

국가 연구개발사업의 성과 증진을 위한 전략적 스핀오프 추진 방안

—원자력 기술을 중심으로—

Spin-off Strategies for the Improvement of
the Performance National Nuclear R&D Project

이태준*, 김현준*, 정환삼*, 양맹호*, 최영명*

〈目 次〉

- I. 서 론
- II. 스핀오프 이론
- III. 원자력 기술의 스핀오프 특징과 현황
- IV. 원자력연구개발사업의 전략적 스핀오프 추진 방안
- V. 결론 및 시사점

〈Abstract〉

In the light of the strategic utilization of the national R&D projects, this paper is to induce the spin-off strategies to improve the national R&D effectiveness through analyzing the spin-off characteristics of nuclear technologies, the spin-off status of the advanced countries and the case study of Korean nuclear spin-offs. Spin-off process is viewed as a three-stage operation, such as preparation stage, implementation stage and maintenance stage. In order to find the correlation between the influencing factors and spin-off effectiveness, the Spearman's correlation coefficient was employed as a specific statistical technique. By integrating this correlation, spin-off process and spin-off strategies, this paper presents an efficient framework to improve the spin-off effectiveness.

* 한국원자력연구소 정책연구부

(E-mail : 이태준(tjlee@nanum.kaeri.re.kr), 김현준(hjkim@nanum.kaeri.re.kr),
정환삼(hschung@nanum.kaeri.re.kr), 양맹호(mhyang@nanum.kaeri.re.kr),
최영명(ymcho@nanum.kaeri.re.kr))

I. 서 론

WTO 출범 이후에 과학기술 경쟁력이 국가경제 발전에 가장 핵심적인 요소라는 평가와 인식이 더욱 확산되면서 국가 연구개발사업의 추진에 있어서도 생산성과 경제성이 크게 강조되고 있으며 연구결과의 효과적 활용이 국가차원의 매우 중요한 정책현안으로 대두되고 있다(NAS, 1992). 이에 따라 국가 과학기술 능력을 선도해 온 국가 연구개발사업의 역할은 사업의 성공적 수행을 통한 과학기술 지식창출 및 기반확충과 함께, 획득된 혁신적인 연구결과를 공공 또는 민간에 효율적으로 기술 이전하여 실용화함으로써 국가 산업·경제 발전에 더욱 적극적으로 기여해 줄 것을 요청 받고 있다(Luchsinger & Blois, 1989). 국가 연구개발사업의 스피노프에 대한 중요성이 이처럼 증가되어 왔음에도 불구하고 그 성과가 미흡한 이유는 사업의 계획 수립 및 추진 시에 개발된 기술요소들의 활용가능성에 대한 전략적 고려가 충분하지 못했기 때문으로 분석되고 있다(Brown & Wilson, 1993 Chiang, 1992).

원자력연구개발중장기계획사업¹⁾은 국가 연구개발사업으로서 국가 원자력기술의 고도화 및 선진화를 목표로 하고 있다. 또한 1998년부터는 국가 경제위기 극복 및 국제경쟁력 확보를 중점과제로 설정하고 연구결과의 효율적 기술이전을 통해서 국가 경제산업발전에 적극적으로 기여함으로써 연구개발의 효용성을 극대화하고자 노력하고 있다.

원자력연구개발사업은 1992년부터 2006년까지 15년간 수행되고 있는 장기 국가 연구개발사업으

로서 우선적으로 계획된 목표를 성공적으로 완수하는 것이 사업의 일차적인 임무가 되며 획득된 기술의 공공 또는 민간기업에 대한 스피노프를 적극적으로 추진하여 연구개발사업의 성과를 제고하는 것 또한 국가 연구개발사업으로서 매우 중요한 임무가 된다고 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 국가과학기술발전의 주체로서 국가 연구개발사업의 연구개발 성과를 증진하기 위한 관점에서, 연구개발 활동을 통해서 개발·획득된 기술의 이용을 향상시키기 위한 체계적인 방안을 원자력연구개발사업을 중심으로 분석하고 국가 연구개발사업의 연구결과 활용을 제고하기 위한 효율적인 스피노프 추진 방안과 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 스피노프 이론

일반적으로 기술이전은 어떤 집단이나 제도에 의해 발전된 체계적이고 합리적인 지식이 다른 집단이나 제도에 체화되는 것을 의미한다. 그러나 정부출연연구소²⁾는 국가가 요구하는 임무지향적 연구개발활동을 고유의 업무로서 주로 수행하고 있기 때문에, 출연(연)의 민간산업에 대한 기술이전은 스피노프라는 개념 하에서 일반적인 기술이전과는 구별되고 있다.

출연(연)에서 민간기업으로의 스피노프는 2차 대전이후 미국 국방과학기술정책의 기본방향으로 특징지어진 스피노프패러다임에서 시작되었다고 볼 수 있다. 당시에 국방 연구개발 프로젝트에 참여했던 민간기업의 과학기술자들은 프로젝트에

1) 이후에는 원자력연구개발사업으로 표기하기로 한다.

2) 본 논문에서 정부출연연구소라 함은, national laboratory, federal laboratory, federal-sponsored laboratory, government-sponsored laboratory 등을 모두 통칭하기로 하며, 이후에는 출연(연)으로 나타내기로 한다.

참여해서 습득한 경험과 결과를 토대로 시장적 응용 제품들을 후속적으로 개발하였으며, 이러한 과정을 스피노프(spino-off)³⁾라고 부르게 되었다(홍성범, 1994). 초기의 스피노프 개념은 국방연구개발결과 중에서 민간산업용으로 전환되는 과정을 추가적인 관리와 비용이 소요되지 않는 자동적인 과정으로 인식됨에 따라서 기술이 민간부문으로 이전되어 경제적인 효과를 창출하는 데 필요한 효율적 이전 메커니즘, 기업의 소화·흡수 및 기업화 능력, 그리고 참여기업에 대한 인센티브 제공 등의 요인이 간과되었으며 스피노프에 있어서 출연(연)의 역할은 무시되었다.

그러나 1980년대 초에 미국의 대외무역수지적자가 누적되고, 산업의 생산성이 낙후되는 등 미국의 국가경쟁력이 약화되면서 의회를 중심으로 출연(연)의 연구개발투자에 대한 효과성에 의문을 제기하게 되었고, 이에 따라 출연(연)은 본래의 임무 지향적 연구개발을 수행하면서 동시에 개발된 기술을 민간에게 적극적으로 이전해 줄 것을 요청 받게 되었다(Wu, 1994). 이러한 관점에서 스피노프는 “국가연구개발프로그램의 수행을 통해서 개발된 기술이 당초의 개발목적과는 다른 적용을 위하여 민간산업으로 이전되는 것, 즉 국립연구소의 연구개발 성과가 민간산업으로 기술이전 되는 것”으로 정의되었고(Herdan, 1987; Chiang, 1992; OECD/NEA, 1993) 이로부터 군사적 연구개발이나 우주 연구개발 등 대형 국가 연구개발사업을 중심으로 연구결과가 민간산업에서 적극적으로 실용화될 수 있는 방안을 모색하기 시작했다. 스피노프의 특성은 다음과 같이 다섯 가지로 정리될 수 있다(Brown & Wilson, 1993; Chiang, 1992; Johnson, 1982).

① 기술적 연계 및 전이 특성이다. 특정 기술이 다른 기술에 연계되어 확산되거나 응용되는 것을

의미하며 자동차 부문에서 개발된 기술이 선박 또는 항공기 개발에 응용되는 것이 예가 된다. ② 연대순적 전이의 특성이다. 스피노프는 연구개발 프로젝트에 후속적으로 응용되는 2차적 또는 3차적인 결과라는 의미이다. ③ 조직적 전이의 특성이다. 조직적 전이는 스피노프가 초기개발조직이 아닌 다른 조직에서 발전될 수 있다는 의미이다. ④ 우연적 발견(serendipity)의 특성이다. 스피노프는 기본적으로 당초의 연구개발프로젝트에서 기대하지 않았던 것을 뜻밖에 찾아내는 특성을 가진다. ⑤ 예측 및 관리 가능성이다. 초기의 스피노프 패러다임에 입각한 소극적 개념이 아니라 스피노프의 잠재성을 사전에 인식하고 분석하려는 노력이 적극적으로 고려된 특성이다. 이러한 특성은 연구개발이 실용화 목표를 달성하는 데 필요한 하나의 수단이 된다는 전략적인 연구개발 관점으로 해석할 수 있다. 위와 같은 스피노프의 특성 때문에 스피노프의 상업적 영향에 대한 관심은 증가함에도 불구하고 스피노프의 원천이나 성과에 대한 실증적 연구에 어려움이 있다(Brown & Wilson, 1993). 또한 이와 같은 특성이 연구개발 프로그램에 대한 스피노프의 전략적 중요성을 연구하는데 타당성을 제공한다(Chiang, 1992).

스피노프의 유형은 전형적으로 연구결과 활용의 방향에 따라 신규시장응용(alternative market applications)과 후속기술개발(second-generation technologies)로의 스피노프로 구분된다(Brown & Wilson, 1993). 신규시장응용으로의 스피노프는 연구개발 프로젝트 결과들이 후속적으로 시장에 응용될 때, 또는 초기에 의도된 응용과는 다르게 사용될 때 일어나며 시장의 신규성으로 측정된다. 시장의 신규성은 기존의 고객 → 새로운 니치(niche) 마켓 → 새로운 시장 영역

3) 이진주(1994)는 spin-off를 파생적 혁신이라고 명명하고 또한 spin-off에 대응되는 개념으로서 spill-over를 전파적 혁신으로 명명하였다. 이가중(1990)은 spin-off를 기술확산이라고 명명하고 technology diffusion을 기술파급이라고 명명하고 있다. 이와 같이 spin-off를 우리말로 번역한 용어로는 파생적 혁신 또는 파생, 기술확산 등이 있으며 아직까지 용어의 통일을 보지 못하고 있다. 따라서 본 논문에서는 spin-off를 스피노프라고 명명하고자 한다.

→ 완전히 새로운 시장으로 이동할수록 증가한다. 후속기술개발로의 스피노프는 연구개발 프로젝트의 주제였던 기술이 후속 연구개발을 통해서 크게 변경되거나 강화될 때 발생하며 기술의 신규성으로 측정된다.

또한 스피노프 경로로서는 전반적으로 불 때 인력 이동 및 교류, 출판, 컨퍼런스, 연구개발 계약, 특허 및 라이선싱, 협력 협정, 상업용 사업화, 컨설팅, 정보 교환 및 교육 등을 들 수 있다. 이 중에서 라이선싱을 포함한 연구계약 매커니즘이 가장 효율적인 것으로 여겨지고 있다(OECD/NEA, 1993).

국가 연구개발사업의 스피노프 성과를 정리하면 크게 기술적, 경제적 측면에서 다음과 같이 두 가지로 구분될 수 있다.

첫째, 기술적 성과이다. 스피노프의 기술적 성과는 기술혁신 성과와 기술학습 성과로 구분될 수 있다. 기술혁신 성과는 출연(연)의 연구개발결과를 민간산업에 이전하여, 국가 산업발전에 기여할 수 있는 유용한 제품이나 서비스로 상품화함으로써 기술의 출연(연)에 의한 연구개발 단계에서 민간 또는 공공 기업에서의 실용화 단계까지 기술혁신의 전주기적 성과를 달성하게 된다는 것이다(Chiang, 1992; Johnson, 1982). 기술학습 성과는 스피노프 활동에 참여한 연구소 조직에 새로운 기술적 능력이 구축되거나 기존의 기술적 능력이 확장된다는 성과이다. 기술제공자의 입장에서는 보유한 기술의 실증 기회를 가지며, 또한 스피노프 활동을 통해서 얻어진 엔지니어링 기술 등과 경험이 모조직(parent R&D organization)의 목적(goal)과 목표(objectives)달성에 기여하게 된다. 또한 스피노프에 참여한 연구원들이 민간산업 기술자들과 밀접히 접촉함으로써 연구개발 사고 영역 및 시야가 확장되어 새로운 연구개발 아이디어를 창출해 내고 연구개발 프로젝트 수행시 개발되는 기술의 활용을 증시하여 목적지향적 초점 있는 연구개발프로그램을 추구하게 된다(Roberts & Malone, 1996; Chapman, 1994; Mitchell, 1994). 기술도입자의 경우에는 단기적으로는 기술능력 향상, 제품 설계와 생산 경험 습득 및 비용절감 혜택을 얻으며 장기적으로는

제품과 공정의 개선, 신규 산업 진출, 사업기반 구조의 강화 등의 형태로 경쟁력을 향상시키게 된다(Chiang, 1992).

둘째, 경제적 성과로서, 연구개발 투자의 효과성과 효율성이 증진된다. 출연(연)이 보유한 기술과 가용한 자원으로 최대의 수익을 창출함으로써 연구개발 투자의 프로젝트의 효과성(effectiveness)을 높일 수 있다(Johnson, 1982). 또한 민간기업에서 상업적 응용에 대한 관심을 가질 수 있는 연구개발과제에 대하여 연구개발 계획 단계부터 연-산 협동연구체제로 수행함으로써 출연(연)의 연구개발 자원을 효율적으로 절감할 수 있다.

이 외에도 스피노프를 통해서 국가 연구개발사업의 성과를 연구개발 조직외부에 전파함으로써, 국가 연구개발사업의 투자와 출연(연)의 연구개발 활동 및 보유기술능력에 대한 국민적 이해를 증진시킬 수 있다고 보고되고 있다(Johnson, 1982).

III. 원자력 기술의 스피노프 특징과 현황

1. 원자력 기술과 스피노프 특징

원자력에너지를 이용하여 전기를 생산하기 위한 기술은 선진국에서 1940년 초반부터 개발되어 왔다. 초기에는 저출력 연구로 및 실증로가 건설되어 기본현상 이해와 자료 생산, 핵연료 및 원자로 부품 시험과 방사성동위원소 생산에 이용되기 시작했다. 다음단계에서는 보다 큰 규모로 핵연료를 생산하기 시작했고 미국의 쉬핑포트, 벨기에의 BR3 등 최초의 소형원자로가 건설되었다. 동시에 다양한 규제기관이 여러 나라에서 설립되어 많은 규제 기준과 절차가 만들어 졌다. 새로운 산업부문과 관련된 수많은 서비스산업 및 규정들은 광범위한 연구개발의 지원을 요구하였으며 원자력 연구개발은 원자력발전량의 증가와 함께 더욱 활발히 추진되었고 초기에 이러한 연구개발 활동은 주로 정부에 의해서 지원되었다.

원자력 설비용량이 더욱 증가하면서 원자로 제어, 인간-기계 상호작용과 로보틱스, 에너지 자원의 경제적 이용, 원자로 운전의 최적화와 수명 연장, 원자로 및 원자력 시설의 안전한 폐로, 핵연료 및 방사성폐기물의 안전한 저장 등 분야로 연구개발 영역이 확장되었다. 이러한 지속적인 원자력 연구개발을 통해서 많은 원자력 기술의 과학 기술적 우월성이 입증됨으로써 점차로 공공 또는 민간 기금의 지원을 받게 되었으며, 원자력 에너지 영역을 훨씬 뛰어넘는 과학기술적, 산업적 응용이 증가되었다.

이처럼 원자력기술은 50년 이상 개발되어 오면서 실험실 규모에서 대규모 상업적 산업으로까지 확장 발전되었다. 이러한 과정에서 원자력기술에 내재되거나 연관된 부문의 과학기술진보로서 원자력발전소의 거동을 설계, 분석, 이해하는 능력이 확고하게 정립되는 등 그 폭과 깊이에 있어서 혁신적으로 발전되었다. 원자력기술의 특징은 다음과 같이 정리될 수 있다. ① 원자력 기술에는 방사선을 방출하는 특성이 포함되어 있기 때문에 기술의 개발, 이용 등에 있어서 안전성 확보가 우선적으로 전제되는 고도의 기술집약적 성격을 가지고 있다. ② 원자력 기술의 개발 이용에는 기초 및 응용 과학기술이 복합적으로 적용되는 학제적인 기술이 적용된다. 원자력발전소의 경우는 약 3,000만 개의 기기와 부품으로 구성되는 복합시스템 기술이 적용되며, 원자력 기술은 지역난방, 해수의 담수화 및 재료과학, 환경과학, 안정성평가 및 계측 분야 등 타 산업기술분야에도 응용되고 있다. ③ 원자력 기술개발에는 비용과 시간이 많이 들고 기술개발 성공에 대한 위험이 커서 쉽사리 기술자립을 달성하기 힘든 기술이다. 따라서 기술개발 초기단계부터 체계적이고 전략적인 개발계획이 수립 시행되어야 한다.

④ 핵비확산조약(Non Proliferation Treaty : NPT)에 의거하여 국제 감시 및 간섭 하에 기술이전 등이 제한 받는 국제 민감기술이다. ⑤ 에너지를 준국산화 할 수 있는 기술로서 국가 동력체계의 핵심이 되는 기술이다. ⑥ 원자력 기술의 산업적 적용에는 국민 이해와 합의 형성이 매우 큰 비중을 차지한다.

이와 같은 원자력 기술의 특징을 바탕으로 원자력기술의 스피노프는 원자력 발전과 관련 산업 개발을 위한 연구개발에서 시작된다. 원자력 발전을 위한 기술적·제도적 기반을 구축하기 위해서는 중요하고도 다양한 연구개발 노력이 요구되어 왔으며 이러한 연구개발은 원자력에너지 영역의 경계 밖으로 응용되어 왔다.

원자력발전소의 안전성과 환경 감시 및 보호에 대한 요건에 따라 원자력발전소에는 항상 특수한 재료, 제어시스템 및 극한취급기술 등 특수한 기술의 사용이 장려되어 왔으며, 또한 제조업체나 원천기술의 개발 조직에도 엄격한 품질관리 및 시험을 요구하여 왔다. 이로 인하여 원자력 기술이 타 산업 분야의 기술에 비하여 기술적 우월성을 유지하게 되었고 이것이 스피노프를 일으키는 강한 추진력으로 작용하게 되었다. 특히 다른 산업에서 요구되는 기술수준이 원자력산업에서 요구되는 수준에 근접하거나 평행하게 되면서, 즉 원자력에너지의 특정한 분야를 제외하고는 원자력과 비원자력 기술개발에 사용되는 기기와 과학적 방법론이 유사해지면서, 원자력과 비원자력 기술간의 경계구분이 점점 줄어들게 되었고 이에 따라 원자력 기술 또는 제품의 스피노프가 활발히 진척되기 시작하였다. <표 1>은 원자력 기술 중에서 스피노프 가능성이 높은 기술과 관련 학문 분야 및 산업 분야를 나타낸 것이다 (OECD/NEA, 1993).

<표 1> 원자력 기술의 스피노프 기술과 대상 부문

| 구 분 | 관 련 부 문 |
|---------|--|
| 스피노프 기술 | 시험, 검사, 재료, 엔지니어링, 설계, 계측 기기, 환경 |
| 대상 학문 | 재료과학, 환경과학, 안전성 평가 및 모델링 |
| 대상 산업 | 발전산업 : 특히 화력 발전산업 비발전산업 : 석유/가스/화학 등 장치산업 |

2. 선진국의 원자력 스피노프 현황

미국 등 주요 선진국들은 과학분야에 있어서 혁신적인 발견이나 진보가 대학이나 연방연구소 등 공공부문에서 이루어진다는 점에 주목하고, 연방정부가 예산을 지원한 기술에 대해 스피노프를 촉진하는 정책을 우선 순위가 높은 중요한 정책목표로 설정하고 있으며, 관련 법규제정을 통해 제도적으로 강력히 추진하고 있다.

특히 원자력연구기관의 일반 산업 및 경제발전에 대한 역할을 보다 잘 이해하기 위해서 OECD/NEA 회원국을 대상으로 수행한 연구(OECD/NEA, 1993)에 따르면, 원자력 기술의 스피노프는 대체로 출연(연)을 주축으로 출연(연)의 목표와 임무, 출연(연)과 산업계와의 관계 등이 출연(연)의 스피노프를 촉진하는 방향으로 변천하고 있는 것으로 분석되었다.

대부분의 선진국 원자력 연구기관들은 원자력 기술부문이 기술적으로 성숙되고 경쟁력을 갖추게 되었을 때, 연구개발 및 서비스 능력에 대한 스피노프를 적극적으로 추진하기 시작했으며 스피노프를 장려 또는 발굴하기 위한 공식적 장치가 도입되어 운영되고 있다.

프랑스 원자력연구개발의 중심인 원자력청(CEA)은 1990년 이후에 연구개발프로그램을 추진할 때 산업체로의 기술이전의 효과성을 강조해 왔으며 또한 직원의 창업시 2년간의 고용보장제도를 운영하고 있다.

영국의 원자력청(UKAEA)의 경우에는 정부의 경영층의 적극적인 추진으로, 원자력사업과 비원자력사업으로 구성된 완전히 시장지향적인 조직으로 변화하였으며 이러한 조직구조하에서 스피노프의 활동은 기관의 일상적인 업무가 되었다.

유럽공동체(EU)는 인적자본과 유동성에 대한 1992-94 프로그램에서 스피노프의 역할을 강조하고 구체적으로 VALUE 프로그램을 통해서 연구개발 활동의 스피노프를 활성화시키고 있다.

스피노프를 장려하는 프로그램으로서, 미국의 CRADA와 SBIR, 독일의 TT 프로그램은 스피노프를 통해 발생한 기술료 수입을 스피노프를 장려하는데 적극적으로 사용하고 있으며 모든 스피노프 제도에는 연구원 개인 또는 기관들이 스피노

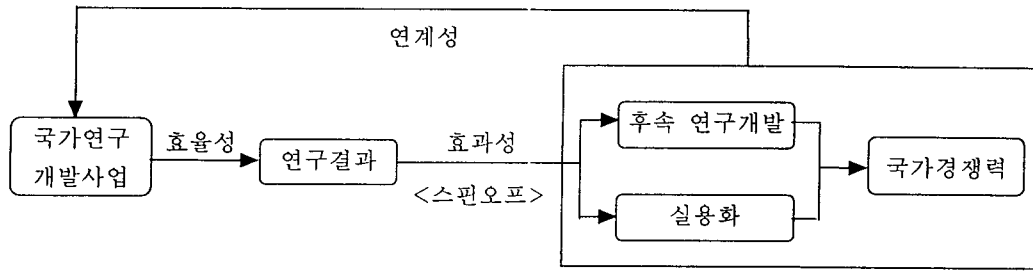
노프를 장려하기 위한 동기부여 제도가 포함되어 있다.

IV. 원자력연구개발사업의 전략적 스피노프 추진 방안

1. 기본 분석 개념

기술혁신주기 관점에서 볼 때, 국가 연구개발사업의 연구개발 성과는 연구개발 수행의 효율성(efficiency)과 연구개발 결과의 효과성(effectiveness), 연구개발 수행과 연구개발 결과간의 전략적 연계성(alliance)으로 측정될 수 있다. 연구개발 수행의 효율성이란 계획된 비용 및 기간 내에서 기술적 목표가 얼마나 성공적으로 달성되었는지에 관한 것이다. 연구개발 결과의 효과성이란 연구개발 결과가 얼마나 성공적으로 잘 활용되는가의 정도를 말한다. 즉, 국가 연구개발사업의 연구결과가 후속 과제에 활용되거나, 공공 또는 민간 기업으로 기술이전 되어서 실용화되는 정도를 의미한다. 전략적 연계성이란 제 3세대 연구개발 관리 관점에서 연구개발결과가 국가 연구개발사업을 주도하고 있는 출연(연) 뿐만 아니라 국가 장기발전목표에 전략적 수단이 되어서 계획과 수행단계에서 결과의 활용성을 우선적으로 고려하여 연구개발을 수행해야 한다는 의미이다. 이와 같은 전략적 연계성 기능이 효율적으로 작용하지 못할 경우에는 기술제공자인 출연(연)의 기술능력과 기술도입자인 기업의 기술능력이 우수함에도 불구하고 실용화 성과는 낮게 나타나는 것으로 분석되고 있다(NRC, 1992). <그림 1>은 이러한 국가 연구개발사업의 성과와 스피노프 분석 개념을 전략적 관리 관점에서 나타낸 것이다.

이러한 개념 하에서 국가 연구개발사업의 스피노프는 출연(연)의 연구개발 성과를 민간기업으로 기술이전 하는 것으로서, 출연(연)에서 자체 연구개발(technology push)이나 기업과의 공동 또는 협동 연구(business pull)를 통해서 획득한 신기술을 공공 또는 민간 기업의 생산활동에 직접



〈그림 1〉 국가 연구개발사업의 성과와 스피노프 분석 개념

응용하는 과정이며, 해당 기술의 산업차원에서 볼 때, 출연(연)의 신기술 획득활동과 기업의 안정적 생산활동의 중간연결과정에 해당한다. 따라서 출연(연)의 스피노프는 연구개발 성과를 제고하기 위한 관점에서 전략적으로 관리되어야 한다.

2. 원자력연구개발사업의 스피노프 사례 분석

우리 나라의 원자력 기술개발은 원자력발전소(원전)와 연관된 기술을 중심으로 이루어졌다. 1958년 3월에 원자력법이 공포되고, 1959년 1월과 2월에 원자력원과 한국원자력연구소가 설립되면서 원전도입을 위한 기초 조사와 원자력 기초 연구활동이 시작된 후, 1970년 9월에 착공된 우리나라 최초의 원전이 고리1호기가 1978년 4월에 준공됨으로써 세계에서 21번째의 원자력 발전소 보유국이 되었다.

한국형 경수로⁴⁾라고 불리는 울진3·4호기는 1959년부터 30년간 축적해온 원자력 연구개발 성과와 영광3·4호기를 통한 국내원전의 표준화 개념 및 원자로계통 공동설계 경험, 그리고 선행호기들의 설계개선사항을 접목시킨 것으로 우리나라의 독자적 책임 하에 원전의 핵심기술인 원자력 계통설계와 핵연료 설계가 수행되어 준공 후에는 우리나라 원자력 기술 자립의 시금석이 될 전망이다. 1995년까지 원전의 건설 기술은 95%를 자

립하였다.

“원자력 연구개발 중장기 계획(1992-2001)”이 1992년 6월에 국가 계획으로 확정되면서, 원자력 연구개발사업은 원자력 기술 선진국 진입과 원자력 발전 기술의 자립 및 고도화를 통한 국가 에너지 자립기반 구축을 목표로 수행하게 되었다. 1994년 7월에 2030년을 향한 국가 원자력 장기정책방향이 수립되고, 이를 토대로 1997년 6월 국가 원자력 정책목표와 기본방향을 효율적으로 달성하기 위한 원자력진흥종합계획이 확정되면서, 원자력연구개발사업은 사업에 대한 종합평가를 바탕으로 보완되어 2006년까지 시행되도록 의결되었다.

본 논문에서는 원자력연구개발사업이 시작된 1992년 이후에 공식적인 기술이전계약에 의해서 연구결과가 국내 민간기업으로 기술이전된 12건의 모집단 사례를 대상으로 스피노프 영향요인과 성과간의 상관관계를 분석하고 이를 토대로 국가 연구개발사업의 연구개발 성과 증진을 위한 스피노프 추진 전략과 방안을 제시하였다. 수집된 자료들로부터 독립변수와 종속변수간의 관계는 스피어만의 서열상관계수(Spearman's rank order correlation coefficient)를 이용하여 분석되었다. 표 2는 본 논문연구에서 채택된 스피노프 영향요인과 성과에 대한 각각의 변수들의 조작적 정의 및 척도를 정리한 것이다.

4) 정식명칭은 한국표준형경수로(Korean Standard Nuclear Power Plant) 이다.

〈표 2〉 변수의 조작적 정의 및 척도

| 변 수 명 | | 조 작 적 정 의 | 척 도 |
|-------|---------|--------------------------------|-------|
| 독립 변수 | 스핀오프태도 | 스핀오프 노력과 중요성 인식 정도 | 7점 척도 |
| | 스핀오프제도 | 스핀오프 절차/규정과 경영지원 만족도 | 7점 척도 |
| | 기술이전조직 | 기술이전관리조직의 운영에 대한 만족도 | 7점 척도 |
| | 프로젝트평가 | 연구과제 최종평가지 실용화 평가비중 | 7점 척도 |
| | 의사소통효율성 | 출연(연)/기업간 의사소통 빈도, 정확성, 신속성 정도 | 7점 척도 |
| | 기술도입경험 | 기업의 출연(연)으로부터의 기술도입 건수 | 비율척도 |
| | 제품시장특성 | 상용화 제품의 국내 시장 규모 | 7점 척도 |
| 종속 변수 | 기술혁신 성과 | 이전기술의 실용화 정도 | 7점 척도 |
| | 기술학습 성과 | Eng'g 기술학습과 R&D 아이디어 창출 정도 | 7점 척도 |
| | 경제적 성과 | 기술료 수입 | 비율척도 |

스핀오프영향요인과 스팀오프 성과간의 상관관계의 분석결과는 〈표 3〉과 같다. 기술혁신 성과는 프로젝트 평가와 기업의 기술도입 경험과 상관관계가 높은 것으로 나타났다. 연구개발과제의 최종 평가에서 스팀오프 성과에 대한 비중이 높아 질수록 기업이 출연(연)으로부터의 기술도입경험이 많을수록 스팀오프 기술의 상용화가 높아질 것으로 분석되었다.

따라서 연구과제의 최종평가지 연구결과의 실용화에 대한 평가가 더욱 강조되어야 하며 기술이전 추진과정에서 대상기업을 선정할 때 기업의 기술도입경험이 보다 높은 비중으로 평가되어야 할 것으로 분석되었다.

기술이전에 참여하는 연구원의 태도, 기술이전 제도 기술이전관리담당부서의 운영 및 연구소와

〈표 3〉 스팀오프 성과에 대한 Spearman 상관계수

| 독립변수 | | 스핀오프성과 | 기술혁신성과 | 기술학습성과 | | 경제적성과 |
|----------|---------|--|----------------|----------------|--------------|-------|
| | | 기술 상용화 | Eng'g 기술학습 | R&D 아이디어 창출 | 기술료 수입 | |
| 기술제공자 요인 | 스핀오프태도 | 0.36848 | 0.79793 *** | 0.63488 ** | 0.56241 * | |
| | 스핀오프제도 | -0.24691 | 0.59616 * | 0.67726 ** | 0.28037 | |
| | 스핀오프조직 | -0.24691 | 0.65642 ** | 0.70996 ** | 0.43772 | |
| | 프로젝트평가 | 0.66071 * | -0.01751 | 0.09583 | -0.06320 | |
| 상호 요인 | 의사소통효율성 | 0.25986 | 0.68301 ** | 0.77377 *** | 0.43522 | |
| 기술도입자 요인 | 기술도입경험 | 0.71435 *** | -0.68054 | -0.35955 | -40180 | |
| | 제품시장특성 | -0.23532 | 0.89735 *** | 0.63095 * | 0.24676 | |
| 비고 | | (주)*: P-Value≤0.1, **: P-Value≤0.05, ***: P-Value≤0.01 | | | | |

기업간의 의사소통의 효율성 및 제품시장의 특성 등이 기술학습 성과와 상관관계가 높음을 보여주고 있다. 연구과제팀의 기술이전의 중요성에 대한 인식과 스피노프를 위한 노력이 증가할수록, 스피노프 프로젝트 발굴과 기업으로의 기술이전을 위한 제도의 효율성과 지원 수준 및 스피노프 관리담당부서의 운영에 대한 만족도가 높을수록, 스피노프 과정에서 출연(연)과 기업간의 의사소통의 원활할수록, 그리고 이전된 기술로부터 상용화되는 제품의 국내시장의 규모가 클수록 기술학습 성과가 높아질 것으로 분석되었다. 경제적 성과는 스피노프태도와 높은 상관관계를 가지는 것으로 나타났다. 연구과제팀의 스피노프활동에 임하는 태도가 적극적일수록 기술이전의 대가로 받는 기술료 수입이 증가할 것으로 해석될 수 있다.

3. 원자력연구개발사업의 스피노프 전략과 추진 방안

원자력 기술의 스피노프 특징과 주요 선진국의 스피노프 현황에 대한 고찰로부터, 스피노프를 촉진할 수 있는 산업에 유익한 기술 지식과 효율적인 스피노프 제도가 원자력연구개발사업의 성과 및 스피노프 성과를 증진시키는 데 매우 중요하게 작용되는 것으로 분석되었다.

또한 국내 원자력 연구개발 활동의 스피노프 사례에 대한 분석으로부터, 연구개발과제팀의 스피노프태도는 스피노프의 기술학습 성과와 경제적 성과와의 상관관계가 높게 나타났으며, 스피노프 제도와 스피노프관리부서 운영, 스피노프과정에서 출연(연)과 기업간의 의사소통의 효율성과 이전된 기술로부터 상용화되는 제품의 시장특성이 기술학습 성과와의 상관관계가 높게 나타났다. 그리고 연구과제의 최종 평가에서 스피노프 성과에 대한 비중이 높아질수록 기업이 출연(연)으로부터의 기술도입경험이 많을수록 스피노프 기술의 상용화가 높아질 것으로 분석되었다.

이와 같은 분석을 토대로 국가 연구개발사업의 성과를 증진하기 위한 관점에서 스피노프 추진 전략은 다음과 같이 도출되었다.

첫째, 국가 연구개발사업은 사업의 성공적 완수에 최우선을 두고 추진하면서 연구개발 과정에서 개발·획득한 기술을 최대한 활용 할 수 있도록 추진되어야 한다. 즉, 스피노프의 적극적인 창출이 국가 연구개발 사업의 핵심활동, 즉 사업의 일차적인 목표 달성에 방해가 되지 않도록 해야 한다. 그러나 연구개발 수행과정에서 개발 획득된 기술을 끊임없이 탐색하고 동시에 관련기술의 타 연구개발 사업이나 공공 또는 민간 산업에의 활용 가능성을 지속적으로 탐색 분석함으로써 기술의 활용도를 극대화시키도록 추진되어야 한다. 또한 국가 연구개발사업 중에서 산업내 활용을 위한 것이거나 산업화 가능성이 높은 사업의 경우에는, 연구개발 결과의 상용화 가능성을 검토하기 위한 실증적 시험시범사업을 수행하여 기업에게 사업화에 따른 위험부담을 감소시켜주고 새로운 기술의 신뢰성을 확신시켜 주기 위한 제도적 지원이 마련될 필요가 있다.

둘째, 스피노프 환경에 대한 체계적인 분석을 바탕으로 연구개발과제의 기획단계부터 종료단계까지 명확하고 구체적인 연구결과 활용 목표가 설정·관리되어야 한다. 즉, 연구개발과제를 평가할 때 과제의 목표 및 추진계획과 연구결과 활용계획 및 활용결과가 동등한 수준으로 철저히 분석되어야 한다. 특히 해당 과학기술부문에 대한 국가의 장기발전 전략이 수립되어 있을 경우나 또는 과제의 연구결과를 토대로 국가의 장기발전 전략이 결정될 경우에는 사업의 목표와 연구결과 활용 시기 및 활용분야를 포함한 활용계획이 국가 장기 발전계획에 적합하게 연계되어 있음을 규명해야 한다.

셋째, 국가 연구개발사업의 기술특성에 따른 전문적인 스피노프 추진체제가 운영되어야 한다. 국가 연구개발사업의 스피노프를 통한 성과를 증진시키기 위하여 국가 차원의 행정적 제도적 재정적 지원도 필요하지만 출연(연)이 일반적으로 기술분야별로 특성화되어 있으므로 해당과학기술분야의 특성을 이해하고 기술의 산업화에 대한 전문성을 갖춘 효율적인 시스템이 운영되어야 한다. 출연(연) 또한 국가 연구개발사업의 성공적 완수라는 목표와 함께 획득한 기술의 스피노프를

통해서 연구개발 성과를 제고하는 것이 사업의 성공적 완수 못지 않게 출연(연)의 존재 가치를 제고할 수 있다는 인식 하에 조직차원의 전략적 우선 순위를 설정하고 적극적으로 추진해야 한다.

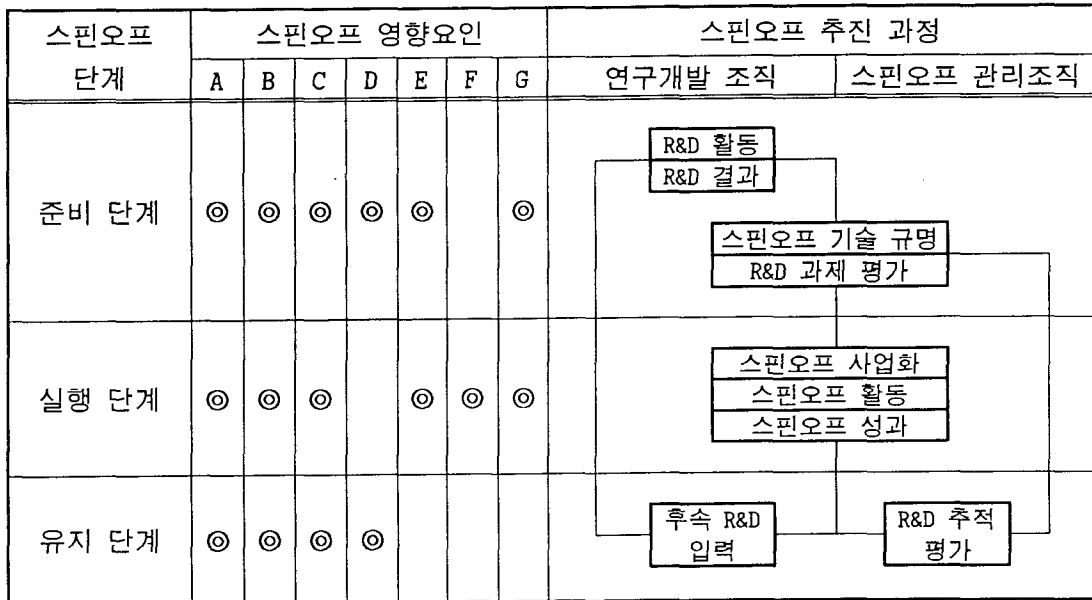
이와 같은 전략을 바탕으로 본 논문에서는 원자력연구개발사업의 스피노프 추진과정을 3단계로 구분하고 각 단계별 영향요인을 고려한 효율적인 스피노프 체계를 그림 2와 같이 제시하였다.

첫 번째 준비 단계(preparation stage)에서는 연구개발조직의 기술 능력을 규명하고, 산업화가 가능하며 동시에 기업이 관심을 가질 수 있는 스피노프 기술이 조사·발굴되어야 한다.

이 단계에서 연구개발 조직은 스피노프 기술의 대상 산업분야 및 스피노프 추진 메커니즘에 대한 완전한 이해가 필요하며, 스피노프 기술과 추진 방법에 대한 정부/출연(연)/기업간의 효율적인 정보 교류 채널 구축하고 연구개발 결과의 산업적 응용가능성을 효율적으로 확인되도록 해야 한다.

또한 스피노프를 장려하고 효율적으로 운영하기 위한 출연(연)의 제도가 확보되어야 하며, 특히 연구개발과제의 최종 평가시 연구결과 활용 계획 및 결과에 대한 비중을 강화시켜야 한다.

두 번째 실행 단계 (implementation stage)에서는 스피노프 프로젝트 개발, 기업의 스피노프 대상 기술능력 분석, 스피노프계약 체결 및 스피노프 오프활동 수행, 기업에 대한 교육 및 스피노프 문제점 해결 지원 등 스피노프 계약 관리 활동을 수행한다. 이 단계에서는 연구개발조직의 스피노프 기술의 상용화를 위한 적극적인 노력과 이를 위한 제도적 지원, 그리고 출연(연)과 기업간의 의사소통의 효율성이 강조되며, 스피노프 대상기업 선정과 기술료 산정을 위한 평가과정에서 기업의 기술개발능력과 제품시장 특성 등이 면밀히 분석되어야 한다. 또한 기술이전 시점과 범위를 포함한 계약 관리와 스피노프 성과 평가 및 지원을 위한 스피노프 관리부서의 전문적 능력이 발휘될 수 있어야 한다.



(주) A : 연구개발조직의 스피노프태도, B : 스피노프 제도, C : 스피노프관리조직의 전문성, D : 연구개발 평가제도, E : 출연(연)/기업간의 의사소통 효율성, F : 기업 상용화 능력, G : 제품시장 특성

〈그림 2〉 원자력연구개발사업의 스피노프 추진 체계

마지막으로 유지 단계(maintenance stage)에서는 스피노프 성과를 분석하여 이를 母연구개발 과제(parent R&D Project)의 성과에 반영해야 한다. 연구개발 결과에 대한 스피노프의 성과를 적절히 고려하지 않는다면 국가 연구개발 투자로 성취되는 결과를 가용범위보다 적게 활용하거나 그 가치를 낮게 평가할 위험이 있다. 또한 향후의 후속 연구개발 과제나 스피노프 사업추진 시에 도움을 줄 수 있도록 스피노프 성과 및 경험을 체계적으로 관리하고 제도를 보완해야 한다.

V. 결론 및 시사점

본 논문에서는 국가 연구개발사업의 연구개발 성과를 증진하기 위한 관점에서, 연구개발 활동을 통해서 개발·획득된 기술의 활용을 향상시키기 위한 체계적인 방안을 원자력 연구개발 사업을 중심으로 분석하고 국가 연구개발사업의 연구결과 활용을 제고하기 위한 스피노프 전략과 효율적 추진 방안을 제시하였다.

이를 위하여 국가 연구개발사업의 성과 증진을 위한 기본적인 배경으로서 스피노프에 대한 이론적 개념과 특징을 고찰하였다. 원자력 기술의 스피노프 특징과 원자력 연구개발 활동의 성과 증진을 위한 주요 선진국의 스피노프 현황 그리고 우리 나라 원자력 연구개발 활동과 원자력연구개발사업을 통한 스피노프 활동에 대한 사례를 분석하였다. 이를 토대로 국가 연구개발사업의 성과를 제고하기 위한 효율적인 스피노프 추진 방안과 정책적 시사점을 제시하였다.

국가 연구개발사업은 우선적으로 과학기술 지식창출을 통한 국가기술혁신을 선도하고, 동시에 연구개발 과정에서 개발·획득한 기술을 최대한 활용함으로써 국가 발전에 기여할 수 있도록 추진되어야 한다. 이를 위해서는 우선적으로 혁신적인 연구결과가 많이 창출되어야 하며, 동시에 개발된 기술이 공공 또는 민간기업에 효과적으로 적용될 수 있는 효율적 메커니즘을 체계적으로 운영하여야 한다. 따라서 국가 연구개발사업의 스피노프는 단순히 기술의 수직적 흐름이 아니

라, 연구개발 기술의 응용이라는 새로운 가치를 창출하는 과정으로서 국가 연구개발사업의 성과 증진을 관점에서 전략적으로 관리되어야 한다.

본 논문은 국가 연구개발사업에 대한 정책개발자 및 의사결정자와 프로젝트의 리더와 관리자를 대상으로 국가 연구개발사업의 성과 증진에 있어서 스피노프의 중요성과 추진 방법 등을 제안함을 목표로 하였다. 따라서 국가 연구개발사업의 민간산업으로의 스피노프를 통해서 국가경제발전에 기여하도록 효율적인 스피노프 추진 방안을 도출함으로써 국가 연구개발사업의 성과 증진과 출연(연)의 연구개발경쟁력 및 국가의 산업경쟁력 제고를 위한 정책대안의 수립에 활용될 수 있을 것이다. 아울러 국가 연구개발사업을 추진하는 기관이나 조직의 스피노프 증진과 관리상의 문제점을 개선하고 스피노프 추진을 위한 정량적이고 현실적인 계획 수립과 평가에 기여할 수 있을 것이다.

參 考 文 獻

- 이가중, 「기술혁신전략」, 남남신서 159, 도서출판 남남, 1990, pp.153.
- 이진주, 「연구개발의 관련개념과 기술의 분류」, Selected Readings in R&D Management, 3rd ed., 한국과학기술원, 1994, pp.2-3.
- 홍성범, “민군 겸용 패러다임의 기술 개발 전략”, 「과학기술정책동향」, 과학기술정책관리연구소(STEPI), 1994. 7, pp.14-39.
- Brown, M. A. and C. R. Wilson., “R&D Spinoffs : Serendipity vs. A Managed Process,” *Technology Transfer*, Sum-Fall, 1993, pp.5-15.
- Chapman, R. L., “An Exploration of the Spin-back Phenomenon,” *Technology Transfer*, Dec. 1994, pp.78-86.
- Chiang, Jong-Tsong, “Technological Spin-Off : Its Mechanisms and National Contexts,” *Technological Forecasting and Social Change*, 41, 365-390, 1992.

- Herdan, B. L. "Civil Spin-off from Defence Research : A Fresh Approach," *Long Range Planning*, Vol.20, No.1, 1987, pp.84-89.
- Johanson F. D., "NASA Technology Utilization Program : A Concept Paper on Options," *Technology Transfer*, Vol.7, No.1, 1982, pp.1-4.
- Luchsinger, V. P. & J. V. Blois, "Spin-offs from Military Technology : Past and Future," *Int. J. Technology Management*, Vol.4, No.1, 1989, pp.21-29.
- Mitchell, J., "NASP Program Technology : An Example of Transfer Benefit for the Medical Industry and Spinback Benefit for the Government," *Technology Transfer*, Dec. 1994, pp.51-53.
- National Academy of Science (NAS), *The Government Role in Civilian Technology*, Committee on Science, Engineering, and Public Policy, 1992.
- National Research Council (NRC), *U.S.-Japan Strategic Alliances in the Semiconductor Industry : TT, Competition, and Public Policy*, National Academy Press, 1992.
- OECD/NEA, *Spin-off Technologies Developed through Nuclear Activities*, 1993.
- Roberts, E. B. and E. E. Malone, "Policies and Structures for Spinning Off New Companies," *R & D Management*, Vol.26, No.1, 1996, pp.17-48.
- Wu, Kepi, "A Partnership Approach to Successful, Cost-Effective Technology Transfer," *Technology Transfer*, Dec. 1994, pp.4-12.