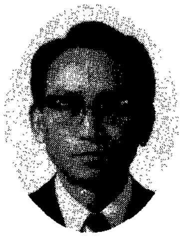
原子力発電所 経済性 検討



閔 丙 墩

(韓国重工業(株)理 事)

序 言

原子力 発電의 経済性 検討에 必要한 여러 資料 및 電算 CODE들이 断片的으로 紹介되어 있으나 이들을 綜合的으로 説明한 資料가 없는듯하여 여기서 이를 綜合, 要約整理하여 紹介하고자한다.

参考資料들이 外国資料임으로 税制,保険等 外国과 우리나라와의 制度上의 差異에서 오는 相異点은 多少있으나 根本的인 原理는 同一하다.

I. 発電単価

発電単価 算定方法을 要約해서 記述하면 年間 発電하는데 所要된 総 費用을 年間 総 発電量으로 나눈 값이다.

이를 所要된 費用別로 区分해서 説明하면 下記式에서 알 수 있는 바와 같이 固定費, 運転補修費, 燃料費로 区分된다.

1. 発電単価

$$e=1000\frac{\phi I+O+Fl}{E} \qquad (I-1)$$

$(I-1)$ 式에서,

e=発電単価(mills/kWh)

ϕI=年間固定費(ϕ는 固定費率, I는 初期投資費) ($/Yr)

O=年間 運転補修費($/Yr)

Fl=年間 燃料費($/Yr)

E=年間発電量(kWh/Yr)

ㄱ. 利用率

$$L=\frac{E}{8766K} \quad E=8766K\times L \qquad (I-2)$$

L=発電所 利用率
K=発電所 定格出力
8766=24hr/day×365 $\frac{1}{4}$day, (閏年까지 加算한 年間時間)

ㄴ. 燃料費

火力発電 : $1000\frac{Fl}{E}=10^{-5}H\cdot F_f$

H=Plant Heat Rate Btu/kWh(l)
=3413/η

F_f=化石燃料費, Cents/million Btu
≅($/BBL)×18.0 : 石油
≅($/TON)×4 : 石炭
≅0 : 太陽,水力,潮力

η=発電所 効率

原子力 発電 : $1000\frac{Fl}{E}=\frac{1000Fn}{24Bn}$

F_n=核燃料 週期費 $/kgU

B_n=核燃料 燃焼度 KWD/kgU

ㄷ. 発電単価

○火力発電

$$e=\frac{1000}{8766L}\left(\phi\frac{I}{K}+\frac{O}{K}\right)+\frac{0.03413F_f}{\eta} \quad (I-3a)$$

固定費 運転費 燃料費

$/KWe·yr, $/KWe·yr [illegible]/KWh (e)

mills

○原子力発電

$$e=\frac{1000}{8766L}\left\{\phi\frac{I}{K}+\frac{O}{K}\right\}+\frac{1000F_n}{24B_n\cdot\eta}(I-3\,b)$$

軽水炉(LWR)에서 Fuel-Burnup이 30,000 MWDt/Mtu内外가 가장 経済的이므로 設計上 上記数値의 範囲内에서 많이 벗어나지 않는다.

2. 利用率

外国의 書籍을 보면 発電所 利用率의 表示에 있어 여러가지 表記法이 使用되는데 이를 分明히 하는 것이 理解하는데 도움이 될 것 같아 아래에 定義를 썼다.

○PAF : Plant Availability Factor (稼動率)

$$=\frac{\text{年間 発電所 運転時間}}{\text{年間総時間}}\times 100$$

○PCF=Plant Capacity Factor (利用率)

$$=\frac{\text{年間 総 発電量(kWh)}}{\text{定格出力}\times\text{年間 総 時間}}\times 100$$

○PLF=Plant Load Factor (負荷率)

$$=\frac{\text{平均出力}}{\text{最大出力}}$$

上記 定義는 주어진 期間을 年間으로 表示하였으나 이는 任意로 定할 수 있다.

3. 固定費(Fixed Charge)

固定費는 初期에 投資된 資金과 関聯하여 発生하는 費用으로 下記와 같은 費用이 여기에 包含되며 이는 各種 税制 및 経営方針에 따라 決定되므로 壽命期間을 通하여 一定하게 発生하는 것이나 固定費의 増加要因, 税率 等으로 変動될 수 도 있으며 우리나라의 경우 下記 事項外에 防衛税가 追加된다.

ㄱ. 投資報酬(Return On Investment)

ㄴ. 減価償却(Depreciation)

ㄷ. 財産税(Property Tax)

ㄹ. 所得税(Income Tax)

ㅁ. 資産保険(Property Insurance)

固定費에 대해 燃料費, 運転補修費 等을 変動費 라고 한다.

Ⅱ. 金利의 計算

이에 関한 関係式을 크게 두가지로 分類할 수 있다. 그 하나는 不連続 複利로 一定한 期間마다 金利를 計算하는 方法이다. 다른 하나는 一定한 資金이 짧은 間隔으로 継続 流入 또는 流出되는 경우에 使用하는 것이 連続複利이다.

1. 不連続 複利

以後부터 複利라 함은 不連続 複利를 意味한다.

関聯公式(表Ⅱ-1)

(表 Ⅱ-1)

係 数 名 稱	公 式	구하는값	주어진값	略 号
○一括支払 複利 合計(係数) (Single Payment Compound-Amount Factor)	$(1+i)^n$	F	P	(F/P, i%, n)
○一括支払 現価(係数) (Single Payment Present-Worth Factor)	$\frac{1}{(1+i)^n}$	P	F	(P/F, i%, n)
○同一額 払入 複利(係数) (Uniform Series Compound-Amount Factor)	$\frac{(1+i)^n-1}{i}$	F	A	(F/A, i%, n)
○減債基金(係数) (Sinking Fund Factor)	$\frac{i}{(1+i)^n-1}$	A	F	(A/F, i%, n)
○同一額 払入 現価(係数) (Uniform Series Present-Worth Factor)	$\frac{(1+i)^n-1}{i(1+i)^n}$	P	A	(P/A, i%, n)

○資本回収(係数) (Capital Recovery Factor)	$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n-1}$	A	P	(A/P, i%, n)
○一定比率 増加額 複利合計(係数) (Arithmetic Gradient Conversion Factor to Compound Amount)	$\frac{(1+i)^n-(1+ni)}{i^2}$	F	G	(F/G, i%, n)
○一定比率 増加額 現価(係数) (Arithmetic Gradient Conversion Factor to Present Factor)	$\frac{(1+i)^n-(1+ni)}{i^2(1+i)^n}$	P	G	(P/G, i%, n)

※ 符号 : i : 利子計算 期間의 利率　　n : 利子計算 期間의 数
P : 金銭의 現価　　F : 複利의 元利金 合計
G : 2 번째 부터 毎 利子期間마다 支払하는 一定比率 増加 또는 減少 金額
A : 毎 利子期間

公式의 展開

○一括支払 元利金 合計

첫번째 利子計算期間의 元金과 利子 $F_1=P+Pi$

두번째 〃 $F_2=P(1+i)(1+i)$

$=P(1+i)^2$

⋮

n 번째 〃 $F_n=F=P(1+i)^n$

(Ⅱ-1)

(Ⅱ-1)을 現価(Present Worth)로 表示하면

$$P=F\frac{1}{(1+i)^n} \qquad (Ⅱ\text{-}2)$$

○同一額 払入의 元利金

K라는 사람이 毎年末 A원씩 貯蓄을 하는데 金利가 毎年 i%씩 加算된다면 n年末에 元利金 合計(F)가 얼마나 되겠는가가 이에 該当된다.

1 년말 $F_1=A(1+i)^0$

2 년말 $F_2=A(1+i)^0+A(1+i)^1$

⋮

n 년말 $F_n=F=A[(1+i)^0+(1+i)^1+\cdots\cdots$

$\cdots\cdots\cdots+(1+i)^{n-1}]$ (A)

(A)式의 양변에 $(1+i)$를 곱하면

$(1+i)F=A[(1+i)^1+(1+i)^2+\cdots\cdots\cdots\cdots$

$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots+(1+i)^n]$ (B)

(B)式에서 (A)式을 빼면

$iF=A[(1+i)^n-1]$

그러므로

$$F=A\left[\frac{(1+i)^n-1}{i}\right] \qquad (Ⅱ\text{-}3)$$

따라서

$$A=F\left[\frac{i}{(1+i)^n-1}\right] \qquad (Ⅱ\text{-}4)$$

○同一額 払入과 現価

K라는 사람이 退職金을 많이 받았다. 이 사람은 余生의 生活費로 毎年 必要한 돈이 A원, 남은 余生을 n年으로 생각하고 銀行에 가서 相議한 結果, P원을 貯金하면 毎年 元利金을 合해서 n年間 A원씩 支払해 주겠다 한다. 그래서 退職金 中에서 年初에 今年 生活費를 남겨놓고 P원을 貯金했다. 이때 年間 利子率은 i%, n年째 A원은 葬礼費로 생각하면 式(Ⅱ-1) 및 (Ⅱ-3)으로부터

$$F=P(1+i)^n=A\left[\frac{(1+i)^n-1}{i}\right]$$

그러므로

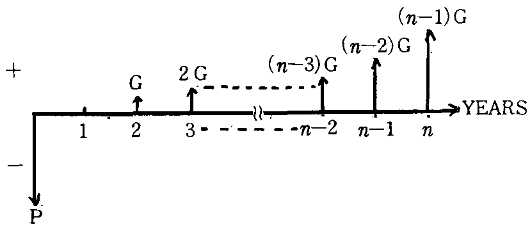
$$P=A\left[\frac{(1+i)^{n}-1}{i(1+i)^{n}}\right] \qquad (\text{Ⅱ-5})$$

따라서

$$A=P\left[\frac{i(1+i)^{n}}{(1+i)^{n}-1}\right] \text{ 이 된다.} \qquad (\text{Ⅱ-6})$$

○一定比率 增加額 複利

앞의 例와 同一한 方法으로 이 사람은 여러 要因을 考慮해서 두번째는 G원, 세번째는 2G원, n번째는 $(n-1)$G원의 生活費가 必要할 것으로 생각해서 P원을 今年初에 貯金했다.



그림Ⅱ-1 金錢流出入図

$$P=G\left[\frac{1}{(1+i)^{2}}\right]+2G\left[\frac{1}{(1+i)^{3}}\right]+\cdots\cdots$$

$$+(n-2)G\left[\frac{1}{(1+i)^{n-1}}\right]+(n-1)G\left[\frac{1}{(1+i)^{n}}\right]$$

$$=G\times\frac{1}{i}\left[\frac{(1+i)^{n}-1}{i(1+i)^{n}}-\frac{n}{(1+i)^{n}}\right] \qquad (\text{Ⅱ-7})$$

式(Ⅱ-2) 및 (Ⅱ-7)로 부터

$$F=P(1+i)^{n}=G\times\left[\frac{(1+i)^{n}-(1+ni)}{i^{2}(1+i)^{n}}\right]\times(1+i)^{n}$$

그러므로

$$F=G\times\left[\frac{(1+i)^{n}-(1+ni)}{i^{2}}\right] \qquad (\text{Ⅱ-8})$$

○複利計算公式의 相互関係

$$(P/F, i\%, n)=\frac{1}{(F/P, i\%, n)} \qquad (\text{Ⅱ-9})$$

$$(A/P, i\%, n)=\frac{1}{(P/A, i\%, n)} \qquad (\text{Ⅱ-10})$$

$$(A/F, i\%, n)=\frac{1}{(F/A, i\%, n)} \qquad (\text{Ⅱ-11})$$

$$(F/A, i\%, n)=(P/A, i\%, n)(F/P, i\%, n) \qquad (\text{Ⅱ-12})$$

$$(P/A, i\%, n)=\sum_{j=1}^{n}(P/F, i\%, j) \qquad (\text{Ⅱ-13})$$

$$(F/A, i\%, n)=\sum_{j=0}^{n-1}(F/P, i\%, j) \qquad (\text{Ⅱ-14})$$

2. 連続複利(Continuous Compounding)

一般的으로 企業体 内에서 어떤 事業의 経済性을 検討할 때 資金의 流出入을 年初 혹은 年末, 즉 利子 計算 時期에 가서 一年에 한번 発生하는 것으로 計算(不連続複利) 한다.

또 이 方法을 널리 使用하고 있고 여기서도 本節을 除外하고 不連続複利를 使用했다. 그러나 実際로 資金의 流出入은 年中을 通하여 継続発生하고 있으므로 連続複利 計算方法을 생각할 수 있으나 連続複利와 不連続複利 間에는 큰 差가 없다.

○連続複利(一括支払)

連続複利를 紹介하기 前에 実効金利(Effective Rate)와 公稱金利(Nominal Rate)를 紹介하는 것이 좋을 것 같다. 年間金利를 r, 年間複利 計算 回数를 M이라 할 때, 実効金利

$$(\text{Effective Rate})=[1+(r/M)]^{M}-1 \qquad (\text{Ⅱ-15})$$

혹은 $=[F/P,\ r/M,\ M]-1$

$M/r=K$라 할때 (Ⅱ-15)의 [ ]는 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$\left[1+\frac{1}{K}\right]^{rk}=\left[(1+\frac{1}{K})^{k}\right]^{r}$$

K가 무한대로 될 때 $(1+1/K)^{k}=e$가 되므로 連続複利係数는 公稱金利 $r\%$이고, n年後에 支払하는 경우 e^{rn}이 된다.

바꾸어 말하면,

$$(F/P, r\%, n)=e^{rn} \qquad (\text{Ⅱ-16})$$

連続複利(一括支払)에서 e^{rn}은 不連続複利에서의 一括支払 複利係数$(1+i)^{n}$에 相応하므로 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$i=e^{r}-1$$

이상과 같은 関係式을 利用하면 別表와 같은 関係式이 成立됨을 쉽게 알 수 있다.

(表Ⅱ-2)

係　數　名　稱	公　式	구하는값	주어진값	略　号
○連続 複利 合計(一括支払) (Continuous Compounding Amount Factor: Single Payment)	e^{rn}	F	P	(F/P, r%, n)
○連続 複利 現価(一括支払) (Continuous Compounding Present Worth factor: Single Payment)	e^{-rn}	P	F	(P/F, r%, n)
○同一額 支払 連続 複利 合計 (Continuous Compounding Compound Amount Factor: Uniform Series)	$\frac{e^{rn}-1}{e^{r}-1}$	F	A	(F/A, r%, n)
○同一額 支払 連続 複利 現価 (Continuous Compounding Present Worth Factor: Uniform Series)	$\frac{e^{rn}-1}{e^{rn}(e^{r}-1)}$	P	A	(P/A, r%, n)
○連続 複利 減債 基金 (Continuous Compounding Sinking Fund Factor)	$\frac{e^{r}-1}{e^{rn}-1}$	A	F	(A/F, r%, n)
○連続 複利 資本回収 (Continuous Compounding Capital Recovery Factor)	$\frac{e^{rn}(e^{r}-1)}{e^{rn}-1}$	A	P	(A/P, r%, n)
※ 符号 : r=公稱 年間 利子率　n=年数(金利計算回数) A=一定支払金額(毎 金利計算時)　F=元利金 合計　P=金銭의 現価				

Ⅲ. 減価償却 (Depreciation)

減価償却 計算方法으로는 아래와 같은 方法들이 使用되고 있다.

1. 直線法(Straight Line Method)
2. 定率法(Declining Balance Method or Constant Percentage Method)
3. 年数合計法(SYD, Sum of the Years Digit Method)
4. 減債基金法(Sinking Fund Method)

1. 直線法

直線法에서는 發電所의 残存価値는 發電所 寿命에 直接 比例한다고 보고 計算하는 方法으로 年間 減価償却은 아래와 같이 表示되며, 이 方法은 널리 使用되고 있고 全 寿命期間을 通해서 減価償却費는 一定하다.

L=寿命期間

I=初期 投資費

D=年間 減価償却費

I_n=n年末의 帳簿価格

I_L=寿命期間 後의 残存価値

D_n=n年까지의 減価償却費라 하면,

$$D=\frac{I-I_L}{L} \qquad (Ⅲ\text{-}1)$$

$$D_n=\frac{n(I-I_L)}{L} \qquad (Ⅲ\text{-}2)$$

$$I_n=I-\frac{n(I-I_L)}{L} \qquad (Ⅲ\text{-}3)$$

火力発電所의 I_L은 ⊕가 되고 原子力 発電所에서 I_L의 값은 ⊖가 되지만 經済性 検討를 할 때 I_L=0 인 값을 使用하고 있으며 그 理由는 I_L의 값을 推定하기가 어렵고 I_L의 값이 적어서 經済性 検討에 큰 影響을 주지 않기 때문이다.

2. 定率法

이 方法은 每年 減価償却에서 每年 初에 残存価値의 一定比率과 같다고 보는 것이다. 이때 一定比率을 K라 하면 첫해의 減価償却費는

$$D_1 = I \times K \qquad (\text{Ⅲ-4})$$

n年째 減価償却費는

$$D_n = (I_{n-1})K \qquad (\text{Ⅲ-5})$$

寿命期間 後의 残存価値는

$$I_L = I(1-K)^L \qquad (\text{Ⅲ-6})$$

n年째의 帳簿価는

$$I_n = I(1-K)^n = I\left(\frac{I_L}{I}\right)^{\frac{n}{L}} \qquad (\text{Ⅲ-7})$$

減価償却比率은

$$K = 1 - \sqrt[n]{\frac{I_n}{I}} = 1 - \sqrt[L]{\frac{I_L}{I}} \qquad (\text{Ⅲ-8})$$

이 方法에 의한 減価償却費는 各 年度마다 相異하여 経済性 検討方法으로 適用하기에는 不便한 点이 있으나 資本을 初期에 많이 回収하는 方法으로는 "Double Declining Balance Method"가 있으며 이 方法에서 減価償却比率 K는 $2/L$를 適用하며 初期年度의 減価償却費는"Straight Line Method"의 2倍가 된다.

3. 年数合計法

이 方法은 例를 들어 説明하는 것이 가장 理解가 빠를 것 같다. 새로 投資한 発電所 寿命이 5年이라 하면 年度別 減価償却 比重数 및 減価償却比率은 아래 表와 같다.

年度	減価償却 比重数	減価償却比率
1	5	5/15
2	4	4/15
3	3	3/15
4	2	2/15
5	1	1/15

Sum of the year Digits : 15

n年째의 減価償却費를 (dn) 一般式으로 表示히면 아래와 같다.

$$D_n = (I - I_L) \times \frac{2(L-n+1)}{L(L+1)} \qquad (\text{Ⅲ-9})$$

4. 減債基金法

어느 주어진 時期까지의 減価償却費의 合計는 同一時까지의 減債基金의 合計와 같다는 方法이다.

이 方法을 適用하기 為하여는 減債基金에 対한 利子率(i)을 알아야 한다.

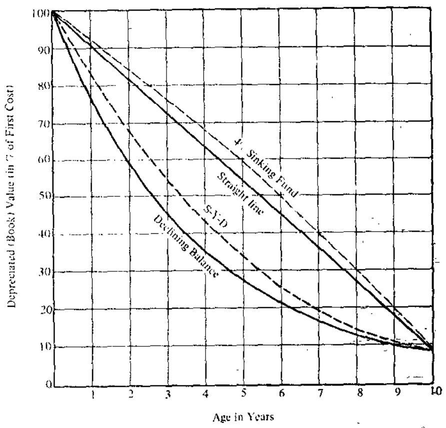
이 方法을 数式으로 表示하면 아래와 같다.

$$D = (I - I_L)(A/F,\ i\%,\ n) \qquad (\text{Ⅲ-10})$$

$$D_n = (I - I_L)\frac{(A/F,\ i\%,\ L)}{(A/F,\ i\%,\ n)} \qquad (\text{Ⅲ-11})$$

$$I_n = I - (I - I_L)\frac{(A/F,\ i\%,\ L)}{(A/F,\ i\%,\ n)} \qquad (\text{Ⅲ-12})$$

Sinking Fund Method의 長点은 1年 동안의 運転만으로도 代表的 発電費를 求할 수 있도록 毎年 等価 支払이 만들어 지므로 経済的 検討方法으로 많이 使用되고 있다. (그림Ⅲ-1)



그림Ⅲ-1 Comparison of depreciated (book) values obtained by various depreciation formulas.

5. 減価償却과 利益

○直線法과 平均利益

첫해의 利益 : $I \times i$

寿命期間 마지막 해의 利益 :

$$\left(\frac{I - I_L}{L} + I_L\right)i$$

平均利益 : 上記 두式의 合의 平均, 즉

$$= \left(\frac{I - I_L}{L} + I_L + I\right)\frac{i}{2}$$

$$= (I - I_L)\left(\frac{L+1}{L}\right)\frac{i}{2} + I_L i \qquad (\text{Ⅲ-13})$$

殘存価格이 0일경우 $I_L=0$,
그러므로(Ⅲ-13)式은 다음과 같다.

$$I\left(\frac{L+1}{L}\right)\frac{i}{2}$$

○減債基金法과 利益

資本回収係数$(A/P, i\%, n)$는

$(A/F, i\%, n)+i$와 같다.

그러므로 資本回収係数에 初期投資費를 곱하면, 式(Ⅲ-14)가 된다.

$$I\times(A/P, i\%, n)=I[(A/F, i\%, n)+i]$$

$$=\underbrace{I[A/F, i\%, n]}_{\text{減債基金}}+\underbrace{I\times i}_{\text{利益}} \qquad (Ⅲ\text{-}14)$$

寿命年限後 残存価値가 있을 때 上記式은 아래와 같다.

$$(I-I_L)(A/P, i\%, n)+I_L i$$

즉 資本回数係数는 減債基金과 利益의 合을 나타낸다.

그러나 減価償却과 利益은 分離해서 取扱하는 것이 明確하고 便利하다.

6. 減価償却 計定의 基本概念

減価償却費의 総 合計와 投資報酬 (減価償却費를 為한 残額)의 総合計를 合한 것의 現価는 初期投資費에서 残存価値의 現価를 뺀 것과 같다.

이를 数式으로 説明하면 다음과 같다.

$D_j=j$年의 減価償却費

$I_j=j$年의 残存 投資金額이라 할때

$$I-I_L(P/F, i\%, L)$$

$$=\sum_{j=1}^{L}(D_j+iI_j)(P/F, i, L) \qquad (Ⅲ\text{-}15)$$

이는 아래와 같은 方法으로 誘導된다.

年度	(1)残存投資額	(2)投資報酬	(3)減価償却費	(2)+(3)의 現価
1	I	Ii	D_1	$(I_1+D_1)/(1+i)$
2	$I-D_1$	$(I-D_1)i$	D_2	$[(I-D_1)i+D_2]/(1+i)^2$
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
L	$I-\sum_{j=1}^{L-1}D_j$	$(I-\sum_{j=1}^{L-1}D_j)i$	D_L	$[(I-\sum_{j=1}^{L-1}D_j)i+D_L]/(1+i)^L$

(2)+(3)의 現価項을 全部 合하면

$$Ii\left[\frac{1}{1+i}+\frac{1}{(1+i)^2}+\cdots+\frac{1}{(1+i)^L}\right]$$

$$+\frac{D_1}{1+i}\left[1-i\left\{\frac{1}{1+i}+\cdots+\frac{1}{(1+i)^{L-1}}\right\}\right]$$

$$+\cdots+\frac{D_L}{(1+i)^2}$$

$$=Ii\left[\frac{1-\frac{1}{(1+i)^L}}{i}\right]+\frac{D_1}{1+i}\left[1-i\frac{1-\frac{1}{(1+i)^{L-1}}}{i}\right]$$

$$+\cdots+\frac{D_L}{(1+i)^L}$$

$$=I\left[1-\frac{1}{(1+i)^L}\right]+\left[\frac{D_1+D_2+D_3+\cdots+D_L}{(1+i)^L}\right]$$

註, $(D_1+D_2+D_3+\cdots+D_L=I_1-I_L)$

$$=I-\frac{I_L}{(1+i)^L}=I-I_L(P/F, i\%, L)$$

Ⅳ. 財源 및 税金

1. 財源

財源을 크게 두가지로 分類하면 自己資本과 他人資本(負債)으로 区分할 수가 있으며 이를 다시 細分한 것을 아래에 列挙했다.

自己資本 : 普通株式
優先株式
減価償却費
移延資本
其　他
他人資本 : 長期負債
短期負債

上記 두 資本의 基本的인 差異点은 自己資本에는 利益을 期待하는 것이며 이 利益에는 限界도 保障도 없다. 또 이 利益金(利益配当金) 에

対해서는 課税対象 収入金(Taxable Income)에 包含되므로 会社에서는 税金(Income Tax) 을 納付해야 한다. 물론 利益配当을 받은 株主도 税金을 納付하게 한다.

他人資本에 対해서는 会社(債務者)는 債権者에게 債券 発行条件에 따라 一定한 金利를 支払하여야 하며 元金을 償還해야 한다. 他人資本에 対한 金利는 課税対象 収入金에서 除外되는 利点도 있으나 他人資本 使用에는 여러가지 規制가 随伴된다.

가. 株式費用

어떤 会社에서 새로운 事業을 하기 위하여 아래와 같이 予想하고 새로운 株式을 発行하려 할 때 이 株式의 利益率을 얼마 以上으로 해야 할지를 計算해 보면 다음과 같다.

株当 額面価	₩ 1,000
発行費用	100
株当 配当額(毎年)	48
毎年 取扱費用	2
毎年 配当増加額	5

解〉 $PW=0=1000-100-(48+2)$

$$(P/A, i, \infty)-5(P/G, i, \infty)$$

$$i\approx10.7\%$$

나. 債券費用

아래와 같이 한 会社가 債券을 発行한다면 이 会社로서 利益率이 얼마 以上으로 해야 할지를 計算해 보자.

債券当 額面価	₩ 1,000
発行費用	50
年間金利	45
年間 取扱 費用	2
償還費用(取扱費 包含)	1,020
償還年限(年)	20

解〉 $PW=0=1,000-50-(45+2)$

$$(P/A, i, 20)-1020(P/F, i, 20)$$

$$i\approx4.9\%$$

다. 投資報酬

美国의 어느 한 電力会社의 資本 構成의 例를 아래에 들었다.

	資本構成(%)	年間報酬率(%)	加重平均報酬(%)
債券	52(f_b)	5.0(r_b)	2.6($f_b\cdot r_b$)
株式	48(f_s)	7.5(r_s)	3.6($f_s\cdot r_s$)
合計	100		6.2(r)

上記表에서 알 수 있는 바와 같이 r는

$$r=f_b r_b+f_s r_s \qquad (\text{IV-1})$$

여기서 r을 平均 綜合金利(average cost of money)라 한다. 一般的으로 債券은 株式에 比해 危険性이 적은 반면 報酬率은 작다. 株式은 優先株가 安全性이 높기 때문에 報酬率이 普通株보다 낮은 것이 一般的이나 優先株 発行条件에 따라 相異하다.

2. 税金

各 나라마다 税金의 制度, 税率이 相異하고 또 이것이 政策에 따라 随時로 바뀌게 되므로 一括해서 記述하기는 어렵다. 利益과 関聯해서 賦課되는 税金이 法人税이므로 経済性 検討와 直接 関聯되는 税金이다. 그러므로 여기서는 法人税에 관해서 주로 記述하였고 法人税가 経済性 検討에 미치는 影響은 5章에서 説明하였다.

美国의 Income Tax는 聯邦 法人税와 各 州의 所得税로 構成된다.

Income Tax를 아래에 数式으로 表示하였다.

綜合 法人税(Total Income Tax) :

$$T=T_f+T_s \qquad (a)$$

聯邦 法人税(Federal Income Tax) :

$$T_f=(R-O-D-B-T_s)\,\mathcal{T}_f \qquad (b)$$

地方 所得税(State Income Tax) :

$$T_s=(R-O-D-B)\,\mathcal{T}_s \qquad (c)$$

式 (c)를 (b)에 代入하면

$$T_f=(R-O-D-B)(1-\mathcal{T}_s)\,\mathcal{T}^f \qquad (d)$$

式 (a), (c), (d)로 부터

$$T=T_f+T_s=(R-O-D-B)[(1-\mathcal{T}_s)\mathcal{T}+\mathcal{T}_s] \qquad (e)$$

로 부터 綜合 法人税率은 式 IV-2가 됨을 알 수 있다.

$$\mathcal{T}=\mathcal{T}_s+(1-\mathcal{T}_s)\,\mathcal{T}_f \qquad (\text{IV-2})$$

T=綜合 法人税

T_s=地方 所得税

T_f=聨邦 法人税
$\mathcal{J}$=綜合 法人税率
$\mathcal{J}_f$=聨邦 法人税率
$\mathcal{J}_s$=地方 法人税率
R=年間 総収入
O=年間 総経費
D=減価償却費
B=負債에 対한 利子

上記 数式에서 留意할 점은 地方 所得税는 聨邦 法人税 賦課対象에서 減額하였지만 聨邦 法人税는 地方 所得税 賦課 対象에서 減額하지 않는 事実이다.

美国内 극히 一部 州를 除外하고는 上記 方法을 使用하고 있다.

負債에 対한 金利는 法人税 賦課対象에서 控除되므로 会社로서는 負債 利子에 対한 法人税 ($f_b \cdot r_b \cdot \mathcal{J}$: 参考式 Ⅳ-2, Ⅳ-2) 만큼 年 利得을 본다. 그러므로 綜合金利에서 $f_b \cdot r_b \cdot \mathcal{J}$를 減한 값이 実際로 株主에 配当되는 投資 報酬率이 될 것이다. 이를 数式으로 表示하면

式(Ⅳ-1)로 부터

$$r - f_b \cdot r_b \cdot \mathcal{J} = f_b \cdot r_b + f_s \cdot r_s - f_b \cdot r_b \cdot \mathcal{J}$$
$$= f_b \cdot r_b (1-\mathcal{J}) + f_s \cdot r_s$$

이를 X라 하면

$$X = f_b \cdot r_b (1-\mathcal{J}) + f_s \cdot r_s \qquad (Ⅳ\text{-}3)$$

여기서 X를 実效 綜合 金利(Effective Cost of Money)라 한다.

3. 財産税 및 保険

가. 財産税

財産税는 地方税에 属하며 賦課対象 財産의 初期 投資費 또는 現在의 価値를 税金 算出에 基準으로 삼는다.

美国에서는 各 州의 財政事情에 따라 税率을 調整하고 있다. 예를들면 New England州는 初期 投資費의 0.5%에서 5.0% 範囲内에서 賦課하고 있고, Connecticut Yankee発電所는 1.43%, Diablo Canyon은 1.27%의 税率을 適用하고 있다. 発電所의 経済性 検討目的으로 使用하는 財産税率은 一般的으로 2.5%이다.

나. 保険

原子力発電所의 保険은 財産保険과 原子力保険으로 分類되며 美国의 경우 財産保険料는 原子力発電所의 規模와 災害 経歴에 따라 決定되며, 適用되고 있는 保険率은 0.35%~0.5% 이며, 経済性 検討를 目的으로 0.47%의 保険料率을 通常 適用하고 있다.

다. 우리나라의 税制 및 保険

우리나라의 税制를 略述하면 크게 国税 및 地方税로 나눌 수 있으며 이의 構成을 表 Ⅳ-2에 表示하였다. 表에서 直接税는 特定人(個人또는 法人)에게 賦課되는 税金을 말하며, 間接税는

(표 Ⅳ-2)우리나라 租税体係

- 租税
  - 国 税
    - 内国税
      - 直接税
        - 所得税
        - 法人税
        - 相続税
        - 資産再評価税
        - 不当利得税
      - 間接税
        - 附加価値税
        - 特別消費税
        - 酒 税
        - 電話税
        - 印紙税
        - 証券去来税
    - 関 税
    - 防衛税
  - 地方税
    - 道 税 — 普通税
      - 取得税
      - 登録税
      - 免許税
    - 市郡税
      - 普通税
        - 住民税
        - 財産税
        - 自動車税
        - 農地税
        - 屠畜税
        - 馬券税
      - 目的税
        - 都市計画税
        - 消防共同施設税
        - 事業所税

対象자가 特定되지 않고 製品価格에 加算되어 製品 流通 段階를 따라 購買者에게 転嫁되는 税金이다.

우리나라 法人에게 賦課되는 法人税의 算定에 考慮되는 課税 対象 収入(Taxable Income) 은 美国과 같으나 税率은 相異하고 防衛税가 追加된다. 財産税率의 算定 方法도 美国과 類似하며 原子力保険은 原子力損害賠償 責任保険과 事業主와 政府間에 맺어지는 原子力補償契約에의한 補償料로 構成된다.

V. 経済性 検討

経済性 検討 基本方法으로 아래와 같은 方法들이 있으나 基本原理는 같으며 検討時 留意点은 모든 費用을 同一時点 価値로 換算함이다.

1. Internal Rate of Return: I. R. R.
2. Explicit-Reinvestment Rate of Return: E. R. R.
3. Annual Worth Method
4. Present Worth Method

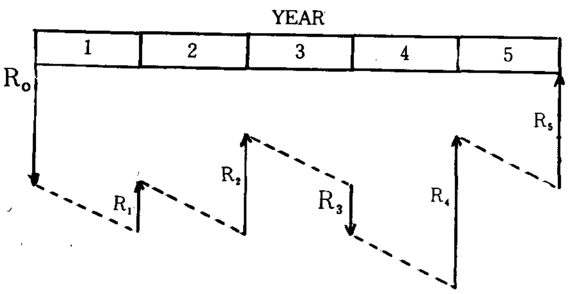
1. 基本検討方法(所得税 納入前)

가. I. R. R 方法

이 方法은 다음과 같이 불리우기도 한다. 즉, Investor's Method, Discounted Cash Flow Method, Receipt Vs Disbursements Method 그리고 Profitability Index.

그림 V-1에 表示한 바와같이 総 支出의 合計와 総 収入의 合計는 同一時点 価値로 表示할 때 같다.

그림 V-1 I. R. R 方法에서의 資金流出入



여기서 R(+)는 支出

R(−)는 収入

……는 金利 혹은 利益

위 그림에서 金利 혹은 利益率을 i라 할 때 5年末의 価値로 数式化하면 다음과 같다.

$\rightarrow R_0(F/P, i\%, 5) + R_1(F/P, i\%, 4) + R_2(F/P, i\%, 3)$

$\rightarrow R_3(F/P, i\%, 2) + R_4(F/P, i\%, 1) + R_5 = 0$

이를 다시 現在価値로 나타내면 다음과 같이 表示할 수 있으며 이러한 表示方法을 使用하는 것이 一般的이다. R.o

$P_0 + R_1(P/F, i\%, 1) + R_2(P/F, i\%, 2)$ $(P/F, i\%, 3)$

$+ R_4(P/F, i\%, 4) + R_5(P/F, i\%, 5) = 0$

上記 式을 一般式으로 表示하면 式(V-1)과 같다.

$$-\sum_{K=0}^{L} P_K(P/F, i\%, K) + \sum_{K=0}^{L} R_K(P/F, i\%, K) = 0 \qquad \text{(V-1)}$$

式(V-1)에서 K는 支出과 収入이 発生한 年数이고 L은 寿命年数이다. 単一事業에 対해서는 毎年 収入과 支出이 一定한 것이 通例이고 이 寿命年限 後에 残存価値를 갖는다. 이것을 数式化하면 다음과 같다.

初期 投資$= I$

年間 総収入$= R$

年間 運転補修費$= O$

経済 寿命$= L$

残存 価値$= I_L$로 表示할 때

$$-I + [R - O](P/A, i\%, L) + I_L(P/F, i\%, L) = 0 \qquad \text{(V-2)}$$

나. E. R. R. 方法

이 方法은 年間 純利益(税金 支払前)을 計算하는 方法으로 減価償却費 D를 $[D = (I - I_L)(A/F, i\%, L)]$라 할 때

年間 税金 支払前 純利益(E_b)은

$E_b = R - (O + D)$

年間 投資報酬率(税金 納入前)은 다음과 같다.

$$\text{E. R. R} = E_b / I \qquad \text{(V-3)}$$

E. R. R 方法과 I. R. R 方法은 基本原理는 같다.

I.R.R에서 減価償却費는 같은 比率로 再投資한 것으로 생각할 수 있다.

다. Annual Worth Metlod: AW

基本 概念은 E.R.R.方法과 같으며 다만 最少限의 投資 報酬率을 事前에 定해 놓고서 檢討하는 것 만이 다르다.

最少限의 投資 報酬率은 略号로 M.A.R.R. (Minimum Acceptable Rate of Return)을 使用한다.

$$A.W. = R-(O+D+I\times i)\geq O \qquad (V\text{-}4)$$

즉, A.W.가 O이거나 이보다 클 때 이 事業은 投資対象이 될 수 있다.

라. Present Worth Method

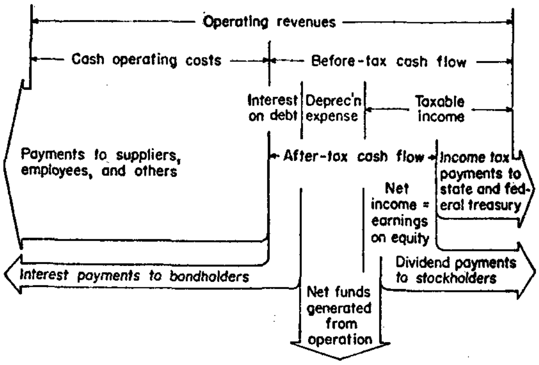
現価 方法은 모든 支出과 収入을 MARR(i)를 使用해서 現価로 表示하는 方法이다. 즉,

$$PW=(R-0)_1(P/F, i\%, 1)+(R-0)_2(P/F, i\%, 2)+\cdots\cdots+(R-0)_L(P/F, i\%, L)+I_L(P/F, i\%, L) \qquad (V\text{-}5)$$

$PW>0$ 일때 經済性이 있다.

2. 税金과 経済性 検討

그림V-2 資金 流出入및 税金



가. 資金 流出入 関係式(Cash Flow Formular)

F_j : 税入前 資金

=年間収入−運転補修費

V_{j-1} : $(j-1)$年末에 残存하는 投資金額

$=j$年初에 残存하는 投資金額이라 하면

그러면

$(f_b\cdot r_b)V_{j-1}$: j年에 負債의 利子가 된다.

D_j : j年에 減価償却費라 하면

課税対象収入 $=F_j-D_j-(f_b\cdot r_b)V_{j-1}$

法人税 $=t\times$課税対象収入

$=t[F_j-D_j-(f_b\cdot r_b)V_{j-1}]$

税後資金=税前資金−法人税

$=F_j-t[F_j-D_j-(f_b\cdot r_b)V_{j-1}]$

$=(1-t)F_j+t[D_j+(f_b\cdot r_b)V_{j-1}]$

投資報酬(負債와 株式) $=rV_{j-1}$

$r=f_b\cdot r_b+f_s\cdot r_s$ (参考式IV−1)

税後資金에서 投資報酬(負債와 株式)를 減한값

$=(1-t)F_j+tD_j+tf_br_bV_{j-1}-rV_{j-1}$

$=(1-t)F_j+tD_j-V_{j-1}(r-tf_b\cdot r_b)$

$V_j=j$年 末에 残存하는 投資金額

그러면

$V_j=V_{j-1}-[(1-t)F_j+tD_j-V_{j-1}(r-tf_b\cdot r_b)]$

이것을 다시 整理하면,

$V_j=V_{j-1}(1+r-tf_b\cdot r_b)-[(1-t)F_j+tD_j]$

$X=r-f_b\cdot r_b\cdot t$

$=(1-t)f_b\cdot r_b+f_s\cdot r_s$ (参考 : 式IV-3)

; 実效 綜合 金利(Effective cost of Money)

$V_j=V_{j-1}(1+X)-[(1-t)F_j+tD_j]$

이 式을 처음부터 몇 個의 式을 써보면,

$V_1=V_0(1+X)-[(1-t)F_1+tD_1]$

$V_2=V_1(1+X)-[(1-t)F_2+tD_2]$

上記 두 式에서 V_1을 消去하면

$V_2=V_0(1+X)^2-[(1-t)F_1+tD_1](1+X)^2-[(1-t)F_2+tD_2](1+X)-[(1-t)F_3+tD_3]$

一般式으로 表示하면,

$V_n=V_0(1+X)^n-[(1-t)F_1+tD_1](1+X)^{n-1}+\cdots\cdots+[(1-t)F_n+tD_n]$

양변에 $(1+X)^{-n}$ 즉, $(P/F, X, n)$을 곱하면

$V_j(P/F, X, n)=V_0-\sum_{j=1}^{n}[(1-t)F_j+tD_j](P/F, X, j)$

$V_0 = I_0$, $V_n = I_n$, 이므로

$$I_n(P/F, X, n) = I_0 - \sum_{1}^{n} [(1-\tau) F$$

$$I_n(P/F, X, n) = I_0 - \sum_{j=1}^{n} [(1-\tau) F_j + \tau D_j] (P/F, X, j) \quad (V\text{-}6)$$

이를 다시 整理하면,

$$O = \sum_{j=1}^{n} [(1-\tau) F^j + \tau D_j] (P/F, X, j) + I_n(P/F, X, n) - I_0 \quad (V\text{-}6a)$$

양변을 $(1-\tau)$로 나누고,

$F_j = R_j - O_j$를 代入하면

$$O = \sum_{j=1}^{n} [R_j - O_j + \frac{\tau}{1-\tau} D_j] (P/F, X, j) + \frac{1}{(1-\tau)} I_n(P/F, X, n) - \frac{\tau}{1-\tau} I_0 \quad (V\text{-}6b)$$

式 (V-6b)에서 n을 壽命期間 L로 代置하면 I_L는 残存価値가 된다. 따라서 式(V-6b)는 全壽命期間을 通해 實效 綜合金利를 使用해서 利用할 수 있는 經濟性 關聯式이 된다.

式 (V-5)에서 MARR (Minimum Acceptable Rate of Return) i를 r(Average cost of Return)로 代入하고 Income Tax納入後의 現価式으로 表示하면 (V-7)과 같다.

$$O = \sum_{j=1}^{n} (R - O - T)_j (P/F, r, j) + I_n(P/F, r, n) - I_0 \quad (V\text{-}7)$$

나. 平均 発電原価(Levelized Cost of Electrity) ci

式 (V-6 b)의 經濟性 關係式을 다시 쓰면 아래와 같다.

$$P_{WX} = 0 = \sum_{j=1}^{L} [R - O + \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right) D]_j (P/F, X, L) + \frac{1}{1-\tau} I_L (P/F, X, L) - \frac{1}{1-\tau} I_0 \quad (a)$$

式(I-1) 및 (I-2)로 부터 j年의 総 所要費用을 求하면 아래와 같다.

R_j (Revenue: \$) $= e \times E_j$

$$= \frac{e \cdot 8766 K L_{cj}}{1{,}000} \quad (b)$$

e=平均 発電単価(Levelized Cost of Electricity) : mills/kWh

K=発電所 定格出力 : kWe

L_{cj}=Capacity factor

式(a)를 다시 쓰면 式(c)와 같다.

$$\sum_{j=1}^{L} R_j (P/F, X, j) = \sum_{j=1}^{L} O_j (P/F, X, j) - \sum_{j=1}^{L} \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right) D_j (P/F, X, j) - \left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_L (P/F, X, L) + \left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_0 \quad (c)$$

式(b)를 式(c)에 代入하면 式(d)가 된다.

$$\sum_{j=1}^{L} \frac{e \cdot 8766 K L_{cj}}{1{,}000} (P/F, X, j) = \sum_{j=1}^{L} O_j (P/F, X, j) - \sum_{j=1}^{L} \left(\frac{\tau}{1-\tau}\right) D_X (P/F, X, j) - \left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_L (P/F, X, L) + \left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_0 \quad (d)$$

D_j

式(d)를 e에 關해서 整理하면 平均発電原価 e는 式(V-9)이 된다.

$$e = \frac{\left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_0 - \left(\frac{\Phi}{1-\tau}\right) \sum_{j=1}^{L} D_j (P/F, X, j) - \left(\frac{1}{1-\tau}\right) I_L (P/F, X, L) + \sum_{j=1}^{L} O_j (P/F, X, j)}{\sum_{j=1}^{L} (8766 K L_{cj}) (P/F, X, j)} \quad (V\text{-}9)$$

式(V-9)로부터 計算한 平均発電単価는 現価로 表示된 값이므로 物価上昇率과는 無関하다. 上記 式에서 L_{cj}가 一定하다고 가정하고 다음 式(e) 및 (f)를 式(V-9)에 代入하면 式(V-9a)가 된다.

$$\text{減価償却費(直線法)} \ D_j = \frac{I_0 - I_L}{L} : \text{一定} \quad (e)$$

$$\sum_{j=1}^{L} (P/F, X, j) = (P/A, X, L) = (A/P, X, L)^{-1} \quad (f)$$

$$e=\frac{1}{8766KL_c}\times\frac{1}{1-\mathcal{J}}\Big[I_o(A/P, X, L)-\frac{\mathcal{J}}{L}(I_o-I_L)-I_L(A/F, X, L)+\{\sum_{j=1}^{L}O_j(P/F, X, j)\}(A/P, X, L)\Big] \qquad (\text{V-9a})$$

$$e=\frac{1}{8766L_c}\left(\phi\frac{I_o}{K}+\frac{O}{K}\right) \qquad (\text{g})$$

式(V-9a)와 式(g)를 比較하면 ϕ는 式(V-10)이 됨을 알 수 있다.

$$\phi=\frac{1}{1-\mathcal{J}}\Big[(A/P, X, L)-\frac{\mathcal{J}}{L}\cdot\frac{I_o-I_L}{I_o}-\frac{I_L}{I_o}(A/F, X, L)\Big] \qquad (\text{V-10})$$

式(V-10)의 $\frac{I_L}{I_o}(A/F, X, L)$項은 殘存価値 I_L을 初期投資費 (I_o)에 比較할 때 無視할 수 있을 程度로 작고 또 $(A/F, X, L)$가 小数点 두자리 以下 数字가 되므로 無視해도 좋다. L가 無限大로 될 때 두번째 項, 세번째 項은 0에 가까와지고 $(A/P, X, L)$은 X가 되므로 式(V-11)이 됨을 알 수 있다.

$$\lim_{I\to\infty}\phi=\left(\frac{X}{1-\mathcal{J}}\right)=f_b\cdot r_b+\frac{f_s\cdot r_s}{1-\mathcal{J}} \qquad (\text{V-11})$$

式(V-10)에서 두번째 項은 L가 10年以上만 되어도 小数点 以下 3자리 数字가 되므로 近似値를 求할 때는 式(V-11)을 使用할 수 있다.

式(g)의 運転補修費(O/K)는 式(V-9a)와 比較하여 다음 式(V-12)가 됨을 알 수 있다. 이것을 "平均 運転 補修費(Levelized Annual Cost of Operation and Maintenance)"라 한다.

$$\left(\frac{O}{K}\right)=\left\{\sum_{j=1}^{L}\left(\frac{O}{K}\right)_j(P/F, X, j)\right\}(A/P, X, L) \qquad (\text{V-12})$$

3. 核燃料費 計算

核燃料費는 核週期와 関聯하여 그 計算方法이 複雜하며 이를 計算하기 為한 많은 Computer Code가 開発되었다. 各 Code마다 相異한 特性을 가지고 있으나 그 結果値는 별 差異가 없다.

紙面 關係上 Computer Code인 MITCOST 計算原理를 単純化하여 Computer를 使用하지 않고 計算할 수 있는 近似方法과 結果만을 紹介하면 아래와 같다.

近似方法은,

(1) 한期間 동안 連続的인 Cash Flow를 그 期間 中間時点에서 一時에 発生한다고 假定하고,

(2) 同一(構成要素, 燃焼度)한 核燃料가 原子炉 全 寿命期間中에 装填된다고 假定한 것이다.

近似方法에 의한 平均 週期費(Levelized Nuclear Fuel Cycle Cost) e를 첫 燃焼 時点 基準価(mills/kwh)로 表示하면,

$$e=\frac{1}{E}\sum_i M_i C_i F_i G_i \qquad (\text{V-13})$$

여기서 i는 주어진 batch의 核燃料期間 transaction이고,

E=한 batch가 総 炉心 残留時間동안 낸 総 電気 Energy (Mwh)

M_i=transaction i에서의 燃料物質의 Mass Flow(kg)

C_i=transaction i에서의 単価($/kg)

F_i=現価 係数

$$=\left[\frac{1}{1-\mathcal{J}}\frac{(P/F, x, t_i)}{(P/F, x, t_r/2)}-\frac{\mathcal{J}}{1-\mathcal{J}}\right]$$

G_i=物価上昇 係数

$$(P/F, y, t_r/2)\left[1-\frac{(P/F, x, (n-1)t_c)}{(P/F, y_i, (n-1)t_c)}\right]\left[1-\frac{(P/F, x, t_c)}{(P/F, y, t_c)}\right] \Big/ (P/F, y_i, t_i)\left[1-\frac{(P/F, x, t_c)}{(P/F, y_i, t_c)}\right]\left[1-\frac{(P/F, x, (N-1)t_c)}{(P/F, y, (N-1)t_c)}\right]$$

여기서 F_i, G_i에 쓰인 媒介変数는 다음과 같다.

N=batch의 数

t_c=各 再装填 始作間의 期間(Yr)

t_i=batch 燃焼始作부터 transaction i 까지의 時間

t_r = batch가 炉心에 残留하는 時間

y_i = transaction i 동안의 物価上昇率(%per yr/100)

y = 電気料金에 対한 物価上昇率(% per Yr/100)

x = 現価率

$= (1-\mathcal{J})\, r_b f_b + r_s f_s$

r_b = 負債 利子率

r_s = 投資 報酬率

f_b = 負債 比率

f_s = 株式 比率

$\mathcal{J}$ = 税率

上記 式을 使用하여 計算한 값과 Computer를 使用하여 얻은 값의 差異는 2~3% 誤差가 생기며 総 発電単価에 核燃料費가 차지하는 比重은 20~30%이므로 이 誤差가 発電単価에 미치는 影響은 $\frac{4}{1000}$ ~ $\frac{9}{1000}$이므로 経済性 検討에 큰 影響을 미치지는 않는다.

※ 参考 : 発電単価는 mills/kWh単位로 대개 小数点 以下 두자리까지 使用하는 것이 常例이다.

＊ 参考 資料 ＊

○Nuclear Technology (Periodic Issue)

○Uranium Ore Processing, IAEA Vienna 1976

○Information from ERDA Washington D.C., 20545

○Engineering Economy: E. Paul De Garmo

○Modern Cost-Engineering Techniques: H. Popper

○Power System Economics: on Selection of Engineering Alternatives: Journal of Engineering for Power, April 1978, Vol100

○J. A. Lane Economics of Nuclear Power, in Annual Reviews of Nuclear Science, 1966, PP 345-378

○P. Sporn, Nuclear Power Economics, Lecture Sponsored by Kuhn Loeb and Co., New York March 17, 1966

○Menace of Atomic Energy W. W Norton, N. Y, 1977, Driscoel

○ERDA 33, March 1975, (A Report by the ERDA Fuel Cycle Task Force on the Technical and Economic Deficiencies of the Nuclear Fuel Cycle)

○Mitcost Ⅱ - A Computer code for Nuclear Fuel Cycle Costs

이달의 到着資料

▲ Nuclear News〈美國〉 9月, 10月號

ATOM〈英國〉 8月, 9月, 10月號

▲ Nuclear Engineering International 〈英國〉 8月, 9月, 10月號

▲ BULLETIN〈英國〉 8月, 9月號

▲ Nuclear Europe〈스위스〉 9月, 10月號

▲ 原子力産業新聞〈日本〉 1145, 1146, 1147, 1148, 1149, 1150, 1151號

▲ 原子力工業〈日本〉 9月, 10月號

▲ 原子力文化〈日本〉 9月號

▲ ATOMS IN JAPAN〈日本〉 8月, 9月號

▲ Nuclear Power Plants in the World 〈日本〉 1982年 6月 30日 現在

▲ KORT NYT〈덴마아크〉 9月, 10月 號