

(第16回 會員研究發表會 論文)

# 韓國의 經濟成長率을 促進시킨 技術進步寄與度の 研究

陳 世 仁  
(建國大學校 經商大學・教授)

## 차 례

### I. 技術進步와 生産函數

#### § 1. Cobb-Douglas 型 生産函數

#### § 2. Cobb-Douglas 型的 古典的資産

#### § 3. CES 生産函數의 性格

### II. 技術進步의 計測論

### III. 韓國의 經濟成長率을 促進시킨 技術進步寄與度の 測定

### IV. 結 論

#### Summary

#### Bibliography

## I. 技術進步와 生産函數

經濟分析에 있어서 窮極의인 目的은 資源의 配分에 있다. 資源配分의 가장 初步的인 理論은 生産函數에서 찾아볼 수 있겠다. 現代國家가 그들이 活用할 수 있는 資源을 적절하게 配分하여 國民所得의 增加를 도모하고 經濟의 目標成長率을 達成하기 위하여 쓰여지는 武器는 資本係數라 할 수 있는데 이를 위한 現實接近의 分析은 生産函數의 計量的 計測을 필요로 한다.

資本係數를 통한 國民所得增加計劃을 企하는 것은 重要な 일이며 따라서 이 경우 資本係數는 하나의 戰略的 parameter 가 되지 않을 수 없다. 이 戰略變數에 따라 目標年度의 企業의 純資本貯蓄額(net capital stock)이 결정되고 企業의 設備投資가 進行되어지는 것이라 볼 수 있다.

經濟計劃을 立案하는 마당에서 우리는 目標年度의 經濟모습을 구상하여 模型設定(model building)을 했을 경우 이를 巨視的 産業聯關模型(macro-inter-industrial model)으로 보면 中立的인 技術變化를 갖는 Cobb-Douglas 型的 生産函數를 쓰는 수가 있다. 그러므로 이 生産函數에 의해서 産業部門別의 資本量을 推定하게 되는 것이다. 生産函數의 理論의 成果는 認定하나 아직 그 現實面의 實證에는 많은 課題를 남기고 있다.

生産函數에 관한 概念의 萌芽는 土地, 資本, 勞動의 報酬遞增(increasing returns)과 報酬遞減(decreasing returns)에서 오는 報酬法則을 發見한 Sir James Denham Steuart(1712~1780)에서 비롯하여 이 報酬法則을 定式化한 Anne Robert Jacques Turgot(1727~1781)

에까지 소급할 수 있다<sup>1)</sup>.

그후 1815年 T.R. Malthus(1766~1834)<sup>2)</sup> 나 Sir Edward West<sup>3)</sup> 등에 의하여指摘되기를 一定한 土地에 勞動과 資本을 結合해서 投入할 경우 生産物量의 增加分은 遞増될 수도 있고 遞減될 수도 있다고 보았다. 이 理論이 나온 2年후 D. Ricardo(1772~1823)가 그의 分配理論의 기초로 삼게 된 것이다<sup>4)</sup>. 한편 1840年代에 Johann Heinrich Thünen(1783~1850)은 賃金率과 利子率(勞動과 資本)은 各 마지막 追加되는 生産量에서는 同等하다는 이른바 報酬遞減의 法則을 展開하게 되었다<sup>5)</sup>.

分配論에서 限界生産力原理은 1889年 John Bates Clark에 의해서 再認識되었고<sup>6)</sup> 그는 獨逸의 Thünen에서 배운바 있다. 無意識중 그는 Thünen의 영향을 많이 받게 되었지만 그러나 意識의으로 Thünen과는 달리 說明하려 한 것이다<sup>7)</sup>. 10年후 그는 이 理論을 整理해서 1899年 「The Distribution of Wealth」로서 발표한다 있다. 그러든중 1894年에 Philip H. Wicksteed가 An Essay on the Co-ordination of the Laws of Distribution(1894)을 世上에 發表하게 되므로서 이것이 오늘날에 와서 生産函數의 先驅의인 業績으로 評價되어지고 있다.

生産函數는 단순히 報酬法則에만 그치는 것이 아니고 오늘날에 와서는 一般均衡體系(Léon Walras)에서 資源配分の 理論의 道具로서 理解되어진다. 이런 觀點에서 다른 生産函數가 바로 Philip H. Wicksteed의 理論이다. 그는 두가지 均衡命題를 展開하는데

첫째, 各生産要素의 分配分은 (理想的 條件下에서) 그 數量에 限界生産力을 곱한 값과 同等하다.

둘째, 이런 分配分을 합하게 되면 그 額은 各企業에서의 純生産物과 均等하고 또한 社會集計量일 경우는 A. Marshall의 國民分配分(national dividend)과 같아진다.

1) J. Steuart는 그의 An Inquiry into the Principles of Political Economy.(1767)에서 D. Ricardo의 後繼者들이 이룩부친 外延의 耕境(Extensive Margin)을 展開한 바 있다. 즉, 人口가 增加함에 따라 점점 土壤이 弱한 땅을 耕作하지 않을 수 없는데 이렇게 累進의으로 貧弱한 土壤에 投入되어지면 同量의 生産의 努力을 해도 그 收穫은 累進의으로 줄어든다는 사실을 밝히게 되었다. 한편 A.R.J. Trugot는 漸減하는 物的 報酬에 관해서 역시 D. Ricardo 後繼者들이 말하는 內延의 耕境(Intensive Margin)을 설명했다 (Réflexions sur la formation et la distribution des richesses, 1766 Chap. 10에서). 즉 一定한 土地에 대하여 一定量의 資本(前拂 avances)이 順次 累積的으로 投入되어질 경우 <그러나 이 경우 勞動量도 同一하게 증가한다.> 그 各投資에서부터 발생하는 生産物의 數量은, 最初의 어느점까지는 점차 增加하여 그 점에서 生産物의 增量分과 資本의 増投分과의 比例가 極大에 달한다. 그러나 이 점을 초과하면 다시 等量의 資本을 追加해도 生産物의 增加量은 점차로 減少한다. 이처럼 增加量이 계속 漸減하여 결국은 零으로 收斂한다. 결국 眞正한 報酬遞減의 法則으로 된다. Schumpeter, J.A.: History of Economic Analysis, 1954, pp. 259~260.

2) Malthus, T.R; Inquiry into the Nature and Progress of Rent, (1815) p.61.

3) West, Edward; The Application of Capital to Land (Hollander, ed. 1815) p.54.

4) Ricardo, D; On the Principles of Political Economy and Taxation, (London 1817)의 Chap. I-XXI에 걸쳐 地代・賃金・利潤・利子에 관한 分配理論을 展開했다.

5) Thünen, von J.H; Der Isolierte Staat: Zweiter Teil, (1826) pp. 507~559.

Thünen은 「孤立國」에서 抽象的인 國家를 전제로하여 市場에서의 遠近에 따라 어떠한 土地利用의 分布나 耕作方法이 필요한가 하는 것을 그의 自營農場의 記錄資料를 토대삼아 分析한다 있다. 그런데 그는 D. Ricardo와 달리 地代論을 展開하고 勞動者에 同情的인 賃金論을 풀이하기도 했다. 그는 또한 數學을 導入하여 抽象的 分析方法을 試圖하였으므로, 후代 近代經濟學의 觀點에서 높이 評價받기도 했다.

6) Clark, John Bates; "The Possibility of a scientific Law of Wages," Publications, American Economic Association, Vol. IV (March, 1889), pp. 39~63.

7) Douglas, Paul H; A Theory of Wages, (1934) <Are There Laws of Production?>p.2.

따라서 生産函數理論(P.H. Wicksteed의 生産函數定式化)은 要素의 分配率을 결정하는 것은 아니지만 企業의 生産行動의 論理가 되고 동시에 生産의 技術의 函數關係에서 보면 限界生産力理論속에 자리잡게 된다.

生産函數의 理論의 系譜는 한갈래 P.H. Wicksteed를 비롯하여 Johan Gustaf Knut Wicksell (1851~1926)<sup>8)</sup> 그리고 C.W. Cobb와 Paul H. Douglas 등에 의해서 展開되는 macro-aggregate의 代替의 生産函數<sup>9)</sup>의 理論이다.

다른 한편으로는, Léon Walras나 W.W. Leontief에서 展開되는 生産係數(production coefficient)中心의 勞動과 資本의 完全補完의인 生産函數를 볼 수 있다<sup>10)</sup>.

生産係數가 技術적으로 固定된다는 概念에서 출발하여 理論을 展開하려는 것이 H.B. Chenery의 技術의 生産函數<sup>11)</sup>이고 P.A. Samuelson 및 R.M. Solow 등에 의해서 展開되는 異質의 資本(heterogeneous capital)概念에 의한 固定係數型生産函數이다<sup>12)</sup>. Chenery의 技術의 生産函數나 R.M. Solow의 固定係數型生産函數는 最近 SMAC model로 綜合되어 이른바 CES Production Function으로서 展開되고 있다<sup>13)</sup>.

그러나 P.A. Samuelson은 지적하기를 이 두가지가 CES 生産函數로서 완전히 統合된 것으로 보기 어렵다고 했다. 그는 이 점에 관하여 R.M. Solow의 論文<sup>14)</sup>을 들고 있다. Solow는 자신의 論文과는 矛盾되는 두가지 側面에서 밝히게 되었는데 그 하나는 Douglas型의 同質의 資本概念에서가 아니라 vintage가 다른 異質의 資本概念을 들게 된 것이다. 따라서 異質의 資本概念을 기초로 하여 Douglas型보다는 부드러운 代替의 生産函數를 展開한 것이다.

Solow가 주장하는 다른 하나는 集計의 生産函數(the aggregate production function)를 들게 된다. 그는 단순한 社會的 生産函數(a single production function for society)를 計量

8) Wicksell, J.G.K.; *Lectures on Political Economy*, (1906) Vol. I, pp. 101~133.

9) Cobb, C.W. & Douglas, P.H.; "A Theory of Production," *Amer. Eco. Rev.*, Vol. 18, (1928).  
Douglas, P.H.; *A Theory of Wages*, (1934) 「Are There Laws of Production?」 參照

10) Walras, M.E.L.; *Eléments d'économie politique pure*, 1874~77. Leontief, W.W.; *The Structure of American Economy*, 1919~1939, (1951) 특히 Part II, (pp. 33~65) 參照 K  
生産係數中心의 勞動과 資本의 完全補完의인 生産函數는 그림과 같이 生産曲線은 L字型이 된다.

11) Chenery, H.B.; "Engineering Production Function," *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 63, 1949. "Process and Production Function from Engineering Data" *Studies in the Structure of the American Economy* <W.W. Leontief and others> Chapter 8, (pp. 297~325).

12) Samuelson, P.A.; "Parable and Realism in Capital Theory: The Surrogate Production Function" *Review of Economic Studies*, Vol. 29, 1962.

Solow, R. M.; "Heterogeneous Capital and Smooth Production Function: An Experimental Study," *Econometrica*, Vol. 31, 1963.

13) SMAC model은 R.M. Solow, B.S. Minhas, K.J. Arrow, H.B. Chenery의 生産函數型을 뜻한다. 그런데 CES <Constant Elasticity of Substitution> Production Function은, 生産要素가 서로 完全히 補完의이어서 要素間의 代替彈力性이 零으로 될 경우는 固定係數型生産函數가 되고 要素間의 代替彈力性이 1로 될 경우에는 Cobb-Douglas型의 生産函數가 될 수 있다. 따라서 CES 生産函數는 이들 要素間의 代替關係가 가장 一般의이라 볼 수 있는 生産函數라 하겠다. 이 函數는 다음 論文에서 찾아볼 수 있다. 즉 Arrow, K.J.; Chenery, H.B. Minhas, B.S., and Solow, R.M.; "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. XLIII, 1961. 參照

14) Solow, R.M.; "Substitution and Fixed Proportion in the Theory of Capital", *Review of Economic Studies*, Vol. 29, 1962. 參照

의으로 推定하게 되었는데 여기서 Douglas 型의 中立的 技術進步要素를 推計한 것이다<sup>15)</sup>. 그가 말하는 技術의 中立性이란 同一한 勞動生産性を 基準으로 하여 技術이 進步된다고 보면 이런 技術進步로 말미암아 資本의 限界生産力과 資本의 平均生産力이 同率로 增加하게 되어지는 것으로 보았다. 따라서 이와같은 技術進步를 Solow 의 中立性(Solow Neutrality)이라고 日本의 荒憲治郎教授는 말했다<sup>16)</sup>.

사실 中立的 技術進步는 資本의 限界生産力을 資本利潤率과 同等하게 했을 경우 所得分配率은 不變으로 유지하는 技術進步를 뜻하게 된다. 그런데 대부분의 사람들은 發明<技術의 變化>의 要素財의 分配에 別한 影響을 주지 않는것을 中立的이라 말한다. 역시 J.R. Hicks 도 이런 식의 定義에 同意하고 있다<sup>17)</sup>.

前者인 Solow 의 異質的 資本概念에 관한 代替的 生産函數는 資本理論을 微視的인 資源配分の 기초이론으로 삼는 것이라 하겠다. 그리하여 이를 價格理論과 연결시키고 있는 것이다. 이와 달리 後者인 Solow 의 集計的 生産函數의 推計는 資本理論이 貯蓄과 投資의 行動要因의 分析에 有效한 것이라 보았고 따라서 이런 식의 分析은 現實的 經濟量을 다루는데 극히 有效한 것이라 보아진다.

우리는 Solow 의 理論分析을 살펴볼 때 生産函數는 두갈래로 나누어 생각되어진다. 즉 하나는 巨視的 生産函數<集計的 生産函數>의 理論이고 다른 하나는 微視的 生産函數<代替的 生産函數>의 理論이다.

그러나 最近에 와서 生産函數는 資本理論의 發展에 따라서 전통적인 限界生産力說에 기초를 두고 展開하는 代替的 生産函數를 많이 쓰게 된다. 그런데 여기서 또 하나의 새로운 사실은 종래의 分配論에서 볼 수 있는 바 要素財(勞動・資本 또는 土地)의 同格的인 代替를 하지 않고 資本의 技術的 代替를 하고 있음을 엿볼 수 있다.

이런 뜻으로 우리는 生産函數에 관한 理論分析을 Douglas 型和 CES 型으로 나누어 살펴볼 수 있을 것이다.

## § 1. Cobb-Douglas型 生産函數

經濟學에서 古典的인 生産函數는 Cobb-Douglas(C-D)의 生産函數라 할 수 있다. 이 函數의 매력적인 一面은 比단 單純하다는데만 있는 것이 아니고 理解하기에 쉽고 應用하기에 便宜하다는데 있는 것이다. 따라서 C-D 生産函數는 바람직한 新古典的인 諸資産(neoclassical properties)<sup>18)</sup>을 지니고 있음을 우리는 알 수 있다.

15) Solow, R.M; "Technological Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, 1957,

Solow 의 中立性에 관한 定義는 그 스스로가 밝힌 것은 아니다. 生産函數에 관한 Solow 의 생각은 純粹한 資本增大에 따르는 技術進步를 前提한 바 있다. 이른 뜻으로 우리는 Solow를 말하여 中立的이라 부르게 되지만 그가 純粹하게 資本增大에 의한 技術進步를 前提하는 까닭은 다음에 있다. 즉 技術進步의 效果는 주로 資本蓄積에 의해서 媒介되어지고 具體化되어지기 때문이다. 그러나 한편 資本蓄積이나 新規勞動力이 없는데도 不拘하고 技術進步의 效果가 發生하는 경우를 「具體化되지 않는 技術進步」(disembodied technical progress)라 한다. 이와 달리 Solow 式의 資本蓄積에 따르는 技術進步의 效果를 「具體化되어지는 技術進步」(embodied technical progress)라 한다.

16) 荒憲治郎, 「技術進步의 中立性」, <一橋論叢> 1966年 1月號, p. 107, 參照

17) Hicks, J.R; "All agree that an invention(a change in technology) is neutral if it leaves factor-shares unaffected-on some 'other things being equal' condition....." *Capital and Growth*, 1965 p. 180.

18) Brown, M; *On the Theory and Measurement of Technological Change*, 1966, p.29 參照

이 函數는 Paul H. Douglas의 提議에 따라 1899年에서 1922年까지의 美國製造業에 投入되고 있는 固定資本의 總指數와 雇傭되고 있는 勞動者指數를 推計하고 製造業의 物量의 產出指數를 對數表化한데서 비롯되었다. 당시 P.H. Douglas는 Amherst College에 있었는데 그의 親舊 Charles W. Cobb에게 권유하여 1899~1922年間의 生産量에 관한 勞動과 資本의 相對의 效果를 測定하려는 法式(formula)을 研究하게 되었다. 이 두 사람은 P.H. Wicksteed의 分析<sup>19)</sup>에 興味를 갖게 되고 특히 C.W. Cobb는 오이라定理(the Euler theorem)의 理論的 背景에 깊은 조예를 갖고 있었다. 그의 말에 따르면 勞動과 資本의 指數(exponents)의 合計가 法式上으로는 1 (unity)과 같다고 한다<sup>20)</sup>. 그 式은 다음과 같이 展開된다.

$$P = bL^k C^{1-k} \quad (21)$$

여기서 P는 生産量 L은 勞動投入量 C는 資本投入量 k는 勞動의 生産에 대한 彈力性(指數)  $1-k$ 는 資本의 生産에 대한 彈力性(指數)이라 한다. 다시 말하면 資本과 勞動이 投入되어 生産量을 얼마만큼 增加시키는가를 밝히는 變數라 하겠는데 이것을 技術變數라 볼 수도 있다. b는 構造 parameter(技術狀態를 나타내는 定數)이다. 여기서 C.W. Cobb와 P.H. Douglas는 1899年에서 1922年까지의 美國産業指數를 調査한 結果 勞動指數  $k=0.75$ 를 推計한 바 있다. 따라서 資本指數의 價値는  $0.25(1-k)$ 가 되는 셈이다. 이들 數値를 函數式에 적용시켜 理論의 各年度마다의 生産量을 推定하게 되었다. 그런데 實際로 產出한 生産量은 理論의 推定한 生産量과 크게 차이가 생기지는 아니하여 1年間에 불과 11%를 넘지 못했던 것이다. 다만 美國의 經濟가 繁榮하는 數年間에는 實際 生産量이 理論의 推定量보다 넘어서고 있었으며 沈滯된 年度에도 理論의 推定量보다 떨어졌다는 것을 생각은 했다. 그러나 1918年과 1919年の 戰爭時를 除外하고는 各年度마다 이와같은 차이가 생기기는 했다. 그렇기마는 이들 Cobb와 Douglas는 正常的인 經濟狀態에서는 그들의 生産函數式이 一般的 妥當性을 갖는것을 거듭 證明함으로서 이상과 같은 약간의 偏差(deviation)를 고려한바 있다. 이 사실에서 다른 하나의 確실한 證據를 포착했는데 그것은 完全競爭下에서 C-D 生産函數式을 살펴보면 勞動과 資本이 生産量을 증가시키게 되는 몫으로서 各指數 k와  $1-k$ 의 比率를 발견할 수 있을 것으로 보았다. the National Bureau of Economic Research의 所得分析을 보면 1909~1918年の 10年間의 製造業 生産物의 純價値에 대한 勞動의 몫(share)이 74.1%로 推定되고 이것은 勞動의 生産에 대한 指數值(value of the exponent for labour)로서 보여진다<sup>21)</sup>. Cobb와 Douglas는 이 計測值의 結果를 1928년에 美國經濟學會誌<sup>22)</sup>에 發表한 바 있다. Cobb는 1890~1926年間 마사쥬셋츠의 製造業의 勞動指數, 資本指數 및 生産指數를 計測한 바 있는데 이때 k의 値가 0.743으로 推計했다. 그런데 이때의 平均純生産物價値

19) “..., in 1894, the extraordinarily gifted Philip Wicksteed showed in his pathbreaking little essay, *The Coordination of the Laws of Distribution*, that if production were characterized by a homogeneous linear function of the first degree...” <P.H. Douglas: *A Theory of Wages*, 1934, —Are There Laws of Production?—p.3 에서>

20) Douglas, P.H; *A Theory of Wages*, 1934, <Are There Laws of Production?> p.6 參照

21) Paul H. Douglas는 그의 「賃金理論」<*A Theory of Wages*, 1934>에서 生産函數를  $P = bL^k C^{1-k}$  式으로서 展開하고,  $P = 101L^{0.75}C^{0.25}$ 로 본 것이다. Cobb-Douglas가 생각하는 基本思想은  $K + (1-K) = 1$ 로서 결국  $0.75 + 0.25 = 1$ 이 되어지는 것을 밝히고 있을 뿐이다. 그러나 사실은  $K + (1-K) = 1$ 이 되는 경우보다  $K + (1-K) > 1$ 일 경우와  $K + (1-K) < 1$ 이 되는 경우가 많다. 즉 收益遞增이나 遞減의 事例가 많다는 것을 지적할 수 있다.

22) Douglas, P.H; 前掲書 p.7

23) Cobb, C.W. & Douglas, P.H; “*A Theory of Production*”, *American Economic Review*, Suppl., Vol. XVIII(Mar., 1928) pp. 139~65,

에 관한 勞動의 몫(average of labor's share)은 平均 0.74가 되는 것을 알게 되었다. 한편 Douglas의 「賃金理論」(1934)<sup>24)</sup>이 발표된 3年後에 그는 Mrs. Marjorie Handsaker의 도움을 받아서 時系列分析을 하고 1907~1929年間の 澳洲의 Victorian 製造業의 資料를 정리한 결과 生産函數의  $k$ 의 値가 0.71이 되는 것을 알았다<sup>25)</sup>. 그런데 이 時期에 있어서 純生産物의 勞動의 몫, 즉  $W/P$ 가 0.61이 되는것도 알게 되었다<sup>26)</sup>.

한편 Cobb와 Douglas의 生産函數에서  $k+(1-k)=1$ 을 생각하는 것은 一次同次性만을 가정하게 되고 만약 收益遞増일 경우와 收益遞減의 경우에는 成立하기 어렵다고 David Durand는 보았다. 그래서 그는  $1-k$ 를  $j$ 로 바꾸어<sup>27)</sup> C-D 生産函數를 다음과 같이 약간 修正하여 展開하게 되었다. 즉,

$$P=bL^kC^j$$

그는 여기서  $k+j=1$ 이 C-D 生産函數의 一次同次性을 나타내어 收益不變을 論證하고  $k+j>1$ 일 경우는 收益遞増을 그리고  $k+j<1$ 은 收益遞減을 論證하게 된 것이다. 지금까지의 이들 分析은 주로 時系列에만 국한된 것으로서 一定한 經濟規模로서 各年度間의 勞動, 資本, 生産量의 指數로 부터 計測值(value of exponents)를 發見한 것이다. 여기서 古典型의 生産力遞減曲線에 따르는 勞動과 資本의 投入量變化가 總生産量에 미치는 效果를 測定하게 된 것이라 하겠다. 그리고 최근 生産函數는 時系列(time-series) 計測도 하게 되지만 特殊年度間의 一定한 經濟內産業間의 橫斷面(cross-section) 또는 産業間(inter-industry) 分析도 하게 되었다. 이를테면 英聯邦(英國自體의 生産 센사스는 除外하고)의 每年 製造業의 統計나 1921年에서 시작하여 美國製造業에 관한 10年마다 또는 5年마다 하는 製造業 센사스는 그것이 推計 가능한 廣範한 各産業간의 集計値를 推計하게 된 것이다. 가령 勞動量集計에 있어서는 雇傭되어지는 平均勞動者의 總量을 잡는데 여기에는 賃金勞動者(wage earners), 俸給者(clerical and salaried employees), 公務員(officials) 및 一般企業人과 自營所得者(working proprietors)가 包含된다. 그리고 資本總量은 固定資本과 流動資本을 包含한 貨幣價値로서 표시한다. 生産總量은 貨幣價値로 表示된 製造業의 生産純附加價値의 集計를 사용하게 되었다.

이러한 分析에 있어서 産業間의 純價値生産量의 차이는 總雇傭量과 總資本量의 函數로서 推定한 것이다. 이것은 分明히 時系列에 따르는 얼마간 相異한 生産函數나 볼 수 있다. 美國製造業 1899~1922年間の 時系列分析과 1889, 1899, 1904, 1909, 1914, 1919年의 6個年 部門의 橫斷面(産業聯關面) 推計值<sup>28)</sup>은 C-D 函數에 의하면 時系列의  $k$  値가 0.75, 0.90, 0.76, 0.69이고 橫斷値는 0.53, 0.66, 0.68, 0.66, 0.63, 0.75로 되어 있다. 그리고 한편 1923, 1927, 1935, 1937年의 4個年間 Canada를 包含한 英聯邦의 産業間橫斷分析值<sup>29)</sup>은 C-D 函數에 의한  $k$ 의 値가 0.52, 0.48, 0.48, 0.42로 推計되어지고 있음을 엿볼 수 있다.

그런데 Australia에 있어서의 두갈래 時系列値와 8개의 cross-section 分析을 보면 時系列에서 Victoria에서는 D.Durand model  $P=bL^kC^j$ 에 의하여  $k=0.84$ ,  $j=0.23$ 이고 C-D 函數에서는  $k=0.71$ 이 되고 있다. New South Wales에서는  $k=0.78$ ,  $j=0.20$ 이 되고, C-D

24) Douglas, P.H; *The Theory of Wages*, 1934, pp. 159-66.

25) Handsaker, M. and Douglas, P.H; "The Theory of Marginal Productivity as Tested by Data for Manufacturing in Victoria," *Quarterly Journal of Economics*, Vols. LII and LIII (Nov., 1937 and Feb. 1938), pp. 1-36 and 215-54.

26) Douglas, P.H; *A Theory of Wages*, 1934, p. 7. 參照

27) Durand, D; "Some Thoughts on Marginal Productivity with Special Reference to Professor Douglas' Analysis," *Journal of Political Economy*, Vol. XLV (Dec., 1937), pp. 740-58.

model 로서는  $k=0.86$ 로 推計되었다. 그리고 8개 橫斷分析(聯關分析)에서는 Durand model 에 의하여 推計된  $k$  値는 0.52, 0.53, 0.59, 0.64, 0.49, 0.74, 0.62, 0.59, 0.65이고, C—D model 의  $k$  値는 0.52, 0.52, 0.64, 0.64, 0.50, 0.75, 0.61, 0.60, 0.66이 推計되고 있다<sup>30)</sup>.

28)

1889~1922 美國製造業의 生産函數推計値

年 度	$P=bL^kC^j$						$P=bL^kC^{1-k}$	
	k	$\sigma k$	j	$\sigma j$	k+j	b	k	$\sigma k$
A. 時系列分析								
系列Ⅰ 1899~1922	.81	± .15	.23	± .06	1.04	.84	.75	± .04
系列Ⅱ 1899~1922	.78	± .14	.15	± .08	.93	1.38	.90	± .04
系列Ⅲ 1899~1922	.73	± .12	.25	± .05	.98	1.12	.76	± .04
系列Ⅳ 1899~1922	.63	± .15	.30	± .05	.93	1.35	.69	± .05
B. 全産業의 橫斷面 또는 聯關分析								
年 勞働者(N)								
1889 363	.51	± .03	.43	± .03	.94	58.34	.53	± .03
1899 332	.62	± .02	.33	± .02	.95	106.43	.66	± .02
1904 336	.65	± .02	.31	± .02	.96	107.40	.68	± .21
1909 258	.63	± .02	.34	± .02	.97	90.99	.66	± .02
1914 340	.61	± .03	.37	± .02	.98	81.66	.63	± .02
1919 556	.76	± .02	.25	± .02	1.01	244.21	.75	± .02
平 均 値	.63		.34		.97		.65	

<P.H. Douglas, *A Theory of Wages*, 1934, p.12>

29)

英聯邦(New Zealand, Canada, 및 South Africa)의 製造業의 生産函數値

年 度	N	P=bL <sup>k</sup> C <sup>j</sup>						P=bL <sup>k</sup> C <sup>1-k</sup>	
		k	σk	j	σj	k+j	b	k	σk
A. 時系列分析									
New Zealand (Brown) 1915~16 1918~35	18	0.42	±0.11	0.49	±0.03	0.91	2.03	0.51	±0.03
New Zealand (Williams) 1923~40	18	—	—	—	—	—	—	0.54	±0.02
B. 産業横斷 또는 聯關 分析									
South, Africa (Brown) 1937~38	17	0.66	±0.08	0.32	±0.08	0.98	54.48	—	—
South Africa 1937~38	85	0.65	—	0.37	±0.08	1.02	55.25	—	—
Canada 1923	167	0.48	±0.04	0.48	±0.04	0.96	48.53	0.52	±0.04
Canada 1927	163	0.46	±0.04	0.52	±0.04	0.98	33.04	0.48	±0.04
Canada 1935	165	0.50	±0.04	0.52	±0.04	1.02	22.23	0.48	±0.04
Canada 1937	164	0.43	±0.04	0.58	±0.04	1.01	15.42	0.42	±0.04
New Zealand 1938~39 (Williams)	61	0.46	—	0.51	—	0.97	0.73	—	—

<P.H. Douglas, *A Theory of Wages*, 1934, p. 18>

## § 2. Cobb-Douglas 型の 古典的 資産

C—D 型 生産函數는 D. Durand 以後 그 型을 약간 바꾸어  $X=AL^{\alpha}K^{\beta}$  로 展開하고 있다. 여기서  $X$  는 生産量인데 때때로 우리의 計測例에서는 附加價値의 合計를 나타내게 된다.  $A$  와  $\alpha, \beta$  는 技術狀態를 表示하는 定數라 볼 수 있는데 이중 특히  $\alpha$  는 앞서 Douglas model 에서 説明한바 있지만 勞動의 生産彈力性을 나타낸다. 그리고  $\beta$  는 資本의 生産彈力性이 되는 것이다. 그런데 이  $\alpha, \beta$  는 때때로  $\alpha \geq 0, \beta \geq 0$  의 數値로 推計될 수도 있을 것이다.

C—D model 에서는 生産規模에서 그 收益이 일정한 比率로 變하게 되는 것으로 보아 同次原理에 따를 것이라 하여  $\alpha + \beta = 1$  이라 했다. 그러나 現實經濟에서 多角度로 分析하고 計測한 결과 産業規模에 따르는 收益性이 1보다 클 경우도 있고, 적을 경우도 많았다. 따라서 이 函數를 살피는 우리에게 C—D model 는 D. Durand 에서처럼 약간의 修正을 필요로 했고 資本의 몫(share)이 점차 커지고 있다는 사실도 알 수 있었다.

이와같은 觀點에서 指數를 推計하다 보면  $\alpha + \beta < 1$  인 경우와  $\alpha + \beta > 1$  인 경우가 實例로 되는데 전자가 收益遞減 후자가 收益遞增을 보이고 있다는 것을 알수있다. 이상의 C—D 生産 函數를 勞動  $L$  에 관해서 偏微分하면  $\alpha = \frac{\partial X}{\partial L} \cdot \frac{L}{X}$  를 얻게 되고 資本  $K$  에 관하여 偏微分하게 되면  $\beta = \frac{\partial X}{\partial K} \cdot \frac{K}{X}$  를 얻게 될 것이다.

그런데 만약 完全競爭을 전제로 하는 市場經濟에서 살펴보면 P.H. Wicksteed, K. Wicksell 및 J.B. Clark 등의 限界生産力說에 따라 賃金은 勞動의 限界生産力에 同等하다는 命題 즉,

30) 瀋洲의 製造業에 관한 生産函數値									
年 度	N	P=bL <sup>α</sup> C <sup>β</sup>						P=bL <sup>α</sup> C <sup>1-α</sup>	
		k	σk	j	σj	k+j	b	k	σk
A. 時 系 列									
Victoria 1907~29	22	0.84	±0.34	0.23	±0.17	1.07	0.71	0.71	±0.07
New South Wales 1901~27	26	0.78	±0.12	0.20	±0.08	0.98	1.14	0.86	±0.05
B. 横斷分析(聯關分析)									
Australia 1912	85	0.52	±0.05	0.47	±0.05	0.99	15.87	0.52	±0.04
Australia 1922~23	87	0.53	±0.05	0.49	±0.05	1.02	16.49	0.52	±0.05
Australia 1926~27	85	0.59	±0.05	0.34	±0.04	0.93	77.26	0.64	±0.05
Australia 1934~35	138	0.64	±0.04	0.36	±0.04	1.00	39.79	0.64	±0.04
Australia 1936~37	87	0.49	±0.04	0.49	±0.04	0.98	21.57	0.50	±0.04
Victoria 1910~11	34	0.74	±0.08	0.25	±0.11	0.99	42.87	0.75	±0.08
Victoria 1923~24	38	0.62	±0.08	0.31	±0.10	0.93	96.93	0.61	±0.08
Victoria 1927~28	35	0.59	±0.07	0.27	±0.09	0.86	207.49	0.60	±0.05
New South Wales 1933~34	125	0.65	±0.04	0.34	±0.03	0.99	53.70	0.66	±0.03
Average all Commonwealth and state studies		0.60		0.37		0.97		0.60	
Average Commonwealth studies only		0.55		0.43		0.98		0.56	
Average state studies only		0.65		0.29		0.94		0.66	



$w = \frac{\partial X}{\partial L}$  가 될 것이다. 그리고 資本의 限界生産力( $\frac{\partial X}{\partial K}$ )은 利子( $r$ )와 같아진다. 즉  $r = \frac{\partial X}{\partial K}$ 로 표시된다.

그렇다면 위에 전개한  $\alpha = \frac{\partial X}{\partial L} \cdot \frac{L}{X}$ 는  $\alpha = w \cdot \frac{L}{X}$ 로 바꾸어 쓸 수 있고  $\beta = \frac{\partial X}{\partial K} \cdot \frac{K}{X}$ 는  $\beta = r \cdot \frac{K}{X}$ 로 바꾸어 쓸 수 있을 것이다.

이렇게 보면  $\alpha$ 는 附加價值( $X$ )에서 차지하는 勞動( $L$ )의 分配分(share)이고  $\beta$ 는 附加價值( $X$ )에서 차지하는 資本( $K$ )의 分配分(share)이 되어진다고 볼 수 있다.

限界原理를 기초로 하여 展開하는 限界生産力說은 C—D 生産函數에서 集約되어 說明될 수 있는 것으로 보아 확실히 C—D 型은 古典的인 一面을 갖고 있는 것이다. 여기서 발전한 現代的 型으로서 우리는 CES 型的 生産函數가 전개 되어 지는 것을 찾을 수 있을 것이다.

### § 3. CES 生産函數의 性格

固定代替彈性性(constant elasticity of substitution) 生産函數는 Hollis B. Chenery와 Bogicha S. Minhas, Kenneth J. Arrow 및 Robert. M. Solow의 一派와 Murray Brown과 John S. de Coni의 一派에 의해서 展開된 것이다<sup>31)</sup>. 生産函數가 生産要素의 投入量과 產出量과의 사이에서 일어나는 技術的 關係라고 보면 그 理論的 誘導는 첫째 어떤 特定産業에 投入되는 勞動單位 附加價值額이 賃金率에 따라서 産業間에 變化하게 되는 經驗的 事實에서 출발한다. 이는 사실 國際間的 比較 data에서 시작되는 것이라 하겠다.

여기서 만약 生産要素인 資本量과 勞動量간에서 서로의 代替彈性性이 1이라고 보면 所得의 相對的 比率는 賃金率에 비추어 一定하지 않을 수 없다. 그러나 만약 任意로 勞動의 生産性과 賃金率간의 回歸 parameter가 1과 같지 않을 경우에는 代替彈性性이 1이 되지 않는 結論도 얻을 수 있을 것이다. 다시 말하면 生産函數에 있어서 勞動과 資本의 代替彈性性이란 勞動의 限界生産力에 대한 資本의 限界生産力の 比率(完全競爭下에서는 결국 實質賃金率을 資本利潤率로서 나눈 것)이 1%의 變化를 일으킬 때 必要한 資本에 대한 勞動比率의 變化率인데 이것이 1인 경우도 있고 그렇지 않은 경우도 있다는 사실이다.

이런 사실을 간단히 추려보면 이 函數의 性質은

첫째: 同次函數라는 것

둘째: 資本과 勞動간에는 일정한 代替彈性性(constant elasticity of substitution)이라는 것

셋째: 서로 다른 産業間에는 要素代替의 彈性性이 변한다는 것<sup>32)</sup> 등을 지적할 수 있겠다.

우리가 經濟學에서 다루었던 종래의 生産函數는 Walras, Leontief, Harrod 및 Domar에 의한 固定的 生産函數와 Cobb-Douglas에 의한 代替의 生産函數였다. 그런데 지금에 와서는 이 두가지 古典的型에서 약간 발전된 固定代替型的 生産函數가 탄생한 셈이다. 따라서 CES 生産函數는 이상의 二典에서 誘導되어진 것이라 하겠다<sup>33)</sup>.

Walras-Leontief-Harrod-Domar 型的 固定的 生産函數에서 보면 產出量과 生産要素의 投入量간에 固定的 生産係數를 가정하여 產出量 1單位當 必要한 資本이나 勞動을 각 a와 b로 놓

31) Brown, M; *On the Theory and Measurement of Technological Change*, 1966. pp. 43~44.

32) Arrow, K.J., Chenery, H.B; Minhas, B.S; and Solow, R.M; "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency," *The Review of Economics and Statistics*, August 1961. pp. 225~226.

33) Arrow, K.J., Chenery, H. B., Minhas, B.S., and Solow, R.M; "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency,"의 論文 p.225 參照

으면  $a$ 와  $b$ 가 產出量  $Y$ 를 規制하는 것으로서 이와 같은 關係式을 制限的 生産函數 (limitational production function)라 부른다. 즉,

$$Y = \min \left[ \frac{K}{a}, \frac{L}{b} \right]$$

한편 Cobb-Douglas 型的 代替的 生産函數를 CES型에 비추어 본 關係式은

$$Y = \gamma K^{\delta} L^{1-\delta}$$

로 展開되어지고 여기서  $\delta > 0$ 이고  $0 < \delta < 1$ 라는 관계에 있다.

이상 二典型은 어느 것이나 生産要素間的 代替性이라는 側面에서 살펴보면 特殊한 型이라 볼 수 있다. 결국 等生産量曲線(isoquant curve)에 따라서 生産要素의 代替彈力性( $\sigma$ )를 보면 다음과 같이 될 것이다. 여기서  $w$ 를 勞動의 限界生産力이 資本의 그것에 대한 比率이라 한다.

$$\sigma = \frac{d\left(\frac{K}{L}\right)}{\frac{K}{L}} \cdot \frac{dw}{w}$$

이 식에서 보는 生産要素의 代替彈力性  $\sigma$ 는 0과 1에 同等하다는 것이다. 이처럼 要素의 代替彈力性이 0과 1에 같아진다고 보는 것이 Walras-Leontief-Harrod-Domar 型的 固定的 生産函數 및 Cobb-Douglas 型的 代替的 生産函數가 가지는 特徵이라 하겠다.

여기에 대하여 Solow, Minhas, Arrow 및 Chenery 같은 學者에 의해서 展開되는 固定代替型生産函數는 勞動의 生産性和 賃金과의 關係를 國際間에 比較함으로써 任意의 非負의 一定한 値를 나타내는 代替의 彈力性을 갖는 이른바 固定代替彈力性(constant elasticity of substitution) 生産函數가 되는 것이다. 이것은 다음과 같은 關係式으로 전개 될 것이다.

$$Y = \gamma [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \quad (34)$$

여기서  $\gamma$ 는 技術係數(efficiency parameter),  $\delta$ 는 分配係數(distribution parameter) 및  $\rho$ 는 代替係數(substitution parameter)이다.  $Y$ 는  $K, L$ 이 다같이 0이 아닌 限正值가 된다. 여기서 限界生産力은 正值로서 遞減的으로 되기 때문에

$$\gamma > 0, \quad 0 < \delta < 1, \quad \rho + 1 > 0$$

이 되지 않을 수 없다. 여기서  $\gamma$  이외의 parameter 및 變數를 一定하게 하면 產出量은  $\gamma$ 에 依存한다.  $\gamma$ 가 增加하면 同一한 資本과 勞動의 投入에 의해서 보다 많은 產出量이 얻어진다. 이런 의미로  $\gamma$ 를 效率 parameter라 부른다. 한편 要素市場에서 完全競爭을 가정하게 되면 賃金率  $w$ 은 勞動의 限界生産力에 同等하게 되고 利率  $r$ 은 資本의 限界生産力에 同等하다. 그렇기 때문에 勞動과 資本의 相對的 몫은 다음 關係式으로 표시될 것이다.

$$\frac{wL}{rK} = \frac{1-\delta}{\delta} \left( \frac{K}{L} \right)^{\rho}$$

여기서  $\frac{K}{L}$ 나  $\rho$ 가 一定할 때 相對的 몫은  $\delta$  値에 依存하게 된다. 따라서  $\delta$ 는 分配 parameter라 부른다.  $\delta, \rho$  및  $\frac{K}{L}$ 가 一定하게 되면 相對的 몫도 一定하게 된다. 그리고 代替의 彈力性  $\sigma$ 와  $\rho$ 와의 사이에는 다음과 같은 關係式이 成立하게 될 것이다.

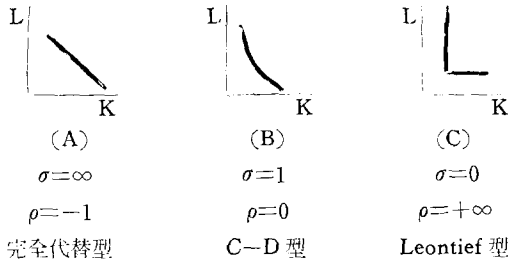
$$\sigma = \frac{1}{1+\rho}$$

따라서  $\rho$ 는 여기서 代替 parameter가 되는 것이다.  $\rho$ 는  $-1$ 과  $+\infty$ 와의 사이에서 任意

의 값을 갖게 될 것이다. 만약 이 관계에서  $\rho$ 가 0이 되면  $\sigma=1$ 이 되기 때문에 Cobb-Douglas 函數에서 볼 수 있는 代替彈力性은 1이 되어 同次性을 갖게 된다<sup>35)</sup>.

결국  $\sigma = \frac{1}{1+\rho}$ 에서  $\rho$ 의 値가 不變일것 같으면  $\sigma$ 의 값도 不變으로 될것이다. 이런 意味에서 생각하면 SMAC model 인 CES 生産函數는 固定代替彈力性(Constant Elasticity of Substitution)의 性質을 지니고 있다는 것을 알 수 있다.

여기서 代替 parameter  $\rho$ 가 等產出量曲線에서  $-1$ 에서  $+\infty$ 까지 變化하게 되면 각각 (A) (B)(C)와 같은 型을 얻을 수 있을 것이다.



CES 型의 生産函數는 技術係數( $\gamma$ ) 分配係數( $\delta$ ) 및 代替係數( $\rho$ )의 세가지 parameter를 갖는 非線型의 生産函數이다. 그런데 이 函數를  $Y, K, L$ 의 3變量間에서 직접적으로 推定하기에는 data關係上 또는 函數의 非線型性으로 말미암아 計算技術面에서 어려운 점이 없지않다. 그러나 勞動生産性과 賃金, 또는 國際比較에 의한 要素利用과 相對的 要素價格에 관한 data에서 間接的으로 推定되어질 것이다. 이렇게 되면 勞動과 資本의 代替彈力性値가 거의 0과 1사이에 있게되고 技術係數( $\gamma$ )는 國際間에서 달라진다. 그러나 代替係數( $\beta$ )와 分配係數( $\delta$ )는 産業을 固定시켰을 경우 國際間에 거의 一定하다고 하는 결과를 얻을 수 있다.

이와같은 CES 函數가 意味하는바는 일반적으로 生産要素間의 代替彈力性을 Leontief 型에서처럼 0을 잡는가 또는 C-D 型에서처럼 1을 잡는가의 選擇은 函數의 統計的 推定에서 보면 극히 便利한 點도 있기는 하지만 資本과 勞動을 代替시키는데는 制約된 결론을 도출하기도 하고 非現實的인 面도 없지 않다. 하지만 産業에 따라서는 技術的으로 要素代替가 달라지기 때문에 固定係數型의 生産函數(Leontief)와 代替係數型의 C-D 生産函數가 理論體系에 포섭되어진다고 하는 有效性도 없지 않다.

生産要素間에서 代替彈力性이라는 개념은 技術的으로 문제시되는 經濟現象이라 할지라도

35) CES 生産函數  $Y = \gamma[\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$ 에서 代替 parameter  $\rho$ 가 0이 되면 Cobb-Douglas 函數

와 一致한다. 즉, 兩邊을 對數로서 볼면,

$$\log Y = \log \gamma - \frac{1}{\rho} \log [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]$$

$$\log Y - \log \gamma = - \frac{\log [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]}{\rho}$$

여기서  $\rho=0$ 이라면  $\log [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}] \approx 0$  이 되므로,

$$\lim_{\rho \rightarrow 0} (\log Y - \log \gamma) = - \lim_{\rho \rightarrow 0} \frac{\log [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]}{\rho} = - \frac{d \log [\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}]}{d \rho} \Big|_{\rho=0}$$

$$= - \frac{\delta K^{-\rho} \log K + (1-\delta)L^{-\rho} \log L}{\delta K^{-\rho} + (1-\delta)L^{-\rho}} \Big|_{\rho=0}$$

$$= \delta \log K + (1-\delta) \log L$$

여기에서  $\rho=0$ 인 경우

$$\log Y - \log \gamma = \delta \log K + (1-\delta) \log L$$

故로,  $Y = \gamma K^{\delta} L^{1-\delta}$ 가 된다.

(與口孝二, C.E.S. 生産函數 <經濟成長と産業構造> p.153 參照)

간단히 처리할 수도 있다. 그러나 代替彈力性이 產業에 따라 固有한 數値를 가지면 要素相對價格의 變化가 要素集約도에 미치는 영향은 產業에 따라 달라지게 될 것이다. 이처럼 函數의 性質을 인식하게 되면 生産要素의 配分에서 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다. 즉

(1) 製造業에 있어서 要素代替彈力성은 SMAC 計測에 따르면 1 이하이지만 이것은 國民所得에서 급속히 증가하는 資本의 몫이 결국 低下하는 可能性이 있기도 한 것이다.

(2) 實質賃金이 증가함에 따라 勞動의 몫이 上昇하는 것은 資本의 集約化 즉 資本의 몫이 上昇함에 따라 그 영향이 減殺되어진다.

(3) 代替彈力性이 높은 產業 이룰데면 金屬鑛業이나 石炭製品 및 非鐵金屬은 要素相對價格이 變化할 경우에 要素集約도를 손쉽게 바꿀 수 있다. 그러나 代替彈力性이 낮은 產業 이룰데면 衣服이나 皮革製品 및 個人서비스 등은 要素價格의 變化 다시말하면 賃金率의 上昇이 있더라도 要素集約도를 손쉽게 바꿀 수는 없는 것이다. 이 경우에는 부득이 生産量을 지속할 수 있는 雇傭量의 범위내에서 그칠 수 밖에 없다<sup>36)</sup>.

그런데 결국 CES 生産函數는 네가지 一般的인 制限을 받게 되는 것이다.

첫째로, 經濟規模의 經驗的 事實을 說明하는데 애매하다.

둘째로, 이 函數는  $n$  生産要素로서 一般化하기에는 어렵다.

셋째로, 資本과 勞動간의 代替彈力性이 相對的 要素投入에 대하여 변하지 않는다는 것을 가정하게 된다.

넷째로, CES 函數는 data 에 적용하기가 비교적 어렵다는 것이고 동시에 만약 상당한 注意를 기울이지 않으면 그중 한 parameter 를 설명할 수가 없다는 사실 등이다<sup>37)</sup>.

## II. 技術進步의 計測論

勞動과 資本의 潛在的 生産力이 國民總生産(附加價值)에 미치는 效果에 관한 定量的 分析은 오늘날 經濟成長政策에 유용한 도구로 되어 있다. 이 方法이 어느정도 유용한가에 관하여 異論이 없지 않다. 그러나 各 生産要素의 集計量과 總體產出量에 관한 時系列에서 巨視的 生産函數(또는 集計的 生産函數)에 의한 計測方法은 經濟成長의 定量的 分析의 중심과제가 되고 있다. 비록 이것은 要素投入量과 產出量과의 관계이지만 集計量간에 성립하는 技術的 關係 뿐만 아니라 經濟的 選擇結果도 반영되어야 할 것이다.

技術進步를 定量的으로 分析할 경우 앞에서 지적한바처럼 두가지 接近方法이 있다. 하나는 生産函數의 具體的 形을 미리 정해두고 그 係數의 推定值에서 技術進步를 定量化하는 方法인데 여기에는 生産函數의 具體的 形式의 選擇에 여러가지 어려움이 따르게 되고 동시에 偏向的 技術進步와 生産函數가 확인되기에는 強한 條件이 필요로 되는 것이다. 다른 하나는 定量的 分析 범위내에서 技術水準 및 그 變化를 표시하는데 時間的 函數를 代理變數로서 잡아야 한다. 그러므로 여기에는 具體的인 形式의 生産函數를 가정하지 않고 寄與率을 計測하는 것이 유리한 것이다.

따라서 生産函數의 구체적 형에 관한 論爭을 피하기 위해서 다음 세가지 假定을 세워둔다.

(1) 生産函數는 資本과 勞動의 生産要素에 관하여 代替的이고 規模收益이 不變하다는데 있다.

36) 齋藤昌二, 『生産函數의 統計的 分析과 生産構造』(日本經濟의 計量的 把握) p.123 參照

37) Brown, M; *On the Theory and Measurement of Technological Change*, 1966, p.62 參照

(2) 生産要素의 價格은 競争 市場을 거쳐서 결정된다.

(3) 技術進步는 J.R.Hicks 가 말하는 中立性을 다.

이상 세가지 문제 가운데 (1)은 投入要素를 勞動과 資本으로 잡는다. 勞動量(L)은 우리나라에서 1958年, 1960年, 1963年, 1966年度의 鑛工業센서스報告書中分類의 從業員數를 基準으로 하고 中間年度는 韓國産業銀行調査月報 鑛工業主要指標의 從業員數와 鑛工業統計調査報告書(1967)中分類의 從業員數를 잡았다. 그리고 資本量(K)은 韓銀經濟統計年報(1968)의 産業別 電力使用量을 잡고 여기서 빠진 産業部門은 鑛工業센서스의 電動機 및 原動機容量值를 잡았다.

産出量(Y)은 韓銀國民所得年報 1953~1967(1968)의 (3-6) 鑛業 및 採石業과 (3-7)製造業의 附加價値를 잡았다. 그리하여 L, K, Y의 時系列을 1958年에서 1967年까지의 10年間의 生産函數를 計測했다.

이상의 推計는 先驗的 根據에서가 아니고 原理的으로 모든것을 實證시키려 했다. 그러나 推計技術上的 問題로서 實證的으로 결정하기에 좁은 범위에 있었다. 그래서 生産函數를 統計的으로 計測하기 위해 同次化시키지 않을 수 없었다. 이 사실은 經濟規模가 産出量水準에 따라 同一하게 작용되겠끔 가정하기 때문이다. 여기서 심각한 制約은 代替彈力性과 技術進步의 偏向이 時系列 데이터에서 식별하기 어렵다는 점이다. 가령 두 時間사이 勞動分配率( $\alpha$ )이 변할 경우 代替彈力性은 1이 되어야 했기 때문이다.

한편 技術進步와 規模의 經濟效果를 時系列데이터에 따라 따로따로 計測하기는 어려운 것이다. 이것은 사실 生産要素의 一定한 比率增加에 따라 産出量이 그 이상 증가했다 할지라도 그것이 과연 技術進步에 의한 것인가, 그렇지 않으면 規模의 經濟性에 의한 것인가를 판별하기 어렵다는데 있다. 그러나 긴 時系列에서 보면 規模의 經濟性은 오래 지속되는 것이 아니기 때문에 문제시할 바 없는 것이다.

이상에서 살핀바처럼 生産函數의 性質에 관해서 選擇範圍는 극히 제한되기 때문에 收益不變과 中立의 技術進步를 가정하는 生産函數는 다음과 같다.

$$\textcircled{1} Y=A(t)f(L,K)$$

이 函數는 一次同次性이고 選擇의 여지는 生産要素간의 代替彈力性 1 이내다.

① 식을 t에 관하여 微分하고 양변을 Y로서 나눈다.

$$\textcircled{2} \frac{\Delta Y}{Y} = \frac{\Delta A}{A} + \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y} \cdot \frac{\Delta L}{L} + \frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y} \cdot \frac{\Delta K}{K}$$

$$\text{여기서} \quad \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y} = \alpha \cdots \cdots \text{勞動의 分配率}$$

$$\frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y} = \beta \cdots \cdots \text{資本의 分配率}$$

이상 展開되는 식에서  $\alpha + \beta = 1$ 로 가정하여  $\alpha, \beta$ 의 計測値가 결정되면 技術進步率은,

$$\frac{\Delta A}{A} = \frac{\Delta Y}{Y} - \alpha \frac{\Delta L}{L} - \beta \frac{\Delta K}{K}$$

로서 計算하게 된다.

여기서는 1의 代替彈力性이 전제로 되는데 이런 Residual method에 따라 計測한 대표적

學者는, R.M. Solow<sup>38)</sup>, R.R. Nelson<sup>39)</sup>, E.F. Denison<sup>40)</sup>이다. 本研究者도 이 方法에 따라서 韓國의 몇개 製造工業 및 鑛業의 技術進歩를 推計하러 한다.

이 計測方法은 R.M. Solow 가 사용한 計測式을 產業別로 適用하러 한다. 분명히 技術進歩는 未知의 要因으로 보아지고 따라서 非要素增加(non-factor augments)라 생각된다. 이는 Solow 式의 殘餘法(Residual method)에 통하는 말이다. 사실 生産函數는 M. Brown 이 말하듯 抽象的 技術(abstract technology)<sup>41)</sup>를 具體化하는 것으로 볼 수 밖에 없다. 技術을 生産에 있어서 未知의 要因으로 보는데서, ㉑ 規模의 經濟性, ㉒ 勞動의 質의 向上, ㉓ 資本의 質의 向上, ㉔ 生産要素配分の 變化를 포함하는 것으로 생각된다. 우리나라에 있어서는 ㉒의 勞動의 質의 向上이 현저하다고 보고 역시 外國으로부터의 新資本財導入으로 ㉓의 資本의 質의 向上이 심하다고 보지 않을 수 없다. 그런데 ㉑의 規模의 經濟性은 약한 것으로 생각한다. 그 까닭은 우리나라 製造業體는 國際單位에 미달한 것이 많고 또한 生産函數計測에 있어서도 資本의 몫과 勞動의 몫이 비교적 낮다는 점 등으로 規模의 經濟性은 찾아볼 수가 없는 것이다. 이 사실은 다른 면에서 보아 ㉑의 要素配分の 變化가 고르지 못하다는 것을 엿볼 수 있을 것이다.

이상의 計測論에 의거하여 우리나라 몇개 産業의 計測値를 놓고 살펴보기로 한다.

### Ⅲ. 韓國의 經濟成長率을 促進시킨 技術進歩寄與度の 測定

우리나라의 經濟成長率은 第2次産業에서 寄與한 比率이 높고 2次産業 가운데서도 製造工業의 成長率이 寄與한 率이 높다. 工業의 成長率은 勞動의 分配率도 있지만 資本貯量에 의한 相對的 貢獻度가 經濟成長에 강한 效果를 준것만은 사실이다. 그러나 한편 資本에 偏向된 非中立的 技術進歩가 經濟成長에 미친 寄與度도 적지 않다. 本論文에서는 生産函數의 同次性에서 技術進歩를 殘餘法에 따라 살펴본 것이다.

1958년부터 1967년까지의 10個年間の 時系列에 의한 時間的 函數로서 技術進歩를 살핀 것이다. 역시 産業은 中分類에 따라 ① 鑛業, ② 機械製造業, ③ 石油 및 石炭製品製造業, ④ 製材業 및 木製品製造業, ⑤ 化學 및 化學製品製造業, ⑥ 金屬製品製造業, ⑦ 고무製品製造業, ⑧ 纖維工業 및 ⑨ 食料品製造業을 對象으로 잡았다. 물론 이외의 産業도 數次 計測은 했으나 統計數値의 不備로  $\alpha$  値와  $\beta$  値가 算出되지 못하여 對象에서 제외한 것이 많다. 이상 9個産業部門도 韓國에서 入手될 수 있는 최대한의 統計値를 整備하여 推計해본 것이다. 그런데 C-D 函數型에 의하여 推計한 것이기 때문에 一次同次性을 전제로 했는데  $\alpha + \beta$  가 1로

38) Solow, R.M. "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Rev. Econ. Stat.*, Aug. 1957. 參照

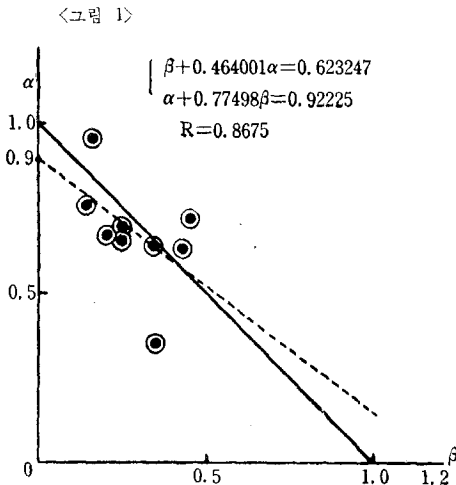
39) Nelson, R.R; "An Aggregate Production Functions and Medium-Range Growth Projections," *Amer. Econ. Rev. Sep.* 1964. 參照

40) Denison, E.F; *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives before Us*, No. 13, C.E.D., 1962. 參照

41) Brown, M; *On the Theory and Measurement of Technological Change*, (1966) p.12 參照. 그는 抽象的 技術의 特徵을 네가지로 들었다. ① 技術의 能率(efficiency of the technology) ② 技術의 由로 決定되어지는 規模의 經濟性(degree of economies of scale that are technologically determined) ③ 技術의 資本集約度(degree of capital intensity of a technology). ④ 資本이 勞動과 代替되어지는 쉬움(the ease with capital is substituted for labour)이다.

다 큰 것이 ① 鑛業과 ③ 石油 및 石炭製品製造業 ⑤ 化學 및 化學製品製造業이고 그의 産業은 모두 1보다 낮다. 그렇다면 이 三部門의 産業만 收益遞増이고 나머지 産業은 收益遞減이라 해석하게 되는데 本人은  $\alpha + \beta < 1$ 의 産業은 後進國型經濟 특히 우리 韓國에서는 收益遞減의 경우도 있지만 資本과 勞動의 要素配分이 정확하지 못하다고 보아 能率을 완전히 발휘시키지 못했기 때문에 일어나는 勞動의 配分率 資本의 配分率으로도 볼 수 있다. 물론 1 이상의 畧에도 더 높아질 수도 있다는 것을 생각할 수 있다. 이것은 要素價格이나 商品價格이 完全競爭下의 價格機構를 거치지 못했다는 것을 감안하기 때문이다. 한편 비교적 資本의 畧( $\beta$ )이 全般의 畧으로 높은 경향을 보이는데 그것은 Soiw의 뜻과같이 新資本財에 의한 體化된 技術進步가 있었다고 본다. 따라서 Vintage approach의 妥當性을 용인해 주는 一面도 있는 것이다. 이와같은 韓國의 經濟의 特徵을 고려하여 다음과 같이 技術進步率을 推計하고 經濟成長率(附加價值增加率)에 寄與한 比率를 計測해 보았다.

〈표 1〉에서 보면 1958년부터 1967年間의 10年間 平均年間 技術進步率은 化學 및 化學製品製造業이 2.70%로서 가장 높고 다음이 製材業 및 木材品製造業으로서 2.56%가 된다. 그리고 가장 낮은 産業이 纖維工業으로서 0.13%가 되고 그 다음이 機械製造業으로서 0.60%가 되고 있다. 그리하여 이 9個産業全體를 平均해 보면 1.42%의 技術進步가 있었다는 것을 알 수 있다. 産業은 이 9個産業의 製造業全體를 推計作業을 해 보았다. 數値가 제대로 떨어지지 않고 설명 떨어지는 數値라 하더라도 資本의 畧과 勞動의 畧이 너무 낮아서 신빙성이 없다고 보아 이들 産業을 제외했다. 더구나 製造業 전체도 推計했으나 역시 數値가 너무 낮다는데서 對象에 넣지 않았다. 이상과 같이 하여 對象産業을 9個로 했는데 이들 産業의  $\alpha$ 와  $\beta$ 의 相關係數가 〈그림 1〉에서처럼  $R=0.8675$ 가 된 셈이다.



註; Coff-Douglas 函數에 의해서 計測된 彈性性値의 回歸線은 直交最小自乘法에 의하여 計算된 것임.

한편 技術進步가 各産業別로 國民總生産(附加價值)에 얼마만큼 貢獻을 했을가 하는 寄與率을 뽑은 것이 〈표 1〉의 (6)이 된다. 여기서 보면 가장 寄與도가 높은 産業이 製材業 및 木材品製造業으로서 18.93%를 보여준다. 그 다음이 고무製品 製造業으로서 17.13%가 된다. 그리고 寄與도가 가장 낮은 産業이 纖維工業으로서 1.37%이고 그 다음이 石油 및 石炭製造業으로서 3.61%를 나타내고 있다.

한편 技術進步가 各産業別로 國民總生産(附加價值)에 얼마만큼 貢獻을 했을가 하는 寄與率을 뽑은 것이 〈표 1〉의 (6)이 된다. 여기서 보면 가장 寄與도가 높은 産業이 製材業 및 木材品製造業으로서 18.93%를 보여준다. 그 다음이 고무製品 製造業으로서 17.13%가 된다. 그리고 寄與도가 가장 낮은 産業이 纖維工業으로서 1.37%이고 그 다음이 石油 및 石炭製造業으로서 3.61%를 나타내고 있다.

이상의 數字에서 알 수 있는바처럼 대체로 技術進步率이 낮은 産業이 역시 附加價值에 寄與한 寄與度도 낮다는 것을 알 수 있는데 이것은 꼭 一致되는 것은 아니다. 가주로 新資本財에 內在한 vintage의 內生的 技術進步라 할 수 있다. 勿論 高度의 技術형 食料品製造業은 技術進步率이 1.05%로서 金屬製品製造業 1.47%보다 낮지만은 生産에 대한 技術進步의 寄與度는 10.05%로서 金屬工業의 9.86%보다 높은 것을 엿볼 수 있다. 그리고 이상 産業의 9個部門에서 年間 平均技術進步의 寄與度는

<표 1>

技術進步의 測定(1958~1967)

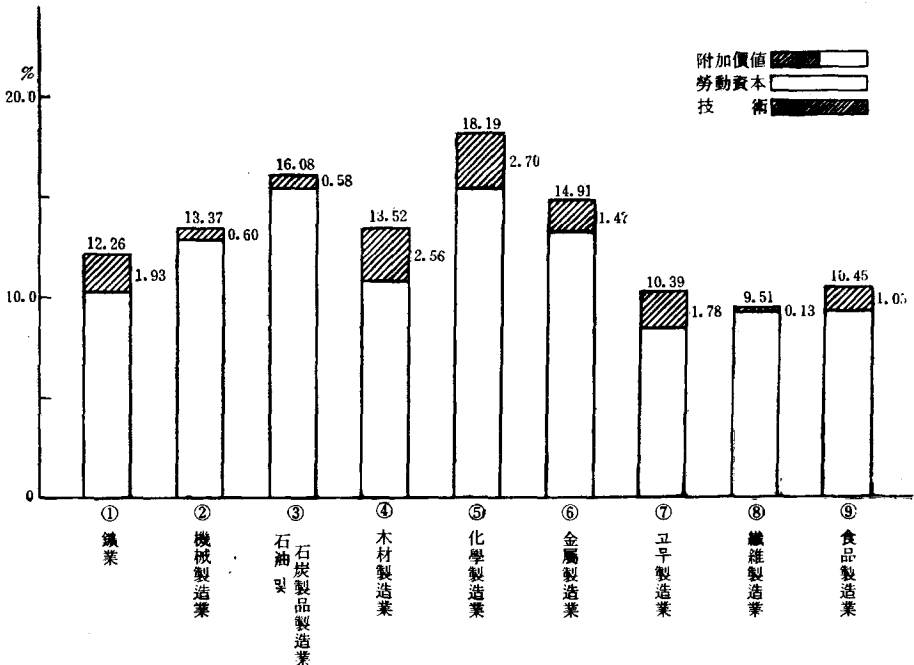
<單位: %>

對象産業部門	附加價值 增加率 (1)	生産要素의 增加率			技術 進步率 (5)	技術進步의 寄與度 (6)=(5)÷(1)
		資本(2)	勞動(3)	計(4)		
① 鑛業	12.26	7.14	3.19	10.33	1.93	15.74
② 機械製造業	13.37	3.74	9.03	12.77	0.60	4.49
③ 石油 및 石炭製品製造業	16.08	10.08	5.42	15.50	0.58	3.61
④ 製材品製造業※	13.52	6.29	4.67	10.96	2.56	18.93
⑤ 化學製品製造業	18.19	4.46	11.03	15.49	2.70	14.84
⑥ 金屬製品製造業	14.91	3.30	10.14	13.44	1.47	9.86
⑦  고무製品製造業	10.39	1.49	7.12	8.61	1.78	17.13
⑧ 纖維工業	9.51	4.76	4.62	9.38	0.13	1.37
⑨ 食料品製造業	10.45	2.00	7.40	9.40	1.05	10.05
計	118.68	43.26	62.62	105.88	12.80	96.02
平均	13.19	4.81	6.96	11.76	1.42	10.67

※ 製材業 및 木材品製造業은 최근에 발달된 部門으로서 1961年에서 1967年까지의 7個年을 占았음.

<그림 2>

附加價值增加率에서의 勞動·資本增加率과 技術進步率





10.67%로 볼 수 있다.

技術進步率이 附加價値에 寄與한 原因은 訓練에도 있었지만은 先進技術水準의 뒷받침으로 製造된 新資本財가 導入되어 産業各部門에 가동되어 크게 生産에 이바지 되었다는 것을 알 수 있는 것이다.

이와같은 韓國의 技術進步率이 日本이나 美國 등의 그것과 비교하여 産業部門別로 어떠한 추세에 있는가 하는 것을 8個産業만 추려서 <표 2>에서 살펴보고있다.

비록 推計한 年度는 韓國과 이 두나라가 다르지만은 技術進步率은 같은 추세를 보이고 있다. 즉 우리나라에 있어서 製材業 및 木材品製造業과 化學 및 化學製品製造業이 각각 2.56% 2.70%로서 가장 높는데 日本에서도 역시 9.39%와 18.83%로서 가장 높고 美國에서도 마찬가지로 3.77%와 3.46%를 나타내어 가장 높은 技術進步率을 보이고 있다.

<표 2> 産業의 技術進步率의 國際比較

	韓 國	日 本	美 國
	1958~67	1952~62	1952~62
	%	%	%
機 械 製 造 業	0.60	8.74	1.97
石油및石炭製品製造業	0.58	8.83	1.89
製材業및木材品製造業	2.56	9.39	3.77
化學및化學製品製造業	2.70	18.83	3.46
金屬製品製造業	1.47	5.07	0.25
고무製品製造業	1.78	7.46	0.98
纖 維 工 業	0.13	4.40	0.86
食 料 品 製 造 業	1.05	1.41	1.41

註：日本과 美國의 値는 「日本の經濟成長」(篠原・藤野編)  
(1967) p. 124에서 引用했음

世界에서 가장 높은 工業成長率을 누리는 日本은 製造業의 技術進步率도 상당히 높은 數値로서 美國이나 韓國보다 훨씬 높다.

韓國은 工業發展段階面에서 日本보다 뒤떨어져 있기는 하나 工業成長率이 世界에서 비교적 높은 水準에 있는데 이 사실은 技術進步率에서도 엿볼 수 있다. 사실 近代工業은 大量生産에 있지만 이 大量生産은 技術의 進步를 수반하지 않고서는 이룩하기 어려울 것이다. 이것은 곧 우리 나라 工業成長率과 日本의 그것으로부터 잘 이해될 수 있는 것이다.

<표 2>을 통해서 하나 特記할 수 있는 사실은 食料品製造業의 技術進步率이다. 우리나라의 다른 部門에 비해서 食料品製造業部門은 비록 技術進步率 그 자체는 1.05% 밖에 안되지만 生産에 寄與되는 率は 앞서 지적한바처럼 10.05%로서 극히 높다. 그래서 技術進步率은 美國과 日本의 1.41%와 거의 맞먹는 比率인데 이것은 또한 우리의 食料品이 量的・質的 면에서 많은 進進을 보이고 있음을 알 수 있다.

#### IV. 結 論

技術進步는 오늘날 經濟成長이나 産業近代化를 촉진시키는데 크게 이바지하고 있다. 經濟成長에 있어서 技術進步의 역할을 인식한 것은 이미 오래전의 일이지만 이를 經濟成長의 理論構成에서 model化한 것은 극히 최근의 일이다. 모델化의 적절적 동기는 美國의 經濟成長過程에서 勞動力의 증가와 資本의 증가에 의해서만 설명할 수 없는 經濟成長率을 計測하려는 경험적 분석<sup>42)</sup>에서부터 시작했다.

經濟成長理論에서 技術進步를 變數로 잡고 生産兩數를 전개할 경우 ① 技術進步는 生産에 소요되는 要素投入量을 감소시키게 되는 側面이 있다. 그리고 ② 技術進步가 상대적으로 어느 한 生産要素를 절감시키게 되는 側面이 있는 것도 발견했다. 전자는 實質生産費를 절약

시킨다는 입장이고 후자는 어느 한쪽으로 偏向된 要素投入을 의미하게 되는 것이다.

그러나 한편 技術進步를 外生的 變數로 보고 經濟成長過程에서 중요한 결정 要因으로 잡은 학자가 N. Kaldor 다. 그가 주장하는 바는, 技術進步를 단순한 時間的 函數로만 보지 않고, 資本蓄積과의 상호 의존관계에서 技術進步函數를 생각했다<sup>43)</sup>. 이것은 분명히 資本에 體化된 (embodied) 技術進步를 뜻한다.

여기서부터 Vintage model로서 技術은 資本蓄積에 따라 유발되어지는 것으로 해석하게 되는 것이라 하겠다.

이상의 理論을 크게 두개로 나누어 보아 M. Abramovitz 나 J.W. Kendrick, R.M. Solow, E.D. Domar 및 B.F. Massell 같은 사람의 接近力법은 技術進步가 資本에 體化되어지지 않는(disembodied) 것을 가정하고, N. Kaldor 같은 사람은 技術進步가 資本에 體化되어지는 (embodied) 것을 가정한다.

사실 현실 經濟를 놓고, 技術進步를 測定할 때, 양면의 眞理가 있다는 것을 깨닫게 되었다. 本研究자가 分析對象으로 한 ① 鑛業, ② 機械製造業, ③ 石油 및 石炭製品製造業, ④ 製材 및 木材製品製造業, ⑤ 化學 및 化學製品製造業, ⑥ 金屬製品製造業, ⑦ 고무製品製造業, ⑧ 纖維工業, ⑨ 食料品製造業의 9個産業部門에서 技術進步가 資本에 體化되어진 側面과 體化되어지지 않는 側面이 있다는 것을 알 수 있었다. 韓國의 거만 資本蓄財가 外國에서 導入되어진 것으로 보아 전자인 技術이 體化되어지고 따라서 資本蓄積에 따라 技術이 유발되어져서 進步된 경우가 적지 않다. 이 사실은 우리 韓國에서 뿐만 아니라 오늘날 低開發 受援國에서 일반적으로 통할 수 있는 論理라고 생각한다.

그러므로 Vintage approach의 內生的 技術變化를 확신할 수 있고, 따라서 新機械를 가동하게 됨으로써 派生되어지는 習得技術(Learning technology)도 생각하지 않을 수 없는 것이다. 이것은 분명히 技術教育의 妥當性を 인정하는 Learning model을 상정하게 되는 일면이라 하겠다.

筆者는 우리나라의 9個 産業의 技術進步率을 앞에서 論述한 바처럼 ① 鑛業 1.93%, ② 機械製造業 0.60%, ③ 石油 및 石炭製品製造業 0.58%, ④ 製材 및 木材製品製造業 2.56%, ⑤ 化學 및 化學製品製造業 2.70%, ⑥ 金屬製品製造業 1.47%, ⑦ 고무製品製造業 1.78%, ⑧

42) 美國의 經濟成長率을 生産函數에 의거해서 計測하고 殘餘法에 따라 技術進步를 測定한 論文이 있다.

① Abramovitz, M.; "Resource and Output in the United States since 1890," *American Economic Review*, May 1956, pp.5~23.

② Kendrick, J.W.; *Productivity Trends in the United States*(1961).

〃 〃 "Some Theoretical Aspects of Capital Measurement," *A.E.R.*, May, 1961, pp. 102~11.

③ Solow, R.M.; "Technical Change and The Aggregate Production Function," *The Review of Economics and Statistics*, Aug. 1957. pp.312~20.

④ Domar, E.D.; "On The Measurement of Technological Change," *Economic Journal*, Dec. 1961, pp. 709~29.

⑤ Massell, B.F.; "Capital Formation and Technological Change, in the United States Manufacturing," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 42, 1960, pp. 182~88.

43) Kaldor, N.; "A Model of Economic Growth," *Essays on Economic Stability and Growth*, II(1960) pp. 259~300, <이 論文은 *Economic Journal*, Dec. 1957, pp.591~624에서 發表되었던 것임>

Kaldor, N.; "Capital Accumulation and Economic Growth," *The Theory of Capital*, 1961, pp. 177~222. (Lutz, F.A. & Hague, D.C., ed.)

李冕錫: "資本蓄積에의 一接近", 經濟學研究, 1953, pp.3~13.

纖維工業 0.13%, ⑨ 食料品製造業 1.05%로 각각 1958~67年間の 平均增加比率値를 計測한 것이다.

그리고 이들 技術進步率이 附加價值增加率에 寄與한 比率 즉 寄與度는 ① 鑛業이 15.74% ② 機械製造業이 4.49%, ③ 石油 및 石炭製品製造業이 3.61%, ④ 製材 및 木製品製造業이 18.93%, ⑤ 化學 및 化學製品製造業이 14.84%, ⑥ 金屬製品製造業이 9.86%, ⑦ 고무製品製造業이 17.13%, ⑧ 纖維工業이 1.37%, ⑨ 食料品製造業이 10.05%로 각각 計測된 것인데 이러한 技術進步의 寄與率은 상당히 높은 數值라 하겠다. 이것은 韓國의 産業이 高度成長의 潛在力을 내포하고 있음을 여실히 보여주는 한 側面이라 볼 수 있다.

이와같은 比率은 統計値의 調整과 計測의 手法에 따라 다소 달리질 수도 있을 것이다. 다만 本人은 우리 韓國의 經濟開發5個年計劃을 수행하는 과정에서 技術進步率이 經濟成長率에 얼마만큼 寄與되었나 하는 比率値를 推計해본데 불과한 것이다.

(新)

(刊)

崔 虎 鎭  
崔 泰 鎬 共 著

# 韓 國 關 稅 史

韓 國 關 稅 協 會

## 〈SUMMARY〉

# A STUDY ON THE MEASUREMENT OF CONTRIBUTION OF TECHNOLOGICAL PROGRESS IN KOREAN ECONOMIC GROWTH

by

Sei-In Chin

(Prof. Kon-Kuk Univ.)

The main purpose in the theory of production is to ensure that we agree on the nature of technological progress. The emphasis in the field of production is on technological change and its implications, not on changes in factor inputs.

As is well known, there are two general kinds of technological progress, neutral and non-neutral technical change, and both of these are definable in terms of certain characteristics of a production function. Hence, we first introduce the concept of a production function.

A production function express the relation between the maximum quantity of output and the inputs required to produce it, and the relation between the inputs themselves.

It enters economic analysis as a technological or extra-economic considerations. The technology embodied in the production relation acts as a constraint on decision making. The production function implies that a technical maximization problem has been solved. For a given output may be produced by a variety of combinations of labour and capital. The production function is defined such that the maximum product is obtained for each combination of factors; in this sense it involves a technical maximization problem.

Perhaps the production function indigenous to economics is the Cobb-Douglas production function. Its attraction derives not only from its simplicity but from the desirable neoclassical properties it possesses. Moreover, it is easy to comprehend and is economical to apply.

The procedure is to set forth a minimum set of neoclassical criteria that we would like any well-behaved production function to satisfy. The Cobb-Douglas function will than be examined in the light of these criteria to see how it meets neoclassical requirements.

The Cobb-Douglas production function for two factors of production can be written as;

$$X = AL^\alpha K^\beta$$

where  $A$ ,  $\alpha$  and  $\beta$  are constants to be determined empirically,  $X$  is output,  $L$  is a measure of labour services, and  $K$  is a measure of capital services. In Cobb-Douglas function it is in restricted form,  $\alpha + \beta = 1$ , and the marginal products of labour and capital are respectively  $\alpha = \frac{\partial X}{\partial L} \cdot \frac{L}{X}$  and  $\beta = \frac{\partial X}{\partial K} \cdot \frac{K}{X}$ . Both of these marginal products are homogeneous of degrees, in which are positive. Since  $\alpha$  and  $\beta$  each are less than unity, these are negative.

In the marginal product of labour, the parameter  $\alpha$  multiplies the average product of labour,  $X/L$ . If it is expressed in terms of  $\alpha$ , this is the partial elasticity of production with respect to labour. It denotes the percentage change in output attributable to a percentage in labour input, keeping capital constant. Similarly,  $\beta$  is the partial elasticity of production with respect to capital inputs.

Since  $\alpha$  and  $\beta$  represent individually the percentage change in output for percentage changes in labour and capital, the two coefficients taken together measure the total percentage change in output for a given percentage change in labour and capital. In short,  $\alpha + \beta$  is the degree of homogeneity of the Cobb-Douglas production function.

In this thesis, my original aim was to discuss about "Residual model". The Residual is the ratio between an aggregate arithmetic index of output and input embodied in a linear homogeneous production function.

Assuming that technical change, "a shorthand expression for any kind of shift in production function," is neutral, Solow starts with the production equation

$$Y = A(t)f(L, K)$$

and with two traditional assumptions: (1) that  $f(L, K)$  is linear and homogeneous, and (2) that factor prices equal their respective marginal products, he obtains the simple, and valuable for us, result that

$$\bar{Y} = \bar{A} + \alpha \bar{L} + \beta \bar{K}$$

and hence that

$$\bar{A} = \bar{Y} - \alpha \bar{L} - \beta \bar{K}$$

with  $\alpha + \beta = 1$ . Since  $\bar{Y}$ ,  $\bar{L}$ ,  $\bar{K}$ ,  $\alpha$  and  $\beta$  can be derived empirically,  $\bar{A}$ , the rate of growth of the Residual, can be estimated.

I have analyzed the technological progress during the period of 1958-1967 of Korean industries, the A(t) time series, which is shown in Table 1, as follows.

(Table 1)

**Calculation of Technological Progress of the Korean Industries**

(1958-1967)

(unit: %)

Industrial sectors	Rates of growth (1)	Rates of factors			Rates of technological progress (5)	Contribution rates of technological progress (6)=(5)÷(1)
		Capital (2)	Labor (3)	Total (4)		
(1) Mining and quarrying	12.26	7.14	3.19	10.33	1.93	15.74
(2) Machinery	13.37	3.74	9.03	12.77	0.60	4.49
(3) Petroleum and coal products	16.08	10.08	5.42	15.50	0.58	3.61
(4) Wood and cork products※	13.52	6.29	4.67	10.96	2.56	18.93
(5) Chemicals and chemical products	18.19	4.46	11.03	15.49	2.70	14.84
(6) Metal products	14.91	3.30	10.14	13.44	1.47	9.86
(7) Rubber products	10.39	1.49	7.12	8.61	1.78	17.13
(8) Textiles	9.51	4.76	4.62	9.38	0.13	1.37
(9) Food	10.45	2.00	7.40	9.40	1.05	10.05
Total	118.68	43.26	62.62	105.88	12.80	96.02
Average	13.19	4.81	6.96	11.76	1.42	10.67

※ : 1961-1967, (7 years).

An estimating chart (5) in Table 1 shows the average rates of technological progress of the Korean industries, during the period of 1958-67. One of the high level industries is the chemicals and chemical products sector, its rate being 2.70 percent. And the wood and cork products sector is relatively upward to 2.56 percent.

Meanwhile, both textiles and machinery are in the lower level of technological progress of 0.13 percent, of 0.6 percent respectively. As a result estimating figure has shown an average of 1.42 percent among nine industries in Korea about which I have made researches.

The contribution rates of technological progress on value added shown in the wood and cork products and rubber products industries, stand 18.93 and 17.13 percent each.

I attempt to compare the above stated figures indicating the rate of manufacturing technological progress with those of Japan and U.S.A. as shown in Table 2.

(Table 2)

**A Comparision of the Rates of Technological Progress**

(Korea, Japan, & U.S.A.)

(unit : %)

Industries	Korea	Japan	U.S.A.
	1958-67	1952-62	1952-62
Machinery	0.60	8.74	1.97
Petroleum and coal products	0.58	8.83	1.89
Wood and cork products	2.56	9.39	3.77
Chemicals and chemical products	2.70	18.83	3.46
Metal products	1.47	5.07	0.25
Rubber products	1.78	7.46	0.98
Textiles	0.13	4.40	0.86
Food	1.05	1.41	1.41

※ : Values of Japan and U.S.A. quoted from "Economic Growth in Japan." (edit. by Sinohara.), 1967. p. 124.

The values of Korean industries have a similar tendency compared to Japan and United States, though different in period of time series analysis. The ratios of the wood and cork products, and chemicals and chemical products industries have seemed to be indicated a higher level than those of any other sectors.

# 〈BIBLIOGRAPHY〉    〈參考文獻 및 資料〉

## (1) 論文(生産函數과 技術進步 및 經濟成長)

- Arrow, K.J., Chenery, H.B., Minhas, B.S., and Solow, R.M.: "Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency," *The Review of Economics and Statistics*, Aug. 1961, pp. 225~250.
- Solow, R.M.: "Technical Change and the Aggregate Production Function," *The Review of Economics and Statistics*, Aug. 1957, pp. 312~20.
- Domar, E.D.: "On the Measurement of Technological Change," *Economic Journal*, Dec. 1961, pp.709~729.
- Massell, B.F.: "Capital Formation and Technological Change in the United States Manufacturing," *Rev. Econ. Stat.* Vol.42 1960. pp. 182~88.
- Abramovitz, M.: "Resource and Output Trends in the United States Since 1870," *American Economic Review*, May, 1956, pp. 5~23.
- Fellner, W.: "Measures of Technological Progress in The Light of Recent Growth Theories," *American Economic Review*, Dec. 1967, pp.1073~97.
- Kendrick, J.R.: "Productivity Trends: Capital and Labor," *Rev. Econ. Stat.*, Aug. 1956, pp. 248~259.
- Eckaus, R.S.: "Notes on Invention and Innovation in Less Developed Countries," *Am. Econ. Rev.*, May 1966, pp. 98~109.
- Brown, M. and Pokin, J.: "A Measure of Technological Change and Returns to Scale." *Rev. Econ. Stat.*, Nov. 1962, pp. 402~410.
- Komiya, R.: "Technological Progress and The Production Function in the United States Steam Power Industry," *Rev. Econ. Stat.*, May 1962, pp. 156~166.
- Ramsey, J.B.: "A Comment on the Marginal Physical Product Curves for the CES and VES Production Functions," *Am. Econ. Rev.*, June 1968, pp. 482~485.
- Fei, J.C.H. & Ranis, G.: "Innovation, Capital Accumulation, and Economic Development," *Am. Econ. Rev.*, June 1963, pp. 283~313.
- Ranis, G. & Fei, J.C.H.: "A Theory of Economic Development," *Am. Econ. Rev.*, Sept. 1961, pp. 533~565.
- Kaldor, N.: "A Model of Economic Growth," *Essays on Economic Stability and Growth*, 1960, pp. 258~300.
- Hoselitz, B.F.: "Non-Economic Factors in Economic Development," *Am. Econ., Rev.*, May 1957, pp.28~41.
- Rostow, W.W.: "The Take-off into Self-Sustaining Growth," *Econ. Jour.*, March 1956, pp.25~48.
- Ranis, G.: "Factor Proportions in Japanese Economic Development," *Am. Econ. Rev.*, Sept. 1957, pp. 594~607.
- Griliches Z. & Jorgenson, D.W.: "Capital Theory: Technical Progress and Capital



- ture, *Am. Econ. Rev.*, May 1966, pp.50~61.
- Corry, B.A.; "The Role of Technological Innovation in Theories of Income Distribution," *Am. Econ. Rev.*, May 1966, pp. 33~49.
- Arrow, K.J.; "The Economic Implications of Learning by Doing," *Rev Econ. Studies*, June 1962, pp. 155~73.
- Kaldor, N.; "Capital Accumulation and Economic Growth," in F.A. Lutz & D.C. Hague (eds.), *The Theory of Capital*, 1961, pp. 177~222.
- Kennedy, C.; "Induced Bias in Innovation and the Theory of Distribution," *Econ. Jour.*, Sept. 1964, pp. 541~547.
- Shell, K.; "A Model of Inventive Activity and Capital Accumulation," Technical Report No.2 Aug. 1964.
- Nelson, R.R. & Phelps, E.S.; "Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth," *Am. Econ. Rev.*, May 1966, pp. 69~82.
- Ruttan, V. W.; "The Contribution of Technological Progress to Farm Output: 1950~75," *Rev. Econ. Stat.* Feb. 1956, pp. 66~69.
- Ruttan, V. W.; "Technological Change and Resource Utilization in American Agriculture," reprinted from *Proceedings of The Indiana Academy of Science For 1961*, vol. 71, 1961.
- Ahmad, S.; "On the Theory of Induced Invention," *Econ. Jour.*, June 1966, pp. 344~357.
- David, P.A. & Klundert, T.; "Biased Efficiency Growth and Capital-Labor Substitution in the U.S., 1899~1960," *Am. Econ. Rev.*, June 1965, pp. 357~94.
- Grossman, G.; "Knowledge, Information, and Innovation the Soviet Economy," *Am. Econ. Rev.*, May 1966, pp. 118~129.
- Solow, R.M. & Samuelson, P.A.; "Balanced Growth Under Constant Returns To Scale," *Econometrica*, 1953, pp. 413~424.
- Clark, J.B.; "The Possibility of a Scientific Law of Wages," *Publications, Am. Econ. Association*, March 1889, pp. 39~63.
- Solow, R.M.; "A Contribution to the Theory of Economic Growth," *Quar. Jour. Econ.*, Feb. 1956, pp.65~94.
- Swan, T.W.; "Economic Growth and Capital Accumulation," *Economic Record*, Vol. XXXII (1956), pp. 334~361.
- Amano, A.; "Biased Technical Progress and a Neoclassical Theory of Economic Growth," *Quar. Jour. Econ.* LXXVIII, 1864, pp. 129~138.
- Brown, M. & J.S.de Cani, "Technological Change and the Distribution of Income," *Inter. Econ. Rev.* 4 (1963) pp. 289~309.
- Dhrymes, P.J.; "A Multisectoral Model of Growth," *Quar. Jour. Econ.* LXXVI(1962) pp. 164~278.
- Drabakis, E.M.; "Factor Substitution in the Two-sector Growth Model," *Rev. Econ. Studies*, XXX(1962~63), pp. 217~228
- Takayama, A.; "On a Two-Sector Model of Economic Growth: A Comparative Statics

- Analysis," Rev. Econ. Studies, XXX (1962~63), pp. 95~104.
- Uzawa, H.; "Production Functions with Constant Elasticities of Substitution," Rev. Econ. Studies XXIX (1961~62), pp. 291~299.
- Uzawa, H.; "On a Two-Sector Model of Economic Growth," Rev. Econ. Studies, XXIX (1961~62), pp. 40~47.
- Uzawa, H.; "On a Two-Sector Model of Economic Growth: II," Rev. Econ. Studies, XXX (1962~63), pp. 105~108.
- Uzawa, H.; "Optimal Growth in a Two-Sector Model of Capital Accumulation," Rev. Econ. Studies, XXXI (1961) pp. 1~24.
- Solow, R.M.; "Note on Uzawa's Two-Sector Model of Economic Growth," Rev. Econ. Studies, Vol. 29 (1961) pp. 48~50.
- Malinvaud, E.; "Capital Accumulation and Efficient Allocation of Resources," Econometrica, Vol. 21, April 1953, pp. 233~268.
- Fellner, W.; "Profit Maximization, Utility Maximization, and The Rate and Direction of Innovation," Am. Econ. Rev. Vol. LVI, May 1966, pp. 24~32.
- Hahn, F.H., & R.C.O. Matthews; "The Theory of Economic Growth: A Survey," Surveys of Economic Theory Growth, development Vol. II, pp. 1~124. (1965)
- Chenery, H.B.; "Comparative Advantage and Development Policy," Surveys of Econ. Theo. Vol. II. pp. 125~155. (1965)
- Johnston, R.E.; "Technical Progress and Innovation," Oxford Econ. Papers, Vol 18. July 1966, pp. 158~176.
- 荒憲治郎, "技術進歩率測定の經濟理論" 一橋論叢 56卷 5號(1967), pp. 38~55.
- " "技術進歩と生産函數" 一橋論叢, 54卷 3號(1965) pp. 113~127.
- " "技術進歩の中立性" 一橋論叢 55卷 1號, (1966) pp. 104~119.
- 石渡茂, "資本 Stock 推計と生産分析" 一橋論叢, (1966) 集報(博士論文要旨)
- 大川一司, "日本經濟の生産・分配, 1905~1963年 —"殘餘"の分析—  
經濟研究, 19卷 9號 April 1968, pp. 133~151.
- 奥口孝二, "二部門成長モデルの安定分析 —C.E.S. 生産函數にする接近— 經濟成長と産業構造, 1965. pp. 149~171.
- 荒憲治郎, "偏向的技術進歩と所得分配" 經濟研究, 18卷 4號(1967), pp. 310~318.
- 黃炳駿, "우리나라의 工業化進展率과 工業化段階" 經濟論集 1967, 6卷 2號, pp. 1~14. "우리나라 工業化過程의 分析, 經濟學研究, 15輯 1967, pp. 41~59.
- 李基重, "A Positive Study on Wage Level and Marginal Labor Productivity," 經濟學研究, 14輯 1966, pp. 44~56.
- 成琦秀, "An Optimal Policy for Economic Growth," Aug. 1967.
- 李昆錫, "資本蓄積에의 一接近" 經濟學研究, 11輯, 1963, pp. 3~13.
- " "技術進歩와 資本蓄積" 經濟學研究 15輯 1967, pp. 28~40.
- 金泳鎬, "韓末西洋技術의 受容" 亞細亞研究, Vol. XI, No. 3(1968), 297~348.
- 金漢周, "李朝時代手工業研究" 李朝社會經濟史研究, 1964, pp. 193~251
- 金洙謹, "A Study of Factor Proportions in the Korean Economic Development," 啓明

論叢, 4輯, 1967, pp. 153~189.

陳世仁, “韓國產業技術史研究” 經營研究 16號, 1965. pp.25~39.

“現代產業技術의 研究” 學術誌 7輯, 1966, pp. 319~339

## (2) 著書 (經濟成長—生産函數・技術進步)

Brown, M.; On the Theory and Measurement of Technological Change, 1966.

Hicks, J.R.; Theory of Wages, London, 1932.

Douglas, P.M.; A Theory of Wages, 1934.

Meade, J.E.; A Neo-Classical Theory of Economic Growth, 1961.

Salter, W.E.G.; Productivity and Technical Change, 1966.

Kaldor, N.; Essays on Economic Stability and Growth, 1960.

Kaldor, N.; The Theory of Capital, 1961. (F.A.Lutz, & D.C. Mague ed.)

Micks, J.R.; Capital and Growth, 1965, (Oxford Univer. Press).

Domar, E.D.; Essays in the Theory of Economic Growth, 1957.

Solow, R.M.; Capital Theory and The Rate of Return, 1964.

Robinson, J.; The Accumulation of Capital, 1966.

Sangha, K.; Productivity and Economic Growth, 1964.

Mandelbaum, K.; The Industrialization of Backward Areas, 1961

Robinson, J.; Essay in The Theory of Economic Growth, 1962.

Pierre Maillet; La croissance économique, 1966

〈竹村孝雄 共譯「經濟成長」1967〉  
高稿 誠

註: 이 책은 原典을 入手치 못하여 日譯冊을 參考했음.

Schumpeter, J.A.; Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung, 1912.

Steuart, J.; An Inquiry into the Principles of Political Economy, ed. Andrew Skinner, 1966, I, II,

註: 本書에서는 報酬法測의 起源을 찾았을뿐임.

Ross, A.M.; Industrial Relations and Economic Development, 1966

Foster, G.M.; Traditional Cultures: and the Impact of Technological Change, 1965.

註: 本書에서는 技術史的 側面을 參考했음.

Tinbergen, J.; Lessons From The Past, 1963.

Joseph Needham; Science and Civilization in China, Vol. 1, 3, 1959.

註: 이 책은 李約瑟著「中國科學技術史」인데 우리의 新羅時代의 技術史的面을 參考했음.

Hoffmann, W.; Studien und Typen der Industrialisierung, 1931.

Bryce, M.D.; Industrial Development, 1960.

佐藤隆三: 經濟成長의 理論 1968.

筑井甚吉] : 經濟成長理論의 展望 1968,  
村上泰亮]

- 嘉治元郎：經濟成長と資源配分，1967
- 條原三代平]：日本の經濟成長  
藤野正三郎]：日本の經濟成長
- 〈成長コンファレンスの報告と討論〉1967.
- 熊谷尚夫：市場構造と經濟效率 1968.
- 林雄二郎：資本主義と技術 1966.
- 伊東正則：經濟計劃のモデル分析 1968.
- 荒憲治郎外：久武雅夫先生還曆記念論文集 1965.
- 稻葉秀三外：日本經濟の計量的把握 〈講座 / 日本經濟 3 卷〉1965.
- 日本科學技術廳：科學技術白書 1967.
- 相川春喜：技術論入門 1942.
- 中村忠一：現代日本の産業と技術 1967.
- 荒憲治郎：經濟成長論 1969.
- 韓國生產性本部：우리나라 工業發展에 있어서의 技術寄與의 分析 1965.
- 高承濟：近世韓國產業史研究 1959.
- 洪以燮：朝鮮科學史 1946.
- 全相運：韓國科學技術史 1966.
- 李春寧外：科學技術史 〈韓國文化史大系 Ⅲ〉1968.

### (3) 資 料

- 鑛工業센서스報告書 1960, 63, 66,
- 鑛工業統計調查報告書 1967.
- 韓國統計年鑑(企劃院統計局) 1967, 1968,
- 經濟統計年報(韓銀) 1968
- 國民所得年報(〃) 1968
- 韓國의 國民所得計定(〃) 1967
- 韓國의 産業 下(産銀) 1967
- 우리나라 工業의 發展과 課題(産銀) 1968
- 1968 經濟白書(經濟企劃院)
- 韓國工業圖說(韓國經濟人協會調查部) 1968
- 韓國의 産業 1, 2, 3(産銀), 1963
- 産銀調査月報 No. 31~155(1958~68)
- 韓銀調査月報 19卷 9號, 21卷 1號, 22卷 8, 9號