一般論叢

産業聯關分析의 理論과 適用(上)

李 수 레

〈韓銀調査第 2 部 聯關分析課 調査役〉

目 次

◇——◇——◇——◇——◇

Ⅰ. 産業聯關 분석의 原理

前號에서는 産業聯關分析의 전반적인 槪要와 産業聯關表의 構成原理를 설명한 바 있는데 産業聯關表의 作成目的은 經濟分析, 具體的으로는 産業聯關分析에 필요한 「파라미터(parameter)」를 求하는데 있다. 즉 産業聯關分析은 聯關表에서 얻은 「파라미터」를 중심으로 一國經濟의 生産·輸入, 資本, 雇傭 등 構造分析을 할 수 있는 동시에 計劃編成, 經濟豫測等에 이용할 수 있다. 그렇다면 이들 分析을 一貫하는 기본적인 原理는 과연 무엇인가? 本稿에서는 假說例를 通하여 上, 下 2回에 걸쳐 이를 說明하고자 한다.

1. 投入係數

産業聯關分析은 한마디로 産業聯關表에서 얻은 投入係數(input coefficient)를 利用한 經濟分析의 수단이다. 따라서 投入係數가 결정적으로 중요한 역할을 한다.

지금 理解를 돕기 위하여 輸入이 전혀 없고 部門數가 오직 農業과 工業의 둘뿐인 經濟體制를 생각한다.

投入係數란 어떤 産業의 列을 그 産業의 産出額으로 나누어 얻은 係數이다. 前術한 바도 있거니와 産業聯關表의 列은 그 部門의 費用構成을 나타내는 것으로 <表－1>에 의하면 農業의 列은 農業部門이 農業 및 工業에서 각각 10(自部門內去來) 및 20의 産出物을 原材料로서 購入하여 100의 農業製品을 生産하는 것을 나타낸다. 따라서 각 原材料 購入額을 産出額으로 나누어 얻은 係數는 農産物 1單位의 生産을 위해서 각각 原材料를 몇 單位 사용한 것인가를 의미한다. 즉 農業部門은 100의 生産을 위해서 農業自體에서 $\frac{10}{100}=0.1$ 單位, 工業에서 $\frac{20}{100}=0.2$ 單位의 input를 필요로 하는 것으로 결국 이 0.1과 0.2가 農業部門의 投入係數가 된다. 그리고 附加價値도 이와 同一한 方法으로 계산하면 $\frac{70}{100}=0.7$이라는 係數를 얻는데 이것을 附加價値率이라고 한다. 附加價値率은 産出物 1單位當 얼마만큼의 附加價値가 發生되는가를 표시한다.

〈表－1〉 **産業聯關表**

	農　業	工　業	最終需要	産出額
農　業	10	20	70	100
工　業	20	100	80	200
附加價値	70	80		
投入額	100	200		

〈表－2〉 **投入係數表**

	農　業	工　業
農　業	0.1	0.1
工　業	0.2	0.5
附加價値率	(0.7)	(0.4)

이와 같이 <表－1>에서 求한 投入係數를 <表－2>와 같이 配列한 것을 投入係數表 또는 投入係數行列이라고 한다. 投入係數表는 産業聯關分析의 基礎가 되는 것이며 産業聯關表를 作成한다는 것은 이 投入係數表를 作成하기 위한 것이라 하여도 과언이 아닌 것이다.

2. 最終需要와 生産

모든 生産活動은 궁극적으로 그나라 國民經濟의 最終需要를 充足시키기 위해서 이루어진다고 볼 수 있다. 生産財産業은 最終需要財産業과 달리 直接的으로는 最終需要 充足을 위해서 生産을 한다고 볼 수 없으나 最終需要財 生産에 필요한 原材料를 供給한다는 의미에서 간접적으로 最終需要 充足을 위해서 生産한다. 따라서 모든 産業의 生産은 直接 間接으로 最終需要에 의하여 規制되는 것이며 投入係數는 이 兩者를 媒介하는 역할을 담당한다.

産業聯關分析에서 最終需要와 生産間에는 다음과 같은 關係를 생각할 수 있다. 지금 <表－2>와 같은 投入係數表가 주어져 있고

農業産出額 ································ X_1

工業産出額 ································ X_2

農業에 대한 最終需要 ···················· Y_1

工業에 대한 最終需要 ···················· Y_2

라고 할 때 最終需要 Y_1, Y_2를 充足시키기 위하여 農業은 X_1을 生産하고 工業은 X_2를 生産한다고 한다. 農業生産 1單位를 위해서는 農業産出物 0.1單位를 필요로 하기 때문에 X_1만큼 生産하기 위해서는 $0.1X_1$이 필요하게 된다. 또한 工業生産 1單位를 위해서는 農業産出物 0.1單位를 필요로 하기 때문에 工業生産 X_2를 위해서는 $0.1X_2$만큼 필요하게 된다. 이 $0.1X_1$과 $0.1X_2$의 合計는 農業生産物에 대한 中間需要가 된다. 따라서 이 中間需要에 農業에 대한 最終需要 Y_1을 合計하면 그 合計는 農業에 대한 總需要가 되어 農業産出額 또는 供給額과 均等하게 된다 (우리의 例는 輸入이 없는 封鎖經濟體系를 假定하였으므로 여기서는 産出額＝供給額이 된다). 따라서

$0.1X_1+0.1X_2+Y_1=X_1$ ·················· ①

이라는 關係式이 成立한다.

또한 工業에 대한 總需要와 總供給間에도

$0.2X_1+0.5X_2+Y_2=X_2$ ·················· ②

라는 관계가 成立한다.

産業聯關分析은 위의 兩式과 같은 關係式을 前提로 하여 分析을 하는 것이다. 위의 두 産業에 關한 關係式은 未知數가 X_1, X_2, Y_1, Y_2 4個의 聯立方程式이기 때문에 그 중 2個에 구체적인 數値가 주어지면 未知數가 2個가 되어 方程式의 數와 일치하게 되며 이 聯立方程式은 간단하게 解를 얻게 된다. 즉 最終需要 Y_1, Y_2에 구체적인 數値를 줄 때 이 聯立方程式을 풀므로서 農業과 工業의 生産水準 X_1, X_2를 求할 수 있다.

지금 ①, ②式에서 Y_1을 70, Y_2를 80이라 할 때 兩産業의 産出額은 다음과 같이 求해진다.

$$\left.\begin{aligned} X_1 &= \boxed{1.2}\times 70+\boxed{0.2}\times 80=100 \\ X_2 &= \boxed{0.5}\times 70+\boxed{2.1}\times 80\doteqdot 200 \end{aligned}\right\}\cdots ③$$

즉 X_1과 X_2의 각 數値 100, 200은 <表－1>의 農業, 工業 兩部門의 産出額과 일치한다. ③式의 左邊中 70은 農業에 대한 最終需要이며 80은 工業에 대한 最終需要이다. 點線으로 둘러싸인 部分은 投入係數의 行列을 알 때 여기서 導出되는 數値로서 이를 投入係數의 逆行列(inverse matrix) 또는 간단히 逆行列係數라고 한다. 逆行列以外에도 生産水準을 求하는 解法은 몇가지 있으나 逆行列係數를 이용하는 것이 가장 일반적이며 간편하다.

이상에서는 産業이 2個部門인 극히 간단한 假說例에 의하여 說明을 전개하였으나 실제에 있어서 産業聯關表는 수십 내지 수백으로 分割되어 있는 것이 보통이다. 그러나 아무리 部門數가 많다 하더라도 X와 Y는 그 部門數만큼 밖에 없기 때문에 그 中 半數에 해당하는 변수에 具體的 數値를 주면 나머지 변수의 答을 얻게 된다.

그런데 여기서 旣知數로 주어진 數値(外生變數)를 어느 것으로 擇하느냐 하는 問題는 分析目的에 따라 다르나 다음과 같은 여러가지 경우를 豫想할 수 있다.

① 最終需要를 賦與하고 産出額의 列을 求한다.

② 産出額의 列을 賦與하고 最終需要의 列을 求한다.

③ 어떤 産業에 대해서는 最終需要를, 殘餘産業에는 産出額을 賦與하여 前者에 대해서는 産出額을, 後者에 대해서는 最終需要를 求한다.

④ 극히 특수한 경우로서 어떤 産業에 대해서는 그 産出額과 最終需要를 賦與하고 殘餘産業의 産出額과 最終需要를 求한다.

물론 위의 네가지 중 어느 경우라도 分析이 가능하나 일반적으로 ①의 경우가 가장 많이 쓰인다.

이상에서 본 바와 같이 最終需要와 生産間에는 一定한 關係가 있으며 그 關係를 規定하고 있는 것이 投入係數이다.

産業聯關分析은 여러가지 目的에 사용될 수 있으나 一貫된 原理는 이상에서 말한 간단한 것에 기초를 두고 있다.

이와 같은 原理를 지탱하는 것은 소위 投入係數의 安定性이라는 假定이다. 사실 投入係數가 항상 변동하고 있으면 最終需要와 生産間에서 一貫的인 관계를 求하기란 거의 不可能하기 때문이다. 投入係數는 原單位係數를 金額으로 표시한 것이며 技術的인 기초를 갖고 있기 때문에 長期的으로는 技術進步에 의하여 변화하지만 短期的으로는 安定的이라고 생각할 수 있는 것이며 이 安定的인 技術關係에 입각하여 産業聯關分析이 가능케 되는 것이다.

일반적으로 投入係數는 a_{ij}라고 쓰며 <表－3>과 같이 표시한다. <表－3>에서 i는 行을 表示하며 j는 列을 나타낸다. 따라서 a_{ij}는 i行 j列의 投入係數이며 우리의 例에서 a_{21}은 農業의 行과 工業의 列의 交點의 投入係數라는 意味를 갖는다.

〈表－3〉 **投入係數表**

	農 業	工 業
農 業	a_{11}	a_{12}
工 業	a_{21}	a_{22}

Ⅱ. 産業聯關方程式의 解法

앞에서 우리는 産業聯關方程式에 있어서 聯立方程式은 네가지의 형태가 있으며 그 중 가장 많이 사용되는 것이 最終需要의 列을 주고 生産水準을 求하는 것임을 알았다. 그러나 이 計算節次는 매우 복잡한 것이며 이것이 産業聯關分析의 결점으로 지적되고도 있다. 물론 거대한 聯立方程式을 풀기 위한 상세한 지식을 절대적으로 필요한 것은 아니며 電子計算器를 이용하지 않으면 풀 수 없는 것이므로 電子計算專門家에 一任하는 것이 原則이나 産業聯關分析의 模型에 關하여 自身이 直接 數字列에 의하여 解를 求한다면 一層 신속하게 그 原理를 理解할 수도 있는 것이다. 따라서 이와 같은 目的下에 앞의 假說例를 利用한 計算方法을 설명해 보고자 한다.

産業聯關方程式의 解法은 여러가지가 있으나 여기에서는 一般解法(general solution) 및 反復計算法(iterative method)에 의한 計算過程을 알아보겠다.

1. 一般解法

最終需要의 列 즉 産業別 最終需要를 주고 産出額의 列(生産水準)을 求하는 方法은 産出額의 列을 주고 最終需要의 列을 求하는 것보다 實際計算面에서 어렵다. 後者의 경우에는 産出額만 주어지면 最終需要는 비교적 간단히 求할 수 있으나 前者인 産出額이 未知數인 경우에는 部門數가 增大하면 할수록 지극히 복잡해진다. 이 복잡성을 解決하기 위해 考案된 것이 一般解法이

다. 즉 1單位의 最終需要에 의해 直接·間接으로 誘發되는 產業의 產出額을 投入係數表에서 計算하는 方法으로 이것이 바로 逆行列係數의 算出이다.

이제 逆行列 計算은 어떤 절차에 의하는가를 보기로 한다. 위에서 본 바와 같이 最終需要 Y_1, Y_2와 產出額 X_1, X_2間에는 다음과 같은 一般的인 關係가 있다.

$$a_{11}X_1+a_{12}X_2+Y_1=X_1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ④$$

$$a_{21}X_1+a_{22}X_2+Y_2=X_2 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ⑤$$

여기서 Y_1, Y_2는 賦與된 것으로 하고 X_1, X_2를 求해 보자. 式 ④, ⑤에서 X_1과 X_2를 移項하면

$$(a_{11}-1)X_1+a_{12}X_2+Y_1=0 \cdots\cdots\cdots ④'$$

$$a_{21}X_1+(a_{22}-1)X_2+Y_2=0 \cdots\cdots\cdots ⑤'$$

④′에 $(a_{22}-1)$을 곱하고 ⑤′에 $-a_{12}$를 곱한 後 두 邊을 더하면,

$$\{(a_{11}-1)(a_{22}-1)-a_{12}a_{21}\}X_1+(a_{22}-1)Y_1-a_{12}Y_2=0$$

따라서

$$X_1=\frac{(1-a_{22})}{(a_{11}-1)(a_{22}-1)-a_{12}a_{21}}Y_1+\frac{a_{12}}{(a_{11}-1)(a_{22}-1)-a_{12}a_{21}}Y_2 \cdots ④''$$

또한 위의 節次와 똑같이 ④′에 a_{21}을 곱하고 ⑤′에 $-(a_{11}-1)$을 곱한 後 두 邊을 더하면,

$$\{a_{12}a_{21}-(a_{11}-1)(a_{22}-1)\}X_2+a_{21}Y_1-(a_{11}-1)Y_2=0$$

따라서

$$X_2=\frac{a_{21}}{(a_{11}-1)(a_{22}-1)-a_{12}a_{21}}Y_1+\frac{(1-a_{11})}{(a_{11}-1)(a_{22}-1)-a_{12}a_{21}}Y_2 \cdots ⑤''$$

앞의 例에서 投入係數는 $a_{11}=0.1$, $a_{12}=0.1$, $a_{21}=0.2$, $a_{22}=0.5$이므로 이를 ④″와 ⑤″에 代入하면

$$X_1=\frac{0.5}{0.43}Y_1+\frac{0.1}{0.43}Y_2$$

$$X_2=\frac{0.2}{0.43}Y_1+\frac{0.9}{0.43}Y_2$$

가 된다.

이것을 다음과 같이 <表-4>로 나타낸다.

〈表-4〉 **逆行列係數表**

	農業	工業
農業	$\frac{50}{43}\fallingdotseq(1.2)$	$\frac{10}{43}\fallingdotseq(0.2)$
工業	$\frac{20}{43}\fallingdotseq(0.5)$	$\frac{90}{43}\fallingdotseq(2.1)$

<表-4>의 意味는 지금까지의 計算에서 理解할 수 있을 것이다. 즉 農業의 行과 農業의 列의 交點인 逆行列係數 1.2(이를 r_{11}으로 普通 表示한다)는 農業에 대한 最終需要가 1單位 일 때 이것을 充足하기에 필요한 農業製品의 量을 表示하는 것이며 農業의 行과 工業의 列의 交點인 逆行列係數 0.2(r_{12})는 工業에 대한 最終需要가 1單位 일 때 이것을 充足하는데 필요한 農業製品의 量을 표시한다.

따라서 <表-4>와 같이 逆行列係數를 計算하면 農業에 대한 最終需要 Y_1(70) 및 工業에 대한 最終需要 Y_2(80)를 充足하는데 필요한 農業, 工業의 生產水準 X_1, X_2는 다음과 같이 計算된다.

$$X_1=r_{11}Y_1+r_{12}Y_2=\frac{50}{43}70+\frac{10}{43}80$$

$$=100$$

$$X_2=r_{21}Y_1+r_{22}Y_2=\frac{20}{43}70+\frac{90}{43}80$$

$$=200$$

以上에서 본 逆行列의 計算을 行列(matrix)을 利用하여 간단히 記號로 나타내 보면 다음과 같다.

$$\left.\begin{array}{l}a_{11}X_1+a_{12}X_2+Y_1=X_1\\a_{21}X_1+a_{22}X_2+Y_2=X_2\end{array}\right\} \cdots\cdots\cdots\cdots ⑥$$

에서

$$\begin{pmatrix}a_{11}&a_{12}\\a_{21}&a_{22}\end{pmatrix}\begin{pmatrix}X_1\\X_2\end{pmatrix}+\begin{pmatrix}Y_1\\Y_2\end{pmatrix}=\begin{pmatrix}X_1\\X_2\end{pmatrix} \cdots\cdots ⑥'$$

가 되며 다시

$$\begin{pmatrix}a_{11}&a_{12}\\a_{21}&a_{22}\end{pmatrix}=A,\ \begin{pmatrix}X_1\\X_2\end{pmatrix}=X,\ \begin{pmatrix}Y_1\\Y_2\end{pmatrix}=Y$$

라 하면 ⑥′式은 $AX+Y=X$ ⋯⋯⋯⋯ ⑥″ 로 간단히 表示된다. ⑥″式은 中間需要+最終需要=總產出額(또는 供給額)을 나타내는 것이다.

지금 어떤 經濟에 있어서 그 生產構造가 A라

는 技術關係를 갖고 있고 Y라는 最終需要를 充足하는데 필요한 生產水準을 求한다고 할 때 A를 固定生產函數로 하고 Y를 줌으로써 X를 풀면 된다. 즉 ⑥″式에서 AX를 右邊에 移項하면

$$Y = X - AX = (I-A)X \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑥'''$$

⑥‴式을 行列로 다시 展開하면,

$$\begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1-a_{11} & -a_{12} \\ -a_{21} & 1-a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} \text{ 이다.}$$

이 때 I를 單位行列(identity matrix)이라고 하며 $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix} = I$와 같은 行列로서 自然數의 1과 同一한 것으로 생각하면 된다.

⑥‴式의 兩邊을 $(I-A)$로 나누면

$$X = (I-A)^{-1}Y$$

가 된다.

위에서 본 바와 같이 ⑥式을 풀어 얻은 逆行列係數 R은 바로 $(I-A)^{-1}$인 것이다. 그리고 $(I-A)^{-1}$는 $(I-A)$의 逆數로 $(I-A)$를 行列이라고 하는데 대하여 그 逆數이기 때문에 逆行列이라 하는 것이다.

2. 反復計算法

反復計算法(iterative method)은 最終需要가 주어졌을 때 각 產業의 派生需要를 反復計算하는 방법으로서 실제에 있어 과히 크지 않은 規模의 投入, 產出 모델을 푸는 方法으로 대단히 能率的이다.

이제 <表－1> 및 <表－2>(投入係數表)에 의해서 農業에 대한 最終需要가 Y_1(70) 單位, 工業에 대한 最終需要가 Y_2(80) 單位 주어졌을 때 이 最終需要를 滿足시키기 위한 農業, 工業의 生產은 각각 얼마큼 필요한가를 反復計算法에 의하여 計算하기로 한다.

(1) 우선 直接 最終需要를 充足시키기 위해서는 農業은 Y_1(70)單位, 工業은 Y_2(80)單位의 產出物의 生產이 필요하다.

즉 $X_1^{(0)} = 70 = Y_1$

$X_2^{(0)} = 80 = Y_2$

(2) 다음 農業 및 工業의 兩部門은 위의 最終需要에 의한 農業產出物 Y_1(70)單位, 工業產出物 Y_2(80)를 각각 生產하여야 하므로 技術的으로 定해진 投入係數에 따라 原材料를 購入할 필요가 생긴다. 우선 이 原材料로서의 農業產出物이 얼마큼 필요하게 되는가를 알기 위해서는 첫째, 農業은 1單位의 生產을 하는데 필요한 農業產出物의 input를 표시하는 農業의 行과 農業의 列의 交點의 投入係數인 a_{11}(0.1)에 農業에 대한 最終需要 $X_1^{(0)}$(70)을 곱하여 農業生產에 投入되는 農業產出物의 量을 求하고 둘째로 工業產出物 1單位를 生產하는데 필요한 原材料로서의 農業產出物의 量을 표시하는 農業의 行과 工業의 列의 交點의 投入係數인 a_{12}(0.1)에 工業에 대한 最終需要 $X_2^{(0)}$(80)을 곱한다. 이상으로서 農業 및 工業에 대한 각각의 直接需要 70 및 80單位를 生產하는데 필요한 農業產出物의 量이 求해진다. 이것을 農業產出物에 대한 第1次 中間需要 $(X_1^{(1)})$라고 하며 式으로 나타내면 다음과 같다.

$$X_1^{(1)} = a_{11}Y_1 + a_{12}Y_2 = 0.1 \times 70 + 0.1 \times 80 = 15$$

또한 위의 計算節次와 똑같이 $X_1^{(0)}$(70) $X_2^{(0)}$(80)單位의 生產을 위해 原材料로서 필요한 工業產出物의 量(工業에 대한 第1次中間需要) $X_2^{(1)}$을 求하면

$$X_2^{(1)} = a_{21}Y_1 + a_{22}Y_2 = 0.2 \times 70 + 0.5 \times 80 = 54$$

(3) 다음 農業產出物에 대한 第1次中間需要 $(X_1^{(1)})$와 工業產出物에 대한 第1次中間需要 $(X_2^{(1)})$를 生產하는데 필요한 農業產出物의 量(農業產出物에 대한 第2次中間需要) $X_1^{(2)}$를 計算하여야 하므로

$$\begin{aligned} X_1^{(2)} &= a_{11}X_1^{(1)} + a_{12}X_2^{(1)} \\ &= a_{11}(a_{11}Y_1 + a_{12}Y_2) + a_{12}(a_{21}Y_1 + a_{22}Y_2) \\ &= 0.1 \times 15 + 0.1 \times 54 = 6.9 \end{aligned}$$

또한 工業產出物에 대한 第2次中間需要 $X_2^{(2)}$는

$$\begin{aligned} X_2^{(2)} &= a_{21}X^{(1)} + a_{22}X_2^{(1)} \\ &= a_{21}(a_{11}Y_1 + a_{12}Y_2) + a_{22}(a_{21}Y_1 + a_{22}Y_2) \\ &= 0.2 \times 15 + 0.5 \times 54 = 30 \end{aligned}$$

(4) 다음 農業產出物에 대한 第3次中間需要 $X_1^{(3)}$ 및 工業產出物에 대한 第3次中間需要 $X_2^{(3)}$는 각각

$X_1^{(3)} = a_{11}X_1^{(2)} + a_{12}X_2^{(2)} = 0.1 \times 6.9 + 0.1 \times 30 = 3.69$

$X_2^{(3)} = a_{21}X_1^{(2)} + a_{22}X_2^{(2)} = 0.2 \times 6.9 + 0.5 \times 30 = 16.38$

이 되어 이와 같은 方法으로 4次派生需要, 5次

〈表－5〉 投入係數表

	農　業	工　業
農　業	0.1	0.1
工　業	0.2	0.5

〈表－6〉 最終需要

	農　業	工　業	最終需要
農　業	－	－	70
工　業	－	－	80
計			150

〈表－7－①〉 1次派生需要

	農　業	工　業	計
農　業	0.1×70＝7	0.1×80＝8	15
工　業	0.2×70＝14	0.5×80＝40	54
計	21	48	69

〈表－7－②〉 2次派生需要

	農　業	工　業	計
農　業	0.1×15＝1.5	0.1×54＝5.4	6.9
工　業	0.2×15＝3.0	0.5×54＝27.0	30.0
計	4.5	32.4	36.9

〈表－7－③〉 3次派生需要

	農　業	工　業	計
農　業	0.1×6.9＝0.69	0.1×30＝3.0	3.69
工　業	0.2×6.9＝1.38	0.5×30＝15.0	16.38
計	2.07	18.0	20.07

……로 反復計算하여 이를 累計하면 結局 一般解法에 의한 總需要의 값에 접근하고 동일한 결과를 얻게 된다.

지금 이 計算節次를 보다 明白히 하기 위해서 3次까지의 派生된 中間需要를 表의 形態로 表示하면 <表－5～7>과 같다.

위와 같은 方法으로 6次까지의 派生된 中間需要를 計算한 後 이를 綜合하면<表-8>과 같다.

<表－8>에서 보는 바와 같이 農業 및 工業의 必要生産額은 각각 100, 200에 接近함을 알 수 있다. 그리고 最終需要에 의한 最初의 生産增加를 直接效果라고 말하며 1次波及效果부터 완전히 收斂할 때까지의 派生需要의 累積을 間接效果라 하는데 이와 같이 反復計算을 해 봄으로써 逆行列係數의 意味를 보다 쉽게 理解할 수가 있는 것이다.

이상에서 본 反復計算法의 原理는 投入係數에 의하여 連鎖的으로 派生되는 中間需要를 各段階마다 計算하여 이를 累計하는 것으로서 一般的으로

$$X = (I-A)^{-1}Y = (I + A + A^2 + \cdots\cdots)Y$$
$$= Y + AY + A^2Y + \cdots\cdots$$

라는 關係를 利用한 것이다. 지금 直接需要에 의한 生産增加分을 $\triangle X_i^{(0)}$, 1次波及效果에 의한 生産增加分을 $\triangle X_i^{(1)}$이라 하면 反復計算節次는 다음과 같은 代數式으로 간단히 표시된다.

$$\triangle X_i^{(0)} = Y_i$$
$$\triangle X_i^{(1)} = \sum_j a_{ij} \triangle X_j^{(0)}$$
$$\triangle X_i^{(2)} = \sum_j a_{ij} \triangle X_j^{(1)}$$
$$\triangle X_i^{(3)} = \sum_j a_{ij} \triangle X_j^{(2)}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$
$$\triangle X_i^{(n)} = \sum_j a_{ij} \triangle X_j^{(n-1)}$$
$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

〈表－8〉 6次波及効果까지의 反復計算例

	最終需要	1次	2次	3次	4次	5次	6次	計
農　業	70	15	6.9	3.69	2.01	1.09	0.49	99.18
工　業	80	54	30.0	16.38	8.93	4.87	2.44	196.62
計	150	69	36.9	20.07	11.02	5.96	2.93	295.80

따라서 $X_i=\sum_{k=0}^{\infty}\triangle X_i^{(k)}$ 가 된다.

Ⅲ. 産業聯關분석에 있어서의 假定과 制約

1. 分析의 基本仮定

일반적으로 經濟理論은 현실을 파악함에 있어서 現實經濟의 복잡한 「메카니즘」을 대담하게 捨象하고 그 分析目的에 따라 本質的이라고 생각되는 要因을 抽出한다. 産業聯關分析도 그 例外가 될 수 없다. 一國의 經濟는 消費, 投資, 輸出 등 最終需要가 生産을 誘發하고 그 生産活動의 結果 附加價値로서 所得이 발생하며 그것이 次期의 最終需要로 支出되는 형태로 循環하고 있다. 그런데 産業聯關分析은 그 중 「最終需要→生産」의 과정만을 捕捉한다.

産業聯關分析에 있어서 最終需要는 단지 外生的으로 주어진 變數로 보는 것이며 그것이 어떻게 形成되는가는 問題 삼지 않는다. 즉 消費, 投資, 輸出 등 最終需要를 구성하는 要素는 聯關分析에 앞서 연구되는 것으로 실제에 있어서 주어진 資料에 불과하다. 따라서 産業聯關分析은 最終需要가 주어졌을 때 그것이 어떠한 「메카니즘」에 따라 生産을 誘發하는가 하는 점에 주목한다. 바꾸어 말하면 産業聯關分析은 本質的으로 生産의 「메카니즘」이 중추가 되는 단순화된 生産의 一般理論이다. 때문에 그 基本的 假定은 固定的 生産函數를 想定하기 위한 것이다.

1) 結合生産의 非存在

이 假定은 어떤 한 産業은 하나의 産出物만 生産한다는 假定이다. 즉 産業과 商品이 꼭 1대 1로 對應하고 있다는 것을 의미한다. 만일 한 産業에서 두가지 이상의 産出物(실제에 있어서는 그러한 것이 보통이다)을 生産한다고 생각하게 되면 産業聯關分析의 指向하는 分析目的에 原則的으로는 符合되지 않는 것이다.

2) 代替活動의 非存在

이 假定은 各産出物(또는 産出物의 集團) 의 生産方法은 하나밖에 없다는 것이다. 즉 어떤 特定한 商品의 生産技術(이것을 activity 라고도 한다)은 하나이며 技術方法의 代替는 없다는 것으로서 選擇의 可能性을 排除한 假定이다.

3) 内部經濟의 非存在

各 部門이 使用하는 投入量은 그 部門의 生産水準만의 1次函數로서 수확체증도 아니고 수확체감도 아닌 收穫一定의 原則을 假定하고 不比例投入物을 認定하지 않는 假定이다.

4) 外部經濟의 非存在

이 假定은 數個의 生産活動의 同時稼動의 總效果는 각각의 個別活動의 效果의 合과 같다는 것이다. 즉 각 部門의 生産活動은 運輸, 通信, 其他 補助産業 등 外部施設 및 産業發展의 영향을 받지 않는다는 것으로서 加法性의 假定이라고도 한다. 이상의 네 基本假定은 産業聯關分析의 基本 「파라미터」인 投入係數를 各 部門마다 한개의 固定的 生産函數로서 想定하기 위한 諸假定인 것이다. 投入係數는 産業聯關分析의 妥當性을 左右하는 가장 중요한 것이나 현실의 産業聯關表가 無數한 生産過程을 少數의 部門으로 統合되어 있기 때문에 固定的 生産係數라는 假定이 妥當하느냐에 대해서는 많은 문제가 있다.

「레온티프 · 모델」에서는 代替活動의 非存在, 内部經濟의 非存在의 假定에 의하여 生産函數는 $X_{ij}=\overline{X_{ij}}+a_{ij}X$, 내지는 $X_{ij}=a_{ij}X_j$ 라는 간단한 形式이 된다. 이것은 「왈라스」가 一般均衡理論에서 導入한 製造方程式(equation de fabrication) $Q=f(T, P, K\cdots)$, $Qb_t=T$, $Qb_p=P$, $Qb_k=K$에서의 製造係數(coefficients de fabrication)와 같은 것이나 代替的 關係(substitutional relationship)가 없다는데 차이가 있다. 이와 같은 대담한 單純化의 假定은 部門에 따라서 혹은 部門統合에 따라서 그 妥當性이 左右되고 있으며 이와 동시에 시간을 통한 投入係數의 安定性도 分析利用面에 問題를 제기하고 있다.

그러나 이와 같은 假定에 의해서 個個生産單位(plant)間의 關係를 取扱한 「왈라스」의 均衡方程式의 單純化를 가능케 하였으며 價格變動에 의한 需要供給의 變化를 무시하고 需要가 그대로 生産數量에 波及한다는 價格效果의 排除를

前提로 함으로써 産業聯關分析에 대한 理論的인 뒷받침을 주게 되었다.

2. 分析上의 制約

이상의 假定이 가지는 現實經濟와의 乖離는 産業聯關分析의 약점이 된다.

이와 같은 諸假定은 벌써 技術係數에 있어서 다음과 같은 弱點을 內包하고 있다. 즉 첫째 不比例投入物(overhead input 또는 nonproportional input), 둘째 技術進步, 세째 生産物 構成의 變化(product－mix change), 네째 投入物代替(input substitution) 등은 現實經濟에 흔히 야기되는 것으로 投入係數의 假定의 妥當性을 弱化시키는 것이라 아니할 수 없다.

또한 이와 같은 制約 이외에도 低開發國에 있어서는 또 다른 의미에서의 제약이 있다. 이 새로운 제약은 低開發國들은 農業이 절대적으로 큰 비중을 가지고 있다는 것과 産業間의 相互依存性이 다르다는 點에 緣由하는 것이다.

農業의 경우 困難한 문제는 天候와 같은 經濟外的 要因으로 인하여 投入産出間에 一貫的關係가 欠如된다는 점이다. 따라서 實際調査에 있어서는 投入係數安定性의 假定에 대하여 不確實한 변동을 가져 올 것은 明白하다.

農業生産物의 廣範性은 生産物混在(product－mix)라는 다른 문제를 야기한다. 즉 成長條件이나 市場條件의 變化에 關聯한 外部要因에 따라 構成에 중대한 變化를 가져 오기 쉽다. 表面上으로는 生産物을 主要集團別로 細分하면 이 문제는 해결될 것으로 생각되지만 理論的으로나 실제적으로나 이것은 妥當性이 없다고 보고 있다. 첫째는 特定農産物의 投入産出係數는 農業全體의 一般係數보다 더욱 不安定할 可能性이 濃厚하기 때문이다.

製造工業의 경우는 製造工程上 필요한 投入物混在(input－mix)를 設定함은 도움이 될지언정 農業에 있어서는 購入된 投入物과 産出物間에 特定한 技術關係가 稀薄하므로 심지어는 特定農場에 關한 費用分析까지도 計劃에 有用한 對答을 提供하기 어려울 것으로 생각된다.

經濟發展의 初期段階에 處해 있는 國家에 있어 産業間의 去來는 비교적 적기 때문에 産業聯關表가 갖는 分析道具로서의 利用面을 감소시킨다고 볼 수 있다. 보다 原始經濟에 있어서는 産業間去來는 보잘 것 없는 형편이다.

이러한 條件下에서 關心事가 되는 것은 앞으로 展開될 또는 豫期되는 産業間의 關係이다.

國內製造業活動이 이미 중요한 位置를 차지하고 또 점점 그 비중이 중요해지는 발전단계에 있는 國家는 또 다른 困難이 提起될 것으로 보인다. 工業化의 深化는 産業間의 關係로 보아서 特定의 중요한 변화를 급격하게 야기시킨다. 例를 들면 現代化된 방대한 공장을 建設하게 되면 새로운 去來關係가 발생하여 이미 工業化된 經濟內에서 야기되는 정도 이상의 結果를 가져오며 이러한 條件下에서는 投入係數一定의 假定이 거의 正當化될 수 없게 된다. 더우기 産業의 多樣化와 關聯하여 出廻하는 新規生産物은 모델의 有用性에 대하여 상당한 危險을 각오하지 않을 수 없을 것으로 생각된다.

이러한 諸制約은 産業聯關分析 그 자체의 制約이라기보다는 오히려 완전한 靜態 모델을 포기하여 새로 出現되는 活動 패턴(activity pattern)을 勘案하여 修正을 꾀하자는 것을 의미하는 것이다. 先進國에서는 技術革新과 그 결과를 豫測하기 어려우나 低開發國에 있어서는 새로운 發見의 限界와 충격의 대부분을 豫見할 수 있다는 利點이 있다. 이것은 後進國에 있어서의 모든 進步가 旣存의 知識과 製造過程의 應用으로 이루어지는 경향이 많기 때문이다. 따라서 動態 모델의 適用可能性은 유리한 편이라 하겠다.

Ⅳ. 基本모델의 構造

이상에서 본 바와 같이 産業聯關分析의 基本原理는 投入係數의 固定이라는 假定에 입각하여 最終需要와 生産間의 관계를 聯立方程式으로 設定하고 各種 解法을 이용 그 解를 求하는 것이다. 그런데 이 原理를 설명하기 위한 이제까지의 우리의 例는 輸入이 전혀 없는 封鎖經濟體系의 모델을 假設하였다. 그러나 現實經濟는 開放經濟로서 最終需要의 波及效果는 전부 그 體系內의 生産에 波及되는 것이 아니고 一部는 輸入을

通하여 外部에 漏出되는 것이다. 때문에 産業聯關 모델의 形式은 輸入의 取扱에 관하여 원칙적으로 두가지 방식을 채택하고 있다.

첫번째 方式은 <表－9>에서와 같이 輸入商品을 國內商品과 동일하게 취급하는 방법으로 이를 「競爭輸入型」이라고 한다.

두번째 方式은 <表－10>에서와 같이 輸入商品이 國內商品과 同種, 同質이라 하더라도 外部經濟圈으로부터의 流入이라는 點에서 전혀 別個의 商品으로 취급하는 것으로 이를 「非競爭輸入型」이라 한다. 따라서 이상의 두가지 型에서 다음과 같은 세가지 基本 모델이 導出된다.

(1) 部門 i 의 産出額을 X_i, 部門 j에 있어서의 財 i의 使用額을 X_{ij}, 財 i에 대한 最終需要를 Y_i, 財 i의 輸入額을 M_i, 財 i의 總需要(總供給)를 Z_i라고 하면 다음과 같은 需給「밸런스」式이 成立한다.

$$Z_i = \overbrace{M_i + X_i}^{\text{供給}} = \overbrace{\sum_j X_{ij} + Y_i}^{\text{需要}} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑦$$

$$(i = 1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n)$$

지금 각 部門의 産出額 X_i와 同生産을 위해 消費되는 投入額 X_{ij}와는 産出量의 一定範圍內에서 1次의 關係가 成立한다고 假定한다. 즉

$$X_{ij} = \overline{X}_{ij} + a_{ij} X_j \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑧$$

⑧式에 있어서 「파라미터」 a_{ij}는 限界投入係數, 常數 $\overline{X}_{ij}$는 産出量水準에 따라 變動하지 않는(즉 比例費가 아닌) 固定費用을 표시한다.

그러나 실제 産業聯關作業에서는 ⑧式과 같은 投入函數를 算出하지 않고 $\overline{X}_{ij}$를 零으로 한 平均投入係數에 의하는 것이 보통이다. 즉

$$X_{ij} = a_{ij} X_j \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑨$$

⑦式의 「밸런스」式과 ⑨式의 投入係數를 結付시키면 最初의 「레온티프·모델」이 얻어진다.

지금 ⑨式을 ⑦式의 X_{ij}에 代入하고 이를 整理하면

$$X_i - \sum_j a_{ij} X_i = Y_i - M_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑩$$

$$(i = 1,\ 2,\ \cdots\cdots,\ n)$$

이와 같이 表現되는 n部門의 方程式數는 n個, 變數가 $3n$個(X_i, Y_i, M_i)이기 때문에 ⑩式에 依하여 輸入이 零, 또는 獨立的일 때 最終需要(및 輸入)에서 각 部門의 産出水準을 求할 수 있다. 이와 같이 輸入을 外生化한 모델을 「基本모델 I」이라 한다.

(2) 基本모델 I에서는 輸入을 獨立變數로 보았으나 實際應用에 있어서는 輸入을 外生的으로 賦與하면 困難한 경우가 적지 않으므로 輸入을 從屬變數로 取扱하는 경우가 많다. 이때 輸入水準(M_i)을 總供給의 函數로 보면 國內生産과는 다음과 같은 關係가 假定된다.

$$M_i = \overline{M}_i + m_i X_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑪$$

⑪式에서 m_i는 限界輸入係數이다. 그러나 實際作業에서는 投入係數의 경우와 같이 平均輸入係數

$$m_i = \frac{M_i}{X_i} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots ⑫$$

를 사용하는 것이 보통이다.

⑩式과 ⑫式에서

$$X_i - \sum_j a_{ij} X_j = Y_i - m_i X_i$$

移項하면

〈表－9〉 産業聯關表 (I) (競爭輸入型)

	S	A	B	F	中間需要計	Y_C	Y_I	Y_E	最終需要計	輸入	総産出額
서어비스(S)	20	25	15	80	140	60			60		200
農業(A)	0	25	0	120	145	148		7	155	50	250
原材料(B)	0	25	45	40	110	42		13	55	15	150
完成財(F)	0	0	0	80	80	240	80	40	360	40	400
中間投入計	20	75	60	320	475				630	(105)	(1,000)
非競爭輸入			15		15					(15)	
附加價値(V)	180	175	75	80	510						(510)
総産出額(X)	200	250	150	400	(1,000)	490	80	60	630	120	(1,510)

〈表－10〉 **産 業 聯 關 表 (II)** (非競爭輸入型)

		S	A	B	F	中間需要計	Y_C	Y_I	Y_E	最終需要計	M	X
國	S	20	25	15	80	140	60			60		200
	A	0	25	0	80	105	138		7	145		250
	B	0	25	30	40	95	42		13	55		150
	F	0	0	0	72	72	240	48	40	328		400
産	計	20	75	45	272	(412)	480	48	60	588		1,000
輸	A				40	40	10			10	50	
	B			15		15					15	
	F				8	8		32		32	40	
	n.c.m. 1)			15		15					15	
入	計			30	48	(78)	10	32		42	120	
V		180	175	75	80	510						(510)
X		200	250	150	400	1,000	490	80	60	630	(120)	1,510

註 : 1) n.c.m은 非競爭輸入(non-competitive import)을 나타냄.

$$(1+m_i)X_i-\sum_j a_{ij}X_j=Y_i \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ⑬$$

이 얻어진다.

이 ⑬式에 의하여 最終需要로부터 産出水準과 競爭輸入을 決定할 수 있다. 이와 같이 輸入을 內生化한 모델을 「基本모델 II」라 한다.

(3) <表－9>의 産業聯關表는 B部門이 消費하는 극히 일부의 輸入(15)을 非競爭輸入으로 取扱할 뿐 나머지는 전부 競爭輸入으로 되어 있다. 즉 <表－9>의 X_{ij}는 國産財 i 뿐만 아니라 輸入財 i도 包含하고 있다. 그리고 基本모델 II에 있어서의 輸入係數의 假定도 사실은 國産分과 輸入分이 一定比率(1 : m)이라는 것을 假定한 것이다.

그러나 實際에 있어서는 同一財라 하더라도 使用部門에 따라서 國産分과 輸入分의 比率은 상이한 것이다. 물론 實際의 統計作業에 있어서 이의 정확한 分離는 다소 困難한 일이지만 어떤 방법에 의해 이것을 분리한다면 <表－10>과 같은 非競爭輸入型의 表를 作成할 수 있다.

〈表－11〉 **各 모델의 比較**

	獨 立 變 數	파라미터	從屬變數
모델 I	Y_i 또는 Y_i-M_i	a_{ij}	X_i
모델 II	Y_i	a_{ij} 및 m_i	X_i
모델 III	Y_i^d	a_{ij}^d	X_i

<表－10>도 <表－9>의 경우와 같이 投入係數를 計算할 수 있다. 단지 「밸런스」式 ⑦의 X_{ij}와 Y_i는 國産分만이 包含되기 때문에 X_{ij}^d, Y_i^d로 表示한다. 따라서 ⑨式에서와 같이

$$X_{ij}^d=a_{ij}^dX_j \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ⑨'$$

가 되어 ⑦式에서 國産分에 對한 最終需要 Y^d에서 生産水準을 求하는 式이 얻어진다.

$$X_i-\sum_j a_{ij}^dX_j=Y_i^d \quad \cdots\cdots\cdots\cdots ⑭$$

이 모델을 「基本모델 III」이라 한다. 基本모델 III에 있어서 輸入水準은 X_j와 m_{ij}(各 部門에 있어서의 輸入財에 대한 投入係數)로부터 $M_i=\sum m_{ij}X_j$로 容易하게 算出된다.

이상의 3個 基本모델을 要約하면 <表－11>과 같다.

이들 모델中 어떤 모델을 擇하느냐는 表의 作成難易 또는 分析目的에 따라서 左右되는 것이다.

以上에서 본바와 같이 어떤 모델에 있어서도 n個의 未知數를 갖는 n個의 聯立方程式의 解를 求하지 않으면 안되며 그 解는

$$X_i=r_{i1}Y_1+r_{i2}Y_2+\cdots\cdots\cdots+r_{in}Y_n$$
$$(i=1,2,\cdots\cdots,n)$$

라는 一般解法에서 求한다. 이때 r_{ij}는 逆行列要素로서 a_{ij}, a_{ij}^d 또는 a_{ij}와 m_i에 의해서 決定되는 常數이다. ♣♣