

日原研, 高温工学試験爐 設置申請

日本原子力研究所는 高温工学試験研究爐(HTR, 열출력 3만kW)의 설치허가를 과학기술청에 신청하였다. 同爐는 핵열이용분야의 확대 등 高温가스爐技術의 基盤確立을 고도화하기 위한 시험연구를 수행함과 동시에 高温에 관한 첨단적 기초연구를 추진하는 것이 목적이다. 이 爐는 日原研 大洗研究所內 材料試驗爐(JMTR)의 남쪽에 건설될 예정인데, 1995년 임계를 목표로 하고 있다.

고온가스로는 연료로 피복연료입자를 사용하므로 핵분열생성물(FP)의 보존능력이 높은 것을 비롯해, 감속재와 노심 구조재에 흑연재료를 사용하고 있으며, 노심의 열용량이 커서 비상시의 노심온도변화가 완만하다. 그리고 원자로냉각재로 화학적으로 불활성인 헬륨가스를 사용하기 때문에 방사화되기 어려운 점 등 안전성이 높은 것이 특징이다.

일본 이외에도 미국, 서독 등에서 적극적으로 개발이 추진되고 있으며, 현재 포트·센트·브레인爐(美國, 전기출력 33만kW), THTR-300(서독, 전기출력 30만kW)이 운전중이다.

日原研이 건설하는 고온공학시험연구로는 원자로출구 냉각재온도가 950℃(고온시험운전시)로 세계최고이며, 고온가스生成爐心, 고온가스를 원자로 밖으로 인출하거나, 또는 핵열이용플랜트의 개발과 원자로와의 접속 등 고온가스로서의 기술적 과제해결을 목표로 하고 있다.

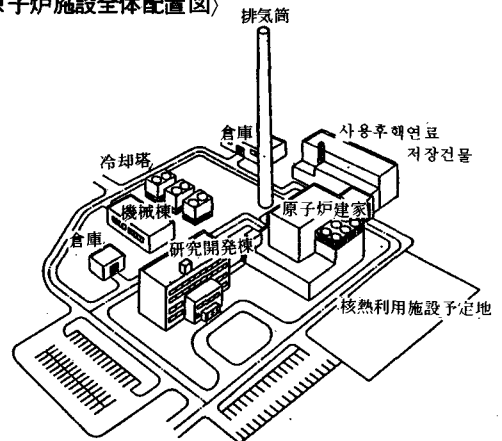
특히, 핵열이용플랜트의 개발에 대해서는 사이트내에 핵열이용시설을 예정한 부지를 마련하

고 있으며, 日原研에서는 「同爐에서의 고온을 이용한 수소제조 시험적 파일럿플랜트의 설치 등도 고려하고 있다」고 한다.

또 해외의 고온가스로서와 비교해 출구온도가 200℃ 정도 상승해 있는데, 이것은 흑연과 耐熱合金의 개발이 포인트로 되어 있다.

구체적으로는 흑연재료로 고온에서도 강도가

〈原子炉施設全体配置圖〉





▲ 日本 材料試驗爐 (JMTR) 전경.

높은 IG 110을 채택하고, 높은 내열성이 요구되는 중간열교환기 등에는 니켈, 철, 텅스텐이 주성분인 합금 「하스테로이 XR」을 개발하여 사용하게 된다.

이밖에 고온에서 大型試料의 照射로서 고온가스관련(고성능연료, 흑연재료, 내열재료 등), 재료관련(세라믹스, 복합재료, 고온분위기하 照射中 크립측정 등), 핵융합관련(트리튬생성시험) 등의 시험이 예정되어 있다.

동로는 과기청의 안전심사가 약 1년걸리기 때문에 당초의 예정보다 1년 늦어져 내년도 말에 착공, 임계는 1995년도를 예정하고 있으며, 건설비는 약 800억엔으로 추산하고 있다.

그리고 이번 신청과 병행해서 茨城縣廳과 大洗町에 대해 원자력안전협정에 의거하여 新增設計劃書가 제출되었다.

高温工學試驗研究爐의 概要

1987년 6월에 개정된 일본 원자력위원회의 「원자력개발이용계획」에서 원자력 미개척 분야에서의 전개를 도모하는 관점에서 고온공학시험

연구의 중요성이 인식되어 고온공학시험연구로의 건설이 제안되었다.

高温工學試驗研究爐의 位置設定

고온공학시험연구로는 원자로의 안전성을 확보하면서 경제성의 향상, 핵열이용분야의 확대 등 원자력개발에 있어서 중요과제의 해결에 기여하기 위해 고온가스로그술의 기반확립 및 고

〈照射試驗의 概要〉

照射領域	試料最大크기 (cm)	照射溫度 (°C)	照射試驗의 內容
中央 鉛 筒	1 블록 (平徑36×높이58)	400~1,100	燃料破損限界照射, 材料照射
試驗 燃料 可動反射體A	直徑30×높이 50	400~1,100	燃料照射
	直徑12×높이 50	400~ 800	토륨회수(連續회수)
	直徑12×높이 50	400~ 800	材料照射/照射 크리프, 燃料健全照射
可動反射體B	直徑12×높이 50	400~ 800	토륨회수(피치 회수), 材料照射
固定 反射體	直徑12×높이 900	400~ 600	材料照射

最大熱中子束: $7 \times 10^{17} \text{ n/m}^2 \cdot \text{s}$, 最大高速中子束: $2 \times 10^{17} \text{ n/m}^2 \cdot \text{s}$

도화의 도모와 재료과학기술, 고온헬륨가스기술, 수소제조기술 등의 분야에서 장래 기술혁신의 계기가 되는 각종 신기술의 창출에 공헌하는 것 등이 목적이다.

피복연료입자를 사용한 흑연감속·헬륨가스 냉각로로 열출력은 3만kW이다.

원자로출구 냉각재 온도는 정격운전시에는 850℃, 고온시험운전시에는 950℃이다.

또 건설예정지는 日原研 大洗연구소의 부지내에 JMTR(재료시험로)의 남쪽이다.

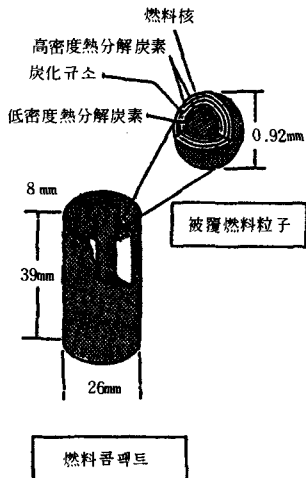
原子爐 및 爐心

원자로는 원자로압력용기, 연료체, 반사체, 노내구조물, 제어봉, 照射설비 등으로 구성된다.

노심은 6角柱狀 연료체와 제어봉안내블록을 거의 円柱狀으로 쌓아올린 구성으로 되어 있으며, 半徑방향과 軸방향과 모두 반사체로 둘러싸여 있다.

燃料體

연료체는 핀·인·블록형이며, 그림과 같이 피복연료입자를 흑연분말로 분산하여 燒結한 연료컴팩트를 흑연제인 슬리브에 넣은 연료봉을 흑연블록 속의 구멍에 삽입한 것이다.



피복연료입자는 핵분열생성물의 보존능력이 높다.

反應度制御設備

원자로의 반응도제어는 제어봉의 위치를 조정하는데 따라 조절된다.

만일 제어봉 삽입불능의 경우에는 탄화보론과 흑연을 燒結한 펠렛을 後備停止素子落下孔에 낙하삽입함으로써 원자로를 안전하고 확실하게 정지시킨다.

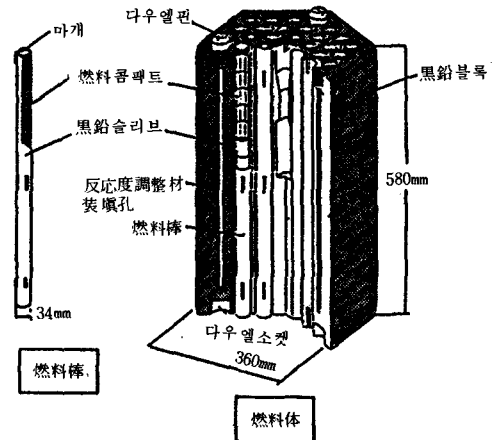
冷却系統

원자로 냉각계통은 주냉각계통, 보조냉각계통 및 노용기냉각계통으로 구성된다.

통상운전시에 노심에서 발생하는 열은 주냉각계통의 중간열교환기 및 가압수냉각기에 의해 외계에 운반되며, 마지막에는 공기냉각기를 통해 대기에 방출된다.

앞으로 핵열이용의 시험장치를 중간열교환기의 2차측에 접속시킬 계획이다.

보조냉각계통은 주냉각계통의 순환기 고장 등의 경우에, 또 노용기냉각계통은 주냉각계통의 배관파손 등에 의해 냉각재의 순환회로를 형성할 수 없을 경우에 원자로의 잔류열을 제거하기 위해 사용된다.



照射機能

동 원자로의 큰 특징은 고온의 분위기에서 大型試料의 照射를 할 수 있다는 점이다.

이 뛰어난 조사기능을 이용하여 표와 같은 시험을 계획하고 있으며, 첨단적인 기초연구에 기여할 수 있다.

또 고온가스로의 기술적 과제해결로서는 고온 가스생성로심, 고온가스의 원자로 밖으로의 인출, 더 나아가서는 핵열이용플랜트의 개발과 원자로와의 접속 등이 있다.

이밖에 핵열이용분야의 확대와 열효율의 향상(발전만으로 40% 이상, 熱電供給利用으로 70~80%) 등이 있다.

다음으로 높은 고유안전성의 실증과 일본 최초의 고온가스로 운전경험으로서는 안전성 실증 시험에 의한 고온가스로의 사고시 안전성의 확인 및 용이한 운전·보수, 낮은 중염원피폭, 적은 방사성폐기물 등을 운전에 의해 확인할 수 있다.

또 고온에서 대형시료의 조사(~1,000°C, 직경 30cm×길이 3m)로서 고온가스로관련(고성능 연료, 흑연재료, 내열재료 등), 재료관련(세라믹스, 복합재료, 고온분위기하 조사중 크립측정 등), 핵융합관련(트리튬생성시험) 등이 계획되어 있다.

〈高温工学試験研究炉의 基本仕様〉

項 目	仕 様
原子炉熱出力	3萬kW
冷却材	헬륨가스
原子炉入口 / 出口冷却材温度	395/850°C ~ 950°C (定格運転時) (高温試験運転時)
一次冷却材压力	40気圧
炉心構造材	黒鉛
炉心有効높이	2.9m
炉心等価直径	2.3m
出力密度	2.5MW / m ³
燃料	二酸化우라늄, 被覆粒子 / 黒鉛分散型
우라늄濃縮度	3~10% (平均 6%)
燃料体形式	블록형
原子炉压力容器	鋼製(21 / 4 Cr - 1 Mo鋼)
主冷却回路数	1 루프(中間熱交換機 및 加圧水冷却器)

海外에서의 高温가스爐 開發現況과 計劃

고온가스로의 개발은 미국 및 서독에 의해 적극적으로 추진되고 있으며, 현재 발전용 원형로인 미국의 포트·센트·브레인爐(전기출력 33만kW) 및 서독의 THTR-300(전기출력 30만kW)이 운전중이다.

또 소련과 중국도 독자적으로 또는 타국과 협력하여 고온가스로의 건설을 계획하고 있다.

〈主要한 高温가스爐開發現況과 計劃〉

原子炉名(国名)	利用目的(出力)	出口温度(°C)	1960	65	70	75	80	85	90	95	2000
高温工学試験研究所 (HTTR: 日本)	先端的試驗研究炉 (熱出力 3萬kw)	950							▽	○	
포트·센트·브레인爐 (美 国)	發電用實驗炉 (電氣出力 33萬kw)	782			○	▽					
THTR-300 (西 独)	發電用原型炉 (電氣出力 30萬kw)	750			○	▽					
AVR (西 独)	發電用實驗炉 (電氣出力 1.5萬kw)	950 (단, 炉 밖으로 꺼내지 않는다)	▽	○					▲		
計 劃 中	MHTGR (美 国)	中小規模發電用實用炉 (電氣出力 14萬kw)							▽	○	
	HTR-500 (西 独)	熱電供給實用炉 (電氣出力 55萬kw)							▽	○	
	HTR-테스트모듈 (中 国)	試 驗 炉 (熱出力 1萬kw)							▽	○	
	VTR-M (소 련)	試 驗 炉 (熱出力 20萬kw)							▽	○	