

# 韓國經濟의 靜態的 線型計劃模型

金 圭 洙  
Richard A. Inman

▷ 目 次 ◁

- I. 序 論
- II. 模 型
- III. 模型의 補完 및 變化運用
- IV. 模型의 解와 結言

## I. 序 論

本稿는 過去 4次에 걸친 經濟開發 5個年計劃樹立에서 얻은 經驗을 토대로 規模나 模造面에서 한층 擴大 深化된 韓國經濟의 長期豫測과 특히 82년부터 시작될 第5次 經濟開發5個年計劃 樹立에 대비하여 研究院에서 開發中인 靜態線型計劃模型(static linear programming model)에 관하여 설명한 것이다. 본래 이 모델은 第4次 經濟開發5個年計劃 作成 당시 世界銀行(World Bank)의 經濟計劃 專門家들<sup>1)</sup>과

本研究院이 共同으로 그 試案을 作成한 바 있으나 4次 5個年計劃의 實際作業에는 이를 活用치 못하고 研究院에서 다시 開發한 動態的 「시물레이션」<sup>2)</sup>模型을 사용한 바 있다. 本稿에서 다루고 있는 線型計劃模型은 위 두 모델의 長短點을 서로 補完하여 開發한 것으로 產業部門分類, 「파라미터」, 그리고 「시물레이션」模型에서 強調하였던 假定들을 線型計劃模型에서 그대로 適用하고 있다. 模型의 實證的 適應能力에 대한 數理的 實驗이 현재 進行되고 있으므로 아직 開發이 완전히 완료된 것은 아니지만 本稿에서 설명하고 있는 범위까지의 模型의 各 構造式이 갖는 解의 豫測力은 作業結果 충분한 신뢰성을 보여 주었다.

## 1. 模型의 特性

投入產出表를 이용한 線型計劃模型은 일찌기 「래온터프」教授에 의하여 그 活用領域을 구축한 이래 많은 經濟學者들이 이 分野의 새로운 理論과 應用模型을 開發하여 왔다. 本稿

筆者：金圭洙—韓國開發研究院 主任研究員, R. Inman—韓國開發研究院 招請研究員

1) Chenery, Blitzer, Norton, Cherasun, Gupta 등 World Bank의 學者들이 初期의 模型開發에 기여했다.

2) 經濟企劃院, 『第4次 經濟開發計劃 總量計劃書』, pp. 49~144 참조.

에서 설명하고 있는 모델은 韓銀이 作成한 投入產出表를 이용한 多部門聯關模型(multi-sectoral interindustry model)으로 75年을 基準年度로 시작하여 5次計劃의 마지막 年度인 86年을 計劃最終年度로 하는 長期計劃模型이다. 模型의 解로서 얻어지는 모든 內生變數의 결과는 計劃最終年度의 水準이며 投資와 貯蓄은 計劃期間의 累積水準(cumulative level)으로 결정되므로 計劃期間의 中間年度水準은 平均增加率 등의 假定으로 補間할 수 있도록 하였다. 특히 模型은 線型計劃法이 갖는 長點을 이용하여 長期的 經濟目標에 副應하는 選擇의 政策代案들을 필요할 때마다 손쉽게 模型에 適用할 수 있도록 함으로써 一般均衡에 입각한 政策效果를 模型을 통하여 명료하게 파악할 수 있도록 하였다. 이 模型이 취하고 있는 政策變數를 크게 區分하여 보면

- 産業部門別 成長戰略의 選擇
- 輸出需要 擴大效果
- 輸入代替에 의한 國內産業의 變動行態와 같은 分野로 集約될 수 있다.

## 2. 線型計劃模型과 聯立方程式模型

우선 두 模型이 취하고 있는 數學的 關係를 보면 聯立方程式模型에서는 모든 變數들이 서로 等式으로 連結되어 있으므로 模型의 解는 반드시 하나의 根(unique solution)을 찾는 問題로 取扱되는 反面, 線型計劃模型에 있어서는 모든 構造式들이 等式과 不等式으로 혼합되어 있기 때문에 不等의 條件을 만족하는 領域

(feasible solution range) 內에서 目的函數를 極大 혹은 極小化하는 點의 內生變數 결정은 條件式的 變化에 따라 수없이 다른 解를 갖을 수 있게 된다. 線型計劃模型의 이러한 性質은 目的函數式的 調整, 새로운 政策變數에 의한 制限式的 追加, 그리고 制限條件의 變化와 같은 方法으로 任意的 政策代案에 따른 模型의 變化運營이 용이하도록 하여 준다. 線型計劃模型에서 또 하나의 특징은 模型의 解에서 얻어지는 各條件式的 潛在價格(shadow price)의 活用이다. 潛在價格은 各條件式的 制限條件을 한 單位씩 變更하였을 때 目的函數의 極大 혹은 極小值가 變動되는 水準을 나타내는 것으로 政策變數의 潛在價格은 模型運營에 중요한 역할을 하게 된다.

## 3. 資本蓄積關係式과 計劃期間

어떠한 形態의 計量模型에 있어서든지 投資와 貯蓄과 같은 內生變數가 構造式內에서 서로 時差(time lag)를 가지고 連結되어 있을 경우에는 模型의 解와 計劃期間 사이에는 밀접한 關係가 發生하게 된다. 本模型에서도 貯蓄과 投資의 關係式들은 1年の 時差를 두고 連結되어 있으므로 模型에서 取扱하려는 計劃最終年度보다 한 해 뒤까지의 豫測이 필요하게 되어 있다. 資本蓄積式과 計劃最終年度 條件式的 問題는 많은 種類의 計劃模型<sup>3)</sup>에서 理論과 實證을 통한 새로운 方法이 提示되고 있으며 本模型에서 취하고 있는 平均複利增加率과 資本蓄積轉換率(stock flow factor)의 假定에 의한 最終年度條件式的 展開技法은 맨 처음 「체너리」와 「부루노」에 의하여 사용하였던 것을 援用한 것이다.

3) "Economy-wide Models and Development Planning" (Blitzer, Clark, Taylor) pp.65~66 및 "Multi-level Planning Case Study in Mexico" (Manne) pp.122~124 참조.

## II. 模 型

本章에서는 模型의 構造式과 常數 및 變數들의 關係를 구체적인 數式으로 展開하고 필요한 係數나 「파라미터」의 作成方法을 설명하고 있다. 本章에서 설명하고 있는 構造式을 大分하여 보면

- 生産均衡條件式(material balance)
- 貯蓄과 投資에 의한 生産能力制限條件式(capacity constraints by saving and investment)
- 輸出入條件式 (foreign trade balance constraints)
- 主要總量變數의 恒等式(macro account identities)

과 같은 模型의 基本式들이며 다음 節에서 別途로 模型의 變化運營에 필요한 假定과 關係를 提示하였다.

### 1. 模型의 構造

#### 가. 記號의 說明

模型에 나타난 모든 變數의 記號는 大文字로 표시하고 있고 記號의 右側下端에 표시된  $i$ 와  $j$ 의 添字는 取扱 産業部門을,  $t$  添字는 計劃期間中の 한 年度를, 그리고  $B$ 와  $T$  添字는 計劃期間中 基準年度와 最終年度를 각각 나타내고 있다. 期間을 나타내는 添字  $B-T$ 는 基準年度에서 最終年度까지의 期間을 표시한다.

#### 1) 變數

#### 〈內生變數〉

- 計劃最終年度
- $X_i$  :  $i$  産業의 國內 總產出額
- $M_i$  :  $i$  産業의 輸入需要(CIF+關稅)
- $E_i$  :  $i$  産業의 財貨 및 用役輸出(FOB 價格)
- $IF_i$  :  $i$  産業에 蓄積되는 固定資本形成
- $II_i$  :  $i$  産業에 蓄積되는 在庫投資
- $PC$  : 民間消費支出 總額
- $SD$  : 國內貯蓄 總額
- $GDP$  : 國內 總生産額
- $GNP$  : 國民 總生産額

#### 〈外生變數〉

- 計劃初年度
- $X_i$  :  $i$  産業의 國內產出額
- $KS_i$  :  $i$  産業에서 使用하고 있는 有形固 定資産
- $IF_i$  :  $i$  産業에 蓄積된 固定資本形成
- $SD$  : 國內貯蓄總額
- $GDP$  : 國內總生産額
- $GNP$  : 國民總生産額
- 計劃最終年度

$GC$  : 政府消費支出(政府要素費用 支出 (VG) 제외)

$NFI$  : 海外 純要素所得

$FB$  : 純海外貯蓄

#### 2) 係數 및 「파라미터」

$a_{ij}$  : 中間投入係數

$b_{ij}$  :  $j$  部門 單位生産 擴張에 所要되는  $i$  部門의 財貨額(資本係數)

$bb_j$  :  $\sum_i b_{ij}$

$h_{ij}$  :  $j$  部門 單位生産 擴張에 所要되는  $i$  部門의 在庫額(在庫係數)

$hh_j$  :  $\sum_i h_{ij}$

- $c_{pp_i}$  :  $i$  部門 民間消費函數의 常數項  
(constant term)
- $c_{pq_i}$  :  $i$  部門 民間消費函數의 係數項  
(coefficient)
- $c_{gp_i}$  :  $i$  部門 政府消費函數의 常數項
- $c_{gq_i}$  :  $i$  部門 政府消費函數의 係數項
- $m_{ps}$  : 限界貯蓄率 (marginal propensity to save)

나. 構造式

線型計劃模型의 構造式은 橫列(row)로는 各變數의 活動制御式(activity constraint equation)을 나타내고 縱列(column)로는 各活動制御式에 속한 變數들이 演算子(operator)와 連結되도록 整理하는 것이 通例이다. 本模型

〈表 1〉 制御式 區分表

制御式 記號	內 容	橫列의 數
$COM_i$	生産活動均衡條件式 (material balance constraints)	53
$CAPY_j$	資本蓄積에 의한 生産能力制限式 (production capacity constraints)	53
$CAPJ_j$	固定投資條件式(fixed capital formation constraints)	53
$INVI_i$	在庫投資式 (inventory constraints)	53
$SAVD$	國內貯蓄條件式 (domestic saving constraint)	1
$SAVI$	投資制限條件式 (total investment constraint)	1
$BALP$	對外貿易制限條件式 (foreign trade constraints)	1
$GDP$	國內總生産計定 (GDP accounts)	1
$GNP$	國民純生産計定 (GNP accounts)	1
$OBJ$	極大化 目的函數[消費] (maximization object function)	1

註: 위의 條件式 위에 部門別 輸出入에 대한 上下限 制限式 106個와 Ⅲ章에서 설명하고 있는 模型의 變化에 따른 條件式들은 Ⅲ章에서 別途로 記述하고 있음.

4) 1次産業 5個分類, 製造業 35個分類, SOC 6個分類, 그리고 서비스 7個分類로서 구체적인 部門의 內容은 2)에서 指摘한 글을 참조.

에서 이용하고 있는 産業部門分類는 本研究院에서 長期計劃에 利用하여 왔던 53部門分類<sup>4)</sup> 體制를 그대로 쓰고 있다. 個別式을 記述하기 전에 全體 模型의 構造式을 性質에 따라 大分하여 制御式 쪽으로 보면 다음 〈表 1〉과 같다.

1) 需要供給 生産均衡條件式( $COM_i$ )

$$COM_i: \begin{matrix} \text{[國內]} \\ \text{[總產出]} \end{matrix} X_i + \begin{matrix} \text{[中間]} \\ \text{[輸入]} \end{matrix} M_i \geq \begin{matrix} \text{[需要]} \\ \sum_j a_{ij} X_j + E_i \end{matrix} + \begin{matrix} \text{[固定資本形成]} \\ \sum_j (b_{ij}/bb_j) IF_j + \sum_j (h_{ij}/hh_j) II_j \end{matrix} + \begin{matrix} \text{[民間消費支出]} \\ \text{[政府消費支出]} \end{matrix} + (c_{pp_i} + c_{pq_i}) PC + (c_{gp_i} + c_{gq_i}) \overline{GC}$$

2) 資本蓄積에 의한 生産能力 制限條件式 ( $CAPY_j, CAPI_j, INVI_j$ )

$$CAPY_j: \begin{matrix} \text{[產出과 固定]} \\ \text{[資産 關係]} \end{matrix} bb_j X_{j,t+1} \leq \begin{matrix} \text{[t+1년의 固]} \\ \text{[定資産 總額]} \end{matrix} KS_{j,t}$$

$$CAPI_j: \begin{matrix} \text{[t+1년의 固]} \\ \text{[定資産 總額]} \end{matrix} KS_{j,t+1} = \begin{matrix} \text{[t年度 固定]} \\ \text{[資産 總額]} \end{matrix} KS_{j,t} + \begin{matrix} \text{[t年度の 固定資産蓄積]} \\ IF_{j,t} \end{matrix}$$

$$INVI_j: \begin{matrix} \text{[t年度 在]} \\ \text{[庫增減額]} \end{matrix} II_j = \begin{matrix} \text{[產出과 在庫]} \\ \text{[增減關係]} \end{matrix} hh_j (X_{j,t} - X_{j,t-1})$$

3) 投資와 貯蓄制限條件式 ( $SAVD, SAVI$ )

$$SAVD: \begin{matrix} \text{[國內貯蓄]} \\ \text{[의 增加]} \end{matrix} SD_t - SD_{t-1} \leq \begin{matrix} \text{[限界貯蓄을 통한]} \\ \text{[國內貯蓄 增加]} \end{matrix} m_{ps} (GDP_t - GDP_{t-1})$$

$$SAVI: \begin{matrix} \text{[國內]} \\ \text{[貯蓄]} \end{matrix} SD + \begin{matrix} \text{[海外]} \\ \text{[貯蓄]} \end{matrix} \overline{FB} \geq \begin{matrix} \text{[固定]} \\ \text{[投資]} \end{matrix} \sum_j IF_j + \begin{matrix} \text{[在庫]} \\ \text{[投資]} \end{matrix} \sum_j II_j$$

4) 對外貿易 및 去來制限條件式 ( $BALP$ )

$$BALP: \begin{matrix} \text{[輸入]} \\ \sum M_i \end{matrix} - \begin{matrix} \text{[輸出]} \\ \sum E_i \end{matrix} \leq \begin{matrix} \text{[海外]} \\ \text{[貯蓄]} \end{matrix} \overline{FB} + \begin{matrix} \text{[海外純要]} \\ \text{[素所得]} \end{matrix} \overline{NFI}$$

5) 國民所得計定式(GDP, GNP)

$$\begin{aligned}
 \text{GDP} &: \begin{matrix} \text{[民間消費]} & \text{[政府消費]} & \text{[政府要素費用]} & \text{[固定投資]} \\ PC & + GC & + \overline{VG} & + \sum_j IF_j \\ & \text{[在庫投資]} & \text{[輸出]} & \text{[輸入]} \\ & + \sum_j II_j & + \sum_j E_i & - \sum_j M_i \\ & \text{[國內總生産]} & \text{[海外純要素所得]} \end{matrix} \\
 \text{GNP} &: \text{GDP} + \overline{NFI}
 \end{aligned}$$

6) 極大化 目的函數(OBJ)

$$\text{OBJ} : \begin{matrix} \text{[總消費]} \\ C \end{matrix} \longrightarrow \text{極大化}$$

위 構造式에서 模型의 解를 구하기 위해 미리 作成되어야 할 常數나 「파라미터」들의 作成方法 및 假定들은 다음 章에서 별도로 설명하였으며, 變數 上端에 橫線이 그어진 것은 外生變數임을 나타내고 있다. 構造式上의 모든 變數들이 취할 수 있는 값들은 在庫增減을 除外하고는 모두 陽의 값을 가져야 한다.

위 基本構造式을 살펴보면 投資와 貯蓄의 關係式들이 1年の 時差를 두고 連結되어 動態的 形態를 취하고 있으므로 새로운 假定에 의하여 이를 變形하는 것이 필요하다. 만약 部門別 產出이 計劃期間동안 每年 複利로  $gx_i$ 만큼씩 成長한다고 假定하면 投資制限條件式에 나타난 時差들은 이  $gx_i$ 를 통하여 時差가 없는 式으로 誘導할 수 있다. 즉, 위 構造式中 投資에 관한 制限式 CAPY와 CAPI를 變形하면

$$\text{CAPY}_j : bb_j X_{j,t+1} \leq KS_{j,t+1}$$

$$bb_j gx_j X_{j,t} \leq KS_{j,t+1} \text{과 같이}$$

바꿀 수 있고

위 式을 CAPI 制限條件式에 代入하면

$$\text{CAPI} : bb_j \cdot gx_j X_{j,t} \leq KS_{j,t} + IF_{j,t}$$

와 같이 쓸 수 있다. 또한 위 式을 計劃初年度의  $\overline{KS}_{j,B}$ 를 이용한 計劃最終年度(T)의 條件式으로 바꾸면

$$KS_{j,T} = KS_{j,B} + \sum_{t=B}^{T-1} IF_{j,t}$$

$$\text{CAPI}_j : bb_j \cdot \widetilde{gx}_j X_{j,T} \leq \sum_{t=B}^T IF_{j,t} + \overline{KS}_{j,B}$$

와 같은 式이 된다. 그러나 위 式에서는 全計劃期間 동안의 部門別 固定投資를 결정하는 式으로 되어 있으므로 이를 앞에서 導入한  $gx$ 와 같은 概念의 假定을 固定投資에도 適用하되 部門別 計劃期間中 年平均 複利增加率을  $gif_j$ 라고 하면

$$\text{CAPI} : bb_j \cdot \widetilde{gx}_j X_{j,T} \leq KS_{j,B} + \sum_{t=B}^{T-1} gif_j^{t-T} \cdot IF_{j,t}$$

와 같이 初期年度와 最終年度의 水準에 의한 條件式으로 바꿀 수 있다. 여기서 특별히 留意해야 할 點은  $gx_j$ 나  $gif_j$ 와 같은 「파라미터」들이다. 模型의 解를 찾기 위해서는 먼저 初期의 假想 값을 任意대로 준 다음 反復計算法(iteration solving procedure)에 의하여 模型의 內生變數와 함께 위 「파라미터」들도 결정되도록 하고 있다.

在庫投資에 대한 制限條件式은 앞에서 이용한  $gx_j$ 를 適用하면 쉽게 最終年度의 產出額에 대한 關係式으로 整理할 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned}
 \text{INVI}_j : II_j &= hh_j (X_{j,T} - X_{j,T-1}) \\
 &= hh_j (1 - 1/gx_j) X_{j,T}
 \end{aligned}$$

와 같은 式으로 要約된다.

마지막으로 위에서 整理한 投資制限條件式을 國內貯蓄式(SAVD)과 連結하여 보자. 國內貯蓄制限條件式을 貯蓄과 投資의 條件式인 SAVI에 代入하되 計劃 全期間의 條件式으로

표시하면

$$SAVD : SD_T - \overline{SD}_B \leq mps \cdot (GNP_T - \overline{GNP}_B)$$

$$SAVI : \overline{SD}_B + mps \cdot (GNP_T - GNP_B) + \overline{FB}_T \geq \sum_j (IF_{j,T} + II_{j,T})$$

와 같은 制限式으로 바꾸어진다. 위 式은 모든 變數가 初期年度와 最終年度의 水準으로 표시되어 있으므로 線型計劃模型에서 그대로 사용할 수 있다. 그러나 海外貯蓄이나 國內貯蓄이 計劃期間中 每年 동일한 水準으로 이루어진다고 볼 수 없으므로 貯蓄과 投資의 制限條件式은 計劃最終年度보다 全計劃期間 동안의 累積概念으로 關係式을 定義하는 것이 보다 현실적이라 할 수 있다. 위 式들은 計劃期間 동안의 累積式으로 바꾸기 위해서는

$$SD_t - \overline{SD}_B \leq mps \cdot (GNP_t - \overline{GNP}_B)$$

$$SD_t \leq mps \cdot GNP_t + \overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B$$

와 같이 바꾼 후 이를 計劃期間의 累積式으로 바꾸면

$$\sum_{t=B+1}^T SD_t \leq mps \cdot \sum_{t=B+1}^T GNP_t + (T-B) \cdot (\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B)$$

$$\leq mps \cdot \left( \sum_{t=B+1}^T GDP_t + \sum_{t=B+1}^T NFI_t \right) + (T-B) \cdot (\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B)$$

와 같이 變形된다. 또한 SAVI 式을 累積式으로 바꾸면

$$\sum_{t=B+1}^T (SD_t + FB_t) \geq \sum_{t=B+1}^T \sum_j (IF_{j,t} + II_{j,t})$$

와 같이 되고, 이를 다시 投資式에 代入하면

$$mps \cdot \left( \sum_{t=B+1}^T GDP_t + \sum_{t=B+1}^T NFI_t \right) + (T-B)$$

$$(\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B) \geq \sum_{t=B+1}^T \sum_j (IF_{j,t} + II_{j,t})$$

와 같은 式으로 整理된다. 그러나 위 式에서 보면 GDP와 投資變數가 計劃期間의 累積式으로 표시되어 있으므로 앞에서와 같은 方法으로 計劃期間 年平均 複利增加率을 導入하여 最終年度의 水準에 의한 條件式으로 바꿀 필요가 있다. 計劃期間 동안 GDP의 年平均增加率을  $\tilde{g}y^d$ 라 한다면 위 式은

$$mps \cdot \left( \sum_{t=B+1}^T \tilde{g}y^d t^{-B} \cdot \overline{GDP}_B + \sum_{t=B+1}^T NFI_t \right) + (T-B) \cdot (\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{X}_{j,B}) + \sum_{t=B+1}^T \overline{FB}_t \geq \sum_{t=B+1}^T \sum_j gif_j^{t-B} \cdot \overline{IF}_{j,B} + \sum_j hh_j (X_{j,T} - \overline{X}_{j,B})$$

와 같은 初期年度의 水準에 대한 關係式으로 整理되며 위 式을 다시 內生變數의 最終年度 條件式으로 再整理하면

$$mps \cdot \left( \sum_{t=B+1}^T \tilde{g}y^d t^{-B} \cdot GDP_T + \sum_{t=B+1}^T NFI_t \right) + (T-B) \cdot (\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B) + \sum_{t=B+1}^T \overline{FB}_t \geq \sum_{t=B+1}^T \sum_j gif_j^{t-T} \cdot IF_{j,B} + \sum_j hh_j (X_{j,T} - \overline{X}_{j,B})$$

와 같은 初期年度의 水準에 의한 關係式으로 整理된다. 다시 위 式을 內生變數의 最終年度 水準에 대한 條件式으로 再整理하면

$$mps \cdot \left( \sum_{t=B+1}^T \tilde{g}y^d t^{-B} \cdot GDP_T + \sum_{t=B+1}^T NFI_t \right) + (T-B) \cdot (\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B) + \sum_{t=B+1}^T \overline{FB}_t \geq \sum_{t=B+1}^T \sum_j gif_j^{t-T} \cdot IF_{j,T} + \sum_j hh_j (X_{j,T} - \overline{X}_{j,B})$$

와 같은 最終式으로 整理된다.

지금까지 위에서 整理한 模型의 基本構造式을 線型計劃法의 不等式으로 모아서 記述하면 다음과 같다. 線型計劃法의 方程式體系를 解

明하게 하기 위하여 常數項은 右側으로, 變數項은 全部 左側으로 移項하였다.

$$\begin{aligned}
 COM_i &: \sum_j (1-a_{ij})X_j + M_i - E_i \\
 &+ \sum_j b_j^* IF_j + \sum_j h_j^* II_j - cpq_i \cdot PC \\
 &\geq \overline{cpp}_i + \overline{cgp}_i \overline{GC} \\
 CAPY_j &: bb_j X_j - \left( \frac{\phi_j}{g_{if_j}} \right) IF_j \leq \overline{KS}_{j,B} \\
 INVI_j &: hh_j (1 - 1/g_{x_j}) X_j - II_j = 0 \\
 SAVI &: \sum_j hh_j X_j + \sum_j \phi_j IF_j + \theta \cdot mps \cdot \\
 &GDP \leq mps \cdot \sum_{t=B+1}^T \overline{NFI}_t + \sum_{t=B+1}^T \overline{FB}_t \\
 &+ (T-B)(\overline{SD}_B - mps \cdot \overline{GNP}_B) \\
 &+ hh_j \overline{X}_{j,B} \\
 BALP &: \sum_i M_i - \sum_i E_i \leq \overline{FB}_T - \overline{NFI}_T \\
 GDP &: \sum_j IF_j + \sum_j II_j + \sum_i E_i - \sum_i M_i + PC \\
 &- GDP = -\overline{GC} \\
 GNP &: GNP - GDP = \overline{NFI}_T \\
 OBJ &: PC \longrightarrow \text{極大化}
 \end{aligned}$$

위 式에서 새로 나타난 「파라미터」들은 다음과 같이 定義된 것이다.

$$\begin{aligned}
 \phi_j &(\text{stock flow factor}) \\
 &= \sum_{t=B}^{T-1} \widetilde{g}_{if_j}^{t-T} = \sum_{t=1}^{T-B} \widetilde{g}_{if_j}^{1-t} \\
 \theta &(\text{total stock flow factor}) \\
 &= \sum_{t=B+1}^T \widetilde{g}_{yd}^{t-T} = \sum_{t=1}^{T-B} \widetilde{g}_{yd}^{1-t}
 \end{aligned}$$

한편 위의 最終 線型計劃方程式을 行과 列로 圖解하여 整理하면 다음 <表 2>와 같다.

## 2. 模型에 사용된 係數

本節에서는 模型에서 사용하고 있는 係數나 「파라미터」들의 作成經緯 및 假定을 설명함으로써 模型 構造式이 갖는 經濟的 性格을 이해하도록 하고 있다.

가. 投入係數( $a_{ij}$ )

韓銀에서 作成한 75年度 『産業聯關表』 中에

<表 2> 線型計劃法에 따른 方程式體系表

變數區分 制限式區分	$X_j$	$IF_j$	$II_j$	$E_i$	$M_i$	$PC$	$GDP$	$GNP$	制限條件
$COM_i$	$1 - a_{ij}^*$	$-b_j^*$	$-h_j^*$	-1	+1	$-cpq_i$			$\geq \overline{cpp}_i + \overline{cgp}_i + \overline{cqi} \overline{GC}$
$CAPY_j$	$bb_j$	$-u$							$\leq \overline{KS}_{j,B} + \left( \frac{\phi_j}{g_{if_j}} - u \right) EIF_j$
$INVI_j$	$hh_j$ $\left( 1 - \frac{1}{g_{x_j}} \right)$		-1						$= 0$
$BALP$				-1	$1 + \varepsilon$				$\leq \overline{FB}_T + \overline{NFI}_T$
$SAVINV$	$hh_j$	$-u$					$-mps$		$\leq \sum_j hh_j X_{j,B} + \sum_j (\phi_j - u) EIF_j$ $+ \sum_{t=B+1}^T (\overline{FB}_t + mps \cdot \overline{NFI}_t)$ $+ (T-B)(\overline{DS} - mps \cdot \overline{GNP}_B)$
$GDP$		1	1	1	-1	1	-1		$= -\overline{GC}_T$
$GNP$							-1	1	$= \overline{NFI}_T$
$OBJ$						1			$\rightarrow max$
bounds upper/lower	$+\infty/0$	$+\infty/0$	$+\infty/-\infty$	$mhi/mlo$	$mhi/mlo$	$+\infty/0$	$+\infty/0$	$+\infty/0$	

註: 模型의 變化運營에 따른 追加變數와 制限條件式은 이 表에서 除外시켰음.

서 國產과 輸入이 統合된 生産者價格(producer's price) 去來表를 本研究院에서 사용하고 있는 53分類로 再分類하여 作成하였다. 模型內의 모든 變數나 係數는 75年 不變價格을 취하고 있으므로 75年 投入係數를 그대로 이용하는 데는 問題가 없으나 價格變動에서 오는 中間材의 代替效果나 技術進步에 따른 投入係數의 變化를 反映치 못하는 데는 큰 弱點을 안고 있다 할 수 있다.

投入係數 推定에 관한 問題는 本模型과 別途로 현재 本研究院에서 進行中이므로 그 결과에 따라 補完할 수 있다고 본다. 또한 構造式에서 보듯이 固定資産에 대한 減價償却充當金(depreciation allowances)을 模型內에 外生的인 하나의 變數로 취급하지 않은 것은 減價償却率에 관한 資料가 빈약하여 中間投入水準에 比例하여 各 産業의 生産活動에 充當되는 것으로 假定하였기 때문이다. 需要供給의 生産均衡條件式에서 非競爭輸入을 別個의 生産式으로 하지 않은 것은 模型을 比較적 長期計劃, 즉 여기서는 75년부터 12年후인 86년까지에 이용하는 데서 오는 非競爭輸入의 國產化 現象을 豫測結果에 反映되도록 하기 위해서였다.

나. 在庫係數( $h_{i,j}$ )

單位 生産擴張에 필요한 在庫量을 나타내는 係數로서 75年 國民所得計定資料에 나타난 産業別 在庫額과 產出額을 이용하여 總在庫係數를 구한 후 中間投入額에 比例 配分하여 各行을 計算하였다. 이는 各 産業에서 保有하고 있는 在庫를 財貨의 類型別로 나타내는 在庫統計 資料가 없기 때문이다.

라. 民間消費函數( $cpp_i, cpq_i$ )

全體 民間消費를 獨立變數로 한  $i$  産業 財貨의 消費函數를 1次線型式으로 하였을 때의 常數項과 係數로서 다음과 같은 方法으로 誘導, 作成한 것이다.

$$PC_i/N = \eta_i(PC/N)\epsilon_i$$

위 式에서

$N$  = 人口數

$\eta_i$  = 常數項

$\epsilon_i$  =  $i$  産業 財貨에 대한 「엔겔」係數

를 나타내고 있다. 위 式과 基準年度의 産業 聯關表에 나타난 部門別 民間消費( $PC_{i,B}$ ) 및 人口를 이용하여  $\sum_i PC_{i,B} = PC_B$  가 되는 1次線型式<sup>5)</sup>을 誘導하면

$$PC_i = \frac{\bar{N}_T}{\bar{N}_B} (1 - \hat{\epsilon}_i) \bar{PC}_{i,B} + \hat{\epsilon}_i \left( \frac{\bar{PC}_{i,B}}{\bar{PC}_B} \right)$$

와 같다. 위 式에서  $\hat{\epsilon}_i$  는

$$\hat{\epsilon}_i = \rho \epsilon_i$$

$$\rho \sum_i \epsilon_i \bar{CP}_{i,B} = \bar{CP}_B$$

와 같은 關係式에서 구한 것이다.

마. 政府消費函數( $cgp_i, cgq_i$ )

政府支出은 그 支出內容을 消費支出과 要素費用支出로 區分할 수 있으며 産業聯關表의 最終需要에 표시된 政府消費는 要素費用을 除外한 消費支出만이 內生去來表에 記錄되어 있으므로 자연히 模型에서 定義하고 있는 政府消費(GC)는 要素費用을 除外하여야 한다. 部門別 政府消費支出을 위한 1次線型函數式은 過去 7次에 걸친 産業聯關表의 政府消費

5) Lance Taylor, pp.48~49 참조.



資料를 이용하여 部門別 彈性值를 구한 후 民間消費와 같은 方法으로 1次線型式을 計算하였다. 政府要素費用支出은 模型 밖에서 별도로 推定하여 GDP 計定에만 外生的으로 合算 되도록 하였다.

#### 바. 限界貯蓄率(*m<sub>ps</sub>*)

國內貯蓄을 통한 投資規模의 擴大와 投資規模의 擴大에 의한 生産活動의 提高 등 模型의 關係式을 볼 때 計劃期間 동안의 限界貯蓄率은 대단히 중요한 역할을 하고 있으며 다분히 政策的 變數로 취급되어야 할 값이다. 民間, 政府 및 企業部門의 國內貯蓄 可用能力을 考慮하여 몇 가지 代案을 마련하고 이를 통한 「파라메트릭」線型計劃模型의 運營이 이상적이라 하겠다.

### Ⅲ. 模型의 補完 및 變化運用

本章에서는 새로운 假定이나 變數에 의한 追加制限條件式 및 線型計劃法에서 얻어지는 模型의 解가 가질 수 있는 極限結果를 制御하기 위한 追加制限式들에 대하여 설명하고 있다.

#### 1. 部門別 輸出入水準 및 構造의 制限式

模型에서 國內產出額과 함께 內生的으로 결정되는 産業部門別 財貨와 用役의 輸出入은 部門에 따라 非現實的 極限의 解를 갖는 경우가 많다. 이는 同一 産業部門으로 分類된 輸

出入의 財貨라 할지라도 計劃期間 동안 극히 特異한 行態로 變動되는 品目이 섞여 있는 데서 오는 이유와 政府의 輸出政策에 따른 展望과의 차이에서 오는 것이라 볼 수 있다. 이와 같은 結果가 招來되는 것을 막기 위해서는 部門別 輸出入 水準에 대한 上下 制限條件式과 産業部門間의 構造에 대한 制限式을 주는 것이 바람직하다. 다음은 輸出入에 대한 制限條件들이며 制限式 左側에 표시된 *EXL*, *EXH*, *MH* 그리고 *ML* 는 각각 輸出上限, 輸出下限, 그리고 輸入上限과 輸出下限式들을 나타내고 있다.

- 輸出入 上下 制限式

$$EXL : EXH : \overline{ELO}_i \leq E_i \leq \overline{EHI}_i$$

$$ML : MH : \overline{MLO}_i \leq M_i \leq \overline{MHI}_i$$

- 輸出構造制限式

$$ETT : ET = \sum_i E_i$$

$$LMEXP : \sum_{i \in LM} E_i \geq rlm ET$$

$$HMEXP : \sum_{i \in HM} E_i \geq rhm ET$$

위 式에서 *ETT*, *LMEXP*, 그리고 *HMEXP* 는 각각 總輸出, 輕工業製品輸出 그리고 重化學工業製品輸出의 制限條件式 記號이며

*ELO<sub>i</sub>* = *i* 産業製品 輸出의 下限水準

*EHI<sub>i</sub>* = *i* 産業製品 輸出의 上限水準

*MLO<sub>i</sub>* = *i* 産業製品 輸入의 下限水準

*MHI<sub>i</sub>* = *i* 産業製品 輸入의 上限水準

*ET* = 總輸出

*rlm* = 總輸出中 輕工業製品輸出이 차지  
해야 할 最低比率

*rhm* = 總輸出中 重化學工業製品이 차지  
해야 할 最低比率

을 각각 나타내고 있다. 部門 統合을 위한 添

字  $LM$  과  $HM$  는 輕工業部門과 重化學工業部門을 나타내고 있다.

## 2. 中短期 豫測을 위한 非競爭輸入의 分離運用

앞 章의 基本模型은 비교적 長期計劃에 이용한다는 假定下에 非競爭輸入을 競爭輸入에 統合한 生産均衡條件式으로 사용하였으나 만약 模型을 5年 以內의 短期豫測에 이용할 때는 非競爭輸入의 輸入代替가 일어나지 않는 條件의 模型이 타당할 것이다. 이를 위해서는 非競爭輸入에 의한 生産均衡條件式을 分離하여 運用해야 하므로 다음과 같은 生産均衡條件式으로 模型을 바꾸는 것이 바람직하다.

- 國產 및 競爭輸入에 의한 生産均衡條件式(COMD)

$$COMD : X_j + MC_j \geq \sum_j a_{ij}^{d+c} X_j + E_i + \gamma_i^{d+c} \sum_j b_{ij}^* IF_j + \delta_i^{d+c} \sum_j h_{ij}^* II_i + \alpha_i^{d+c} (c p p_i + c p q_i \cdot PC) + \beta_i^{d+c} (c g p_i + c g q_i \cdot \overline{GC})$$

- 非競爭輸入에 의한 生産均衡條件式 (COMN)

$$COMN : MN_i \geq \sum_j a_{ij}^n X_j + (1 - \gamma_i^{d+c}) \sum_j b_{ij}^* IF_j + (1 - \delta_i^{d+c}) \sum_j h_{ij}^* II_i + (1 - \alpha_i^{d+c}) (c p p_i + c p q_i \cdot PC) + (1 + \beta_i^{d+c}) (c g p_i + c g q_i \cdot \overline{GC})$$

위 式에서 「파라미터」의 右測上端에 표시된  $d, c, n$  의 添字는 國產, 競爭輸入, 그리고 非競爭輸入을 나타내는 것이며  $\alpha, \beta, \gamma, \delta$  는 각각 民間消費, 政府消費, 固定資本形成 그리고 在庫增減의 需要에 대한 供給比率을 나타내고 있다.

## 3. 輸入代替變數

輸入變數에 上下制限式을 줌으로써 非現實的인 模型의 解를 억제할 수는 있지만 急速한 工業化에 따른 重化學工業製品의 國內 輸入代替와 國內의 供給資源이 극히 制限되어 있는 2次産物의 負의 輸入代替(negative import substitution)가 감안된 輸入需要를 豫測하기 위해서는 아래와 같은 方法으로 輸入代替에 관한 變數를 追加하지 않고서는 현실에 부응하는 結果를 얻어 내기 어렵다.

- 國產에 의한 需要供給 均衡條件式 (COMD)

$$COMD : X_j - M_j - SM_j \leq \sum_j a_{ij}^d X_j + E_i + \gamma_i^d \sum_j b_{ij}^* IF_j + \delta_i^d \sum_j h_{ij}^* II_i + \alpha_i^d (c p p_i + c p q_i \cdot PC) + \beta_i^d (c g p_i + c g q_i \cdot \overline{GC})$$

- 輸入에 의한 需要供給 均衡條件式 (COMM)

$$COMM : SM_j \leq \sum_j a_{ij}^m X_j + (1 - \gamma_i^d) \sum_j b_{ij}^* IF_j + (1 - \delta_i^d) \sum_j h_{ij}^* II_i + (1 - \alpha_i^d) (c p p_i + c p q_i \cdot PC) + (1 - \beta_i^d) (c p p_i + c g q_i \cdot \overline{GC})$$

- 輸入代替 條件式(SUBM)

$$SUBM : M_i = f_i SM_i$$

위 式에서 새로이 追加된 變數  $SM$  과  $f_i$  는  $SM_i =$  輸入代替가 되지 않았을 경우  $i$  産業製品의 輸入需要,  $f_i = i$  産業의  $SM$  中 代替가 이루어질 比率( $f_i$  는 産業에 따라 1 보다 크게

나 적은 값을 갖는다)을 나타내고 있으며 「파라미터」 $f_i$ 는 基準年度の 國內總供給額中 輸入이 차지한 比率과 別途의 研究에 의하여 推定한 目標年度の 輸入에 의한 供給比率로부터 計算할 수 있다.

#### 4. 雇傭需要

各 産業의 生産活動에 所要되는 勞動力의 需要는 勞働係數(labor coefficient)와 總產出額을 이용하면 쉽게 구할 수 있다.

全産業에서 필요로 하는 勞動力을  $LT$ 라고 最終年度の 産業別 勞働係數를  $l_i$ 라 하면 雇傭需要條件式(LABD)은

$$LABD : \sum_i l_i X_i - LT = 0$$

와 같이 쓸 수 있다. 만약 앞으로 우리나라의 勞働供給에 限度가 있다고 하면 勞動力 不足에 따른 生産制御條件式이 追加되어야 할 것이다. 만약 最終年度の 勞動力 供給能力이  $LHT$ 라 하면 다음과 같은 간단한 制限式을 위 雇傭條件式에 附加할 수 있다.

$$LT \leq LHT$$

그러나 불충분한 資料에 의한 勞動力 供給 制限式은 오히려 全體模型의 生産活動式을 制御하게 되므로 全體 模型의 結果를 不合理하게 誘導할 우려가 있으므로 주의해야 할 점이다.

## IV. 模型의 解와 結言

III章의 追加 條件式中 輸出上下 및 構造制限 條件式과 輸入代替 條件式을 II章의 基本構造式에 포함하였을 경우 線型計劃模型의 規模는 約 400個 橫列의 制限式과 4,000個 정도의 零이 아닌 係數들로 綴어진 龐大한 模型이 된다.

本章은 이와 같은 큰 規模의 線型計劃模型을 통한 解를 구하기까지의 어려운 點과 지금까지 開發過程에서 얻은 模型의 數理的 豫測力을 간단히 要約하여 설명하였다.

初期 값이 주어진 「파라미터」 $\phi_i, gx_i, gif_i$ , 그리고  $gyd$ 는 內生變數와 함께 反復計算때마다 새로운 값으로 代替되어 線型計劃法에 의한 解의 均衡條件이 만족될 때를 最終 解로 구하고 있다. 이러한 計算過程은 많은 「컴퓨터」 시간을 요하며 지금까지 얻은 經驗에 의하면 1회의 완전한 解를 구하기 위해서는 約 20~30회의 反復計算이 필요하였고, 이를 위한 「컴퓨터」시간은 本研究院의 電算施設<sup>6)</sup>로 約 160분이 所要되었다. 완전한 解를 얻기까지의 反復計算回數는  $\phi_i, gx_i, gif_i$  및  $gyd$ 와 같은 內生 「파라미터」의 初期 값이 最終結果에 얼마나 가깝게 주느냐에 따라 크게 달라지므로 가능한 여러 가지 既存의 結果를 다음 解를 찾기 위한 初期 값으로 活用하는 것이 효과적이다.

다음 <表 3>에 提示된 結果는 78年 本研究院에서 作成한 15年 計劃 『長期經濟社會發展, 1975~91年』 作成過程에서 사용한 資料와 假

6) 本 研究院은 現在 IBM 370/138 DOS/VS 「컴퓨터」를 活用하고 있으며, 線型計劃法의 一般化 「프로그램」은 MPSX DOS/VS Version을 쓰고 있다.

定을 그대로 本模型에 導入하여 얻은 實驗的 결과로서 總量指標에서는 상당히 좋은 결과를 보여 주고 있으나 53個 個別産業의 결과는 아직 部分的으로 不合理한 點이 많이 있다. 이는 15年計劃에 提示된 部門別 輸出入에 一律的으로 +30%를 감안한 上限條件式과 -30%를 감안한 下限條件式이 線型計劃模型의 制御式으로 사용한 데서 오는 影響으로 판단되며, 앞으로 새로운 假定과 政策代案에 따라서 模型의 「파라미터」 및 制限條件 資料가 修正 補完되면 이러한 現象은 제거할 수 있다고 본다. 앞에서 언급한 바와 같이 本稿에서 다루고 있는 線型計劃模型은 今年부터 시작될 5次 5個年計劃 作業에 대비하여 현재 그 開發이 進行되고 있는 過程이므로 本稿에서는 模型을 통한 豫測結果보다는 앞으로 우리 經濟가 指向해야 할 經濟構造의 先進化와 이를 통한 福祉社會 建設이라는 큰 目標을 根柢에 두고 엮어진 模型의 構造를 설명하는 데 力點을 두었다. 앞으로 구체적인 5次經濟開發計劃의 方向

〈表 3〉 總量指標結果

(단위: 10億원, 75年不變價格)

	75年	86年	年平均增加率(%)
國民總生產	9,644.2	26,595.6	9.7
消費	7,788.2	20,042.3	9.0
·民間消費	6,763.5	15,456.7	7.8
·政府消費	1,024.7	4,585.6	14.6
投資	2,879.1	8,645.0	10.5
·固定資本	2,544.0	8,103.5	11.1
·在庫增減	335.0	541.5	4.5
輸出	2,748.4	19,860.9	19.7
輸入	3,612.6	21,997.7	17.8
海外純要素所得	-158.9	45.0	-
國內貯蓄	1,856.0	6,553.3	12.2
〈限界貯蓄性向〉	-	〈37.6〉	-
海外貯蓄	1,023.1	2,091.7	6.4
國內總產出額	20,643.7	69,800.8	11.7

과 指針이 設定되는 대로 그에 알맞는 模型의 變化와 資料의 補完이 이루어진다면 이번 5次 5個年計劃을 위한 模型은 과거 4次에 걸친 어느 計劃模型보다 한층 發展된 模型을 計劃作業에 쓸 수 있으리라 믿는다.

### ▷ 參 考 文 獻 ◁

金子敬生, 『産業連關의 理論과 適用』, 高陽堂, 1971.  
 經濟企劃院, 『國富統計綜合報告書』, 1968.  
 \_\_\_\_\_, 『第4次 5個年計劃書(總量計劃書)』, 1976.  
 度部經產, 『數量經濟分析』, 創文社, 1969.  
 內田忠夫, 『近代經濟學講座(計量分析篇 3)』, 有斐閣, 1968.  
 森一夫, 『日本の 經濟豫測』, 東洋經濟新報社, 1976.  
 朱鶴中, 『1968~73年 韓國鑛工業 産業資本「스

독』推計』, KDI研究調查報告 78-04, 1978.  
 韓國銀行, 『産業聯關作成報告』1963, 66, 70, 75.  
 \_\_\_\_\_, 『勞動聯關表』, 1970, 73.  
 韓國開發研究院, 『長期經濟社會發展(1977~91)』, 1978.  
 A.S. Manne, "Multi-Sector Model for Development Planning," *Journal of Development Economics* 1, 1974.  
 Almon, Buckler, *Interindustry Forecasts of American Economy*, Lexington Books, 1974, 75.

- Blitzer, Clark, Taylor, *Economy-wide Models and Development Planning*, Oxford, 1975.
- Carter, Brody, *Contributions to Input-Output Analysis*, North-Holland, 1972.
- Bela Balassa, *The 15 Years Social and Economic Development Plan for Korea*, Working Paper at KDI, 1977.
- Duloy, Norton. *A Programming Model of Mexican Agriculture CHAC*, 1973.
- Gale, *The Theory of Linear Economic Models*, McGraw-Hill, 1960.
- Goreux, Manne, *Multi-level Planning Case Studies in Mexico*, North-Holland, 1973.
- Kim Yoon Hyung, *A 53 Sector Interindustry Projection Model for Korea 1974-81*, KDI Working Paper 7505, 1975.
- R. Inman, M.J. Kim, Y.H. Kim, *A Prolog Model for Korea*, Working Paper DRC, 1977.
- Taylor, *Multisectoral Models in Development Planning a Survey*, KDI-DAS Conference Paper, 1973.
- Westphal, K.S. Kim, *The KDI Input-Output Data Bank*, KDI Working Paper 7503, 1975.