

원자력연구개발의 산업체 기여효과 분석

김수은* · 윤성원** · 김승수***

I. 서론

1. 연구 배경 및 목적

국가는 경제적 관점에서 시장 실패가 우려되는 분야에 대해 기초기반/응용 기술을 중심으로 대규모 연구개발 투자를 진행한다. 이러한 국가 주도 연구개발은 장기간에 걸쳐 수행되는 특성이 있으며 국가의 지속적인 경제성장에 있어서 핵심적인 역할을 하게 된다. 특히 정부출연연구기관은 사회에 필요하지만 기업이나 대학에서 담당하기 적합하지 않은 분야들 가운데 국가 발전을 위해 중요하다고 판단되는 분야에 대한 연구를 수행한다(노화준, 1996). 하지만 연구개발투자의 경우 과제가 기획, 수행, 성과 창출, 활용으로 이어지는 기간이 최소 3~5년 이상 소요되는 특성(최국현, 2013)이 있고 산출 효과가 나타나는 데 상당히 긴 시간이 필요함에 따라 연구과제 종료 후에 성과 평가를 한다고 해도 그 효과를 정확히 측정하는데 한계가 있다. 최근 정부는 논문, 특허 수 등의 연구 실적 양적 성과 평가에서 벗어나 질적 성과 중심의 평가로 전환하고 있다. 하지만 여전히 국가연구개발 성과를 정량적으로 분석하는 것이 일반화되어 있지는 않은 실정이다.

본 연구에서 분석대상으로 하고 있는 국가 원자력 연구개발은 1980년대부터 활발히 진행되었다. 원자력 분야의 특성상 주로 중장기적인 과제가 대부분이었으며, 이 과제들을 성공적으로 수행함으로써 우리나라 원자력 기술자립의 토대를 구축할 수 있었다. 원자력 기술자립은 한국원자력연구원을 중심으로 한 원자력 전 분야에 대한 연구개발(원자로심, 핵연료, 재료기술, 원자력안전 등)을 지속적이고 체계적으로 수행한 성과로 볼 수 있다. 한편 연구개발의 성과를 단편적인 기술개발실적을 통해 정량적으로 평가하는 것이 매우 어려운 데, 이는 개별적으로 개발된 기술들이 시너지화되고 종합되면서 거대한 기술체계가 완성되고 원자력산업 및 국가경제 전반에 걸쳐 파급효과가 장기적으로 나타나기 때문이다.

그러나 국가연구개발사업의 성과 평가가 연구개발정책의 개선방향, 국가예산활용의 효율성 제고 등을 확보하는데 중요한 역할을 담당하기 때문에 합리적인 평가기준과 객관적이고 신뢰성 있는 자료를 바탕으로 하여 이루어지는 것이 필요하다. 본 연구에서는 원자력연구개발이 국가에 기여하는 효과 중 원자력 발전 산업체에 미친 직접적인 경제효과의 평가에 초점을 맞추었다. 이러한 기여효과에 대한 검토를 통해 중장기적인 원자력 연구개발사업의 지속적인 필요성과 정책수립에 대한 관점을 제고할 수 있을 것으로 기대한다.

II. 본문

1. 기존연구

연구개발에 투입되는 예산이 증가하고, 연구개발의 역할이 국가 발전과 국민 삶의 질에 미치는 영향이 매

* 김수은, 한국원자력연구원 연구원, sekim@kaeri.re.kr

** 윤성원, 한국원자력연구원 책임연구원, swyun@kaeri.re.kr

*** 김승수, 한국원자력연구원 책임연구원, sskim5@kaeri.re.kr

우 커짐에 따라 각국 정부는 연구개발정책의 효율적인 추진을 위해서 기존의 투자 효과를 평가하는데 많은 노력을 기울이고 있다. 미국은 연방정부의 과학 투자 영향력을 측정하는 지표를 과학적 지식, 사회적 영향, 근로인력에 미치는 영향, 경제성장에 미치는 영향 네 가지로 나누고 있고(Lane & Bertuzzi, 2010), Cozzarin(2008)은 캐나다 정부의 연구개발 프로젝트를 평가하면서 투입 지표로는 프로그램 편당, 비용, 투자 효율성을, 산출 지표로는 매출, 성공 프로젝트 비율, 논문, 연구개발 범위, 제품의 혁신성 등으로 설정하였다. 국내에서도 효과 평가를 위한 기준 설정에 고심하고 있다. 미래부는 2013년 발표한 국가연구개발 성과 평가 개선 종합대책안에서 연구 성과를 크게 5가지 분야, 과학·기술·경제·사회·인프라로 분류하고, 경제적 성과 지표를 기술로 계약, 기술활용효과, 일자리 창출 등으로 설정하였다.

연구개발성과를 측정하는 학문적 연구 또한 지속적으로 이루어지고 있다. 연구개발 성과는 일반적인 성과와 기술적 성과로 구분할 수 있으며(Lee et al., 1996), Rubenstein & Geisler, 1991), Brown and Svenson의 연구개발 성과평가 모형에 따르면 상업화에 영향을 미치는 성과는 특허, 신제품, 공정, 논문 등의 지적산출물인 연구결과(outputs)과 비용절감이나 매출증대 등 구체적인 경제적 가치 창출물인 성과(outcomes)로 구분할 수 있다.

국내에서도 다양한 방법론을 활용한 연구가 진행되고 있다. 농림부는 연구 성과의 정량적인 측정과 설문조사를 통해 연구과제 860건에 대한 경제성 분석을 실시하였다. 중소기업청의 중소기업혁신개발사업을 대상으로 ROI에 영향을 미치는 영향을 분석한 이철주 외 2인(2012)의 연구에서는 토빗 회귀분석과 로지스틱 회귀분석을 통해 특허 및 산업 인증이 경제적 성과창출에 긍정적으로 작용한다는 사실을 입증하였다. 과학기술정책 연구원은 DEA(Data Envelopment Analysis)를 활용하여 연구개발 효율성을 측정하는 방법론을 제시하였다.

이 외에도 전문가들의 판단, 직관, 조사 등을 이용하는 델파이, AHP(Analytic Hierarchy Process), 동료평가(peer review) 등의 정성적인 방법과 계량서지학 분석, 재무적 모델을 활용한 실물옵션, 포트폴리오 모델 등의 정량적 방법 등 성과 측정 방법론이 다양하게 존재한다. 하지만 연구 분야별 목적과 특성, 평가의 목적이 전부 다른 상태에서 단일화된 성과 측정 방법론을 적용하는 것은 한계가 있다.

본 연구에서는 원자력연구개발 성과가 실제로 산업체에 끼친 경제적 성과를 정량적으로 제시하기 위해 원자력 연구개발 특성과 측정 목적에 맞는 기여효과 기준을 설정하고, 기술 및 서비스 공급자 설문조사를 통해 해당 과제의 성과를 측정하였다.

2. 연구방법

원자력연구개발 기여효과 평가를 위한 방법으로는 기술 및 서비스 공급자들에 대한 직접 설문 조사 방식을 채택하였다. 조사분석대상은 한국원자력연구원에서 1997년부터 2015년 6월까지 수행한 연구개발과제 중 원자력 발전 산업체에 제공한 기술로 한정하였다. 연구의 정확성 및 평가의 신뢰성 확보를 위해 기술 및 서비스 공급자와 직접 대면 조사를 할 수 있는 기술만으로 한정하여 연구를 진행하였다. 원자력 연구개발은 장기간에 걸쳐 생산에 기여하는 특징이 있는데, 현재 이후의 후발 효과는 신규기술의 출현 및 보수적 평가 관점에서 2015년을 기준으로 향후 10년까지로 지정하였다.

기여효과의 유형은 수입대체, 사용후핵연료/방사성폐기물 감소, 원전사고위험률의 감소, 원전건설/운영비의 절감, 규제여건의 개선, 환경피해 감소, 원전발전량 증가에 의한 매출 증대, 기타(SW 개발 비용 절감 등 앞의 7가지 유형에 해당하지 않는 항목)로 분류하여 원자력 발전 산업체에 직접적으로 기여한 부분을 종합적으로 평가하였다.

설문 응답률을 높이고, 정확한 설문 설계를 위해 실제 기술 및 서비스 공급자를 대상으로 의견수렴 및 사전

테스트를 진행하였다. 이후 1차로 설문을 진행하였고(표 1 참조), 결과 분석 후 논리가 미흡하거나 적용사례가 불분명한 기술에 대해 2차 추가 조사와 인터뷰를 실시하였다. 최종적으로 신뢰성 있는 결과 도출을 위해 기준(표 2 참조)을 설정하고 조사결과를 재정비하여 각 기술별 조사표를 작성, 연도별 실적 및 추후 발생할 수 있는 경제적 기여효과를 산정하였다. 특히 본 연구에서는 기존 기술을 새롭게 개발된 기술로 대체하였을 경우의 추가적인 이익 부분만을 기여효과로 고려하였다. 또한, 각 과제 단위가 아닌 기술별로 연구를 진행한 이유는 원자력 연구개발의 특성 상 다양한 과제가 장기간에 걸쳐 하나의 기술개발에 포함되는 경우가 대부분이기 때문이다.

<표 1> 기여효과 측정을 위한 설문 예시

기여효과유형	설명
수입대체/수출	<ul style="list-style-type: none"> · 기존에 수입에 의존하던 제품 및 서비스가 기술개발로 인해 국내 생산으로 대체된 경우 · 단순 수입대체 이상의 효과(비용절감, 생산성 향상 등)가 있을 경우 별도의 기여효과 산정 · 주요입력자료: 연간수입대체규모, 기술의 기여도, 적용대상 발전소 및 수요처, 기술 유효기간 등
사용후핵연료, 방사성폐기물 감소	<ul style="list-style-type: none"> · 기술개발로 인해 방사성폐기물/사용후핵연료 발생량이 줄어들어 비용 절감효과가 나타난 경우 · 주요입력자료: 연간 폐기물발생량, 절감량, 기술의 기여도, 적용 대상 발전소 및 수요처, 기술 유효기간 등

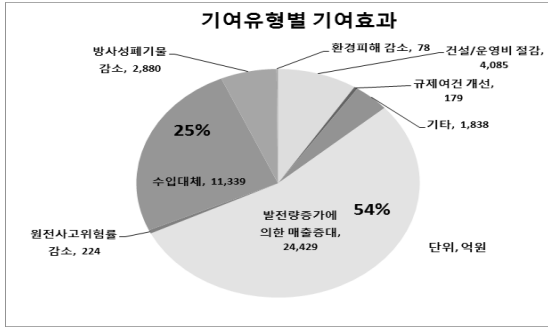
<표 2> 분석을 위한 기준 설정

분류	기준
분석대상 과제 및 서비스	'97년~현재('15년 6월) 까지 진행되었거나 진행 중인 과제 및 서비스
평가대상 기간	'97년~25년까지의 기여효과 산정
원전 이용률(연간)	90% ('97년~12년 원전 이용률 평균치: 91%)
1MW 당 1일 전력매출액	원자력 발전 사업자 관점에서의 매출액 산정('14년 원자력 정산단가, 이용률 활용)
미래의 원자력 발전 운영 계획	6차 전력수급계획 기반

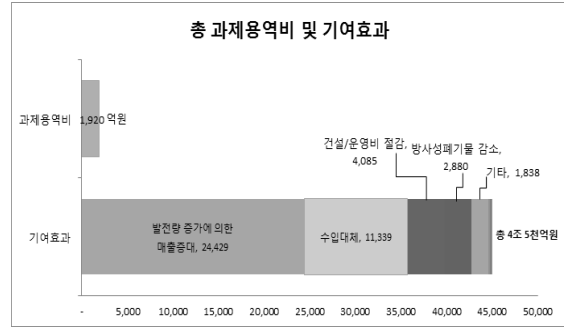
3. 연구결과

연구결과에 따르면 한국원자력연구원이 1997년부터 2025년까지 58건의 기술을 통해 원자력 발전 관련 산업체에 기여한 경제적 효과는 약 4조 5천억 원으로 추정된다. 총 기여효과의 약 50%는 이미 실현된 기여액으로 추정되며, 나머지 50%는 향후 10년에 걸쳐 발생할 것으로 추정되는데 이러한 분석 결과는 연구개발투자의 성과가 장기간에 걸쳐 나타나는 특성을 보여주고 있는 것이다.

기여유형별로 살펴보면, 발전량 증가(54%), 수입대체/수출(25%), 원전건설비 및 운영비 절감(16%)이 대부분을 차지하고 있다. 발전량의 증가는 원전의 고장 및 이상 징후로 인한 운전정지기간 및 고장정지율을 단축 혹은 감소시킴으로써 발생하는 것으로 조사되었다.(그림1)

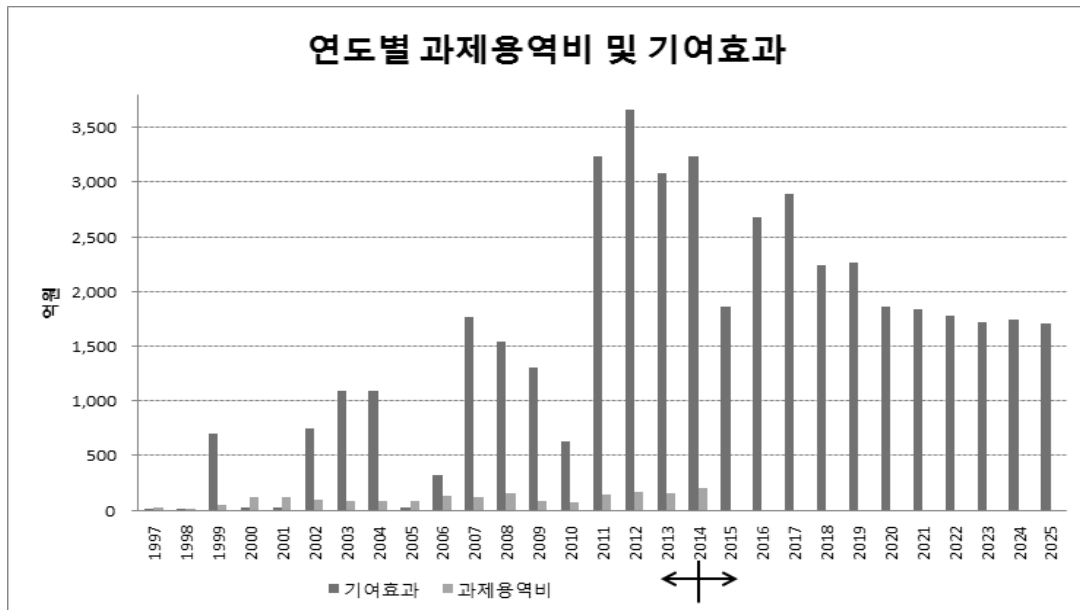


<그림 1> 원자력연구개발의 산업체 기여유형별 기여효과



<그림 2> 총 과제용역비 대비 및 기여효과

평가대상 기술 58건의 총 용역비는 약 1,920억원으로 투입비용 대비 효과는 23배로 나타나 그 효율성이 매우 높은 것으로 평가된다(그림2). 특히 재료와 안전연구분야에서 높은 효과를 나타내고 있다. 이는 재료부분의 경우 원전 운영 중의 시급한 문제해결에서 활용되는 경우가 많기 때문이고, 안전 분야의 경우 후쿠시마 사고 이후 국내 원전의 보수 유지 및 안전성 강화로 인해 나타난 결과로 해석된다.



<그림 3> 연도별 과제용역비 및 기여효과

1997년부터 2006년까지의 기여효과액은 그 이후의 기간보다 상대적으로 적은 것으로 나타났다(그림 3). 이는 크게 두 가지 이유에 의한 결과인데, 먼저 1997년부터 2006년 사이에 진행된 과제는 자료 수집의 한계로 인해 전체 모집단에 비해 매우 적은 수의 과제가 포함되었다. 또한, 원자력 연구개발의 특성 상 기여효과가 나타나기까지 시간이 걸리기 때문에 해당 기간 보다 더 과거에 진행된 과제를 대상으로 결과를 산정하는 것이 더 정확한 결과 도출을 할 수 있다.

이번 연구결과에서 산정한 기여효과는 1980년대부터 축적되어 온 원자력 기초기술이 기반이 된 결과로 볼 수 있다.

III. 결론

1997년 이후 진행된 원자력연구개발사업 중 원자력 발전 산업체에 경제적 영향을 미친 과제의 기여효과는 총 4조 5천억 원으로 그 기여효과가 매우 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 우수한 인력과 기초연구시설, 장비 등을 바탕으로 한 지속적인 연구개발투자의 결과로 볼 수 있다. 본 연구에서는 연구개발의 기여효과를 편의상 향후 10년까지를 대상 기간으로 설정하였지만, 결과에서 보는 바와 같이 기여 성과는 향후에도 지속적으로 나타날 것으로 예상된다.

원전 사고위험률의 감소, 사고 발생 시 대응 비용의 감축 등 원전 안전성과 관련된 부분은 기여효과가 분명히 존재하나 정량화가 어렵고, 불확실성이 매우 큰 관계로 이번 연구에서 제외하였다. 또한, 여러 제약으로 인해 이번 연구에서 사용된 기술은 연구원에서 진행한 전체 연구 중 극히 일부에 한정되었지만, 추후 이를 보완할 수 있는 연구가 필요하다. 향후 고장통계 등 정량화할 수 있는 부분에 대한 명확한 자료입수가 가능하다면 보다 정확한 연구 성과 측정이 이루어질 것으로 판단된다.

이번 연구는 한국원자력연구원이 연구개발을 통해 원자력 발전 산업체에 기여한 효과만을 다루었기 때문에, 전체 경제적 기여효과 중 극히 일부에 해당하는 것이다. 한국원자력연구원의 연구개발 투자는 미래 원자력기술의 개발 등 국가 원자력정책의 효율적 추진을 위하여 수행되므로, 연구개발투자의 경제적 효과는 국민경제적 차원에서 분석하는 것이 적절하다.

참고문헌

- 과학기술정책연구원 (2004), “농림기술개발사업 10년의 성과와 발전방향 연구”. 농림부.
- 노화준 (1996), “정부출연연구기관평가제도와 평가의 기본방향”, 「과학기술정책동향」, 87(6):27.
- 이철주 외 2인 (2012), “정부지원 중소기업 R&D 프로젝트의 사업화 성과 영향요인 분석”. 「기술혁신연구」, 20(3), 229-253.
- 최국현 (2013), “국가 주도 농림 R&D 사업의 투자효과 분석”, 단국대학교 환경자원경제학과 박사학위 논문.
- 황석원 외 6인 (2009), “국가연구개발사업 R&D 효율성 분석 및 제고 방안” 과학기술정책연구원 정책연구 보고서 2009-24.
- Brown, G. & Svenson, A. (1988), “Measuring R&D Productivity”, *Research Technology Management*, 31(4), 11-15.
- Cozzarin, B.P (2008), “Data and the measurement of R&D program impacts”. *Evaluation and Program planning*, 31(3), 284-298.
- Lane, J., & Bertuzzi, S. (2010), “The STAR METRICS project: current and future uses for S&E workforce data”, In *Science Measurement Workshop*, held Washington DC.