

우리나라의 研究開發投資에 관한 研究*

朴 完 奎**

〈 目 次 〉

- I. 序
- II. 研究開發投資動向
- III. 研究開發投資의 效率性指標 開發 및 國際比較
- IV. 研究開發投資와 經濟成長間의 關係
- V. 要約 및 結論

I. 序

신정부 출범 직전인 1992년도에 우리나라의 經濟成長率은 4.7%에 머물렀고 消費者物價上昇率은 6.2%로 매우 높았으며 國際收支는 이미 1990년부터 지속적으로 적자를 벗어나지 못하는 상황이었다. 또한 設備投資 增加率은 負의 값으로 나타났으며 전년도에 비해 經濟活動人口는 줄어들었으나 失業率은 오히려 증가하는 침체국면을 맞이하게 되었다. 설상가상으로 국제적으로 東·西간의 冷戰時代는 끝났으나 自國利益 最優先主義에 입각하여 이념대결보다 더 치열한 經濟對決時代에 돌입하여 각 나라는 自國 企業의 利益을 확보하기 위해 적극적인 행동을 취하게 되었다. 그동안 輸出이 成長을 주도해 온 우리나라의 경우 큰 타격을 받을 수밖에 없었고 같은 맥락에서 先進國으로부터의 技術移

* 중앙대학교 경제연구소 정기 세미나에서 유익한 논평을 해주신 金榮奉 교수님, 安國臣 교수님, University of North Carolina at Chapel Hill의 M. Herce 교수, 익명의 심사위원께 감사드린다.

** 중앙대학교 사회과학대학 경제학과 교수

轉도 점차 기대하기 어렵거나 가능하더라도 이전에 비해 훨씬 비싼 對價를 치루어야 하는 상황이 되었다. 이러한 대내외적인 經濟事情의 惡化로 인해 대다수 국민들은 장래에 대한 不安感을 갖게 되었고 이같은 豫想은 다시 經濟主體들을 더욱 위축시키는 등 惡循環이 지속되었다.

이같은 經濟難局을 극복하기 위한 시도로 신정부 출범 직후 「新經濟 100日計劃」에 따라 經濟活力 回復과 競爭力 強化에 초점을 맞추어서 7대 重點課題를 추진하게 되었는데 그 중 하나가 바로 技術開發投資의 效率性提高였고 이어서 정부는 「新經濟 5個年計劃」 경제시책 중점과제 가운데 하나로 成長潛在力의 強化를 들면서 이의 구체적 시책방안으로 研究開發投資 擴大 및 效率化를 추진하고 있다.

이러한 맥락에서 本 稿에서는 우선 1981년 이래 研究開發投資動向을 살펴보고 주요 선진국과의 비교를 통해 연구개발투자에 있어서의 우리나라의 位相을 평가하고자 한다. 또한 研究開發投資規模의 增進 못지 않게 중요한 것이 연구개발투자에 있어서의 效率性 增進인 바 이를 국제적으로 비교함으로써 效率性提高를 위한 政策方案을 제시하는 데 基礎資料를 제공하고자 하며 그 동안 국제적으로 논란의 여지가 많았던 研究開發投資와 經濟成長간의 關係를 우리나라의 경우에도 Granger 因果關係에 입각하여 살펴보고자 한다.

本 稿의 構成은 다음과 같다. II절에서는 1981년부터 최근에 이르기까지의 研究開發投資推移가 요약되고 주요 先進國과의 비교가 행해지며 III절에서는 최근 자료에 기초하여 研究開發投資의 效率性指標를 개발한 다음 이에 대한 국제비교가 행해진다. 또한 IV절에서는 研究開發投資와 經濟成長간의 관계가 Granger 因果關係 檢證에 의해 분석되는데 1970-92년까지 23개년의 時系列資料가 이용되며 마지막으로 本 研究의 要約 및 앞으로의 發展方向이 제시된다.

II. 研究開發投資動向¹⁾

1) 연구개발투자는 직접 연구개발활동에 투입되는 연구개발투자비만을 대상으로 하는 대표적인 과학기술지표로 국제적으로 통용되는 지표인데 반해, 과학기술투자는 직접 연구개발에 투입되는 연구개발투자액과 연구개발활동에는 직접 투입되지 않는 과학기술관련기관의 운영 및 관리에 필요한 과학기술행정비, 과학기술진흥을 위하여 정부가 지원하는 과학기술진흥사업비를 포함하는 개념이다. 우리나라는 현재 R&D 투자지표로 연구개발투자액을 사용하고 있다.

〈표 1〉에는 1981년부터 1992년까지의 研究開發投資推移가 정리되어 있다. 이에 따르면 동기간 동안 GNP는 연평균 14.9%의 成長率을 나타내고 있는데 비해 연구개발투자의 경우 그 증가율은 각각 27.3%(經常價格), 19.3%(1985 不變價格)로 GNP 증가율을 능가하고 있다.²⁾

〈표 1-1〉 研究開發投資推移

(단위: 억원, %)

연도		1981	1982	1983	1984	1985	1986
구분							
GNP		455,281	521,823	617,223	700,839	780,884	905,987
연구개발투자	경 상 가 격 (증 가 율)	3,688 (30.5)	5,331 (44.5)	6,822 (28.0)	9,072 (33.0)	12,371 (36.4)	16,069 (29.9)
	'85 불 변 가 격 (증 가 율)	4,487 (11.7)	6,058 (35.0)	7,383 (21.9)	9,450 (28.0)	12,371 (30.9)	15,631 (26.4)
	대 GNP 비율	0.81	1.02	1.11	1.29	1.58	1.77
정 부 부 담 (증 가 율)		2,016 (12.0)	2,643 (28.3)	2,312 (△12.6)	2,515 (8.8)	3,068 (22.0)	3,743 (22.0)
민 간 부 담 (증 가 율)		1,652 (61.3)	2,688 (62.7)	4,510 (67.9)	6,557 (45.4)	9,303 (41.9)	12,326 (32.5)
민 간부담비율		45	55	66	72	75	77

한편 연구개발투자의 民間負擔 增加率은 평균 37.1%로 급속히 증가한 반면 동기간 동안 政府負擔의 증가율은 14.5%로 상대적으로 낮게 나타나고 있다. 研究開發投資의 대GNP비율은 1981년 이래 꾸준히 증가하는 양상을 보이고 있는데 1982년부터 1% 수준을 능가하였으며 1991년에 비로소 2% 선을 넘어서고 있다. 研究開發投資의 民間負擔比率을 살펴보면 1981년도에는 民間負擔對 政府負擔이 45:55이었으나 그 이후 계속하여 민간부담비중이 증가하는 추세를 보여 1992년도에는 정부부문의 부담이 불과 18%에 머무르고 있는 실정이다.

연구개발투자의 絶對的 規模와 GNP 對比 相對的 規模를 최근의 자료를 이용하여 주요 선진국과 비교한 결과가 〈표 2〉에 나와 있다. 이 표에 따르면 우리

2) 1985년도 기준 불변가격 연구개발투자의 계산에는 GNP 환가지수(1985 = 100)가 사용되었다.

나라의 연구개발투자액은 美國의 1/25, 日本의 1/15, 獨逸의 1/7, 프랑스의 1/5, 英國의 1/3 등으로 그 규모가 취약한 것을 알 수 있다.

〈표 1-2〉 研究開發投資推移(繼續)

(단위: 억원, %)

연도		1987	1988	1989	1990	1991	1992
구분							
GNP		1,060,244	1,262,305	1,417,944	1,714,881	2,066,812	2,299,385
연구개발	경 상 가 격 (증 가 율)	19,852 (23.5)	24,542 (23.6)	28,173 (14.8)	33,499 (18.9)	41,584 (24.1)	49,890 (20.0)
	'85 불 변 가 격 (증 가 율)	18,658 (19.4)	21,776 (16.7)	23,755 (9.1)	25,533 (7.5)	28,580 (11.9)	32,166 (12.5)
대 GNP 비율		1.87	1.94	1.99	1.95	2.02	2.17
정 부 부 담 (증 가 율)		4,902 (31.0)	5,230 (6.7)	5,751 (10.0)	6,150 (13.2)	8,158 (25.3)	8,785 (7.7)
민 간 부 담 (증 가 율)		14,950 (21.3)	19,312 (29.2)	22,423 (16.1)	26,989 (20.4)	33,426 (23.9)	41,105 (23.0)
민 간부담비율		75	79	80	81	80	82

자료: 과학기술처, 『'92과학기술연감』, 『'93과학기술연감』.

〈표 2〉 最近 研究開發投資의 國際比較

(단위: 백만불, %)

구 분	韓 國 (1992)	美 國 (1991e)	日 本 (1991)	獨 逸 (1990e)	프 랑 스 (1991p)	英 國 (1990)
總研究開發投資	6,328	157,400	94,426	41,778	29,069	21,660
倍 率	1	25	15	7	5	3
GNP 對 比	2.17	2.65	2.77	2.78	2.42	2.23

주: 1) e는 추정치, p는 잠정치임. 2) 미·영·독·불은 인문, 사회과학 포함, 한국·일본은 인문·사회과학분야 제외. 3) 배율은 한국을 1로 볼 때의 비율임.

자료: 1) 과학기술처, 『'93과학기술연감』 2) 산기협, 『산업기술주요통계요람』(1993년)

연구개발투자의 對 GNP 비율도 2.17%로 비교대상인 다른 5개국에 비해 낮은 실정이다. 1981년부터 1992년까지 이 比率의 推移를 살펴보면 〈표 3〉과 같다.

〈표 3〉 主要國의 國民總生産對比 研究開發費 比率推移

(단위: %)

국별 연도	한 국	미 국	일 본	독 일	프 랑 스	영 국
1981	0.81	2.35	2.06	2.49	1.96	2.31
1982	1.02	2.51	2.15	—	2.06	—
1983	1.11	2.56	2.28	2.55	2.12	2.16
1984	1.29	2.59	2.35	—	2.22	—
1985	1.58	2.69	2.49	2.77	2.27	2.22
1986	1.77	2.65	2.48	2.78	2.26	2.29
1987	1.87	2.82	2.53	2.88	2.30	2.23
1988	1.94	2.77	2.58	2.86	2.31	2.21
1989	1.99	2.68	2.69	2.89	2.33	2.24
1990	1.95	2.72	2.78	2.78	2.43	2.23
1991	2.02	2.76	2.77	—	2.44	—
1992	2.17	—	—	—	—	—
평 균	1.63	2.65	2.47	2.75	2.25	2.24

자료: 산기협, 『산업기술주요통계요람』(1993년)

이 표에 따르면 우리나라의 경우 지난 1991년에 이르러서야 비로소 GNP의 2%를 넘어서게 되었으나 프랑스를 제외한 다른 나라는 이미 분석대상기간 이전에 2% 이상의 研究開發投資가 이루어지고 있다. 지난 12년간의 平均을 비교해 보면 韓國은 1.63%로 가장 낮고 獨逸이 2.75%로 가장 높은 비율을 차지하고 있다. GNP 규모가 비교대상인 다른 나라보다 낮은 것을 감안할 때 先進國의 研究開發費 비율을 증가하는 획기적인 증가가 요망된다.

〈표 4〉에는 科學技術關係豫算이 一般會計 歲出豫算에서 차지하는 비율의 추이가 1981년부터 1992년까지 우리나라를 포함한 6개국에 대해 비교되고 있다. 이 표에 따르면 韓國의 경우 지난 12년간의 平均이 2.4%로 비교대상국 중 가장 낮은 실정이다. 특히 프랑스의 약 1/3, 美國이나 獨逸의 1/2에 불과한 실정으로 예산의 절대적 규모에서의 차이를 감안하면 그 격차는 실로 크다고 할 수 있다.

최근의 科學技術關係豫算을 다른 나라와 비교한 결과가 〈표 5〉에 요약되어 있다. 이 표에 의하면 우리나라 과학기술관계예산의 절대적 규모는 美國의 1/41, 日本의 1/11, 프랑스의 1/10, 獨逸 및 英國의 1/6로 매우 취약한 것을 알 수 있다. 총예산에서 차지하는 비율도 2.7%로 다른 모든 비교대상국보다 낮은 실정이다.

〈표 4〉 主要國의 一般會計歲出豫算對比 科學技術關係豫算 比率推移 (단위: %)

연도 \ 국별	한 국	미 국	일 본	독 일	프 랑 스	영 국
1981	2.6	5.5	3.0	4.6	6.8	3.3
1982	2.5	4.9	2.9	4.9	6.2	3.2
1983	2.4	4.7	2.9	4.6	6.6	3.3
1984	2.5	5.1	2.9	4.7	6.9	3.3
1985	2.8	5.1	2.9	5.0	7.1	3.4
1986	2.0	5.4	3.0	4.9	6.1	3.3
1987	2.4	5.5	3.1	4.9	6.2	3.1
1988	2.7	5.6	3.0	4.8	6.6	3.0
1989	2.1	5.5	3.0	4.8	6.5	3.0
1990	2.4	—	2.9	3.9	6.6	—
1991	2.2	—	—	—	—	—
1992	2.7	—	—	—	—	—
평 균	2.4	5.3	3.0	4.7	6.6	3.2

자료: 산기협, 『산업기술주요통계요람』(1993년)

〈표 5〉 最近 科學技術關係豫算의 國際比較 (단위: 백만원, %)

구 분	韓 國 (1992)	美 國 (1992)	日 本 (1992)	獨 逸 (1990)	프 랑 스 (1992)	英 國 (1992e)
總 規 模	1,555	63,570	16,862	9,477	15,490	9,886
배 率	1	41	11	6	10	6
對總豫算比率	2.7	4.3	2.9	4.0	6.3	3.7

주: e는 추정치임.

자료: 1) 과학기술처, 『'93과학기술연감』, 2) 산기협, 『산업기술주요통계요람』(1993년)

Ⅲ. 研究開發投資의 效率性指標 開發 및 國際比較

이제 연구개발투자의 效率性 측면을 분석해 보기로 한다. 研究開發活動과 研究開發投資費의 投入으로 產出物이 나온다고 할 때 投入要素로 빈번히 사용되는 測度로는 研究開發費와 研究開發人力을 들 수 있고 產出物로 간주되는 것은 生産性과 特許權, 技術規模指數 등을 들 수 있는 바 국제적으로 이들을 比較함으로써 연구개발투자의 효율성을 평가할 수 있을 것이다.³⁾ 本稿에서는

3) 흔히 研究開發費 및 特許出願件數 등과 같은 絕對規模가 비교되고 있으나 이로써는 效率性을 評價하는데 문제가 있다고 보아 本 研究에서는 모두 相對的 規模로 轉換하였다. 이에 대해서는 李鍾郁(1989) 참조. 이같은 맥락에서 技術規模指數도 人口規模가 고려된 相對的 技術規模指數가 채택되고 있다.

구체적으로 投入要素로는 人口 1만명당 研究員數, 研究員 1인당 研究開發投資, R&D投資/GNP 比率, 科學技術關係豫算/一般會計 歲出豫算 등이 이용되고 產出物로는 研究員 1인당 特許出願件數, 各國의 人口規模가 고려된 相對的 技術規模指數 등이 사용된다.

〈표 6〉에서는 效率性 評價를 위한 각종 자료들이 6개국에 대해 비교되고 있다. 참고로 技術規模指數는 다음의 公式에 의해 算出된다.

$$\text{技術規模指數} = (\text{特許登錄數指數} + \text{技術貿易額指數} + \text{製造業總附加價值額指數} + \text{技術集約製品輸出額指數}) / 4$$

〈표 6〉 研究開發投資 效率性 關聯資料의 國際比較

구 분	韓國 (1991)	美國 (1989)	日本 (1991)	獨逸 (1989)	프랑스 (1990)	英國 (1990)
인구 1만명당						
연구원수(명)	17.6	38.4	41.0	28.0	22.0	21.0
배 율	1	2.2	2.3	1.6	1.3	1.2
연구원 1인당 연구	71.7	148.3	187.0	201.1	232.6	183.4
개발투자(천불)						
배 율	1	2.1	2.6	2.8	3.2	2.6
R&D費/GNP(%)	2.02	2.68	2.77	2.89	2.43	2.23
배 율	1	1.3	1.4	1.4	1.2	1.1
과학기술관계						
예산/일반회계						
세출예산(%)	2.2	5.5	2.9	4.8	6.6	3.7
배 율	1	2.5	1.3	2.2	3.0	1.7
연구원 1인당						
특허출원건수(건)	0.41	0.19	0.73	0.62	0.64	0.83
배 율	1	0.5	1.8	1.5	1.6	2.0
상대기술규모지수	51.96	100	135.45	168.96	131.60	—
배 율	1	2.0	2.6	3.3	2.5	—

자료: 1) 과학기술처, 『'93과학기술연감』, 2) 산기협, 『산업기술주요통계요람』(1993년).

〈표 6〉에 기초하여 계산된 效率性指數가 〈표 7〉에 나타나 있는데 효율성지표는 다음 식에 의해 계산된다.

$$\text{效率性指數} = (\text{產出物倍率} / \text{投入要素倍率}) \times 100$$

〈표 7〉에 따르면 모두 8개의 효율성지표 가운데 日本의 경우 6개 指標에서

우리나라보다 그 값이 크고 獨逸의 경우 5개, 프랑스의 경우 4개인 반면 美國의 경우에는 단 1개의 指標만 우리나라보다 큰 값을 갖는 것으로 나타나고 있다.⁴⁾ 이 표에 근거하면 效率性 측면에서 日本이 가장 뛰어나고 2위는 獨逸, 우리나라와 프랑스는 공동 3위이고 美國이 최하위로 나타나는데 한가지 주목할 것은 相對的 技術規模指數를 產出物로 간주하는 경우 日本과 獨逸은 모든 投入要素에 대해서 우리나라보다 效率的인 것을 알 수 있다.

〈표 7〉 研究開發投資 效率性指標

투입요소	산 출 물	韓國	美國	日本	獨逸	프랑스	英國
인구 1만명당 연구원수(명)	연구원 1인당 특허출원건수(건)	100	23	78	94	120	167
연구원1인당 연구 개발투자(천불)		100	24	69	54	50	77
R&D費 /GNP(%)		100	38	129	107	133	182
과학기술관계 예산/일반회계 세출예산(%)		100	20	138	68	53	118
인구 1만명당 연구원수(명)	상대적 기술 규모지수	100	91	113	206	192	—
연구원1인당 연구 개발투자(천불)		100	95	101	118	78	—
R&D費 /GNP(%)		100	154	186	236	208	—
과학기술관계 예산/일반회계 세출예산(%)		100	80	200	150	83	—

한가지 유의할 것은 研究開發投資는 계속 누적되는 것인데 이러한 성격이 〈표 7〉의 效率性指標에는 반영되지 못하고 있다는 점이다. 따라서 보다 다각적인 측면에서 研究開發投資의 投入要素와 產出物을 정의하고 이에 따른 效率性指標를 국제적으로 비교함으로써 여지껏 상대적으로 관심이나 연구대상으로부터 소외되어 온 우리나라에서의 研究開發投資 效率性 提高를 달성할 수 있을 것이다.

4) 英國의 경우에는 相對的 技術規模指數를 모르므로 비교대상에서 제외하였다.

Ⅳ. 研究開發投資와 經濟成長間의 關係

지금까지 研究開發投資와 經濟成長間의 關係에 대한 연구도 많이 진행되어 왔는데 그 가운데 몇 가지 연구결과를 요약하면 다음과 같다. Black(1968)의 경우 미국의 산업을 대상으로 1958년부터 1963년까지의 자료를 분석한 결과 연구개발과 GNP 증가간에 통계적으로 유의한 상관관계가 존재하는 것으로 나타났고, Minasian(1969)에서도 화학공업 부문 기업들을 대상으로 조사한 결과 연구개발지출과 부가가치간에 양(+)의 상관관계가 나타나고 있다. 그러나 Griliches(1980)나 Thomas(1980)의 경우 연구개발과 생산성의 증가간에는 상관관계가 없는 것으로 나타나서 연구개발과 경제성장간에는 일관된 관계가 존재하지 않음을 시사하고 있다.⁵⁾ 우리나라의 경우에는 이들 두 변수간에 어떤 관계가 있는지 經濟成長率(GGNP)과 研究開發投資가 GNP에서 차지하는 比率(RR&D)에 대한 1970-92년간의 時系列資料를 이용하여 Granger 因果關係를 分析하기로 한다.⁶⁾ 우선 이들 변수들이 시계열자료이므로 定常性(stationarity)의 檢討가 선행되어야 한다. 만일 개별변수들이 非定常的이면서 共積分(cointegration)되지 않은 상태임에도 불구하고 이를 그대로 回歸分析에 이용하면 수많은 計量經濟的 問題가 발생하게 된다. 따라서 本 稿에서는 다음과 같은 Augmented Dickey-Fuller(ADF) 回歸式에 따라 單位根 檢定(unit root test)이 실시된다.

$$\Delta X_t = c_0 + c_1 T + c_2 X_{t-1} + d(L)\Delta X_{t-1} + e_t \quad (1)$$

여기서 X_t 는 RR&D나 GGNP를 의미하고 T 는 趨勢變數(trend variable)이며 $d(\cdot)$ 는 差分 연산자(difference operator), L 은 時差 연산자(lag operator)이며 e_t 는 誤差項이다. 위 식에서 c_2 의 값이 0이라는 歸無假說이 채택되면 單位根이 존재하여 시계열은 非定常的이라고 결론내릴 수 있다.

5) 좀 더 자세한 내용은 이가중(1990) 참조.

6) 이 분석에는 統計 패키지 Micro TSP(Ver. 7.0)와 SHAZAM(Ver. 7.0)이 사용되었다. Granger 因果關係에 대해서는 Granger(1969), Granger & Newbold(1986), Harvey(1990), 朴完奎(1990) 등 참조.

〈표 8〉 RR&D와 GGNP에 대한 單位根 檢定 結果

시 차	Dickey-Fuller t-통계량		임 계 치*	
	RR&D	GGNP	5%	1%
1**	-2.1801	-2.7714	-3.6454	-4.4691
2	-2.1784	-2.3692	-3.6591	-4.5000
3	-1.9026	-2.4105	-3.6746	-4.5348
4	-2.4037	-1.5337	-3.6920	-4.5743
5	-1.0008	-2.1696	-3.7119	-4.6193

* 임계치는 MacKinnon(1991) 임계치임.

** AIC와 SC가 극소가 되는 시차임.

시차 1에서 5까지의 두 시계열 각각에 대한 單位根 檢定 結果가 〈표 8〉에 요약되어 있다.⁷⁾ 〈표 8〉로부터 RR&D나 GGNP 모두 單位根이 존재한다는 歸無假說을 棄却할 수 없어서 이들 시계열은 非定常의 系列임을 알 수 있다.

시계열간 共積分의 存在여부는 다음과 같은 共積分回歸를 통해 檢定된다.

$$GGNP_t = b_0 + b_1 T + b_2 RR\&D_t + \eta_t \tag{2}$$

또는

$$RR\&D_t = d_0 + d_1 T + d_2 GGNP_t + \pi_t \tag{2}'$$

식 (2)나 (2)'를 OLS로 推定하여 殘差(residual : RESID)를 구하고 이를 다음과 같은 ADF 회귀식을 이용하여 共積分 檢定을 행할 수 있다. 하지만 식 (2)와 (2)' 중 어느 식을 택하느냐, 즉 GGNP와 RR&D 중 어느 것을 종속변수로 택하느냐에 따라 그 결과가 달라질 수 있다. 이에 대해 Banerjee *et al.* (1986)에서는 두 회귀결과 가운데 R²가 높은 것을 公積分 회귀(cointegrating regression)로 할 것을 제안하고 있어서 본 고에서도 이에 따라 식 (2)'에 의해

7) 각 변수에 대한 適正 時差를 결정하는 데 사용된 Akaike의 情報基準(AIC)이나 Schwarz基準(SC) 등의 공식은 다음과 같다.

$$AIC = \ln \hat{\sigma}^2 + \frac{2k}{N}, \quad SC = \hat{\sigma}^2 + \frac{k \ln N}{N}$$

여기서 $\hat{\sigma}^2 = \frac{e'e}{N}$, e는 잔차, N은 관찰치의 수, k는 추정될 모수의 수이다.

이들 기준에 대한 좀 더 자세한 논의는 Judge *et al.* (1988), Greene(1991) 참조.

공적분 검정이 진행된다.⁸⁾

$$\Delta \text{RESID}_t = f_0 + f_1 \text{RESID}_{t-1} + d(L)\Delta \text{RESID}_{t-1} + v_t \quad (3)$$

식 (3)에서 歸無假說(H_0)은 $f_1 = 0$ 인데 이것이 棄却될 수 없다면 시계열간에 共積分되어 있지 않고 잔차에 單位根이 존재한다고 할 수 있다. 시차 1에서 5 까지의 두 시계열에 대한 共積分 檢定 結果가 <표 9>에 요약되어 있다.

<표 9> RR&D와 GGNP에 대한 共積分 檢定結果(종속변수: RR&D)

시 차	Dickey-Fuller t-통계량	임 계 치*	
		5%	1%
1**	-2.2347	-4.2637	-5.1433
2	-2.0513	-4.2896	-5.1882
3	-1.6807	-4.3185	-5.2383
4	-1.8706	-4.3508	-5.2945
5	-1.2837	-4.3872	-5.3579

* 임계치는 MacKinnon(1991) 임계치임.

** AIC와 SC가 극소가 되는 시차임.

<표 9>로부터 RR&D와 GGNP 간에 共積分이 존재하지 않는다는 歸無假說을 기각할 수 없음을 알 수 있다.

RR&D와 GGNP가 모두 非定常系列이고 共積分되어 있지 않더라도 R&D와 GGNP가 1차 적분되어 있다면 이들의 1次階差(first difference)를 이용하여 다음 식에 의한 Granger 因果關係의 검정이 가능하다.⁹⁾

$$\text{DR\&D}_t = a_0 + a_1(L)\text{DR\&D}_{t-1} + a_2(L)\text{DGNP}_{t-1} + \omega_t \quad (4)$$

$$\text{DGNP}_t = h_0 + h_1(L)\text{DR\&D}_{t-1} + h_2(L)\text{DGNP}_{t-1} + \gamma_t \quad (5)$$

여기서 DR&D와 DGNP는 각각 RR&D와 GGNP의 1차계차이다. 식 (4)에서 $H_0: a_2(L) = 0$ 이 채택되면 經濟成長은 研究開發投資를 Granger cause하지

8) 식 (2)의 $R^2 = 0.1604$, 식 (2)'의 $R^2 = 0.9506$. 참고로 GGNP가 종속변수일 때의 공적분 검정결과가 <부록 1>에 요약되어 있는데 본문에서와 동일한 결론이 도출되고 있다.

9) 이에 대해서는 Charemza and Deadman(1992), Chen(1993), Provopoulos and Zambaras (1991), Oxley(1993) 참조.

않는다고 하고, 식 (5)에서 $H_0: h_1(L) = 0$ 이 채택되면 研究開發投資는 經濟成長을 Granger cause하지 않는다고 할 수 있다.¹⁰⁾ 시차 1에서부터 최대시차 6에 대한 AIC값을 계산한 결과가 <표 10>에 요약되어 있다. 이로부터 時差 1일 때 AIC값이 極小가 되어 이 시차가 선택되었다.

<표 10> Akaike의 情報基準(AIC)값

시 차	AIC
1	-0.46328*
2	-0.36445
3	-0.07472
4	-0.18610
5	0.06776
6	-0.13327

시차 1에서의 Granger 因果關係 檢定結果 研究開發投資가 經濟成長을 Granger cause한다는 가설에 대한 F값은 0.4629, 經濟成長이 研究開發投資를 Granger cause한다는 假說에 대한 F값은 3.3424로 有意水準 1%, 5%에서 두 歸無假說 모두 기각할 수 없다. 즉 우리나라의 경우 경제성장과 연구개발투자 간에 Granger 因果關係가 존재한다고 할 수 없다.¹¹⁾

10) 인과관계를 검정하는 회귀식에 RR&D나 GGNP 대신 이들의 1차계차변수들, 그리고 1차계차변수들의 시차변수들이 포함되어 있을 때에도 RR&D와 GGNP간의 인과관계 검정은 동일하다. 즉 식 (4)와 (5)는 외관상으로는 RR&D의 1차계차와 GGNP의 1차계차간의 인과관계 검정인 것으로 보이나 실상은 RR&D 및 GGNP 자체에 대한 인과관계 검정이다. 이에 대해서는 <부록 2> 참조.

11) Guilkey and Salemi(1982)에 따르면 인과관계에 대한 Granger 검정, Sims(1972) 검정, 수정된 Sims 검정(Geweke-Meese-Dent(1983) 검정) 등의 소표본 속성을 몬테-칼로 실험을 통해 조사한 결과 다음과 같은 결론에 도달하고 있다. 첫째, 두 변수간에 일방적인 인과관계가 존재하는 경우 Granger 검정이 다른 검정들보다 더 우월한 것으로 나타났는데 표본크기가 증가함에 따라 그 차이는 줄어들었다. 둘째, 두 변수간에 인과관계가 존재하지 않는 경우 Granger 검정과 수정된 Sims 검정이 Sims 검정보다 우월한 것으로 나타난다. 이들 결론과 더불어 수정된 Sims 검정은 Granger 검정에 비해 동일한 시차에서 추정되어야 할 모수의 수가 많기 때문에 자유도의 손실이 더 크다는 사실에 근거하여 본 논문에서는 Granger 검정결과만 살펴보고 있다.

V. 要約 및 結論

중국을 비롯하여 동남아시아의 태국, 말레이시아 등 後發開發途上國들이 세계시장에서의 우리나라의 市場占有率을 계속 잠식하고 있는 동시에 先進國들은 그들 나름대로 우리나라 제품에 대해 덤핑관정을 하는 등 對外的 經濟與件은 악화일로에 있는 것이 오늘날의 현실이다. 이같은 난국을 타개하기 위해서는 우리경제의 國際競爭力을 強化시키는 것이 시급한 과제이고 이를 위해 科學技術의 競爭力強化가 필수적이라 할 수 있다. 총체적으로 科學技術發展을 促進시킬 수 있는 방안이 바로 民間部門과 政府部門이 합심하여 研究開發投資를 擴大해 나아가는 동시에 이의 效率性을 提高하는 것이라 하겠다. 즉 研究開發投資의 質과 量을 모두 增進시키는 방안이 모색되어야 한다.

本稿에서는 이와 같은 시대적 상황에서 먼저 1980년대 이래 최근에 이르기까지 研究開發投資가 어떻게 變遷되어 왔는지를 살펴보고 연구개발투자의 效率性을 8가지로 定義하여 각각에 대한 效率性指標을 計算하여 주요 선진국과의 비교를 시도하였으며 研究開發投資와 經濟成長간의 관계를 Granger 因果關係 검정방법에 따라 분석하였는 바 이들 分析의 결과를 要約하면 다음과 같다.

첫째, 우리나라의 研究開發投資는 增加率 측면에서 GNP를 증가하고 있지만 아직까지 절대적 규모면에서는 先進國에 비해 매우 취약하다.

둘째, 研究開發投資가 GNP에서 차지하는 比率은 1991년도에 와서야 2%를 넘어서고 있는데 비교대상국가들은 이미 1980년대 이전에 이 比率을 증가하고 있다.

셋째, 研究開發投資의 政府負擔比率은 계속 하락하여 1992년도에는 18%에 불과하여 미국 등 선진국과 큰 차이를 보이고 있다. 이와 같은 맥락에서 우리나라의 科學技術關係豫算(1992년)은 美國의 1/41에 불과한 실정이다.

넷째, 8개의 研究開發投資 效率性指標을 종합해보면 日本이 가장 뛰어나고 그 다음이 獨逸, 우리나라와 프랑스는 비슷한 수준이고 美國이 최하위로 나타나고 있다. 특히 相對的 技術規模指數를 產出物로 간주하는 경우 日本과 獨逸은 모든 投入要素에 대해 우리나라보다 效率的인 것으로 나타났다.

다섯째, 研究開發投資와 經濟成長간의 관계를 알아보기 위해 Granger 因果

關係 檢定을 실시한 결과 GNP와 R&D간의 因果關係는 존재하지 않는 것으로 나타났다.

本 稿에서는 통계분석에 1970년부터 1992년까지 23개년도의 資料가 사용되어 관찰치수에 있어서 근본적으로 한계가 있으며 그나마 研究開發關聯 變數로 이용가능한 對象도 制限되어 있어서 보다 多樣的 分析을 시도할 수 없었다. 또한 研究開發投資의 效率性 분석에서는 오로지 최근 1개년도에 대한 國際比較가 행해졌기 때문에 여기서의 結論을 일반화시킬 수는 없다. 이에 대한 다년간의 분석을 통해서만 效率性의 精確한 比較가 가능할 것이다.

參 考 文 獻

- 1) 科學技術處, 『'92 科學技術年鑑』, 1993.
- 2) _____, 『'93 科學技術年鑑』, 1994.
- 3) 朴完奎, “歲入・歲出間의 因果關係의 檢證”, 『經濟學研究』, 제38집, 한국경제학회, 1990, pp. 327-335.
- 4) 이가중, 『技術革新戰略』, 나남, 1990.
- 5) 李鍾郁, “첨단기술산업육성을 위한 연구개발자원의 효율제고정책”, 『인문사회과학논총』, 서울여자대학교, 1989, pp. 173-195.
- 5) 韓國產業技術振興協會, 『產業技術主要統計要覽』, 1993.
- 6) Banerjee, A., J. J. Dolado, D. F. Hendry and G. W. Smith, “Exploring Equilibrium Relationships in Econometrics Through Static Models: Some Monte Carlo Evidence,” *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 48, 1986, pp. 253-277.
- 7) Black, G., “Financial Variables Associated with R&D Expenditures by Industry,” *Program of Policy Studies in Science and Technology*, George Washington University, 1968.
- 8) Charemza, W. W. and D. F. Deadman, *New Directions in Econometric Practice*, Edgar Elgar, 1992.
- 9) Chen, Chien-Hsun, “Causality between Defense Spending and Economic Growth: The Case of Mainland China”, *Journal of Economic Studies*, Vol. 20, 1993, pp. 37-43.

- 10) Geweke, J., R. Meese and W. T. Dent, "Comparing Alternative Tests of Causality in Temporal Systems: Analytic Results and Experimental Evidence," *Journal of Econometrics*, 21, 1983, pp. 161-194.
- 11) Granger, C. W. J., "Investigating Causal Relationship by Econometric Models and Cross-spectral Methods", *Econometrica*, Vol. 37, 1969, pp. 424-438.
- 12) Granger, C. W. J. and P. Newbold, *Forecasting Economic Time Series*, 2nd ed., Academic Press, 1986.
- 13) Greene, W. H., *Econometric Analysis*, Macmillan Publishing Company, 1991
- 14) Griliches, Z., "R&D and the Productivity Showdown," in *Papers and Proceedings of the Ninety Second Annual Meeting of the American Economic Association*, 1980.
- 15) Guilkey, D. K. and M. K. Salemi, "Small Sample Properties of Three Tests for Granger-Causal Ordering in a Bivariate Stochastic System," *Review of Economics and Statistics*, 64, 1982, pp. 668-680.
- 16) Harvey, A. C., *The Econometric Analysis of Time Series*, 2nd ed., Philip Allan, 1990.
- 17) Judge, G., C. Hill, W. Griffiths, T. Lee and H. Lütkepohl, *Introduction to the Theory and Practice of Econometrics*, 2nd ed., New York:Wiley, 1988.
- 18) MacKinnon, J. G., "Critical Values for Cointegration Tests," in Engle, R. F. and C. W. J. Granger (eds.), *Long-run Economic Relationships*, Oxford University Press, 1991.
- 19) Minasian, J., "Research and Development, Production Functions and Rates of Return," *American Economic Review*, 1969.
- 20) Oxley, L., "Cointegration, Causality and Export-led Growth in Portugal, 1865-1985," *Economics Letters*, 43, 1993, pp. 163-166.
- 21) Provopoulos, G. and A. Zambaras, "Testing for Causality Between Government Spending and Taxation," *Public Choice*, 68, 1991, pp. 277-282.

22) Sims, C. A., "Money, Income and Causality," *American Economic Review*, 62, 1972, pp. 540-552.

23) Thomas, E., "Recent Research on R&D and Productivity Growth," Paper Presented to OECD Conference on Science and Technology Indicators, 1980.

〈부록 1〉

〈부표 1〉 RR&D와 GGNP에 대한 共積分 檢定結果(종속변수:GGNP)

시 차	Dickey-Fuller t-통계량	임 계 치*	
		5%	1%
1**	-3.6292	-4.2637	-5.1433
2	-3.3939	-4.2896	-5.1882
3	-2.8751	-4.3185	-5.2383
4	-1.8397	-4.3508	-5.2945
5	-2.2069	-4.3872	-5.3579

* 임계치는 MacKinnon(1991) 임계치임.

** AIC와 SC가 극소가 되는 시차임.

〈부록 2〉

본문의 식 (4)를 다시 쓰면 다음과 같다.

$$DR\&D_t = a_0 + a_1(L)DR\&D_{t-1} + a_2(L)DGNP_{t-1} + w_t \tag{4}$$

이 식에서 $H_0 : a_2(L) = 0$ 이 채택되면 경제성장은 연구개발투자를 Granger cause하지 않는다고 한다. 즉 GGNP의 과거값들이 RR&D를 예측하는데 아무 도움이 되지 못한다는 것을 뜻한다. 만일 Akaike 정보기준(AIC)에 따른 적정시차가 2로 정해졌다면 식 (4)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$DR\&D_t = a_0 + a_1DR\&D_{t-1} + a_2DR\&D_{t-2} + a_3DGNP_{t-1} + a_4DGNP_{t-2} + w_t \tag{4-1}$$

이 식을 원래의 변수인 RR&D와 GGNP로 표시하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \text{RR\&D}_t - \text{RR\&D}_{t-1} = & a_0 + a_1(\text{RR\&D}_{t-1} - \text{RR\&D}_{t-2}) + \\ & a_2(\text{RR\&D}_{t-2} - \text{RR\&D}_{t-3}) + a_3(\text{GGNP}_{t-1} - \text{GGNP}_{t-2}) + \\ & a_4(\text{GGNP}_{t-2} - \text{GGNP}_{t-3}) + w_t \end{aligned} \quad (4-2)$$

식 (4-2)는 다시 다음과 같이 정리될 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{RR\&D}_t = & a_0 + (1+a_1)\text{RR\&D}_{t-1} + (a_2-a_1)\text{RR\&D}_{t-2} - a_2\text{RR\&D}_{t-3} + \\ & a_3\text{GGNP}_{t-1} + (a_4-a_3)\text{GGNP}_{t-2} - a_4\text{GGNP}_{t-3} + w_t \end{aligned} \quad (4-3)$$

이제 원래의 식 (4-1)에서 귀무가설(H_0)은 $a_3 = a_4 = 0$ 인데 이것은 식 (4-3)에서 GGNP의 모든 시차변수들의 계수들이 0이라는 가설과 같다. 따라서 원래의 변수들의 1차계차, 그리고 1차계차변수들의 시차변수들로 Granger 인과 관계를 검정하더라도 결과에 변화가 없다. 다만 계차의 차수가 증가함에 따라 자유도의 상실이 크게 된다.