

KNF의 R&D 및 협업적 원자력 R&D 활성화

정선교

한전원자력연료(주) 전문위원



- 한양대 원자력공학 학사
- 미국 아이오와 주립대 원자력공학 석사, 박사
- 한전원자력연료 설계기술원 노심 설계실장, 기술관리처장, 안전해석 처장
- 기술본부 신규원전사업팀장
- 튜브사업단 단장
- 기술본부장
- 전문위원 (12~)

KNF R&D 소개

1981년 7월 제 31차 경제장관협의회에서 외국사의 기술 도입을 기반으로 우리나라 원자력 발전에 소요되는 핵연료를 자체적으로 공급할 목적으로 국 산화를 실시하기로 하고 전담 기관인 KNF를 1982년 11월 11일 설립하였다.

1985년 5월 독일의 KWU로부터 기술을 도입하여 1988년 10월 핵연료 생 산 공장이 가동을 개시하여 당시에 운전중인 Westinghouse형 원자력발전소 8개 호기에 소요되는 핵연료 전량을 KNF가 제조한 KOFA 연료로 공급하기 에 이르렀다.

지속적인 안전성과 경제성 유지를 기본으로 안정적인 개량형 핵연료 공급 을 위하여 KNF는 1992년 기술연구소를 설립하여 보다 효율적이고 경제적인 핵연료 설계 및 개량화 R&D 사업을 본격적으로 추진할 수 있게 되었다.

1994년에는 Westinghouse형 원자력발전소 노심 설계, 핵연료 설계, 대형 냉각재 상실 사고(LOCA) 해석 기술을 포함한 안전 해석 기술들을 자립하였 고, 1997년에는 한국표준형 원자력발전소에 대한 제반 설계 기술들을 자립하 였다.

이와 같은 기술 자립과 국가의 적극적인 지원으로 1999년 4월부터 2002년 3월까지 한국표준형 개량 연료인 PLUS7의 개발을 완료하였다. PLUS7 개량 연료의 개발은 KNF를 중심으로 외국사, 국내 협력 업체, 연구계, 그리고 학 계가 모두 함께 공동 참여하여 얻은 귀한 결실이었다.

PLUS7 개량 핵연료 개발을 위하여 소요된 약 3년의 개발 기간을 통하여 축적된 값진 연료 개량화 기술과 경험은 2005년 Westinghouse형 원자력발전소의 개량 연료인 ACE7 개발, 그리고 2011년 KNF 고유의 특허 기술을 가미한 HIPER 연료의 개발을 성공적으로 이끈 커다란 밑거름이 되었다.

특히 2012년 완료된 고유 설계코드의 개발은 약 15년간의 지속적인 R&D 투자와 노력에 의하여 얻어진 값진 결실이며, 우리의 설계 system의 UAE 공급을 가능하게 하였다.

KNF R&D 로드맵과 개발 전략은 다음과 같이 크게 4 단계로 구성, 추진 되었다.

제1단계인 기술 기반 구축 전략이 80년대부터 90년대 기간을 통하여 핵연료 설계, 제조 기술 구축, 선진 외국 회사로부터 도입된 설계코드 시스템 구축 등이 본격 추진되었다.

제2단계는 90년대 말부터 2004년에 걸쳐서 PLUS7 개량 연료 개발, 설계코드 및 방법론 개선, 그리고 핵연료 서비스 기술 구축과 지르코늄 튜브 개발 사업 추진 등의 사업을 통하여 기술 개발 역량을 고도화하였다.

제3단계는 2005년부터 2015년의 기간을 통하여 고성능 고유 핵연료 및 고유 지르코늄 소재 개발, 고성능 고유 코드 개발, 그리고 원전의 안전성 및 이용률 고도화 사업 등을 통하여 원전 기술 확보에 주력하였다.

제4단계는 Global leading fuel and fuel cycle 회사로의 도약을 목표로 차세대 핵연료 개발, 선진 노심 설계 및 안전해석 기술 개발, 혁신적인 핵연료 소재 개발, 사용후핵연료 건전성 검사, 분석 및 평가 기술 개발, 그리고 스마트 제조 및 공정 기술 개발 등을 포함한 선도 기술들을 2015년부터 지속적으로 추진하는 전략으로 구성되어 있다.

현재 KNF가 수행하고 있는 R&D는 국가 경쟁력 차원

에서 관련 기술의 경쟁력 및 역량 강화를 위하여 국가에서 지원하고 있는 R&D, 원자력발전소를 운영하고 있는 기관들과의 협업적 R&D, 그리고 KNF 자체의 기술 역량 및 경쟁력 강화를 목적으로 수행하는 R&D로 구분하여 추진하고 있다.

장기적인 투자와 노력이 요구되는 혁신형 지르코늄 신합금 개발, 혁신형 핵연료 소재 개발, 선진 설계 및 안전성 기술, 그리고 사용후핵연료 검사 및 평가 기술, 사용후핵연료 운반 및 저장 건전성 평가와 같은 후행 핵연료주기 기술들이 국가의 지원하에 산·학·연 공동의 협업적 체계로 수행되고 있다.

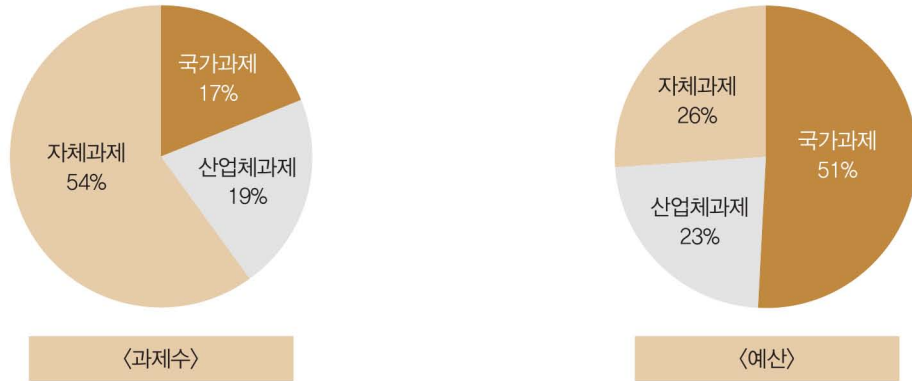
관련 산업계와의 협업적인 공동 R&D로 신규 및 가동 중인 원자력발전소들의 안전성과 이용률을 증진하고 원자력 발전을 위한 핵연료 성능 향상 연구, 안전해석 평가 및 설계 방법론 개선, 가동 원전 및 신규 원전 성능 향상 설계 기술, 안전 여유도 분석/평가 기술, 중수로 연료 개량화 기술, 그리고 핵연료 초음파 세정 및 기계적 성능 및 건전성 검사 기술 개발 등의 R&D들이 수행되고 있다.

KNF 기술 역량 및 경쟁력 강화, 그리고 기술 고도화를 위한 자체 R&D의 적극적인 추진은 핵연료 기술을 Leading하는 전문 기술 기관으로서 아주 값진 전략으로 판단하고 있다.

설계 기술 고도화를 위한 새로운 해석 코드 및 최적화 방법론 등의 개발, 엔지니어링 기술 고도화를 위한 운전방법론 분석 기술, 핵연료 검사 및 냉각재 분석 기술, Software 형상 관리 및 V&V 기술, 결합 연료 검증 및 핵종 분석 기술, 그리고 핵연료 노내 연소 검증 기술 등의 R&D 들이 수행되고 있다.

또한 핵연료 제조 및 공정 기술의 고도화를 위하여 연료봉 수용성 코팅제 개발, 우라늄 스크랩 정제 공정 기술 개발, 소결체 제조 기술 고도화, 중수로 피복관 경납

과제	국가과제	산업체과제	자체과제	총계	비고
과제 수 (개)	18	21	70	109	14, 15년 종료 및 16년 수행 중 과제 포함
투자비 (억원)	639	290	335	1264	



〈그림 1〉 KNF의 최근 3년 간 투자, 수행된 R&D 예산과 과제 수 현황

맵 표면 처리 기술 등 수많은 R&D 사업들이 자체 투자로 적극적으로 수행되고 있다.

특히 새롭게 추진되는 R&D들은 그 분야의 관련 산업계 및 연구계, 그리고 학계의 도움을 받아 내부 역량 강화를 목적으로 하는 자체의 R&D 특성에 맞추어 효율적인 개발 추진 전략을 시행하고 있다.

KNF의 협업적 공동 R&D

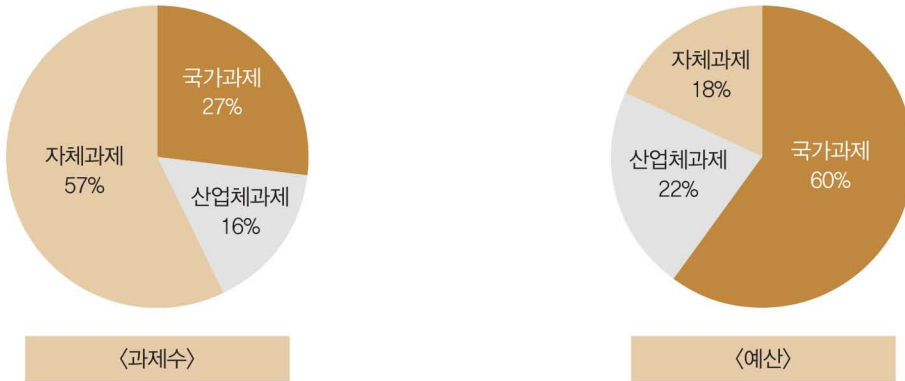
앞에서 설명되었듯이 KNF는 기술연구소가 설립된 1992년을 기점으로 하여 본격적인 R&D가 추진되었다. R&D 로드맵과 개발 전략에 따라 지속적으로 추진됨에 따라 요구되는 R&D 투자 예산도 계속 증가되어 왔다.

최근 3년의 기간 동안에 투자되고 수행된 전체 R&D 예산과 수행된 과제 수 현황은 〈그림 1〉과 같다. 2014년, 2015년에 종료된 과제들과 2016년 현재 수행 중인 과제들을 포함한 자료로, 3년에 걸쳐 약 1,254억의 예산이 R&D 수행에 투입되었다.

국가 차원에서 경쟁력 및 역량 강화를 위하여 수행된 R&D 과제 수는 상대적으로 작지만 전체 예산의 절반을 넘어 약 51%에 달하고 있다. 이는 KNF에서 수행하고 있는 국가 과제들의 양적인 수준이 산업체 과제나 자체 과제에 비하여 상대적으로 매우 크다는 것을 시사하고 있다.

KNF 자체 예산에 의하여 수행되는 자체 과제의 수가 상대적으로 많은 것은 사업 관리 업무상 자체의 기술 역량 및 경쟁력 강화를 위하여 요구되는 R&D 사업들이 많

과제	국가과제	산업체과제	자체과제	총계	비고
과제 수 (개)	14	8	29	51	2016년 수행 중
투자비 (억원)	418	151	122	691	



〈그림 2〉 KNF의 2016년 R&D 수행 및 투자비 현황

기 때문이며, 기업의 R&D 정책 측면에서 바람직한 현상이라고 판단된다. 특히 매출 규모를 고려할 때 KNF는 상대적으로 매우 높은 수준의 R&D 투자를 지속적으로 유지하고 있다고 사료된다.

〈그림 2〉에서 보듯이 2016년 한 해 동안에 수행 중인 과제 수와 R&D 투자 예산을 보면, 최근의 3년에 걸쳐 조사된 R&D 과제 수 및 투자 예산과 동일한 경향을 보여주고 있다. 2016년도 후반기에 추진 되는 자체과제의 수와 투자예산이 자료에 반영이 안되었지만, 한해 동안에 수행 되는 과제 수와 투자예산이기 때문에 상대적으로 규모는 작지만 KNF R&D 추진 전략은 동일 한 경향을 보여주고 있다.

KNF가 2016년 현재 주관하여 수행 중인 국가 과제의 산·학·연 참여 현황은 〈표 1〉과 같다. 전체 14개

의 국가 지원 과제 중 산업계가 4개의 과제에 공동 참여하고 있으며, 학계가 3개의 과제에 공동 참여하고 있다. 즉 학계와 관련 산업계가 모두 7개의 과제에 공동 참여하여 KNF와 R&D를 수행하고 있어, 과제 수 참여 비율 50%의 높은 참여율을 보여주고 있다.

그러나 KNF 자체 R&D 과제의 산·학·연 참여율 27%는 상대적으로 낮다. 이것은 KNF의 주요 사업 관리 업무인 원자로 노심 설계, 안전 해석, 핵연료 설계, 핵연료 엔지니어링 및 핵연료 제조에 직결된 설계, 엔지니어링, 그리고 제조 및 공정 기술 등의 구체적인 업무와 직접 연계되는 학계, 연구계 및 산업계 인력이 상대적으로 작기 때문에 공동 참여 비율이 낮은 것으로 판단된다.



한전원자력연료(주) 전경

〈표 1〉 KNF 주관 국가 과제의 산·학·연 참여 현황(2016년)

분야	참여과제 수 / 총 과제수	과제수 참여비율	협력 기관
산업계	4 / 14	29%	KEPCO E&C, 두산, 오르비텍, 전테크, 미래엔, 포스코, BHI, 일진제강, 코네스
학계	3 / 14	21%	울산과기대, 경희대, 서울시립대, 조선대
연구계	0	0%	
총계	7 / 14	50%	

분석과 제언

KNF가 2014~2016년 R&D 수행을 위하여 투자된 약 1,264억의 예산 규모는 핵연료 전문 기술 회사로서 매출 규모에 비하여 매우 높은 수준을 유지하고 있다고 사료된다.

국가 차원의 경쟁력 증진을 위하여 지원된 국가 지원

과제의 예산 규모가 상대적으로 높지만, KNF 자체의 기술 역량 강화를 통하여 지속 성장을 추진하기 위한 자체 투자 예산 규모도 매출 규모에 비하여 적절한 수준을 유지하고 있다고 판단된다.

KNF가 주관하여 수행중인 국가 지원 R&D 과제 수에 대한 산·학·연 공동 참여율 50%는 국가 차원의 인력 개발, 시장 창출, 그리고 창조경제의 활성화 정책에 충

〈표 2〉 KNF 주관 자체 과제의 산·학·연 참여 현황(2016년)

분야	참여과제 수 / 총 과제수	과제수 참여비율	협력 기관
산업계	3 / 29	10%	오르비텍, 모니텍
학계	4 / 29	14%	한국전력국제원자력대학원대학교, 서울대, 경북대, 영남대
연구계	1 / 29	3%	
총계	8 / 29	27%	

분히 기여하고 있는 적절한 수준이라고 판단된다.

그러나 KNF의 사업 관리 영역이 비록 관련 산·학·연과의 직접적인 사업 연계성이 상대적으로 낮지만 R&D 공동 참여율이 낮다는 것은 지속 성장 추진 전략 측면에서 장기적으로 바람직하지 않기 때문에 KNF의 지속적인 노력과 의지가 요구되는 영역이라고 판단된다.

특히 KNF 사업 관리 업무상 자체의 기술 고도화, 기술 역량 및 경쟁력 강화 등을 위하여 요구되는 R&D 사업들을 자체 투자에 의하여 단기적으로 적절히 수행하고 있으나, 자체 투자하여 수행되는 R&D의 방향이 현재의 전략과 더불어 미래 성장 동력에 기여할 수 있는, 즉 새로운 부가가치 창출에 기여할 수 있는 R&D 자체 투자를 장기적으로 추진하는 전략을 가미하여야 할 것이다.

산·학·연 협업적 공동 R&D의 활성화 정책은 국가 자원의 체계적인 융합을 통하여 국가 차원에서 미래 성

장 동력을 창출하고, 인력을 개발하고, 고용을 증대시키고, 새로운 시장을 창출하는 선순환의 Leading 역할에 기여할 수 있다.

학계는 기초 기반 연구 수준의 고도화 전략으로 대학 소유의 기술 가치화를 산업계에 연계시키는 R&D 전략을, 연구계는 혁신적이고 미래 지향적인 국가 미래 기술 R&D 전략을, 그리고 산업계는 학계와 연구계의 R&D 전략과의 체계적인 융합을 통하여 미래 시장 지향적인 Product 중심의 R&D 를 추진할 필요성이 있다.

이와 같은 공동의 Network 전략이 협업적인 산·학·연 공동 R&D 추진의 근간이라고 생각한다. 따라서 협업적인 산·학·연 공동 R&D 활성화 정책은 국가 성장 동력, 국가 미래 기술, 그리고 국가 경쟁력이라는 큰 Vision하에서 Network의 협업 추진을 하는 국가 R&D 사업에 우선적이고 적극적으로 실천 및 적용할 때 그 투자 가치가 충분히 발휘될 것으로 예상된다. 🌞