

## 米穀農業에 있어서 技術進步의 性格

李 殷 雨

研究員, 畜産開發研究室

- I. 序 論
- II. 資 料
- III. 分析 모델 및 費用函數 係數의 計測
- IV. 各 要素間의 代替彈力性 計測
- V. 各 要素의 技術變化에 따른 偏向性 計測
- VI. 結 論

### I. 序 論

일반적으로 技術進步는 經濟成長의 가장 중요한 要因으로 인식되고 있다. 그러나 실제로 나타나는 여러 經濟現象은 절대적인 技術水準 이외에 技術變化의 偏向性(bias)에 의해서도 많은 영향을 받는다. 예를 들면 勞動節約의인 技術을 계속 개발한다면, 다른 生産要素에 비해서 勞動의 雇傭水準은 떨어질 것이고, 또 資本이 부족한 국가에서 資本集約的인 技術을 채택하려면 부족한 資本을 外國에서 도입하던지 하여야 할 것이다.

韓國農業은 최근 많은 構造變化를 겪었다. 外向的인 工業化에 따른 農村勞動力の 상대적인 감소, 新品種 普及擴大에 따른 새로운 農法導入 및 획기적인 增産달성 등 여러 면에서 많은 변화를 경험하였다. 이러한 韓國農業의 각 生産要

素의 技術變化에 따른 偏向성과 代替彈力성을 계측하여 技術變化의 性格을 구명해 보는 것이 필요하다고 할 수 있다.

이 논문은 韓國農業의 技術進步 性格을 계측해 보는 것이 목적이다. 분석대상은 米作農業에만 국한하기로 한다. 米穀은 總農産物生産額 중에서 절반 이상이나 차지하고 있을 정도로 代表的인 作物이라 할 수 있고, 또 개개 作物의 統計資料를 모두 합하여 새로운 資料를 작성한다는 것은 技術的으로 상당히 난해할 뿐만 아니라 資料處理上에서 오류를 발생시킬 수도 있기 때문이다. 따라서 米作農業 중심으로 각 生産要素의 代替彈力성과 技術進步의 偏向성을 계측하고자 한다.

### II. 資 料

農水産部에서는 매년 農産物生産費를 조사하여 발표하고 있다. 이 調査는 1963년부터 시작하였고 調査對象作物은 水稻, 大麥, 裸麥, 小麥 등이나 여기서는 水稻生産費만 이용하기로 한다. 水稻生産費는 耕地規模에 따라 0.5ha 미만, 0.5~1.0ha, 1.0~1.5ha, 1.5~2.0ha, 2.0ha 이

상 등 5개 규모로 분류되어 있어 1980년 資料까지 이용하면 모두 90개의 資料를 얻을 수 있다.

生産要素를 再調整하여 5개로 분류하였다. 土地, 勞動, 肥料 및 農藥, 農具 및 畜力, 기타 등 5개로 분류하였는데, 이 방법은 生産要素를 2개 이상으로 분류할 때 흔히 사용되는 分類方法이다. 먼저 土地用役費를 계산하는 方法은 남의 땅을 빌린 경우 빌린 값을 그대로 生産費로 계산하고, 自家土地일 경우 매년 年初에 조사한 地價의 5%를 土地用役費로 계산하였다.<sup>1</sup> 勞力費는 自家勞動과 雇傭勞動費用을 합한 것이며, 女子나 成人이 아닌 男子의 경우에는 換算方式에 의해서 勞動時間을 재조정 한 것이다.<sup>2</sup> 肥料 및 農藥의 費用은 有機質肥料, 無機質肥料, 防除費를 합한 것이다. 그리고 農具 및 畜力の 費用은 大農具와 小農具費, 畜力費를 합한 것이며 기타의 費用은 種苗費, 水利費, 農舍費 그리고 諸材料費 등을 합한 것이다.

費用函數의 係數를 구하는 데는 각 要素의 費用分配 몫(cost share) 이외에도 要素價格이 필요하다. 肥料 및 農藥, 農具 및 畜力, 기타의 경우와 같이 여러 生産要素를 합쳐서 하나로 만든 경우는 각 品目の 價格指數를 개개의 費用分配 몫으로 加重 平均하여 새로운 價格指數를 만들었다. 먼저 각 品目の 價格指數를 구하는 方法은 다음과 같다. 種子, 有機質肥料, 無機質肥料, 勞動, 畜力과 動力은 각각 投入物量이 조사되어

있어서 각각의 投入費用을 投入物量으로 나누어서 개개의 價格指數를 구하였다. 土地用役費와 水利費는 1ha당으로 費用이 조사되어 있으므로 이들의 費用增加率이 바로 價格指數이다. 防除費는 農家購入價格指數 중에서 農藥類價格指數, 農具費는 農機具類價格指數, 諸材料費와 農舍費는 資材類價格指數를 사용하였다. 이들 各 品目の 價格指數를 모두 1965=100으로 환산한 다음 개개의 費用을 加重值로 하여 5개 生産要素의 價格指數를 만들었다.

이렇게 하여 5개 生産要素의 價格指數가 구해지더라도 이것은 經常價格이다. 이것을 不變價格으로 환산하기 위해서 5개 要素의 價格指數를 각 요소의 費用分配 몫으로 加重平均하여 全品目の 價格指數를 만든 다음, 각 要素의 經常價格指數를 全品目の 價格指數로 나누어 각 要素의 實質價格指數를 구하였다.

### Ⅲ. 分析 모델 및 費用函數 係數의 計測

技術變化에 따른 각 生産要素의 偏向性和 要素간의 代替彈力性을 구하는 데는 2가지 方法이 있다. 生産函數를 이용하여 측정하는 方法과 費用函數를 이용하여 측정하는 方法이 그것이다. 生産函數와 費用函數에 대해서는 여러 가지 函數形態가 개발되어 있으나, 최근에는 트랜스로그(translog)函數 形態가 널리 쓰이고 있다. 트랜스로그函數 形態를 사용할 경우 費用函數를 쓰는 것이 生産函數를 쓰는 것보다 쉽게 生産要素의 偏向性을 구할 수 있다[10].

따라서 이 論文에서는 트랜스로그費用函數를 사용하여 技術進步에 따른 生産要素의 偏向性을 측정하고자 한다. 費用函數는 다음과 같이 나타

<sup>1</sup> 「농산물 생산비 조사보고」의 해설에 의하면 自家土地의 用役費는 1973년까지 地價의 10%를 적용하고, 1974년부터 5%를 적용한다고 되어 있다. 調査結果를 보면 1974년의 土地用役費는 1973년에 비해서 62.1%나 증가하고 있다. 이것은 農協中央會가 조사한 1974년 地價上昇率 57.1%와 비슷하다. 즉 1973년 이전과 1974년 이후의 土地用役費 計算方法은 거의 일치하고 있다고 할 수 있다. 따라서 중간에 計算方法을 바꾸었지만 資料를 調整치 않고 政府가 발표한 그대로를 사용하기로 한다.

<sup>2</sup> 勞動時間 換算方式도 1978년 이전에 비해서 1979년부터 약간 調整이 되나 政府 發表 그대로를 사용하기로 한다.

낼 수 있다.

$$(1) \quad C = g(P_1, P_2, \dots, P_n, Y, T_e)$$

여기서  $C$ : 最少費用函數

$P_i$ : 各 生産要素들의 價格

$Y$ : 產出量水準

$T_e$ : 技術水準

(1)식을 트랜스로그 費用函數 形態로 바꾸면 (2)식과 같다. 여기서 技術水準을 나타내는  $T_e$ 의 代用變數로 時間變數  $T$ 를 사용하기로 한다.

$$(2) \quad \ln C = \gamma_0 + \gamma_Y \ln Y + \gamma_T \ln T + \sum_{i=1}^n \gamma_i \ln P_i \\ + \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} \ln P_i \ln P_j + \sum_{i=1}^n \gamma_{iY} \ln P_i \cdot \ln Y \\ + \sum_{i=1}^n \gamma_{iT} \ln P_i \ln T + \gamma_{YT} \ln Y \cdot \ln T$$

위 식은 다음과 같은 制約條件을 만족시켜야 한다.

$$\left. \begin{aligned} \gamma_{ij} &= \gamma_{ji} && \text{대칭성} \\ \sum_i \gamma_i &= 1 \\ \sum_i \gamma_{ij} &= 0 \\ \sum_j \gamma_{ij} &= 0 \\ \sum_i \gamma_{iY} &= 0 \\ \sum_i \gamma_{iT} &= 0 \end{aligned} \right\} \text{--- 동차성}$$

生産函數가 homothetic 하다면  $\gamma_{iY} = 0 (i=1 \dots n)$ 으로 놓을 수 있다.

Shephard's lemma 에 의해서

$$(3) \quad \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \frac{\partial C}{\partial P_i} \frac{P_i}{C} = \frac{X_i P_i}{C} = S_i$$

여기서  $S_i$ 는 總費用 중에서  $i$ 要素가 차지하는 費用分配 몫이다.

$$(4) \quad S_i = \frac{\partial \ln C}{\partial \ln P_i} = \gamma_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iT} \ln T$$

즉 各 要素의 費用分配 몫(cost share)이 從屬變數이고 各 要素의 價格과 時間變數를 獨立變數

로 하여 各 獨立變數의 係數를 구하면 各 要素의 技術進步에 따른 偏向性和 各 要素間의 代替 彈力性을 구할 수 있다.

生産要素를 5개로 분류하였기 때문에 (4)식을 行列 形態로 나타내면 (5)식과 같다.

$$\begin{pmatrix} S_1 \\ S_2 \\ S_3 \\ S_4 \\ S_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_1 \\ \gamma_2 \\ \gamma_3 \\ \gamma_4 \\ \gamma_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} & \gamma_{34} & \gamma_{35} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & \gamma_{44} & \gamma_{45} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & \gamma_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \ln P_1 \\ \ln P_2 \\ \ln P_3 \\ \ln P_4 \\ \ln P_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{1T} \ln T \\ \gamma_{2T} \ln T \\ \gamma_{3T} \ln T \\ \gamma_{4T} \ln T \\ \gamma_{5T} \ln T \end{pmatrix} \quad \dots (5)$$

各 係數는 다음의 制約條件을 만족시켜야 한다.

$$\gamma_{ij} = \gamma_{ji} \\ \sum_{i=1}^5 \gamma_i = 1, \quad \sum_{i=1}^5 \gamma_{ij} = 0, \quad \sum_{j=1}^5 \gamma_{ij} = 0.$$

여기서  $S_i$ 들은 各 要素의 費用分配 몫,  $\gamma_i, \gamma_{ij}, \delta_{iT}$ 는 係數,  $P_i$ 들은 各 要素의 價格指數,  $T$ 는 各 年度를 나타낸다. 첨자 1은 土地, 첨자 2는 勞動, 첨자 3은 肥料 및 農藥, 첨자 4는 農具 및 畜力, 첨자 5는 기타를 나타낸다.

費用函數의 各 係數를 계측할 때 가장 주의해야 할 것은 5개의 방정식들이 線型從屬(linear dependent)이라는 사실이다. 왜냐하면 各 要素의 費用分配 몫을 모두 합하면 1이 되고, 동차성의 제약조건 때문에  $\sum_j \gamma_{ij} = 0$ 이 되기 때문에 4개의 방정식 係數만 정해지면 남은 하나의 方程式 係數는 저절로 정해지기 때문이다. 따라서 1개의 방정식은 제외시키고, 4개의 방정식 係數를 동시에 계측해야 한다. 여기서는  $S_5$  즉 기타의 分配 몫 方程式을 제외시키기로 한다. 왜냐하면, 기타라는 것은 여러 가지 生産要素의 集合체이기 때문에 성격이 가장 불분명한 것이기 때문이다.

다음으로 주의해야 할 사항은 동시에 계측할

4개의 方程式이 정해지면, 이들 方程式 係數는 普通最小自乘(ordinary least squares)방법에 의해서 구해지지 않는다. 대칭성의 제약조건, 즉  $\gamma_{ij}=\gamma_{ji}$  라는 제약조건이 있기 때문에, 4개의 方程式이 동시에 구해져야 하고, 따라서 이 경우에 回歸係數를 구하기 위해서 制約下의 一般最小自乘(restricted generalized least squares)의 方法을 사용한다.

각 係數들을 계측하기 이전에 費用函數가 對稱性(symmetry restraint)과 同次性(homogeneity restraint)을 만족시키는지 테스트를 하여야 한다. 대칭성 제약조건을 만족시킨다는 것은 個別農家가 모두 費用最少化하는 方向으로 행동한다는 것을 나타내고, 동차성 제약조건은 費用函數의 일반적인 속성이라 할 수 있다. 테스트한 결과는 <表 1>과 같다.

表 1 函數形態에 관한 테스트

	F 값	기 각 역	
		1%	5%
대칭성제약	2.28	F(6, 322)=2.80	2.10
동차성제약	3.26	F(4, 332)=3.32	2.37

여기서

$$F = \frac{\text{제약이 불고난 후의 SSE의 변화} / \text{제약의 수}}{\text{제약이 불기전의 SSE} / \text{제약이 불기전의 자유도}}$$

를 말한다. F값이 작다는 것은 제약이 불더라도 잔차에 의한 自乘乘(SSE)을 자유도로 나눈 값에 변화를 거의 주지 않아 그 制約條件을 잘 만족시킨다는 것을 나타낸다.

對稱性 制約條件을 테스트한 F값은 2.28, 同次性 制約條件을 테스트한 F값은 3.26으로 모두 1% 有意水準에서 받아들일 수 있다. 즉 동차성과 대칭성을 만족시키는 函數形態는 韓國米穀農業의 費用函數를 계측하는데 적절하다고 말할 수 있다.

이제 土地, 勞動, 肥料 및 農藥, 農具 및 畜力の 費用分配몹을 從屬變數로 하고, 각 요소의 價格指數와 時間變數를 獨立變數로 하고 대칭성과 동차성을 만족시키는 費用函數의 係數를 계측하였다. 계측한 결과는 <表 2>와 같다.

$R^2=0.8188$ 로 나타났으며 回歸係數 중 몇 개는 통계적으로 유의하지 못한 것으로 나타났다. 農具 및 畜力の 費用分配몹은 그 자신의 價格에 의해서 거의 影響을 받지 못하는 것으로 나타났는데 이것은 거의 有意性이 없다. 農具 및 畜力の 費用分配몹은 오히려 勞動의 價格에 더 많이 影響을 받는 것으로 나타났다.

表 2 費用函數의 係數

종속변수	독립변수	土地의 價格	勞動의 價格	農藥 및 肥料價格	農具 및 畜力價格	其他의 價格	시간변수	절 전
土地의 費用分配몹		0.2264 (16.82)	-0.1664 (-12.76)	-0.0413 (-6.46)	-0.0106 (-1.84)	-0.0081 (-1.46)	-0.0061 (-0.13)	0.5110 (2.65)
勞動의 費用分配몹			0.1372 (7.44)	-0.0099 (-1.54)	0.0434 (5.46)	-0.0042 (-0.56)	-0.2706 (-4.12)	1.4282 (5.20)
農藥 및 肥料費用分配몹	(대칭)			0.0972 (16.55)	-0.0259 (-6.27)	-0.0199 (-4.82)	0.2513 (8.49)	-0.9252 (-7.50)
農具 및 畜力費用分配몹					0.0001 (0.03)	-0.0071 (-1.60)	-0.0466 (-1.50)	0.2333 (1.80)
기타의 費用分配몹						0.0393	0.0720	-0.2473

( ) 안은 t값.

기타의 費用分配몹에 관한 係數는 동차성 제약조건으로부터 유도.

### Ⅳ. 各 要素간의 代替彈力性 計測

〈表 2〉와 같이 費用函數의 係數가 구해지면, 알렌(Allen)의 部分代替彈力性(AES)을 구하여 각 요소간의 관계를 파악할 수 있다. 이것은 產出量과 다른 要素價格을 일정하게 유지할 때, 한 요소가 다른 요소와 어느 정도 쉽게 대체될 수 있는가 하는가를 나타낸다. 알렌은 部分代替彈力性(AES)을 다음과 같이 정의하였다.

$$(6) \quad \sigma_{ij} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i f_i}{X_i \cdot X_j} \cdot \frac{F_{ij}}{F}$$

여기서,  
 $\sigma_{ij}$ :  $i$  요소와  $j$  요소의 AES  
 $f$ : 生産函數  
 $X_i, X_j$ : 生産要素  
 $f_i$ :  $\frac{\partial f}{\partial X_i}$   
 $F$ : 테두른 헤시안 行列式  
 (Bordered Hessian Determinant)  
 $F_{ij}$ :  $F$ 에 있어서  $f_{ij}$ 의 餘因子(cofactor)

費用函數의 경우에 AES는 (7)식과 같이 나타낼 수 있다는 것이 증명되어 있다[7].

$$(7) \quad \sigma_{ij} = \frac{\sum_i P_i X_i}{X_i X_j} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j} = \frac{C \cdot C_{ij}}{C_i \cdot C_j}$$

여기서,  
 $C$ : 最少費用函數  
 $X_i, X_j$ : 生産要素  
 $C_i$ :  $\frac{\partial C}{\partial P_i}$   
 $C_{ij}$ :  $\frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j}$

트랜스로그 費用函數의 경우에는 알렌의 部分代替彈力性(AES)은 (8)식과 (9)식 같이 나타낼 수 있다.

$$(8) \quad \sigma_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{S_i S_j} + 1$$

$$(9) \quad \sigma_{ii} = \frac{1}{S_i^2} (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i)$$

여기서,  
 $\gamma_{ii}, \gamma_{ij}$ : translog 費用函數의 係數  
 $S_i, S_j$ :  $i$  요소와  $j$  요소의 費用分配畧

(8)식의 증명은 다음과 같이 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \gamma_{ij} &= \frac{\partial^2 \ln C}{\partial \ln P_i \cdot \partial \ln P_j} = P_j \frac{\partial}{\partial P_j} \left( \frac{\partial C}{\partial P_i} \cdot \frac{P_i}{C} \right) \\ &= P_j \left( \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \cdot \partial P_j} \cdot \frac{P_i}{C} - \frac{P_i}{C^2} \cdot \frac{\partial C}{\partial P_i} \cdot \frac{\partial C}{\partial P_j} \right) \\ &= \frac{P_i \cdot P_j}{C} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j} - \frac{P_i P_j}{C^2} X_i \cdot X_j \\ &= \frac{P_i \cdot P_j}{C} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j} - \frac{P_i X_j}{C} - \frac{P_j X_i}{C} \\ &= \frac{P_i P_j}{C} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \partial P_j} - S_i \cdot S_j \\ \therefore \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \cdot \partial P_j} &= \frac{C}{P_i P_j} (\gamma_{ij} + S_i \cdot S_j) \end{aligned}$$

그런데 Allen의 部分代替彈力性(AES)

$$\begin{aligned} \sigma_{ij} &= \frac{\sum_i P_i X_i}{X_i X_j} \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial P_i \cdot \partial P_j} \\ &= \frac{C \cdot \frac{C}{P_i P_j} (\gamma_{ij} + S_i S_j)}{X_i X_j} \\ &= \frac{C^2}{P_i X_i \cdot P_j X_j} (\gamma_{ij} + S_i S_j) = \frac{\gamma_{ij}}{S_i S_j} + 1 \end{aligned} \quad (Q.E.D)$$

(9)식도 이와 비슷한 방법으로 증명될 수 있다.

(8)식에서 보듯이 係數가 陽數이면 代替彈力性은 1보다 크게 되고, 陰數이면 1보다 작게 된다. (8)식과 (9)식에 의해 구한 각 요소간의 알렌의 部分代替彈力性(AES)은 〈表 3〉과 같다. 〈表 4〉는 이것과 비교하기 위해서 外國의 他研究者들의 測定值를 나타낸 것이다.

表 3 Allen의 部分代替彈力性

	土 地	勞 動	肥料 및 農藥	農具 및 畜力	其 他
土 地	-0.1042	-0.1469	0.1402	0.6025	0.7285
勞 動		-0.8808	0.6977	3.2916	0.8018
肥料 및 農藥			0.5386	-3.3038	-1.9560
農具 및 畜力	(대칭)			-15.9204	-0.8233
其 他					-5.1295

表 4 他研究者의 Allen 部分代替彈力性的 計測值

國 家	Binsw- anger	이정환	Le Thanh Nghiep	Kako	阿部順一
資 料 年 度	美 國 1947~ 1964	日 本 1955~ 1975	日 本 1905~ 1938	日 本 1953~ 1970	日 本 1955~ 1975
計 測 函 數	translog 費用函數	translog 生産函數	translog 費用函數	translog 費用函數	translog 費用函數
土地—勞動	0.204	0.869	0.061	0.786	-0.236
土地—肥料	2.987	1.164	-0.029	0.574	1.083
土地—機械	1.215	0.769	-0.859	0.048	0.228
勞動—肥料	-1.622	1.344	0.230	-0.207	0.060
勞動—機械	0.851	2.280	0.215	0.934	1.543
肥料—機械	-0.672	-0.105	-3.945	-0.091	-8.000

여기서 두 要素간에 代替性이 있다는 말은 生産量과 두 要素 이외의 다른 要素가격을 일정하게 유지할 때 한 要素의 價格上昇은 다른 要素의 需要量을 증가시킨다는 것을 말하고, 補完性이라는 말은 다른 要素의 需要量을 감소시킨다는 것을 의미한다. 그리고 代替彈力性的의 부호가 양수이면 代替關係, 음수이면 補完關係에 있다는 것을 나타낸다.

〈表 3〉의 계측결과 土地—土地 등 자기 자신과의 代替彈力性( $\sigma_{ii}$ )은 經濟的인 의미자 별로 없는 것이다. 각 要素間 代替彈力性的의 측정치를 보면 土地—勞動間의 代替彈力性이  $-0.1469$ 로 계측되어 약한 補完關係에 있는 것으로 계측되었다. 우리 나라는 이제까지 土地集約的, 勞動集約的 農業을 해왔기 때문에 土地와 勞動의 代替可能性은 별로 없는 것처럼 보인다. 이것은 戰後 日本農業을 계측한 阿部順一의 결과나, 戰前 日本農業을 계측한 레 탄 쥘(Le Thanh Nghiep)의 결과와 비슷하다고 할 수 있다. 土地—肥料 및 農藥 사이의 代替彈力性은  $0.1042$ 로 계측되어 이들 要素간에는 거의 代替性이 없는 것으로 나타나고 있다. 그러나 勞動—肥料 및 農藥 사이의 代替彈力性은  $0.6977$ 로 계측되어 상당히 대체성이 있는 것으로 나타났다.

이 결과는 우리나라의 農業發展에서 農藥 중

의 除草劑 등의 사용이 상당히 증가하여 재래식인 손으로 除草를 하던 시간을 많이 단축시켰다는 것을 생각해 볼 때 상당히 타당성이 있는 것이다. 勞動—肥料 및 農藥 사이의 代替彈力性を 계측한 外國의 결과는 研究者마다 서로 다르다. 빈스방어(Binswanger)가 연구한 美國의 결과는 補完性이 큰 것으로 계측되고, 阿部順一이 연구한 戰後 日本의 경우를 보면 代替性이나 補完性이 거의 없고, 李貞煥이 계측한 戰後 日本의 결과는 代替性이 상당히 큰 것으로 나타났다.

土地—農具 및 畜力 사이의 代替彈力性은  $0.6025$ 로 계측되어 代替性이 제법 큰 것으로 나타났다. 土地—機械 사이의 代替彈力性은 國家마다 연구자에 따라 상당히 다른 것으로 나타났다. 빈스방어가 계측한 美國의 경우는  $1.215$ 로 나타나 대체성이 큰 것으로 나타났고, 가코가 계측한 戰後 日本의 경우는  $0.048$ 로 計測되어 대체성이 거의 없는 것처럼 나타났고, 레 탄 쥘이 계측한 戰前 日本의 경우는  $-0.859$ 로 계측되어 土地와 機械가 補完的인 것으로 상반된 결과를 보여주었다. 勞動—農具 및 畜力 사이의 代替彈力性은  $3.2916$ 으로 계측되어 이들 두 要素는 代替性이 아주 큰 것으로 나타났는데 이것은 이들 중 어느 한 要素의 價格이 상승하면, 다른 한 要素의 使用量은 굉장히 증가한다는 것을 의미한다. 勞動—機械 사이는 外國의 경우와 정도의 차이는 있지만 모두 代替財인 것으로 나타나 外國의 결과와 비슷하다고 할 수 있다. 肥料 및 農藥—農具 및 畜力 사이는 代替彈力性이  $-3.3038$ 로 계측되어 補完性이 큰 것으로 나타났는데 이것도 정도의 차이는 있지만 外國의 결과와 비슷하다. 이것은 이들 두 要素의 어느 한 要素의 價格이 상승하면 다른 한 要素의 使用량은 감소한다는 것을 나타낸다.

〈表 2〉와 같이 費用函數의 係數가 구해지면 각 요소의 代替彈力性 이외에도 각 要素需要의 自體價格彈力性과 交叉價格彈力性을 구할 수 있다. 구하는 식은 (10)식, (11)식과 같다.

$$(10) \quad \eta_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{S_i} + S_j \text{ for all } i, j: i \neq j$$

$$(11) \quad \eta_{ii} = \frac{\gamma_{ii}}{S_i} + S_i - 1$$

(10)식의 증명은 다음과 같이 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \eta_{ij} &= \frac{\partial X_i / X_i}{\partial P_j / P_j} = \frac{\partial X_i}{\partial P_j} \frac{P_j}{X_i} \\ &= \frac{C}{C} \frac{\partial X_i}{\partial P_j} \frac{P_j}{X_i} \frac{P_j X_j}{P_j X_j} \\ &= \frac{C}{X_i X_j} \frac{C_{ij} P_j X_j}{C} \quad (\because X_i = \frac{\partial C}{\partial P_i}) \\ &= \frac{C \cdot C_{ij}}{X_i X_j} \cdot S_j = \sigma_{ij} S_j \\ &= \frac{\gamma_{ij}}{S_i} + S_j \text{ (Q.E.D)} \end{aligned}$$

(11)식의 증명도 (10)식과 비슷한 방법으로 할 수 있다. (10)식과 (11)식에 의해 生産要素需要의 自體價格彈力性과 交叉價格彈力性을 구하면 〈表 5〉와 같다.

表 5 生産要素需要의 自體價格彈力性과 交叉價格彈力性

價格	需要量	土地 需要量	勞動 需要量	肥料及農藥 需要量	農具及畜力 需要量	其他 需要量
土地의 價格	-0.0471	-0.0664	0.0471	0.2723	0.3293	
勞動의 價格	-0.0047	-0.2516	0.2239	1.0566	0.2574	
肥料及農藥價格	0.0106	0.0712	0.0549	-0.3370	-0.1995	
農具及畜力價格	0.0355	0.1942	-0.1949	-0.9393	-0.0486	
其他의 價格	0.0481	0.0529	-0.1291	-0.0543	-0.3385	

計測結果를 보면 肥料 및 農藥을 제외한 4가지 要素는 모두 自體價格彈力性이 음수가 나올바른 부호를 나타내었다. 이들 중에 農具 및 畜力の 需要는 自體價格에 대해 거의 單位彈力的이나, 나머지 土地, 勞動 그리고 기타 要素의 需要는 自體價格에 대해 비탄력적인 것으로 측정되었다. 肥料 및 農藥 需要의 自體價格彈力性가 陽數로 나타난 것은 肥料의 需要는 꾸준히

계속 증가해 왔으나, 價格은 政府의 統制로 수년간 고정되어 있다가 일시에 價格이 대폭 상승하는 경우가 있어 價格變化와 需要量이 별로 관계가 없기 때문인 것처럼 보인다.

交叉價格彈力性은 代替彈力性과 마찬가지로 陽數이면 두 요소가 서로 代替關係이고, 陰數이면 서로 補完關係에 있다는 것을 나타낸다. 農具 및 畜力需要量은 勞動의 價格에 대해서 彈力的으로 반응하는 것으로 나타났다. 이것을 제외한 要素需要의 交叉價格彈力性은 모두 1보다 작고, 0에 가까운 것이 많아 한 生産要素의 需要는 다른 要素의 價格에 대해서 약하게 반응하거나 거의 반응하지 않는 것으로 나타났다.

### V. 各 要素의 技術變化에 따른 偏向性 計測

(5)式에서 보듯이 각 要素의 費用分配 몫은 價格과 技術變化에 의해서 결정된다. 매년 費用分配 몫의 變化分 중에서 價格要因에 의한 것을 제외하고, 남은 부분이 技術變化에 의한 費用分配 몫의 變化分인데, 이것이 바로 技術變化의 偏向性을 나타내는 것이다. 매년 技術變化의 偏向性은 다음과 같이 구할 수 있다. 먼저 (5)식을 전미분하면 (12)식이 된다.

$$(12) \quad \begin{pmatrix} dS_1 \\ dS_2 \\ dS_3 \\ dS_4 \\ dS_5 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_{11} & \gamma_{12} & \gamma_{13} & \gamma_{14} & \gamma_{15} \\ \gamma_{21} & \gamma_{22} & \gamma_{23} & \gamma_{24} & \gamma_{25} \\ \gamma_{31} & \gamma_{32} & \gamma_{33} & \gamma_{34} & \gamma_{35} \\ \gamma_{41} & \gamma_{42} & \gamma_{43} & \gamma_{44} & \gamma_{45} \\ \gamma_{51} & \gamma_{52} & \gamma_{53} & \gamma_{54} & \gamma_{55} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d \ln P_1 \\ d \ln P_2 \\ d \ln P_3 \\ d \ln P_4 \\ d \ln P_5 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \gamma_{1T} d \ln T \\ \gamma_{2T} d \ln T \\ \gamma_{3T} d \ln T \\ \gamma_{4T} d \ln T \\ \gamma_{5T} d \ln T \end{pmatrix}$$

(12)식에서  $i$  요소의 경우만을 생각해 보면 (13)식과 같다.

$$(13) \quad dS_i = \sum_{j=1}^5 r_{ij} d \ln P_j + r_i \tau d \ln T$$

(13)식에서  $dS_i$ 는  $i$  요소의 費用分配 몫 變化分全體를 나타내고,  $\sum_{j=1}^5 r_{ij} d \ln P_j$ 는 價格變化에 의한 費用分配 몫의 變化分을 나타내고,  $r_i \tau d \ln T$ 는 技術變化에 의한 費用分配 몫의 變化分을 나타낸다. 技術變化에 의한 費用分配 몫의 變化分을  $dS_i^*$ 라 표시하면 이것은 (14)식에 의해서 구할 수 있다.

$$(14) \quad dS_i^* = dS_i - \sum_{j=1}^n r_{ij} d \ln P_j$$

Hicks의 의미에서 技術進步의 偏向性은 (15)식과 같이 정의된다.

$$(15) \quad Q_i = \frac{dS_i^*}{dT} \frac{1}{S_i} \begin{cases} < 0 \\ > 0 \end{cases}$$

- $i$  요소 절약적 ( $< 0$ )
- $i$  요소 중립적 ( $= 0$ )
- $i$  요소 사용적 ( $> 0$ )

실제로 技術進步의 偏向性을 제측하기 위해서 費用分配 몫과 價格은 3年移動平均法으로 정리하였다. 따라서 18년의 資料가 16년의 資料로 감소하였다. <表 2>의 費用函數 係數( $r_{ij}$ )는 매년 일정하다고 가정하고 (14)식의 방법에 의해 ( $T-1$ )년과  $T$ 년의 技術變化에 의한 費用分配 몫의 變化分  $dS_i^*$ 를 계산한 것이 <表 6>이다.

基準年度에 비해서  $t$ 년도  $i$  요소 技術進步의 偏向性을 구하려면, 기준연도의  $i$  요소 費用分配 몫에  $t$ 년도까지  $dS_i^*$ 를 모두 합하면 된다. 즉  $t$ 년도의 技術變化에 의한 要素의 分配 몫을 구하는 식은 (16)식과 같다.

表 6  $S_{it}^*$ 의 計算

年 度	土 地	勞 動	肥料 및 農藥	農具 및 畜力	其 他
1 9 6 5	-0.6	0.2	0.5	-0.1	0.1
1 9 6 6	-0.4	-0.4	0.2	0.2	0.2
1 9 6 7	0.2	-0.3	0.4	-0.1	0.1
1 9 6 8	-0.1	-0.3	0.3	0.0	0.1
1 9 6 9	0.0	-0.1	0.2	-0.2	0.0
1 9 7 0	0.1	-0.3	0.2	0.0	0.0
1 9 7 1	-0.4	-0.3	0.6	0.2	0.0
1 9 7 2	0.0	-0.8	0.5	0.0	0.4
1 9 7 3	0.1	-0.3	0.5	-0.5	0.0
1 9 7 4	0.2	0.3	0.3	-0.5	-0.1
1 9 7 5	0.1	-0.6	0.3	0.0	0.0
1 9 7 6	0.0	-0.7	0.1	0.3	0.5
1 9 7 7	0.5	-1.2	0.2	0.2	0.4
1 9 7 8	0.2	-0.3	0.5	-0.2	-0.1
1 9 7 9	0.0	-0.4	0.8	-0.3	-0.2

$$(16) \quad S_{it}^* = S_{i, 1964} + \sum_{T=1964}^t dS_{iT}^*$$

기준연도의  $i$  요소의 費用分配 몫( $S_{i, 1964}$ )에 대하여  $S_{it}^*$ 의 比率이  $i$  요소의  $t$ 년도 技術進步의 偏向性인데 이것은 (17)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$(17) \quad Q_i = \frac{S_{it}^*}{S_{i, 1964}}$$

<表 7>은 <表 6>을 바탕으로 各 要素의 技術進步의 偏向性을 구한 것이고, <그림 1>은 이것을 그래프로 나타낸 것이다.

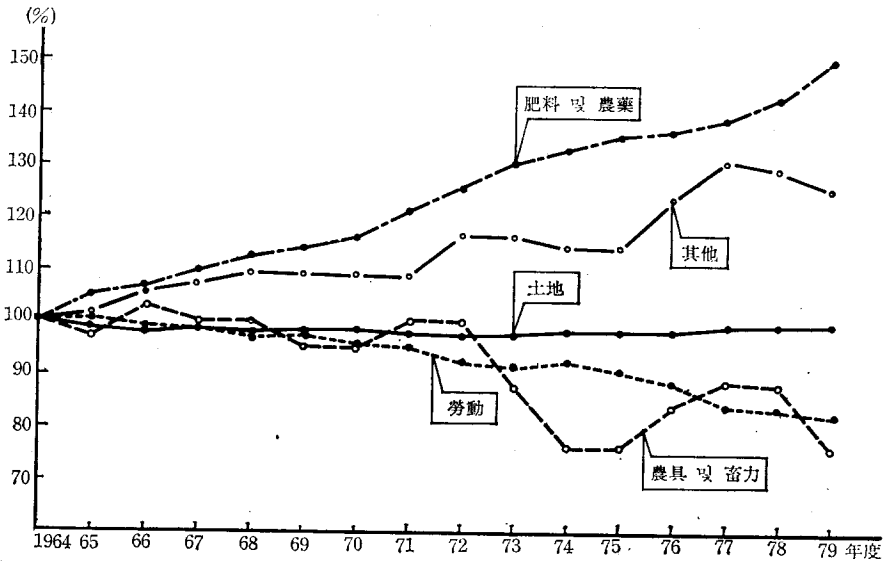
技術變化의 偏向性을 보면 土地는 거의 계속 中立的인 技術變化를 나타내고 있으며, 勞動은 1970년까지 中立的의다가 1971년부터 점점 勞動節約的인 방향으로 技術變化의 偏向性을 나타내고 있다. 肥料 및 農藥은 技術變化가 계속 사용적인 방향으로 일어났고, 其他 요소도 약간의 기복이 있고, 肥料 및 農藥보다는 약하지만 계속 사용적인 방향으로 技術變化의 偏向性을 보여주고 있다. 農具 및 畜力の 偏向性은 기복이 심하다. 최근에 農業部門의 機械化가 어느 정도 진척이 되고 있음에도 農具 및 畜力이 절약적인 방향으로의 偏向性을 보인 것은 農機械의 사용



表 7 各要素의 技術進步 偏向性

年 度	土 地		勞 動		肥料 및 農藥		農具 및 畜力		其 他	
	기술변화에 따른 비용분배 비율	백분율	기술변화에 따른 비용분배 비율	백분율	기술변화에 따른 비용분배 비율	백분율	기술변화에 따른 비용분배 비율	백분율	기술변화에 따른 비용분배 비율	백분율
1964	48.2	100.0	30.7	100.0	11.2	100.0	4.3	100.0	5.5	100.0
1965	47.6	98.8	30.9	100.7	11.7	104.5	4.2	67.7	5.6	101.9
1966	47.2	97.9	30.5	99.3	11.9	106.3	4.4	102.3	5.8	105.5
1967	47.4	98.3	30.2	98.4	12.3	109.8	4.3	100.0	5.9	107.3
1968	47.3	98.1	29.9	97.4	12.6	112.5	4.3	100.0	6.0	109.1
1969	47.3	98.1	29.8	97.1	12.8	114.3	4.1	95.3	6.0	109.1
1970	47.4	98.3	29.5	96.1	13.0	116.1	4.1	95.3	6.0	109.1
1971	47.0	97.5	29.2	95.1	13.6	121.4	4.3	100.0	6.0	109.1
1972	47.0	97.5	28.4	92.5	14.1	125.9	4.3	100.0	6.4	116.4
1973	47.1	97.7	28.1	91.5	14.6	130.4	3.8	88.4	6.4	116.4
1974	47.3	98.1	28.4	92.5	14.9	133.0	3.3	76.7	6.3	114.5
1975	47.4	98.3	27.8	90.6	15.2	135.7	3.3	76.7	6.3	114.5
1976	47.4	98.3	27.1	88.3	15.3	136.6	3.6	83.7	6.8	123.6
1977	47.9	99.4	25.9	84.4	15.5	138.9	3.8	88.4	7.2	130.9
1978	48.1	99.8	25.6	83.4	16.0	142.9	3.6	83.7	7.1	129.1
1979	48.1	99.8	25.2	82.1	16.8	150.0	3.3	76.7	6.9	125.5

그림 1 各要素의 技術進步의 偏向性

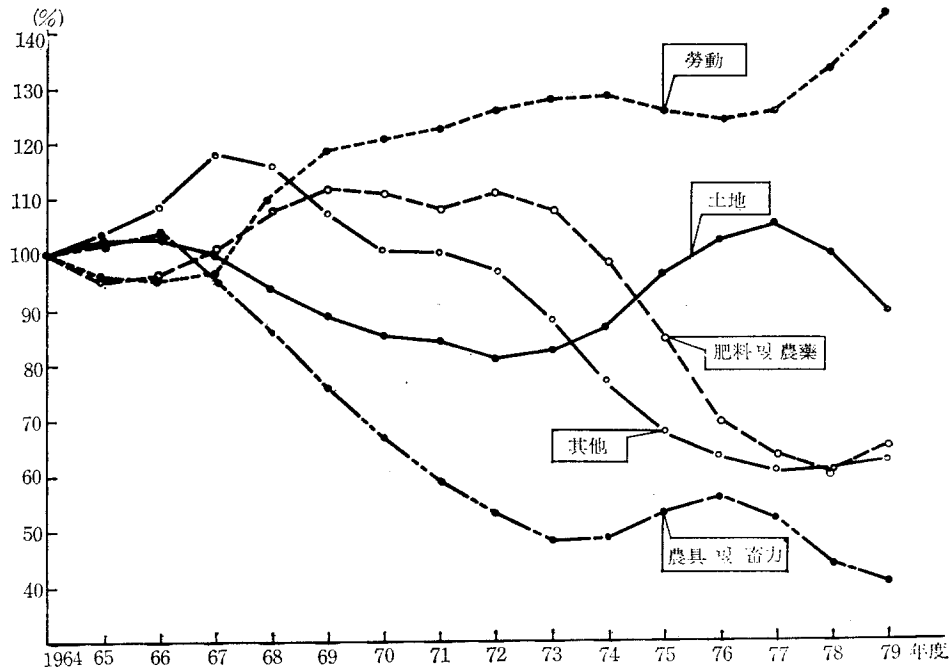


이 증대되었다라든가 이것이 畜力의 사용과 대체되어 그 效果가 서로 상쇄되었기 때문이거나 상대적으로 다른 要素보다 偏向性이 사용적인 方向으로 보다 작게 발생했기 때문인 것으로 보인다.

이렇게 구한 技術變化의 偏向性은 어떤 要因

들에 의해서 결정되는 것인가? 技術變化의 偏向性을 결정하는 要因에 대해서는 여러가지 理論이 있다. 즉 要素의 相對價格, 各 要素의 分配, 기타 研究活動, 學習(learning-by-doing) 등에 의해서 결정된다는 理論들이 있다. 그러나 이제까지 대부분의 실증결과들은 要素의 相對價格

그림 2 各要素의 相對價格指數



과 技術進步의 偏向性의 關係에 關한 것이었는데, 이것은 다른 요인들은 실증하기에 많은 어려움이 따르기 때문이다. 그리고 대부분의 연구 결과는 要素의 相對價格 變化가 技術進步의 偏向性을 결정하는 主要因이라는 것을 증명하였다.

여기서는 技術進步의 偏向性이 다른 요인에 의해서도 많은 영향을 받지만 주로 要素의 相對價格의 變化에 의해서 유발된다고 가정하고, 技術進步의 偏向性과 要素의 相對價格과의 關係를 분석하여 要素의 相對價格이 技術進步의 偏向性을 얼마만큼 설명해 주는가를 검증하고자 한다.

<그림 2>는 각 要素의 相對價格을 나타내는 것이다. 이것은 각 요소의 相對價格指數를 3년 이동평균한 것이다. 각 要素의 相對價格 趨勢를 보면 土地價格은 1972년까지 下向的이다가 그 다음부터 上昇勢를 나타냈으며, 1977년부터 다

시 하락하고 있다. 勞動價格은 거의 대부분 上昇趨勢를 나타내고 있으며, 肥料 및 農藥의 價格은 중간 2년간을 제외하면 계속 下落勢를 나타내고 있다. 農具 및 畜力과 기타의 價格은 기복이 약간 있는 편이나 전반적으로 下落勢를 나타내고 있다.

要素의 相對價格과 技術進步의 偏向性을 살펴 보면, 각 要素價格 중에서 勞動의 價格, 즉 賃金이 가장 높게 상승했는데, 技術進步의 偏向性을 보면 勞動節約的인 면이 뚜렷이 나타난다. 肥料 및 農藥의 價格은 下落勢가 뚜렷한데 技術進步의 偏向性을 보면 사용적인 면이 가장 강하다. 土地의 경우를 보면 價格趨勢는 약간의 기복은 있으나 全期間을 보면 不變狀態와 비슷하며 技術變化의 偏向性은 거의 中立的이다. 其他 요소의 경우 가격의 추세는 기복은 있지만 약간의 하락세를 보여주고 있고, 技術進步의 傾向성

을 보면 약하기는 하지만 사용적인 면을 나타내고 있다. 農具 및 畜力の 경우를 보면 價格은 약간의 기복이 있지만, 下向勢를 나타내고 있고 技術進步의 偏向性도 기복이 있지만 절약적인 方向으로 일어나고 있다.

이상의 경우에서 보듯이 農具 및 畜力を 제외한 4가지 生産要素의 경우 要素의 相對價格이 상승한 요소는 절약하려는 方向으로 상대가격이 하락한 요소는 사용하려는 方向으로 技術進步의 偏向性이 발생하고 있다. 즉 우리 나라의 米穀農業에 있어서 技術進步의 偏向性은 상당한 정도의 要素의 相對價格에 의해서 유발되었다는 것을 알 수 있다.

## VI. 結 論

이상에서 트랜스로그 費用函數를 이용하여 1963년부터 1980년까지 韓國米作農業에 있어서 各 要素의 알렌의 部分代替彈力性和 技術進步의 偏向性을 계측해 보았다. 部分代替彈力性的의 계측결과 土地—勞動, 土地—肥料 및 農藥 사이는 거의 代替性이 없는 것으로 나타났고, 土地—農具 및 畜力, 勞動—肥料 및 農藥 사이는 상당한 정도로 代替性이 있는 것으로 계측되었다. 勞動—農具 및 畜力 사이는 代替性이, 그리고 肥料 및 農藥—農具 및 畜力 사이는 補完性이 아주 큰 것으로 계측되었다.

技術變化의 偏向性을 살펴보면 肥料 및 農藥은 使用的인 方向으로, 土地는 中立的, 勞動은 節約的인 方向으로 偏向性이 발생하고 있으며, 農具 및 畜力の 偏向性은 기복이 심하다. 이들을 要素의 상대가격과 비교해 보면 상당한 정도로 要素의 相對價格이 이들 偏向性을 설명해 줄

수 있다.

이 연구는 資料數의 부족으로 전 期間에 걸쳐 費用函數의 係數가 일정하다고 가정하고 있다. 충분한 資料가 얻어질 수 있다면 各 期間마다의 費用函數係數를 계측하고, 그것으로 各 기간마다의 代替彈力性和 技術變化의 偏向性을 구하는 것이 바람직할 것이다.

### 參考文獻 및 參考資料

1. 농수산부, 「농림통계연보」, 1964~1981.
2. \_\_\_\_\_, 「농산물생산비조사결과보고」, 1976~1981.
3. \_\_\_\_\_, 「농산물생산비조사해설」, 1974.
4. 농협중앙회, 「농촌물가총람」, (1962~1979), 1980.
5. \_\_\_\_\_, 「농협조사월보」, 1981. 10.
6. 加古敏之, “稻作の技術進步の性格の計測” 「農林業問題研究」, 關西農業經濟學會編集, 第55號, 1979. 6, pp. 18~25.
7. 阿部順一, “生産要素代替の偏彈力性”, 「農業經營經濟の最新論叢」, 帶廣畜産大學 畜産經營學科編, 研究叢書第4號, 1978, pp. 248~263.
8. Berndt, E.R., and David O. Wood, “Technology, Prices, and the Derived Demand for Energy”, *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 57, No. 3, August 1975, pp. 259~268.
9. Binswanger, H.P., “The Measurement of Technical Change Biases with many Factors of Production,” *A.E.R.* Vol. 64 (1974. a) pp. 964~976.
10. \_\_\_\_\_ “A Cost Function Approach to the Measurement of Factor Demand Elasticities and Elasticities of Substitution,” *A.J.A.E.*, Vol. 56, (1974, b), pp. 377~386.
11. Hayami, Y. and V.W. Ruttan, *Agricultural Development: An International Perspective*, Baltimore: John Hopkins Press, 1971.
12. Kako, T., “Decomposition Analysis of Derived Demand for Factor Inputs: The Case of Rice Production in Japan,” *A.J.A.E.*, Vol. 60, 1978, pp. 628~635.
13. Le, T.N., “The Structure and Change of Technology in Prewar Japanese Agriculture,” *A.J.A.E.*, Vol. 61 1979, pp. 687~693
14. Lee, J.H., *Farm Technological Change in Growing Economy*, Ph.D. Thesis, Hokkaido University 1980.
15. Theil, M., *Principles of Econometrics*, John Wiley & Son, INC, 1971.