技術進步 測定方法에 관한 一考案

(A Study on Measuring Method in Technical Progress)

朴 一 根*

Abstract

The purpose of this paper to study on measuring method in technical progress. Technology is combination method of raw material and capital , land, labour . The first step to technical progress is COBB DOUGLAS production function, so technical progresses are important role in economic growth and development.

General production function from Y=f(K, L, T,) and COBB − DOUGLAS production function $Y=AK^{l}L^{b}$ is first condition.

Technical progress is saving of production factor in capital saving, labour saving, neutral saving.

Harrod Hicks Robinson has insist on technical progress by each view of production factor, but, what is most excellent measuring method of technical progress?

Ⅰ : productivity index method.

Ⅱ : Gross production function method.

Productivity index method used in every products level in weight values, gross method function method used in production factor attributed to products.

Above two measuring method has delicate problem in each input factor, substitution relation and production factor simultaneously linked each others.

This basic problem based on technical progress is not solubable in this time.

1. 序 論

技術進步가 經濟成長에 있어서 重要한 位置를 점하게 된 것은 古典學派 Marx,Schumpter에 이르기까지 오랜 期間동안 認識되어져 왔다. 技術(technology)이라는 經濟學的 槪念은 生産函數(production function)를 $p=f(K.L.T)$로 표시할 때 勞動資本과 더불어 生産要素를 總合하는 方法이라고 볼 수 있다. 技術進步가 實際로 推進된 것은 工業이나, 農業과 같은 産業에서 推進되어 왔다. Schumpeter의 主張대로 經濟問題의 「價値와 選擇」의 문제를 檢討해볼 때 技術進步(technical progress)는 여러가지 多樣한 意味를 뜻하게 되는 것이다. 技術은 生産要素를 節約하여 資源消費를 축소해도 生産量은 增大해야하는 것으로 볼 때 生産要素의 結合方法으로서의 技術은 高度의 研究開發 發明을 위한 科學的인 投資, 技術革新을 위한 企業家의 의욕이 없이는 不可能할 것이다. 技術開發이 可能해야 새로운 財品開發이 可能하고 産業構造가 高度化하는 工業의 發展을 가속화시킬 수 있는 것이다. 이러한 입장에서 볼 때 技術進步를 어떠한 方法으로 測定할 수 있을까 하는 方法論의 問題가 제기되지 않을 수 없는 것이다. 實際 生産要素 가운데 勞動, 資本 어느 것이 얼마나 節約되며 物價와 資金에 어떤 영향과 어느 정도의 영향을미치는가를 檢討해야 할 것이다.

一國의 經濟水準을 評價할 때 個人富 生産性을 一般的인 標準으로하고 工業生産性과 附加價値를 主要指標로 使用하는 것은 바로 一國의 技術進步의 水準을 意味한다고 볼 수 있다. 그러므로 本論文에서는 Harrod Hicks Robinson이 主張한 技術進步에 대한 理論을 綜合해서 說明하면서 技術進步의 測定方法인 生産性指數 使用方法과 總體的 生産函數 利用方法을 소개하고자 하는 바이다. 結論的으로 이러한 技術進步의 測定方法을 適用하는 데에는 代替의 彈力度, 規模의 增加에 대한 收穫의 變化程度, 投入物의 測定問題 등 여러가지 問題點이 存在한다는 것을 指-

* 大邱工業專門大學 專任講師

適하고자 한다.

2. 技術進步의 形態

技術進步는 經濟成長의 重要한 貢獻者라고 볼 수 있으며, 技術(technology)은 一定한 目的을 達成하기 위한 生産資源의 配合機能이라고 볼 수 있다. 「經營改善 및 다른 方法을 통하여 주어진 資源을 가지고 極大의 生産量을 얻는 機能이다.」[1)]

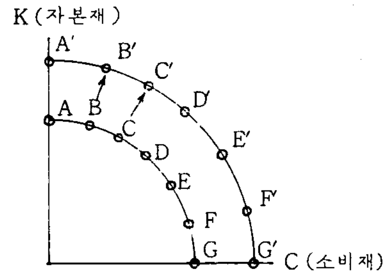


그림 2 − 1

그러면 技術進步는 비교적 적은 資源을 가지고 同一한 量의 財貨를 生産할 수 있는 것을 말한다. 그림 2 − 1 에서 나타내는 바와 같이 生産可能曲線은 技術進步로 인하여 우측으로 移動하게 된다. 결국 技術進步는 資源의 節約을 가져오고 이와 같은 「技術革新에는 中立的 技術革新, 勞動節約的인 技術革新 및 資本節約的인 技術革新 등이 있다.」[2)] 技術進步를 勞動과 資本 두 投入物과 하나의 生産物에 生産函數에 의하여 표시하면 다음과 같다.

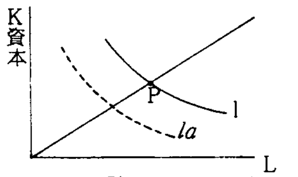


그림 2 − 2

그림 2 − 2 에서 보는 바와 같이 기술변화의 結果로 等量曲線이 la 로 左側移動하였다고 하자. 즉 同一한 生産物을 前보다 적은 量으로 생산하게 된다는 것을 意味한다. 만약 要素價格이 前과 同一하다면 (점 P 에서 等量曲線과 接點을 이룬 同一한 기울기라면) 技術變化가 일어난 후에도 前과 같은 要素比率로 勞動과 資本을 使用할 것이다. 이와 같은 變化를 要素節約에 대하여 中立的이라고 하여 中立的 技術革新이라고 한다. 만약 동일한 要素價格이 보다 적은 勞動을 必要로 한다면 이것은 勞動節約的 技術革新이고 同一한 要素價格下에서 보다 적은 資本을 使用한다면 資本節約的 技術革新이라고 한다. 그러면 技術革新을 포함한 理論體系下에서는 所得을 成長시키는 要因으로서 L(勞動), K(資本) 以外에 技術進步를 도입하면 일반적으로 生産函數는

$Y = F(L.K.t)$ ……………………………………(1)

의 형태로 표시된다. t 는 技術을 外生的인 時間의 變數로서 취급하는 것을 의미한다. 따라서 技術進步는

$Fo_{t+1}(Lo, Ko, _{t+1}) > Ft(Lo, Ko, t)$ …………(2)

에 의하여 표시된다. (2)式의 兩邊에 있어서 Lo, Ko 는 동일하며 技術만이 t 에서 $t+1$ 期로 변하고 있다. 따라서 勞動과 資本의 投入量이 不變한 狀態下에서 生産量 Y 가 增大할 때 技術進步가 있었다고 보는 것이다. Harrod는 資本의 限界生産力 $\frac{\partial Y}{\partial K}$에 따라서 利潤率을 一定한 것으로 보고 資本係數 C가 不變하는 경우를 中立的 技術進步(nentral technical progess)라고 하고 資本係數가 上昇하는 경우를 勞動節約的 技術進步(labor-saving technical progress)라고 하며 資本係數가 低下하는 경우를 資本節約的 技術進步(capital saving techical progress)라고 規定하고 있다.

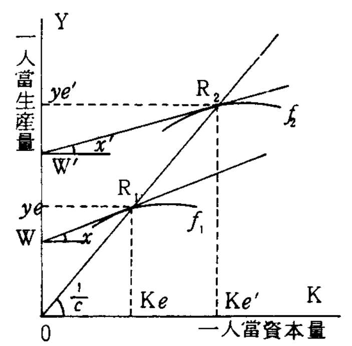


그림 2 − 3 Harrod 의 中立的 技術進步

그림 2 − 3 과 같이 中立的 技術進步는 固定生産係數가 아니고 連續的 生産函數를 나타내고 있다. 上述한 理由로 技術進步에 의하여 生産函數는 f_1에서 f_2로 移動한다면 生産函數 f_1에 있어서 均衡點은 R_1點이다. 이 模型에 있어서는 新古典學派 모델과 같이 C 는 可變的이고 S와 $L\left(=\frac{\Delta L}{L}\right)$은 一定하기 때문에 「安定成長의 條件」[3)] $\frac{1}{C}=\frac{2}{S}$에 있어서 $\frac{l}{S}$은 一定하므로 $\frac{1}{C}$은 固定되어 있다. 따라서 기울기 $\frac{l}{S}$

1) G.L.Bach, *Economics, An introduction to analysis and policy*, 3rd ed., Prentice-Hall, 1960.

2) Charles P.Kindleberger, *Economic Development* Rev. ed., McGraw-Hill Co., 1965, pp. 134 ~ 136.

3) $\frac{y}{k} = \frac{Y}{L} \Big/ K/L = \frac{Y}{K} = \frac{1}{C}$ 그리고 $G_W = \frac{\Delta K}{K}$ $= \frac{s}{c}$ 라 하고, $G_N = \frac{\Delta L}{L} = l$ 이라고 한다면 $G_W = G_N$ 일때, $l = \frac{s}{c}$ 이므로, $\frac{1}{c} = \frac{l}{s}$ 이다.

의 直線을 原點에서 그을 때 直線과 生産函數와의 交點 R_1 을 求하면 R_1 點은 安定成長의 條件을 나타내는 것이다. 이때 R_1 點의 接線 Rw 의 기울기는 利潤을 표시하고 1人當 生産物中 賃金部分은 Wo 로 決定되는 것이다. 또한 1人當 賃金 $0W$를 定하고 W 點에서 生産函數 f_1 에 接線을 그어서 接點 R_1을 求한다면 R_1 點은 資本의 限界生産力 $\frac{\partial Y}{\partial K}$ 와 利潤率 π 는 一致하는 點이며 極大利潤率이 保證되는 均衡點이다. 다만 Rw 線은 生産曲線의 接線이기 때문에 그 기울기는 資本의 限界生産力이며 또 利潤率 λ 는 1人當 賃金率을 W로 표시한다면

$$\lambda = \frac{Y - WL}{K} = \frac{Y/L - W}{K/L} = \frac{y - W}{K}$$

이기 때문에 W點에서 出發하는 R, W線은 利潤率 λ와 같기 때문이다. 그러나 이와 같이 求해진 R_1點은 安定成長條件을 充足시키는 것은 아니다. 왜냐하면 R_1 點과 原點을 연결하는 $R_1 0$ 線의 기울기는 $\frac{l}{S}$ 과 같다는 保證은 없기 때문이다. 이와 같은 中立的 技術進步下에서는 $\frac{y}{k} = \frac{1}{C}$ 이며, 또한 $\frac{1}{C}$ 이 不變이기 때문에 1人當 資本量과 1人當 生産量 y는 同率로 變化하므로 相對的 分配分(利潤所得/賃金所得)도 一定하다. Hrrod 의 勞動節約的 技術進步는 利潤을 一定한 것으로 보고 資本係數 C 가 上昇하는 경우이기 때문에 그림 2-4와 같이 $\pi = \pi^1$ 의 條件으로 求해진 新技術의 生産函數 f_2 上의 均衡點 R_2 는 R_1 0 直線보다도 기울기가 작은 R_2 0 線上에 있다. $\frac{1}{C} > \frac{1}{C'}$ 이면 $C < C'$ 이기 때문이다. 그러므로 勞動節約的 技術進步의 경우에는 1人當 資本量의 增大에 대하여 1人當 生産量 y가 比例 이상으로 增大하여 相對的 分配分은 勞動에 유리하다. 즉

$Wye/0W > W'ye'/0W'$,

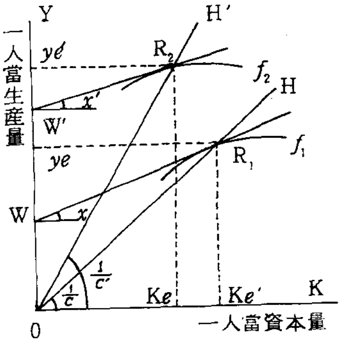


그림 2-4 **Harrod 의 勞動節約的 技術進步**

Harrod 의 資本節約的 技術進步는 利潤率은 一定하고 資本係數가 감소하는 경우이기 때문에, 그림 2-5와 같이 $R_2 0$ 直線의 기울기는 $R_1 0$ 直線의 기울기보다도 크게 된다. y의 增大에 대하여 k가 比例 이상으로 增大하여 相對的 分配分은 資本에 유리하다.

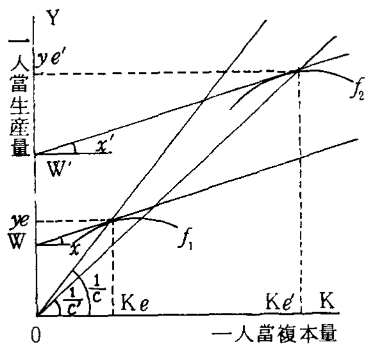


그림 2-5 **Harrod 의 資本節約的 技術進步**

다음으로 Hick 의 技術進步를 보면 Harrod 가 利潤率을 一定한 것으로 보고, C의 平變增減에 대하여 技術進步를 分類한데 대하여 Hicks 는 1人當 資本量, 즉 資本集約度 K를 一定한 것으로 보고 資本의 限界生産力에 대한 勞動의 限界生産力의 比率의 平變增減을 가지고, 技術分類의 基準으로 삼았다. Hick 는 技術進步의 분류에서 K를 一定한 것으로 보고

$$\frac{\partial Y}{\partial L} \Big/ \frac{\partial Y}{\partial K} = \frac{\partial K}{\partial L} \quad \cdots\cdots (1)$$

의 一定 增加 減少를 가지고 資本節約, 勞動節約, 中立的 技術進步로 분류하고 均衡에 있어서는 勞動의 限界生産力은 $\frac{\partial Y}{\partial L} = W$가 되는 賃金率이 같은 資本의 限界生産力은 利潤率과 $\left(\frac{\partial Y}{\partial K} = \lambda\right)$ 같기 때문에 W/λ (賃金率/利潤率)의 一定 增加 減少를 가지고 分類하고 $\partial K \gtreqless \partial L$ 를 가지고 分類基準을 삼고 있다.

그림 2-6 中立的 技術進步는 生産函數가 F에서 F'로 移動하였다고 보면 1人當 資本 Stock 의 量 $(K) = 0S$를 一定하다고 보기 때문에 比較均衡點은 모두 ST 線上에 있다. 均衡點에서 資本의 限界生産力은 利潤率과 같기 때문에 T點에 있어서 生産函數 F 의 接線 RT 를 그리면 기울 $0W/0R$ 은 利潤率과 같다. 즉,

$$0W/0R = \pi = \frac{\partial Y}{\partial K}$$

이다. 또한 1人當 産出量 $0ye$ 中에서 Wye 가 利潤部分 $0W$가 賃金部分이기 때문에

$$0W = W = \frac{\partial Y}{\partial L}$$

이다. 따라서 두 식에서

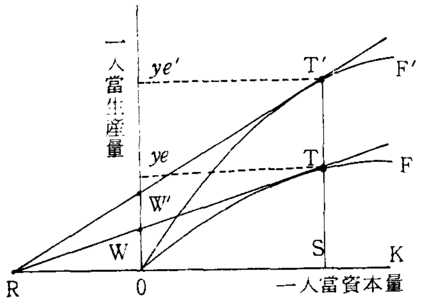


그림 2 − 6 **Hicks** 의 **中立的 技術進步**

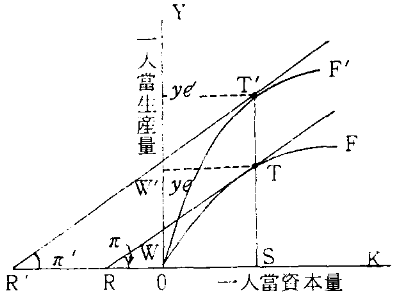


그림 2 − 7 **Hicks** 의 **勞動節約的 技術進步**

$$0R = W/\lambda$$
$$= \frac{\partial Y}{\partial L} \Big/ \frac{\partial Y}{\partial K}$$
$$= \frac{\partial K}{\partial L}$$

으로 되며 技術進步의 分類基準인 資本의 限界生産力에 대한 勞動의 限界生産力의 比率은 $0R$의 길이로 표시된다. 그러므로 Hicks 의 中立的 技術進步는 K를 一定한 것으로 보고 W/λ이 不變하는 경우이기 때문에 그림 2-6과 같이 新技術의 生産函數 F'에서 均衡點 T'의 接線도 R點에 도달하고 $0R$이 一定하다. 또 이때 賃金率의 增加率과 利潤率 π의 增加率은 같으며 相對的 分配分도 一定하다. 勞動節約的 技術進步는 그림 2-7과 같이 K를 一定한 것으로 보고 W/λ가 증가하는 경우이기 때문에 $0R'>0R$로 된다. 이때 賃金率의 增加率은 利潤率의 增加率을 上廻하며 相對的 分配分은 勞動에 有利하다. 資本節約的 技術進步도 역시 K를 一定한 것으로 보고 $W'/x' <$

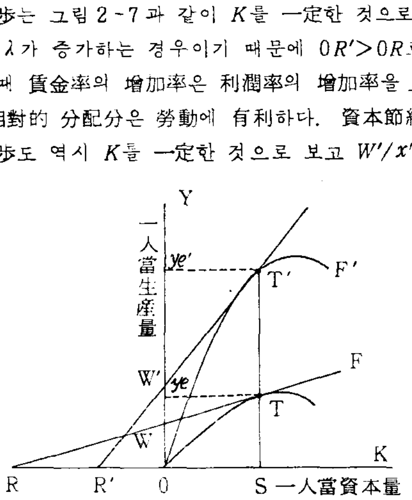


그림 2 − 8 **Hicks** 의 **資本節約的 技術進步**

W/π로 되는 경우기 때문에 그림 2-8과 같이 $0R' < 0R$ 될때는 賃金率의 增加率은 利潤率의 增加率을 下廻하여 相對的 分配分은 資本에 有利하다.

Robinson은 生産物 1單位를 生産하는데 必要한 資本量과 勞動量의 相對的 變化를 基準으로 規定하고 있다. 그것을 도표로 표시하면 그림 2-9와 같다.

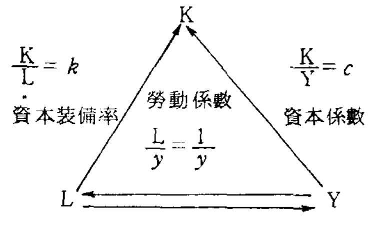


그림 2 − 9

도표에 있어서 C와 $\frac{1}{y}$의 관계이다. 즉, $\frac{1}{y}$의 減少不變增加를 가지고 勞動節約, 勞動中立, 勞動使用, 技術進步로 分類하고 C의 減少不變增大를 가지고, 資本節約的, 資本中立的, 資本使用的 技術進步로 分類하여 規定하고 있다. 그러나 勞動生産性의 增加만이 國民의 福祉를 增大시키는 條件이기 때문에 技術進步의 指標를 勞動生産性의 增大에서 求한다.

$\frac{Y}{L} = \frac{K}{L} \cdot \frac{Y}{K}$ 式에 있어서 $\frac{Y}{L}$의 增加를 가지고 技術進步로 規定하기 때문에 資本裝備率 $\frac{K}{L}$이나 資本生産性 $\frac{Y}{K}$중 하나를 고려하면 $\frac{Y}{L} = \frac{K}{L} = \frac{1}{K/Y}$로 변형하여 資本係數 K/Y의 상태를 고찰해보면 共通條件은 勞動生産性 $\frac{Y}{L}$의 增大이며, 그것은 生産業 1單位當 勞動量 $\frac{L}{Y}$의 감소에 불과하다고 볼 수 있는 것이다.

3. 生産指數使用法

生産性 指數의 變化는 技術進步의 指標로서 널리 使用되고 있다. 生産性 指數에는 세 가지 종류로 대별되는데 勞動生産性 指數(labor productivity index :PL), 資本生産性 指數(capital productivity index : PK), 總生産性 指數(total productivity index : PT)이다. 이것을 각각 표시하면 다음과 같다.

$$PL = \frac{\theta}{L}$$

$$PK = \frac{\theta}{K}$$

$$PT = \frac{\theta}{\alpha h + \beta K}$$

θ : 産出量 指數, L : 勞動投入量 指數, K : 資投入量 指數, α와 β는 基準年度의 産出量中에서 勞動과

資本이 차지하는 分配分(income shares)를 나타내며, $\alpha+\beta=1$이다. 이 세 가지 生産性 指數는 産出量 指數/投入量 指數로 한 것이므로, 算術 指數(arithemetic index)라고 한다. 算術指數를 計算하여 指數의 變化를 가지고 技術進步를 測定하였으나 幾何指數(geometric index)를 使用할 總要素生産性 指數는 Cobb-Dogulas 生産函數 형태로서 표시되는 生産函數 P에 의하여 주어진다.

$$\theta=PL^{\alpha}K^{\beta}$$

이 식을 代數를 취하고 時間(time)에 대해서 微分하면 P의 變化率을 求할 수가 있다. 우선 代數를 취하면

$$log\ \ \theta=log\ P+a\ log\ \ L+B\ log\ k$$

이를 時間에 대해서 微分하면

$$\frac{d\theta}{dt}=\frac{1}{P}\cdot\frac{dP}{dt}+a\frac{1}{L}\cdot\frac{dL}{dt}+B\frac{1}{K}\cdot\frac{dK}{dt}$$

$$\frac{\frac{d\theta}{dt}}{\theta}=\frac{\frac{dP}{dt}}{P}+\alpha\frac{\frac{dL}{dt}}{L}+\beta\frac{\frac{dK}{dt}}{K}$$

여기서 $\frac{d\theta}{dt}$, $\frac{dP}{dt}$, $\frac{dL}{dt}$ 및 $\frac{dK}{dt}$를 $\dot{\theta}$, $\dot{P}$, $\dot{L}$ 및 $\dot{K}$로 표시하면,

$$\frac{\dot{\theta}}{\theta}=\frac{\dot{P}}{P}+\alpha\frac{\dot{L}}{L}+\beta\frac{\dot{K}}{K}$$

따라서, P의 변화율 $\frac{\dot{P}}{P}$는

$$\frac{\dot{P}}{P}=\frac{\Delta\theta}{\theta}-\alpha\frac{\dot{L}}{L}-\beta\frac{\dot{K}}{K}$$

이것을 不連續的인 變化의 경우에 대해서 표시하면 다음과 같다.(미분이 가능하지 않을 때)

$$\frac{\Delta P}{P}=\frac{\Delta\theta}{\theta}-\alpha\frac{\Delta L}{L}-\beta\frac{\Delta K}{K}$$

즉 幾何的으로 測定할 때 總要素生産性 指數의 變化率은 産出量 指數의 變化率에서 資本과 勞動의 投入量 指數의 變化率의 分配分으로 加重된 合을 마이너스한 것이 된다. 그러나 幾何的인 總要素生産性指數를 使用하여 技術進步를 測定하려고 할 때 여러가지 문제점이 內在한다. 즉, 總要素生産性의 槪念을 使用하여 總體的인 技術進步率을 測定하려고 할 때 投入物과 産出物은 각각 극도의 異質性(hetrogenity)을 가지고 있는 것이다. 産出物의 경우에는 그렇게 심각하지 않더라도 資本財는 時期, 費用 및 生産性이 資本財別로 다르므로 이것을 統合하는데는 많은 問題點이 있는 것이다.

Jorgenson과 Griliches[4] 는 總要素生産性을 測定하는 데 있어서 誤謬를 다음과 같이 분류했다.

(1) 投資財와 消費財, 勞動과 資本을 結合하는 데서 발생하는 統合의 오류

(2) 投資財의 價格을 잘못 評價하는 데서 발생하는 오류

(3) 勞動과 資本서비스의 흐름(flow)이 勞動과 資本의 存在量(stock)에 비례적이라고 假定하는 데서 생기는 오류

(4) 投資財 및 資本서비스와 勞動서비스를 統合하는 데서 발생하는 오류

Jorenson과 Griliches에 의하면 1945-65기간의 美國의 私的인 國內經濟에 대한 産出量과 投入量으로부터 위의 4가지 오류를 제거하였을 때 總要素生産性의 증가는 産出量 및 投入物를 수정하기 以前의 寄與率 47.6%를 수정했다. 그러나 문제는 投入物을 産出量의 增大에 기여하는 程度를 基準으로 測定하여야만하는 가이다. 投入量이 總要素生産性을 算出하기 以前의 質의 변화에 대해서 修正이 되어야 하는가의 與否는 研究目的에 따라 相異한 것이다.

生産要素의 時間經過와 더불어 生産性의 增加를 測定하려면 投入量을 구태여 質의 變化에 대해서 修正할 必要는 없다. 만약 研究目的이 經濟成長의 條件을 규명한다면 經濟成長過程에 대한 잘못된 認識을 피하기 위해서는 修正이 되어야 할 것이다. 그러하여 Denison[5] 는 投入物의 量과 質이 改善되어 발생하는 産出量의 增加와 生産에 관한 知識의 增大가 經濟成長에 기여하는 것은 반드시 分離해야 한다고 주장했다.

4. 總體的 生産函數 利用方法

生産函數를 使用하여 직접적으로 技術進步를 測定하기 시작한 것은 Charles Cobb와 Paul Douglas가 Cobb-Dougles 生産函數를 1928年에 만든데 基因한다.[6]

$\theta=PL^{\alpha}K^{1-\alpha}$ …… Cobb Douglas 生産函數

初期에 있어서는 Cobb-Dogulas 生産函數는 限界生産性理論과 新古典學派의 假定인 규모의 增加에 따른 收穫一定現象을 實證的으로 時系列資料(time series data) 크로스-섹션資料(cross-section date)를 使用하여 檢定하는데 利用되었다.

Cobb-Douglus 형의 生産函數를 使用하여 技術進步를 직접 測定한 것은 틴버겐(Jan Tinbergen)[7]이 1942년에 시도했다. 總體的인 生産函數안에 指數的인 추세를 나타내는 別途의 項目을 삽입하여 技

4) D.W. Jorgenson and Z. Griliches, "The explanation of productivity change," *Review of Economic Studies*, July, 1967.

5) E.F. Denison, *Why Growth Rates Differ*, Washington D.C.: Broabing Institation, 1967.

6) C.W.Cobb and P.H. Douglus, "A theory of production," *American Economic Review* (*Supplement*), March, 1928.

7) J.Tinbergen, "Zur theorie der langfristigen wirtschaftsentwicklung," *Welt wirtschaftiches Archiv*, May 1942.

術進步를 測定하려고 하였다. Tinbergen이 使用한 生産函數의 형태는 다음과 같다.

$$\theta = Po\, L^{\alpha} K^{\beta} e^{rt}$$

이를 代數를 취하면,

$$\log \theta = \log Po + \alpha \log L + \beta \log K + rt$$

이 式을 時系列資料를 使用하여 測定하면 技術進步를 나타내는 r를 얻을수가 있다. 다음으로 生産函數를 使用하여 技術進步를 직접 測定한 初期의 많은 研究가운데 솔로우(R. M. Solow[8]) 方法이 가장 탁월하다. 여기에서 一次同次인 一般生産函數로부터 理論을 展開해보자.

$$\theta_t = F(K_t,\ L_t)$$

우선 위의 生産函數를 時間(T)에 대해서 微分하면,

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{\partial F}{\partial K} \cdot \frac{dK}{dt} + \frac{\partial F}{\partial L} \cdot \frac{dL}{dt}$$

이 式을 θ로 나누면 $\dot{\theta}$를 求할 수 있다.

$$\frac{\frac{d\theta}{dt}}{\theta} = \dot{\theta} = \frac{\partial F}{\partial K}\ \frac{1}{\theta}\ \frac{dK}{dt} + \frac{\partial F}{\partial L}\ \frac{1}{\theta}\ \frac{dL}{dt}$$

위식의 右項을 $\frac{K}{K}$ 와 $\frac{L}{L}$로 각각 곱하면,

$$\dot{\theta} = \frac{\partial F}{\partial K}\ \frac{K}{\theta}\ \frac{dK}{dt}\ \frac{1}{K} + \frac{\partial F}{\partial L}\ \frac{L}{\theta}\ \frac{dL}{dt}\ \frac{1}{L}$$

그러나 $\frac{\frac{dK}{dt}}{K} = \dot{K}$이며 $\frac{\frac{dL}{dt}}{L} = \dot{L}$이므로

$$\dot{\theta} = \frac{\partial F}{\partial K}\ \frac{K}{\theta}\ \dot{K} + \frac{\partial F}{\partial L}\ \frac{L}{\theta}\ \dot{L}$$

또한 $n_k \equiv \frac{\partial F}{\partial K} \cdot \frac{K}{\theta}$ 이며, $n_a \equiv \frac{\partial F}{\partial L} \cdot \frac{L}{\theta}$ 라고 假定하면

$$\dot{\theta} = nk\dot{K} + \eta_l L \text{ 이다.}$$

위 式을 음미하면 $\dot{K}$가 증가하면 $\dot{\theta}$는 η_K에 $\dot{K}$의 增加를 곱한 것만큼 증가하면 $\dot{\theta}$는 η_L에 $\dot{L}$의 증가를 곱한 것만큼 증가하며 마찬가지로 $\dot{L}$가 증가하면 $\dot{\theta}$는 η_L에 $\dot{L}$의 증가를 곱한 것만큼 증가한다. 또한 η_K와 η_L은 두가지 意味로 해석할 수 있다. 하나는 投入物의 變化에 대한 産出物變化의 彈力度이다. 예를 들면 L을 一定한 水準에 固定시킬 때 資本投入量의 變化에 대한 産出物의 彈力度 E_K는 다음과 같이 表現可能하다.

$$E_K = \frac{\partial \theta}{\partial K} \cdot \frac{K}{\theta} = nk$$

또한 K를 一定한 水準에 固定시킬 때 勞動投入量의 變化에 대한 産出物의 彈力度 E_L은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$E_L = \frac{\partial \theta}{\partial L} \cdot \frac{L}{\theta} = \eta_L$$

이렇게 보면 $\dot{\theta} = nk\dot{K} + \eta_L \dot{L}$는 生産量의 成長率 $\dot{\theta}$가 두 投入物의 成長率 $\dot{K}$와 $\dot{L}$를 각각 彈力度 nk와 η_L로 곱한 후 이를 合한 것과 同一함을 알 수 있다. 여기에서 nk와 η_L이 각각 資本投入量과 勞動投入量의 變化에 대한 産出物의 部分彈力度 보았는데 다른 면에서 nk와 η_L에 대한 해석은 要素市場의 完全競爭을 가정할때 나온다. 要素市場이 完全競爭임을 가정하면 實質賃金 $W(=\frac{w}{p})$는 勞動의 限界産出物인 $\frac{\partial F}{\partial L}$와 같으며 資本의 경우에도 利潤率 p는 資本의 限界産出物인 $\frac{\partial F}{\partial K}$ 와 同一하다.

$$\eta_L = \frac{\partial F}{\partial L} \cdot \frac{L}{\theta} = \frac{W}{P} \cdot \frac{L}{\theta} = \text{勞動者 部分}$$

$$nk = \frac{\partial F}{\partial K} \cdot \frac{K}{\theta} = \rho \cdot \frac{K}{\theta} = \text{資本家의 部分}$$

그러나 위의 生産函數는 1次同次임을 假定하였으므로 K와 L의 同率의 增加는 θ도 同一한 率로 증가시킴을 뜻한다. 예를들면 K와 5%씩 增加되어 投入된다면 θ도 同一한 率인 5%의 成長을 보인다. 여기서 $\dot{K} = \dot{L} = 0.05$이고 $\dot{\theta} = 0.05$이다. 이를 $\dot{\theta} = nk\dot{K} + n_L\dot{L}$에 代入하면

$$0.05 = nk(0.05) + n_L(0.05)$$

이므로

$$nk + n_L = 1$$

이 된다.

따라서 生産函數가 1次同次인 경우에는 彈力度 또는 分配部分을 나타내는 nk와 n_L은 合計가 반드시 1이어야 한다.

그 하나의 예가 Cobb-Douglas 生産函數의 경우이다.

$$\theta = b K^{\alpha} L^{1-\alpha}$$

또는

$$\log\theta = \log b + \alpha \log K + (1-\alpha) \log L$$

따라서 生産函數 경우에는

$$\dot{\theta} = \alpha\dot{K} + (1-\alpha)\dot{L}$$

여기에서 α와 $1-\alpha$의 合은 1이 된다.

Cabb-Douglas 生産函數 $\theta = bK^{\alpha}L^{1-\alpha}$를 L에 대해서 微分하고 要素市場의 完全競爭을 가정하면

$$W = \frac{W}{p} = \frac{\partial F}{\partial L}$$

$$= bK^{\alpha} \cdot (1-\alpha) \cdot L^{-\alpha}$$

$$= 1-\alpha$$

따라서 勞動의 分配 部分은 $1-\alpha$이다.

資本에 대해서도

$$\rho = \frac{\partial F}{\partial K}$$

8) K.M Solow, "Technical change and the aggregate production function" *Review of Economics and Stastics*, Aug. 1957.

$$= b\,\alpha K^{\alpha-1}L^{1-\alpha}$$

$$= \alpha\,\frac{\theta}{K}$$

따라서 産出物中의 資本部分은

$$\rho\cdot\frac{K}{\theta} = \alpha\cdot\frac{\theta}{K}\cdot\frac{K}{\theta}$$

$$= \alpha$$

위 식에서 資本分配部分은 α이다. 그러므로 資本과 勞動의 分配部分을 合하면 1이 된다.

4. R. M. Solow의 測定方法

Robert M. Salow는 1957년의 Technical change and the aggregate production function, *Review of Economics and studies*, Ang, 1957) 論文에서 技術進步는 時間의 경과와 더불어 生産函數를 상승시키는 組織의 改善에서 나온다는 것이다. 여기에서 技術進步는 無費用으로 주어진다고 測定하였다. 이때의 生産函數는 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\theta_t = A_t\cdot F(K_t,\ L_t)$$

여기에서 A_t는 生産函數의 上向移動을 표시하는데 이것은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$A_t = Aoe^t$$

그러면 生産函數 $\theta_t = A_t\cdot F(K_t,\ L_t)$로 부터 θ'를 구해보면 이것을 時間(T)에 대해서 微分하면

$$\frac{d\theta}{dt} = F(K.L)\frac{dA}{dt} + A\frac{\partial F}{\partial K}\frac{dK}{dt} + A\frac{\partial F}{\partial L}\frac{dL}{dt}$$

위식을 θ로 나누면

$$\frac{\frac{d\theta}{dt}}{\theta} = \dot{\theta}$$

$$= \frac{\frac{dA}{dt}}{A} + A\frac{\partial F}{\partial K}\frac{1}{\theta}\frac{dk}{dt} + A\frac{\partial F}{\partial L}\frac{1}{\theta}\frac{dL}{dt}$$

$$= \frac{\frac{dA}{dt}}{A} + A\frac{\partial F}{\partial K}\frac{K}{\theta}\frac{dK}{dt}\frac{1}{K} + A\frac{\partial F}{\partial L}\frac{L}{\theta}\frac{dL}{dt}\frac{1}{L}$$

$$= \frac{\frac{dA}{dt}}{A} + A\frac{\partial F}{\partial K} - \frac{K}{\theta}\dot{K} + A\frac{\partial F}{\partial L}\frac{L}{\theta}\dot{L}$$

$$= \dot{A} + \eta_K\dot{K} + \eta_L\dot{L}$$

여기서 경제성장의 나머지 部分은 자율적인 技術進步要因인 A의 成長率로서 定義된다.

$$\dot{A} = \dot{\theta} - \eta_K\dot{K} - \eta_L\dot{L} = \lambda$$

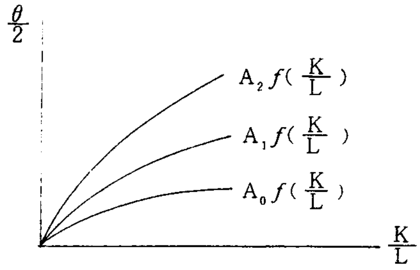
즉 經濟成長의 나머지部分 A는 A의 成長率 λ와 同一하다.

$\theta_t = A_t\cdot F(K_t,\ L_t)$는 1次同次이므로

이 식을 L로 나누면

$$\frac{\theta}{L} = A_t\cdot f\left(\frac{K}{L}\right)$$

이 된다. 이것을 도표로 나타내면 다음과 같다.



時間經過에 따른 一人当 生産函数의 上向移動

여기에서 時間의 經過와 더불어 上向移動하는 1인당 生産函數를 意味하게 된다.

5. 結 論

지금까지 技術進步를 技術變化가 招來하는 영향 또는 좀더 具體的으로 말하면 技術進步가 經濟發展에 미치는 영향을 뜻하는 것으로 해석하고 技術進步의 영향을 計量的으로 測定하는 方法을 中心으로 論議를 展開하여 왔다. 따라서 技術進步는 投入物과 産出物 사이의 關係를 표시하는 生産函數의 輪廓을 使用해서 分析할 수 있다는 것이 出發點이다. 이때 投入物과 産出物 사이의 技術的인 關係는 一定한 時點에 있어서 주어진 技術(technology)에 의해서 決定되므로 이 技術은 生産函數안에 內在해있다고 볼 수 있다. 그러므로 技術變化를 分析하기 위해서는 Stock 概念인 技術自體에 대해서 理解가 前題되어야 할 것이다. Cobb-Douglas 生産函數 $\theta = AL^{\alpha}K^{\beta}$ 에서 α는 勞動投入量에 대한 産出物의 部分彈力度 β는 資本投入量에 대한 産出量의 部分彈力度를 意味할 때 Cobb-Douglas生産函數에는 技術의 屬性이 存在한다.

첫째는 效率(efficiency)을 나타내는 것으로서 媒介變數 A에 의해서 표시된다. 즉 投入物의 量이 一定하고 技術의 다른 속성이 一定할 때 産出物의 水準은 效率의 水準에 의해서 決定된다.

두번째 屬性은 規模의 增加에 따른 收穫의 變化程度인데 $(\alpha+\beta)$는 勞動投入量과 資本投入量에 대한 産出量의 全體彈力度이므로 要素投入量의 變化에 따라 收穫의 增加 減少 一定한 경우가 발생한다.

세번째 속성은 資本集約度 $\frac{\alpha}{\beta}$이다. 즉 勞動과 資本의 價格이 一定하다면 資本集約度를 나타내는 $\left(\frac{L}{K}\right)$은 $\left(\frac{\beta}{\alpha}\right)$에 의해서 決定되는 것이다.

네번째의 속성, 勞動과 資本 사이의 代替의 彈力度이다. Cobb-Douglas 生産函數에 있어서의 代替의 彈力度는 언제나 1이다.

그러므로 技術變化란 이 네가지 抽象的인 技術이 가지는 속성 P에서 어느 하나라도 變化할 때라고

볼 수 있다. 다음 문제는 投入物 自體가 技術進步를 分析하는데 적합하도록 測定이 되고 있느냐의 與否이다. 여기에 두 가지 問題가 있는데 하나는 投入物의 測定方法에 대한 것이고, 또 하나는 投入物의 質의 變化에 관한 것이다. 投入物의 質의 變化에 대한 문제란 投入物의 質은 一定하고 技術進步는 生産要素에 體化되지 않으므로 經濟成長에 있어서 要素投入量의 增大와 아무런 關聯이 없는가 이와 반대로 要素投入量의 增大가 技術進步를 위해서 必要한 前提條件이 되는 것이 아닌가 하는 문제이다. 다음으로 測定方法에 있어서 總生産性 指數를 使用하여 技術進步를 측정하려고 할 때 우선 문제가 되는 것은 分配몫으로 표시되는 生産要素의 加重値를 어떻게 決定해야 하는가 하는 문제이다. 즉 加重値를 每年 변경시키는 것과 基準年度의 加重値를 使用하는 것 사이에는 큰 差異가 있는 것이다. 技術進步는 經濟成長에 있어서 가장 重要한 部分임은 틀림없고 또한 工業生産에 있어서 技術問題는 너무나 重要하다. 그러나 이 技術은 풍부한 教育水準과 研究 및 開發 發明이 存在해야 可能하게 되는 것이다. 그러므로 技術進步의 測定은 單純한 方法의 適用에서 모든 技術水準 全體를 評價하는 데는 無理한 部分도 있다고 볼 수 있다.

参 考 文 献

1) 金達鉉, 經濟政策論, 서울 : 博英社, 1970.

2) 李享純, 經濟學原論, 서울 : 博英社, 1976.

3) 鄭暢泳, 經濟發展論, 서울 : 法文社, 1975.

4) Bach, G.L., *Economics, An Introduction to Analysis and Policy*, 3rd ed., Prentice-Hall, 1990.

5) Cobb, C. W. and P. H. Douglas, "A theory of production, *American Economic Review* (Supplement), March, 1928.

6) Dension, E.F., *Why growth rates differ*, Washington, D.C. : Brooking Institation, 1967.

7) Jorgenson, D. W. and Z. Grichles, "The explanation of productivity change," *Review of Economic Studies*, July, 1967.

8) Kindleberger, Charles P., *Economic Development*, Rev. ed., McGraw-Hill Co., 1965.

9) Solow, R.M., "Technical change and the aggregate production function," *Review of Economics and Stastics*, Aug. 1957.

10) Tinbergen, J., " Zur theorie der langfristigen wirt schaft sent wick lung," *Welt Wirtschaft liches* Archiv, May 1942.