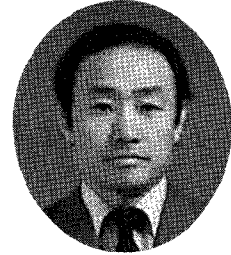


多目的研究爐의 利用活性化 方案



姜 昌 淳

〈서울대학교 原子核工學科 教授〉

序 論

현재 한국원자력연구소에서 建造하고 있는 열출력 30MW의 多目的研究爐는 정부에서 원자력분야의 연구를 제고하기 위하여 투자하여 1992년에 완성 運營될 예정이다. 多目的研究爐는 우리나라 원자력기술 자립의 일환으로 實驗을 동반한 연구풍토의 조성에 중요한 전환점을 제공하고, 타 기술분야에도 基礎연구의 기반을 확립하게 할 것이다. 따라서 多目的研究爐는 한국원자력연구소는 물론 타연구소, 대학과 산업체에서 범국가적으로 活用되어야 한다.

이 글은 서울대학교 공학연구소에서 1989년 7월부터 1년간에 걸쳐서 수행한 多目的研究爐 이용활성화 방안연구(보고서 번호 RIES 89-088)의 요약이다.

研究 및 事業課題

多目的研究爐는 중성자를 공급하는 中性子源으로서 기초연구 및 실험, 核燃料 및 재료개

발, 동위원소 및 硅素반도체 생산, 방사화분석, 중성자 치료, 그리고 生體조직 변화연구에 사용된다.

활용분야를 대별하면 水平孔으로 부터 인출되는 빔을 이용하는 실험분야와 垂直孔을 이용하는 照射분야로 나눌 수 있다. 수직실험공을 이용하는 연구활동으로서는 중성자빔 回折을 이용한 물질의 구조분석이 주종을 이루고, 기타 중성자 치료, 생체조직 변화연구 등을 포함한 연구과제가 있고, 垂直조사공을 이용하는 조사활동으로서는 방사화분석을 이용한 물질의 분석, 핵연료 및 爐재료물질의 성능시험, 방사성동위원소 및 同位素반도체의 생산 등이 있다. 多目的研究爐의 세부 활용분야는 표1과 같다.

多目的研究爐 건조가 완료되면서 수행되어야 하는 실험연구활동 중에는 多目的研究爐의 設計 확인을 위한 일련의 연구활동이 또한 포함된다. 多目的研究爐는 우리의 기술로서 설계 제작되므로 이에 따른 설계확인 매우 중요하다. 建造後 초기의 연구활동에는 이 부분이 매우 큰 比重을 차지하고 있다.

〈표 1〉 多目的研究爐 이용분야

1) 수평빔을 이용한 연구활동
<ul style="list-style-type: none"> - 중성자산란연구 - 계측기연구(중성자 검출, 방사선 검출 등) - 중성자 radiography - 소재연구
2) 수직공을 이용한 조사활동
<ul style="list-style-type: none"> - 방사화분석 - 규소반도체 생산 - 방사성동위원소 생산 - 핵연료 및 노재료 성능시험

核燃料 및 爐材料 性能試驗

핵연료 및 노재료 성능시험은 多目的研究爐의 활용에서 核心的인 분야이다. 핵연료 및 노재료의 노내실증시험은 原電의 安全性 확보를 위해서 필수적으로 수행되어야 하는 認許可 조건이다.

현재까지는 핵연료 및 핵증기공급시스템의 국산화와 더불어 외국의 실험연구를 이용하여 성능시험을 실시하여 왔다. 외국에 依賴하여 시험하는 경우 소요경비는 물론 외국 자체내의 시험계획이 우선하는 관계로 우리가 원하는 시기에 우리가 원하는 爐心조건을 확보하기가 곤란하며, 더우기 照射後試驗施設을 현재 우리가 확보하고 있음에도 不拘하고 노내조사 후 조사후시험을 외국에 불가피하게 의존하는 문제점이 있다. 이러한 문제점은 多目的研究爐 건조가 완료되면서 근원적으로 해결된다.

특히, 핵연료의 경우는 대부분 5년 주기로 획기적인 改良이 이루어지고 있으며, 앞으로 있을 Tandem 核週期를 이용한 중수로형 핵연료 및 高연소도 핵연료의 개발, 그리고 신형원자로 및 고속증식로의 실용화 시기에 대비하여 기술자립의 측면에서 핵연료 및 노재료의

노내실증시험의 확보는 필수적이다.

핵연료 및 노재료 성능시험을 위하여 多目的研究爐는 원자로 설계시에 이미 노심부위에 실험공과 各種 고정장치를 설계 확정하였고, 핵연료 성능시험 loop 설비를 위한 附帶 공정계통을 설치할 수 있도록 원자로 遮蔽구조체 내에 시험설비의 설치공간을 확보하고 있다. 핵연료/재료 실험용으로 6개의 實驗孔(핵연료 2, 재료 4)이 확보되어 있다. 핵연료 및 재료는 조사후 별도로 설계중인 조사재시험시설로 移送하여 시험이 수행된다.

同位元素 生産

多目的研究爐에서는 12개의 核種을 생산할 예정이다. 현재 TRIGA에서 생산중인 핵종(S-15, P-32, Cr-51, Na-24, Au-198, Mo-99, I-131, Ir-192)에 추가로 생산할 핵종은 Co-60, I-125, C-14, Fe-59이다.

동위원소의 기술개발은 原子力의 평화적 이용이라는 측면에서 큰 비중을 갖고 있으며, 他 연구 및 기술개발에 주는 파급효과가 매우 크다. 또한 동위원소 생산용 hot cell은 동위원소 생산 자체에만 국한되는 설비가 아니어서 高準位 방사성물질 취급기술, 방사성폐기물 처리기술, 核醫學, 방사선 유전공학, 방사선 가공 및 耐방사선재료산업, 방사선 계측기술, 精密화학공업 등에 이용되어 기초/응용과학 및 원자력산업의 균형있는 發展을 기하게 한다.

동위원소 생산설비는 국내 연구/技術陣에 의해 설계되었고, 조사공 17개공, concrete hot cell이 4개, lead hot cell이 17개가 설치된다.

中性子 빔 利用

오늘날 중성자빔 이용연구는 수평실험공에 各種 실험장치를 설치하여 新素材(기능재료, 극한재료, 초전도체재료 등 각종 재료) 개발을 위한 基礎물성연구가 그 주류이며, 冷중성자 이용 등으로 그 이용범위가 신물질 개발 및 생

체기능 연구 등 고분자화학 및 생물학분야에 까지 확대되고 있는 것이 세계적 動向이다.

수평공으로는 標準빔공이 4개, 중성자 radiography용, 빔조사용, 냉중성자용이 각 1개씩으로 구성되어 총 7개가 있다. 중성자빔이용 연구설비로서는 편극중성자 3축분광기, 고분해능분말회절기, 3축중성자분광기, 중성자소각산란분광기, 중성자 정밀검사, 단결정회절기, 극저온 조사장치 등이 設置된다.

放射化分析

방사화분석은 物質분석의 방법으로 오래동안 응용되어 왔다. 특히, 재료과학분야에서 소량 불순물의 感知 및 측정, 鑛物質의 분석, 환경공학에서의 응용, 생체학에서의 미량원소 분석, 그 이외에도 考古學, 범죄수사 등에 많이 이용되고 있다. 그러므로 이 분야에 多目的研究爐의 이용은 앞으로 매우 크다고 본다.

방사화분석 목적으로 현재 조사공 3개가 反射體 영역에 확보되어 있으며, 氣送管장치로 수동식이 1대 그리고 자동식이 1대 확보된다. 分析실험실은 동위원소 생산시설 내에 위치하고 있다.

硅素半導體 生産

多目的研究爐의 반도체에 대한 이용은 반도체의 不純物 도핑 및 결함조사, 반도체 내의

불순물 함유조사, 중성자변환 도핑 규소(Neutron Transmutation Doping-NTD Si)의 생산기술 연구, 반도체 재료의 방사선傷害 연구 등을 들 수 있다.

NTD-Si의 중요성은 이미 알려진 바와 같이 比抵抗의 균일성, 결정결함의 최소화, 도핑 수준의 범위 확대 등의 이유로 생산이 특히 일본을 중심으로 증가하고 있는 趨勢이다.

多目的研究爐를 이용한 고순도 반도체의 연간 생산량은 10톤 정도로 생각하고 있으며, 이를 위하여 조사공 2개(직경 22.0cm, 18.0cm)가 반사체領域에 확보되어 있다. 1988년부터 과기처 특정연구과제로서 NTD-Si 생산을 위한 기본기술 및 裝置개발 연구를 한국원자력 연구소에서는 이미 수행중에 있다.

投資內容

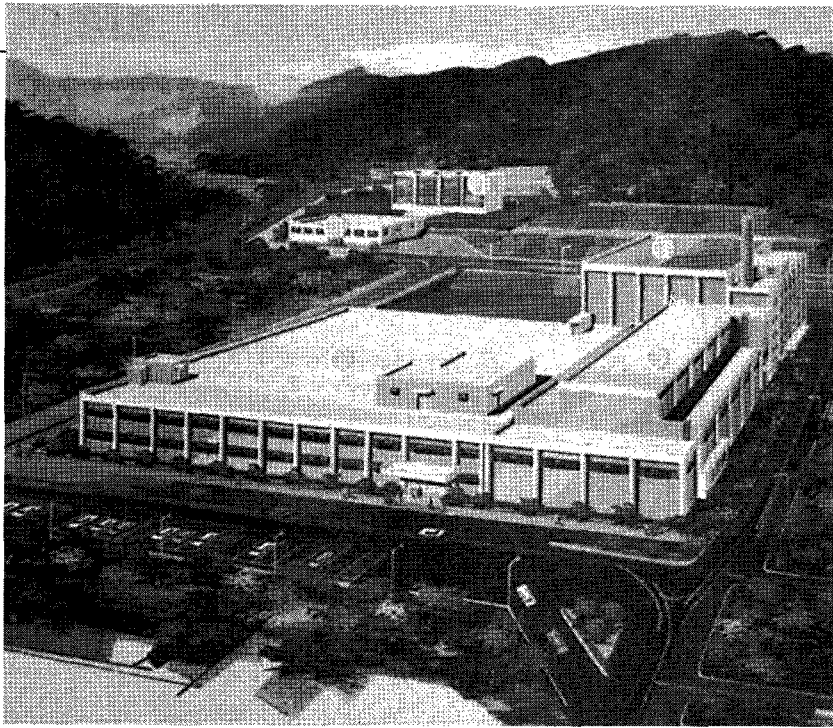
多目的研究爐 건설과 원활한 이용을 위하여 요구되는 事業費는 총 1,273억원이 필요하다(표2 참조). 未확보된 사업비 436억원은 政府가 추가로 투자하여야 한다.

그리고 1992년 건조 완료 후 1998년까지 필요한 研究費로서는 기초연구를 위하여 연간 30억원씩 1993년부터 6년간에 걸쳐서 180억원, 핵연료 및 노재료 성능시험을 위하여 1994년부터 연간 30억원씩 5년에 걸쳐 150억원, 그리고 기타 연구를 위하여 1994년부터 5년간 연간 30억원씩 150억원으로 총 480억원이 1998

〈표 2〉 多目的研究爐 총 투자내용

(단위: 백만원)

시 설 별	금 액	비 고
원자로 본체 및 건물	67,908	기확보
동위원소생산시설	12,300	미확보
핵연료성능시험설비	19,500	미확보
중성자물리실험시설	11,800	미확보
방사화분석시설	(260)	본체에 모두 포함
규소반도체 생산	720	특정연구과제로 수행중
조사제시험시설(IMEF)	15,000	방사성폐기물기금
합 계	127,228	



년까지의 연구비로 必要하게 된다.

建議事項

1. 多目的研究爐에 國家의 果敢한 投資

多目的研究爐의 建造가 完成되더라도 그 활용을 위한 附帶시설과 人원 확보를 위한 積極적인 投資가 必要하다.

단기적 보다는 장기적 眼目에서 國家에서 投資가 이루어져야 한다. 建造 자체도 重要하지만 研究부대시설과 研究人力 및 研究비의 지원이 없으면 技術개발은 龍頭蛇尾가 된다.

대부분의 研究의 성격이 기초연구의 範疇에 속하므로 政府가 投資하여야 하며, 當장의 결과만을 보지 말고 未來를 향한 긴 안목이 必要하다.

2. 多目的研究爐 中心의 組織

韓國原子力研究所는 多目的研究爐 활동을 중심으로 組織을 全격적으로 改編하고, 실험을 기반으로 하는 研究風土의 조성으로 기초연구의 기반을 다져야 한다. 韓國원자력연구소 내에 강력한 한개의 운영조직을 갖고 이 組織은 대부분의 연구소 내 해당분야의 研究활동을

〈표 3〉 연도별 부수시설 추가투자방안(정부투자)

(단위 : 백만원)

구분 \ 연도	1991	1992	1993	1994	1995	합 계
동위원소 생산시설	7,057	5,027	216			12,300
핵연료성능 시험시설	2,884	6,248	3,219	3,552	3,597	19,500
중성자물리 실험시설	1,640	3,720	1,700	2,900	1,840	11,800
합 계	11,581	14,995	5,135	6,452	5,437	43,600

〈표 4〉 연도별 연구비 투자방안

(단위 : 백만원)

연도 구분	1993	1994	1995	1996	1997	1998	합 계	투자기관
노재료/핵연료 성능시험		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	15,000	한 전
기초연구	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	18,000	정 부
기타연구		3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	15,000	기 타
합 계	3,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	48,000	

관장하여야 한다.

多目的研究爐 운영에 관해서는 運營委員會를 구성하여 각 분야의 투자계획, 인원확보, 연구계획, 이용홍보계획 등 제반 기본계획을 확정한다. 운영위원회는 한국원자력연구소, 학계 및 산업계 인사 수명, 그리고 科技處의 개발담당 실무자로 구성한다.

3. 人力確保 및 養成

필요한 人力확보 및 양성은 多目的研究爐이 용활성화의 성패를 가름한다. 인력확보는 시설 투자와 운영조직 확정과 함께 미리 構想되어야 하며, 각 분야별 단계별 인원확보계획은 早速히 확정되어 추진되어야 한다.

1998년까지의 소요인력의 예측은 230명으로 나타나고 있다. 그리고 우선적으로 필요한 분야에 海外훈련 계획을 확정하여 시급히 시행하는 것이 필요하다. 해외훈련은 國際協力이 이루어져야 하며 이는 적극적인 外交활동으로 수행하여야 한다.

4. 産·學·研 協調體制의 定着

多目的研究爐의 이용확대를 위한 淸査활동을 強化하는 것이 필요하다. 예로서 각 이용분야별 淸査자를 發刊하여 잠재적 이용자들에게 배포하고, 淸査자들을 招請하여 세미나 같은 것을 전개하는 것이 있다.

그리고 정부에서는 多目的研究爐 이용과 관련된 別途의 연구기금(과학재단의 목적기초연구비, 과기처의 특정과제연구비 등)을 마련하여 한국원자력연구소와 대학 및 산업체에 적정한 비율로 割當하고 多目的研究爐 이용과

관계된 연구과제에 우선순위를 높여줌으로써 대학 및 산업체의 참여를 적극적으로 誘導하는 것이 바람직하다.

또한 산·연·학 유대관계의 振作을 위하여 한국원자력연구소 내에 Lap for Universities, Lab for Material Sciences 혹은 Lab for Environmental Analyses 등과 같은 부수기관을 두어서 한개의 기관을 통하여 多目的研究爐 시설이용을 관장하여 이용의 우선순위, 연구결과의 평가, 연구의 방향 및 과제를 도출하게 하는 것도 한 方法이다.

5. 核燃料 및 爐材料 性能試驗의 遂行

핵연료 및 핵중기공급계통 공급기술의 自立化와 더불어 多目的研究爐을 이용한 핵연료 및 노내실증시험은 原電의 안전성 확보를 위해서 필수적으로 수행되어야 하며, 따라서 多目的研究爐 이용방안의 活性化에서 핵연료 및 노재료 성능시험은 매우 큰 비중을 차지하게 된다.

핵연료성능시험은 계획부터 수행시까지 장시간과 많은 소요자금이 필요하므로 한국전력공사와 핵연료주식회사의 과감한 결단과 一絲不亂한 추진이 요구된다.

6. 追加事業費 및 研究費

표3은 추가로 要求되는 연구 부수시설에 대한 연도별 政府의 투자방안을, 표4는 연도별 연구비 확보방안을 제시하고 있다.

정부는 가능한 짧은 시일 내에 투자안을 확정하여 原子力委員會에 상정하여 의결·추진하는 것이 적절하다고 본다.