공공부문 연구개발 투자 개선방안 : 기초연구 분야를 중심으로



원종학
한국조세재정연구원
선임연구위원
(jweon@kipf.re.kr)

Ⅰ. 서론

한 나라의 경제가 발전하기 위해서는 물적·인적 자원이 필요하다. 지금까지 경제성장을 이룬 나라를 보면 예외 없이 최소한 풍부한 물적 자원을 보유하고 있거나 훈련된 인적 자원이 풍부한 경우였으며, 대부분은 두 가지가 모두 충족된 경우였다.

물적·인적 자원이 발전의 필요조건이라는 사실에는 변함이 없으나, 물적·인적 자원을 무한정 증대시킬 수는 없으며, 물적·인적 자원의 물리적 생산성은 체감하므로 이들의 투입량을 지속적으로 증대시킨다고 하더라도 경제발전이 투입량에 비례하여 이루어지지는 않는다.

물적·인적 자원의 투입에 의한 성장의 가능성이 줄어들고 있는 상황에서도 보다 나은 생활을 위한 발전을 위해서는 물적·인적 자원의 효율성을 제고시키는 새로운 기술 혁신, 즉 생산성 향상이 필요하다. 20세기 후반부터 세계를 선도하고 있는 미국, 독일, 영국, 프랑스, 일본 등의 국가가 모두 생산성 향상에 노력하였으며, 실제로 생산성 제고를 통해 세계 경제를 선도하고 있다고 해도 과언은 아니다. 생산성 향상의 중요성은 정보기술산업의 대두와 함께 하드웨어보다는 소프트웨어가 중시됨에 따라 점점 더 커지고 있다.

생산성을 향상시키기 위한 구체적인 방법으로 대표적인 것이 연구개발(Research and Development)이다. 성장과 발전을 위해 많은 나라에서 연구개발에 대한 투자를 아끼지 않는 이유는 연구개발이 새로운 기술을 창출하고, 기존 기술의 효율성을 제고하는, 성장과 발전을 위한 기초 자산이라고 여기고 있기 때문이다. 우리나라도 경제성장과 더불어 연구개발에 대한 투자를 증대시켜왔다. 특히 1990년 이후에는 연구개발에 대한 투자가 매우 빠른 속도로 증가하여, 2020년 현재 규모로 세계 5위의 수준에 이르고 있다. 그런데 급증하고 있는 연구개발

투자에 비해 성과는 만족스럽지 못하다는 것이 일반적인 평가이다. 2018년 7월 우리나라의 연구개발에 관한 최고의결기관이라 할 수 있는 국가과학기술자문회의 제1회 전원회의에서 문재인 대통령의 모두 발언은 우리나라 연구개발의 현황과 성과에 관해 간략하면서도 정확하게 제시하고 있다.[1)]

> *"…지금 우리는 새로운 성장동력을 발굴하느냐, 기존 성과에 머무느냐 갈림길에 서 있습니다. 성공의 길은 연구개발(R&D) 혁신에 있습니다. 우리의 R&D 투자는 세계 최고 수준입니다. 투자액으로 봐도 세계 상위이거니와 GDP 대비 비율로 보면 단연 세계 1위입니다. (중략) 한편으로 우리 R&D가 투자 규모에 비해서 성과가 미흡한 고비용·저효율 구조라는 비판도 많습니다. (중략) R&D의 도전성을 강화할 수 있는 방안을 고민해 주십시오. 현재 매년 5만개가 넘는 정부 R&D 과제가 진행되고 있는데 성공률이 무려 98%에 달한다고 합니다. 정부 평가와 예산 배정에 유리한 단기성과 과제에 집중하기 때문이라는 지적이 많습니다. 이래서는 세계적인 연구 성과를 내기가 어렵습니다. 상상을 뛰어넘는 혁신기술도 기대하기 어렵습니다. 시행착오나 실패가 용인되는 긴 호흡의 연구 환경을 만들고, 도전적이고 혁신적인 연구 수행이 가능하도록 지원 체제 개편에 중점을 두기 바랍니다." (청와대, 2018, p. 204~206)*

우리나라에서는 연구개발 투자의 성과를 제고하기 위해 예산이 투입되는 연구개발 사업에 대해, 여타의 재정사업과 마찬가지로 성과평가를 실시하고 있다. 그러나 평가결과는 양호하지만 과학기술, 연구개발 자체의 수준이 높은 것은 아니다. 평가결과는 양호한데 수준 높은 결과가 나오지 않고 있어 평가를 잘 받을 수 있는 사업만 수행한다는 지적이 항상 제기되고 있다. 이에 대해 연구개발은 장기적인 관점에서의 수행이 필요하므로 1년 단위의 평가를 지양하여야 하며, 평가 자체는 과학기술을 잘 알고 이해하는 전문가가 해야 한다는 반론도 제기되고 있다. 연구개발 투자에 대한 성과관리는 어떻게 해야 하는가? 장기적인 입장에서 성과관리를 하면 연구개발 투자의 효율성은 제고될 것인가? 전문가가 평가를 하면 보다 적절한 평가를 할 수 있는가? 본고에서는 연구개발 투자의 현황과 그 성과를 살펴보고 연구개발 투자, 특히 기초연구개발 투자에 해당하는 사례를 예로 들어 연구개발 투자에 대한 새로운 관리방안을 모색하기로 한다.

본고에서는 기초연구개발 투자에 해당하는 사례를 예로 들어 연구개발 투자에 대한 새로운 관리방안을 모색하기로 한다.

1) 청와대(2018)

국내 연구개발비의 대부분은 민간에서부터 나오고 있고 증가 속도도 민간이 더 빠르며, 이러한 경향은 2010년 이후 더욱 커지고 있다.

Ⅱ. 연구개발 투자 현황

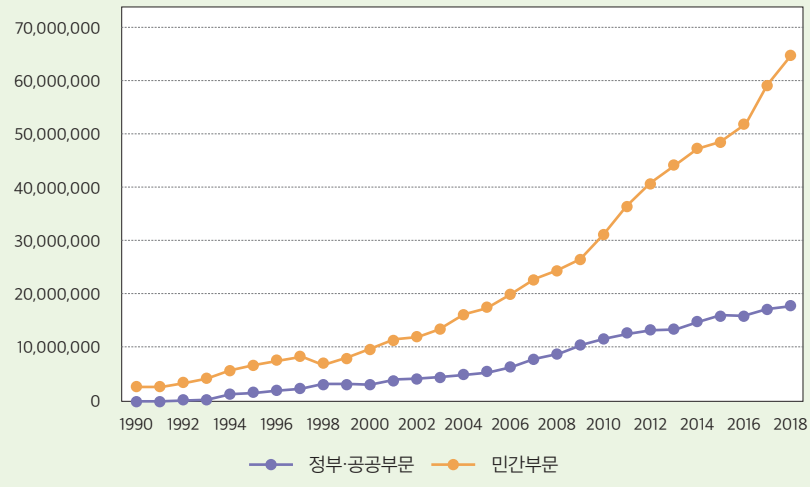
1. 연구개발비 현황 및 추이

<표 1>은 1990년부터 2018년까지의 우리나라 연구개발비 추이를 재원별로 나타낸 것이다. 우리나라 연구개발비의 특징을 보면, 우선 우리나라의 연구개발비 총액은 1990년의 3조 2,105억원에서 2018년에는 85조 7,229억원으로 지난 28년간 약 27배 정도 증가하였다. 연도별 증가율을 단순 평균하면 12.7% 정도이며, 이 기간 중 연구개발비가 감소한 시기는 외환위기 때인 1998년 단 한 해에 그치고 있다. 이러한 연구개발비의 증가는 같은 기간의 경제성장률보다 높다.

둘째, 재원별로 보면 정부·공공부문과 민간부문, 외국부문으로 나눌 수 있는데 정부·공공부문이 대략 20~30% 정도이며 민간부문이 70~80% 정도를 차지하고 있다.[2] 즉, 우리나라 연구개발비의 대부분은 민간에서부터 나오고 있고 증가 속도도 민간이 더 빠르며, 이러한 경향은 2010년 이후 더욱 커지고 있는 것을 알 수 있다([그림 1] 참조).

[그림 1] 정부·공공부문과 민간부문의 연구개발비 추이

(단위: 백만원)



출처: <표 1>을 바탕으로 저자 작성

2) 외국부문은 2016년까지 전체 연구개발비의 1% 미만 수준이었으며, 2017년과 2018년에 빠른 속도로 증가하는 모습을 보이고 있으나, 2018년에도 전체 연구개발비의 2%에도 미치지 못하고 있어 전체 연구개발비의 동향에 큰 영향을 미치지 못한다고 판단된다. 따라서 이후의 논의에서 외국부문은 별도로 설명하지 않기로 한다.

<표 1> 재원별 연구개발비 추이

(단위: 백만원, %)

연도	정부·공공부문		민간부문		외국부문		합계	
	연구개발비	구성비	연구개발비	구성비	연구개발비	구성비	연구개발비	증가율
1990	510,789	15.9	2,698,859	84.1	839	0.0	3,210,486	-
1991	808,464	19.4	3,342,601	80.4	7,376	0.2	4,158,441	29.5
1992	856,882	17.2	4,110,546	82.4	21,603	0.4	4,989,031	20.0
1993	1,026,617	16.7	5,113,985	83.1	12,381	0.2	6,152,983	23.3
1994	1,880,222	23.8	6,011,453	76.1	3,071	0.0	7,894,746	28.3
1995	2,289,131	24.2	7,150,144	75.7	1,331	0.0	9,440,606	19.6
1996	2,850,638	26.2	8,013,779	73.7	13,635	0.1	10,878,051	15.2
1997	3,344,814	27.4	8,829,196	72.5	11,796	0.1	12,185,807	12.0
1998	3,491,103	30.8	7,837,081	69.1	8,433	0.1	11,336,617	-7.0
1999	3,574,370	30.0	8,340,040	70.0	7,342	0.1	11,921,752	5.2
2000	3,816,850	27.6	10,023,405	72.4	8,245	0.1	13,848,501	16.2
2001	4,361,534	27.1	11,673,266	72.5	75,722	0.5	16,110,522	16.3
2002	4,739,957	27.4	12,508,848	72.2	76,277	0.4	17,325,082	7.5
2003	4,876,225	25.6	14,113,599	74.0	78,858	0.4	19,068,682	10.1
2004	5,446,050	24.5	16,630,869	75.0	108,424	0.5	22,185,343	16.3
2005	5,973,784	24.7	18,004,157	74.5	177,472	0.7	24,155,414	8.9
2006	6,786,698	24.8	20,469,436	74.9	89,569	0.3	27,345,704	13.2
2007	8,175,936	26.1	23,055,735	73.7	69,706	0.2	31,301,377	14.5
2008	9,248,057	26.8	25,143,875	72.9	106,122	0.3	34,498,054	10.2
2009	10,887,136	28.7	26,963,045	71.1	78,321	0.2	37,928,502	9.9
2010	12,270,228	28.0	31,489,621	71.8	94,986	0.2	43,854,834	15.6
2011	13,002,404	26.1	36,776,187	73.7	111,828	0.2	49,890,419	13.8
2012	13,822,078	24.9	41,437,795	74.7	190,243	0.3	55,450,116	11.1
2013	14,241,744	24.0	44,879,193	75.7	180,012	0.3	59,300,949	6.9
2014	15,275,007	24.0	48,008,280	75.3	450,839	0.7	63,734,127	7.5
2015	16,293,518	24.7	49,169,995	74.5	495,859	0.8	65,959,372	3.5
2016	16,410,047	23.6	52,345,867	75.4	649,616	0.9	69,405,530	5.2
2017	17,737,134	22.5	60,064,289	76.2	987,764	1.3	78,789,187	13.5
2018	18,363,011	21.4	65,702,768	76.6	1,662,936	1.9	85,728,715	8.8

출처: 국가통계포털, https://kosis.kr, 검색일자: 2020. 8. 20. 자료를 이용하여 저자 작성

우리나라의 연구개발비는 1998년 외환위기 때만 감소하고, 1990~2018년 동안 경제성장률보다 높게 증가해 왔다.

OECD 국가의 평균적인 GDP 대비 연구개발비 비율은 완만하게 증가하는 반면, 우리나라의 GDP 대비 연구개발비 비율은 1990년 이후 가파르게 상승하고 있다.

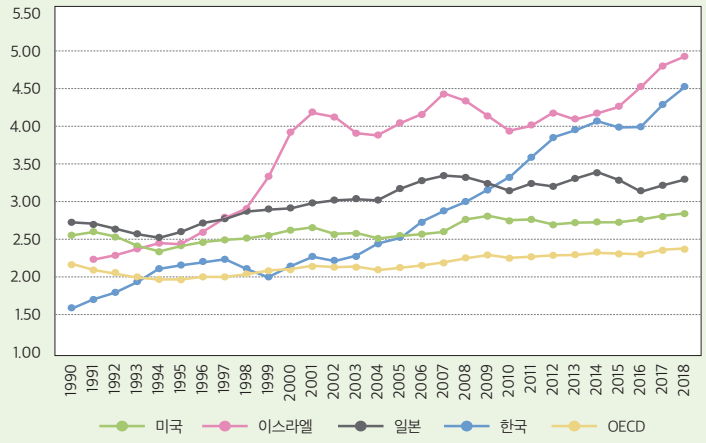
연구개발비가 1990년 이후 지속적으로 증가하고 있으나, 이는 단지 같은 시기의 경제규모가 커졌기 때문에 증가했을 가능성도 있다. 이를 확인하기 위해 국내총생산(GDP) 대비 연구개발비의 비율을 살펴본 것이 [그림 2]이다. [그림 2]에서는 우리나라를 비롯하여 OECD 주요국의 GDP 대비 연구개발비 비율을 함께 제시하였다.

[그림 2]로부터 다음과 같은 내용을 알 수 있는데, 첫째, 우리나라의 GDP 대비 연구개발비는 1997년 외환위기 이후 약간 줄었으나, 2000년 이후 매우 빠른 속도로 증가하고 있어 GDP보다 연구개발비가 더 빠른 속도로 확대되고 있음을 알 수 있다. 다시 말해, 1990년 이후 증대되고 있는 연구개발비 총액은 경제규모의 확대에 의한 부분도 충분히 고려할 수 있으나, 경제규모 확대라는 변수 외의 다른 요인에 의해 증가하고 있다고 할 수 있다.

둘째, 일본, 미국을 비롯한 OECD 국가의 평균적인 GDP 대비 연구개발비 비율은 완만하게 증가하고 있는 반면, 우리나라의 GDP 대비 연구개발비 비율은 1990년 이후 가파르게 상승하고 있다. 2010년에는 주요국 가운데 가장 높은 비율을 보이고 있던 일본을 추월하였으며, 이후로도 계속 빠르게 증가하고 있어 다른 나

[그림 2] OECD 주요국의 GDP 대비 연구개발비 비율

(단위: %)



출처: OECD Data, "Gross domestic spending on R&D," https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm, 검색일자: 2020. 8. 10. 자료를 이용하여 저자 작성

라와의 차이는 더욱 커지고 있다.

셋째, OECD 회원국 중 GDP 대비 연구개발비의 비율이 가장 높은 나라는 이스라엘이며, 우리나라는 2010년 이후 두 번째로 높은 나라가 되었다.[3] 그러나 이스라엘은 2020년 현재 인구가 약 920만명으로 우리나라의 5분의 1 정도 규모이므로 인구 5천만명 이상의 국가로 한정하여 본다면 우리나라가 가장 높다.

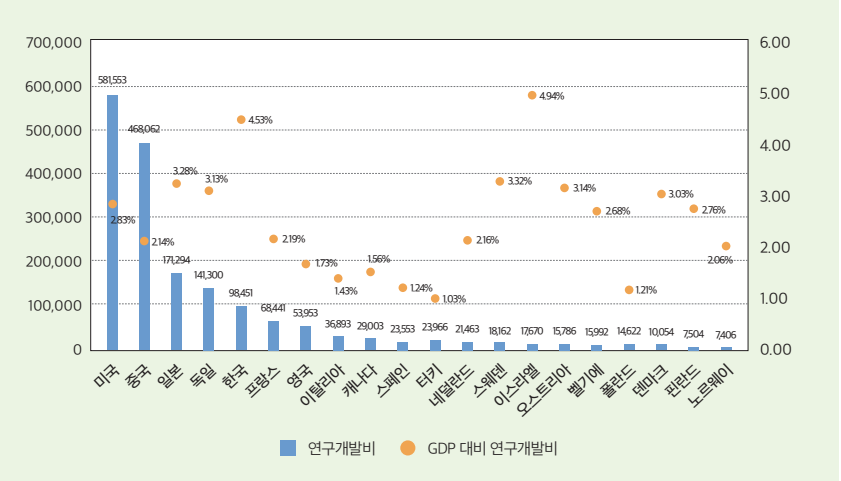
여기서, 연구개발비 총액은 당연히 경제규모에 비례할 것으로 예상되므로, 주요국의 연구개발비 총액을 통해 우리나라의 위치를 파악한 것이 [그림 3]이다. [그림 3]은 2018년의 국가별 연구개발비를 구매력 평가지수 환율로 환산하여 제시한 것이다.

2018년 현재 연구개발비 총액을 보면, 미국이 5,816억달러로 1위이며, 중국이 4,680억달러로 2위이다. 3위인 일본의 연구개발비가 1,713억달러에 그치고 있는 것에서 알 수 있듯이, 미국과 중국의 연구개발비 수준은 양적인 측면에서 다른 나라와는 많은 차이를 보이고 있으며, 질적인 측면에서도 큰 차이를 보이고 있는 것으로 조사되고 있다. 우리나라의 연구개발비는 985억달러로 일본과 독일에 이어 5위를 차지하고 있다. 일본과 독일에 비해서는 적은 편이나 프랑스, 영국, 이탈리

경제규모가 큰 국가의 경우 연구개발비 수준은 높으나 GDP 대비 비중은 상대적으로 낮게 나타나는 반면, 우리나라는 예외적으로 연구개발비의 비중이 높게 나타나고 있다.

[그림 3] 주요국의 연구개발비 및 GDP 대비 연구개발비 비중(2018년)

(단위: 백만달러, %)



출처: OECD Stat, "Main Science and Technology Indicators," https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB, 검색일자: 2020. 8. 20. 자료를 이용하여 저자 작성

3) 2012년 이후는 기준이 되는 환율을 어떻게 적용하느냐에 따라 이스라엘과 우리나라가 GDP 대비 연구개발비의 비중이 앞서거니 뒤서거니 하는 양상을 보이고 있으나, 양국의 차이는 거의 없는 것으로 나타나고 있다.

연구개발사업의 예산 추이를 살펴보면 2008년 11.1조원에서 2019년 20.5조원으로 꾸준히 증가는 하고 있으나, 증가율은 하락하는 추세이다.

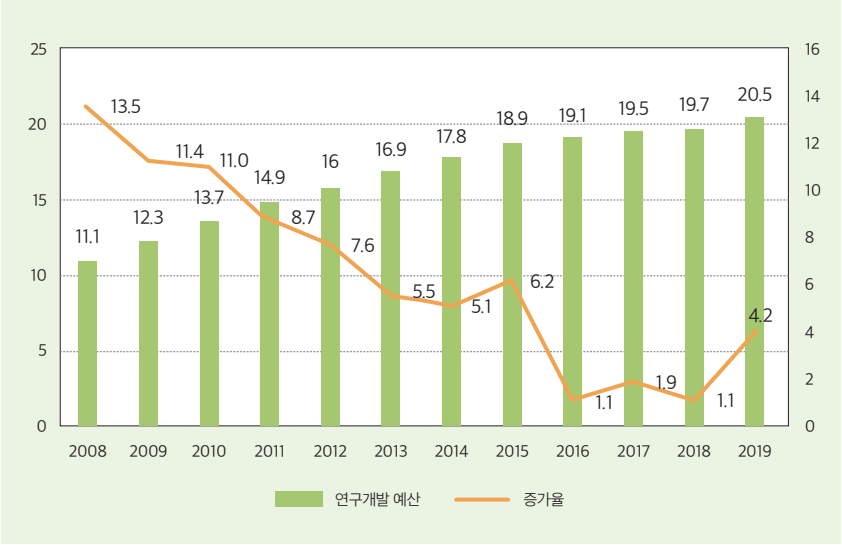
아와 같은 G7 국가보다 많은 금액을 연구개발비에 투자하고 있어, 연구개발비의 성장률뿐만 아니라 절대적인 수준에서도 이미 세계적이라 해도 과언은 아니다.

아울러, GDP에서 차지하는 비중을 보면, 이스라엘과 우리나라의 연구개발비 비중이 4%를 넘는 높은 수준인 것으로 나타났다. 예상대로 경제규모가 큰 국가의 경우 연구개발비 수준은 높으나 GDP 대비 비중은 상대적으로 낮게 나타나는 반면, 우리나라는 예외적으로 연구개발비의 비중이 높게 나타나고 있다. 이는 우리나라가 연구개발에 많은 투자를 하고 있음을 보여주는 것이라 하겠다.

연구개발사업의 예산 추이를 살펴보면([그림 4] 참조), 예산은 2008년 11.1조원에서 2019년 20.5조원으로 꾸준히 증가는 하고 있으나, 증가율은 하락하는 추세이다. 표에는 제시하지 않았으나, 정부 예산에서 국가연구개발사업 예산이 차지하는 비중을 보면, 1999년 3%대로 증가한 이후 2001년에는 4%, 2010년에는 5.18%로 증가한 후 5%대를 유지하다 2018년 4.94%, 2019년 4.67%로 4%대로 감소하였으나, 2020년에 다시 5.03%로 증가하였다.[4)]

[그림 4] 국가연구개발사업 예산 추이

(단위: 조원, %)



출처: 한웅용·김주일(2020), p. 164 자료를 이용하여 저자 작성

4) 연구개발에 관한 데이터는 한웅용·김주일(2020), p.164를 참조하였다.

2. 연구개발사업의 종류와 재원

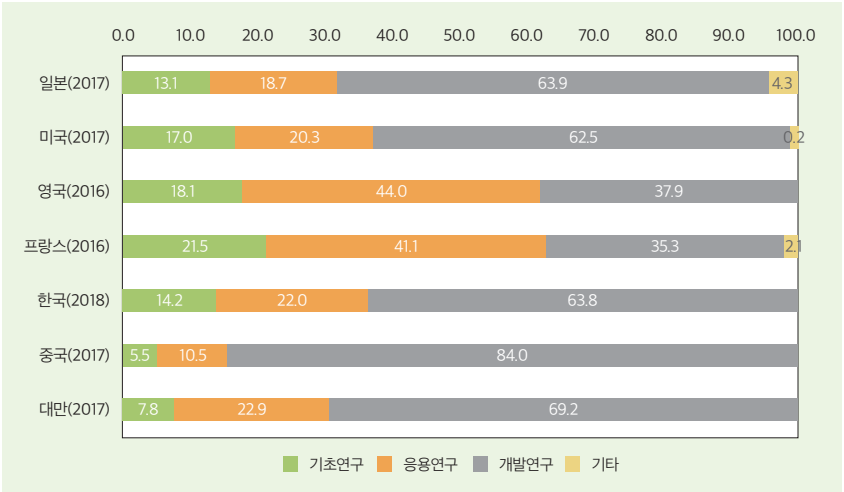
연구개발은 크게 기초연구, 응용연구, 개발연구로 구분할 수 있다.[5] 이를 보다 자세히 설명하면, 기초연구는 특수한 응용 또는 사업을 1차 목표로 하지 않고, 자연현상 및 관찰 가능한 사물에 대한 새로운 지식을 획득하기 위하여 최초로 행해지는 이론적 또는 실험적 연구를 말한다. 응용연구는 기초연구의 결과로 얻은 지식을 이용하여, 주로 실용적인 목적과 목표 아래 새로운 과학적 지식을 획득하기 위한 독창적 연구를 가리킨다. 개발연구는 기초·응용 연구 및 실제 경험으로부터 얻은 지식을 이용하여 새로운 제품 및 장치를 생산하거나, 이미 생산되거나 또는 설치된 것을 실질적으로 개선하기 위한 체계적인 연구를 말한다. 일반적으로 기초연구는 10년 이상의 연구기간에 10% 이하의 성공률을 보이며, 응용연구는 5년에 30% 정도, 개발연구는 1년 이하에 50% 정도인 것으로 알려져 있다. 연구개발을 실시하는 주요 국가들의 기초연구, 응용연구, 개발연구의 비율은 [그림 5]와 같다.

연구개발 종류의 특징을 보면, 전체적으로 개발연구, 응용연구, 기초연구 순으로 비중이 높고, 영국과 프랑스는 기초연구 및 응용연구의 비중이 높으며, 중국은 연구개발비의 80% 이상이 개발연구이며 기초연구는 5% 정도에 그치고 있다.

국가별 연구개발비 비중을 보면, 영국과 프랑스는 기초연구 및 응용연구의 비중이 높으며, 우리나라는 기초연구 20%, 응용연구 20%, 개발연구 60% 정도로 구성되어 있다.

[그림 5] 주요국의 연구개발 단계별 연구개발비 비중

(단위: %)



출처: 국가과학기술지식정보서비스, https://www.ntis.go.kr, 검색일자: 2020. 8. 20. 자료를 이용하여 저자 작성

5) 이러한 구분은 OECD의 구분에 의한 것이며 이에 대한 자세한 사항은 OECD(2002)를 참조

연구개발비의 재원별 비중을 보면 유럽 국가들은 정부·공공부문의 비율이 높은 반면, 동아시아 국가는 주로 민간부문을 중심으로 연구개발이 이루어진다.

<표 2> 주요국 총연구개발비의 재원별 비중

(단위: %)

구분	한국 (2017)	미국 (2017)	중국 (2017)	일본 (2017)	독일 (2016)	프랑스 (2015)	영국 (2016)
민간	76.2	63.6	76.5	78.3	65.2	54.0	51.8
정부·공공	22.5	30.3	19.8	21.1	28.8	38.3	32.7
외국	1.3	6.1	3.7	0.6	6.0	7.6	15.5

주: 국가별 연구개발비는 GERD(Gross domestic expenditure on R&D)로 구매력 평가지수(PPP) 환율이 적용된 자료
출처: 국회예산정책처(2019), p. 28

일본과 미국은 개발연구가 대략 60% 정도이며 기초연구와 응용연구가 30~40% 정도이다. 우리나라는 대략 기초연구 20%, 응용연구 20%, 개발연구 60% 정도로 구성되어 있다.

국가별로 연구개발의 종류가 다양하게 분포하고 있어 특정한 경향을 찾아내기 어려우나, 연구개발비의 재원별 비중을 나타낸 <표 2>로부터 유추해볼 수 있다. <표 2>는 미국과 중국을 비롯하여 연구개발비가 많은 나라들의 연구개발비의 재원별 분포를 살펴본 것이다. <표 2>로부터 독일, 프랑스, 영국과 같은 유럽 국가들은 상대적으로 정부·공공부문의 비율이 높으며, 중국과 한국, 일본의 동아시아 국가는 정부·공공부문보다는 민간부문이 75% 이상으로 연구개발이 주로 민간부문을 중심으로 이루어지고 있음을 알 수 있다. 민간의 경제활동을 중시하는 미국도 연구개발비에 관해서는 정부·공공부문이 유럽 국가들과 비슷한 수준에서 이루어지고 있음을 알 수 있다. 아울러, 미국과 유럽 국가들은 한국, 일본, 중국에 비해 외국부문으로부터의 연구개발비 비중이 높다는 특징을 지니고 있다.

일반적으로 민간부문은 이익을 얻어야 할 동기가 정부·공공부문에 비해 강하므로 기초연구나 응용연구보다는 개발연구에, 정부·공공부문은 기초연구나 응용연구에 중점을 둘 것으로 예상할 수 있다. [그림 5]와 <표 2>로부터, 정부·공공부문의 비중이 높은 미국이나 유럽 국가들에서 기초 및 응용 연구의 비율이 높으며, 민간의 비율이 높은 중국이나 일본, 한국에서 개발연구의 비중이 높게 나타나고 있어, 연구개발비의 재원과 연구 유형 사이에 일정 수준의 연관이 있는 것으로 여겨진다.

이러한 내용은 예산을 사용하는 국가연구개발사업의 수행 주체를 통해서도 어느 정도 확인할 수 있다. <표 3>은 2017~2019년 국가연구개발사업의 수행 주체

<표 3> 2017~2019년 우리나라 연구 수행 주체별 국가연구개발사업 집행액

(단위: 억원, %)

주체	2017년		2018년		2019년	
	금액	비중	금액	비중	금액	비중
합계	193,927	100.00	197,759	100.00	206,254	100.00
국·공립연구소	10,016	5.16	10,245	5.18	10,527	5.10
출연연구기관	78,838	40.65	80,502	40.71	82,597	40.05
대학	44,052	22.72	45,365	22.94	50,278	24.38
대기업	4,192	2.16	4,162	2.10	3,735	1.81
중견기업	9,504	4.90	10,692	5.41	14,165	6.87
중소기업	31,686	16.34	31,840	16.10	30,910	14.99
정부부처	4,692	2.42	2,993	1.51	1,829	0.89
기타	10,948	5.65	11,960	6.05	12,212	5.92

출처: 국가과학기술지식정보서비스, https://www.ntis.go.kr, 검색일자: 2020. 8. 20. 자료를 이용하여 저자 작성

2017~2019년간 국가연구개발사업의 수행 주체별 예산 사용액을 보면 출연연구기관이 전체 예산의 40%를 차지한다.

별 예산 사용액을 나타낸 것이다. 우리나라의 국가연구개발사업 예산을 가장 많이 사용하는 주체는 출연연구기관으로 3년 모두 전체 예산의 약 40%를 차지하고 있다. 출연연구기관에는 국가과학기술연구회 산하 연구기관, 부처 직할 연구소, 경제·인문사회연구회 산하의 연구기관 등이 있다. 다음으로 많은 곳은 대학이며, 대학의 비중은 지난 3년간 증가하고 있다.

국가연구개발사업의 주된 주체인 출연연구기관, 국·공립연구소, 대학은 이윤을 얻기 위한 조직이 아니다. 국가가 예산을 투여하는, 즉 정부·공공부문의 비중이 높을 경우 기초연구나 응용연구에 더 집중할 것으로 예상된다.

3. 연구개발사업의 성과

연구개발비에 대한 투자는 1990년 이후 지속적으로 증가하고 있는데 그 성과는 어떠한가? 어떤 특정 사업에 투자, 즉 비용을 투입하는 이유는 해당 사업으로부터 어떠한 형태로든 편익(benefit)이 발생할 것을 기대하기 때문이다. 특정 사업으로부터 기대되는 편익, 혹은 발생한 편익이 투입한 비용보다 적다고 한다면 그 사업에 대해서는 투자가 이루어지지 않을 것이다. 자원의 효율적 이용이라는 측면에서 그 사업은 실시하면 안 되는 사업이다. 사업 수행을 위한 비용-편익의

연구개발사업의 경우 최종 편익을 객관적으로 측정하기 어렵기 때문에, 최종 결과(outcome)보다는 중간 과정의 결과나 산출물(output)로 평가를 하는 경우가 일반적이다.

원칙은 이론상으로는 매우 명확하며 간단하나, 비용과 편익을 어떻게 파악할 것인가 하는 측정의 문제로 인해 실제 이를 적용시키는 것은 그리 쉽지만은 않다.

연구개발 역시 투자의 성격을 지니고 있으므로, 비용-편익 원칙을 무시할 수는 없다. 공공성이 높은 사업에 대한 투자의 경우, 사업성과의 대부분에 대해 시장이 형성되어 있지 않기 때문에 결과를 화폐가치로 측정하는 데는 어려움이 있으나, 연구개발의 경우는 그 정도가 매우 심하다. 이는 연구개발의 속성상 그 결과가 지금까지 존재하지 않았던 것을 새롭게 만들거나, 다른 연구나 공공사업 개발의 기초 재료로 이용되는 등 그 어떠한 방법을 동원하더라도 결과 자체를 화폐적 가치로 평가할 수 없는 경우가 많기 때문이다.

연구개발사업의 경우 최종 편익을 객관적으로 측정하기 어렵기 때문에, 보통의 사업평가에서 성과를 측정하기 위해 사용되는 최종 결과(outcome)보다는, 중간 과정의 결과나 산출물(output)로 평가를 하는 경우가 일반적이다. 연구개발사업 중간 결과의 대표적인 지표로는 발표논문 수와 발표논문의 피인용지수가 있다.[6] 우리나라의 연구개발 성과를 파악하기 위해 먼저 2007~2017년의 논문 수와 연구원 수를 정리한 것이 <표 4>이다. 논문은 SCI 등재지의 논문이며, 연구원 수는 상근연구원 기준이다.

<표 4> 연구논문 수와 연구원 수

(단위: 편, 명, %)

구분	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
논문 수 (A)	29,733	34,515	38,053	38,053	46,270	50,364	52,833	55,770	58,785	60,185	60,529
세계 순위	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
세계 점유율	2.64	2.83	2.93	3.11	3.21	3.37	3.36	3.45	3.53	3.52	3.51
연구원 수 (B)	221,928	236,137	244,077	264,118	288,901	315,589	321,842	345,463	356,447	361,292	383,100
연구원당 논문 수 (A/B)	0.134	0.146	0.156	0.144	0.160	0.160	0.164	0.161	0.165	0.167	0.158

출처: 국회예산정책처(2019), p. 47

6) 발표된 논문 수라고 하더라도 일정 수준의 전문 학술지에 게재된 것만을 대상으로 하고 있으며, 실제로 그 논문이 어느 정도 인용되고 있는가 등 질적인 측면을 최대한 객관적으로 제시하기 위한 지표를 사용하고 있다.

<표 5> 연구논문 피인용 실적

(단위: 편, %)

국가	피인용 상위 1% 논문 (2007~2017년 게재)			전체 논문 (2007~2017년 게재)			상위 1% 논문 비중
	순위	논문 수	점유율	순위	논문 수	점유율	
전체	-	148,225	100.00	-	14,764,333	100.00	1.00
미국	1	74,400	50.19	1	4,052,012	27.44	1.84
중국	2	23,869	16.10	2	2,249,982	15.24	1.06
영국	3	23,469	15.83	3	1,138,886	7.71	2.06
독일	4	18,264	12.32	4	1,075,011	7.28	1.70
캐나다	5	12,184	8.22	7	667,114	4.52	1.83
프랑스	6	12,029	8.12	6	752,321	5.10	1.60
호주	7	10,419	7.03	11	546,896	3.70	1.91
이탈리아	8	9,553	6.44	8	646,554	4.38	1.48
네덜란드	9	9,390	6.33	14	386,031	2.61	2.43
스페인	10	8,046	5.43	10	558,320	3.78	1.44
스위스	11	7,653	5.16	16	286,005	1.94	2.68
일본	12	7,268	4.90	5	859,312	5.82	0.85
스웨덴	13	5,120	3.45	19	257,637	1.74	1.99
벨기에	14	4,662	3.15	22	212,800	1.44	2.19
한국	15	4,396	2.97	12	521,991	3.54	0.84

출처: 국회예산정책처(2019), p. 48

SCI 등재지 발표논문이 2배 이상 증가한 기간에 연구개발비 또한 2배 이상 증가한 점을 보면, 연구개발에 대한 투자 증가와 발표된 논문 수는 높은 상관관계가 있는 것으로 판단된다.

우리나라의 연구개발이 양적 증대에 비해 질적 증대가 동반되지 않는 주요 원인 중 하나로 연구개발 투자에 대한 유인체계를 들 수 있다.

먼저 논문 수를 보면, 2007년에는 2만 9,733편이었던 SCI 등재지 발표논문이 2017년에는 6만 529편으로 10년간 2배 이상 증가하고 있다. 같은 기간 연구개발비가 2배 이상 증가하고 있는 것을 생각하면, 연구개발에 대한 투자의 증가와 발표된 논문 수는 높은 상관관계가 있는 것으로 판단된다. 연구원 수도 유사한 움직임으로 2007년 약 22만 2천명에서 2017년에는 약 38만 3천명으로 1.7배 가까이 증가하였다. 연구원 수의 증가보다는 연구논문 수의 증가가 더 빨라, 같은 시기 연구원 1명당 논문 수는 전체적으로 증가하고 있는 추세이다. 논문의 발표는 증대하였으나, 세계 시장에서의 순위를 보면 2007년에 12위였으며 2017년에도 12위로 변화가 거의 없다. 이는 같은 시기 다른 나라에서도 연구개발을 통한 논문 수가 증가하고 있기 때문으로 여겨진다.

논문 수로 확인한 연구개발의 양적 증가는 지속적으로 이루어지고 있으나, 질적 증가는 어떠한가? 논문의 질적인 측면을 파악하는 수단의 하나로 논문의 피인용횟수가 있다.

<표 5>는 2007~2017년간의 논문 수와 이 논문들 가운데 인용이 많이 되는 상위 1%의 논문 수를 나타낸 것이다. 먼저 전체 논문 수가 주요국 가운데 12위인 것은 앞에서 설명한 바와 같다. 2007~2017년 사이에 발표된 52만 1,991편의 논문 가운데 인용도가 상위 1%에 해당하는 논문은 4,396편으로 15위에 그치고 있다. 아울러, 상위 1%에 포함되는 논문의 비중은 전체 발표논문의 0.84%에 지나지 않고 있다. 주요국 가운데 전체 발표논문 중 피인용도가 1%에 미달하고 있는 나라는 일본과 한국뿐이다. 발표논문 수에 비해 인용되는 논문이 적다는 것은 연구 자체는 많이 하고 있으나, 연구의 질적인 측면에서는 개선의 여지가 있음을 의미한다고 할 수 있다.

왜 연구개발의 경우 양적인 증대에 비해 질적인 증대가 동반되고 있지 않는가? 이에 대해서는 다양한 측면에서 설명할 수 있으나, 본 연구에서는 연구개발 투자에 대한 유인체계(incentive system)를 중요한 원인 중 하나로 파악하고 있다. 즉, 연구개발 사업, 특히 기초연구의 경우 그 성과에 대한 측정이 어려움에도 불구하고, 우리나라의 예산사업 평가체계가 연구개발사업에 대해서도 연 단위로 성과를 평가하여 예산을 조정하는 체계를 유지하고 있어, 연구개발도 이러한 유인체계에 맞추어 성과를 얻을 수 있는 연구에 보다 집중하기 때문이라고 생각된다.

다음 장에서는 일본의 슈퍼컴퓨터 K 개발사업의 사례를 들어 기초연구에 대한 평가 시 제기될 수 있는 문제점과 평가의 어려움 등에 대해 살펴보기로 한다.

본 장에서는 일본의 슈퍼컴퓨터 K 개발 사례를 통해 기초연구에 대한 평가 시 제기될 수 있는 문제점과 평가의 어려움 등에 대해 살펴보기로 한다.

Ⅲ. 기초연구에 대한 평가: 슈퍼컴퓨터 K의 사례를 중심으로

슈퍼컴퓨터 K는 일본의 이학연구소와 후지쯔가 공동으로 개발한 슈퍼컴퓨터로 2011년 6월부터 12월까지 연산속도가 가장 빠른 컴퓨터로 인정되었다. 컴퓨터의 연산속도를 측정하는 방법 가운데 하나로 부동소수점 연산처리 속도가 있다. 1초당 1경을 넘는 연산 속도를 기록한 최초의 컴퓨터였으므로 컴퓨터 이름을 경(京)으로 하였는데, 경의 일본어 발음이 '케이(Kei)'이므로 슈퍼컴퓨터 K로 이름을 정하였다. 슈퍼컴퓨터 K의 개발에 막대한 비용이 소요됨에 따라 '꼭 최고 성능의 컴퓨터를 개발을 해야 하는가?' 하는 문제 제기로 화제가 되었으며, 1위에서 물러난 2012년 이후에도 계속 운영되다가 2019년 이학연구소에 후가쿠(Fugaku)라는 새로운 슈퍼컴퓨터가 설치됨에 따라 해체되었다.

1. 슈퍼컴퓨터

슈퍼컴퓨터란, 과학기술 연산을 주 목적으로 하는 대규모의 연산을 초고속으로 수행할 수 있는 능력을 가진 컴퓨터를 말한다. 슈퍼컴퓨터의 성능은 부동소수점 연산처리 능력으로 표시되는데, 어느 정도의 성능이 되어야 슈퍼컴퓨터라고 할 수 있는지에 대해 일반적으로 정해진 기준은 없다. 예컨대 1980년대의 슈퍼컴퓨터보다 현재 우리가 가정이나 회사에서 사용하는 컴퓨터의 연산 능력이 더 뛰어나다는 것에서도 알 수 있듯이 성능을 기준으로 하는 슈퍼컴퓨터의 기준은 시대에 따라 변해 왔다.

미국의 맨하임 대학과 테네시 주립대학이 공동으로 운영하고 있는 Top500라는 사이트에서 매년 두 차례씩 일정 테스트를 통해 연산 능력이 가장 뛰어난 컴퓨터의 순위를 제공하고 있다. 2019년 11월과 2020년 2월의 Top500의 슈퍼컴퓨터 순위는 <표 6>과 같다.[7]

7) Top500 The List, https://top500.org에서 슈퍼컴퓨터에 관한 보다 자세한 정보를 얻을 수 있다. TOP500 외에도 Green500, HPCC, Graph500 등에서 서로 다른 성능 기준에 의한 순위를 제공하고 있으며, 기준이 다른 만큼 순위에 다소 차이는 존재한다.

슈퍼컴퓨터의 순위는 한 나라의 과학기술 수준을 보여주는 지표의 하나로 간주되기도 하여 많은 나라에서 순위 경쟁을 하고 있다.

<표 6> 슈퍼컴퓨터 순위

2019년 11월			2020년 8월		
순위	국가	시스템	순위	국가	시스템
1	US	Summit	1	Japan	Supercomputer Fugaku
2	US	Sierra	2	US	Summit
3	China	Sunway TaihuLight	3	US	Sierra
4	China	Tianhe-2A	4	China	Sunway TaihuLight
5	US	Frontera	5	China	Tianhe-2A
6	Switzerland	Piz Daint	6	Italy	HPC5
7	US	Trinity	7	US	Selene
8	Japan	AI Bridging Cloud Infrastructure	8	US	Frontera
9	Germany	SuperMUC-NG	9	Italy	Marconi-100
10	US	Lassen	10	Switzerland	Piz Daint
…	…	…	…	…	…
14	Korea	Nurion	17	Korea	Nurion

출처: Top500 The List, https://top500.org, 검색일자: 2020. 8. 25. 자료를 바탕으로 저자 작성

슈퍼컴퓨터의 순위는 한 나라의 과학기술 수준을 보여주는 지표의 하나로 간주되기도 하여 많은 나라에서 순위 경쟁을 하고 있다. 2020년 현재 가장 많은 슈퍼컴퓨터를 보유하고 있는 나라는 중국, 미국, 일본, 프랑스, 독일의 순이나 중국이 전체의 45.2%, 미국이 22.6%로 중국과 미국이 전체의 70% 가깝게 차지하고 있어 중국과 미국이 다른 나라를 압도하고 있다. 한편 슈퍼컴퓨터의 성능에 관한 조사(performance share)에서는 미국 28.2%, 중국 25.5%, 일본 23.9%로 미국이 중국을 앞서고 있으며, 일본 역시 상당한 비중을 차지하고 있다. 수량에서는 중국, 성능에서는 미국이 선도하고 있으며, 일본이 성능 면에서는 미국, 중국과 비슷한 수준을 보유하고 있는 것으로 나타났다.

일본이 성능 면에서 좋은 성과를 보이고 있는 것은 <표 6>에 나타난 바와 같이 2020년 8월 현재 연산처리 속도가 가장 빠른 컴퓨터가 일본의 후가쿠인 것으로도 알 수 있다. 후가쿠 이전에는 미국의 서밋(Summit)이 2년 정도 1위를 유지하고 있었다. 일본이 슈퍼컴퓨터 순위에서 1위를 차지한 것은 2011년 슈퍼컴퓨터 K 이후 9년 만이다.

슈퍼컴퓨터는 고속연산이 가능하므로 새로운 기술 개발을 위한 방대한 양의 계산과 시뮬레이션에 주로 사용되고 있다. 슈퍼컴퓨터가 구체적으로 어떠한 작업을 하는지를 슈퍼컴퓨터 K 개발 시 제시한 내용으로 살펴보면 ① 고속으로 반응하면서 소비전력이 적은 차세대 반도체 재료, 특히 실리콘 나노 와이어(nano wire), 탄소 나노 튜브 등 나노 전자장치 재료의 움직임을 시뮬레이션(simulation)으로 해석하여 조기 개발에 공헌, ② 방대한 양의 약재 후보 물질 가운데 병의 원인이 되는 단백질 활성 부위에 결합하여 병이 발생하는 것을 막을 수 있는 화합물을 예측함으로써 신약 개발기간의 단축이나 개발비용 절감에 공헌(신약 개발에 응용), ③ 색소 증감형 태양전지의 원자·전자 레벨에서의 움직임을 시뮬레이션을 통해 분석하여 에너지 변환 효율이 높은 태양전지 개발에 공헌, ④ 대기대순환 모델을 해상도 400m의 고해상도로 시뮬레이션하여 집중호우 등 국소 현상을 해명하는 고정도의 기상예측 정보의 제공 등이었다.

2. 사업분류와 슈퍼컴퓨터 케이(京, K)

2009년 정권 교체를 이룬 일본의 민주당은 세출 억제를 통한 재원 확보를 위해 기존의 세출, 즉 실시하고 있는 정부 사업에 대한 철저한 검토를 통해 재정지출의 효율화를 도모하고자 하였다. 당시 일본의 민주당이 대대적으로 내세운 정책은 사업분류(事業仕分け)였다.[8)]

예산사업에 대한 검토를 통한 중앙정부의 재정 효율화 도모를 목적으로 한 사업분류는 일본에서 처음 실시되었다.[9)] 민주당이 실시한 사업분류에는 민간 전문가도 참가하였으며, 그 과정을 공개하여 일본에서 정권교체가 이루어졌음을 보여주는 상징적인 행사이기도 하였다. 사업분류의 결과는 당초에 예상하였던 만큼의 예산 절감효과를 거두었다고 하기는 어려우나, 예산편성 및 재정 효율성에 대한 국민의 관심과 이해를 높였다는 점에서는 효과가 있었다고 판단된다.

2009년의 사업분류에서 가장 많은 주목을 받은 것은 차세대 슈퍼컴퓨팅 기술(슈퍼컴퓨터 개발) 사업이었다. 즉, 사업분류 결과 슈퍼컴퓨터 개발사업은 비용대비 효과가 높지 않다고 판단되어 예산 삭감이 권고되었다. 이 권고에 대해 이공계가 크게 반박을 하며 여론을 통해 압박을 가하였다. 이 과정을 보다 자세히 살펴보면 다음과 같다.

2009년 정권 교체를 이룬 일본은 세출 억제를 통한 재원 확보를 위해 기존의 세출, 즉 실시하고 있는 정부 사업에 대한 철저한 검토를 통해 재정지출의 효율화를 도모하고자 하였다.

8) 일본의 사업분류에 관한 설명은 원종학(2010)을 참조
9) 지방정부의 예산사업에 대해서는 2002년부터 실시되고 있었다.

일본에서 실시한 사업분류는 당초 예상한 예산 절감효과를 거두었다고 하기는 어려우나, 예산편성 및 재정 효율성에 대한 국민의 관심과 이해를 높였다는 점에서는 효과가 있었다고 판단된다.

<표 7> 슈퍼컴퓨터 개발비 비교

시스템	국가	개발비(엔)	운용비(억엔/년)	성능(petaflops)[1)]	비고
K	일본	1,120	80	10,000	2011.6~2011.12
Sequoia	미국	200	-	16,320	2012.6
Tianhe-I	중국	71	16	2,566	2010.11~2011.6(1)
TSUBAME2.0	일본	34	2	1,192	2010.11~2011.6(4)
Roadrunner	미국	118	-	1,375	2008.6~2009.11
Blue Gene/L	미국	90	-	596	2004.11~2008.6
Earth Simulator	일본	600	50	35.86	2002.6~2004.6

주: 1) 1초당 1천조번의 수학 연산처리를 뜻함

출처: Wikipedia(Japan), https://ja.wikipedia.org/wiki/京_(スーパーコンピュータ), 검색일자: 2020. 8. 10.; Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/K_computer; 검색일자: 2020. 8. 10. 내용을 참조하여 저자 작성

우선 2009년 사업분류를 위해 슈퍼컴퓨터 K 개발사업에 대한 개요를 살펴보기로 하자. 슈퍼컴퓨터 K 개발사업은 2005년 문부과학성과 이화학연구소에서 차세대 슈퍼컴퓨터 프로젝트로 시작하여 2006년 국가 프로젝트가 되었다. 처음에는 이학연구소를 중심으로 한 후지쯔, NEC, 히타치 3사와의 공동 프로젝트였으나 2009년 5월 NEC와 히타치가 개발에서 탈퇴하여 이학연구소와 후지쯔가 개발을 진행하였다.

개발비용을 보면 시스템 개발에 793억엔, 소프트웨어 개발에 126억엔, 시설설치에 193억엔의 총 1,111억엔을 계획하였으나, 결과적으로는 1,120억엔 정도가 소요되었다. 2009년 사업분류에서 문제가 된 것은 2009년 당시 이미 700억엔 이상이라는 막대한 비용이 투입되었음에도 불구하고 슈퍼컴퓨터가 개발되지 않았기 때문이었다. 여기에 더하여, 슈퍼컴퓨터의 개발비용이 다른 나라의 슈퍼컴퓨터 개발에 비해 몇 배 이상 소요되기 때문이기도 하였다. 일본의 슈퍼컴퓨터 개발에 소요된 비용이 다른 나라에 비해 어느 정도 수준인지를 살펴보기 위해 2011년 슈퍼컴퓨터 K가 완성되었을 때의 주요 슈퍼컴퓨터 개발비와 운용비를 정리한 것이 <표 7>이다.

먼저 개발비를 보면 슈퍼컴퓨터 K의 개발비가 1,120억엔으로 2002년에 개발된 일본의 Earth Simulator 개발비 600억엔보다 2배 정도 많으며, 슈퍼컴퓨터 K에 이어 세계 1위를 차지한 미국의 Sequoia보다는 5.5배, 슈퍼컴퓨터 K 이전 1위였던

중국의 Tianhe-I보다는 15배 이상 많은 비용이 들었다.[10] <표 7>에서 알 수 있듯이 일본의 경우 슈퍼컴퓨터 개발 및 유지와 관련하여 미국이나 중국에 비해 개발비, 유지비 모두 상당히 높다는 것을 알 수 있다.

이렇듯 일본만이 유난히 많은 비용을 투입하고 있는 사실 등을 반영하여 2009년 사업분류에서는 슈퍼컴퓨터 개발 사업의 유효성, 즉 비용 대비 효과에 대해 엄중하게 추궁하였다. 당시 슈퍼컴퓨터 K 개발의 필요성에 대해 문부과학성이 배포한 자료를 보면, ① 고속·고정도 시뮬레이션에 의한 과학기술의 비약적 발전(예: 에너지 절약형 반도체 개발, 바이러스 움직임 해석으로 시약 개발), ② 국가에 필요한 최첨단 IT의 획득(예: 초미세 반도체 프로세스 등), ③ 기후변화 문제에 공헌(지구온난화 문제 대책 입안에 꼭 필요함), ④ 산업 경쟁력 강화(경제효과 3.4조엔, 효과사례 8,400억ps, 기본 특허 획득 4,300억엔) 등을 들고 있었다.

그러나 사업분류를 담당하였던 평가자들은 슈퍼컴퓨터 K 개발 사업에 대해 매우 비판적이었다. 사업분류에서 지적된 주요 평가내용을 소개하면 다음과 같다.[11]

- 10페타 슈퍼컴퓨터 개발이 자기 목적화되고 있다. 중요한 것은 슈퍼컴퓨터의 개발이 아니라 슈퍼컴퓨터를 이용하여 어떠한 정책효과를 낼 수 있는가이다.
- 10페타 슈퍼컴퓨터에 대한 산업계의 수요(요구)는 실제로 있는가?
- 속도만을 추구할 것이 아니라 중요한 것은 이용자의 사용 편의성이다. 예컨대, 한 대의 슈퍼컴퓨터에 10페타를 탑재하는 것보다, 1페타 슈퍼컴퓨터를 10대 만들어 실제로 이를 이용하는 연구자가 있는 곳에 전국적으로 배치하는 것을 고려할 수는 없는가? 10페타 슈퍼컴퓨터를 개발하는 것 자체가 목적화되고 있는 것은 아닌가?
- 미국이 2012년까지 10페타 슈퍼컴퓨터를 만들려고 하는데, 가령 일시적으로 일본의 슈퍼컴퓨터가 세계 최고속이 된다고 한들 언제까지 세계 1위를 유지할 수 있는가?
- '과학'에 비용 대비 효과를 적용하기 어려운 것은 이해되나, 1천억엔 이상의 세금이 투입되는 사업의 성과가 전혀 보이지 않는다는 점은 개선되어야 할 사항이 아닌가?

일본의 경우 미국이나 중국에 비해 슈퍼컴퓨터 개발비와 유지비가 상당히 높다는 것을 알 수 있다.

10) 슈퍼컴퓨터 K의 개발에 여타의 슈퍼컴퓨터에 비해 많은 비용이 든 것은, 슈퍼컴퓨터 K의 경우 프로세서를 독자 개발하였기 때문이다. 슈퍼컴퓨터 K 개발을 위해 후지쯔는 SPARC라는 프로세서를 개발하였으나, 이 프로세서는 일본의 일부 컴퓨터에만 사용되었을 뿐 확산되지 못해 많은 투자에 비해 상업적으로는 성공하지 못했다.

11) 슈퍼컴퓨터 K 개발에 관한 평가에는 본고에서 제시한 것 외에도 유사한 형태의 지적사항이 있었다. 많은 지적사항 가운데서도 특히 "세계 1위를 해야 하는 이유가 있는가? 2위는 안 되는가?"라는 질문은 슈퍼컴퓨터 K 개발 사업에 대한 비판을 대표하는 문구가 되었다.

슈퍼컴퓨터 K 개발 사례는 전문가들도 기초연구 달성 시 기대효과에 대해 구체적인 내용을 제시하지 못하고 있음을 보여준다.

- 과학기술의 필요성, 중요성은 이해할 수 있으나, 세계 1등을 목표로 하는 시대는 아니다. 세계 1위를 해야 하는 이유가 있는가? 2위는 안 되는가?

사업분류 결과, 슈퍼컴퓨터 개발사업에 대해 현행 계획대로 추진을 한다고 하면 예산을 동결하여야 하며, 계획을 다시 작성하여 재검토하여야 한다고 결론을 내렸다. 구체적으로는 12명의 평가위원 가운데 '폐지'가 1인, '예산 책정하지 않음'이 6명, '예산요구액 삭감'이 5명이었다. 그 결과 예산에 대한 검토와 관계부처 장관의 절충 등을 거쳐, 2010년에는 문부과학성의 268억엔 요구액에 대해 110억엔의 예산을 배정하였다.

슈퍼컴퓨터 K 개발사업에 대한 평가는 예산사업 평가의 입장에서는 점검하고 확인하여야 할 당연한 사항에 대한 지적이었으며, 사업을 지속하기 위해 사업담당자는 이러한 질문에 적절히 응답을 해야 한다. 그러나 이상의 지적에 대해 담당부서인 문부과학성은, 최첨단 슈퍼컴퓨터가 아니면 최첨단 경쟁에서 이길 수 없으며, 세계 최고를 달성함으로써 국민에게 꿈을 줄 수 있다는 내용으로 답신을 하였다. 문부과학성의 답신은 감성적인 것이며 평가위원의 지적에 대해 구체적으로 반박한 것은 아니었다.

한편 슈퍼컴퓨터 개발사업에 대한 대폭적인 예산 삭감이 권고됨에 따라 과학계에서는 크게 반박하였다. 특히 일본의 과학계를 대표하는 노벨상 수상자들은 기자회견 등을 통해 예산 삭감의 부당함을 호소하였다. 노벨상 수상자들의 발언을 보면 먼저, 당시 이학연구소 이사장이었던 노요리 료지(野依良治)[12]는 "선진 각국이 국가의 위신을 걸고 슈퍼컴퓨터 개발에 매진하고 있는데, 예산이 동결되면 다른 나라에 뒤쳐진다"고 주장하였다. 아울러, "과학기술이나 교육은 단기적인 비용 대비 효과로 평가해서는 안 되며, 좀 더 견식 있는 논의가 있어야 한다. 슈퍼컴퓨터나 가속기는 인프라이므로 국가 입장에서 정비가 필요하다"고 주장하였다. 에자키 레오나(江崎玲於奈)[13]는 "일본의 과학기술은 일류가 아니다. 이럴 때 지출을 하지 않으면 더욱 나빠질 것은 명백하다"고 주장하였고, 도네가와 스스무(利根川進)[14]는 "세계 1등을 목표로 해도 될 수 있는 것은 아니다. 세계 1등을 하겠다는 마음으로 하지 않으면 2등도 3등도 할 수 없다"며 세계 1위를 지향한다는 슈퍼컴퓨터 K 개발사업을 지원하였다.

여기서 주목할 점은 슈퍼컴퓨터 개발사업을 주도한 문부과학성, 실제로 개발

12) 2001년 노벨 화학상 수상자
13) 1973년 노벨 물리학상 수상자
14) 1978년 노벨 생리학·의학상 수상자

을 담당한 이학연구소, 그리고 과학 분야의 최고 권위자라 할 수 있는 노벨 수상자들마저도 슈퍼컴퓨터의 개발에 대한 합리성, 타당성을 구체적으로 제시하지 못하고 막연하게 과학발전을 위해서는 중요하다는 정도의 의견만을 제시하고 있다는 것이다.

즉, 전문가도 기초연구에 대해서는 기초연구가 달성되었을 때 기대할 수 있는 효과에 대해 구체적인 내용을 제시하지는 못하고 있다는 것이다. 연구개발의 결과가 가져올 수 있는 결과는, 많은 경우에 설령 그것이 사후적으로 막대한 사회적 편익을 가져오더라도, 사전적으로는 전문가들도 이를 구체적으로 파악할 수 없음을 보여주는 사례라 하겠다.

슈퍼컴퓨터 K와 관련하여, 2013년 이미 속도에서 1위 자리를 내주었는데, 이학연구소에서는 "속도는 3위이나, 사용의 편리함과 관계가 있는 CPU-메모리 간, CPU 간 데이터 전송 성능은 다른 슈퍼컴퓨터보다도 우위에 있어, 말하자면 사용의 관리성 측면에서는 세계 최고이다"라고 발표하였다. 이 발표는 세계 1위 속도여야 한다고 개발 시 주장하였던 논리는 이미 없어지고, 속도가 빠르지 않아도 사용의 편리함이 중요하다고 주장하는 것으로서, 가장 빠른 컴퓨터를 개발하기 위해 막대한 비용이 필요하다는 당초의 주장은 무엇이었는가에 대한 의구심이 들게 한다.

2015년 행정사업 리뷰에서 가동된 이후 4년이 경과한 시점에서 슈퍼컴퓨터 K에 대한 후속 성과에 대해 검토하였다. 행정사업 리뷰에서는, 개발비로 1,100억엔 이상이 들었으며, 운용에 매년 100억엔 이상의 국비가 투입된 슈퍼컴퓨터 K의 구체적인 성과를 확인할 수 없었다고 결론 내리고 있다. 아울러, 이러한 상태에서 새로 1,200억엔의 국비를 투입하여 슈퍼컴퓨터 K 이후 차세대 슈퍼컴퓨터를 개발하는 것이 정말 필요한가 라는 대형 연구개발사업에 대해 의문을 제기하였다.[15)]

하지만 이학연구소와 후지쯔는 2020년 속도와 기타 성능에서도 모두 이전의 슈퍼컴퓨터를 훨씬 뛰어넘는 슈퍼컴퓨터 후가쿠(Fugaku)를 개발하였다. 후가쿠의 개발에 슈퍼컴퓨터 K의 기술력이 바탕이 되었음은 쉽게 추측할 수 있다. 향후 후가쿠가 어떠한 일을 수행하여 과학기술 및 일상생활의 발전에 어떠한 도움을 줄 수 있을지 현재는 예단할 수 없으나, 컴퓨터 개발에 관한 한 일본이 세계 최고 수준의 기술을 보유하고 있다는 것은 변하지 않는 사실이라고 하겠다.

기초연구의 결과는 응용연구 및 개발연구의 기반을 제공하는 것이 대부분이므로, 그 효과에 대해서는 사업을 담당하는 연구자 및 관련 전문가마저도 평가하기 어렵다.

15) 2015년에 이미 이학연구소와 후지쯔는 차세대 슈퍼컴퓨터 개발에 착수하였으며, 2020년 세계 1위를 자리를 차지한 후가쿠가 그 결과이다.

새로운 기술이나 이론의 개발이 장래에 어떠한 방향으로 생활에 도움이 될지는 사전적은 물론이거니와 사후적으로도 많은 시간이 필요한 경우가 적지 않다.

Ⅳ. 결론: 기초연구에 대한 평가

이상에서 살펴본 바와 같이 기초연구의 결과는 응용연구 및 개발연구의 기반을 제공하는 것이 대부분이므로, 그 효과에 대해서는 사업을 담당하는 연구자 및 관련 전문가마저도 평가하기 어렵다. 지금까지 과학기술의 발전, 삶의 질 향상에 기여한 기초연구의 결과는 열거할 수 없을 정도로 방대하나, 기초연구의 결과가 어떻게 사용될지에 대해서는 사전적은 물론이거니와 연구가 완성된 이후에도 평가하기 어렵다.

예컨대, 현재 모두가 휴대폰을 이용하여 사용하고 있는 GPS 기술은 일반상대성이론을 이용하여 시간을 보정해야 한다고 한다. 아인슈타인이 일반상대성이론을 발표하였을 때 그 이론이 GPS에 사용될 것이라고는 생각하지도 못했을 것이다. 이와 같이 새로운 기술이나 이론의 개발이 장래에 어떠한 방향으로 생활에 도움이 될지는 사전적은 물론이거니와 사후적으로도 많은 시간이 필요한 경우가 적지 않다. 따라서 기초연구의 성과를 단기간 내에 측정하고자 하는 것은 가능하지도 않을뿐더러 바람직하지도 않다. 아울러 결과 자체에 대한 정의도 어려우며 측정도 매우 어려우므로 성과에 근거하여 지원하는 것은 바람직하지 않다.

성과에 근거하여 평가하는 것은 제한된 자원의 효과적인 이용을 위해서는 꼭 필요한 것이라 할 수 있다. 그렇게 하는 것이 사업의 최종적인 목표에 맞추어 사업을 효과적이며 효율적으로 수행하는 유인을 제공하기 때문이다. 그러나 이러한 성과에 근거한 사업의 관리는 성과에 대한 정의가 명확하고 측정이 용이해야 한다는 전제가 있다. 성과 자체에 대한 정의가 어렵고, 측정 또한 어려운 사업에 대해 성과에 따른 지원을 엄격하게 실시한다면, 그 사업은 사업 본연의 성과가 아니라 달성하기 쉬운 형태의 결과를 성과 측정을 위한 지표로 설정할 것이다.

연구개발, 특히 기초연구 개발의 성과를 측정하기 어려움은 이미 설명한 바와 같다. 기초연구 개발사업에 대해 엄격히 성과에 근거하여 지원하게 되면, 즉 인센티브 구조가 단기간의 업적을 중시하는 형태가 되면, 기초연구 개발은 당연히 단기간에 성과를 얻을 수 있는 것만을 지향하게 될 것인데, 이는 연구개발이 원래 추구하는 목표와 멀어지는 결과를 초래할 수 있다. 그러나 연구개발사업이라고 해서 원칙 없이 지원을 하는 것도 적절하지 않다.

연구개발사업에 대해 어떠한 형태로 지원을 해야 하는가? 예산이 투입되는 정부·공공부문의 연구개발 투자는 기초연구에 집중되어 있다. 그러나 앞에서 지적한 바와 같이 엄격한 성과주의의 도입은 왜곡된 유인구조로 인해 의도하지 못한 결과를 초래할 수 있다. 실제로 서론의 대통령 발언에 있듯이, 성과는 좋으나 많은 결과가 실제로 도움이 되는 경우로 이어지지 않는 것도 왜곡된 유인체계에 의한 부분이 적지 않다고 여겨진다.

기초연구의 실효성을 제고하기 위해서는 어떠한 유인체계를 도입하여야 하는가? 본문에서 설명한 바와 같이 기초연구의 결과는 단기에 나타나지 않고, 장기에 걸쳐 예상하지 못한 곳에서 나타나는 경우가 많다. 따라서 기초연구에 관한 개별 연구개발 투자에 대해서는 단기적 관점에서 성과평가는 하지 않고 일정 기간 약속된 지원을 하되, 기초연구 개발비 총액에 대해 평가하는 방법을 생각할 수 있다. 구체적으로 설명하면, 먼저 예산당국은 예산 혹은 국내총생산(GDP)의 일정 비율로 기초연구에 대한 연구개발비 총액을 결정하고, 일정 기간(예컨대, 3년이나 5년)을 정하여 연구개발의 성과를 측정하며 성과에 근거하여 앞으로의 비율을 조정하는 것이다. 한편, 설정된 총액을 개별 사업에 배분하는 것은 연구개발을 담당하는 전문가 혹은 전문가로 구성된 기관(예컨대, 과학기술정통부나 국가과학기술자문회의 또는 연구재단 등)이 과학계의 수요, 필요성, 가능성 등 전문가적 식견을 반영하여 결정하도록 한다.

기초연구에 대한 지원방식 및 평가방식을 이와 같이 할 경우, 기초연구가 1년이라는 단기적인 시간에 쫓기어 1년 안에 어떤 형태로든 성과를 거둘 수 있는 과제만을 수행하는 단점이 크게 개선될 것으로 기대되는 만큼 장기적인 안목에서의 기초연구가 가능해진다는 장점이 있다.

물론 단기적인 성과를 묻지 않고 장기적인 입장에서 일정 비용을 계속하여 지원하는 것에 따른 부작용도 충분히 생각할 수 있다. 우선 생각할 수 있는 것으로는, 성과에 대한 점검이 없는 만큼 원래의 사업과는 무관하게 예산이 유용되는 경우도 발생할 수 있을 것이다. 또한 개별 연구의 선정은 전문가 집단의 높은 전문성과 도덕성에 전적으로 의존하여야 하는데, 과연 객관적이고 엄정하게 사업 선정이 이루어지겠는가 하는 의구심도 충분히 고려될 수 있다. 그러나 우리 사회의 시민의식은 비도덕적 예산의 사용을 검증하고, 억제하기에 충분한 정도로 성숙하였다고 판단된다. 아울러, 적절하지 못한 사업 선정의 우려에 대해서도 사업 선정이 예산 당

기초연구의 실효성 제고를 위한 연구개발 투자에 있어 단기적 관점의 성과평가는 하지 않고 일정 기간 약속된 지원을 하되, 기초연구개발비 총액에 대해 평가하는 방법을 생각할 수 있다.

지금까지의 공공부문 연구개발 투자 개선방안은 평가과정에서 드러난 문제점을 개선하는 형태로 제시되고 있는데, 기초연구와 관련해서는 평가제도의 미조정이 아닌 기초연구가 가지는 속성에 근거한 근본적인 개선방안도 고려할 필요가 있다.

국이 아니라 연구개발을 주도하는 전문가 단체에서 연구의 필요성을 고려하여 선정하는 만큼 적절하지 못한 연구사업이 선정될 가능성은 낮다고 판단된다.

앞으로의 발전을 위한 국가연구개발사업의 중요성은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다. 국가연구개발 사업이 효율적으로 원래의 목적을 달성하도록 정부도 성과평가 방안을 계속하여 개선하고 있다. 그러나 지금까지의 개선방안은 평가과정에서 드러난 문제점을 개선하는 형태로 제시되고 있는데 연구개발, 특히 기초연구와 관련해서는 평가제도의 미조정이 아니라 기초연구가 가지는 속성에 근거한 근본적인 개선방안도 고려할 필요성이 있다고 여겨진다.

<참고문헌>

국회예산정책처, 『국가연구개발사업분석(총괄)』, 2019.

원종학, 「일본의 사업분류와 예산삭감」, 『재정포럼』 제169호, 2010. 7., pp. 6~19.

임길환, 『국가R&D정책평가-지원체계 및 재정운영을 중심으로』, 사업평가 15-10, 국회예산정책처, 2015.

청와대, 『문재인 대통령 연설문집 제2권 상』, 2018, http://gonggam.korea.kr/fcatalog/ecatalog.jsp?Dir=1600&catimage=&callmode=admin, 검색일자: 2020. 8. 23.

한웅용·김주일, 『2020 정부연구개발예산 현황분석』, 한국과학기술평가원, 2020.

OECD, *Frascati Mannual*, 2002.

経済産業省,「我が国の産業技術に関する研究開発活動の動向ー主要指標と調査データ」, 2019, https://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/tech_research/aohon2019.pdf.

국가과학기술지식정보서비스, https://www.ntis.go.kr, 검색일자: 2020. 8. 20.

국가통계포털, https://kosis.kr, 검색일자: 2020. 8. 20.

Wikipedia(Japan), https://ja.wikipedia.org/wiki/京_(スーパーコンピュータ), 검색일자: 2020. 8. 10.

Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/K_computer, 검색일자: 2020. 8. 10.

OECD Data, “Gross domestic spending on R&D,” https://https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm, 검색일자: 2020. 8. 10.

OECD Stat, “Main Science and Technology Indicators,” https://https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB, 검색일자: 2020. 8. 20.

Top500 The List, https://top500.org, 검색일자: 2020. 8. 25.