

# 우리나라 원자력산업체의 연구개발 투자성과 특성 분석

## An Analysis on the Characteristics of R&D Investment Performance for Nuclear Industries in Korea



김교상(Kim, Kyo Sang), 양재영(Yang, Jae Young)  
한국전력기술(주) 원자로설계개발단, 부장

### 1. 서론

우리나라 원자력발전량은 2002년 말 기준 전체 전력생산량의 38.9%를 차지하고 있으며, 2002년 원자력산업 총매출액은 국내총생산(GDP)의 1.7%에 해당하는 10조 2,406억원으로 2001년 대비 4.1%가 증가했다. 특히 방사선 및 방사성 동위원소(RI) 이용분야의 경제(부가가치 유발)효과<sup>1)</sup>분석에 의하면, GDP 기여율 2.26%, 고용창출 기여율 2.5%로 우리나라 경제성장에 기여하고 있음이 드러났다.

특히 우리나라가 1960년대부터 1980년대까지의 경제개발계획에 의한 고속성장을 발판으로 2002년 국내총생산(GDP) 기준 세계 제12위의 경제 강국으로 발돋움하기까지는 원자력발전을 통한 저렴한 공업용 전력비용에 의해 원가경쟁력을 확보가 중요한 밑거름이 되었을 뿐만 아니라 국제통화기금(IMF)에 의한 경제위기로부터의 탈출에도 원전의 기여가 컸음은 새삼 재론할 필요가 없는 사실이다.

원전에 의한 이러한 기여는 원전 건설이 경제위기를 극복할 중요한 재정적 수단으로서 여러 산업에 미치는 파급효과가 크므로 경기 활성화 효과를 가지고 있고, 경제적인 발전방식으로 산업발전에 필요한 전력을 저렴한 비용으로 공급함으로써 생산활동 증진에 의한 경기부양의 건전성 향상에도 공헌할 수 있다는 점에 기인하는 것이다.

현재 우리나라는 경제위기 이후 그 충격으로부터 완전히 탈피하지 못하고 있으며, 세계 경제의 장기 침체 등으로 인해 약 8년 동안 국민소득이 1만 달러에 묶여 있고, 선진국과의 기술격차는 줄어들지 않는 반면 후발국들의 거센 추격으로 국가경쟁력이 상대적으로 저하할 가능성에 직면하고 있으며, 세계무역기구(WTO) 체제의 출범에 따른 세계경제의 불확실성 증대와 함께 자유무역협정(FTA) 시대의 개막으로 글로벌 경제환경이 급변하면서 중국 등 아시아 후발개도국의 급성장에 따른 우리 주력산업과의 경쟁이 격화됨으로써 우리경제의 미래에 불안감이 확산되고 있다. 이러한 위기상황을 극복하기 위해서는 기업 및 국가 경쟁력 강화를 위한 노력이 절실히 필요하며, 이를 위해서는 끊임없는 연구개발(R&D) 투자를 통한 혁신적 노력에 대한 인식이 그 어느 때 보다 중요하다.

특히 부존 에너지원이 거의 전무한 우리나라의 상황을 고려할 때, 지속적인 경제성장에 부응하기 위해서는 전력산업과 같은 공공재의 기술혁신을 위한 연구개발투자의 역할이 매우 중요하다고 할 것이다.

이에 원자력 연구개발예산을 통해 우리나라의 원자력 R&D 수준을 알아보고, 연구개발비가 원자력산업체의 연구개발 투자성과에 미치는 특성을 분석해 보고자 한다.

## 2. 연구개발예산

현재 정부의 과학기술기본법에서 제시하고 있는 우리나라의 원자력 연구개발비는 과학기술투자 목표인 국민총생산(GNP) 대비 5%로써 미미한 수준이다.

자원빈국인 우리나라로서는 원자력 이용을 위한 개발은 확실한 에너지 안정수급 대안이 있을 때까지 지속적인 확대가 불가피하다. 이와 관련하여 연구개발 부문에서도 경쟁력 확보와 원전기술의 고도화 및 선진화의 지속적인 추진이 불가피하며, 연구재원의 안정적 확보가 필요하다. 따라서 원자력 연구개발비의 안정적 확보를 위한 정부의 노력이 필요하다.

1992년 개최된 제230차 원자력위원회에서 원자력 연구개발 중장기계획('92~'01)을 추진할 것을 의결하였다. 그 당시의 중장기계획은 크게 정부주도 과제 및 산업체 과제로 구분되었다. 정부주도 과제와 산업체 주도 과제를 구분하는 가장 큰 특징은 정부주도과제는 보다 장기적인 관점에서 연구개발을 추진하고, 산업체 주도과제는 원자력발전소의 건설, 운영과 관련된 단기적으로 필요한 연구개발을 위한 과제이다.

### 2.1 원자력 연구개발기금

부존 에너지자원이 거의 전무한 우리나라의 상황을 고려할 때, 지속적인 경제성장의 주요 투입요소인 전력에너지를 적절히 공급하는 것은 매우 중요하다. 전력에너지 중 청정에너지원인 원자력발전이 차지하는 비중이 점차 증가하고 있기 때문에 원자력발전 및 운영기술에 대한 지속적인 연구개발과 연구 인력의 유지 및 확보를 하여야 하고, 이를 위해서는 원자력 관련 연구가 국가 주도로 종합적이고 체계적으로 추진되어야 할 것이다. 원자력 연구개발의 원활한 추진을 위해서는 정부(과학기술부)가 1996년 원자력 연구개발기금을 법제화(원자력법 제9조의 2)함으로써 소요 재원의 틀을 마련하였다.

1996년 12월에 정부가 한국원자력연구소로부터 방사성폐기물, 원자로계통설계 및 핵연료설계사업을 한전산하로 이관하기로 함에 따라, 과거 10년간 원자력연구소를 중심으로 이룩한 원자력 기술자립을 더욱 발전시키고 국가 원자력 연구개발 재원의 안정적 확보를 위해 제244차('96. 2. 27) 및 제245차('96. 6. 25) 원자력위원회의 의결을 통하여 원자력 연구개발기금을 설치하였다.

원자력 연구개발기금의 규모는 원자력법에 따라 원자력발전의 경쟁력을 감안, 발전용 원자로 운영자로부터 전년도 원자력발전량당 1.2원/kWh으로 하고, 3년마다 기금의 효율을 재검토하기로 하였다. 효율산정의 기본원칙은 향후의 국가 원자력 연구개발 수요를 근거로 하였으며 원자력 핵심기술 확보 및 원자력 기술선진국으로의 진입에 기여함을 목표로 하였다. 제245차 원자력위원회에서는 기금효율 조정의 원칙을 3년마다 원자력 연구개발계획을 재검토하여 정부주도 연구개발사업을 확대하거나 현행 연구사업비의 절감이 가능한 경우에만 재조정하도록 하였다. 원자력 연구개발기금의 재원에 있어서는 발전용 원자로 운영자의 부담금으로 하고, 전년도 원자력 발전량을 기준으로 총액을 산정한다. 원자력 연구개발기금의 사용은 원자력진흥종합계획에 따라 원자력 연구개발사업의 수행에 주로 지출되며 연구개발기자재 및 장비지원사업, 기타 원자력 연구개발 관련 사업에 지원하도록 하였다. 원자력 연구개발기금은 1997년 887억원에서 실제 원자력발전량의 증가에 따라 1999년에는 1,000억원이 넘었으며 2001년에는 1,307억원에 이르고 있다. <표 1>은 연도별 원자력 연구개발기금 규모를 보여주고 있다.

또한 정부의 연구개발비는 <표 2>에서 보는 바와 같이 2002년 투자계획을 기준으로 연평균 14% 증가시켜 2002년부터 2015년까지 총 5조 3,591억원을 투입할 계획이며, 민간 부담 연구비가 원자력 연구개발기금의 50% 수준으로 증가될 수 있도록 추진할 계획이다.

<표 1> 연도별 원자력 연구개발기금 규모

(단위 : 억원, 억 kWh)

구 분	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
전년도 원자력발전량 *	704	746	819	1,032	1,012
전년도 원자력 발전량 실적	739	765	874	942	1,090
원자력 연구개발기금 (원자로운영자 부담금)	887	918	1,049	1,130	1,307

\* 제4차 및 제5차 장기전력수급계획('99~2015)에 의한 산출  
(자료 : 과학기술부, "원자력관련 주요 현황 및 통계자료", 2002. 9., p. 66)

<표 2> 원자력 연구개발 투자계획

(단위 : 억원)

구 분	2002년~2006년	2007년~2011년	2012년~2015년	합 계
정 부 (기금 및 정부출연금)	12,096	18,351	23,144	53,591
민 간	3,400	4,000	4,300	11,700
합 계	15,496	22,351	27,444	65,291

(자료 : 과학기술부, "2002년 원자력백서", 2002. 4., p. 75)

## 2.2 전력산업 기반기금

정부(산업자원부)는 전력산업 기반기금을 활용하여 그동안 산업체 주도로 추진되어 왔던 과제들을 결집하여 원전기술 고도화 계획사업(1999~2006년)을 통해 원자력발전기술을 경제적인 측면과 안전성측면에서 제고하는 연구개발을 2개 분야 27개 대과제로 나누어 추진하고 있다.

전력산업 기반기금은 전기사업법 제48조에 의해 전력산업의 기반조성 및 지속적 발전에 필요한 재원확보를 위해 정부가 설치한 기금으로서 전기사업법 제49조의 규정에 의한 연구개발사업 등을 수행하기 위해 사용되도록 되어 있다. 이 기금은 산업자원부 장관의 위탁을 받아 전기사업자인 한전이 대행 징수하며, 전기사업법 제51조의 규정에 의해 전기사용자에 대한 전기요금의 1,000분의 65 범위내에서 징수하고 있다. 현재의 부담금 부과기준은 산업자원부 고시에 따라 매월 전기요금의 1,000분의 45.91에 해당하는 금액이다.

전력산업구조개편에 따른 전기사업자의 공익적 기능 회피로 인해 발생 가능한 시장실패 보완 및 전력산업 연구개발자원의 합리적 배분과 체계적인 연구개발사업 추진을 위해 전력산업 기반기금설치를 위한 전기사업법이 2000년 12월 23일 개정되었다. 전력산업 연구개발사업은 크게 전력시장 경쟁력 강화사업, 전력공급 안정화사업, 환경친화 전력기술개발사업 및 미래혁신 전력기술개발사업으로 구분하고 있다.

전력산업 연구개발사업의 연도별 투자예산 및 2003년도 연구개발세부사업의 투자내역을 살펴보면 다음 <표 3>과 같다. 특히 2002년도 투자예산은 전체 전력산업 기반기금의 약 8.9%에 해당되는 금액으로, 2003년 이후 전체 기반기금의 약 10% 이상, 2005년 ~ 2007년까지 연간 1,300억에서 1,500억원을 투자 목표로 하고 있다.

<표 3> 전력산업 연구개발사업 연도별 투자예산

(단위 : 억원)

구분	기금액	민간 투자액	합계
2001년	235	-	235
2002년	725	832	1,557
2003년	1,020	941	1,961
합계	1,980	1,773	3,753

(자료 : 조현춘, “전력산업 연구개발사업의 현황 및 전망”, 2003. 8., p. 8)

<표 4> 전력산업 연구개발세부사업 투자내역

(단위 : 백만원)

대분류	중분류	2003년 예산	합계	비율(%)
전력시장경쟁력 강화사업	전력설비운용기술	22,500	31,300	30.7
	- 원자력 분야	9,010		
	- 전력계통 등	6,175		
전력공급 안정화사업	원전기술고도화	26,000	38,400	37.7
	분산형 전원	800		
	화력발전 대형기술 등	5,300		
환경친화 기술개발사업	-	-	16,400	16.0
미래혁신 기술개발사업	미래 전력원	500	15,910	15.6

(자료 : 전력산업 연구개발사업의 현황 및 전망, pp 9 ~ 10)

### 2.3 원자력 연구개발예산의 국제비교

일본의 원자력 예산은 일반회계와 전원개발촉진대책 특별회계로부터 발생한다. 이 중에서 과학기술청(현 문부과학성, JSPS)의 원자력 연구개발예산은 일반회계의 대부분과 전원개발 특별회계의 일정부분으로 구성되어 있다. 일반회계의 원자력 연구개발예산은 일본원자력연구소(JAERI), 동력로핵연료개발사업단(PNC, 현 JNC), 방사선의학종합연구소, 이화학연구소 등에 대한 지원이 대부분이다. 전원개발특별회계의 과학기술청 원자력 연구개발예산은 전원 입지계정과 전원다양화계정으로부터 이루어지는데, 주로 전원다양화계정이 많은 부분을 기여하고 있다. 1999년도의 원자력 총예산은 4,778억 엔이며 과학기술청의 원자력 연구개발 예산은 2,915억 엔으로써 일반회계 1,765억 엔과 전원개발 특별회계 1,150억 엔으로 구성되어 있다.

일본은 원자력 등 석유대체에너지의 개발을 통한 전원다양화와 국민이해(Public Acceptance) 촉진 및 신규발전소 입지를 원활하게 추진하기 위한 재원을 마련할 목적으로 1973년 12월 다나카 수상 및 나가소네 통산성장관이 전원개발촉진세를 설치하기로 하였다. 이에 따라 1974년 10월 전원개발촉진세법과 전원개발촉진대책특별회계법이 제정되었다. 전원개발촉진세는 9개 전력회사 및 오끼나와 전력회사가 kWh당 0.085엔을 부과하도록 하였다. 이후 1979년 2차 석유파동을 겪으면서 촉진세율을 1980년 7월에 0.3엔/kWh로 대폭 인상하였으며 1983년 10월에 0.445엔/kWh로 다시 인상하였다.

선진국과 비교해 보면, 우리나라 2001년도 원자력 연구개발 투자규모는 약 2,290억원으로 이는 GDP(545조 원) 대비 0.04%로서 선진국에 비해 매우 낮은 수준이다 (<표 5> 참조). 또한 우리나라의 원자력 연구개발 총 투자비는 <표 6>에서 보는 바와 같이 미국의 1/36, 일본의 1/21에 불과하며 미국의 국립연구소의 예산에도 못 미치는 규모이다.

<표 5> 주요 국가의 원자력 연구개발 예산 비교

구분	미국	일본	한국
원자력 연구개발 예산 (’01년, 억원)	81,555 (61.5 억 달러)	48,835 (4,838 억 엔)	2,290
GDP 대비 비율 (%)	0.06	0.08	0.04

주 : 환율은 1,361원/US\$ 적용 (2001년 말 기준환율)  
(자료 : 일본원자력산업회의, “원자력포켓북”, 2003년)

<표 6> 주요 선진국의 원자력 연구개발 예산 추이

(단위 : 억원)

구분	1997년	1998년	1999년	2000년	2001년
한국(MOST)*	856	1,204	1,403	1,627	1,842
일본(과기청)	53,389	49,420	53,600	52,883	48,835
미국(DOE)	-	64,013	62,882	68,276	81,555

\* 한국은 원자력 연구개발사업비만 산정.  
(자료 : 과학교술부, “국가 원자력경쟁력 강화방안에 관한 연구”, 2002. 2., p. 109)

### 3. 원자력산업체의 연구개발 투자성과 특성 분석

#### 3.1 연구개발투자의 성과

##### 3.1.1 연구개발투자의 성과 측정

경제적 효율성은 투입에 대한 산출의 비율로 산정된다. 따라서 연구개발투자에서의 경제적 효율도 연구개발투자에 대한 투입과 연구개발투자에서의 성과(산출)의 비율로 표시될 수 있다. 그런데 연구개발투자에서의 투입은 연구개발투자 활동에서 소비되는 자원으로 어느 정도 파악이 가능하나, 연구개발투자에서의 성과는 연구개발투자의 결과인 산출(Outputs)과 함께 연구개발투자 이후 사업화과정에서 발생하는 성과(Outcomes)를 측정해야 하므로 이를 파악하기가 쉽지 않다. 따라서 연구개발투자의 효율은 기본적으로 연구개발투자에 대한 산출과 이러한 연구 산출에 대하여 사업개발투자를 함에 따라 얻는 사업적 성과의 곱으로 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{연구개발투자의 효율} &= \text{연구개발투자의 성과} / \text{연구개발투자의 투입} \\
 &= \text{연구개발투자 산출} / \text{연구개발투자} \times \text{사업 성과} / \text{사업 투자} \\
 &= \text{연구개발투자 생산성} \times \text{사업 투자효율}
 \end{aligned}$$

연구개발투자 성과에 관한 지표는 연구개발투자 노력에 의해 직접적으로 얻을 수 있는 기술적 성과인 직접 성과와 이러한 산출을 전제로 어느 정도 사업화 성과를 달성하였는가 하는 사업적 성과 즉 간접 성과로 구분할 수 있다. 또 직접 성과는 그 영향 효과가 단기적이고 1차적이기 때문에 1차적 성과로, 간접성과는 연구결과를 기업이 활용하거나 제품 생산 또는 공정개발 등을 통해 기업화하기 위해서는 오랜 시간이 경과한 후 나타나기 때문에 2차적 성과로 구분하기도 한다.

연구개발투자의 기술적 성과(1차적 성과)는 다음과 같이 측정할 수 있다. 첫째, 연구개발 투자에 있어 당초 목표로 했던 기술적인 목적을 달성하는 정도를 척도의 하나로 삼을 수 있다. 여기서는 주로 효과성(Effectiveness) 측면이 강조되고 있다. 둘째, 연구개발투자 결과로 생산된 제품 및 공정기술의 품질이나 성능의 우수성을 하나의 척도로 고려할 수 있는데, 여기에는 개발기술의 혁신성과 독창성 등의 개념들이 포함될 수 있다. 셋째, 연구개발투자 계획을 사전에 계획된 기간 내에 달성하는 기간적 목표달성도를 하나의 척도로 고려하는 것으로서, 특히 기술 절차에 있어 효율성(Efficiency) 측면을 강조한 것으로 볼 수 있다. 넷째, 연구개발투자 계획을 당초에 의도했던 비용의 한도 내에서 성공적으로 완수한다는 측면을 들 수 있는데, 이것 역시 기술적 성공도의 효율성 측면을 반영한 것으로 볼 수 있다. 이외에도 연구개발투자의 기술적 성공 및 실패를 가름하는 평가항목으로서 개발제품 또는 기술의 시장성, 산업기술에 미치는 파급효과, 다른 연구개발투자에 미치는 파급효과 등도 고려할 수 있다.

연구개발투자의 기업화 성과(2차적 성과)의 성공 및 실패는 여러 척도로 설명될 수 있다. 첫째, 연구개발투자 결과가 순 이익률, 시장점유율, 매출액 등에서 지속적인 증가 여부, 둘째, 연구개발투자에 따른 투자비 회수 여부, 셋째, 이러한 연구개발투자 결과로 나타난 기술 혁신으로 자체적인 생산시스템 내에서 어느 정도 원가절감 기여 여부, 넷째, 연구개발투자 결과로서 나타난 제품에 대해 시장수요자들의 반응 여부 및 향후 수요증가 예상 여부 등이 고려될 수 있다.

연구개발투자의 1차적 성과는 연구개발투자의 기술적 목적 달성도, 개발제품 및 공정기술의 우수성, 연구개발투자 기간 및 비용 등 주로 연구개발투자 활동과 관련된 지표이다. 한편 연구개발투자의 2차적 성과는 이익률, 시장점유율, 매출액, 투자비 회수, 원가 절감 등 사업화 과정과 관련된 지표들이다. 연구개발투자의 투입에서부터 성과까지의 단계별 지표는 다음 <표 7>과 같다.

<표 7> 연구개발투자의 단계별 지표

단계	투입(Inputs)	연구개발(R&D)	산출(Outputs)	사업(Projects)	성과(Outcomes)
지표	인력 아이디어 장비 시설 자금 정보 타부서의 요청사항	연구 개발 시험 평가 결과보고	특히 제품 공정 결과물 사실/지식	마케팅 사업계획 제조 엔지니어링 운영	원가 절감 매출액/이익률 증가 제품 개선 투자비 회수 시장점유율 증가

### 3.1.2 연구개발투자의 기업성과 측정

연구개발투자가 기업의 성과에 미치는 영향 분석에는 기업성과를 수익성, 성장성, 생산성 및 시장가치 등 4가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 본 연구에서는 연구개발투자와 기업성과 간의 관련성 분석을 위한 연구개발투자 지표로 다음과 같은 연구개발 집약도 및 종업원 1인당 연구개발투자를 이용한다.

$$\text{연구개발 집약도 (\%)} = \text{연구개발투자액} / \text{매출액}$$

$$\text{종업원 1인당 연구개발투자} = \text{연구개발투자액} / \text{종업원수}$$

연구개발투자와 수익성은 연구개발 집약도(연구개발투자액/매출액)를 독립변수로, 수익성을 종속변수로 한 관계 분석으로 알 수 있다. 연구개발투자와 성장성은 연구개발투자를 독립변수로, 성장성을 종속변수로 한 분석을, 연구개발투자와 생산성은 생산성을 산출가치의 측면에서 매출액과 부가가치로 측정이 가능하다. 연구개발투자와 기업의 생산성과의 관계를 알아보기 위해 종업원 1인당 연구개발투자와 생산성 지표인 종업원 1인당 부가가치 또는 종업원 1인당 매출액의 상관관계를 통해, 연구개발투자와 시장가치는 연구개발투자가 기업의 시장가치에 미치는 영향을 분석하기 위해 연구개발 집약도가 높은 기업의 주가수익률이 일반기업의 주가수익률과 차이를 보이고 있는지 비교를 통해 알 수 있다.

## 3.2 원자력산업체의 연구개발 투자성과 특성분석

### 3.2.1 원자력산업 현황

우리나라의 원자력발전 관련지표는 <표 8>에서 보는 바와 같이 2002년 말 기준으로 총 18기가 운전 중에 있으며, 원자력발전 설비용량은 1,572만kW로 전년보다 200만kW 증가하였고, 전체 발전설비 5,380만kW 대비 29.2%의 점유율을 차지하여 우리나라 전력계통의 기저부하를 담당하며 안정적인 전력공급원으로서 그 역할을 다하고 있다. 2002년의 원자력발전량은 2001년 보다 70억kWh가 증가한 1,191억kWh로서 2001년 대비 6.2%가 증가하였으며 전체 발전량의 38.9%를 공급하였다.

<표 8> 총 발전량 대비 원자력발전관련 지표 추이

구 분		2000년	2001년	2002년
총 발 전 량	총발전설비(MW)	48,451	50,859	53,801
	총발전량(억 kWh)	2,664	2,852	3,065
	공급예비율(%)	12.4	12.9	13.9
원 자 력 발 전	발전설비(MW)	13,716	13,716	15,716
	발전량(억kWh)	1,090	1,121	1,191
	이용율(%)	90.4	93.2	92.7
	가동 원전(기)	16	16	18

주 : 한전의 타사의 발전설비 및 발전량 포함

(자료 : 한전, "한국전력경영통계", 2003. 7)

우리나라 원자력산업의 총매출액(총생산액)은 원자력발전사업체인 한국수력원자력(주)의 매출액과 원자력공급산업체의 매출액으로 나눌 수 있다. <표 9>는 원자력발전사업체의 원자력매출액<sup>2)</sup>과 원자력공급산업체 매출액 추이를 나타낸 것으로 2002년도 우리나라 원자력산업 총생산액은 10조 2,406억원으로 2001년 대비 4.1%가 증가했다. 이 가운데 원자력발전사업체의 매출액은 8조 1,461억원(2001년 대비 4.3% 증가)이며, 원자력공급산업체 매출액은 2조 945억원(2001년 대비 3.2% 증가)이었다. 우리나라 원자력산업 총생산액은 2002년 GDP의 1.7%에 상당한다. 제1차 전력수급기본계획에 의하면 2015년에는 원자력발전량이 차지하는 비중이 46.1%가 될 것으로 전망됨에 따라 원자력산업 총생산액은 증가될 것으로 예상된다.

<표 9> 원자력산업체 총매출액(총생산액) 추이

(단위 : 백만원, %)

구분	2000년	2001년	2002년	증감율	
				'01/'00	'02/'01
원자력발전 사업체	7,578,430 (79.8)	7,807,384 (79.4)	8,146,121 (79.5)	3.0	4.3
원자력공급 산업체	1,919,394 (20.2)	2,030,178 (20.6)	2,094,493 (20.5)	5.8	3.2
합계	9,497,824	9,837,562	10,240,614	3.6	4.1

주) 원자력발전사업체 매출액에는 원전 판매수입과 해외용역 수입 및 한전의 KEDO 관련 손 매출액(타 업체분 제외)이 포함되어 있음.

(자료 : 과학기술부, “2002년도 제8회 원자력산업실태조사”, 2003, p. 33)

우리나라 원자력산업체의 원자력관련 연구개발비 추이는 <표 10>와 같다. 2000년도 원자력관련 연구개발비는 3,283억원에서 2001년 3,774억원에서 2002년에는 4,546억원으로 증가하였다. 원자력발전사업체의 연구개발비는 감소추세를 보이고 있는 반면, 원자력공급산업체는 2000년 대비 2001년도 증가율이 31.4%을, 2001년 대비 2002년 증가율은 원자력 기반연구사업이 큰 비중을 차지하여 43.7%가 증가한 것으로 나타났다.

<표 4> 원자력산업체의 원자력관련 연구개발비 추이

(단위 : 백만원, %)

구분	2000년	2001년	2002년	증감율	
				'01/'00	'02/'01
원자력발전 사업체	173,849 (53.0)	174,420 (46.2)	162,956 (35.8)	0.3	- 6.6
원자력공급 산업체	154,408 (47.0)	202,964 (53.8)	291,621 (64.2)	31.4	43.7
합계	328,257	377,384	454,577	14.9	20.4

주) 원자력 발전사업체 연구개발비는 원자력 연구개발기금을 포함한 금액임.

우리나라 2002년의 원자력발전사업체와 원자력 공급사업체를 포함하는 원자력산업의 총 투자비 규모는 1조 8,194억원이며, 원자력 발전사업체가 1조 4,478억원(79.6%)과 원자력 공급사업체 3,716억원(20.4%)를 차지하고 있다. 이 중에서 연구개발비는 3,201억원으로 2001년 2,456억원 보다 30%나 증가한 금액으로 원자력 발전사업체 285억원, 원자력 공급사업체 2,916억원으로 구성되어 있다 (표 11 참조). 그러나 설비투자비 추이는 원자력발전사업체가 8.5% 감소를 보이는 반면 원자력 공급사업체의 경우는 65.7%의 증가를 보이고 있고 2001년과 2002년 각각 총 투자비의 83.7%와 77.9%로서 총투자의 대부분은 설비투자에 집중되고 있음을 알 수 있다. 이는 설비투자와 매출액의 관계가 연구개발투자와 매출액의 관계보다 훨씬 강력할 수 있음을 시사하는 것으로서 연구개발투자효과를 단순한 매출액의 증감만으로 평가하기 어렵다는 것을 시사하고 있다.

한편 원자력공급사업체의 부분별 투자비의 증감을 살펴보면, 연구개발비는 43.7%, 설비투자비는 65.7%, 기술도입비는 193.5%, 교육훈련비는 108.7%가 증가함을 보이고 있음을 알 수 있다. 여기서 기술도입비의 증가율이 연구개발비의 증가율을 크게 상회함에 주목할 필요가 있다. 이러한 경향이 연구개발이 도입기술에 의존하고 있음을 의미하는지 여부는 보다 자세한 고찰이 필요할 것이다. 또한 원자력공급사업체의 경우 연구개발비가 총 투자의 80% 수준에 이르고 있음도 주목할 필요가 있다. 이러한 결과는 설비투자보다 소프트웨어개발에 투자가 집중되거나 연구개발비의 대부분이 연구기관의 인건비로 소비되는 경우 발생할 수 있으며 양자 모두 개발기술에 대한 별도의 가치평가가 이루어지지 않는 한 연구개발투자와 매출액 간의 상관관계는 미약해질 것으로 추정된다.

<표 11> 원자력산업체의 총 투자규모 추이

(단위 : 백만원, %)

구분	2001년				2002년				증감율 '01/'02
	원자력발전 사업체	원자력 공급사업체	합 계	구성비	원자력 발전사업체	원자력 공급사업체	합 계	구성비	
연구개발비	42,683	202,964	245,647	13.5	28,494	291,621	320,115	17.6	30.3
설비투자비	1,496,865	28,878	1,524,743	83.7	1,369,422	47,842	1,417,264	77.9	- 7.0
국내외 기술도입비	34,670	4,538	39,208	2.2	43,623	13,320	56,943	3.1	45.2
교육훈련비	4,056	9,004	13,060	0.7	6,302	18,791	25,093	1.4	92.1
합 계	1,578,274	244,384	1,822,658	100.0	1,447,841	371,574	1,819,415	100.0	- 0.2

주) 원자력 발전사업체 연구개발비는 원자력 연구개발기금을 제외한 금액임.

(자료 : 과학기술부, “2002년도 제8회 원자력산업실태조사”, 2003. p. 71)

### 3.2.2 원자력산업체의 연구개발투자 성과 분석

원자력공급사업체의 연구개발비에 대한 공기업 대 민간기업에 대한 투자액 집중도를 보면 2001년도에 공기업 1,626억원(80%) : 민간기업 403억(20%)에서 2002년에는 공기업 2,794억원(95.8%) : 민간기업 122억원(4.2%)으로 공기업의 비중이 확대되고 있다.

우리나라 원자력산업의 연도별 연구개발집약도는 <표 12>에서 보는 바와 같이 매년 10% 이상 증가 추세에 있다. 그러나 원자력발전사업체의 연구개발집약도는 감소하고 있는 경향

을 보이고 있으며, 원자력공급산업체의 연구개발집약도는 증가추세에 있다. 우리나라 연구개발집약도별 기업들의 분포와 비교하면, 우리나라 원자력발전사업체는 77% 집단분포에, 원자력공급산업체는 17% 상위 집단분포에 속하는 것으로 나타났다.

<표 12> 우리나라 원자력산업체의 연도별 연구개발집약도 추이

(단위 : %)

구 분	2000년	2001년	2002년	증감율	
				'00/'01	'01/'02
원자력발전 사업체	2.29	2.23	2.00	- 2.6	- 10.3
원자력공급 산업체	8.04	9.99	13.92	24.3	39.3
합 계	3.46	3.84	4.44	10.9	15.6

우리나라 원자력산업체의 1인당 연구개발투자 추이를 살펴보면, 원자력발전사업체는 감소추세에 있다. 반면 원자력공급산업체는 연구개발비의 증가에 따른 상당한 증가세를 보이고 있다. 또 우리나라 원자력산업체의 1인당 매출액 추이를 보면, 원자력발전사업체와 원자력공급산업체 모두 총 매출액 증가에 따라 증가 추세를 보이고 있다 (표 13 및 14 참조).

<표 13> 우리나라 원자력산업체의 1인당 연구개발투자 추이

(단위 : 명, 백만원)

구 분		2000년	2001년	2002년
원자력발전 사업체	연구개발비	173,849	174,420	162,956
	인력	5,161	5,295	5,323
	1인당 연구개발투자	33.685	32.941	30.614
원자력공급 산업체	연구개발비	154,408	202,964	291,621
	인력	15,485	15,503	15,413
	1인당 연구개발투자	9.972	13.092	18.921

<표 14> 우리나라 원자력산업체의 1인당 매출액 추이

(단위 : 명, 백만원)

구 분		2000년	2001년	2002년
원자력발전 사업체	총 매출액	7,578,430	7,807,384	8,146,121
	인력	5,161	5,295	5,323
	1인당 매출액	1,468	1,474	1,530
원자력공급 산업체	총 매출액	1,919,394	2,030,178	2,094,493
	인력	15,485	15,503	15,413
	1인당 매출액	124	131	136

<표 15> 우리나라 원자력공급산업체의 성과분석 사례

(단위 : %, 명, 백만원)

구 분		2001년	2002년	2003년
기관 A	연구개발집약도	8.2	8.7	9.3
	1인당 연구개발투자	10.9	12.7	14.3
	1인당 매출액	132.3	145.6	152.6
기관 B	연구개발집약도	66.9	65.2	62.2
	1인당 연구개발투자	101.0	103.7	101.1
	1인당 매출액	155.3	168.1	173.5
기관 C	연구개발집약도	5.1	8.9	7.9
	1인당 연구개발투자	12.2	19.1	15.9
	1인당 매출액	237.3	214.5	198.0

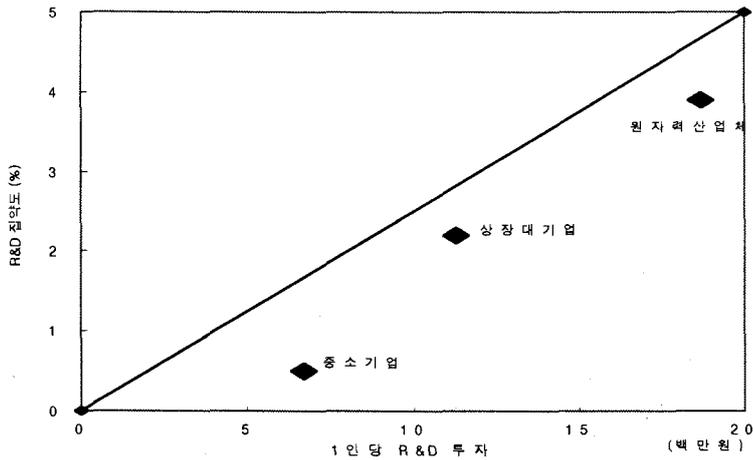
<표 16> 우리나라 원자력산업체와 산업 전체와의 성과분석 비교

(단위 : %, 명, 백만원)

구 분		종업원 1인당 연구개발투자	연구개발 집약도	종업원 1인당 매출액
원자력 산업체		18.7	3.9	475.6
산업체 평균	상장 대기업	11.3	2.2	511.0
	중소기업	6.7	0.5	999.9

<표 15>에서 보는 바와 같이 원자력공급산업체인 A 기관의 경우, 기업의 성장성을 나타내는 지표의 하나인 R&D 대 매출액비율은 2001년도 8.2%에서 2003년도 9.3%로 매년 6~7% 증가하고 있는 추세에 있다. 산업별 연구개발투자액과 집약도의 비교 자료(2002)에 의한 건설업 평균 0.80%, 전문과학 및 기술서비스업 평균 0.44% 보다 아주 높게 나타났다. 또한 동종 엔지니어링 업종의 R&D 집약도가 2% 이하인 것과 비교하면 상당히 높다. B 기관의 경우, A 기관과 C 기관과 달리 연구개발집약도가 60%를 넘는 것으로 봐서 특성상 연구전문기관임을 알 수 있다. 기관 C의 연구개발집약도는 비교 원자력공급산업체보다 낮으나, 기관특성상 1인당 매출액이 가장 높게 나타나고 있다.

원자력산업체의 연구개발 집약도는 상장 대기업 및 중소기업보다 높아 종업원 1인당 연구개발 투자액도 상장 대기업 및 중소기업보다 높게 나타났다(그림 1 참조). 그러나 원자력 산업체 1인당 매출액은 4억 7,560만원으로 우리나라 상장 대기업 및 중소기업의 종업원 1인당 매출액 보다 낮게 나타났다(표 16 참조). 이처럼 원자력산업체의 1인당 매출액이 타 산업체보다 낮은 요인은 다음과 같다고 생각된다. 첫째, 전력산업의 경우, 물가안정과 기업의 원가부담 경감차원에 의한 정부의 가격조정 영향을 받는다. 둘째, 원전 건설에는 투자기간이 길고 비용이 막대하기 때문에 수요의 증가에 대비하여 공급을 증가시키는데 상당한 시간이 걸리는 설비산업적 특성을 가지고 있다. 셋째, 연구개발결과 생산된 지적재산권의 기술 가치 평가가 별도로 이루어져야 하나, 이러한 자료의 확보가 어렵다는 점 등을 들 수 있다.



(그림 1) 우리나라 원자력산업체와 전체 산업체와의 성과 비교

결국 <표 16>의 결과는 연구개발집약도가 높은 기관일수록 기관의 성장성이 높을 것이라는 추정에 따라 연구개발성과를 평가하는 것이 타당하지 않음을 보여주는 것으로 중소기업-상장대기업-원자력산업의 순서로 기술의 복잡성이 증가함에 따라 연구개발성과가 단순한 1인당 매출액의 증가로 이어질 수 없음을 보여주는 것이다. 이는 연구개발의 성과가 매출액과 1차적 관계가 명백하기 위해서는 기업의 생산품이 단순하여 연구개발이 생산품과 직접적 연계관계가 뚜렷해야 함을 보여주며, 연구개발투자가 높은 기업이 종업원 수가 많을 경우 오히려 종업원 1인당 연구개발투자나 종업원 1인당 매출액은 감소할 수 있기 때문에 기업의 규모 차이 역시 1인당매출액 면에서 차이를 보일 수 있음을 나타내는 것이라 하겠다.

특히 원자력산업은 연구개발에 의한 생산성 향상보다는 기반 기술개발에 의한 원전 안전성 및 신뢰성 향상에 중점을 두는 고도의 기술집약적 산업으로서 다양한 분야의 기술이 혼재하고 있으므로 연구개발의 성과가 매출액과 1차적 상관관계를 이루기 어려운 특성을 가지고 있다.

따라서, 연구개발 집약도와 매출액의 상관관계로 연구개발성과를 측정하는 것은 연구개발투자의 방향을 왜곡할 가능성이 있음을 인지할 필요가 있으며, 고도의 기술집약적 사회로 진입한 우리 사회의 경우 연구개발의 성과를 측정하기 위해서는 단순한 경제변수들 간의 비교가 아닌 개발기술에 대한 새로운 가치평가의 방법론의 개발과 적용이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

본 연구를 통해 국내 원자력산업체의 연구개발 투자비의 성과를 연구개발비와 1인당 매출액과의 상관관계를 살펴본 결과는 다음과 같다.

첫째, 1980년 이후 연구개발투자를 지속적으로 확대하여 짧은 기간동안 기술혁신역량이 크게 강화되어 GDP 대비 총 R&D 투자 비중이 2002년 기준으로 2.53%로 세계 10위 수준이다. 그러나, 원자력 연구개발비는 GDP 대비 0.04%에 불과한 수준이다. 특히 선진국과 비교하면, 우리나라의 원자력연구개발비는 미국의 1/36, 일본의 1/21에 불과한 실정이다. 원자력의 국가경쟁력 강화를 위해서는 우선적으로 연구개발을 안정적으로 추진하여 기술 경쟁

력 확보가 최우선으로 되어야 할 것이다. 이를 위해서는 우수한 전문 인력의 양성과 확보, 연구재원의 지속적인 확보가 필수적이다.

둘째, 원자력산업체의 연구개발투자 성과를 보면, 원자력산업체의 연구개발 집약도는 상장 대기업 및 중소기업보다 높아 종업원 1인당 연구개발 투자액도 상장 대기업 및 중소기업 보다 높게 나타났다. 그러나 원자력산업체 1인당 매출액은 상장 대기업 및 중소기업의 종업원 1인당 매출액보다 낮게 나타났다. 이는 전력산업의 경우, 정부에 의한 가격조정 영향을 받고, 원전은 특성상 장수명 제품군으로 다량의 수요가 발생하지 않으며, 연구개발결과 생산된 지적재산권의 기술가치 미평가 등을 주요 요인으로 들 수 있다. 그리고 원자력산업은 연구개발에 의한 생산성 향상보다는 기술개발에 의한 원전 안전성 및 신뢰성 향상에 중점을 두는 고도의 기술집약적 산업으로서 다양한 분야의 기술이 혼재하고 있으므로 연구개발의 성과가 매출액과 1차적 상관관계를 이루기 어려운 특성을 가지고 있다.

셋째, 연구개발 집중도와 1인당 매출액과 같은 단순한 경제변수의 비교에 의한 연구개발 성과의 측정은 기술집약도가 높아질수록 의미를 갖지 못하므로, 연구개발성과의 분석을 위해서는 개발기술에 대한 가치평가의 새로운 방법론의 개발과 적용이 필요하다.

결론적으로 우리나라의 원자력 연구개발 투자비의 절대규모가 선진국에 비해 월등히 낮은 바, 국가 연구개발 투자가 민간기업의 연구개발 투자를 촉진시키기 위한 국가 연구개발 투자규모의 확대가 필요하다. 아울러 연구개발 투자규모를 획기적으로 확대하기 위해서는 21세기에 중심적 역할을 담당할 공공부문을 포함한 민간부문까지 연구개발 투자비의 대폭 유도와 아울러 연구개발투자를 적극 유인하기 위한 조세지원의 지속 추진이 필요하다. 또 우리나라는 연구개발 예산의 상대적 비율은 높으나, 연구개발 투자규모가 적으므로 제한된 연구개발투자의 효율 증대방안과 연구결과의 활용 극대화를 통한 연구 자본화(Capitalization on Research)로의 선택과 집중 연구전략이 요구된다. 끝.

## 참 고 문 헌

1. 한국원자력산업회의, “제4회 원자력산업실태조사 결과요약”, 1999. 12
2. 한국산업기술평가원, “2003년판 산업기술백서”, 2003. 12
3. 과학기술부, “2002년 원자력백서”, 2002. 4
4. 한국전력기술주식회사, “전력산업 연구개발사업 워크샵”, 2003. 8
5. 과학기술부, “국가 원자력경쟁력 강화방안에 관한 연구”, 2002. 2.
6. 과학기술부, “KOREA R&D Scoreboard 개발”, 2002. 4
7. 과학기술정책연구원, “KOREA R&D Scoreboard 2003 - 기업의 연구개발 투자와 성과분석”, 2003. 9
8. 과학기술부, “제8회 원자력산업실태조사”, 2003. 11
9. 일본원자력산업회의, “원자력 포켓북”, 2003
10. 한국조세연구원, “R&D 투자 평가”, 2002. 12
11. 한국산업기술평가원, “2004년도 세계 주요국의 R&D 예산 현황”, 2004. 6
12. 한국산업기술진흥협회, “산업기술 주요 통계요람”, 2003. 12
13. 과학기술부, “2003년 과학기술 연구개발활동 조사결과”, 2003. 7
14. 김교상, “원자력산업체의 연구개발투자 성과 분석”, 원자력산업, 2004. 10