

Petrochemical Project Evaluation by Computer

裴 田 雲*

머 리 말

化學工場이 規模의 大型化와 더불어 投資가 大規模化해 짐에 따라 化學工場에의 投資는 漸次 risk 化 하고 있는 傾向이며 이러한 risk 는 主로 事業計劃의 核心的 基礎라 할수 있는 “Future prospect”의 uncertainty 또는 “Forecasting”의 unreliability 에 있다고 보겠다.

우리나라에 開發이 促進되고 있는 石油化學事業의 境遇에 있어서는 future prospect 를 forecast 하기가 大端히 flexible 하여 forecasting 의 reliability 를 期하기가 어려울 것으로 보인다.

이와 같이 flexible 한 future prospect 의 基礎위에서 事業計劃을 보다 安全하게 樹立, 評價 하기 爲한 하나의 approach 를 提示해 보겠다.

I. Introduction of Concepts

Petrochemical project evaluation 을 爲한 model 을 develop 하기에 앞서 petrochemical market prospect 를 理解하기 爲한 nature of petrochemical project 에 對하여 言及하고 다음에 project economics 의 scale 로 使用코저 하는 “Discounted cash flow rate of return”과 이의 基礎가 되는 cash 의 time value 에 對한 概念을 導入 하겠다.

1. Nature of Petrochemical Project Project Development Purpose

A. Developing Industry

Petrochemical 은 이제 巴야흐로 開發이 始作된 産業으로서 市場의 造成과 價格의 形成이 아직 이루어져 있지 않고 있음으로 需要와 價格을 비롯한 市場展望의

* 大韓石油公社

豫測이 매우 힘들 것으로 생각된다.

B. 獨占의 事業

Petrochemical market 는 當分間 競爭企業을 誘發할 만큼 크지 못할 것으로 볼때 供給에 있어 獨占이 豫想되는 한편 大部分의 petrochemical project 가 中間製品 또는 原資材 生産業種임을 考慮할때 消費에 있어서도 獨占性이 豫想된다.

따라서 需要 供給과 價格 등을 包含한 市場의 形成이 몇 사람의 妥協에 依해 이루어질 것으로 보며 이런 價格의 妥協이 어떤 線에서 이루어질 것인지 미리 豫測하기란 매우 어려운 일이다.

C. 政策的인 事業

우리 나라에 있어서 石油化學 事業의 가장 重要한 性格은 附加價值 生産이 매우 높고 國際收支 改善에의 寄與가 매우 큰 이른바 國家的으로 育成되는 戰略 産業이라는 點이다.

輸入의 對替, 輸出工業의 原資材國產化 등의 目的을 達成하기 爲하여 價格의 對外 競爭力이 切實하게 要求되는 한편 市場의 小規模, 高資本費의 支出 등 國內의 不利한 企業與件은 製造原價의 上昇을 갖어 오게 될 것임으로 政府의 保護育成政策을 通하여 價格의 國際水準化가 圖謀 될 것이며 政府의 育成政策은 租稅減免으로 부터 市場의 造成에 까지 이르게 될 것으로 본다.

따라서 需要와 價格 등의 prospect 를 forecast 함에 있어 政府의 政策方向을 綿密히 follow 하고 이를 分析하여 market prospect 를 forecast 해야 될 것으로 생각된다.

D. 高度의 系列化

Petrochemical industry 는 naphtha cracker 를 pyramid 頂點으로 하여 縱的 橫的으로 系列化되는 産業임으로 原料 及 製品의 需給과 價格 構造가 系列全體에 相關됨으로써 需給과 價格의 展望을 forecast 함에 있어

關係系列工業全體에 對한 study 를 要하게 될것으로 생각된다.

E. Market Development 에의 力點

Petrochemical product 는 大部分이 “Necessaries”의 category 에서 벗어나 “Conveniences”의 category 에 있고 또한 他 産業 製品을 replace 하는데 要點이 있음으로 市場의 開發과 需要의 造成에 많은 力點이 있어야 되는 産業이다.

뿐만 아니라 petrochemical product 는 大體로 많은 副産物을 同伴함으로 副産物의 綜合的 利用及 市場化가 要求되어 新製品 開發과 市場開拓에 많은 努力을 必要로 하고 있다.

F. 一次産業 製品을 代替

Petrochemical industry 의 主要 特徵의 하나는 一次産業 製品을 合成製品으로 代替하는데 있는 것으로 우리나라에 生産이 不振하여 大部分을 輸入에 依在하고 있는 纖維原料, 木材 及 木材製品, 고무, 油脂, 皮革, 醱酵原料인 糖密 등을 爲始하여 國內生産이 貧弱한 其他 많은 化學工業原料를 合成製品으로 代替하는데 있어 外貨의 大幅의 節減과 高附加價値의 生産을 實現할 수 있는 産業이다.

이러한 點에서 볼때 petrochemical product 는 一次産業 製品과의 競爭이 있고 또 一次 産業製品의 輸入을 國內 合成製品으로 代置하는데 있어 政府의 關稅, 物價, 消費 등에 關한 政策이 石油化學 市場 展望에 至大한 影響을 줄 것으로 豫想된다.

以上 言及한 石油化學 事業의 特徵을 綜合해 볼때 投資事業 計劃의 核心的 基礎가 될 市場 展望을 豫測하기가 大端히 流動的임을 알 수 있다.

事業의 成敗를 左右할 需要의 크기, 販賣價格의 水準, 原料費의 水準 등이 既成市場의 추세로 부터 forecasting 해 낼 性質의 것이 아니라 未來 市場의 形成을 假想하여 forecasting 해야 된다는 性質의 것이고 더욱이 市場 展望이 投資者의 市場 開發에의 努力과 能力에 따라 그리고 政府의 政策의 方向에 따라 크게 影響을 받는 點을 생각할때 投資事業 計劃을 安全하게 樹立하기가 어렵다.

이러한 狀況下에서의 投資計劃은 立體的인 forecasting 과 project 의 綿密한 危險分析이 要望된다.

2. Future Prospect 의 Forecasting

投資事業計劃上 future prospect 의 forecasting 은 事業의 成敗를 가름하는 主因子이며 特別 demand fore-

casting, pricing, costing 등은 가장 基本的인 要素이다.

가장 reliable 한 forecasting 은 말할 나위 없이 所望스러운 것이나 實際는 너무나 flexible 할 뿐 아니라 forecasting 의 reliability 自體가 體驗한 다음이라야 만이 立證 또는 評價될 性質의 것이다.

그러나 future prospect 를 forecasting 함에 있어 prospect 의 flexibility 를 그대로 represent 할 수 있는 어떤 possible range 로 表示하기는 훨씬 容易할 것으로 보인다.

例컨데 future prospect 를

A. Optimistic forecast

B. Pessimistic forecast

C. Moderate forecast

등의 어떤 基本的 豫測値를 中心으로 maximum 과 minimum 을 갖인 range 로써 捕捉하는 方法이다.

그리하여 project 의 economic feasibility 를 수많은 case 에 對하여 立體的으로 評價하여 forecast 의 uncertainty 에서 오는 risk 를 最小限度로 줄일 수 있을 것으로 생각되며 具體的인 approach 와 procedure 는 case study 를 通하여 提示하겠다.

3. Profitability Index

Capital project 의 窮極的인 目標은 投資를 하고 이에 對한 報酬를 받는데 있다고 볼때 投資에 對한 報酬의 程度, 다른 말로 하면 invested capital 의 economic productivity 의 程度를 計量할 profitability index 의 設定이 必要하다.

傳統的으로는 return on investment 와 이와 비슷한 概念에 基礎를 둔 payout 등이 profitability index 로 使用되어 오고 있다.

그러나 이러한 index 들은 cash 의 가장 重要한 性質인 time value 概念을 缺如하고 있기 때문에 capital 의 real productivity 를 represent 하기 어렵다고 생각된다.

Cash 의 value 는 時間의 函數로서 available 한 time 에 따라 value 가 달리 評價되어야 하며 現時點에 投入되는 cash 의 크기와 投資의 代價로 돌아올 未來의 cash 의 크기를 比較함에 있어 其 value 가 달라야 된다는 點이다.

profitability index 로써 return on investment 나 payout 등이 內包하는 또 하나의 不合理性은 project life 동안 繼續하는 投資의 報酬가운데 初期 一部分을 反映한다는 點이다.

이와 같은 不合性을 補完하고 cash 의 time value 概念을 導入함으로써 가장 合理的이고 絕對的인 profitability 를 represent 하는 index 로써 “Discounted cash

flow rate of return"이 recommend 된다.

4. Time Value of Cash

Cash의 value는 cash가 available한 시간에 따라 달라지며 投資가 經濟的 生産을 갖어올 수 있는 것은 이 time value에 基因한다고 할 수 있다.

따라서 project evaluation에 있어서 cash value는 時間的 價値를 補正해서 생각해야 된다.

Cash의 time value는 "Present value"와 "Future value"의 두가지 概念으로 생각할 수 있고 이 가운데 "Present value"가 普遍的으로 利用되고 있다.

"A" amount의 cash가 單位 時間에 "i" fraction 만큼 價値를 生産한다고 하면 present cash, "A"가 n time後에 갖이는 value는 $A(1+i)^n$ 이 되고 反對로 n time後에 available한 "A" amount의 cash를 present cash로 換算하면 $A(1+i)^{-n}$ 이 되겠다. 前者가 바로 future value, 後者는 present value 概念으로서 "A" amount의 cash를 金利 "i"인 銀行에 預金했을 때 利息의 增殖 또는 銀行이 債權을 discount해서 發行하는 것과 마찬가지로 概念이며 여기서 銀行에 預金하거나 債權을 사는것은 가장 安全하고 保守의이며 利益이 적은 投資의 一種으로 생각하면 되겠다.

Future cash를 present value로 discount함에 있어 discount factor "i"는 複利計算方式으로 適用되며, 複利에 依한 利率을 無限小의 time unit로 取하면 $A \cdot e^{-in}$ 으로 表示 되겠다.

그리고 n time後에 發生하는 cash가 事實은 (n-1) time으로 부터 n time에 이르기까지 累積의으로 發生한다고 할때(n年後에 收入되는 A金額이 年始부터 年末까지 累積의으로 發生)이 金額의 present value는

$$\int_{n=1}^{\infty} A e^{-in} dn = A \cdot e^{-in} \cdot \left(\frac{e^i - 1}{i} \right)$$

이 되겠다.

project의 cash flow는 一定期間을 time unit로 하여 累積的으로 收支되기 때문에 가장 合理的인 discount factor는 $e^{-in} \cdot \left(\frac{e^i - 1}{i} \right)$ 이 되겠으나 現實的으로 利率의 單位는 "年間"으로 取하고 있고 project의 cash flow를 "年間" 以下의 單位까지 考慮하지 않기때문에 $(1+i)^{-n}$ 의 discount factor가 妥當하게 使用되고 있다.

Cash의 time value 概念을 좀더 明確히 하기 爲하여 年金의 時間的 價値를 計算해 보겠다.

毎年 "A" amount의 年金을 n年間 받기로 되었을 때 年金 總額의 present value는

$$(PV)_A = \sum_{n=0}^{\infty} A(1+i)^{-n} = A \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n}$$

Future value는

$$(FV)_A = \sum_{n=0}^{\infty} A(1+i)^n = A \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

다음 이年金을 無限한 歲月을 두고 받기로 되었을때 年金總額의 現金價値는

$$\lim_{n \rightarrow \infty} A \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} = \lim_{n \rightarrow \infty} A \left[\frac{(1+i)^n}{i(1+i)^n} - \frac{1}{(1+i)^n} \right] = \frac{A}{i}$$

即 A/i amount의 cash를 金利 i인 銀行에 預金하던 無限한 歲月을 두고 "A" amount의 利子를 받을 수 있는 것과 같은 理致 이다.

5. Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF R/R)

"A" amount의 cash를 銀行에 預金하여 原利金을 10年間 均等 分割하여 毎年 0.2A 씩 받는다고 하면 銀行의 金利는 15%가 된다.

$$0.2A \cdot \frac{(1+i)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} = A \quad i=0.15$$

이는 工場의 壽命이 10年이고 payout이 5年(毎年 20%의 cash flow)이며 cash flow가 毎年 uniform한 project에서 投資의 代價로 돌아오는 cash income의 總和를 present value로써 投資金額을 償還하는 利率에 該當하는 것으로 이것이 discounted cash flow rate of return의 概念이 되겠다.

그러나 實際의 project에 있어서는 投資가 數年間 繼續하고 cash flow는 uniform하지 않으며 工場이 scrap될때 working capital, land, scrap value 등의 salvage value가 있으므로 앞에 使用한 formula가 apply되는 않는다.

이러한 realistic factor들을 全部 反影한 DCF R/R의 計算方法은 다음 章에서 DCF R/R model development와 함께 紹介 되겠다.

II. Discounted Cash Flow Model

DCF model의 development는 project의個性에 따라 system을 달리 하겠으며 本章에서 develop되는 model은 다음의條件을 前提한다.

- A. 獨點의인 供給 體制
- B. 需要의 伸張率을 logarithm base로 表示
- C. Product demand pattern 또는 操業率의 變化等에 依해 單位 製品當可變費가 變하지 않음.

지금 生産及 販賣를 開始코저 하는 年度를 基準年度(第1次年度)로 하고 基準年度에서의 需要測定量을 D_0 라 하며 需要의 伸張率을 r 라 하면 n 次年度에서의 需要量, D 는

$$D = D_0 e^{r(n-1)}$$

다음 販賣豫測量을 S 라 하면

$$S = D_0 e^{r(n-1)}, e^{r(n-1)} \leq P/D_0$$

P = plant capacity

販賣高 S_r 는

$$S_r = S_p \cdot D_0 e^{r(n-1)}, e^{r(n-1)} \leq P/D_0$$

S_p = Selling price

다음에 이와 같은 製品量을 生産, 販賣하는데 所要되는 費用, E 는

$$E = V + F_i + D_f + G_s$$

V = Variable cost

F_i = Fixed cost

D_f = Depreciation cost

G_s = General & selling expenses

可變費 V 는 原料費, utility費, 藥品觸媒費 등으로 操業率에 關係없이 一定한 單位 製品當의 費用이며 fixed cost F_i 는 操業率에 關係없이 一定한 年間費用

으로서 labor數에 比例하는 部分과 capital에 比例하는 部分으로 나눌 수 있다.

$$F_i = aL + b \cdot C$$

L : Number of Labor

a : Labor burden coefficient

C : Capital

b : Capital burden coefficient

減價償却費 D_f 는 稅法上 定率法을 通用하여

$$D_f = C(1-\alpha) \cdot \beta(1-\beta)^{n-1}, \beta=0, \text{ if } n > D_L$$

C : Capital

α : Non-depreciable capital fraction

β : Depreciation rate

D_L : Depreciable life

다음 general & selling expense인 G_s 는 labor에 比例하는 部分 sales에 比例하는 部分, capital에 比例하는 部分, 등으로 나눌 수 있으나 代表的으로 capital에 比例하는 것으로 看做하면

$$G_s = d \cdot C$$

d : Capital burden coefficient

이와 같이 하여 生産及 販賣에 所要되는 費用은

$$E = V \cdot D_0 e^{r(n-1)} + aL + (b+d) \cdot C + C(1-\alpha)\beta(1-\beta)^{n-1}$$

$$e^{r(n-1)} \leq P/D_0, \beta=0 \text{ if } n > D_L$$

營業稅率을 T_s fraction이라 하면 所得稅納付前 利益, P_G 는

$$\begin{aligned} P_G &= S_r(1-T_s) - E \\ &= S_p \cdot D_0 \cdot e^{r(n-1)} \cdot (1-T_s) - [V \cdot D_0 e^{r(n-1)} + a \cdot L \\ &\quad + (b+d) \cdot C + C(1-\alpha)\beta(1-\beta)^{n-1}] \end{aligned}$$

$$e^{r(n-1)} \leq P/D_0, \beta=0, \text{ if } n > D_L$$

所得稅 納付後의 純利益, P_N 은

$$P_N = P_G(1-T_i)$$

$$= S_P \cdot D_0 e^{r(n-1)} \cdot (1-T_S)(1-T_i) - [V \cdot D_0 e^{r(n-1)} + a \cdot L + (b+d) \cdot C + C(1-\alpha) \cdot \beta \cdot (1-\beta)^{n-1}] (1-T_i)$$

$$e^{r(n-1)} \leq P/D_0, \quad \beta=0 \text{ if } n > D_L,$$

$$T_i=0 \quad \text{if } P_G \leq 0$$

$$T_S=T_i=0 \quad \text{if } n \leq H$$

T_i : Income tax rate

H : Tax exemption period.

다음 cash income 은 純利益과 減價償却充當金을 合한 것으로

$$\begin{aligned} C_f &= P_N + D_f \\ &= S_P \cdot D_0 e^{r(n-1)} \cdot (1-T_S)(1-T_i) - [V \cdot D_0 e^{r(n-1)} + a \cdot L + (b+d)C + C(1-\alpha)\beta(1-\beta)^{n-1}] (1-T_i) \\ &\quad + C(1-\alpha)\beta(1-\beta)^{n-1} \end{aligned}$$

$$e^{r(n-1)} \leq P/D_0, \quad \beta=0 \text{ if } n > D_L,$$

$$T_i=0 \quad \text{if } P_G \leq 0$$

$$T_S=T_i=0 \quad \text{if } n \leq H$$

投資의 代價로 돌아오는 이 cash income의 總合은 工場의 操業開始로부터 scrap되는時點까지의 total cash generation과 工場이 scrap될때 救濟되는 working capital及 工場의 殘存價値를 合한 것으로

$$\begin{aligned} C_F &= \sum_{n=1}^{n_0} C_f + \alpha C + (1-\alpha)S_v \cdot C \\ &= \sum_{n=1}^{n_0} C_f + (\alpha + S_v - \alpha S_v)C, \quad n_0 = \text{plant life.} \end{aligned}$$

이 total cash generation을 操業開始 前年度를 zero time으로 하여 present value로 고치면

$$(PV)_I = \sum_{n=1}^{n_0} C_f(1+i)^{-n} + (\alpha + S_v - \alpha S_v)C(1+i)^{-n_0}$$

한편 이와 같은 cash generation을 爲해 投資되는 資本, C 는, m 年間に 걸쳐 投資되고 每年投資金額을 全體投資金額인 C 의 $C_1, C_2, C_3, \dots, C_m$ fraction이라 하면 投資金額의 present value는 投資開始 前年度를 zero time으로 하여

$$(PV)_0 = [C_1(1+i)^{-1} + C_2(1+i)^{-2} + \dots + C_m(1+i)^{-m}] \cdot C$$

다음 cash income의 zero time을 操業開始前年度로부터 投資開始 前年度로 바꾸면

$$\begin{aligned} (PV)_I &= \sum_{n=1}^{n_0} C_f(1+i)^{-(n+n)} + (\alpha + S_v - \alpha S_v) \\ &\quad C(1+i)^{-(n_0+n)} \end{aligned}$$

discounted cash flow rate of return 은 $(PV)_I$ 와 $(PV)_0$ 의 value를 equalize 하는 i 의 값이다.

$$(PV)_I = (PV)_0, \quad (PV)_I - (PV)_0 = 0 \quad \text{또는}$$

$$\begin{aligned} &\sum_{n=1}^{n_0} C_f(1+i)^{-(n+n)} + (\alpha + S_v - \alpha S_v)C(1+i)^{-(n_0+n)} \\ &\quad - [C_1(1+i)^{-1} + C_2(1+i)^{-2} + \dots + C_m(1+i)^{-m}]C = 0 \end{aligned}$$

III. Plant Capacity Optimization Model

Plant capacity optimization은 成長하는 需要를 가장 economic하게 meet 함으로써 invested capital의 economic productivity를 maximize하는데 目的이 있겠으며 前章에서 develop한 DCF rate of return을 maximize하는 方法으로 達成될 수 있겠다.

製品의 需要가 繼續 成長하는 狀況에서 plant의 production capability를 決定함에 있어 初期에 얼마만큼의 剩餘能力(또는 이에 따른 idle capital)을 갖는것이 最適이나 하는 것은 需要의 成長率과 plant cost의 scale-up에 依한 merit의 程度(capacity exponent로써 代表할 수 있다)에 달려 있다.

plant cost의 capacity increase에 依한 變化는

$$C = C'_0(P/P_0)^x$$

C : Plant cost of unknown capacity, P

C_0 : Plant cost of known capacity, P_0

x : Capacity exponent,

P_0 를 unit로 取하면

$$C = C_0 P^x$$

이 式을 前章에서 develop한 DCF rate of return model에 代入하면

$$\sum_{n=1}^{n_0} \{S_P D_0 e^{r(n-1)} \cdot (1-T_S)(1-T_i) - [V D_0 e^{r(n-1)} + a \cdot L$$

$$\begin{aligned}
& + (b+d)C_0P^x + C_0P^x(1-\alpha)\beta(1-\beta)^{n-1}(1-T_i)\} \\
& (1+i)^{-(n+m)} + (\alpha+S_v-\alpha S_v)C_0P^x(1+i)^{-(n+m)} \\
& - [C_1(1+i)^{-1} + C_2(1+i)^{-2} + \dots + C_m(1+i)^{-m}] \\
& C_0P^xe=0
\end{aligned}$$

$$e^{r(n-1)} \leq P/P_0$$

$$\beta=0 \quad \text{if } n > D_L$$

$$T_i=0 \quad \text{if } P_G \leq 0$$

$$T_i=T_S=0 \quad \text{if } n \leq H$$

위 식에서 P 를 variable로 하여 i 를 compute 하면서 i 가 maximize된 P 를求하면 되겠다.

IV. Application

지금까지 develop한 discounted cash flow model과 이를 modify한 plant capacity optimization model을 project evaluation에 apply할 수 있는 방법을 몇가지 紹介해 보겠다.

1. Capacity optimization

獨占의인 供給 體制下에서는 市場의 全體 需要가 바로 販賣可能量으로 看做할 수 있고 需要 伸張率의 크기와 其 事業의 收益性의 程度는 初期의 工場 規模 또는 操業初年度에 갖을 剩餘 生産能力을 最適化 하는데 capacity optimization model을 利用할 수 있다.

2. 事業의 經濟性 分析

事業性의 重要 因子인 需要의 豫測, 販賣價格 及 原料費의 推定, 또는 投資의 規模 등을 variable로 取하여 DCF rate of return을 plot해 보면 事業性을 살릴 수 있는 最低의 需要量販賣價格 또는 原料費 등을 求할 수 있고 여러가지 事業計劃의 因子들을 樂觀의으로 取했을때, 悲觀의으로 取했을때 또는 中庸의으로 取했을때 事業性이 어떻게 變化하는지 分析할 수 있으며 여기에 必要한 無數히 많은 計算이 discounted cash flow model을 利用하여 計算할 수 있다.

3. 事業의 危險分析

Discounted cash flow model을 利用하여 事業計劃의 主要因子들의 事業性에 對한 sensitivity를 求함으로써 主要因子들이 豫測值로부터 deviation이 생겼을 때 事業性에 얼마만큼의 damage가 오는가를 把握할 수 있고 그러한 deviation의 可能性 또는 deviation의 範圍를 推定함으로써 事業의 危險度를 分析할 수 있다.

4. 製造工程의 比較評價

製造工程의 設計는 多分히 投資를 增加시켜 操業費用을 節減하는 approach와 投資를 節減하는 對身 操業費用의 上昇을 甘耐하는 approach가 있을 수 있다. 卽 똑같은 量과 品質의 製品을 生産하는 工程을 設計함에 있어 投資費와 操業費에 어떤 形態의 函數關係가 있으며 여기에 最適化되는 經濟性이 存在한다.

이러한 比較 評價에 discounted cash flow model이 利用될 수 있으며 이는 主로 proposal을 evaluation하는데 利用될 수 있다.

Nomenclature

a :	Labor burden coefficient	Won/Labor/yr.
b :	Investment burden coefficient	Decimal fraction on capital/yr.
C :	Total capital investment	Won.
C_0 :	Plant cost of unit plant capacity	Won/MT/yr.
C_f :	φ Cash flow	Won/yr.
C_F :	Total cash generation	Won/project.
C_1-C_m :	Yearly investment program	decimal fraction on capital.
D :	Product demand	MT/yr.
D_0 :	Product demand at initial year	MT/yr.
D_f :	Depreciation fund or cost	Won/yr.
D_L :	Depreciable life	Years.
d :	Investment burden coefficient for G & S expenses,	decimal fraction on capital/yr.
E :	Total cost of production and sales	Won/hr.
e :	Exponent.	
F_f :	Total fixed cost of production	Won/yr.
G_s :	General & selling expenses	Won/yr.
H :	Tax exemptim period	Years.
i :	Discount factor, Discounted cash flow rate of return	Decimal fraction.
L :	Number of operators	Persons.
m :	Investment period	Years.
n :	Calender year	Year.
n_0 :	Plant life	Years.
P :	Plant capacity	MT/yr.
P_G :	Gross profit	Won/yr.
P_N :	Gross profit	Won/yr.
r :	Growth rate of product demand	

		Decimal fraction/yr.
S :	Sales volume	MT/yr.
S_P :	Selling price of product	Won/MT.
S_r :	Sales revenue	Won/yr.
T_i :	Income tax rate	Decimal fraction/yr.
T_S :	Sales tax	Decimal fraction/yr.
V :	Variable cost of product	Won/MT.
x :	Plant capacity exponent.	
α :	Non depreciable capital	Decimal fraction on total capital.
β :	Scrap value of plant	Decimal fraction on depreciable capital.

參 考 文 獻

John R. Coleman, Jr.; *I & EC* Vol. 56 No.1 28 (Jan. 1964).
 Raymond I. Reul; *C & E* Apr. 22, 1968, 212.

Ivan V. Klumpar; *C & E* Jan. 12, 1970, 107.
 John F Childs; *C & E* Feb. 26, 1968, 188.
 P. H Jeys; *Westinghouse Engineer* Mar. 1964, 41.
 S. N Rothman; *C. E. P* Vol. 66 No. 6, 37 (Jun. 1970).
 D. H Allen; *C & E* Jul. 3, 1967 75.
 DI Saletan & AV Caselli; *CEP* Vol. 59 No. 5, 69 (May. 1963).
 F. C Zevnik & R. L Buchanan; *CEP* Vol. 59, No. 2 70 (Feb. 1963).
 S. N Rothman; *Chem. Eng. Prog.* (June. 1970).
 D. H Allen; *Chem. Eng.* (July. 3 1967).
 D. I. Saletan & A. V caselli; *Chem. Eng. Prog.* (May. 1963).
 Happel, J.; "Chemical Process Economics", Wiley, New York, (1958).
 Hackney, J. R.; "Control & Management of Capital Project," wiley, New York, (1965).