<研究論文>

Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers
Vol. 3, No. 2, December 1977

資本制約下의 最適代替政策

(Optimal Replacement Policy under Capital Budgeting Constraints)

李 湘 範*
車 東 完**

Abstract

We consider the problem of determining the optimal replacement policy of the items which deteriorate appreciably with time and become obsolete. Most of the conventional engineering economy models including the widely-accepted MAPI model assume linearity of technological improvement over time, in obtaining the economic lives of items and the net present values of the replacement alternatives under consideration. The main achievement of this paper is in that it successfully relaxes this strict linearity assumption to accommodate various other types of technological improvements in determining those values. Based on these results, we also include in this paper the mathematical models by which to determine the optimal replacement policies of items both under and without capital budgeting constraints.

Ⅰ. 序 論

大量生産을 目的으로 數많은 生産施設을 使用하고 있는 現代企業은 生産能力을 維持하고 나아가서는 自社製品의 市場競爭力을 强化시키기 爲하여 適正한 施設代替政策을 必要로 하게 된다.

이와 같은 代替問題는 對象品目의 壽命形態(life pattern)에 따라서 다음과 같은 2가지 類型으로 大分할 수 있다. [6]

〈類型 1〉: 使用中 서서히 老朽化(deterioration)되고 技術進步로 因한 舊式陳腐化(obsolescence)가 發生하여 代替에 이르게 되는 品目

〈類型 2〉: 使用中 어떤 時點에서 故障(failure)이 나서 代替에 이르게 되는 品目

〈類型 1〉에 屬하는 品目의 代替에 關한 硏究는 大部分 資本制約이 없는 것으로 假定하고 經濟的인 側面에서 最適代替時期, 즉 經濟的壽命(economic life)을 決定하거나, [3], [4], [8], 現有設備(defender)와 挑戰設備(challenger)을 相互比較하여 代替의 妥當性을 評價하는 方向으로 進行되어 왔다. [2], [7], [11], [11], [12], [13]

그러나 이와같은 方法은 同種多數의 機械設備를 使用하고 있고 代替投資에 必要한 資本에도 制約을 받고 있는 企業의 現實的인 施設代替問題에 適用되기란 困難한 것이다.

왜냐하면 이러한 狀況下에서는 個個 代替對象品目間의 代替優先順位를 決定해 줄 수 있는 基準이 必要하게 되며, 이 基準을 가지고 資本制約下의 最適化가 이루어져야 하기 때문이다.

最近에 Shore[12]는 이러한 問題를 解決하고자 0-1 整數計劃모델(zero-one integer programming model)을 發表하였다. 그러나 Shore모델도 Terbough[13]의 MAPI方式에 根據를 두고 있기 때문에 維持費用(cost)과 技術進步(technological improvement)의 一次的(linear)變化라는 假定을 벗어나지 못하고 있다.

따라서 本硏究는 〈類型 1〉을 對象으로 하여 Shore모델을 보다 一般化시킴으로서 다음과 같은 2가지 問題를 同時에 解決하려는 것이다.

① 資本制約이 없는 경우의 代替의 經濟的妥當性檢討

② 資本制約下의 最適化

*第一合纖
**韓國科學院(株)

Ⅱ. 工業經濟的 分析에 依한 代替純現價의 導出

어떠한 投資案의 經濟的妥當性이나 相互獨立的인 여러 投資案의 投資優先順位는 一般的으로 純現價法(net present value method)으로서 評價될 수 있다.

本 硏究에서는 다음과 같은 2가지 試案(alternatives)을 相互比較함으로서 代替投資案(replacement project)의 純現價를 求한다. (Ⅲ章 1節 참조)

計劃期間(planning horizon)을 無限大로 假定할때 現有設備를 現在의 挑戰設備로 즉시 代替하고 다시 그 設備를 經濟的壽命만큼 쓰고 계속 後續挑戰設備(successors)로 代替해 나가는 案을 〈試案 1〉로, 現有設備를 經濟的壽命만큼 더 使用하고난 時點에서 挑戰設備로 代替하고 계속해서 經濟的壽命마다 代替해 나가는 案을 〈試案 2〉로 各各 定義한다. 그리고 이와 같은 2가지 試案을 選擇하여 比較하는 理由는 第Ⅲ章에서 說明하기로 한다.

1. 記號의 定義

n : 使用年數

t : 使用年齡, 단 現有設備는 現時點부터 計算한 年齡, $t=0, 1, 2, \cdots n$

h : 試案, $h=1, 2$

$T_{h,k}$: 試案 h에서 k번째 後續代替가 일어나는 時期, $k=1, 2\cdots\cdots$

$C_{h,k}$: 試案 h에서 k번째 後續挑戰設備의 期初價格

$S_{h,k}(t)$: 試案h에서 k번째 後續挑戰設備의 使用年齡 t에서의 殘存價格

$E_{h,k}(t)$, $R_{h,k}(t)$, $I_{h,k}(t)$: 試案h에서 k번째 後續挑戰設備의 使用年齡 t에서 發生하는 費用, 收益 및 純利益

$I_{h,k}(t)=R_{h,k}(t)-E_{h,k}(t)$, $t=1, 2, \cdots\cdots n$

$n_{h,k}^*$: 試案 h에서 k번째 後續挑戰設備의 經濟的壽命.

$F_{h,k}(n)$: 試案 h에서 k번째 後續挑戰設備를 n年間 使用할때의 年平均現金循環(equivalent annual cash flow)

P_h : 試案 h의 總現價

i : 年 利子率

단 $k=0$면 〈試案 1〉에서는 現在의 挑戰設備를, 〈試案 2〉에 있어서는 現有設備를 各各 意味한다.

2. 經濟的壽命의 決定

本 硏究에서는 하나의 設備로부터 發生하는 모든 費用과 收益을 고려하여 年平均 現金循環을 最大化시켜 주는 時期를 經濟的壽命으로 한다. 現有設備에 있어서 年平均現金循環은

$$F_{2,0}(n)=(A/P, i, n)\left\{-C_{2,0}+\sum_{t=1}^{n}(P/F, i, t)[R_{2,0}(t)-E_{2,0}(t)]+S_{2,0}(n)(P/F, i, n)\right. \cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

따라서 現有設備의 經濟的壽命 $n_{2,0}^*$는 다음과 같이 定義된다.

$$F_{2,0}(n_{2,0}^*)=\max_{n} F_{2,0}(n)\geq F_{2,0}(n), \quad \forall n \cdots\cdots\cdots (2)$$

挑戰設備에 있어서도 마찬가지 方法이 適用된다.

3. 技術進步의 諸形態에 따른 現金循環의 分析

技術進步는 未來의 挑戰設備, 즉 後續挑戰設備의 現金循環에 영향을 미치게 되는데 本硏究에서는 이러한 영향을 다음 5가지 경우로 나누어 보았다[11].

① 〈경우 1〉은 技術進步가 없어서 現在의 挑戰設備와 後續挑戰設備의 現金循環이 같은 경우이다. 즉 期初價格, 殘存價格, 費用 및 純利益이 항상 같게 된다.

② 〈경우 2〉는 技術進步로 因하여 每年 새로 出現하는 後續挑戰設備의 費用減少나 純利益의 增加가 一次的(linear)일 경우이다. 이 경우에 있어서도 期初價格과 殘存價格은 變하지 않는다고 본다. Terbough [13]의 MAPI方式과 Shore [12]가 이 경우에 해당된다.

③ 〈경우 3〉은 技術進步로 因하여 每年 새로 出現하는 後續挑戰設備의 費用減少 혹은 純利益의 增加가 指數函數的(exponential) 으로 變하면서 一定한 값에 수렴하는 경우이다. 이 경우 역시 期初價格과 殘存價格에는 變함이 없다.

④ 〈경우 4〉 및 〈경우 5〉는 技術進步로 因한 純利益의 增加比率만큼 後續挑戰設備의 期初價格과 殘存價格이 함께 上昇한다고 보는 경우이다. 〈경우 4〉에서는 一次的으로, 〈경우 5〉에서는 指數函數的으로 增加한다고 본다.

그리고 〈경우 3〉까지는 技術進步가 미치는 영향을 費用의 減少나 純利益의 增加中 어느쪽으로 파악해도 記號와 符號만 바뀔뿐 論理와 式의 展開는 마찬가지이므로 費用의 面만 보기로 한다.

그러나 〈경우 4〉와 〈경우 5〉에서는 收益力에 比例해서 後續挑戰設備의 期初價格과 殘存價格이 함께 增加하므로 반드시 純利益의 增加로만 파악 하여야 한다.

한편 어떤 品目에 있어서는 技術進步로 因하여 도리어 期初價格과 殘存價格이 下落하는 경우도 있을 것이다.

이 경우에는 技術進步를 費用의 面에서 파악하여

費用의 減少分만큼 같은 比率로 期初價格과 殘存價格이 下落한다고 보면 論理는 마찬가지가 된다.

(1) <경우 1> : 技術進步가 없는 경우.

後續挑戰設備의 使用年齡 t에 따른 現金循環은

$t=0,\ -C_{h,k}=-C_{1,0}$

$t=1,\cdots\cdots,n-1,\ -E_{h,k}(t)=-E_{1,0}(t)$

$t=n,\ S_{h,k}(n)-E_{h,k}(n)=S_{1,0}(n)-E_{1,0}(n)$

따라서 <試案 1>및 <試案 2>의 總現價 P_1, P_2는 다음과 같다.

$$P_1=\frac{F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}+C_{2,0}\cdots\cdots(3)$$

$\tilde{P}_1=P_1-C_{2,0}$로 두면

$$P_2=-\sum_{t=1}^{n_{2,0}^*}(P/F,i,t)E_{2,0}(t)+(P/F,i,n_{2,0}^*)\cdot[S_{2,0}(n_{2,0}^*)+\tilde{P}_1]\cdots\cdots(4)$$

(3)式에서 $C_{2,0}=S_{2,0}(0)$로 본다.

(2) <경우 2> : 技術進步로 因한 後續挑戰設備의 費用減少가 一次的일 때.

後續挑戰設備의 使用年齡 t에 따른 現金循環은

$t=0,\ -C_{h,k}=-C_{1,0}$

$t=1,2\cdots\cdots,\ n-1,\ -E_{h,k}(t)=-E_{1,0}(t)+T_{h,k}\cdot A$

$t=n,\ S_{h,k}(n)-E_{h,k}(n)=S_{1,0}(n)-E_{1,0}(n)+T_{h,k}\cdot A$

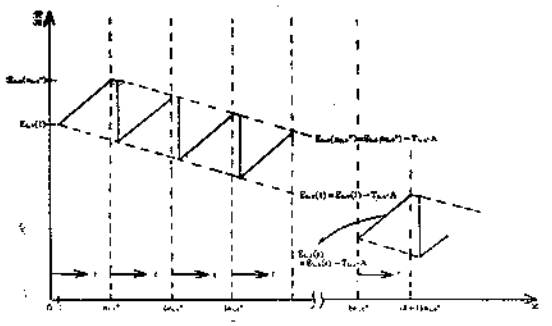
A=技術進步로 因하여 每年 새로 出現하는 後續挑戰設備의 年費用減少額

따라서

$$P_1=\frac{F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}+\frac{n_{1,0}^*\cdot A}{i[(1+i)^{n_{1,0}^*}-1]}+C_{2,0}\cdots(5)$$

$\tilde{P}_1=P_1-C_{2,0}$로 두면

$$P_2=-\sum_{t=1}^{n_{2,0}^*}(P/F,i,t)E_{2,0}(t)+(P/F,i,n_{2,0}^*)\cdot\left\{S_{2,0}(n_{2,0}^*)+\tilde{P}_1+\frac{n_{2,0}^*\cdot A}{i}\right\}\cdots\cdots(6)$$



〈그림-1〉 경우 1에 있어서 後續挑戰設備의 費用의 形態

(3) <경우 3> : 技術進步로 因한 後續挑戰設備의 費用減少가 一定한 값에 수렴할 때.

後續挑戰設備의 現金循環은,

$t=0,\ -C_{h,k}=-C_{1,0}$

$t=1,\cdots\cdots,n-1,-E_{h,k}(t)=-E_{1,0}(t)+B(1-\beta^{T_{h,k}})$

$t=n,\ S_{h,k}(n)-E_{h,k}(n)$

$=S_{1,0}(n)-E_{1,0}(n)+B(1-\beta^{T_{h,k}})$

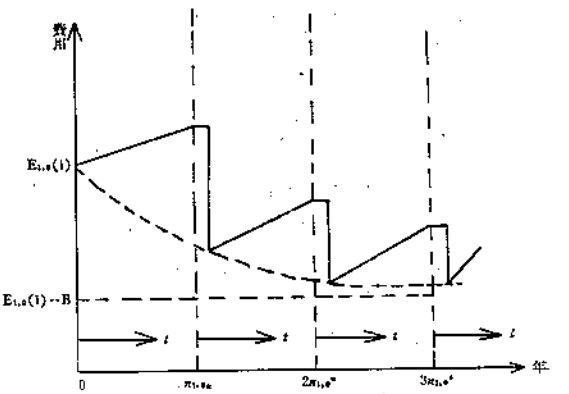
* B : 任意의 常數, $\beta<1$

$\lim_{k\to\infty}E_{1,k}(1)=E_{1,0}(1)-B$

따라서

$$P_1=\frac{B+F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}-\frac{B(P/A,i,n_{1,0}^*)}{1-\{\beta/(1+i)\}^{n_{1,0}^*}}+C_{2,0}\cdots(7)$$

$$P_2=-\sum_{t=1}^{n_{2,0}^*}(P/F,i,t)E_{2,0}(t)+(P/F,i,n_{2,0}^*)\cdot\left\{S_{2,0}(n_{2,0}^*)+\frac{B+F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}-\frac{\beta^{n_{2,0}^*}B(P/A,i,n_{1,0}^*)}{1-\{\beta/(1+i)\}^{n_{1,0}^*}}\right\}\cdots\cdots(8)$$



〈그림-2〉 경우 3 에 있어서 後續挑戰設備의 費用의 形態

(4) <경우 4> : 期初價格, 殘存價格 및 技術進步로 因한 純利益의 增加가 같은 比率로 同時에 一次的으로 變할때.

後續挑戰設備의 現金循環은,

$t=0,\ -C_{h,k}=-C_{1,0}(1+T_{h,k}\cdot\alpha)$

$t=1,\cdots\cdots,n-1,\ I_{h,k}(t)=I_{1,0}(t)(1+T_{h,k}\cdot\alpha)$

$t=n,S_{h,k}(n)+I_{h,k}(n)=[S_{1,0}(n)+I_{1,0}(n)](1+T_{h,k}\cdot\alpha)$

* $\alpha\geq 0$

따라서

$$P_1=\frac{F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}\left\{1+\frac{n_{1,0}^*\cdot\alpha}{(1+i)^{n_{1,0}^*}-1}\right\}+C_{2,0}\cdots\cdots(9)$$

$\tilde{P}_1=P_1-C_{2,0}$로 두면

$$P_2=\sum_{t=1}^{n_{2,0}^*}(P/F,i,t)I_{2,0}(t)+(P/F,i,n_{2,0}^*)\cdot\left\{S_{2,0}(n_{2,0}^*)+\tilde{P}_1+\frac{n_{2,0}^*\cdot\alpha\cdot F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{i}\right\}\cdots(10)$$

(5) <경우 5> ; 期初價格, 殘存價格 및 技術進步로 因한 純利益의 增加가 같은 比率로 同時에 指數函數的으로 變할 때.

後續挑戰設備의 現金循環은,

$t=0,\ -C_{h,k}=-C_{1,0}\cdot\gamma^{\tau_{h,k}}$

$t=1,\cdots,n-1,\ I_{h,k}(t)=I_{1,0}(t)\cdot\gamma^{\tau_{h,k}}$

$t=n,\ S_{h,k}(n)+I_{h,k}(n)=[S_{1,0}(n)+I_{1,0}(n)]\gamma^{\tau_{h,k}}$

$*\ \gamma>1$

$$P_1=F_{1,0}(n_{1,0}^*)(P/A,i,n_{1,0}^*)\cdot\left[1+\left(\frac{\gamma}{1+i}\right)^{n_{1,0}^*}+\left(\frac{\gamma}{1+i}\right)^{2n_{1,0}^*}+\cdots\right]+C_{2,0}$$

$\frac{\gamma}{1+i}\geq$이면 $P_1=\infty$가 되어 限定된 값을 얻을수 없으므로 $\frac{\gamma}{1+i}<1$ 일때

$$P_1=\frac{(P/A,i,n_{1,0}^*)F_{1,0}(n_{1,0}^*)}{1-\left(\frac{\gamma}{1+i}\right)^{n_{1,0}^*}}+C_{2,0}\quad\cdots\cdots\cdots(11)$$

$\tilde{P}_1=P_1-C_{2,0}$로 두면

$$P_2=\sum_{t=1}^{n_{2,0}^*}(P/F,i,t)I_{2,0}(t)+(P/F,i,n_{2,0}^*)\cdot[S_{2,0}(n_{2,0}^*)+\gamma^{n_{2,0}^*}\cdot\tilde{P}_1]\quad\cdots\cdots\cdots(12)$$

Ⅲ. 最適代替政策

1. 資本制約이 없을 경우

<試案 1>및 <試案 2>의 總現價 P_1, P_2를 便宜上 $P(0), P(n_{2,0}^*)$로 다시 定義하자.

그러면 代替純現價 V_0는 다음과 같이 求해진다.

$$V_0=P(0)-P(n_{2,0}^*)\quad\cdots\cdots\cdots(13)$$

따라서

① $V_0=P(0)-P(n_{2,0}^*)>0$인 경우는 現有設備를 즉시 現在의 挑戰設備와 代替하는 것이 有利하다.

② $V_0=P(0)-P(n_{2,0}^*)<0$인 경우는 現有設備를 經濟的 壽命까지 쓰고 代替하는것이 가장 有利 하다.

이와같이 資本制約이 없으면 $V_0>0$이 되는 代替案(replacment projects)은 全部 經濟的妥當性이 있게 된다.

2. 資本制約이 있을 경우

資本制約이 있게 되면 各 現有設備는 限定된 資本을 두고 相互競爭關係에 있게 되므로 個個의 現有設備의 代替, 그 自體로서의 經濟的 妥當性 여부가 問題視되는게 아니라 企業의 利益을 最大化 시켜 줄수 있는 現有設備의 最適代替 믹스(optimal replacement mix)를 어떻게 決定하느냐가 問題가 된다.

이러한 最適代替믹스는 經濟的 妥當性이 있다고 判明된 現有設備들을 純現價(V_0)의 크기에 따라 順位를 매기고 限定된 資本을 다 쓸 때까지 代替해 나가는 純現價順位法(net present value ranking method)에 依하면 쉽게 求할 수 있다.

그러나 이러한 純現價順位法도 프로젝트의 不可分性(indivisibility)下에서는 항상 最適代替믹스를 保障해 주지는 못한다. [9] 따라서 프로젝트의 不可分性으로부터 나오는 矛盾을 解決하고, 現在뿐만 아니라 期間別 資本制約까지 同時에 取扱하기 爲해서는 數學的 計劃法이 必要하게 된다.

(1) 資本制約下의 第3의 試案과 代替純現價의 分析

期間別 資本制約下에서 各現有設備의 代替純現價를 求하기 爲하여 우선 다음과 같은 第3의 試案을 생각해 보자. 즉 現有設備의 代替純現價 V_0가 零보가 커서 지금 즉시 代替하는 것이 有利하지만 資本制約 때문에 l年($l=0,1,2,\cdots m, m$: 資本制約이 주어지는 期間)만큼 더 쓰고 代替해 나가는 案을 <試案 3>이라 하자. 그리고 <試案 3>의 純現價를 $p(l)$이라 하면 $p(l)$은 (4), (6), (8), (10), (12)式에서 $n_{2,0}^*$를 l로 代替시킴으로서 求해진다.

한편 앞서 5가지 경우에 있어서,

$l=n_{2,0}^*$ 면 $p(l)=p(n_{2,0}^*)$

$l=0$ 면 $p(l)=p(0)$ $(\because S_{2,0}(0)=C_{2,0})$

가 되어 <試案 1> 및 <試案 2>의 總現價가 <試案 3>의 l값에 따라 一般化되어 버린다.

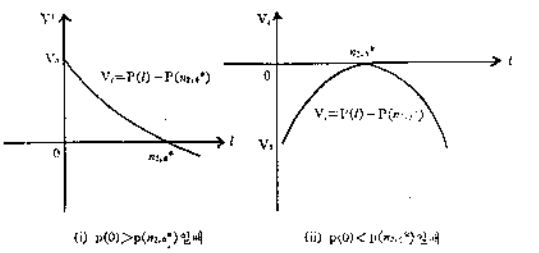
따라서 <試案 3>의 代替純現價를 V_l이라 하면 다음과 같을 一般式이 成立 된다.

$$V_l=p(l)-p(n_{2,0}^*),\ l=0,1,2,\cdots\cdots,m\quad\cdots\cdots(14)$$

本硏究는 代替純現價를 求하는 基準을 現有設備를 經濟的 壽命까지 使用하고 代替하는 <試案 2>에 두었다.

그 理由는 V_l의 l에 對한 變化를 分析해 봄으로써 說明될 수 있다.

V_l은 l에 따라 다음 <그림 3>과 같은 一般的인 形態를 나타낸다. [1]

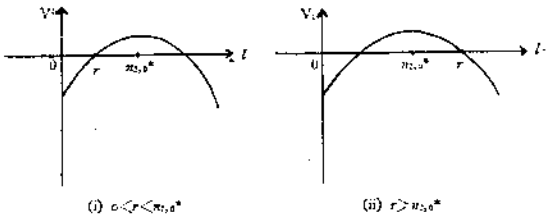


〈그림 3〉 V_l의 形態

<試案 2>에 있어서 現有設備代替의 時點을 經濟的 壽命으로 하였을 때 $P(0)>P(n_{2,0}{}^*)$의 경우에는 l이 增加함에 따라서 V_l의 값은 점차 減少해가서 $n_{2,0}{}^*$를 지나면 代替가 도리어 不利해 진다.

한편 $P(0)<P(n_{2,0}{}^*)$인 경우는 $l=n_{2,0}{}^*$일 때 最大가 되어 現有設備를 經濟的壽命까지 쓰고 代替해야 가장 有利하다는 앞서의 結論과 一致한다.

만일 <試案 2>에 있어서 現有設備代替의 時點을 經濟的壽命 $n_{2,0}{}^*$ 아닌 어떤時點 r ($0\leq r\leq m$, $r\neq n_{2,0}{}^*$)로 잡는다면 $P(0)>P(r)$인 경우에는 <그림 3>의 (i)의 形態가 그대로 維持되나 $P(0)<P(r)$인 경우에는 다음 <그림 4>와 같은 形態를 取하게 된다.



(i) $0<r<n_{2,0}{}^*$ (ii) $r>n_{2,0}{}^*$

<그림 4> $V_l=P(0)-P(r)$, $r\neq n_{2,0}{}^*$, $P(0)<P(r)$ 일때 V_l의 形態

<그림 4>는 $P(0)<P(r)$일 때이므로 <試案 2>의 見地에서는 現有設備를 r의 時點에 가서 代替하는 것이 가장 有利해야 한다. 그러나 $0<r<n_{2,0}{}^*$인 경우에는 r의 時點을 지나서, $r>n_{2,0}{}^*$인 경우에는 r의 時點에 到達하기에 앞서 代替하는 것이 더 有利하게 되어 버린다. 따라서 <試案 2>에 있어서 現有設備 代替의 時點을 經濟的壽命으로 하여 代替純現價를 求하는 것이 바람직하게 되는 것이다.

(2) 0-1整數計劃모델

現在時點에서만 資本制約이 주어지고 g개의 現有設備가 있으면 다음과 같은 0-1整數計劃 모델의 解로서 最適代替믹스를 求할 수 있다.

$$Max\ NPV=\sum_{j=1}^{g}V_{0j}X_{0j} \qquad \cdots\cdots(15)$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^{g}C_{0j}X_{0j}\leq B_0$$

$$X_{0j}=0 \text{ or } 1$$

한편 期間別로 資本制約이 주어지면 (15)式은 다음과 같이 변경된다.

$$Max\ NPV=\sum_{l=0}^{m}\sum_{j=1}^{g}V_{lj}X_{lj}$$

$$\text{subject to } \sum_{j=1}^{g}C_{0j}X_{0j}\leq B_0$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$\sum_{j=1}^{g}C_{mj}X_{mj}\leq B_m \qquad \cdots\cdots(16)$$

$$\sum_{l=0}^{m}X_{l1}\leq 1$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots$$
$$\sum_{l=0}^{m}X_{lg}\leq 1$$

$$X_{lj}=0 or\ 1$$

(15), (16)式에서

m: 資本制約이 주어지는 期間, $l=0, 1, 2, \cdots, m$
$0\leq m<\min_j(n_{1,0,j}{}^*)$, ($n_{1,0,j}{}^*$는 설비 j의 현재도전 설비의 경제적 수명)

g: 現有設備의 數 $j=1, 2, \cdots\cdots g$

X_{lj} {現有設備 j가 l年末에 代替되면 1 / 그렇지 않으면 0

C_{lj}: 現有設備 j가 l年末에 代替될때의 必要投資額
$C_{lj}=C_{1,0,j}-S_{2,0}(l)_j$

V_{lj} ; 現有設備 j가 l年末에 代替될때의 純現價
$V_{lj}=P(l)_j-P(n_{2,0}{}^*)_j$

B_l: l年末의 資本制約 額

資本制約이 주어지는 期間을 $0\leq m<\min_j(n_{1,0,j}{}^*)$로 限定한 것은 各 現有設備의 代替가 期間 m 內에서 한번 밖에는 일어 날 수 없도록 하기 위함이다. 그렇지 않으면 純現價의 測定이 困難하기 때문이다.

그리고 工程上 혹은 經營方針上 어떤 設備가 어떤 設備에 優先하여 代替해야 할 경우에는 (16)式에 다음과 같은 先行的代替條件(precedence constraints)을 附加시켜주면 된다.

$$X_{0\alpha}\geq X_{0\beta}$$
$$X_{0\alpha}+X_{1\alpha}\geq X_{1\beta}$$
$$\vdots \qquad\qquad \vdots \qquad \cdots\cdots(17)$$
$$\sum_{l=0}^{m}X_{l\alpha}\geq X_{m\beta}$$

단 $(\alpha,\beta)\in R$

$R=\{(p,q)|$現有設備 p는 q에 先行하여 代替되어야 한다.$\}$

(3) 整數計劃모델

大量生產의 形態를 取하는 現代의 企業에서는 同種多數의 現有設備가 있게 마련이다. 이러한 경우에는 어떤 種類의 設備를 언제 얼마만큼 代替해야 할 것이냐가 問題가 될 수 있다.

이러한 問題도 다음과 같은 假定下에서 整數計劃 모델로 定式化될 수 있다.

假定 : 同種의 現有設備는 過去의 同一한 時期에

購入하여서 費用, 純利益, 殘存價格 및 經濟的壽命이 같든지 혹은 그 購入時期가 다르더라도 統計的으로 平均値를 求할 수 있다고 본다.

$$Max\ NPV=\sum_{i=0}^{m}\sum_{j=1}^{g}V_{ij}X_{ij}$$

$$\text{subject to}\sum_{j=1}^{g}C_{0j}X_{0j}\leq B_0$$

$$\sum_{j=1}^{g}C_{mj}X_{mj}\leq B_m \qquad \cdots\cdots(18)$$

$$\sum_{i=0}^{m}X_{i1}\leq G_1$$

$$\sum_{i=0}^{m}X_{ig}\leq G_g$$

X_{ij}: non-negative integer

(18)式에서

g: 現有設備의 種類, $j=1,2,\cdots\cdots g$

X_{ij}: j種類의 現有設備가 l年末에 代替되는 量

C_{ij}, V_{ij}: j種類의 現有設備 1개가 l年末에 代替될 때의 必要投資額 및 純現價

G_j: 現在 設置되어 있는 j種類의 設備의 數

Ⅳ. 結 論

本 硏究는 限定된 資本下의 效率的인 施設代替政策을 爲한 모델을 提示하였다. 먼저 工業經濟的 分析을 通하여 個別 代替投資案의 純現價를 求하고 이러한 純現價를 最大化시키는 方向으로 數學的計劃 모델을 定立함으로서 資本制約下의 最適化를 期하고 있다.

따라서 本硏究는 많은 生產施設을 保有하고 있는 大企業의 施設再投資 管理에 特히 有用하다고 보겠다.

다만 모델에 고려되는 諸 factor들을 deterministic하게 취급하였다는 點과 技術進步의 實際的인 豫測이 어렵다는 點에 現實適用의 限界가 있을 것이다.

本 硏究의 모델의 例題와 具體的인 公式의 유도과정은 參考文獻 [1]에서 찾을 수 있으며 本 硏究와 關聯하여 資本制約外의 人力制約 等 餘他條件의 附加, 實際的인 技術進步의 豫測 및 確率論的인 硏究가 앞으로 期待된다고 보겠다.

<Appendix>

本 論文에 使用된 利子係數

$(F/P,i,n)=(1+i)^n$; 一括拂複利係數

$(P/F,i,n)=\dfrac{1}{(1+i)^n}$; 一括拂現價係數

$(A/F,i,n)=\dfrac{i}{(1+i)^n-1}$; 減債基金係數

$(A/P,i,n)=\dfrac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$; 資本回收係數

$(P/A,i,n)=\dfrac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$; 年金現價係數

$(F/A,i,n)=\dfrac{(1+i)^n-1}{i}$; 年金複利係數

參 考 文 獻

(1) 李 湘範, 資本制約下의 最適代替政策, 韓國科學院 1977. (미출판 석사학위 논문)

(2) Churchman, C.W., Ackotf, R.L. and Arnoff, E.L., *Introduction to Operations Research*, John Wiley and Sons. Inc., 1970.

(3) Clapham, J.C.R., "Economic Life of Equipment", *Operational Research Quarterly*, Vol. 8, No. 4, pp. 181-190, (1957).

(4) Eilon, S., King, J. R. and Hutchinson, D.E., "A Study in Equipment Replacement", *Operational Research Quarterly*, Vol. 17, No. 1, pp. 59-71. (1966).

(5) Elton, E.J. and Gruber, M.J., "On the Optimality of an Equal Life Policy for Equipment Subject to Technological Improvement", *Operational Research Quarterly*, Vol. 27, No.1-i, pp. 93-99, (1976).

(6) Fabrycky, W.J. and Torgerson, P.E., *Operations Economy*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1966.

(7) Grant, E.L. and Ireson, W.G.., *Principles of Engineering Economy*, 5th ed., The Ronald Press Company, 1970.

(8) Kaufmann, A., *Methods and Models of Operations Research*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1963.

(9) Mao, J.C.T., *Quantitative Analysis of Financial Decisions*, Collier-Macmillan Limited, London, 1969.

(10) Mayer, R.R., "Problems in the Application of Replaccment Theory", *Management Science*, Vol. 6, No. 3, pp. 303-310, (April 1960).

(11) Oakford, R. V., *Capital Budgeting*, The Ronald Press Company, N.Y., 1970.

(12) Shore, B., "Replacement Decisions under Capital Budgeting Constraints", *The Engineering Economist*, Vol. 20, No. 4, pp. 243-256, (Summer 1975).

(13) Terbough, G., *Dynamic Equipment Policy*, Machinery and Allied Products Institute, Washington, D.C., 1949.