성, 핵 안보성 측면에서 최적의 조건을 갖춘 해양용 원자로이다. 이런 장점 때문에 납 냉각 원자로(LFR)는 탄소중립 선박의 훌륭한 추진 대안이다.

에너지 자원이 부족한 우리나라에서 LFR을 활용한 수소생산, 원자력 선박 등의 산업은 미래



마이크로우라너스 CEO, 황일순 컬럼

DR. IL SOON HWANG, Op-ed Article on Ulsan Maeil newspaper

[황일순 컬럼] 클레멘타인과 조선해양 원자력 (울산매일)

지금까지 핵잠수함과 원자력 쇄빙선은 원자력발전소처럼 물로 냉각하는 수냉식 원자로를 사용해왔는데 이는 연비가 낮아 핵연료를 자주 바꿔야 하고, 때문에 사용후 핵연료도 많이 나온다. 구소련의 수냉식 원자로로는 바다위에서 핵연료를 자주 교체하다가 5번이나 핵폭발사고를 일으켰다. 그래서 미국은 90% 이상의 고농축 우라늄을 연료로 사용해 핵잠수함 수명기간에 교체없이 사용한다. 평화적 원전에는 핵확산 위험 때문에 20%이상의 고농축 우라늄은 상용으로 사용이 금지돼 있다. 수냉식 원전과 달리, 클레멘타인과 같은 액체금속냉각방식의 고속로는 연비가 높아서, 20%이하 저농축 우라늄의 한번 장전으로 수십년간 교체없이 사용할 수 있다. 그래서 빌 게이츠를 포함한 미국 소형 원전 리더들은 핵연료를 교체하지 않는 고속로 기술 개발에 박차를 가하고 있다. **지금까지 개발된**

고속로 기술 중에서도, 액체 납을 사용하는 납냉각고속로(LFR)가 상용화에 가장 앞서고 있다. 구소련에서는 이 기술로 8기의 핵잠수함을 만들어 총 80년간 실전에서 사용해 기술이 검증됐고, 선박이 바다에 침몰하면 납이 바로 굳어서 핵연료를 밀봉해버리기 때문에 해양 오염도 막을 수 있다. 그래서 미국, 영국, 한국, 스웨덴, 이태리, 중국 등 많은 나라가 선박용 납냉각고속로 개발에 전력투구하고 있다. 수명을 제한해온 재료부식문제도 신소재 개발로 해결돼 40년 이상의 내구성도 보장할 수 있게 됐다. 구미의 전문가들은 납냉각고속로 중에서 울산과학기술원 중심 산학연구단이 개발한 MicroURANUS가 조선해양용으로 가장 우수하다는 평가를 하고 있다. 트럭으로 수

송할 수 있는 초소형 설계 및 사용후핵연료 재활용으로 고준위폐기물을 하나도 남기지 않는 장점 때문이다. 울산과학기술원은 이 원자로를 공장에서 대량 생산하고 40년 사용 후에는 원자로와 핵연료를 국제공동으로 재생까지 하는 국제플랫폼도 구상하고 있다. 지난 한달간 NPT 평가회의 참가자들에게 유럽의 iGlobenews 방송이 MicroURANUS를 핵확산 방지용 소형원전으로 자세히 소개했다. 이제 세계적으로 인정받는 납냉각 초소형 원전 사업이 울산에서 추진되고 있으니, 조선해양 전문 지역이 이를 선도할 수 있도록 국가 정책을 다변화할 때다.



THANK YOU



MicroURANUS
(주)마이크로우라너스