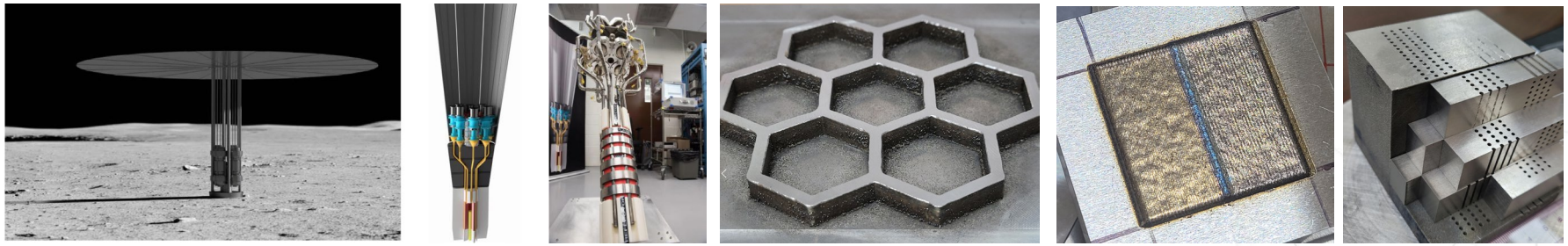
Korea Atomic Energy Research Institute

2026 KNS 추계학술대회
Workshop O <극한환경 전력의 해법, 히트파이프 원자로 개발 현황>

# $UO_2$ 기반 초소형원자로 핵연료 및 금속수소화물 제조 기술

## $UO_2$ Fuel and Metal Hydride Component Manufacturing Technology for Heat Pipe Nuclear Reactor



@ 경주화백컨벤션센터 105호

2026. 10. 28
15:35-15:55


**Jong-Dae Hong**

**Korea Atomic Energy Research Institute (KAERI)**

*jongd@kaeri.re.kr

Korea Atomic Energy Research Institute

# CONTENTS


Ⅰ 연구배경 및 관련동향

Ⅱ KAERI 히트파이프 원자로 구성

Ⅲ $UO_2$ 핵연료/노심구조물 제조 기술 개발

Ⅳ 요약

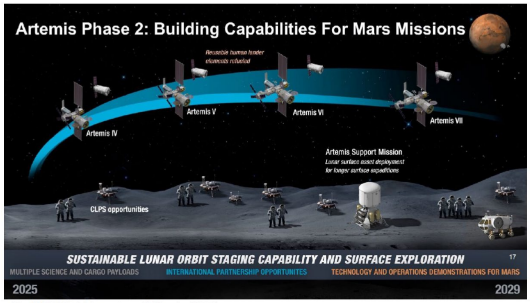
# 연구배경

## 연구배경

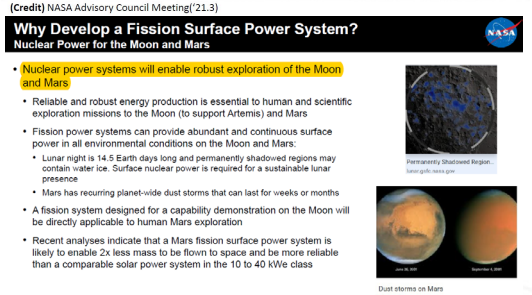
- 뉴스페이스 시대를 맞아 우주산업 상업화 및 우주개발의 가치 증대
- 민간-공공협력을 통한 글로벌 경쟁 격화
- 우주임무를 위한 전력공급 : 경량, 고밀도 출력, 안전성
  => 우주용 원자로
  - NASA의 현지의 자원을 활용하는 기술인 ISRU*에도 우주용 원자로 고려

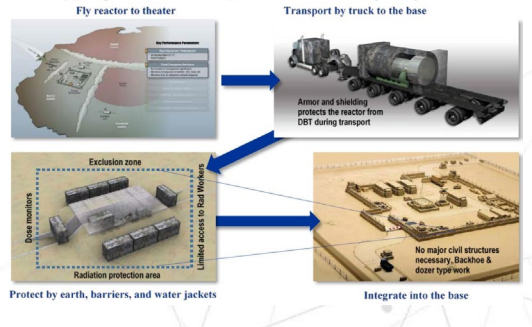
  * In-Situ Resource Utilization
- 우주환경 뿐만 아니라 극지 혹은 특수지역(국방) 등의 극한환경에서 태양 및 관련 환경에 독립적이며 경제적인 에너지 공급이 필요

  (원활한 연료공급, 연료교체 혹은 주입, 유지보수가 용이하지 않음)
- 미국(SNAP)/구소련(TOPAZ)의 우주 원자로 시스템 및 군사위성 개발에 초소형 원자로가 사용되었으나 태양전지 기술발전으로 적용 되지 않음. 그러나 핵심기술개발(액체 금속 냉각, 히트파이프, 열전 변환, 열 방출 등)은 지속
- 히트파이프 원자력 전원공급 시스템은 로스알라모스 국립연구소(LANL)의 주도로 모노리식 (Monolithic) 노심의 개념을 도입
  - 최소한의 이동 부품이 있는 견고한 형태의 "고체 상태" 원자로로, 운송 조건이나 극한 작동환경에도 유리하며, 긴 수명, 독립적인 비상 제어봉 정지 시스템 및 수동 열 제거를 포함한 많은 긍정적인 특성 (대기압 이하의 1차계통 압력, LOCA가 없음)
  - 극한 환경에서 전력 및 열 생산용으로 활용가능한 초소형 에너지원의 후보로 활발한 연구 진행중
  - 심화되는 기술 패권 경쟁 및 자국산업 보호주의 등의 영향으로 독자 기술의 신속한 확보 필요




(Credit) NASA Advisory Council Meeting('21.3)



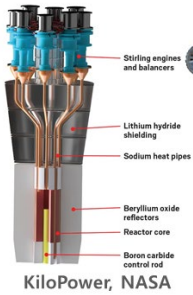






# 연구동향

## 미국

- 지상 실증시험까지 완료 (TRL 6~)
- SMR 실증 일정보다 앞선 `20년대 중후반 실증을 목표로 개발 진행중
  - KRUSTY (NASA), MARVEL (DOE), Project Pele (국방부) 등의 국방/우주 등 특수 목적용으로 활용하기 위한 미국정부의 강력한 지원
  - NASA & LANL : 1kWe급 지상실증시험 (KRUSTY) (2018)
    => 달기지용 40kWe급 개발중 (29년 실증)
  - LANL : MegaPower (2MW급 지상용), Ziacore 임계 (2026)
  - OKLO : Aurora, fast, S-$CO_2$, U-Zr fuel
  - Westinghouse社 : 5MWe급 eVinci (TRISO + Heat pipe)
    우주용 AstroVinci
    - 현재 미국 및 캐나다 인허가 기관이 검토중

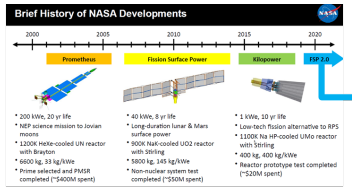


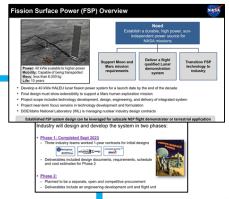
KiloPower, NASA

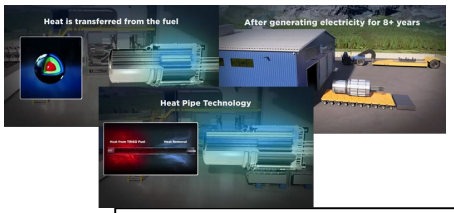

MegaPower, LANL

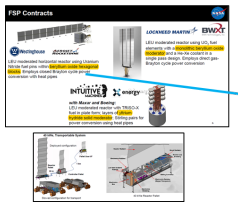

eVinci, Westinghouse


Aurora, Oklo





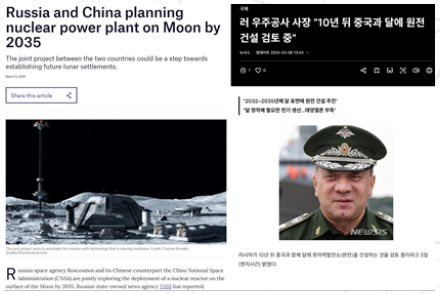


〈U.S heat pipe microreactor〉
[B.H. Yan et al, Annals of Nuclear Energy, 135 (2020), Westinghouse]

## 영국, 프랑스, 중국-러시아

- (영국) Rolls & Royce社 주도 개발. 2029년까지 달 표면으로 보내는 것을 목표 (TRISO + Heat pipe, $N_2$ Brayton cycle)
- (프랑스) FRAMATOME社 주도 개발. 프랑스국립우주연구센터(CNES)와 원자력청(CEA)의 협력으로 아리안 6에 탑재 가능한 10kWe급 히트파이프 원자로 개발
- (중국) 달기지용으로 100kWe급, 화성유인전기추진 우주선 전력원으로 10MWe급 히트파이프 원자로 개발 중
- (러시아) `35년까지 중국과 협력하여 달에 원자력발전소를 건설하는 방안을 검토 중


Rolls & Royce社가 개발 중인 달기지용 초소형 원자로 개념

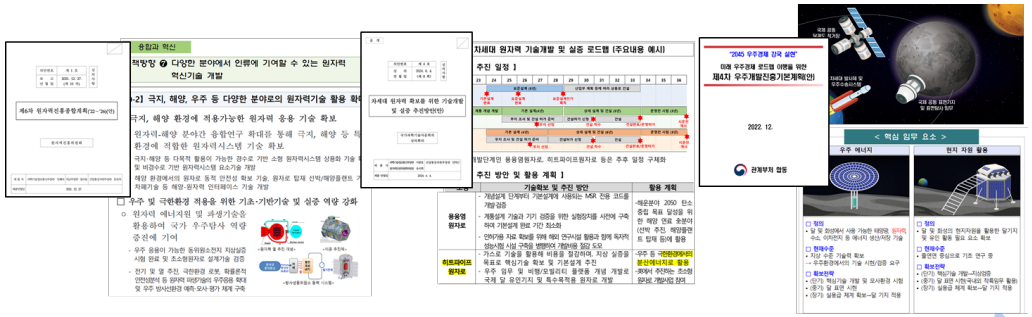


러시아-중국 달기지 원자로 건설 계획

# 연구동향 – 국내

## 국내 히트파이프 원자로 연구

- **(정부주도) 우주 및 극한환경에서의 전원공급을 위한 초소형 원자로 개발**
  - 제6차 원자력진흥종합계획
  - 차세대 원자력 확보를 위한 기술개발 및 실증 추진방안
  - 제4차 우주개발진흥기본계획(2023~2027): 5대 임무



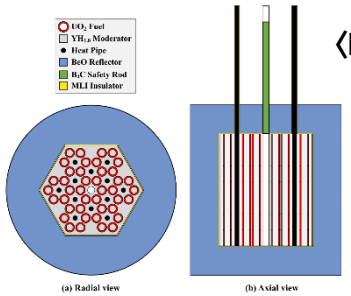
- **5 $kW_{th}$ 개념설계 (~2024)**
  - 우주용 원자력 전원공급 시스템 기반기술 및 개별 설계 코드 체계, 굽힘가공 가능한 소듐 히트파이프 기술 확보
  - 히트파이프 원자로 설계기술 고도화 및 핵심기기 기술 개발 중으로 현재 TRL 3 수준으로 평가
- **100 $kW_{th}$ 개념설계 및 제조기술 개발 (2025~2029)**
  - 10년 내 지상실증 목표
  - 1m 규모 히트파이프 및 핵연료/노심구조물 제조기술개발
  - 향후 우주 추진용(열추진/전기추진)으로 확대 목표

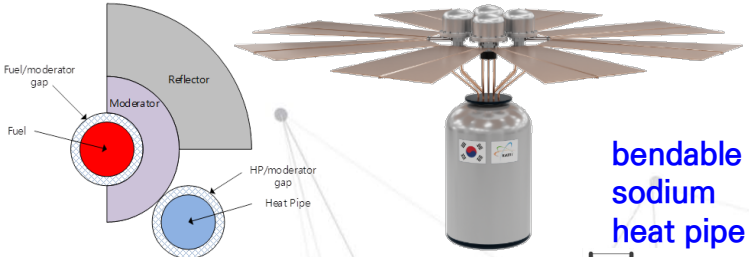
## KAERI HPR concept for lunar surface power (5 $kW_{th}$)

Byung Ha Park et al, Nucl. Technol. (2024)

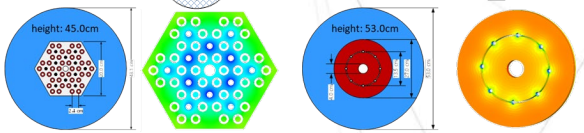
〈Design requirements〉

1. Life time > 10 years
2. Operating temperature: 700°C to 750°C
3. Thermal power: 5 kW(thermal)
4. $^{235}U$ enrichment < 20.0 wt%
5. Mass < 1200 kg, height < 5 m, diameter < 2 m
6. Shielding design to protect the reactor system.



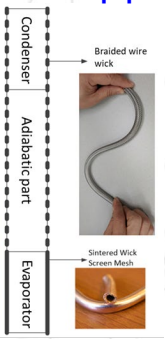




bendable sodium heat pipe



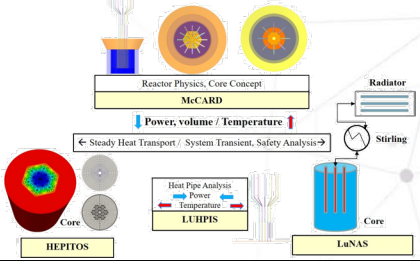

Epithermal Reactor <300kg

Fast Reactor < 600 kg






Thermal Performance Test Facility for Alkali Metal HP



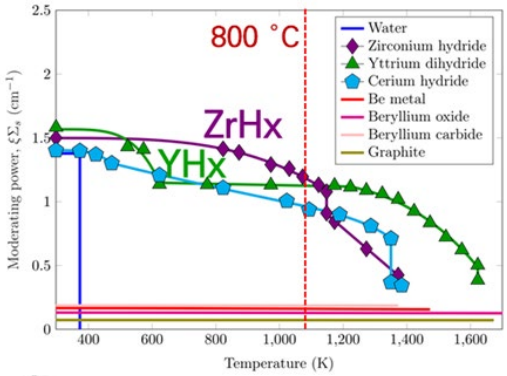

| Code Name | Description |
|---|---|
| McCARD | Reactor physics analysis code |
| LUHPIS | Normal/abnormal heat pipe analysis code |
| HEPITOS | Core heat transfer analysis code |
| LuNAS | System transient/safety analysis code |

# 국내외 연구동향

## 히트파이프 원자로 노심구조물 제조

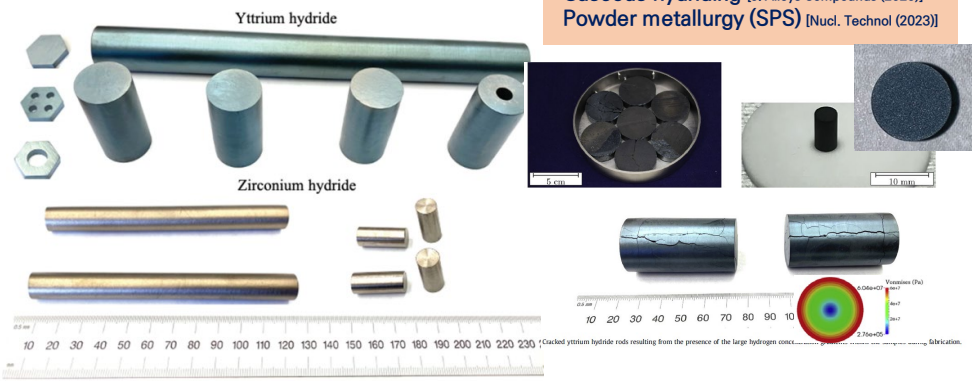
- 소재분야 : 상대적으로 제한된 연구
  - 감속재: 고온에서 높은 수소 Inventory, 낮은 중성자 흡수 단면적, 높은 안정성 요구 => Zr/Y Hydride (수소화물)
    - 1950~60년대 핵추진 항공 및 우주 응용 => 조사후 시험 중단
    - 90년대 구소련 우주용 TOPAZ ($ZrH_{1.8}$)
  - 최근 초소형 원자로 개발하는 대부분의 기관이 금속 수소화물을 감속재로 고려
    - 대부분 실물 제조에 착수하지 않음 (설계 단계)
    - TCR (Transformational Challenge Reactor)의 감속재로 선정된 이후 제조 기반 기술을 개발중 (ORNL, LANL)
    - 주로 가스장입법 적용 (일부 분말야금 법 시도)
  - 감속재 이외의 소재의 연구는 활발하지 않음

Hydrogen retention of metal hydrides compared to water
[M.N. Cinbiz et al., Nucl. Technol. (2023)]

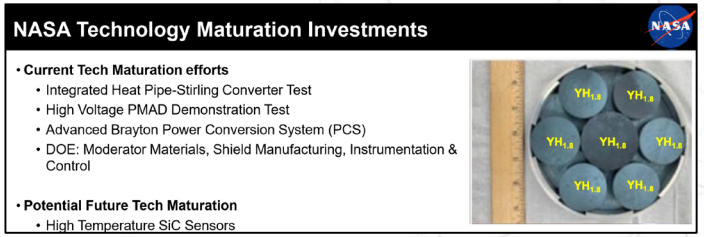



ZrH/YH (ORNL, Gaseous hydriding)
[J. Nucl. Mater. (2020)]

YH (LANL)
Gaseous hydriding [J. Alloys Compounds (2020)]
Powder metallurgy (SPS) [Nucl. Technol (2023)]




L. Kaldon(NASA), Fission Surface Power Project Overview



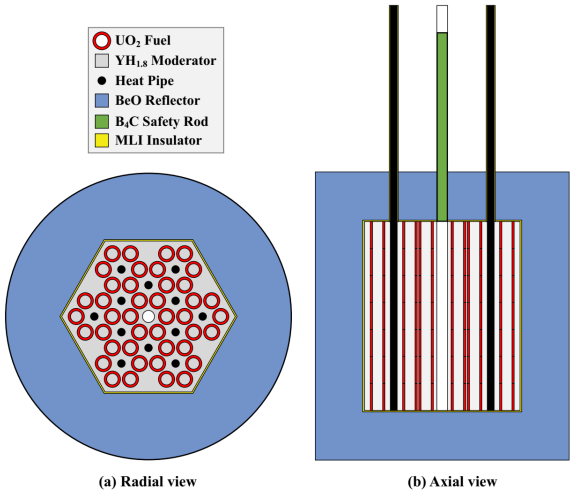

〈Moderator fabrication technology by gaseous hydriding and powder metallurgy〉

# KAERI 히트파이프 원자로 구성



## KAERI HPR concept for lunar surface power (5 $kW_{th}$)

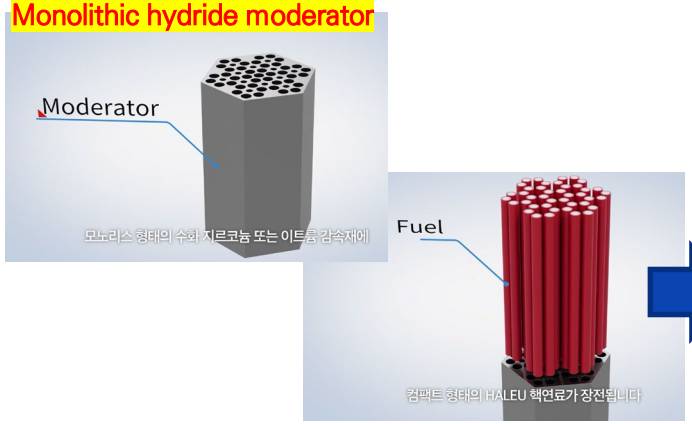
Byung Ha Park et al, Nucl. Technol. (2024)



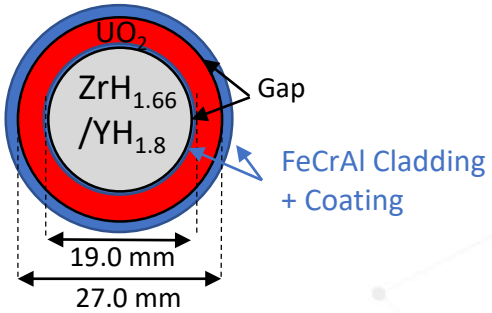

Temp

| Component | Material | Proposed Size (mm) | Irradiation swelling |
|---|---|---|---|
| Fuel | $UO_2$ (HALEU) | 27/20 (dia.) | X Densification (〈1.0%) |
| | (Long-term) U-10Zr => TRISO | | |
| Cladding | FeCrAl | 0.4 | 〈0.1% |
| | Coating | | - |
| Moderator | $ZrH_{1.66}$ | Monolith 250 (pitch) Rod 18.9 (dia.) | ? |
| | $YH_{1.8}$ | | 2~5 % (up to 2dpa) => Linear 1.64 % |
| Reflector | BeO | 115 (thick) | |
| Shield | LiH | 150-350 (thick) | |
| Safety rod | $B_4C$-Inconel | | |

**Monolithic hydride moderator**



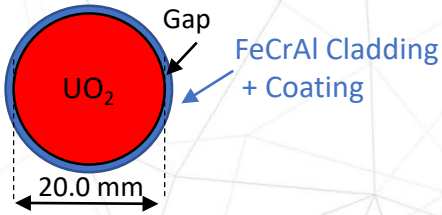

### 1) Annular Fuel & Moderator







### 2) Rod Fuel

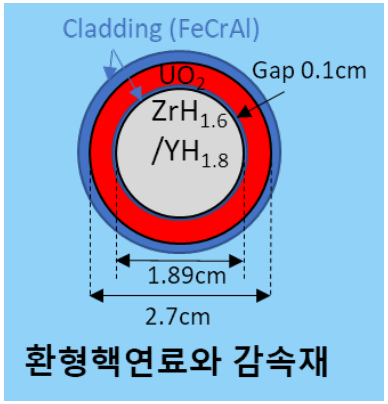



**Target burnup ($UO_2$) ~4000 MWd/MTU**
**=> Only densification occurs**

# KAERI 히트파이프 원자로 구성

Korea Atomic Energy Research Institute

**Anisotropic expansion**
Volumetric expansion: Zr -> $ZrH_2$ (17%), Y-> $YH_2$ (6%)
(e.g. Cube: 8% in x- and y directions, 1% in z-direction)

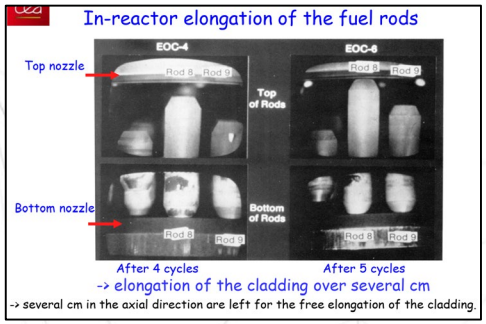


환형핵연료와 감속재

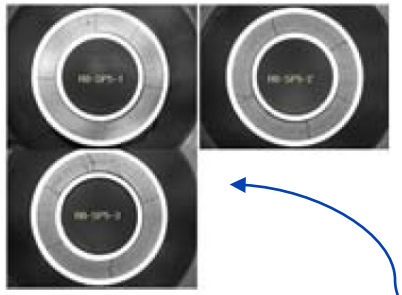
- 핵연료 – 환형 $UO_2$ 소결체 => 원통형(20mm)
- 감속재 (Moderator)
  - 높은 수소 Inventory, 낮은 중성자 흡수 단면적, 높은 안정성을 요구 => Hydride (수소화물)
  - 이방성 구조로 고온(>약 860℃)에서 제조하지 않을 경우 집합조직 (Texture) 형성
    => 조사성장(irraidation growth) 및 열팽창으로 인한 불균일한 제원 변화가 발생
  - 집합조직을 형성 시키지 않는 제조 방법 필요 => AM (e.g. 3DP, HIP)
  - 고온에서의 수소 방출 고려

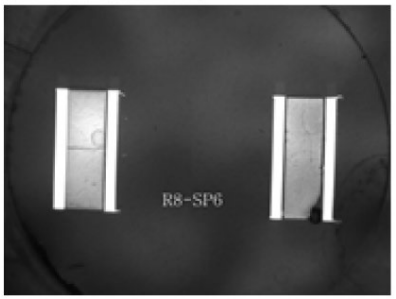


환형 $UO_2$ 소결체 (KAERI)



Zr합금 핵연료 봉의 조사성장
[F. Onimus (CEA)]

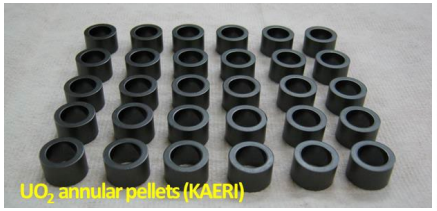


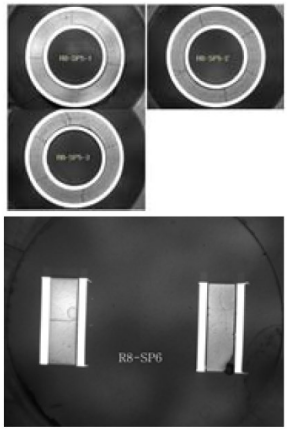



- 피복재(Cladding)
  - 핵연료 및 감속재는 금속이 아닌 세라믹으로 열구배 및 응력에 의해 쉽게 깨짐
    (환형 핵연료 연소시험 경험을 통해 확인)
  - 감속재의 수소손실을 방지(코팅 필요)
  - 히트파이프 연결을 위한 소재로 활용
    - 열구배, 열팽창, 크리프 (Creep) 등에 의한 응력 및 변형을 견딜 수 있는 금속 소재 필요
    - 크리프 특성 및 고온특성이 뛰어난 FeCrAl/TZM 소재 제안

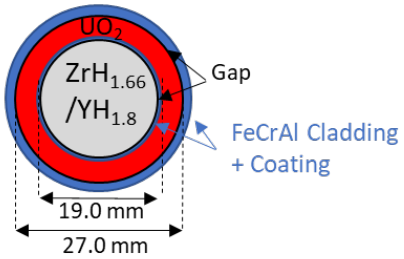
# $UO_2$ 핵연료 제조

- 핵연료 – 환형 $UO_2$ 소결체 => 원통형(20mm)
  - 많은 상용로/연구로 연소 및 조사후 데이터 확보 => 인허가 측면 유리
  - 환형: 이중냉각 핵연료 제조 경험 (~2013)
  - 환형 및 원통형(코인형) 시험제조 완료: 기초 품질 및 물성 평가
  - HALEU 원료 확보 및 핵물질 취급 인허가 issue 해결필요

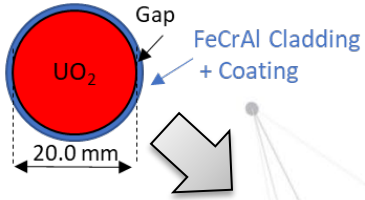


1) Annular Fuel & Moderator




2) Rod Fuel

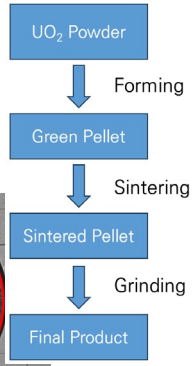



환형 $UO_2$ 성형체




환형 $UO_2$ 소결체






외경 27 mm (±0.010 mm), 내경 19 mm (±0.050 mm), 높이 5–7 mm
– 실 측정편차 : 외경 ± 8 μm, 내경 ± 39 μm, 높이 ± 34 μm

코인형 $UO_2$ 및 소결체



성형체: 직경 25.15 mm, 높이 6.24 mm
소결체: 직경 18.54 mm, 높이 4.56 mm
수축률: 직경 26%, 높이 27%

# 노심구조물 제조기술 – 금속 수소화물 감속재

- Hydride Moderator Fabrication
  - 1) Bulk material => Gaseous hydriding
    - 가장 보편적인 방법 (LANL, ORNL etc.)
      - 제조시 부피팽창에 따른 균열 및 불균일 제원변화
    - 집합조직 특성 (이방성)으로 인한 불균일한 조사성장 및 열팽창
      => 운전시에도 추가적인 불균일한 제원변화 발생

**Anisotropic expansion**
Volumetric expansion: Zr -> $ZrH_2$ (17%), Y-> $YH_2$ (6%)
(e.g. Cube: 8% in x- and y directions, 1% in z-direction)



**A transformational challenge: Making crack-free yttrium hydride**

Sat, Nov 14, 2020, 3:00AM | Nuclear News

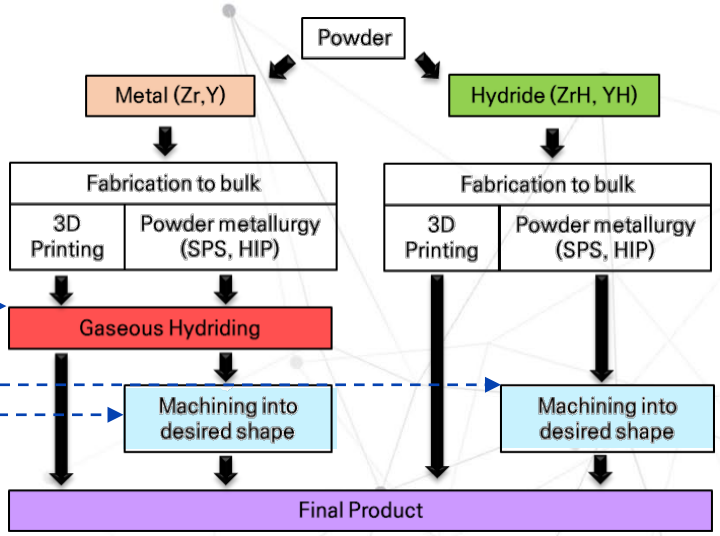
Oak Ridge National Laboratory scientists have developed a method to produce solid yttrium hydride for use as a moderator for the Transformational Challenge Reactor (TCR), a 3-MWt additively manufactured microreactor that ORNL aims to demonstrate by 2023. Lacking a commercial supply of the metal hydride, ORNL scientists developed a system to produce yttrium hydride in large quantities and to exacting standards.

The hydrogen density and moderating efficiency of metal hydrides—which combine a rare earth metal with hydrogen—could enable smaller reactor cores that can operate more efficiently and reduce waste products, according to ORNL. The material could be used in other advanced reactor designs, including space power and propulsion systems for NASA, and has been proposed as a shield component for thermalization and neutron absorption in fast-spectrum nuclear reactors.

Fabricated yttrium hydride samples are pulled out of the system. Photo: ORNL

or

  - 2) Powder: Metal (Zr, Y) or Metal hydride (ZrH, YH)
    - 집합조직의 형성을 최소화 하기 위해 고온에서 제조(> ~860°C) 필요
      - 적층제조 (additive manufacturing, 3D 프린팅)
        및 분말야금법 (powder metallurgy)
    - 가능한 모든 방법 적용
      - 금속분말 사용시 벌크 제조 후, 수소가스 장입과정 필요
        - » 제원 변화 및 균열 발생 야기
        - » Volumetric expansion: Zr -> $ZrH_2$ (14%), Y-> $YH_2$ (6%)
      - 분말 야금법 적용시, 복잡한 형상 구형에 어려움이 있어 부품 제조에 기계가공 필요

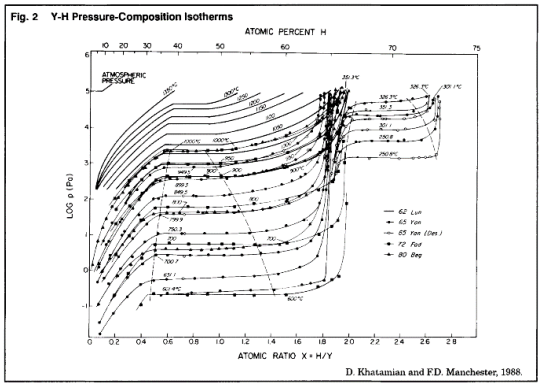


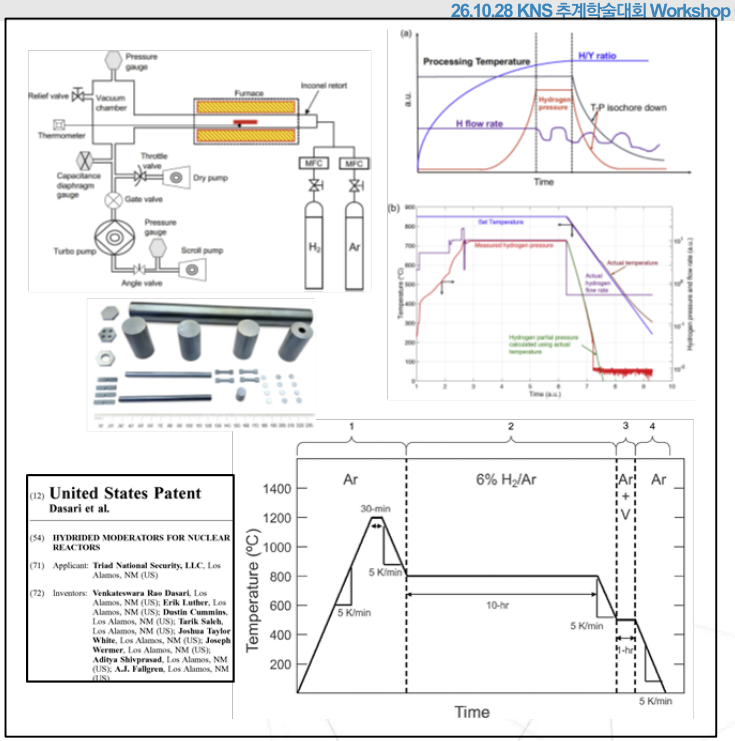

〈Manufacturing process of metal hydride components〉

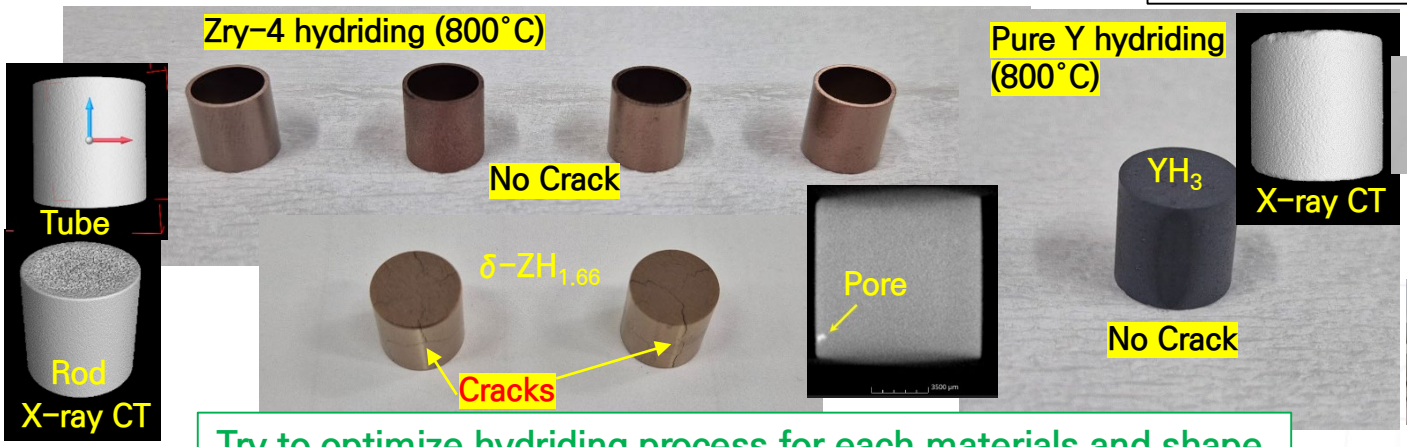
# 노심구조물 제조기술 – 금속 수소화물 감속재

- Hydride Moderator Fabrication
  1) Bulk material => Gaseous hydriding
     - 가장 보편적인 방법 (LANL, ORNL etc.)
     - 초고진공/고온 조건($10^{-7\sim8}$ torr, >800 °C)에서 고순도 수소를 장입



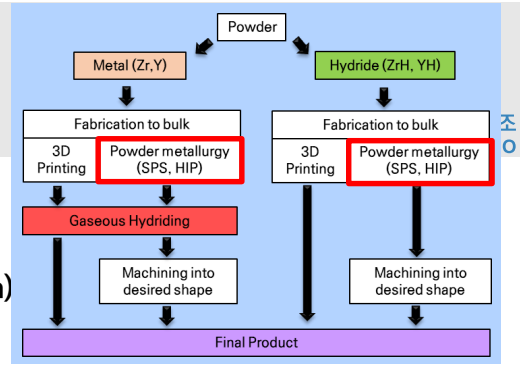



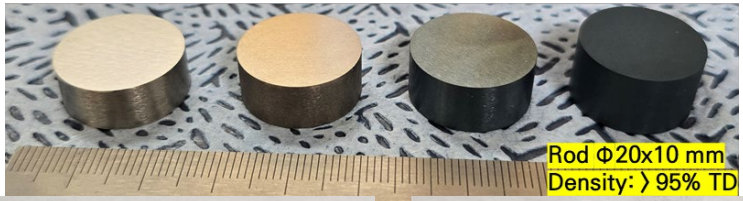

Try to optimize hydriding process for each materials and shape (Cooling rate, Pressure control)

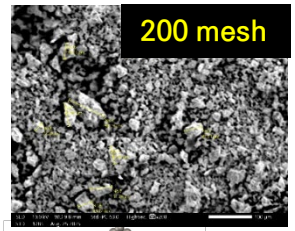
# 노심구조물 제조기술 – 금속 수소화물 감속재

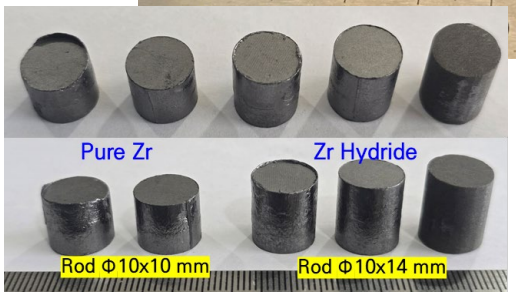


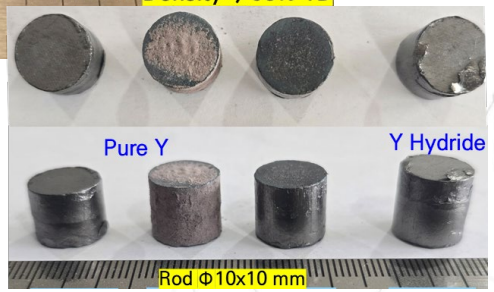

- Hydride Moderator Fabrication
  - 2) Powder: Metal (Zr, Y) or Metal hydride ($ZrH_2$, $YH_3$) crushed powder (100/200 mesh)
    - 2-1) Powder metallurgy: SPS
      - 이론 밀도의 약 95% 이상, 단일 상 형성 확인 => Scale-up testing 진행중

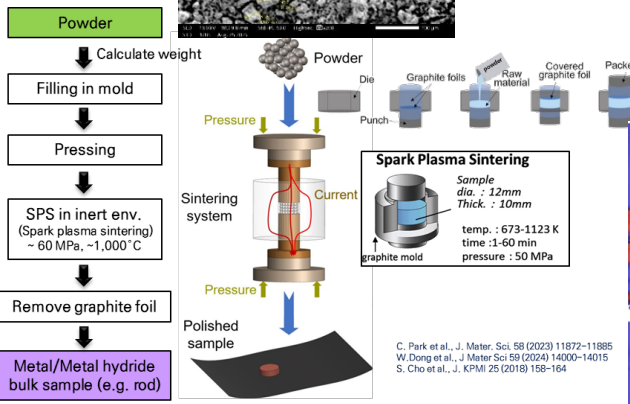
| Materials | mesh | Spec. | | SEM analysis (except fine powder) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Av Particle size (μm) | Max Particle size (μm) | Av. (μm) | Max | Min |
| Zr / $ZrH_2$ (99.9%, industrial grade) | 100 | 60±5 | 150 | 60.85 | 104.70 | 41.79 |
| | 200 | 32±4 | 75 | 44.42 | 88.19 | 22.20 |
| | 325 | 22±3 | 45 | - | - | - |



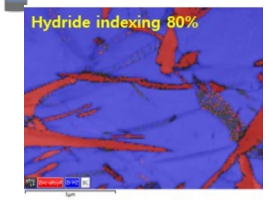



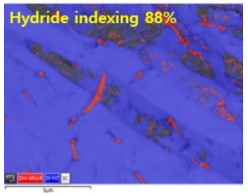



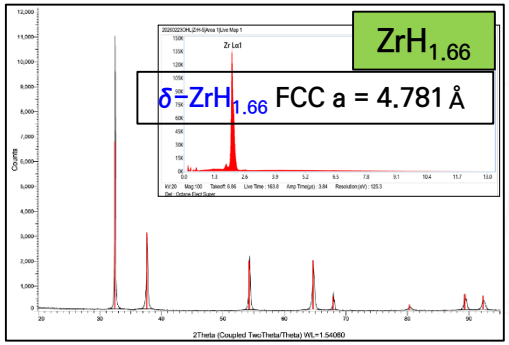




C. Park et al., J. Mater. Sci. 58 (2023) 11872–11885
W.Dong et al., J Mater Sci 59 (2024) 14000–14015
S. Cho et al., J. KPMI 25 (2018) 158–164

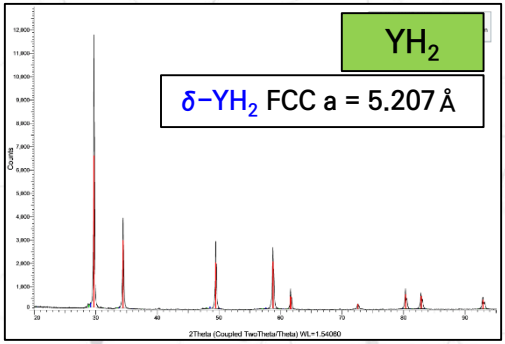


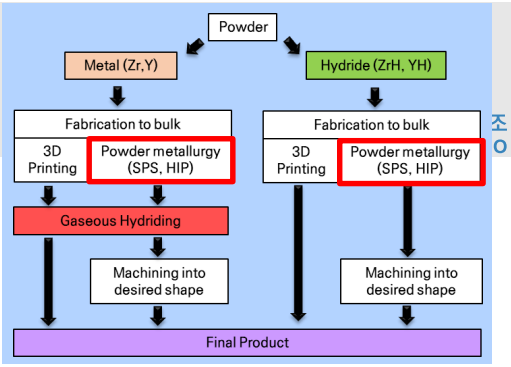

SNU 분석 EBSD
(H: 1.38 wt%)



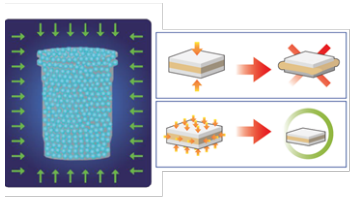

H: 1.38~1.86 wt%



# 노심구조물 제조 – 금속 수소화물 감속재

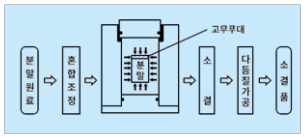


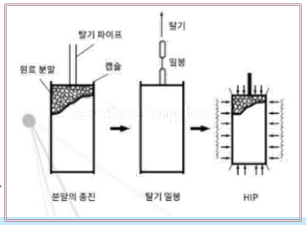

- Hydride Moderator Fabrication
  - 2) Powder: Metal hydride ($ZrH_2$, $YH_3$) crushed powder
    - 2-1) Powder metallurgy: Isostatic Pressing
      - CIP/WIP: 이론 밀도의 약 95% 이상, 단일 상 형성 확인 => 추가 탈수소화 공정 필요
      - HIP : 탈 수소화 공정을 포함한 제조공정 수립 (Canning 완료)



**Isostatic Pressing (정수압)**

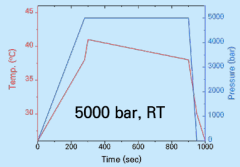
| | Temp (°C) | Pressure (bar) | Time | Note |
|---|---|---|---|---|
| CIP (Cold) | RT | ~5,000 | 5~30 min | Al pouch /Urethane |
| WIP (Warm) | ~150 | ~5,000 | | |
| HIP (Hot) | ~1,500 | ~2,000 | 8~24 hr | Canning |

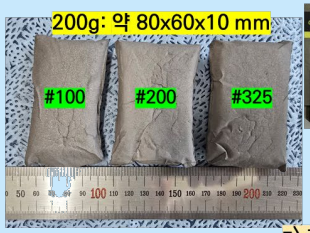


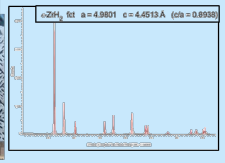

## CIP/WIP

CIP 제조품



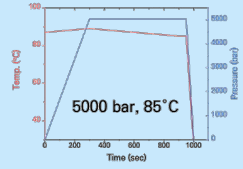



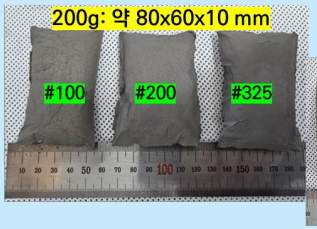


=> 추가 열처리(수소분해)를 통해 δ-$ZrH_{1.66}$ 확보가능

WIP 제조품



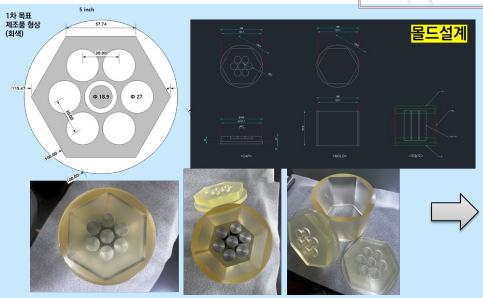



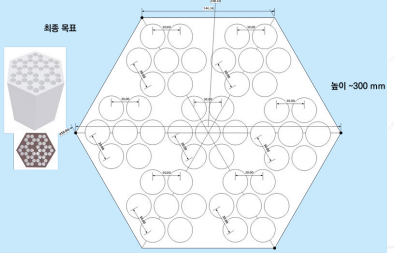






=> 분말 입도의 영향 큼
=> CIP/WIP의 차이는 크지 않음




## HIP

AIP10-30H (American Isostatic Presses 社)
- 1500°C, 2000 bar (200 MPa) ,Φ 150x300 mm
- Heating 20°C /min, Cooling 30°C /min

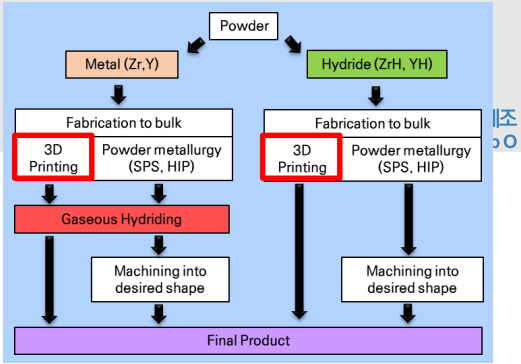




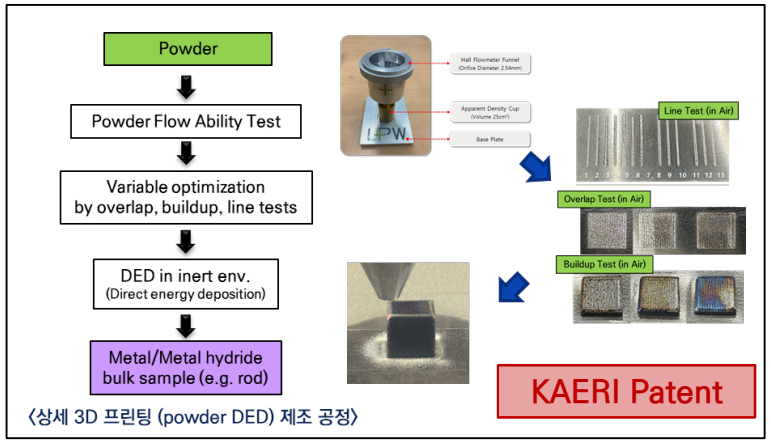
추후 대형&복잡 형상 부품 제조 가능



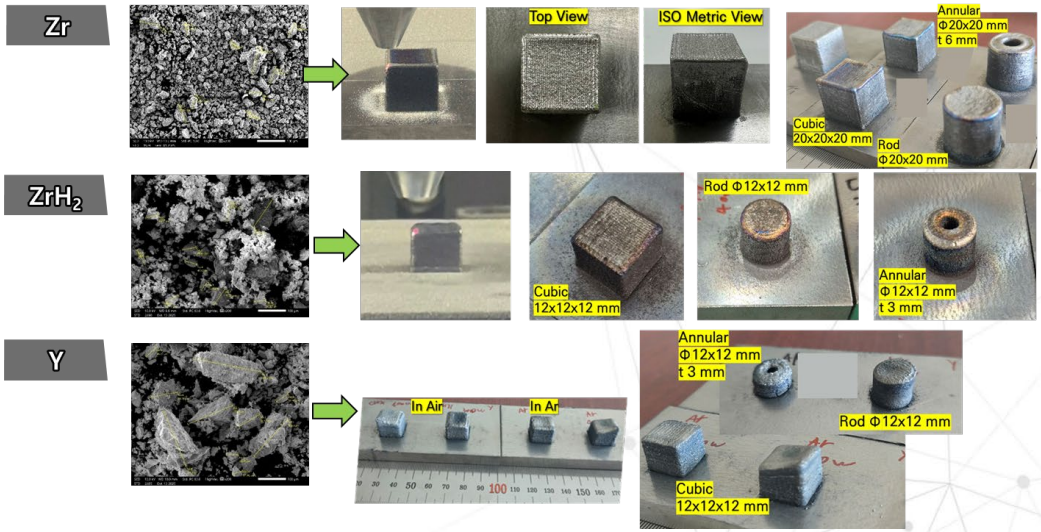
# 노심구조물 제조기술 – 금속 수소화물 감속재




- Hydride Moderator Fabrication
  - 2) Powder: Metal (Zr, Y) or Metal hydride ($ZrH_2$, $YH_{2\sim3}$) crushed powder
    - 2-2) 적층제조 Additive manufacturing – DED (AM, 3D printing)
      - 모든 물질에 대해 다양한 형태로 성공적으로 제작 (Cubic, Rod, Annular)
      - 밀도, 조성, 상분석(XRD, SEM-EBSD) 등 확인 완료 => 수소 분해 확인 (추가 수소장입 필요)



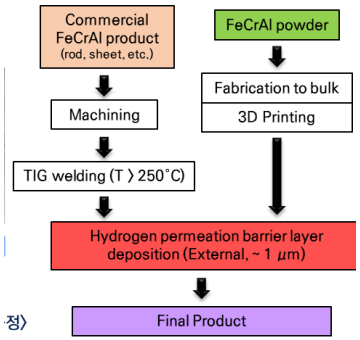
〈상세 3D 프린팅 (powder DED) 제조 공정〉

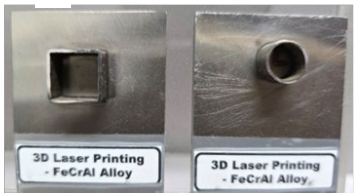


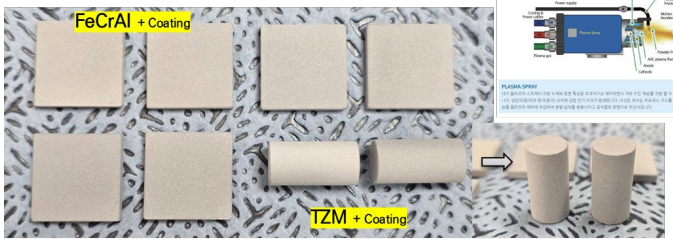
# 노심구조물 제조 – Cladding & Hydride for shield

- Cladding
  - FeCrAl (TZM) alloy + coating
    - 세라믹 부품의 파손, 열 사이클, 구배 및 팽창에 의한 응력 및 변형 수용하여 형상/제원유지
    - 히트파이프 연결을 위한 소재로 활용
    - FeCrAl (GE, ORNL), TZM (LANL, ANL), SiC (ORNL), SS316 (ORNL)
    - 고온 크리프 특성이 우수한 소재 필요 (FeCrAl, TZM)
    - 적층제조 혹은 상용품 용접 적용
    - 감속재 소재의 고온에서의 수소 방출 방지 필요
      => 수소 투과 방지 코팅 적용

- Shield (LiH)
  - 높은 수소 밀도, 차폐 성능 우수, 초경량 (0.775 g/ml)
  - 미국 (GE-ANP, SNAP, SP-100), 소련 (TOPAZ-I) 등 다양한 우주 원자력 프로그램에 채택
  - 낮은 수소 분해 압력 (~20 torr at $T_m$=686˚C)
  - 조사 Swelling ~약 25% 까지 팽창 => 균열, 파손, 분말화
  - 제조방법: Cold/Hot pressing , Melting & Casting (주조)
    - Outgassing : 내부 LiOH 나 수분 등 가스제거 필요
  - CIP (Cold Isostatic Pressing)*를 통한 시험제조
    - 1000~2000 bar (실온), < 10 min



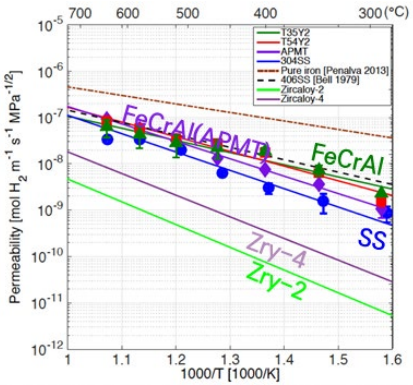
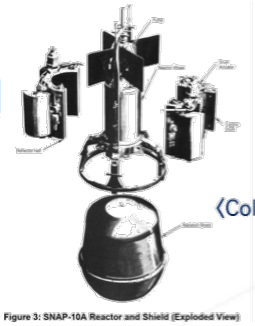



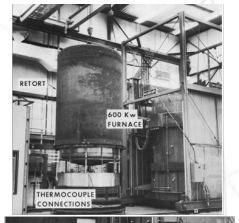

Figure 6. Arrhenius plot of the hydrogen permeability for T35Y1, T54Y2, APMT, 304SS, 406SS, Zircaloy-2, Zircaloy-4, and pure iron over a temperature range from 350 to 650°C [20].

Table 1: Hydrogen permeability of various materials at 500 °C

| Material | Permeability ($m^{-1} s^{-1} Pa^{-0.5}$) measured for 100 % density | Application process |
|---|---|---|
| Iron | $1.8 \times 10^{-10}$ | Substrate (structural material) |
| Ni | $1.2 \times 10^{-10}$ | PVD, electrochemical processes |
| Ferritic Steels | $3 \times 10^{-11}$ | Barrier for Tritium (plasma spray, cold spray) |
| Inconel 600 | $2.8 \times 10^{-11}$ | (Plasma spray, cold spray) |
| Austenitic Steels | $0.7\text{-}1.2 \times 10^{-11}$ | (Plasma spray, cold spray) |
| Molybdenum | $1.2 \times 10^{-12}$ | PVD, CVD |
| Titanium carbide | ~1 to $8 \times 10^{-13}$ | External PVD coating |
| Tungsten | $4.3 \times 10^{-13}$ | PVD, CVD |
| Titanium carbide/Titanium nitride layered | ~ $7 \times 10^{-14}$ | External PVD coating |
| Aluminum oxide | ~$9 \times 10^{-17}$ | Plasma spray, CVD, Vacuum arc method |
| Beta-SiC | ~ $1 \times 10^{-20}$ | CVD |




〈Cold pressing LiH〉




〈Al Nuclear Field Laboratory에서 주조한 대형 LiH〉



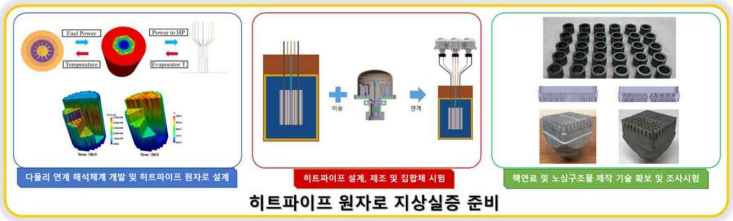
# 요약

## 히트파이프 원자로 실물 구현을 위한 다양한 노심구조물(+핵연료) 제조기술 개발

- 감속재, 피복재, 차폐재: 상용 경수로에서 사용하지 않는 새로운 소재
- 적층제조 및 분말야금과 같은 AM (Advanced Manufacturing) 기술 적용
- 향후 조사시험을 통한 물성자료 구축 예정

## 활용방안 및 기대효과

- 초소형 원자로 선행기술 개발을 통한 기술력 확보 => 실증 신속화
- 달기지 국제협력 프로그램 참여 및 달탐사용 에너지 자립
- 오지/극지 또는 국방을 위한 지상용 초소형원자로 개발에 활용 가능



히트파이프 원자로 지상실증 준비

| 최종목표 | 극한환경용 히트파이프 원자력 전원공급 시스템 기술 개발에 필요한 핵연료 및 노심구조물 제조 기술 개발

### 1단계 (25~27)

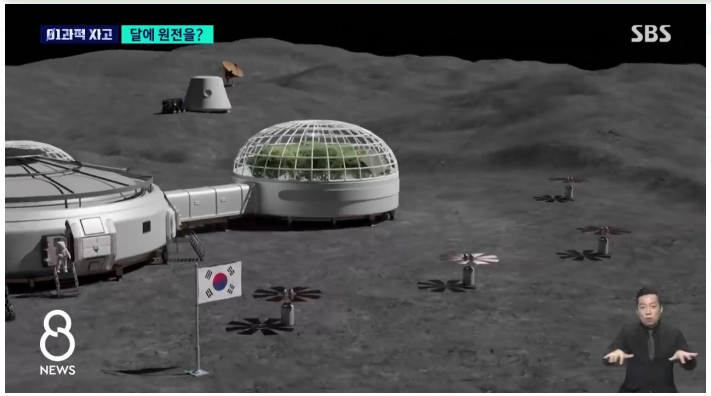
핵연료 및 노심구조물 제조 핵심기술 확보

- 핵연료 및 노심구조물 소재별 제조요건 설계 및 공정 기술 개발
- 핵연료 제조 최적화 기술 개발
- 핵연료 시작품 제조 및 안전성 평가
- 노심구조물 제조 기술 개발 및 시제품 제작
- 노심구조물 실증용 부품제조 및 물성 평가
- 노심구조물-히트파이프의 조립 기술 확보

### 2단계 (28~29)

핵연료 및 노심구조물 조사시험 및 고온 거동 평가

- 핵연료 및 노심구조물 부품 노내 조사시험
- 핵연료 및 노심구조물 부품 조사후 평가 및 초소형 원자로 적용성 검증
- 핵연료 및 노심구조물 설계기반 고온거동 평가 및 안정성 분석
- 핵연료 및 노심구조물 실증용 고온 열화 특성, 강도 등 주변 소재와의 양립성 평가 및 성능자료 구축



# Thank you for your attention

jongd@kaeri.re.kr



ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (Ministry of Science and ICT) (No. RS-RS-2025-02222915)