

특 집

多目的研究用原子爐

5

利用分野 및 利用計劃



김 헌 준

한국원자력연구소 원자로관리부장

다목적연구로는 기초 및 응용 과학에서 농, 공, 의학 등 산업분야에 이르기까지 광범위한 연구개발을 위한 설비이다. 그러나 여기서는 현재 건조중인 다목적연구로에서 준비중에 있는 중성자원(中性子源)으로서의 이용설비를 중심으로 기술하고, 노물리, 노화학, 노공학 등 원자로기술 개발과 직접 관련된 이용분야는 다음 기회로 미루고저 한다.

중성자원으로서의 이용은 다시 두 분야, 즉 노심 중성자조사(照

射)를 이용하는 분야와, 실험공을 통해서 중성자를 도출해 냄으로써 원자로주변에서 수행하는 중성자, 빔 이용 분야로 크게 나눌 수 있으며, 현재 중요 이용분야로서 노심 중성자조사에서는 조사 시험, 동위원소생산, 실리콘반도체 도핑 및 방사화분석 등을, 그리고 중성자빔 이용에서는 중성자빔 실험에 의한 물성물리 및 재료물성연구, 중성자 투과검사 그리고 극저온 조사시험에 대한 준비 또는 계획을 진행중에 있다.

노내 조사시험

노내 조사시험은 Capsule 및 Fuel Test Loop 등을 노심 및 반사체 영역의 수직 조사공에 설치하여 핵연료 및 핵재료 개발에 요청되는 여러가지 노내실증시험 계획을 추진중에 있다.

원자력 신소재 개발과제와 관련하여 무게장 및 계장 Capsule 들을 원자로 노심 CT 및 IR 조사공에 설치하여 DU 합금, Zr-NB 합금, 인코넬 합금, 스텐레스강 및 정밀요업재료 개발을 위하여 활용할 예정이다. Capsule의 설계 제작을 위한 경험 및 기술 축적을 위하여 먼저 1단계로 1994년 말까지 무게장 Capsule을 설계, 제작하여 간단한 핵재료의 조사시험을 수행하고, 이를 토대로 2단계로 계장 Capsule을 설치하여 핵 개발을 위한 충격시험, 인장시험, Creep시험, 산화 부식시험 및 응력 부식 균열 시험 등을 수행할 계획이다.

핵연료 개발과 관련한 노내조사시험을 위하여 1996년 말까지 원자로 반사체 영역에 있는 「LH」 조사공에 그림 1, 2와 같은 정상상태 Fuel Test Loop의 설치를 추진중에 있다. 이 설비는 Canflex 핵연료 개발 등 1997년부터 핵연료 성능해석용 DATA 생산을 위한 노내조사시험 및 전산 Code Verification Data 생산을 위한 노내 조사시험에 활용할

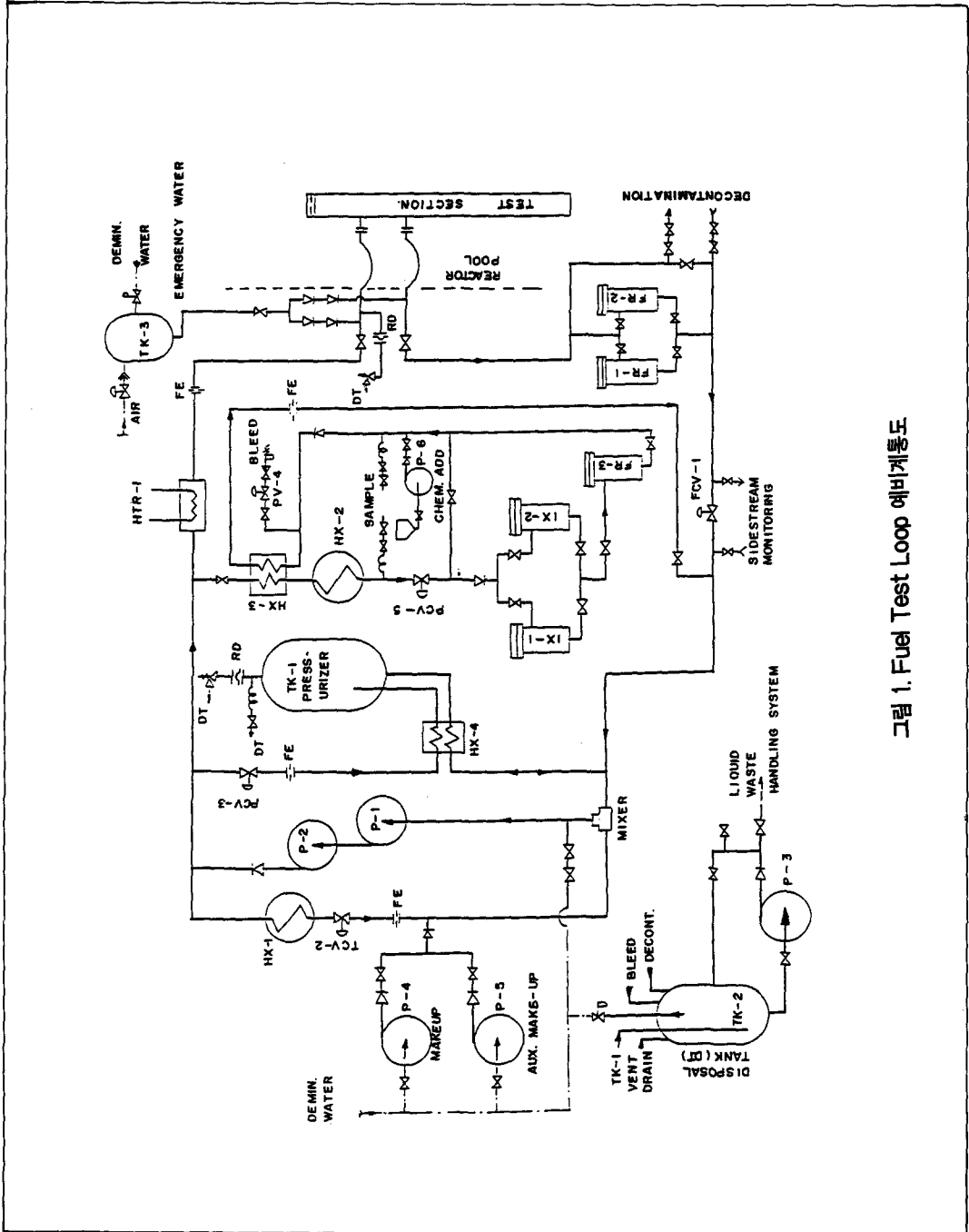


그림 1. Fuel Test Loop 예비계통도

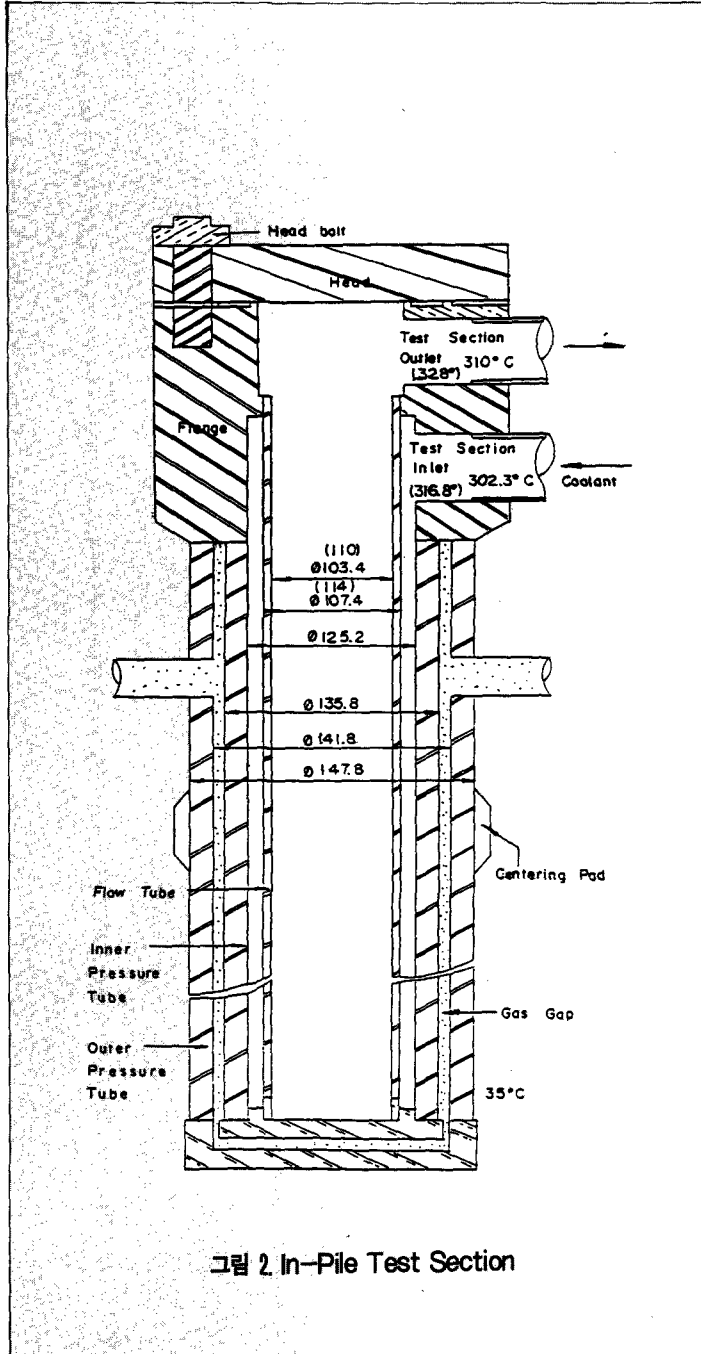


그림 2 In-Pile Test Section

예정이며, DUPIC 핵연료 개발 과제와 관련하여 핵연료 다발 성능검증을 위한 노내조사시험이 수행될 예정이다. 또한 미래형 핵연료 개발 과제에서는 시험핵연료 설계 및 노내조사 시험과 핵연료 조사시험이 2000년경에 수행될 예정이다. 이러한 설비는 Capsule과는 달리 상용발전소와 유사한 열수력 및 수질조건에서 운전되며 노내시험부(In-Pile Test Section) 및 노외시험부(Out of Pile Section)로 구성되어 있고, 운전중 열수력 조건 및 냉각수의 화학조건을 변경할 수 있어, 핵연료의 연소도 시험과 성능시험 및 냉각수의 화학적 특성에 대한 피복재 부식 시험등이 수행될 수 있다. 그림 1은 정상상태 Fuel Test Loop의 예비 계통도이다.

그리고 핵연료봉의 건전성 및 안전성 시험을 위한 핵연료 파손 시험과 출력급증 및 주기시험(Power Ramping & Cycling Test)용 과도상태 Fuel Test Loop를 KMRR의 조사공에 설치하기 위해 1997년부터 핵연료 조사시험설비의 2단계 사업으로 수행할 계획이다.

동위원소 개발, 생산

현황

RI이용은 타 방법보다 월등히 정확한 진단정보를 얻을 수 있으며 악성질환 치료에 효과도 비교

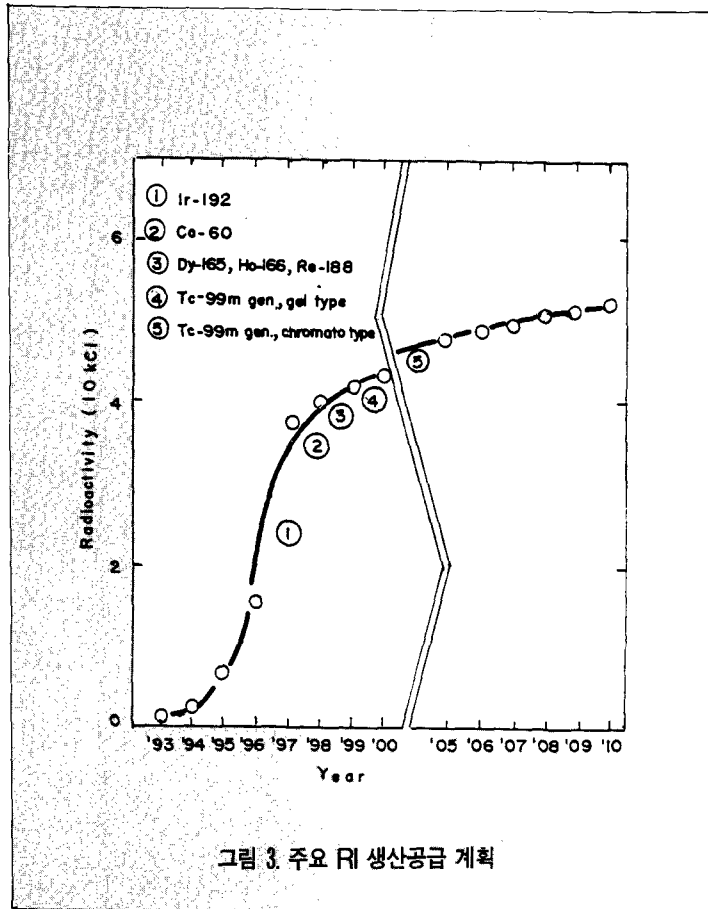


그림 3. 주요 RI 생산공급 계획

있다. 또한 새로운 안전기준에 따라 건조중인 RI시설 (표 1)을 국내에서 필요로 하는 RI의 증산공급에 최대한 이용함으로써 우리나라 과학기술 및 생산성 향상에 기여토록 해야 한다.

장기적으로는 RI관련 방사화학적 연구를 강화하는 방향으로 연구개발 하되 이를 단계화 하여 추진할 필요가 있다. 제1단계에서는 그동안 소형 원자로에서 생산이 어려웠던 고비방사능 RI 선원

과 국내 주요 다수요 RI 생산방법 개량개발, RI 생산용 시설 장비 개발, 전이원소 RI의 (n,γ) 반응에 의한 생산 및 그 표지화합물 개발 등을 추진하고, 제2단계에서는 고비방사능 RI 선원의 고준위 생산, 선원제조공정의 반자동 원격조작기술, 신종 표지화합물, Tc-99m 발생기 등을 개발한다. 이들 2단계까지의 결과를 바탕으로 국내 RI 수요의 상당부분을 국산화한다.

제3단계에서는 핵분열생성물로 부터 유용한 RI 분리기술을 개발하며 (표 2), 장기적으로는 다수요 RI의 개발에만 주력하지 않고 각종 핵반응연구, 방사화학적 분리연구, 초우란원소화학, 군분리 기술 등 기초 및 응용연구를 폭넓게 추진한다.

한편, RI 생산공급이 순조로우려면 기본적으로 KMRR이 정상 가동되어야 하며 그 밖에 연구개발비와 인력이 투입되어 고부가가치 RI 품목이 개발되고 이를 건설할 판매망을 통해 지속적으로 공급할 수 있어야 한다. 그리고 최소 1개의 예비연구로(보조로)가 있어서 KMRR의 연례점검기간 등 가동중단 기간에는 예비연구로가 가동되어야 RI 생산공급의 중단을 피할 수 있어 RI 사업이 신장될 수가 있다.

현재의 여건으로 보아 RI 생산공급은 경제성 추구보다 RI 이용 조성, 타분야에 미치는 연계효과 등을 고려, 국산화율 제고를 위한 기본 목표가 달성될 수 있도록 일정규모 성장단계까지는 정책적으로 육성 되도록 한다(그림 3). 그리고 RI 생산기술이 고도로 개발되었다 하더라도 대량보급을 위한 방안이 강구되지 않는 한 무의미 하므로 발전적인 판매체제를 개발, 그 체제에 따라 수행하여야 한다.

여러 분야에서 이용되는 RI는 그 이용 기술도 다양할 뿐 아니라 고가의 이용시설 장비, 이용안

전 등에서 전문지식과 경험을 필요로 하며 또한 그 조달도 중요하므로 이용현장에서의 RI 구득, 이용기술 등의 애로를 해결하기 위한 산·학·연 협력체제를 구축하고 국가 대형 연구시설을 이용하는 RI 생산공급이 RI 이용기술개발의 중심점이 되도록 한다.

중성자방사화분석

개요

원자로 이용분야중 중성자 방사화분석 기술 (Neutron Activation Analysis, NAA)은 고감도의 비파괴 동시다원소 분석법이다. 현재 각종 시료나 재료의 미량원소 분석법으로서 여러가지 화학적 기기분석법이 이용되고 있으나 고유의 문제점들이 있어 이러한 단점을 보완하거나 더 나은 강력한 방법의 필요성이 제기되고 있는데 이를 뒷받침할 수 있는 방법이 중성자 방사화분석 기술이다. 방사화 분석기술은 특히 극미량 원소분석을 위한 중성자 조사, 방사능 계측기술의 연구개발과 대내외적 일상 분석지원으로 나뉘게 되며 기반기술의 개발 및 시설의 운영/관리는 한국원자력연구소가 그 역할을 전담하고, 이용분야의 확대와 효과적인 시설이용을 위해서 산·학·연 협동연구 활동을 적극 추진하여 기초연구 개발 및 응용연구에 걸쳐 광범위한 활용성을 갖는 분야로 정립시켜 나갈 것이다. 또한

표 3. 중성자 방사화 분석 기술의 응용 분야

이용 분야	이용목적	분석예
핵공학	핵연료 및 핵재료의 극미량 불순성분 원소 분석, 품질관리 및 보증	UO ₂ , U ₂ O ₅ , Aluminum, Copper Alloy, Zircaloy, Graphite, Boron Compound, Glass, Metals, Cooling Water, Stainless Steel, etc.
의, 약학 및 생물학	임상 및 대사역학 연구	생체조직, 혈청, 뼈, 모발 등
	동식물의 특정 성분 원소분석	어패류, 과수 및 채소, 인삼, 가공 식품 등
환경공학	의약품의 품질관리	일반 의약 및 농약 등
	대기환경연구	Fly Ash, 대기분진, 황사 등
	수질 환경 연구	지하수, 빗물, 강물, 상하수, 해수, 산업 폐수 등
재료과학	유해 중금속원소 분석	Cr, Cd, Hg, V, Zn, Sb, As 등
	각종 신소재 및 첨단재료의 품질관리 및 보증을 위한 극미량 분석	반도체, 귀금속 및 각종 고순도 물질, 전기, 전자 통신재료 등
지질학 및 천문, 우주과학	지질조사 및 광물탐사	암석, 토양, 광석, 지하수 등
법과학	성분원소 분석, 연대 측정	화석 및 월석, 운석 등
	범죄 수사용 시료의 동위원소 식별	모발, 페인트, 유리, 마약, 토양, 총탄류 및 화약, 뇌관 등
고고학	역사적 유물의 성분분석 및 역학 연구	도자기, 주화, 서화, 대리석 등 각종 유물
산업공학	품질 및 설비 공정연구	순도, Radioactive Tracer 이용
	비파괴 검사	각종기기, 아스팔트, 건물벽 등

RCA/IAEA Project 인 지역 및 국가간의 원자력을 이용한 분석 기술(Nuclear Analytical techniques, NAT)의 이용과 국제협력 공동 연구/사업도 추진되고 있다. 본 분야는 95년 이후에 본격적으로 가동 예정인 한국원자력연구소의 다목적 연구로의 이용/운영 계획(안)에서도 표명했듯이

연구로의 이용자 현황이 국내,외를 막론하므로, 그 이용 분야도 확대될 계획으로 있다. 연구로 이용시설은 연구소의 연구 중심일 뿐만 아니라 국가의 기간연구시설이기 때문에 효율적으로 운영하여야 하며 범국가적으로 적극 활용될 수 있도록 최대한 노력할 책임과 의무가 있다고 본다. 따라

표 4. 다목적연구로 내 방사화 분석용 기송관 조사장치

조사공	중성자속(n/ cm ² s)	
	Fast(>0.82MeV)	Thermal(<0.025eV)
NAA 1(Manual T)	2.4×10 ¹⁰	3.9×10 ¹³
NAA 2(Automatic T)	2.5×10 ¹¹	9.4×10 ¹³
NAA 3(Cd lined T)	1.3×10 ¹²	1.6×10 ¹⁴

표 5. 중성자 방사화 분석 기술의 응용 분야

— 목표 저항률 정밀도	: ±5%
— 저항률 변동률	: ±3%(경방향), ±5%(축방향)
— 구동/ 제어방식	: ○정위치법/ 등속이동법 : 자동방식 ○실리콘 교체 : 수동방식
— 조사용량	: 10ton/ yr

서 대내외적으로 이용할 수 있도록 문호를 개방하고 효과적인 홍보와 지원을 통해 관련 연구/지원 사업을 활성화시켜 나갈 것이다. 현재 성분원소 분석, 방사성핵종 분석, 방사능계측 등 방사화분석 지원 사업은 다목적 연구로 완공 후의 본격적인 연구/사업을 위해 관련 이용분야의 이용자(End User)를 위한 창구로 개설되어 추진되고 있다.

이용 분야

중성자 방사화분석 기술의 표준화와 분석자료의 국제인증(ISO Guide 25) 절차가 국제협력사업으로 추진되고 있는 상태로서 자원 조사 및 공정 개발, 신소재 개발 등에 응용될 뿐만 아니라 원자력, 전자공학 및 우주과학 같은 첨단 기술 분야에서 사용되는 초순도 재료의 특성을 검사·분석 (Analytical Quality Control and

Service)하는 데 큰 역할을 하고 있다. 한편 최근에는 응용 해석 기술로 Pattern Recognition Approach에서 Multivariate Analysis 같은 수학적 방법을 활용함으로써 미량원소 분석데이터로부터 더 나은 정보를 이끌어 낼 수 있게 되었다. 다원소를 동시에 분석하고 그 데이터를 Multivariate Analysis 함으로써 방사화분석은 환경 및 생명과학 뿐만 아니라 법과학, 고고학 같은 분야에도 중요한 역할을 하고 있다. 표 3은 방사화 분석 기술의 응용 분야를 요약한 것이며 표 4는 다목적연구로 내 방사화분석용 기송관조사장치의 특성을 보인 것이다.

실리콘 중성자 도핑

실리콘 결정에 중성자를 조사하여 핵변환, ³⁰Si(n,γ) ³¹Si → ³¹P를 통해서 생성되는 전자공여체(³¹P)로 n형 도핑하는, 소위 중

성자변환 도핑(NTD)법은 결정 제조과정에서 병행되는 일반적인 불순물 첨가법의 단점을 극복하여 큰 용적의 실리콘봉에 걸쳐 목표 저항율을 정밀 제어할 수 있고, 또 미시적 및 거시적으로 균일한 저항률 분포를 얻을 수 있는 것이 그 특징이다.

NTD-Si는 주로 무도핑 FZ-Si를 출발소재로 하여 소재/소자업체의 사양에 따라 여러가지 목표저항률로 도핑되어 대. 중전력용 소자(Thyristor, Diode, Transistor등) 제조용으로 이용되며 전기적 특성과 생산수율을 크게 향상할 수 있다.

다목적연구로 중수반사체에는 높은 선결과 큰 조사공간의 중성자장을 이용할 수 있으므로 NTD-Si 생산에 적합하다. 이 목적으로 반사체에 내경이 각각 180mm 및 220mm인 NTD 1/2 조사관을 준비하였으며, 현재 관련기술 및 NTD장치, 즉 조사공 내의 수직 중성자속 분포의 평탄화, 중성자 조사량 정밀제어, 다양한 조사방법이 가능한 구동/제어장치, 조사손상회복 열처리법, 제염 및 잔류방사능 평가법 등을 개발중에 있다. (표 5 참고)

현재 세계적으로는 각국의 연구용원자로에서 약 120ton/yr(1990년 추산)의 NTD-Si가 생산되고 있으며, FA, OA 및 HA 등 자동화 추세에 따라 대. 중 전력용 소자수요 역시 계속 증가하고 있다. 그리고 이 수요의 약 60%는 일

본으로 그 중 약 4ton/yr의 일본 내 생산을 제외하고는 모두 구미, 호주 등 해외 용역에 의존하고 있다. 따라서 우리들의 실리콘 도핑 기술개발의 가까운 목표는 이 해외 용역에 참여하는 것이다.

한편 국내의 Si 반도체 소재는 대부분 수입에 의존하고 있으며 근년에 와서 2개 업체에서 CZ-Si의 생산을 시작한 단계이고, FZ-Si는 아직 생산되지 않고 있다. 따라서 실리콘 중성자 도핑 기술개발은 아직은 미약한 국내 대. 중전력 소자 제조를 선도하고 나아가서 FZ-Si의 국내 제조도 촉진할 것으로 기대된다.

중성자빔 이용 재료물성연구

소재 또는 신물질의 개발 및 물성개선을 위해서는 원자 차원에서의 구조와 운동에 대한 정보가 필수적이다. 이와 같은 미시적 구조 및 운동의 연구에는 전자파법(X-ray, Laser, Microwave 등), 전자선법 및 중성자빔이 주로 이용되며, 이들 방법은 그 성능을 높이기 위해서 가속기를 이용한 방사광시설 (Synchrotron Radiation), 또는 냉/고온 중성자원 (Cold/Hot Neutron Source) 을 설치한 고중성자속 연구용원자로 등 대형연구설비를 이용하는 방법으로 발전하고 있는 것이 세계적인 동향이다.

중성자빔을 이용하면 다른 분광법으로는 관측할 수 없는 많은

상보적인 정보를 얻을 수 있는 것은 다음과 같은 중성자 산란의 고유특성 때문이다.

중성자 산란의 고유특성

열중성자는 파장과 에너지가 물질의 미시적구조 및 운동과 같은 정도의 크기이므로 탄성 및 비탄성 산란을 통해서 이들에 대한 2차원적 정보를 얻는데 아주 적합하다.

전자파 및 전자선의 경우 주로 구성원자의 각 전자와의 상호작용을 통해서 정보를 얻는 데 반해, 중성자는 원자핵에 의해서 산란되므로 원소 고유의 산란진폭을 가지며 원자번호에 의존하지 않는다. 뿐만 아니라, 중성자 Spin과의 상호작용 때문에 각 원소 고유의 간섭성 및 비간섭 산란성분을 가진다.

중성자는 자기능률을 가지고 있기 때문에 자기산란을 통해서 자성체 구조에 대한 직접적인 정보를 얻을 수 있다.

즉, 핵산란과 자기산란, 탄성산란과 비탄성산란, 그리고 간섭성과 비간섭성을 조합하는 다양한 실험방법으로 폭넓은 미시적인 정적, 동적 구조에 대한 정보를 얻을 수 있기 때문이다. 아래에 물질물리, 구조화학 및 재료물성 연구를 위해서 다목적연구로 수평공에 설치 계획하고있는 중성자분광장치에 대하여 간단히 기술한다. (그림 4 참고)

고분해능 분말회절장치 및 4축 결정 회절장치

ST-2 수평관에서는 노심 중성자빔을 좌우로 나누어서 고분해능 분말회절장치 및 4축 결정 회절장치를 운영한다. 전자는 고분해능 ($\Delta d/d \approx 2 \times 10^{-3}$)을 얻기 위해 고회절각 ($2\theta = 90^\circ, 120^\circ$)의 단색 중성자를 시료에 입사하고, 제 1, 2, 3 Collimator 계는 $10^\circ-30^\circ-10^\circ$ 으로 집속한다. 고분해능에 수반하여 감소되는 중성자 강도를 보상하기 위하여 수직곡면형 단색화결정((Ge(331)/(551))을 이용하여 단색중성자를 수직집속하며, 회절중성자 검출은 50간격으로 배치된 32-계수기를 0.010 간격으로 주사할 수 있게 한다. 그리고 IBM/PC 486과 CAMAC 방식을 이용하여 장치의 구동, 제어 및 측정자료의 수집/처리를 일원화 한다. 또, 실시간 연구를 위해 1차원 위치 민감 감형 계수기를 32-계수기계와 교체할 수 있게 한다.

이 장치는 초전도재료, 초이온도체, 형상기억합금 및 고기능 세라믹 등과 같은 여러 구조/기능재료의 구조해석 및 상전이 등의 기초연구와 잔류응력 측정 등 공학적 연구에 이용하는 것이 주목적이나, Cu(220) 및 PG 단색화결정을 쉽게 치환할 수 있게 하여 큰 단색중성자 강도로 넓은 범위의 운동량전달(ΔQ) 실험을 통해 비정질 및 액체 구조 연구에도 이용할 수 있도록 한다.

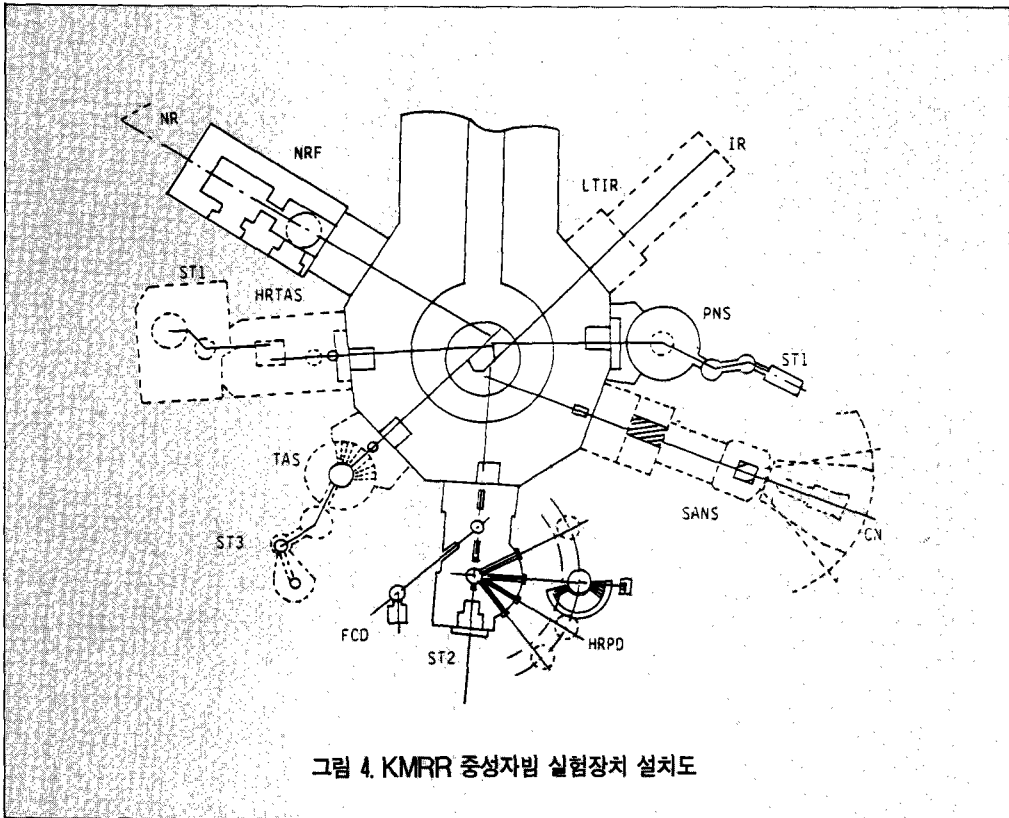


그림 4. KMRR 중성자빔 실험장치 설치도

4축 결정회절장치는 4축 회절계와 고,저온 시료분위기 장치를 병용하여 단결정 구조해석 및 집합조직 측정에 이용한다.

편극중성자 분광장치

ST-1 수평공에는 3축형 편극 중성자 분광장치를 설치한다. 이 장치는 편극단색기와 편극반전기를 내장한 유도자장을 통해서 노심 중성자 중에서 스핀이 한 방향으로 편극된 단색 중성자를 선별하여 시료에 입사시키며, 편극회절법으로 강자성체의 자기산

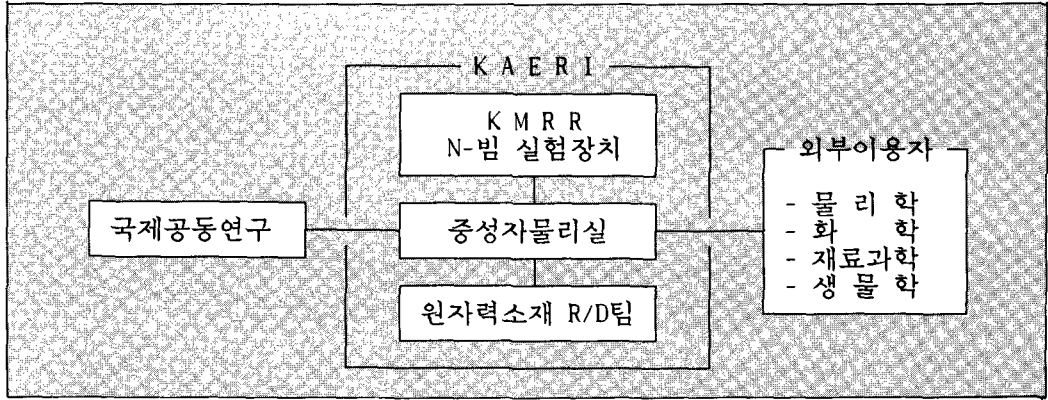
란을 핵산란과 분리하므로써 자기구조해석, 자기능을 및 자기형상인자의 결정 등에 이용된다.

또, 제 3축에서 산란 중성자의 편극도를 해석할 수 있게 하므로써, 비간섭성 상자성 산란을 분리하여 합금 등의 자기능을 분포 측정, 그리고 간섭성 비탄성 산란으로 강자성체 및 반강자성체의 자기소여기(Magnon) 등을 조사한다.

중성자 소각산란 장치

CN 수평관에는 중성자 소각산

란장치를 설치한다. 이 소각산란 장치에는 노심 중성자를 Be (770K) 필터에 투과하여 얻어진 $E < 5\text{meV}$ 의 냉중성자를 속도선별기를 사용해서 ΔE 10%내외로 단색화한 입사선이 이용되며, 산란중성자의 분포는 2차원 위치 민감형 계수기로 측정한다. 슬릿계(Slit System)는 입사선 강도 및 원자로실 공간의 제한 때문에 $1\text{cm}\phi \times 400\text{cm}$ 를 넘기 어렵다. 따라서 그 분해능은 $Q_{\text{min}} \sim 0.003\text{\AA}^{-1}$ 로서 약 $2,000\text{\AA}$ 까지의 입자들을 분해할 수 있으므로, 주



로 금속재료의 방사선 조사 손상 및 시료효과 연구를 위한 Void와 물성연구를 수행 한다. 또한 국내의 소재 개발관련 대학 및 연구소 등의 외부이용자그룹을 적극 지원함으로써 다목적연구로를 물리학, 화학, 생물학, 재료과학 등의 기초 및 응용연구를 위한 국가적 연구시설로 활용한다. 아울러 국제협력을 통한 고도의 분광 기술 습득으로 관련 연구를 효과적으로 수행할 수 있도록 한다.

중성자 라디오그래피

N-라디오그래피는 물질내에서의 중성자의 감쇠특성 및 화상법(Imaging Method)에 있어서 현재 산업계에서 널리 이용되고 있는 X선이나 γ 선 투과검사법과는 기본적으로 다른 특성을 가지며 많은 경우 서로 상보적인 이점을 가진다.

NR 수평관에는 제 1, 및 제 2 검사실로 구성된 N-라디오그래피 장치를 설치한다. 전실에서는

간접 전환막법 또는 SSTD법을 이용하여 조사핵연료 결합 및 건전성 검사 또는 원자로부터 및 조사시험장치(조사 리그, 또는 캡슐)등의 고장부위 검사 등 고방사능 부품검사를 수행한다.

후실에서는 화약공산품, 복합구조재 및 고고학적유품 등 비방사능 일반부품을 검사한다. 제 2 검사실에서의 화상법으로는 직접전환막법과 중성자-TV 및 화상처리장치를 이용한다. 이 중성자-TV에 의한 화상법은 일반 Cluster 등의 형성 상호작용과 분해조사 및 상분리와 같은 미시결합 거동과 중합체, Micelles 등의 구조 연구에 이용한다.

중수반사체 내의 CN 수평관 선단은 장치 냉중성자원(L-H2)을 장전할 수직관 (15cm ϕ x cmH)에 접하게 되어 있으며, 2개의 중성자 유도관을 통해서 원자로건물 밖에 냉중성자 실험동을 세울수 있도록 부지(m²)가 준비되어 있다. 이 냉중성자 실험동에는 고분자 및 생체물질구조 해석

등 폭넓은 연구를 위한 고분해능 소각산란장치를 비롯하여 다양한 기능의 중성자 분광장치를 여러 대 설치할 수 있게 한다.

3축 분광장치 및 고분해능 분광장치

ST 3/4 수평관에는 각각 3축 분광장치 및 고분해능 분광장치를 설치한다. 전자는 편극 및 비편극 산란실험 겸용의 범용으로서 주로 초전도체, 유전체 및 자성체의 상전이 연구와 관련된 격자운동 및 Spin과 운동과 분자분광 연구등에 이용한다. 그리고 후자(3축형 또 T-O-F형)는 5~10meV의 낮은 에너지의 입사 중성자를 이용한 고분해능 준탄성 산란 실험으로 수소확산 기구구명, 수소흡장재 연구 및 액체운동 등의 연구에 이용한다.

서로 상보적인 고성능의 중성자빔 실험장치를 설치하고 전문인력을 확보하여 원자력 신소재 공산품 검사를 신속화 하기 위한 실시간 검사 뿐만아니라, 2상류

표 6. 중성자 라디오그래피 장치 특성(계획)

	제 1검사실	제 2검사실
L/D	191	271
열중성자속(nv)	2.69 × 10 ⁷	1.34 × 10 ⁷
빔 제원(최대)	294mm × 148mm	442mm × 607mm
필름제원	200mm × 350mm	250mm × 300mm
피사체제원(최대)	핵연료(∼400cmL)	∼50 × 50 × 50cm ³ 360°회전 X, Y, Z : ±25cm 가변
선필터 및 감쇠물	Bi결정(8cm),	3.0 × 10 ⁻² (2MeV)
집속각(수평, 수직)	1,038°	1,928°
해상력(UT)		
	Dy	203.3μm
	Gd	80.7μm
기타특성	CN 필름 연속검사	고감도 N-TV 및 화상처리

(Two Phase Flow) 및 용융특성 등 원자로 안전성과 관련된 공학적 동특성 실증시험, 그리고 핵연료 집합체의 단층검사 기술개발 등에도 크게 기대되고 있다.

이외에도 미시 N-라디오그래피에 의한 핵연료 소결체내 핵분열성 또는 가연성 독물 입자분포, 금속재료내 미시 석출물 검사 등 특수검사에도 이용한다.

변환막 및 SSTD에 의한 화상법은 이미 연구로 2호에서 많은 이용실적이 있으며, 현재 발산형 노심 코리메이터 및 주 빔 샷타의 제작을 완료하고, 검사실의 차폐, 구조 설계와 N-TV 및 화상처리 기술개발을 진행중에 있다. (표 6 참고)

극저온 조사 연구

IR 수평공 선단에는 극저온(∼

10°K) 조사장치를 설치한다. 중성자 조사로 유기되는 노재료의 미시적 결합은 일반적으로 그 종류가 다양하다. 그리고 이들 결합은 상온에서 끊임없이 이동, 상호작용, 분해, 회복 등의 여러 과정을 수반하므로 관측되는 결보기 조사효과는 이들의 총체적인 결과이다. 앞에서 기술한 노내조사 실증시험은 모의 원자로 분위기 상태에서의 핵재료의 이와같은 총체적인 조사효과를 알기 위한 것이다.

이 극저온 조사장치는 여러가지 온도에서 조사결함을 동결, 또는 열활성화 하므로써 결합의 형성 및 거동에 대한 기초과정을 연구하기 위한 것이다. 이 장치는 조사 Loop를 연동하여 조사온도, 전기저항, 내부마찰 등을 자동측정할 수 있게하며, 또 시료를 조사후 시험 시설로 옮겨서 여러가

지 조사효과를 측정한다. 또, 이 장치는 U235 콘버터를 이용함으로써 핵분열 속중성자 Trap를 만들 수 있다. 제 3단계 중장기 사업으로 완성 예정인 이 장치는 고속로, 핵융합로 등 핵재료 뿐만 아니라, 초전도체 및 절연체의 조사효과 등 많은 연구에 이용될 것이다.

맺음말

연구로 1호(TRIGA-II, 100 kW)와 연구로 2호(TRIGA-III, 2MW)를 이미 1962년, 1972년부터 각각 가동해 왔으며, 현재 9기의 발전로가 가동하고 있는 점을 고려할때 다목적연구로의 건조계획이 너무 늦어진 감이 없지 않다. 앞에서도 언급한 바와 같이 다목적연구로는 이름 그대로 그 이용범위가 광범위하며, 그 이용기술 또한 아주 고도화 되고 있다.

위에서 진행중에 있는 다목적연구로의 중요 이용설비 및 계획에 대해서 간단히 기술하였으나 고성능의 이용시설과 소요 전문인력을 확보하여 원자력 기술개발은 물론 범국가적인 종합 연구시설로서 국내 대학, 연구소 및 산업체에서 요청되는 기초, 응용 연구에도 고도 이용할 수 있도록 하는 것이 우리의 과제이다.