

SMR 제작 기업으로서의 성공 요인

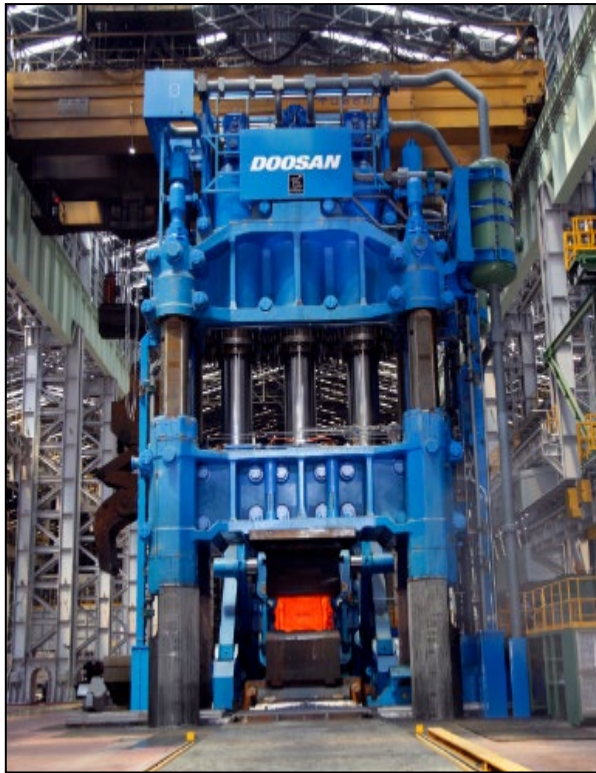
이투데이 소형모듈원전산업 세미나

2023년 4월

두산에너지빌리티 - 원자력 One Stop Solution

두산에너지빌리티는 1980년대부터 원전 핵심 기기를 지속적으로 제작해 왔으며, 소재부터 기기 제작 및 출하까지 전 역량을 보유한 전세계 유일의 원자력 기자재 제작 전문업체

소재



- 단조공장
- 단조 프레스(17,000)

제작



- 원자력공장
- Over Head Crane (500 ton x 2)

출하



UAE 바라카 원전 2호기 원자로 출하
2015년 4월 9일



- 전용부두 보유
- 원자로 34대 및 증기발생기 124대 납품
- 한국, 중국, 미국, UAE 등에 공급

세계 에너지 시장 동향

전기수요 증가와 환경규제 강화에 대응 가능한 안정적인 에너지원으로서 원전 시장은 지속 확대 예상

에너지 시장 환경

전기수요 증가

- 전기차 보급 등 지속적인 전기 수요 증가¹
- 격오지에서의 에너지 수요 증가
- 에너지 기술 혁명 Electrification 현상 가속화

환경규제 강화

- 2050 Net Zero / CF100 / RE100
→ 노후 석탄화력과 가스발전 대체 수요 증대

안정적 에너지 공급 필요

- 러시아의 우크라이나 침공으로 인한 에너지 시장 불안정
- 기후변화 등 재생에너지 발전량 변동성 심화에 따라 안정적인 저탄소 기저부하 전원 필요 증대

주요 국가 별 에너지 정책 및 동향 (원전 중심)



- 원자력을 청정에너지로 평가하며 세제혜택 강화
- 초당적 인프라투자법안² 內 원전 투자 \$60억 포함
- ARDP³ 등을 통한 차세대 원자로 실증 지원



- EU 택소노미의 녹색분류체계에 원전 포함
- 폴란드, 체코 등 신규 원전 건설 계획



- 現 신재생에너지 비중 45% 수준으로 지속 확대 예정이나, 기후변화로 안정적 공급 필요
→ '50년까지 신규 원전 24GWe 건설 계획



- K-택소노미에 원전 포함 및 SMART, i-SMR 개발 중
- 투자/협력을 통한 SMR 사업 참여 확대:
두산에너지빌리티(NuScale), SK(TerraPower),
현대건설(Holtec) 등

1. 미국에너지관리청(EIA) 추산 '22 대비 '50년 글로벌 전기 수요 50% 증가
2. Bipartisan Infrastructure Investment and Jobs Act
3. Advanced Reactor Demonstration Program

[BACK-UP] 주요국가의 SMR 사업 지원 현황

미국/캐나다/유럽 등 주요국에서는 탄소 중립을 위해 원자력 및 SMR 개발에 대한 정부 지원 계획 발표

캐나다



- Net-zero 달성 및 SMR 시장 선점을 위해
해외 SMR 개발 투자 및 실증로 자국 내 건설 추진 중
 - 캐나다 정부는 '18년 SMR Roadmap 발표 이후 SMR 개발사 자금 지원, J/V 설립, 자국 연구기관/현직업체 육성 정책 시행 중
 - 중소형, 초소형, 차세대 총 3가지 방향의 해외 SMR 건설 추진 중

중국/러시아



- 중국/러시아는 국가 차원의 SMR 개발/상용화를 적극 지원
 - 중국은 고온가스로 SMR을 '12년부터 건설하여 '21년말 운전 착수
 - 러시아는 '19년 부유식 원전의 상업운전을 시작하였으며, 내륙에도 SMR 건설을 추진 중

미국



- 바이든 및 민주당은 원자력을 Clean Energy로 인정하고 SMR 및 차세대 원전개발 지원 정책 발표
 - 원자력 포함 발전 설비 개선 및 R&D에 \$2,000억 투자
- 美 에너지부, SMR 시장 선점 위한 투자 및 Net-zero 전력시장 준비중
 - NuScale 건설을 위한 부지 무상제공 및 \$1.4B 투자
 - 차세대 SMR 개발에 7년간 \$3.2B 지원
 - SMR 핵심 제조 기술 정의 및 기술개발 투자
- Inflation Reduction Act 승인 ('22.8월)
 - 원전에 친환경에너지 수준의 세금혜택 지원

EU/영국



- EU, 탄소중립 위한 에너지 계획에 원자력을 핵심 전원으로 포함
 - 유럽의회는 탄소배출 제로 결의안 내 원전의 역할을 명시하여 신재생에너지와 동등한 수준으로 고려하는 정책 제안
 - EU는 지속가능금융 분류체계 내 원전을 포함
- 영국 정부는 자국 SMR 개발 및 제조업 투자 중
 - SMR 개발에 2조원 이상 투자 예정이며, Rolls-Royce 및 자국 제조업 육성을 위한 투자 진행
 - 30년 초 초도호기 건설을 시작으로 현재 8기 건설 고려 중

SMR 시장 전망

다수 기관 원전확대 시나리오 전망, 중장기 SMR이 50% 비중 차지 예상

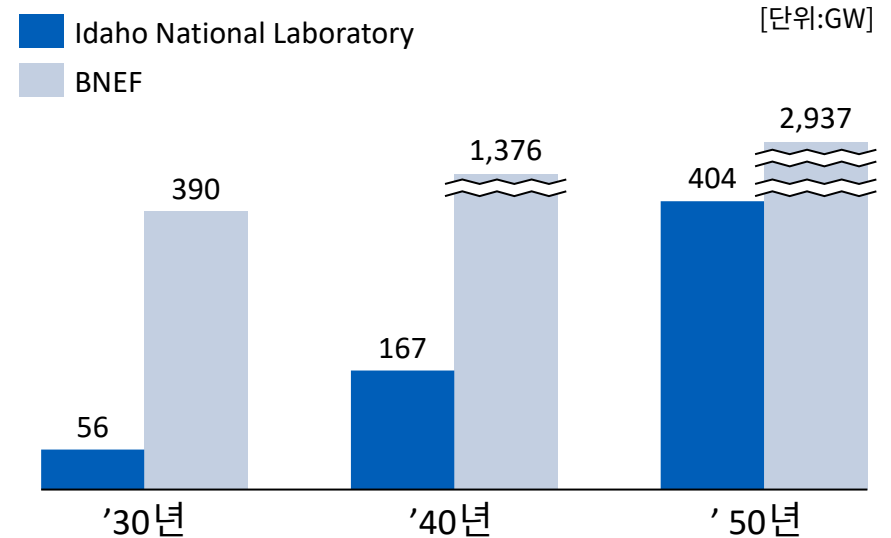
원자력/SMR 시장 전망

- 국제에너지기구(IEA)¹는 원자력발전 설비 용량 전망을 전년 대비 25% 상향
 - ①탄소중립, ②LNG 가격 급등, ③에너지 안보 위협 등의 국제동향에 따라 원전 건설 및 계속운전 확대 예상
- 영국 국립원자력연구소²는 '35년까지 65~85GW 규모의 SMR 건설 전망
- 미국 국립연구소(INL)³는 신규 건설 원전 중 SMR 비중이 '50년까지 50% 수준까지 확대 전망
 - 대규모 송전망 구축비용 절감, 신재생에너지 간헐성 보완 목적으로 분산형 전원 수요 확대 예상
- BNEF⁴는 원자력 중심으로 탄소중립이 달성될 경우 '50년 총 2,937GW SMR 누적설치 전망

SMR 설치 용량 및 시장 규모

- SMR 누적 설치용량은 전망기관마다 상이하나, 보수적으로 '30년 56GW → '50년 404GW 까지 확대 전망
- SMR 핵심 기자재 시장은 ~'30년 70조에서 ~'50년 520조 규모로 성장
- 원전 중심 최대 전망 기준 ~'50년 3,800조 시장 Potential

[SMR 누적 설치용량 전망]



1. IEA(International Energy Agency)의 World Energy Outlook 2021, 2022년판 비교
2. 영국국립원자력연구소의 Small Modular Reactors Feasibility Study (2014)

3. Idaho National Laboratory의 DOE Microreactor Program (2021) High Projection
4. BloombergNEF의 New Energy Outlook 2021 Red Scenario

대형원전 VS SMR

SMR은 대형원전 대비 작은 소요부지, 다양한 용량구성, 보다 개선된 안전설계 적용 등 강점 보유하며 발전, 수소생산, 지역난방 등 다양한 목적으로 활용이 가능함

부지

대형원전



SMR

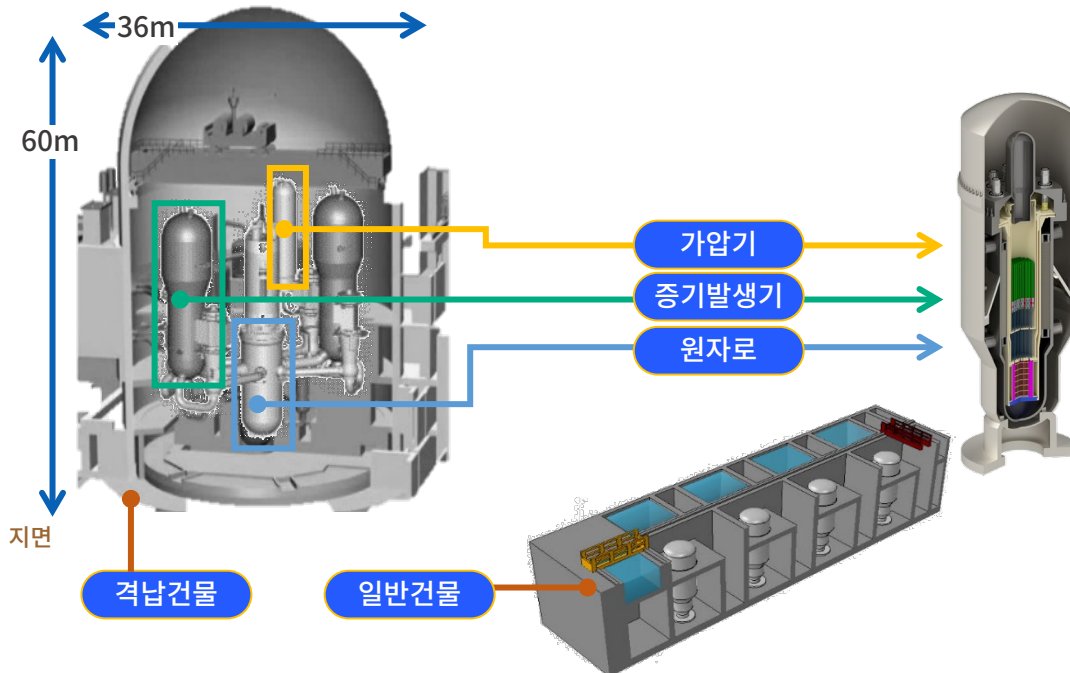


SMR의 장점

- 기존 화력부지 혹은 도심 인근 건설 가능

1GW 가정	발전 소 부지 ¹	비상 대피구역 ²
대형	3.3km ²	803km ² (여의도 100배)
SMR	0.1km ²	0.2km ² (여의도 1/50배)

설계



- 현장시공 용이 및 건설기간 단축

- 콘크리트 돔 구조물 불필요
- 모듈화로 현장설치설비 축소

- 필요전력수요, 송전망 제약 등 대응 가능

- 수십~수백 MW 플랜트 구성 가능
(플랜트 당 설치모듈 수량 조절)

- 외부전원 차단 시 냉각기능 강화 등 개선된 안전설계 적용

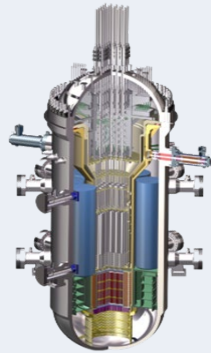
1. 미 에너지부 발표 기준, 국내 대형원전 필요부지는 미국 대비 1/6 수준
2. 대형원전 반경 16km, SMR 반경 230m

개발 중인 주요 SMR 노형

세계적으로 70여개 업체가 다양한 SMR 노형 개발 중

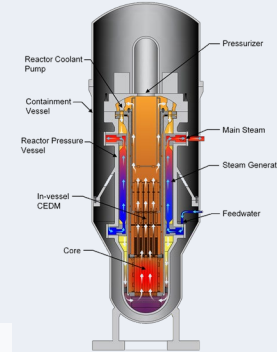
3세대
경수로

SMART



(한국, 경수로)

i-SMR



(한국, 경수로)

NuScale



(미국, 경수로)

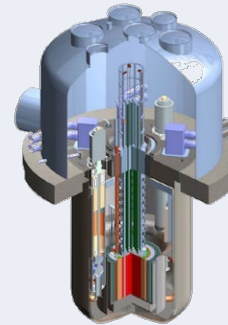
4세대
원전

X-energy



(미국, 고온가스로)

TerraPower



(미국, 소듐고속로)

USNC



(미국/캐나다, 고온가스로)

Seaborg



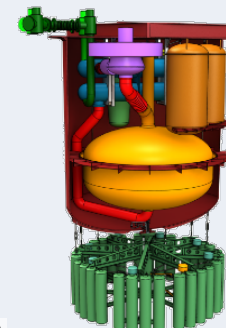
(덴마크, 용융염원자로)

Terrestrial
Energy



(미국/캐나다, 용융염원자로)

Thorcon



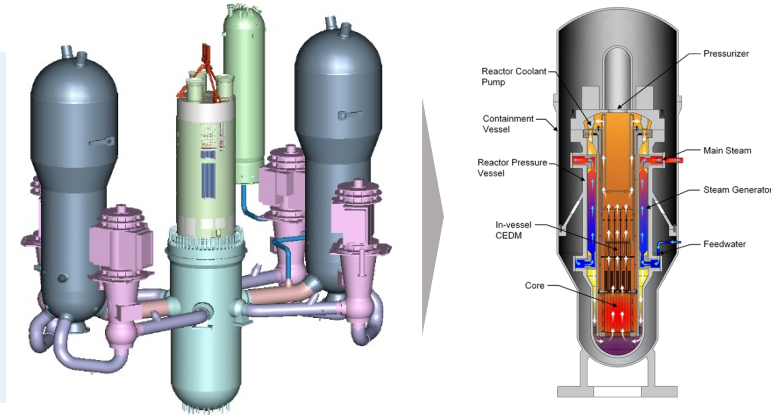
(미국, 용융염원자로)

SMR 설계 및 제작 특성

SMR은 일체형 설계로 시공 비중이 감소한 반면, 기자재 크기가 커지고 복잡하며, 더 짧은 납기가 요구되어 제작 경쟁력이 SMR의 경쟁력을 좌우할 것으로 예상

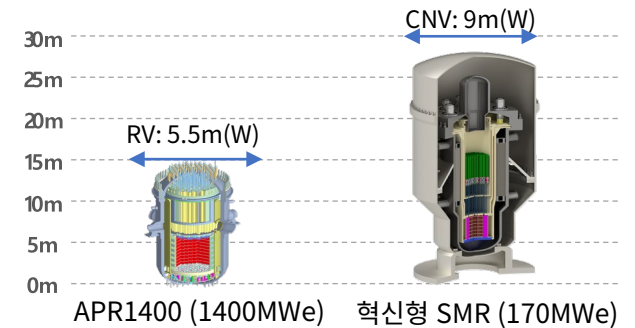
Module 설계

- 원자로, 증기발생기, 가압기 등이 하나의 모듈로 설계
 - ✓ Helical Coiled Tube 설계 → 3차원 Bending/Coiling 특수 기술
 - ✓ 스테인리스강으로 덧씌움 용접 → 로봇기술과 용접기술
 - ✓ 복잡한 형상의 원자로 → 고도의 조립기술 /협소한 공간 검사 기법



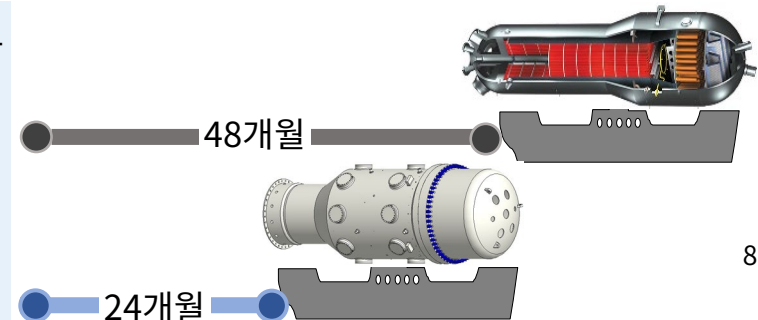
주기기 Size

- 상용원전 대비 용량은 작지만 일체형 설계로 크기가 대폭 증가
- 소재 제작부터 기기 제작의 난이도가 높음
 - ✓ APR1400 원자로 (1,400MWe) : 14.3m (H) / 5.5m (W)
 - ✓ 혁신형SMR (170MWe) : 25 m ~ 30 m (H, 예상) / 9m (W)



납기

- 대형원전 대비 시공기간 단축을 위해 기자재 제작기간 단축요구
 - ✓ APR1400 원자로 (1,400MWe) : 48개월 목표
 - ✓ 혁신형SMR (170MWe) : 24개월 목표



SMR 사업 성공을 위한 첨단 제작 기술 개발

SMR 설계 및 제작 특성을 고려하여 두산은 기자재 공급사로서 제품의 품질 및 납기 준수 등으로 사업의 성공에 기여하고자 하며, 이를 실현하기 위해 전용 제작 설비 구축 및 첨단 제작 기술 개발 투자 진행중



1.SAW (Submerged Arc Welding) 서브머지드 아크 용접 (자동 용접)
2. PM-HIP (Powder Metallurgy-Hot Isostatic Pressing) 금속분말 열간등방압성형

[BACK-UP] SMR 핵심 제작 기술 소개

기본 SMR 사업 수행을 위하여 반드시 확보해야 하는 기술 → 초도 호기 기준 기술개발 및 설비제작, Test 기간을 고려하여 기술 확보 추진

혁신 납기 및 제작 비용을 획기적으로 단축 및 절감할 수 있는 기술 → SMR 발주 동향 및 경쟁사 개발 현황을 검토 개별 투자시점 및 방법 결정

[주요 요소기술]

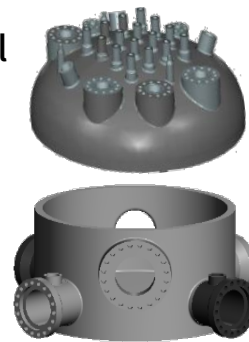
기본 혁신

재료	PM-HIP ¹
	SMR 신소재 기술개발
용접/제관	Helical Tube Bending 기술개발
	Helical Tube 진공열처리 기술개발
	원주심 전자빔용접
	덧씌움용접 (레이저클래딩)
	로봇용접시스템
	Additive Manufacturing
가공	접근제한부 용접공정 최적화
	접근제한 난삭재 가공기술
	저온가공 기술
	실시간 용접부 비파괴검사 기술
비파괴	용접부 표면 디지털 검사 기술
	용접변형 예측기술
디지털	제작공정 3차원 시뮬레이션 기술
	5G 이용 원격 용접 기술 개발



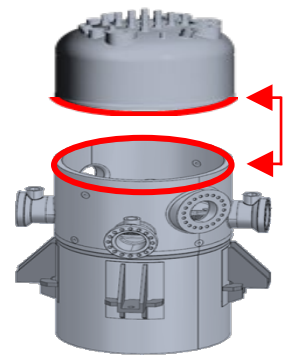
PM-HIP¹

소재·가공·용접을
거치던 Head와 Shell
제작기간을 **획기적
단축**



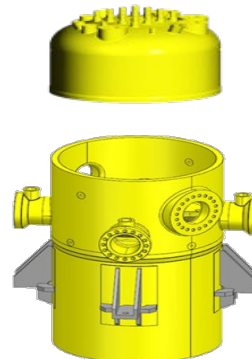
전자빔용접

기존 용접 시간 대비
10배 빠른 용접기술



덧씌움 용접

복잡한 형상의
내외면 덧씌움 용접**자동화**

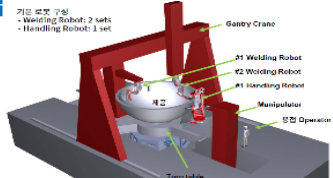


Bending/ 로봇용접

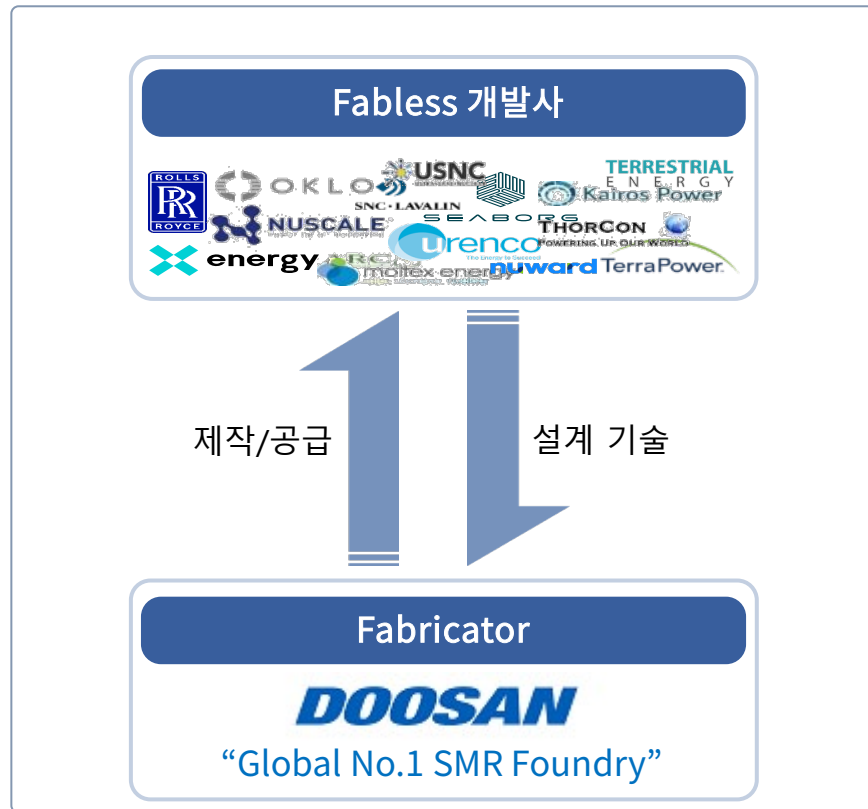
제작이 까다로운 나선형 전열관
Bending 및 Coiling 기술



로봇용접시스템



- ◆ 세계 SMR 개발사들은 대부분 제작 경험이 없는 스타트업이며, SMR을 제작할 수 있는 업체는 제한적임
- ◆ 두산은 Global 제작 경쟁력을 기반으로 대규모 투자를 통한 제작 역량 확대 및 첨단 제조기술 개발로 다양한 SMR 유형의 기기 제작 전문회사(SMR Foundry)로 입지를 강화하고 사업을 확대할 계획임



- 두산은 해외 SMR 건설 사업에 우선 참여하여 SMR 제작 역량/경험 축적
- 해외 SMR 기기 제작 시 국내 Supply Chain을 활용하여 SMR 제작 생태계 구축
- 향후 SMART, 혁신형 SMR 등 국내 SMR 사업이 본격화되면 국내 제작 생태계와 함께 적극 참여
- 새로운 SMR 제작을 위해 첨단 제작 기술 개발, 전용 제작 설비 투자, 공장 시설 확충 등 추진

SMR 사업 파급 효과

에너지 정책 측면

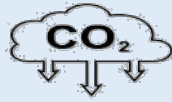
- SMR이 탄소 중립 달성에 핵심 에너지원으로 대두
- 준국산 에너지인 원전 활용 증가로 에너지 안보 강화



산업 진흥 측면

- SMR 시장 선점을 통한 원전 수출 확대
- 제작 물량 증가로 협력 업체 동반 성장 및 일자리 창출

탄소 중립 목표 달성에 기여



- **SMR 활용 전력 생산 시 대규모 탄소 감축 효과 발생**
 - 석탄발전을 SMR 전환 시 1GW당 연간 579만톤 CO₂ 감축 ('30년 국내 발전 분야 CO₂ 감축 목표의 23%)

에너지 안보 강화



- **해외 연료 수입 감소로 에너지 자립도 제고**
 - 연료비 비중이 발전단가의 10% 미만이며, 국제 우라늄 수급이 안정적이어서 에너지 의존 감소
- **SMR 수소 생산을 통한 해외 수입 대체**
 - SMR 2.7GW 건설 시 '30년 국내 해외수소 도입 계획의 20% 대체 가능

원전 수출 확대



- **Team Korea의 대형원전 및 SMR 포트폴리오 다각화**
 - 국가별 대형/소형 원전 맞춤형 솔루션을 통해 수출 경쟁력 제고
- **Global SMR 제작의 Foundry 로 입지 강화**
 - 국내 원전 제작 생태계의 경쟁력을 바탕으로 미국/유럽의 SMR 제작 물량 확보

동반성장/일자리 창출



- **국내 원전 제작 생태계의 기저 물량 확보**
 - 대형원전 대비 발주 물량이 꾸준하며, 국내 원전 협력 업체 다수 참여 가능 (180여개 협력 업체 참여 예상)
 - 원전 기자재 제작은 타 제작 분야 대비 고부가가치의 전문 제작분야로 대규모 고급 일자리 창출 가능

감사합니다

DOOSAN