

# 技術革新의 障礙要因 : 基礎研究의 現實

金 仁 秀

▷ 目 次 ◁

- I. 序 論
- II. 基礎研究의 重要性
- III. 基礎研究와 技術革新과의 關係
- IV. 中進國에 있어서 基礎研究의 役割
- V. 韓國基礎研究의 現實
- VI. 要約과 結論

## I. 序 論

最近 數年 동안에 韓國經濟는 일대 轉換期를 맞이하게 되었다. 60年代 輕工業中心의 産業化는 政府의 적극적인 保護와 育成에 힘입어, 先進外國에서는 이미 오래 전에 落後된 製品生産技術의 導入과 低賃金勞動力의 國際比較優位를 가지고 生産施設의 量的 伸張을 통하

여 刮目할 만한 成長을 이룩하였다<sup>1)</sup>. 70年代에 들어와서도 産業構造의 改編이 要求됨에 따라 重化學工業의 基盤構築과 施設擴大로 經濟成長을 꾀하는 從前과 같은 産業化戰略을 試圖하였다. 그러나 輕工業分野와는 달리 重化學工業部門은 技術的 基盤 없이 단순한 技術 및 施設導入과 擴張만을 가지고는 製品의 品質·性能·價格面에서 國際競爭力을 堅持하기가 불가능할 뿐 아니라, 하물며 高度成長의 主軸을 이루었던 輕工業部門에서도 最近의 勞動賃金上昇과 後發開發途上國들의 進出로 말미암아 우리가 그동안 누렸던 賃金의 比較優位가 잠식당하게 되어 技術革新을 통한 製品의 高級化와 生産性提高 없이는 지속적인 成長이 불가능한 轉換期에 이르게 되었다. 즉 科學技術의 振興을 통한 技術革新은 重化學工業뿐 아니라 輕工業部門의 지속적인 發展을 위하여서도 가장 重要하며 現在 당면하고 있는 에너지, 輸送, 公害 등 産業 및 生活環境 部門의 問題解決을 위하여도 不可缺한 要素로 부각되고 있다.

筆者 : 韓國開發研究院 首席研究員

1) 主要國의 經濟成長要因分析에 의하면 國民所得成長率에 대한 技術進步寄與率은 成長率을 100으로 보았을 때 日本의 경우 22.4%, 美國 29.7%, 그리고 프랑스 32.1%인 데 비해, 韓國의 경우 겨우 7.2%에 불과하였다. 韓國開發研究院, 『長期經濟社會發展 1977~91』, 1977, p.32, <表 3-2> 參照.

政府는 産業 및 福祉社會에서의 科學技術의 重要性을 認識하고 科學技術處의 설치와 더불어 1960年代부터 科學技術振興을 위하여 상당히 努力하여 왔지만 新生工業國으로 불리어지고 있는 韓國의 科學技術水準은 아직 後進國의 樣相을 벗지 못하고 있는 實情이다. 最近의 한 研究에 의하면 <表 1>에서 보는 바와 같이 韓國의 技術水準은 美國을 100으로 보았을 때 불과 0.6의 水準, 그리고 그 技術開發力은 0.2 水準밖에 미치지 못하고 있다<sup>2)</sup>. 日本, 英國, 獨逸 등과 비교하여 보아도 비록 先進國이기는 하나 韓國의 科學技術水準과 너무 현격한 차이를 가짐을 알 수 있다. 이와 같은 指數는 量的 指標의 비교에 불과하며 만약 質的인 면까지도 考慮한다면 실체는 더 큰 격차를 나타내리라 생각된다. 이와 같은 指數가 곧 실제의 技術水準을 測定하는 가장 適切한

방법이라고 할 수는 없겠으나 우리의 技術水準에 대한 하나의 指標임에는 틀림없다.

政府는 그 동안 科學技術의 基盤(infra-structure)을 構築하는 努力의 一環으로 韓國科學技術研究所와 같은 綜合研究所를 비롯하여 數個의 專門研究所, 科學技術情報센터, 科學院, 科學財團 등을 設立하고, 科學技術振興法을 母法으로 하는 여러 法令을 制定하여 科學技術開發을 誘導하고 促進시켜 왔다. 그러나 <表 1>에서 보는 바와 같이 科學技術投資規模는 先進國에 비하여 微微할 뿐 아니라, 그 制限된 資源도 當面技術問題解決을 위하여 開發이나 應用研究에 치중하였고 長期的인 技術開發推進에 대단히 중요한 基礎研究和 基礎科學 基盤構築에 소홀히 했던 감이 없지 않다.

本稿에서는 基礎研究의 重要性, 基礎研究和 技術革新과의 關係를 考察한 후 韓國基礎研究

<表 1> 各國의 科學技術指標 比較

	美 國	西 獨	프랑스	英 國	日 本	韓 國
科學技術投資 GNP 對比(%) <sup>1)</sup>	2.19	2.32	1.79	2.05	1.72	0.78
人口萬名當 研究員數 <sup>1)</sup>	25	18	12	14	24	4
科學技術投資總額指數 <sup>1), 2)</sup>	97.8	27.1	16.3	12.4	26.0	1
技術水準 <sup>3), 4)</sup>	100	49.4	31.7	25.3	41.0	0.6
技術開發力 水準 <sup>3), 4)</sup>	100	35.6	23.4	18.6	30.0	0.2

註: 1) 韓國은 1978年, 英國은 1975年, 其他國은 1976年 資料임.

2) 韓國을 1로 보았을 때 各國의 科學技術投資總額指數.

3) 『日本科學技術白書』(1977)에서 사용한 方法으로 作成된 指標로서 1970年代前盤의 資料를 사용함. 技術水準에는 特許登錄件數, 技術貿易額, 製造業附加價值額, 技術集約製品輸出額이 포함되었고, 技術開發力水準에는 上記 技術水準과 研究員, 研究員數, 技術輸出額, 國外取得特許件數가 포함됨.

4) 美國을 100으로 보았을 때의 各國의 指數임.

資料: 科學技術處(1980); 日本科學技術廳(1977); 盧政翼(1979).

2) 技術水準은 特許登錄件數, 技術貿易額, 製造業附加價值額 및 技術集約製品 輸出額에 대하여 美國의 值를 100으로 했을 경우에 各國의 值를 計算한 後 이들의 算術平均으로 定하였다. 技術集約製品輸出額 計算에는 韓國의 경우 化學製品, 一般機械製品, 電氣機械製品, 輸送機械製品, 精密機械製品을 포함시켰다. 技術開發力水準으로는 前記의 技術水準에다 研究開發資源의 投入量과 研究成果를 위의 方法에 의하여 標準化하고 이들의 算術平均으로 定하였다. 研究開發資源投入量으로는 研究費와 研究者數가 포함되었고, 研究開發의 成果로는 技術輸出額, 國外取得特許件數가 포함되었다. 이러한 方法에 의한 指數化는 日本에서 試圖되었었다. 李軫周·金迪教, 「産業技術水準測定에 관한 試圖」, 『韓國開發研究』, 第1卷 3號, 1979 가을호 및 盧政翼(1979) 參照.

의 現實을 診斷함으로써 長期的인 科學技術開發을 위한 政策的 方向을 提示하려고 한다.

## II. 基礎研究的 重要性

이미 科學技術의 基盤을 굳힌 先進國들도 科學技術의 계속적인 振興을 위하여 상당히 投資하고 있다. 1977年の 경우 GNP에 대한 研究開發投資가 日本 1.72%, 서독 2.32%, 영국 2.05%, 미국 2.19%에 달하고 있으며, 이 중 基礎研究費에 平均 20% 정도를 投資하고 있을 뿐 아니라 그 대부분을 政府가 負擔하고 있는 實情이다<sup>3)</sup>. 이와 같이 政府가 科學技術振興의 一環으로 基礎研究를 적극적으로 育成하는 것은 다음의 네가지 理由 때문이다<sup>4)</sup>.

첫째, 基礎研究는 現代社會가 가지고 있는 文化的 特徵이다. 즉 未知에 대한 호기심과 탐구는 人間이 가진 基本的인 欲求의 하나이며, 이 欲求를 充足시켜 주기 위하여 科學은 한 社會가 구비해야 할 現代文化의 가장 代表的인 要素이며 科學의 發達을 위한 基礎研究는 不可缺한 文化的 要件이라고 보고 있다.

둘째, 基礎研究는 大學內外를 막론하고 國家的으로 필요한 有能한 科學者를 養成함에 있어서 教育的 役割을 한다. 大學의 경우, 美國을 위시한 先進外國에서는 大學院生들을 基礎研究의 研究助教로 적극 活用하여 基礎研究

를 위한 새로운 知識의 축적뿐 아니라 장차 科學技術者가 될 이들 大學院生들에게 獨自의 研究能力의 기틀을 마련해 주고 있다. 즉, 基礎研究는 곧 大學院教育에서 중추적 역할을 하고 있으며, 강력한 基礎研究의 支援이 결여된 大學院教育에서는 有能한 科學技術人材養成이란 바라기 어려운 것이다. 大學 이외의 경우에도 基礎研究는 研究當事者들에게 그 研究分野에 대한 새로운 知識을 계속적으로 축적시킴으로써 教育的 效果를 가져오고 있으며, 이렇게 축적된 基礎科學의 能力은 國家的 有事時 중요한 공헌을 하고 있음을 볼 수 있다. 예를 들자면 1930年代 核物理學에 대한 基礎研究를 했던 學者들이 第2次世界大戰中 새로운 核武器 開發에 결정적인 役割을 했을 뿐 아니라 이들 核物理學者들이 研究手段으로 開發한 高速電子回路는 戰後의 컴퓨터 開發에 획기적인 役割을 담당하였다. 오늘날 普遍화된 高眞空技術, 低溫技術, 原子爐物理, 中性子測定技術, 전자현미경기술 등이 모두 基礎研究에서 파생된 技術임을 볼 수 있다. 또한 多年間 基礎研究分野에서 연마한 科學技術者들 중 상당한 數가 基礎研究를 떠나 應用研究나 技術開發에 進出하여 基礎研究에서 터득한 知識과 研究能力을 가지고 應用研究나 開發分野에서 중요한 役割을 하게 된다.

셋째, 基礎研究는 公共의 性格을 띠고 있는 사회환경문제의 解決에 중요한 役割을 한다. 예를 들자면 國民保健, 原子力, 에너지開發 및 管理, 環境汚染, 水資源管理, 氣象, 放射能物質取扱 등의 社會環境問題와 더 나아가 國防에 관계되는 問題들은 全社會의 安寧과 國民生活水準의 質의 向上에 직접 관계되기 때문에 應用研究, 開發뿐 아니라 이들을 뒷받침

3) National Science Foundation, *Science Indicators*, Washington, D.C.; NSF, 1979.

4) Harvey Brooks, "Future Needs for the Support of Basic Research," in *Basic Research and National Goals*, Washington, D.C.; National Academy of Sciences, 1965.

할 수 있는 基礎研究에 대한 國家의 폭넓은 支援은 이들 問題를 해결하기 위하여 國家가 져야 할 불가피한 책임으로 看做된다. 이러한 問題는 그 公的 性格으로 말미암아 어느 個人이나 組織의 自發的 活動에만 맡겨 둘 수 없는 것이다. 先進諸國에서 이 分野에 대한 研究를 위하여 大學의 基礎研究를 적극적으로 支援하고 있으며 美國의 경우 政府가 37個 研究所를 設立하여 大學이나 企業 또는 非營利 機關에 위탁관리케 하여 集中的인 研究를 遂行하고 있는 것도 이러한 理由 때문이다.

네째, 基礎研究는 文化, 教育, 公利性 등의 理由에서뿐 아니라 그 經濟的 役割이 매우 크다. 先進國의 경우 經濟發展의 30~50% 정도가 技術進歩에 의하여 이루어지고 있다고 보고 있다<sup>5)</sup>. 이 技術進歩에는 部分的으로 經營 및 「마케팅」的 革新도 포함되지만, 대부분 研究開發 및 教育에 기인하며 이들을 뒷받침하는 基礎研究가 중요한 기반을 마련하고 있다. 그러나 市場經濟에 있어서는 企業經營에 適用하여 直接的 또는 短期的 효과를 가져오지 못하는 基礎研究에 대하여 企業이 自發的으로 規模있는 投資를 하지 않을 것이므로 長期的 經濟發展의 기틀을 마련하기 위해서는 政府가 育成하여야 한다고 본다.

基礎研究가 이와 같이 社會·文化·教育的인 면에서뿐 아니라 技術開發「시스템」上으로 보아도 대단히 중요함에도 불구하고 制限된 資源을 가진 開發途上國의 경우 政策樹立者가 當面技術問題解決을 위하여 開發이나 應用研

究에는 관심을 기울이면서, 基礎研究는 當面 問題와 短期的으로 직접적인 關係를 갖지 않는 것으로 생각하여 이에 대한 投資를 소홀히 하는 경우가 허다하다. 이에 基礎研究가 어떻게 技術革新에 영향을 주며 왜 當面問題의 하나로 取扱되어야 하는가를 살펴보기로 한다.

### Ⅲ. 基礎研究와 技術革新과의 關係

産業化의 歷史가 日淺한 우리나라에서는 基礎研究와 技術革新과의 關係에 대한 研究가 容易하지 않지만 중요한 技術革新에 대한 西歐의 事例研究들을 보면 基礎研究의 結果中 發明은 革新을 즉각 誘發시키는 役割을 하지 않지만 研究人力의 養成과 이를 통한 科學技術知識의 蓄積 및 傳播를 통하여 직접적이며 즉각적인 영향을 미치고 있다. 즉 基礎研究는 (1) 그 遂行過程에서 養成한 人材와 (2) 技術革新過程에서 技術的 問題解決에 필요한 科學知識의 계속적인 供給源으로 應用研究와 技術開發에 대한 중요한 科學技術的 基盤으로 技術革新에 不可缺한 功헌을 하고 있음을 볼 수 있다.

첫째, 과거의 製品과는 획기적으로 다른 새로운 技術에 의한 製品이나 産業은 대개 研究開發에 規模있는 投資를 하고 있는 既存大企業에 의하여 이루어지지 않고 社會나 市場의 潛在需要를 포착한 技術創業者(technical entrepreneurs)이 자기가 가진 創意的인 아이디어를 開發하기 위하여 組織하는 技術集約的 小企業이나, 大企業內에서도 既存組織에서 分

5) Robert A. Charpie, "Technological Innovation and the International Economy", in Maurice Goldsmith (ed.), *Technological Innovation and the Economy*, London; Wiley-Interscience, 1970, pp. 1~10.

離獨立하여 前記한 技術集約의 小企業과 같은 與件下에서 운영되는 Venture Project에 의하여 시작되는 것을 볼 수 있다<sup>6)</sup>.

이러한 技術集約의 中小企業에 대한 一連의 研究에 의하면 새로운 技術의 아이디어를 實用化하기 위하여 小企業을 設立하는 技術創業人들은 대개 理工系大學院教育을 받은 후 그들이 속해 있던 大學의 研究室이나 大企業의 研究所에서 創出해 낸 새로운 아이디어를 그 組織內에서 開發하고 實用化하는 것이 不可能한 것을 發見한 후 스스로의 힘으로 企業化하려는 데서 發生함을 볼 수 있다. 美國 「보스턴」 近郊나 太平洋沿岸地域等に 位置한 數千餘 技術集約의 中小企業의 대부분이 이와 같이 인근 대학이나 大企業 研究室에서 派生(spin-off)하여 設立되었다<sup>7)</sup>.

이러한 技術의 小企業에 대한 研究들은 基礎研究와 技術革新과의 關係에 대하여 두가지 점을 시사하고 있다. 첫째, 技術革新을 주도하는 이러한 技術創業人은 대개의 경우 基礎研究가 활발한 小數의 理工大學의 大學院 研究室이나 이들 大學에 소속된 基礎 및 應用研究가 활발한 研究所에서 培養됨을 볼 수 있다. 즉 大學院의 활발한 創意的 基礎研究活動은

大學院生들로 하여금 이러한 基礎研究에 참여함으로써 創意的인 研究員으로서 필요한 訓練을 받게 되어 후일에 직접, 혹은 應用研究를 經유하여 技術開發의 「프론티어」인 技術創業人이 됨을 알 수 있다.

둘째, 技術革新에 대한 基礎研究의 重要性은 前述한 바와 같이 技術集約의 中小企業의 派生的 設立의 경우뿐 아니라 技術革新過程에서 問題解決에 필요로 하는 科學技術情報를 제공하는 중요한 支援役割을 하고 있다.

몇가지 外國의 예를 들자면 美國의 國立研究評議會(National Research Council)의 原資材諮問委가 행한 金屬, 도자기 및 합성중합물 등을 포함한 10個의 중요한 技術革新에 대한 研究結果를 보면 새로운 技術革新「아이디어」의 創出은 市場의 潛在需要의 포착에서 시작되지만 技術問題 해결에 있어서는 基礎研究가 대단히 중요한 役割을 함이 糾明되었다<sup>8)</sup>. 이 경우 基礎研究가 技術革新을 돕기 위하여 행해지기보다는 과거의 基礎研究를 통하여 축적된 知識이 새로운 技術問題 해결을 위하여 이용됨을 볼 수 있다. 「다우」(Dow Chemical)가 주도한 化學工業分野의 技術革新에 대한 연구 결과에서도 나타나듯이 이들 技術革新을 企業化로 이끌어 가는 過程에서 야기된 중요한 技術問題는 대개 「다우」研究所의 基礎研究팀과 인근 大學에서 基礎研究에 중사하는 教授, 그리고 이들 大學의 研究室에서 基礎研究 훈련을 받고 채용된 新入研究員들의 새로운 科學技術情報에 의하여 해결되었음을 볼 수 있다<sup>9)</sup>. 「일티노이」工科大學이 행한 5個의 중요한 技術革新의 事例研究(TRACES)에 의하면 이들 技術革新에 영향을 미친 341가지의 研究開發 結果중에서 75% 정도가 특정한 目的없이 遂

6) 몇가지 예로 金仁秀, 「産業技術의 變化形態와 對應策」, 『韓國開發研究』, 第1卷 4號, 1979 겨울호, pp.88~105 參照.

7) Edward Roberts, "Entrepreneurship and Technology," *Research Management*, Vol. II, No.4, 1968, p.254. Table 1 參照.

8) M. Tannenbaum, et al., "Report of the Ad Hoc Committee on Principles of Research-Engineering Interaction," *National Academy of Sciences National Research Council Materials Advisory Board Publication MAB 222-M*, 1966.

9) R. Boyer, T. Selby, and T. Tefit, "Innovations in Dow Chemical Company," a paper presented before the American Chemical Society Symposium on the Innovative Process in Industry, San Francisco, 1968.

行된 基礎研究結果에 의한 것이었다고 한다<sup>10)</sup>.

세계, 基礎研究는 應用研究와 技術開發을 가능케 하는 基盤으로 技術革新에 不可缺少한 공헌을 하고 있다. 「바텔」(Battelle)研究所가 最近에 행한 10가지 중요한 技術革新에 대한 深層研究에서도 基礎研究가 技術革新에 얼마나 중요한 役割을 하였는가 하는 사실이 잘 제시되어 있다<sup>11)</sup>.

〈表 2〉에서 보는 바와 같이 心臟調節器(heart pacemaker), 新種옥수수, 電子複寫器, 經口避妊藥, 「비디오」錄畫機 등 10가지 技術革新에 영향을 미친 533개의 重要한 「이벤트」(event) 중에서 34%가 基礎研究, 38%가 應用研究, 그리고 26%가 開發의 결과였음을 보여주고 있고, 89개의 決定的인 「이벤트」 중에서도 15%가 基礎研究의 결과였음을 볼 수 있어 基礎研究가 技術革新에 중요한 役割을 하

고 있음을 알 수 있다.

다시 이들 「이벤트」를 技術革新아이디어創出 이전의 革新前時期와 아이디어創出에서 實用까지의 革新時期 및 技術의 波及이 發生하는 革新後時期로 구분하여 分析하여 보면 〈表 3〉에서 보는 바와 같다. 즉 基礎研究는 革新前時期「이벤트」중의 57%를 차지하며, 革新時期에는 16%, 革新後時期에는 10%로 나타나 있다. 즉, 長期間에 걸친 基礎研究에 의한 科學技術知識의 축적이 技術革新에 중요하며, 이와 같이 基礎研究를 통한 知識의 축적이 先行되지 않고는 技術革新이 불가능했음을 볼 수 있다. 좀더 구체적으로 보면 [圖 1]에서와 같이 基礎研究에 관한 「이벤트」의 半이상이 革新 30年 이전에 發生한 것이며, 이에 비하여 應用研究에 관한 「이벤트」의 半 정도는 革新 15年前에 發生하였고, 開發的 「이벤트」의

〈表 2〉 研究開發段階로 본 「이벤트」

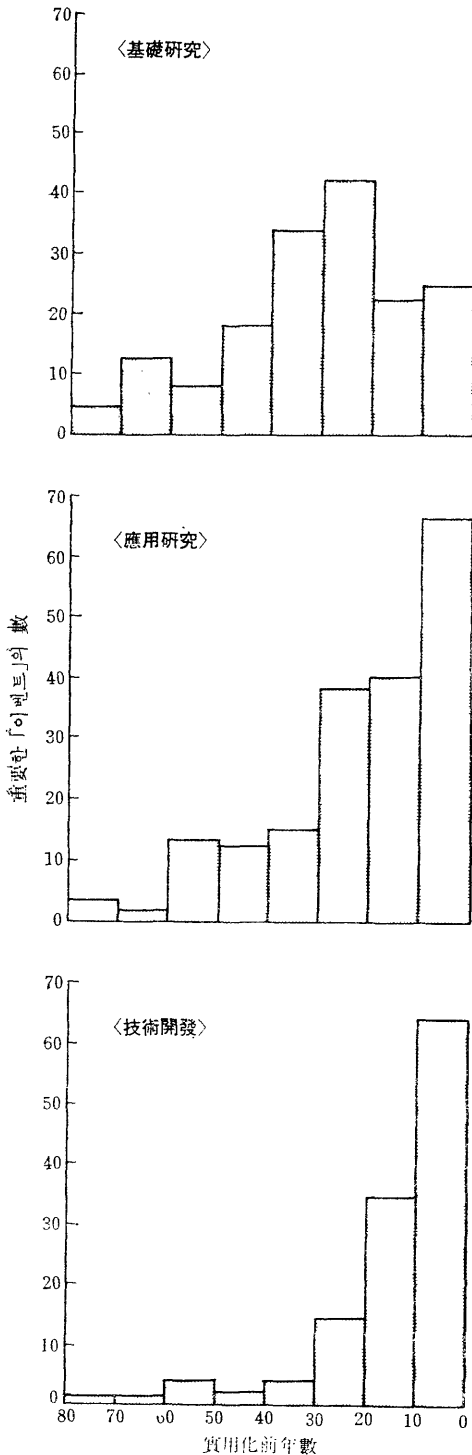
革 新	重要한 「이벤트」					決定的인 「이벤트」				
	基 礎 研 究	應 用 研 究	技 術 開 發	非 技 術 的 活 動	計	基 礎 研 究	應 用 研 究	技 術 開 發	非 技 術 的 活 動	計
心 臟 調 節 器	18	51	27	6	102	0	7	6	0	13
新 種 옥 수 수	9	13	4	2	28	1	3	0	0	4
新 種 小 麥	3	9	3	0	15	1	6	0	0	7
綠 色 革 命 小 麥	3	8	3	1	15	0	4	1	0	5
電 子 寫 真 術	29	12	25	0	66	0	1	13	0	14
投 入—產 出에 對한 經 濟 分 析	16	15	15	2	48	2	5	2	0	9
有 機 殺 蟲 劑	13	19	8	2	42	3	4	3	0	10
經 口 避 妊 藥	44	17	13	1	75	5	5	4	1	15
磁 石 鐵	27	28	9	1	65	1	5	1	0	7
「비 디 오」 錄 畫 機	17	31	29	0	77	0	0	5	0	5
計	179	203	136	15	533	13	40	35	1	89
百 分 率 (%)	34	38	26	3	100	15	45	39	1	100

資料 : Battelle(1973).

10) Illinois Institute of Technology Research Institute, *Technology in Retrospect and Critical Events in Science (TRACES)*, Washington, D.C.; National Science Foundation, 1968.

11) Battelle Columbus Laboratories, *Interactions of Science and Technology in the Innovative Process; Some Case Studies*, Columbus, OH; Battelle Laboratories, March 1973.

〔圖 1〕 實用前年數로 본 「이벤트」의 分布



資料 : Battelle(1973).

〈表 3〉 革新前後로 본 技術的 「이벤트」

	研究開發段階			
	基礎研究	應用研究	技術開發	非技術的 活動
革新前時期	133	75	21	4
革新時期	43	116	101	9
革新後時期	3	12	14	2
計	179	203	136	15

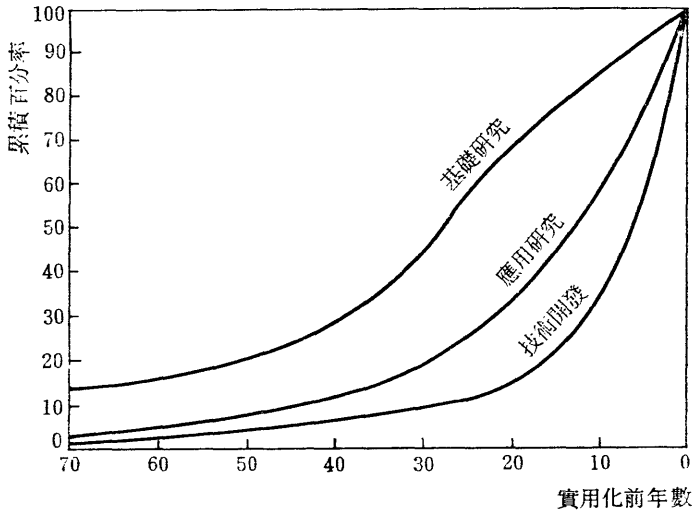
資料 : Battelle(1973).

半 정도는 革新 10年 이내에 발생했음을 볼 수 있다. [圖 2]는 이들 세가지 「이벤트」들에 대한 累積值를 圖示한 것이다. 그러나 이와 같은 資料는 곧 基礎研究가 技術革新에 實質的인 효과를 가져오는 데 이렇게 長期間이 걸린다는 것을 나타내는 것은 아니다. 단지 基礎研究結果의 하나인 發明等이 實用化되는 데 걸리는 時間을 나타내 주고 있을 따름이며 이를 다른 面에서 보면 技術開發從事研究員에 의한 科學技術知識의 파악이 成功的 技術革新의 중요한 必要條件임을 示唆하고 있다. 基礎研究는 이와 같이 研究員에게 필요한 知識蓄積에 不可缺한 役割을 한다. 要約하면 基礎研究는 技術創業人과 研究人力의 養成, 이들에 대한 繼續的인 支援뿐 아니라 그 研究結果 自體가 技術革新에 중요한, 간혹 決定的인 役割을 할 수 있다.

#### N. 中進國에 있어서 基礎研究의 役割

第2次世界大戰 이후 대부분의 開發途上國들은 높은 關稅障壁과 獨寡占의 保護下에서 海外에서 輸入하던 商品의 輸入代替를 위한 國

[圖 2] 研究開發「이벤트」의 累積值增加率



資料 : Battelle(1973).

內産業을 工業化의 主軸으로 삼았다<sup>12)</sup>. 工業化初期에는 生産施設, 製品의 製造 및 檢査技術, 外國技術者 및 外國部分品等を 포함한 一括集合技術을 導入하여 단순히 組立하는 生産의 實踐期로 시작하였다. 이와 같은 導入技術의 實踐期에는 研究開發의 능력도 存在하지 않았고 또 要求되지도 아니하였으며 단지 制限된 「엔지니어링」을 통한 生産만 成長의 關鍵이 되었다. 그중 몇몇 開發途上國은 生産實踐期를 통하여 터득한 生産 및 製品設計經驗과 政府의 積極적인 産業育成政策, 熟練人力資源 및 企業人의 진취적인 活動等에 힘입어 導入技術을 消化하고 이를 土臺로 類似製品을 技術導入없이 逆行的 「엔지니어링」을 통하여

模倣할 수 있는 수준에까지 이르게 되어 「엔지니어링」뿐 아니라 制限된 開發에까지 技術의 관심이 미치게 되었다<sup>13)</sup>. 이와 같이 外國技術을 導入하고 消化, 模倣하는 形態는 勞動集約적인 輕工業部門에서만 아니라 最近에는 機械工業部門에서도 볼 수 있게 되었다.

韓國을 포함한 中進國이 그동안 이룩한 위와 같은 과정을 통한 工業成長은 比較的 단순하고 용이한 課題의 遂行에서 이루어졌다. 즉 導入消化시킨 技術은 대개의 경우 先進企業에게는 더 이상 技術의 優位를 주지 못하는 落後技術이어서 技術賣渡를 주저하지 않아 導入이 容易하였고, 中進國들은 이러한 技術을 熟練賃金の 比較優位를 가지고 活用함으로써 國際競爭과 成長을 가능하게 할 수 있었다. 그러나 勞動集約的 輕工業部門에서의 後發開發途上國의 市場進出에 對備하여 技術集約적인 重化學工業으로의 轉換이 불가피해짐에 따라 中進國의 技術의 課題는 단순한 模倣에서 創意的 模倣과 더 나아가서는 獨自의 技術開

12) NAS(National Academy Sciences), *U.S. International Firms and R. D. E. in Developing Countries*, Washington, D.C.; N.A.S. 1973.

13) 金仁秀(1979)와 Linsu Kim, "Stages of Development of Industrial Technology in a Developing Country: A Model." *Research Policy*, Vol. 9, No.3, July 1980 參照.



發을 통한 革新으로 바뀌게 되었다. 이에 따라 先進國企業들은 競爭의 대상이 되는 中進國에게 技術移轉을 주저하게 되고 中進國들은 科學技術水準의 充分한 向上을 통하여 技術移轉交涉力(Bargaining Power)을 強化하지 않는 한 外國技術의 導入이 점차 어려워지게 되었으며 先進外國製品의 模倣도 一時的인 것이 아니라 先進國의 技術과 國際市場의 변화에 민감하게 對應하는 끊임없는 技術革新이 持續的인 産業成長에 不可缺한 要件이 되었다. 즉 繼續的인 技術導入을 위하여, 그리고 持續的인 國際競爭力強化를 위하여 中進國들은 科學技術開發能力을 획기적으로 향상함이 絶실히 必要하게 되었다.

基礎研究는 前述한 바와 같이 科學技術開發能力構築에 基礎를 마련하는 중요한 役割을 담당한다. 그러나 中進國에서의 基礎研究는 先進國의 경우와 같이 새로운 理論과 發明을 創造하는 등, 科學技術의 새 分野를 開拓하는 것이 그 目的이 아니라 研究를 통하여 새로

운 知識을 消化하는 科學技術의 窓口役割을 하고, 이 과정을 거쳐 最新科學技術知識과 研究經驗을 축적한 有能한 研究人力을 養成하는데 있다고 하겠다. 이러한 窓口的·人力養成的 機能은 獨自的 技術革新에 絶對的 役割을 하게 된다. 技術革新에 대한 研究를 보면 成功的인 革新의 80% 이상이 市場의 수요자극에 의하여 誘發되었으며<sup>14)</sup>, 이를 充足시키기 위한 基本的인 아이디어는 이미 存在하고 있었다는 사실을 보여주고 있다. <表 4>를 보면 技術的 發明後 그것이 具體的으로 實用化를 위하여 技術開發活動에 들어가기까지의 潛伏期間은 最近에 들어와 短縮되어지기는 하였지만 아직 10餘年 걸리고 있음을 보여주고 있다. 즉 市場이나 社會의 需要가 發生하여 이를 充足시키기 위한 새로운 製品이나 工程을 開發하려고 하는 경우 이에 필요한 科學技術的인 아이디어는 이미 10餘年 전부터 存在하고 있었다는 사실을 示唆하고 있다.

이와 같은 科學技術發明과 技術革新의 관계는 特定部門에서 先進國과 競爭의 位置에 있는 中進國의 技術開發 및 活用方向에 有用한 情報를 提供하여 주고 있다. 즉 中進國들은 先進國과 競爭에 對應하는 技術革新을 이루기 위하여 반드시 先進國과 같이 새로운 發明을 創出하여야 하는 것이 아니라 科學技術分野의 最新知識(state of the art)을 항상 파악하였다가 이를 잠재수요에 적용함이 더욱 捷徑이 될수 있다는 事實이다. 基礎研究는 이와 같이 科學技術의 最新知識(state of the art)을 파악하고 이를 적용할 수 있는 能力을 가진 人力을 養成함에 있어서 決定的 役割을 한다. 따라서 적절한 規模와 수준의 基礎研究는 中進國의 工業發展에 不可缺의 基盤이 된다고

<表 4> 發明과 革新의 關係

	平均年數		
	潛伏期 <sup>1)</sup>	開發期 <sup>2)</sup>	計
20世紀初 (1885~1919)	30	7	37
1次大戰後 (1920~1944)	16	8	24
2次大戰後 (1945~1964)	9	5	14

註: 1) 潛伏期는 科學技術의 發明에서부터 實用化를 위해 具體的인 技術開發에 着手한 때까지의 期間.

2) 開發期는 實用化를 위하여 具體的인 技術開發活動을 시작한 때부터 實用化가 實現된 때까지의 期間.

資料: Lynn(1966).

14) James M. Utterback, "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology," *Science*, Vol. 183, February 15, 1974, pp.620~626, Table 2 參照.

하겠다. 그러나 基礎研究란 技術革新에 있어서 하나의 중요한 必要條件이지 充分條件이 되지 못하기 때문에 規模있는 基礎研究가 있다고 하여 반드시 技術革新이 誘發되는 것은 아니나 基礎研究가 어느 水準에 이르도록 지원함이 없이 競爭力있는 技術革新을 이루기는 期待하기 어렵다 하겠다.

## V. 韓國 基礎研究의 現實

中進國의 産業發展에 가장 중요한 基盤이 되는 技術革新을 이루기 위하여는 基礎研究가 絶실히 必要하다. 우리나라의 基礎研究는 研究投資規模, 研究人力等 그 投入資源(Inputs)이나 研究의 產出(Outputs)인 論文의 數에 있어서 모두 극히 貧弱한 狀態임을 나타내고 있다. <表 1>에서 본 바와 같이 研究開發投資總額은 우리나라가 指向하는 先進諸國에 비하여 매우 微微한 수준에 그칠 뿐 아니라 이 중 基

礎研究에 대한 投資는 先進國이 20% 정도를 割當하고 있는 데 비하여 우리나라는 <表 5>에서 보는 바와 같이 1977년까지 基礎研究가 遂行되고 있는 大學에 겨우 5% 前後를 投資하여 온 것으로 나타났다. 이 比率은 1978년에 이르러 13.4%까지 증가한 것으로 되어 있으나 이는 實質的 增加가 아니라 過去에 計上되지 않던 項目의 追加에 의한 名目上의 增加에 不過하다. 研究人力도 <表 1>에서 본 바와 같이 先進諸國이 人口 1萬名當 20名 정도인 데 비하여 우리나라는 겨우 4명에 불과하며 더욱 研究人力의 質的 水準差異가 감안될 경우 그 격차는 더욱 顕著할 것으로 보인다. 우리나라의 경우 이들 研究人力이 大學에 제일 많이 集中되어 있고(1978년의 경우 38.8%) 研究開發活動參與에 필요한 基本的 資格을 갖춘 것으로 생각되는 大學院이상의 學歷을 가진 研究人力의 75%(博士學位所持者의 83.3%와 碩士學位所持者의 68.4%)<sup>15)</sup>가 大學에 集中되어 있어 基礎研究人力이 제일 많을 것으로 보이나 理工系大學의 擴張에 비하여 教授充員이

<表 5> 大學의 研究開發費와 研究員推移

	總研究開發費 (A) (단위: 千원)	大學의 研究 開發費(B)	$\frac{(B)}{(A)} \times 100$	總研究員數 (A) (단위: 名)	大學의 研究員數 (B)	$\frac{(B)}{(A)} \times 100$
1971	10,666,711	572,173	5.4	5,320	11,918	36.1
1972	12,028,147	348,566	2.9	5,599	1,747	31.2
1973	15,628,482	366,908	2.4	6,065	1,711	28.2
1974	38,182,078	6,520,716	17.1	7,595	2,144	28.2
1975	42,663,725	2,181,819	5.1	10,275	4,534	44.1
1976	60,900,037	1,978,657	3.3	11,661	4,811	41.3
1977	108,285,664	5,482,211	5.1	12,771	4,836	37.9
1978	152,418,341	20,543,370	13.5	14,749	5,721	38.8

資料: 科學技術處(1979).

15) 科學技術處, 『科學技術年鑑』, 1979, 基本統計와 資料 <表 7> 參照.

뒤따르지 못한 나머지 教授1人當 學生數가 理學系의 경우 1966年の 17名에서 1978년에는 23名으로, 工學系의 경우 같은 期間에 37名에서 59名으로 增加하였고, 研究活動을 補助하는 助教의 數는 教授1人當 0.23名 정도에 머물러 事實上 教授들이 研究活動을 하지 못하고 學部教育에 주로 動員되고 있음을 보여주고 있다<sup>16)</sup>. 또한 研究員1人當 研究費도 1977年の 경우 企業이 1,070萬원, 公共研究機關이 1,512萬원인데 비하여 大學은 겨우 1/10정도인 113萬원에 不過함을 볼 수 있어<sup>17)</sup> 과거 20年 동안의 科學技術政策에 있어서 基礎研究部門은 소외된 領域이었음을 示唆해 주고 있다.

이와 같은 韓國의 基礎研究는 最近 行해진 國際比較研究에서도 그 問題點이 명백하게 밝혀지고 있으며 技術革新을 통한 國際競爭力의 強化가 특히 강조되고 있는 이 時期에 우리 問題의 심각함을 念慮하지 않을 수 없다. Frame(1979)은 1973年の GNP를 國家의 經濟規模를 나타내는 指標로 보고 1人當 GNP를 그 國家의 富로 보아 이 두 獨立變數와 SCI(Science Citation Index)에 게재된 基礎科學研究論文 篇數를 從屬變數로 適用하여 行한 重合回歸分析에서 統計적으로 대단히 有意한 先進國型 方程式과 開發途上國型 方程式을 導出하였다<sup>18)</sup>. 從屬變數로는 臨床醫學, 生醫學研究, 生物學, 化學, 物理學, 地球/宇宙科學, 工學/技術學 및 數學分野에서 SCI에 引用된 國際水準에 到達하는 研究論文 271,435篇

을 論文著者의 國別로 分類하였다. 回歸分析의 結果는 다음과 같다.

〈先進國의 경우〉

$$\ln Y = -19.379 + 1.758 \ln X - 0.930 \ln P$$

(1.5684) (0.1278) (0.1483)

$$R^2 = 0.913$$

$$\text{즉, } Y = 3.84X^{0.829} \left(\frac{X}{P}\right)^{0.930} \times 10^{-9}$$

〈開發途上國의 경우〉

$$\ln Y = -20.889 + 1.191 \ln X - 0.101 \ln P$$

(2.0611) (0.1566) (0.1632)

$$R^2 = 0.657$$

$$\text{즉, } Y = 8.48X^{1.091} \left(\frac{X}{P}\right)^{0.101} \times 10^{-10}$$

Y : 發表研究論文數

X : GNP(國家의 經濟規模指標)

P : 人口

$\frac{X}{P}$  : 1人當 GNP(國家의 富指標)

〈表 6〉 基礎研究論文의 國際比較<sup>1)</sup>

	回歸分析에 의하여 예상 되는 研究論 文數(A)	實際 SCI 掲載論文數 (B)	$\frac{B}{A} \times 100$ (%)
싱가포르	35	120	342
아르헨티나	486	764	157
베네수엘라	201	200	99
멕시코	621	368	59
브라질	785	573	72
자유중국	93	186	200
말레이시아	59	138	233
이집트	99	683	689
필리핀	101	50	49
그리스	192	289	150
스페인	668	648	97
터키	170	149	88
타이	99	117	118
파키스탄	46	112	243
한국 <sup>2)</sup>	188	27	14

註 : 1) 後進國家群 國際類型에 의한 비교.

2) 南北韓을 합한 境遇임. 南韓만을 計算하면 本文에서 보는 바와 같이 約 15% 程度됨.

資料 : Frame(1979).

16) 文敎部, 『文敎統計年報』, 1967, 1972, 1977, 1979에서 導出.

17) 科學財團(1980), 〈表 4-4〉 參照.

18) J. David Frame, "National Economic Resources and the Production of Research in Lesser Developed Countries," *Social Studies of Science*, Vol. 9, 1979, pp.233~246.

위의 方程式은 곧 한 國家의 經濟規模(GNP) 및 所得水準(1人當 GNP)과 그 國家의 科學者가 國際的인 基礎科學 學術誌에 發表한 研究論文敎와의 相關關係를 나타낸다. 즉 先·後進國家群의 國際的 類型으로 볼 때 주어진 所得水準에서 平均的으로 豫想되는 發表研究論文數가 從屬變數에 計測된 係數를 가지고 推定된다. <表 6>에서 南北韓의 人口와 經濟規模를 합쳐서 1973年의 1人當 GNP는 313弗이었고, 이 所得水準에서 豫想되는 SCI發表研究論文數는 188篇인 데 비하여 같은 해에 겨우 27篇의 論文만이 發表되어 後進國의 國際類型에서 豫想되는 發表論文數의 14%에 불과하였다. 이를 다시 世界銀行의 資料를 利用하여 南北韓을 分離해 보면 1973年 南韓의 GNP가 132億弗이었고 1人當 GNP가 400弗이었으므로 이 水準에서 一般的으로 豫想되는 發表研究論文數는 172篇이 된다. 1973년에 韓國人에 의하여 國際學術誌에 發表된 論文數 27篇이 모두가 다 南韓科學者에 의한 것이라고 假定하여도 이는 韓國의 所得水準에서 豫想되는 發表豫想論文數의 15%에 불과함을 보여 주며, 곧 우리나라의 基礎科學水準이 基礎研究의 缺如라는 觀點에서 얼마나 취약한 형편에 있는가를 잘 나타내 주고 있다. 과거에는 우리나라의 經濟發展이 落後技術의 單純模倣에 의하여 가능하였지만 未來의 經濟的 課題가 科學技術의 發展을 통한 技術集約產業으로의 轉換에 있다고 볼때에 現在의 基礎科學水準에 비추어 장래 우리나라가 當面하여야 하는 科學技術振興課題가 얼마나 어려운가를 잘 지적해 주고 있다.

한편 우리나라와 競爭狀態에 있는 다른 新生工業國의 경우 <表 6>에서 보는 바와 같이

실제 論文發表數는 國際的 패턴으로 豫想되는 發表論文數에 對比하여 싱가포르 342%, 아르헨티나 157%, 自由中國 200%, 그리스 150%, 스페인 97%, 터키 88%에 달하고 있다. 따라서 이들 國家와의 現격한 基礎研究水準의 隔差가 앞으로 國際競爭을 推進함에 있어서 우리나라의 커다란 問題點이 될 것임이 잘 나타나고 있다고 하겠다. 特記되는 것은 우리나라의 發展水準에 이르지 못한다고 看做되는 몇몇 後發開發途上國의 경우를 보아도 實際 研究論文發表數는 回歸分析에 의하여 豫想되는 發表論文數에 對比하여 말레이시아 233%, 이집트 689%, 필리핀 49%, 타이 118%, 파키스탄 243%의 수준에 달하고 있어 장차 이들 國家와의 競爭에 있어서도 우리나라의 科學技術開發基盤이 微弱함을 보여 주고 있다.

## Ⅵ. 要約과 結論

産業戰略의 轉換點에 이른 우리 經濟에서는 最近에 集中的으로 投資되고 있는 重化學工業部門뿐만 아니라 그 동안 高度成長의 主軸을 이루었던 輕工業部門의 經濟成長을 위해서도 製品技術革新을 통한 非價格競爭力의 提高와 工程技術革新을 통한 價格競爭力의 向上이 대단히 重要的 要素가 되고 있다. 과거의 産業化戰略이 低賃金勞動力의 比較優位를 바탕으로 政府의 保護育成政策下에서의 量的 擴大에 있었다면 앞으로의 戰略은 科學技術振興을 통한 技術革新에 있다는 것은 이제 周知되는 事實이다. 政府에서는 經濟社會發展에 있어서

의 科學技術의 重要性을 일찍 認識하고 이에 필요한 具體的인 基盤構築에 努力해 왔으나 이 部門의 質的·量的 成長은 그동안의 經濟規模擴大와 工業化의 速度에 比하여 未洽하였다 고 할 수 있다. 그리고 生産과 輸出의 量的 擴大를 위한 當面問題解決에 優先置中하여 未來의 高度産業社會建設에 중요한 基盤이 되는 科學技術振興을 위한 資源投入에는 比較的 소홀하였다고 할 수 있다.

基礎研究는 한 社會의 文化的인 要素와 教育的인 手段으로서뿐만 아니라 最近에 심각한 問題로 擡頭되고 있는 食糧, 環境改善, 에너지, 國防等 社會 및 公共問題의 解決과 특히 持續的인 經濟成長基盤을 構成하는 産業技術開發에 基礎가 된다는 觀點에서 그 重要性이 認定된다. 基礎研究의 結果中的의 하나인 發明等은 상당한 期間의 潛伏期가 경과해서야 經濟 및 社會에 利益을 가져오는 實用化의 段階에 들어가지만 研究過程을 통하여 배출되는 技術創業者, 研究人力 및 技術革新過程에 대한 科學技術의 支援役割로 經濟發展에 直接的이며 即時的인 영향을 미치고 있음을 볼 수 있다. 開發途上國의 경우, 당면한 技術問題解決을 중요시한 나머지 基礎研究를 當面問題解決과는 거리가 먼 것으로 생각하여 소홀히 하는 경향이 있으나 基礎研究는 바로 이와 같은 當面技術問題를 直接 擔當하고 解決하는 能力 있는 科學技術人的 養成에 가장 중요한 役割을 하고 있다. 특히 先進國의 경우에도 技術革新에 필요한 새로운 技術的인 아이디어는 이미 10餘年 이상 存在하고 있으며 成功的인 革新은 새로운 社會·經濟的인 機會에 이 아이디어를 적용하여 이루어짐이 常例가 되고 있음을 볼 때 先進國과 점차 競爭的인 立場에

들어가고 있는 中進國들은 비록 活潑한 基礎研究活動을 통하여 새로운 發明에까지 이르는 못한다 할지라도 先進科學技術의 現象을 항상 파악하고 있다가 適時에 이를 革新으로 이끌 수 있으며, 이에는 最小限의 基礎科學研究水準이 主要한 要素로서 要求되는 것이다.

基礎研究가 教育的·社會的인 面에서뿐만 아니라 經濟的인 面에서도 이와 같이 중요한 地位를 차지하고 있다. 특히 韓國에서는 基礎研究部門에의 資源投入이 研究投資面이나 研究人力面에서 모두 微弱하였으며 또 研究結果의 하나인 國際의 水準의 論文發表數로 보아도 後發後進國의 樣相을 벗지 못하고 있다. 즉, 우리나라의 經濟規模는 中進國 수준에 달하고 있으나 그 基盤이 되어야 할 基礎研究는 後進國의 수준에 계속 머물고 있다고 해야 할 것이다. 이에 比하여 우리나라와 海外市場에서 競爭關係에 있는 싱가포르, 자유중국, 브라질, 스페인 등 新工業國들의 論文發表數로 본 基礎研究 수준은 우리나라 수준을 4~10배 이상 증가하고 있을 뿐 아니라 우리 經濟수준에 이르기 위해 發展에 拍車를 加하고 있는 필리핀, 말레이시아, 파키스탄 등 後發開發途上國들도 우리나라의 수준을 넘어서고 있다. 결코 國際水準의 論文發表數가 그 나라의 科學技術 수준을 모두 나타낸다고 할 수는 없겠으나 우리나라에 있어서의 問題를 代表的으로 보여주고 있는 하나의 중요한 指標로서 받아들여져야 할 것이다.

制限된 財源으로 社會와 經濟 各分野에서 要求되는 資源需要를 모두 充足시킬 수 있을 수는 없겠으나 5~10年後에 우리 社會가 필요로 하는 가장 根本的인 基盤이 무엇인가를 考慮할 때 教育全般에 걸친 刷新과 基礎研究의 量的·質的 擴大를 위한 과감한 投資가 이 時

期에 必要하다고 하겠다. 近年에 들어와 大學 教育의 規模가 部分的으로 擴張되었으나 그 質 的인 向上과 아울러 大學院教育의 量的·質 的인 向上 및 基礎研究投資를 통한 研究活動의 活 性化가 이루어지지 않는 한 앞으로 새로운 技 術의 課題를 遂行하기는 매우 어려울 것이라고 생각된다. 基礎研究의 育成에 있어서 大學院

을 基本水準까지 끌어올리기 위하여 어느 정 도까지는 按配式 支援이 필요하겠으나 基礎研 究의 活性化를 위하여는 分野別로 卓越性を 構築하는 方向으로 集中的인 投資가 要求된 다<sup>19)</sup>.

結論으로 基礎研究의 劃期的 基盤構築이 이루어지지 않는 한 現在와 같은 基礎研究缺 如가 앞으로 技術革新의 심각한 障礙要因이 될 것이 豫想된다.

19) 科學財團(1980), pp.115~116.

### ▷ 參 考 文 獻 ◁

科學技術處, 『科學技術年鑑』, 1979.

科學技術處, 『科學技術長期計劃(案)』, 1980. 2.

科學財團, 『基礎研究 育成方案樹立에 관한 研 究』, 1980. 2.

金仁秀, 「産業技術變化形態와 對應策」, 『韓國 開發研究』, 第1卷 4號, 1979 겨울호, pp. 88~105.

盧政翼, 『우리나라 電子工業의 技術水準 및 發 展에 관한 實證의 研究』, 韓國科學院 產 業工學科 碩士論文, 1979.

文教部, 『文教統計年報』, 1967, 1972, 1977, 1979.

李軫周·金迪教, 「産業技術水準, 測定에 관한 試圖」, 『韓國開發研究』, 第1卷 3號, 1979 가을호, pp.93~110.

日本科學技術廳, 『日本科學技術白書』, 1977.

韓國開發研究院, 『長期經濟社會發展 1977~ 91』, 1977.

Battelle Columbus Laboratories, *Interactions of Science and Technology in the Innovative Process: Some Case Studies*, Colum- bus, OH; Battelle Memorial Laborato-

ries, March 1973.

Boyer, R., T. Selby, and T. Tefit, "Innova- tions in Dow Chemical Company," a paper presented before the American Chemical Society Symposium on the In- novative Process in Industry, San Fran- cisco, 1968.

Brooks, Harvey, "Future Needs for the Support of Basic Research," in *Basic Research and National Goals*, Washing- ton, D.C.; National Academy of Sciences, 1965, pp.77~110.

Charpie, Robert A., "Technological Inno- vation and the International Economy," in Maurice Goldsmith (ed.), *Technologi- cal Innovation and the Economy*, London; Wiley-Interscience, 1970, pp.1~10.

Illinois Institute of Technology Research Institute, *Technology in Retrospect and Critical Events in Science (TRACES)*, Washington, D.C.; National Science Foundation, 1968.

Industrial Research Institute Research Cor- poration, *Contribution of Basic Science to Recent Successful Industrial Innova-*

- tions, New York; IRIRC, 1979.
- Frame, J. David, "National Economic Resources and the Production of Research in Lesser Developed Countries," *Social Studies of Science*, Vol.9, 1979, pp.233~246.
- Kim, Linsu, "Stages of Development of Industrial Technology in a Developing Country: A Model", *Research Policy*, Vol. 9, No.3, July 1980 (in Print).
- Lynn, Frank, "An Investigation of the Rate of Development and Diffusion of Technology in Our Modern Industrial Society," *Report of the National Commission on Technology, Automation, and Economic Progress*, Washington, D.C.; U.S. Government Printing Office, 1966.
- National Academy of Sciences, *U.S. International Firms and R.D.E. in Developing Countries*, Washington, D.C.; N.A.S. 1973.
- National Science Foundation, *Science Indicators*, Washington, D.C.; NSF, 1979.
- Price, William J. and Lawrence W. Bass, "Scientific Research and the Innovative Process," *Science*, Vol. 164, May 4, 1969, pp.802~806.
- Roberts, Edward, "Entrepreneurship and Technology," *Research Management*, Vol. 11, No.4, 1968.
- Tannenbaum, M. et. al., "Report of the Ad Hoc Committee on Principles of Research Engineering Interaction," *National Academy of Sciences National Research Council Materials Advisory Board Publication MAB 222-M*, 1966.
- Utterback, James M., "Innovation in Industry and the Diffusion of Technology", *Science*, Vol. 183, February 15, 1974, pp. 620~626.