

解 說

經濟船齡의 豫測에 대하여

朴 容 喆*

1. 序 言

우리나라의 海運業은 1960年以來 급격히 發展하여 既存海運會社의 船幅量의 增加는 물론 新設海運會社가 多數 出現하였다.

이들 海運會社들은 自社의 船舶을 新造할 경우나 外國으로부터 中古船을 導入할 경우 初期 資本投資의 受益性에 대하여는 그 經濟性檢討을 철저히 하고 있으나 自社 所有의 現存船舶에 대한 經濟船齡의 豫測과 이에 따른 代替計劃에 대하여는 自社의 經驗과 그때 그때의 海運市況에 따라서 直感的으로 判斷하여 決定하는 경우가 많은 것 같다.

그러나 海運業과 船舶의 運航은 그 事業의 構造와 性格上 陸上의 경우와 상이한 點이 많고 國際性을 띄우고 있기 때문에 自社 所有의 既存船舶의 運航效率와 그에 따른 經濟性을 보다 科學的으로 分析할 必要가 있다.

특히 우리나라의 海運業體는 自社의 船幅量을 外國으로부터의 中古船 導入에 依存하여 왔기 때문에 대부분 船齡이 많은 老朽船을 就航시키고 있는 實情임으로 그들 老朽船舶을 適期에 處分한다는 것은 대단히 重要하다.

筆者는 本稿를 통하여 海運會社의 既存船 代替時期의 決定과 船舶의 經濟船齡의 豫測을 위한 經濟性檢討을 船舶의 性能 및 海運業에 관련된 主要 factor와 관련하여 分析하고 그 實 計算例을 作成하였다. 이 計算例은 船舶뿐 아니라 造船所의 重機械의 replacement study에도 준용될 수 있을 것으로 믿는다.

本稿를 作成함에 있어서 技術的인 用語 및 稅務關係의 用語等은 英語를 사용하였음을 양해하여 주기 바란다.

2.1 既存 船舶代替의 一般의 理由

- (1) 船舶이 老朽되어 維持 및 管理費, 修理費等의 支出의 過多로 受益性이 없다고 判斷될 때.
- (2) 既存船舶으로는 現在의 cargo capacity 및 航海速力의 要求를 만족시킬 수 없을 때.

(3) 既存船舶은 그 設計 및 構造, 性能에 있어서 就 航하는 航路의 trade에 적합치 않아 새로운 type의 船舶이 요청될 때.

위의 (1)項의 것은 船舶의 老朽化로 因한 것이고, (2)(3)項의 것은 주로 國際 海上輸送構造의 變化에 따른 不適應으로 起因된 것이다.

2.2 老朽化로 因한 支出費의 增加

船舶은 물론 모든 產業機械는 그 使用年數가 增加함에 따라 operating costs는 增加한다. 船舶의 경우 船齡의 增加에 따른 operating costs를 增加시키는 主要 factor는 대략 아래와 같다.

(1) Maintenance and Repair (M&R)

船舶의 維持費와 修理費는 船主의 maintenance standard에 따라 多少差異는 있으나 一般的으로 船齡의 增加에 따라 급격히 增加한다.

특히 老朽船의 경우는 매 4年마다 받는 定期檢査에 船級協會의 recommendation이 많이 나오기 때문에 修理範圍가 많아지므로서 상당한 액수의 修理費가 支出된다. 海運會社에 따라서는 이 M&R費를 매년 5%씩 增加한다고 추정하는 예가 흔히 있다.

(2) Insurance Premium (保險料)

Hull & machinery의 保險料 및 protection & indemnity (P&I) insurance premium은 船齡이 增加함에 따라 增加한다.

(3) Hull Roughness

船體外板의 pitting이 심하여짐에 따라 hull frictional resistance가 增加하게 되어 speed loss를 가져오게 되므로서 運航效率를 低下시키게 된다.

(4) Deadweight

(i) 船舶은 船齡이 增加함에 따라 무거워지는 傾向이 있다. (대체로 排水量의 $\frac{1}{10}\%$ 以下로 매년 增加된다고 봄) 따라서 그 무거워진 만큼 payload가 減少되어 結果的으로 수익성이 減少된다.

(ii) 船體의 마모가 심한 老朽船에서는 縱強力이 規定以下로 弱화되어 船體 強度上의 理由로 Plimsoll

mark를 原來보다 낮게 指定받게 됨으로서 cargo deadweight capacity가 크게 減少되는 例도 있다.

(5) Reliability

老朽船은 豫想하지 않았던 事故 또는 긴급 修理等으로 延滯되는 경우가 흔히 있으므로 運航效率를 저하시키는 例가 허다하다.

2.3 既存船舶의 構造 및 艙裝等の 舊型化

船舶의 設計, 構造, 自動化等은 어느 工業分野보다도 급격히 技術革新이 일어나고 있다. 따라서 船舶自體는 아직 그렇게 老朽되지 않았으나 새로운 高性能의 船舶의 出現으로 國際競爭力이 弱화되는 경우가 흔히 있다. 그러나 우리나라 海運業體들은 大部分 企業資本의 不足으로 因하여 國際 海上輸送構造의 變遷에 適應하기 위하여 自社 所有 船舶을 代替하는 경우보다는 船舶의 老朽로 因하여 處分하는 例가 그 大部分이다.

3.1 Resale Value

船舶의 代替를 檢討함에 있어서 가장 重要한 事項은 既存船舶의 market value이다.

船舶의 resale value를 決定하는 主要 factor는 아래와 같다.

- (1) 國際海運市況 (freight market)
- (2) 船齡
- (3) 船舶의 維持 및 管理狀態
- (4) Replacement cost(船舶의 新造價)

以上과 같이 既存船舶의 market value는 여러가지 要素의 函數關係가 있으므로 一般의 으로 감가상각에 의한 帳簿價格(book value)과는 상당한 差異가 있다.

참고로 現在 韓國船級協會에서 船舶評價에 使用되고 있는 船種別, 船齡別의 殘存率(residual value)을 별표(末尾)에 소개한다.

3.2 減價償却 (Depreciation)

法人稅(corporation income tax)에 적용되는 depreciation method는 나라마다 다르고 또한 나라에서도 時代에 따라 改定되고 있다. 英國의 경우는 海運業에 대하여는 各業體가 自由로 depreciation method를 택할 수 있도록 소위 "free depreciation"을 허용하고 있고 우리나라에서는 物件의 耐用年數에 의한 定率法을 택하고 있다. 참고로 代表的인 depreciation pattern을 열거하면 아래와 같다.

- (1) Straight line depreciation

$$D = \frac{P - S}{n}$$

- (2) Sum of digits method

$$D = \frac{n - N + 1}{1 + 2 + \dots + n} (P - S)$$

$$B = \frac{2[1 + 2 + \dots + (n - N)]}{n(n + 1)} (P - S) + S$$

- (3) Declining balance method

$$D = B_{N-1} \times \left[1 - \left(\frac{S}{P} \right)^{\frac{1}{n}} \right]$$

$$B_{N-1} = P \times \left[\frac{S}{P} \right]^{\frac{N}{n}}$$

- (4) Sinking fund method

$$D = (P - S) (a/f)^{\frac{i}{n}}$$

단, 위 式에서

D = Depreciation allocation

B = Book value

n = 耐用年數

N = 使用年數

P = Purchase value

S = Resale value (salvage value)

(a/f)^{i/n} = Sinking fund factor

위의 4가지의 depreciation pattern을 아래와 같이 graph로 表示한다.

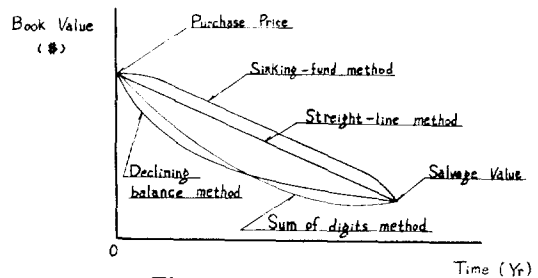


Fig. 1

위의 어느 방법을 택하든 total depreciation charge 또는 total after tax return에는 변화가 없다. 그러나 초기에 감가상각액이 큰 것 즉 accelerated depreciation method는 投資初期에 많은 이윤을 가져오기 때문에 같은 service period에서 균일하게 또는 뒤에 많은 이윤을 가져오는 return pattern보다도 net present value가 크기 때문에 rate of return이 높다. 따라서 같은 條件下에서는 빠른 減價償却方法은 약간의 tax advantage가 된다고 볼 수 있다.

3.3 Inferiority

위의 section 2.2 및 2.3에서 說明한대로 船舶은 船齡의 增加에 따라 老朽되므로서 維持 관리되는 해마다 增加하고 또한 海上輸送構造의 급속한 變遷으로 因한 既存船舶의 舊型化로 수익성의 감소를 초래하게 된다.

이러한 諸 inferiority factor에 의한 年間 loss를 船齡의 比例의 關係가 있다고 가정하면 아래와 같은 算式으로 表示될 수 있다.

$$Z_N = N \times [(a+b)R + (c+d)Y]$$

단, $Z_N = N$ 年後의 annual inferiority costs

$N =$ 船齡

$R =$ Initial annual revenue

$Y =$ Initial annual operating costs

$a =$ 海上輸送構造의 변천에 의한 既存船의 inferiority factor (%)

$b =$ 船舶의 老朽化로 인한 수익성 減少를 가져오는 inferiority factor (%)

$c =$ 老朽化로 인한 修理費 및 관리비의 증가를 가져오는 inferiority factor (%)

$d =$ 船舶의 自動化에 의한 新型船舶의 initial annual operating cost의 減少에 대한 기존 船舶의 inferiority factor (%)

위에서 a 및 b 는 income의 減少 factor로서 船舶의 種類, 크기 및 취항航路 등에 따라 다르며, c 및 d 는 operating costs의 增加 factor로서 海運會社의 management와 maintenance standard에 따라 차이가 있다.

現在 造船技術의 급격한 發展으로 新造船의 initial operating cost는 해마다 減少되며, initial income은 增加되는 傾向이다.

4.1 Replacement Analysis

國際海運市況은 그 景氣變動이 격심하고 海上運送構造역시 급격히 변천되고 있으므로 船舶의 income revenue를 長期間 豫測하기 어렵다. 또한 船舶은 每 4年마다 船級協會의 定期檢査를 받기 때문에 修理費의 支出 역시 一樣하지 않다. 따라서 新造船에 대하여 그 annual gross revenue와 annual operating cost를 長期豫測하기 어렵기 때문에 船舶의 optimal life를 추정하는데 어려운 점이 있다. optimal life study에 一般적으로 많이 使用되고 있는 annual average cost method는 新造船의 經濟船齡의 추정에는 使用이 가능하나 船齡이 많은 既存船의 代替時期를 決定하는 데는 신뢰할 만한 資料가 없기 때문에 실제 적용상의 무리가 있다.

따라서 既存船舶의 代替를 決定함에 있어서는 本船을 現時點에서 處分할 경우에 얻어지는 value와 1年 더 operation하여 處分할 경우의 net present value와를 比較하는 year-by-year method가 훨씬 現實의 이고 편리하다. 즉 船舶의 現在の resale value를 investment (lost opportunity cost)로 생각하고 一年間 더 operation할 경우의 net income과 그때의 resale value와의 total net income을 그 投資에 대한 이익금으로 보았을 때의 이윤(interest rate)을 검토하며 本船을 現時點에서 處分할 것인가 또는 一年 더 運

航해볼 것인가를 판단할 수 있다.

이러한 方法을 反復하므로써 新造船에 대하여도 optimal economic life를 추정할 수 있고 既存船舶에 對하여는 代替時期를 決定할 수 있는 二重目的이 될 수 있다. 물론 이 計算에는 船齡의 增加에 따른 operating cost의 增加 추세 및 revenue의 감소를 가져오는 諸 inferiority factor를 어느 程度 近似하게 추정하여야 한다는 문제가 있다.

이러한 方法의 year-by-year method를 cash flow diagram과 數式으로 說明하기 위하여 아래의 略字를 使用한다.

$NPV =$ Net present value

$S =$ Income from resale before tax

$A =$ Annual return before tax

$=$ Gross revenue - operating costs

$T_c =$ Capital gain tax

$t_x =$ Capital gain tax rate

$T =$ Income tax

$t =$ Income tax rate

$D =$ Tax depreciation allocation

$B =$ Book value

$Z =$ Inferiority costs(船舶의 老朽 및 舊型化로 인한 非能率에서 오는 loss)

$(p/f)_i =$ Present worth factor

$i =$ interest rate (owners minimum acceptable interest rate)

(단, 各 略字의 subscript 0은 現在, 1은 1年後의 것을 表示함)

위의 略字를 使用하여 cash flow diagram을 表示하면

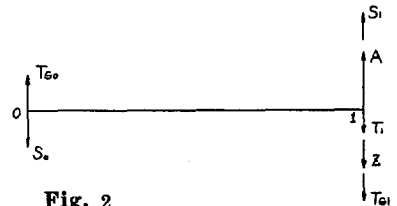


Fig. 2

income과 capital gain tax는 아래와 같다.

$$T_{c0} = t_x(S_0 - B_0), \quad T_{c1} = t_x(S_1 - B_1)$$

$$T_1 = t(A - Z - D)$$

$$\therefore (NPV)_0 = S_0 - T_{c0} = S_0 - t_x(S_0 - B_0)$$

$$(NPV)_1 = (A - Z - T_1 + S_1 - T_{c1}) \times (p/f)_i$$

$$= [A - Z - t(A - Z - D) + S_1 - t_x(S_1 - B_1)] (p/f)_i$$

$$= [(1-t)(A - Z) + t_1 S_1 - t_x(S_1 - B_1)] (p/f)_i$$

위에서 計算된 $(NPV)_0$ 와 $(NPV)_1$ 을 比較하여 $(NPV)_0 > (NPV)_1$ 인 경우는 現時點에서 replace하는 것이 이익이 되며 $(NPV)_0 < (NPV)_1$ 인 경우는 최소한

一年 더 operating 할 수 있다는 結論이 나온다. 따라서 이를 既存船에 대하여 每年 반복하므로서 가장 適期에 處分할 수 있으며 新造船舶에 대하여는 위의 과정을 computer 에 의하여 쉽게 optimal life 를 추정할 수도 있다.

4.2 實計算例

위 Section 3에서 說明한 replacement analysis 를 實計算例를 들어 說明한다.

우리나라는 海運業의 육성을 위한 잠정적인 조치는 하나 現在 外港船에 대하여는 法人稅의 면세특례를 주고 있으며 賣船하였을 때의 capital gain tax도 철폐되어 있는 특수한 條件下에서 있기 때문에 外國의 一般의인 tax pattern에 의하여 計算하기로 한다.

Deadweight 130,000 ton tanker의 optimal life의 추정을 위하여 아래의 資料가 주어져 있다.

- p : 新造船價 = \$ 20M (M=Million)
- R : Initial annual revenue = \$9.5M
- Y : Initial annual operating cost = \$2.1M
- t : Income tax rate = 42%
- t_c : Capital gain tax rate = 25%
- Depreciation : Sum of digits method

25年後 新造船價의 20%의 가치로 廢선되는 것으로 함.

잔존율(f) : 위 Section 3. 1의 KR 방식에 따름. 단, 賣船의 commission 및 수속등의 費用을 賣船價의 10%로 함.

Inferiority factor :

$a=2%$ $b=c=d=1%$ 로 함.

Interest rate (i) = 船主의 이윤 목표를 年 12%로 함.

便宜上 本船의 船齡을 15年을 기점으로하여 즉 14年末을 現在로 가상하여 現時點에서 이 배를 팔고 새 배를 사는 것과 一年 더 운항하고 代替하는 것과의 어느 便을 택할 것인가 하는 것을 決定하는 方式으로 시작하기로 한다.

Net resale value at $N=15$

S_{15} : 15年後의 本船의 價値

$$S_{15} = f_{15} \times p \times 0.9 = 0.381 \times 0.9 \times \$20M = \$6.858M$$

Capital gain tax T_{c-15}

$$T_{c-15} = t_c (S_{15} - B_{15})$$

B_{15} : 15年後의 本船의 book value

$$\left[B_n = \frac{2[1+2+\dots+(n-N)]}{n(n+1)} (p - S_n) + S_n \right]$$

$$\therefore B_{15} = \frac{2 \times [1+2+\dots+(25-15)]}{25 \times 26} \times$$

$$[\$20M - 0.2 \times \$20M] + 0.2 \times \$20M = \$6.708M$$

$$\therefore T_{c-15} = 0.25 \times (\$6.858M - \$6.708M) = \$0.038M$$

$$\therefore \text{Net income} = S_{15} - T_{c-15} = \$6.858M - \$0.038M$$

즉 $(NPV)_0 = \$6.820M$

One more year operation:

Net resale value at $N=16$

$$S_{16} = f_{16} \times p \times 0.9 = 0.357 \times 0.9 \times \$20M = \$6.426M$$

$$T_{c-16} = t_c (S_{16} - B_{16})$$

$$B_{16} = \frac{2[1+2+\dots+(25-10)]}{25 \times 26} \times (\$20M - \$4M) + \$4M = \$6.215M$$

$$\therefore T_{c-16} = 0.25 \times (\$6.426M - \$6.215M) = \$0.053M$$

1年間 더 운항 시키므로서 오는 annual return 을 tax 와 inferiority cost 를 제한 net income 은

$$A_{16} = (1-t)(A_0 - Z_{16}) - t D_{16}$$

단, A_0 = initial annual return

$$= R - Y = \$9.5M - \$2.1M = \$7.4M$$

$$Z_{16} = N \times [(a+b)R + (c+d)Y]$$

$$= 15 \times [(0.02+0.01) \times \$9.5M + (0.01+0.01) \times \$2.1M] = \$4.905M$$

$$D_{16} = \frac{n-N+1}{1+2+\dots+n} (P-S)$$

$$= \frac{25-16+1}{1+2+\dots+25} (\$20M - \$4M) = \$0.492M$$

$$\therefore A_{16} = (1-0.42)(\$7.4M - \$4.905M) + 0.42 \times \$0.492M = \$1.654M$$

$$\therefore \text{Total income} = A_{16} - (S_{16} - T_{c-16}) = \$1.654M + \$6.426M - \$0.053M = \$8.027M$$

\therefore Net present value

$$(NPV)_1 = \$8.027M \times (p/f)^n$$

$$= \$8.027M \times 0.8929$$

$$= \$7.167M$$

$$(NPV)_1 - (NPV)_0 = \$7.167M - \$6.820M$$

$$= \$0.347M > 0$$

故로 1年 더 운항시키는 것이 유리하다는 結論이 나온다. 계속해서 이와 同様の 計算을 그 다음해 ($N=16$)에 대하여 행한다.

船齡 16年에서 船齡을 매도할 경우의 income 은 이 미 위에서 구하였다.

$$S_{16} - T_{c-16} = \$6.426M - \$0.053M = \$6.373M$$

$$A_{17} = (1-t)(A - Z_{16}) + t D_{17}$$

$$A_0 = \$7.4M$$

$$Z_{16} = 16 \times [(0.02 + 0.01) \times \$9.5M + (0.01 + 0.01) \times \$2.1M]$$

$$= \$5.232M$$

$$D_{17} = \frac{2 \times [25 - 17 + 1]}{25 \times 26} \times (\$20M - \$4M) = \$0.443M$$

$$\therefore A_{17} = (1 - 0.42) (\$7.4 - \$5.232) + 0.42 \times \$0.443M$$

$$= \$1.071M$$

$$S_{17} = f_{17} \times 0.9 \times p$$

$$= 0.335 \times 0.9 \times \$20M$$

$$= \$6.030M$$

$$T_{r-17} = t_r (S_{17} - B_{17})$$

$$B_{17} = \frac{2 \times [1 + 2 + \dots + (25 - 17)]}{25 \times 26} \times (\$20M - \$4M) + \$4M = \$5.772M$$

$$\therefore T_{r-17} = 0.29 \times (\$6.030M - \$5.772M)$$

$$= \$0.065M$$

故로 1年더 운항하였을 경우의 total income 은

$$A_{17} + S_{17} - T_{r-17}$$

$$= \$1.071M + \$6.03M - \$0.065M$$

$$= \$7.036M$$

위는 1年後의 income 이니까

$$\text{Net present value } (NPV)_1 = \$7.036M \times (p/f)^{12}$$

$$= \$7.036M \times 0.8929$$

$$= \$6.282M$$

$$\therefore (NPV)_1 - (NPV)_0 = \$6.282M - \$6.373M$$

$$= -\$0.091M < 0$$

따라서 本船의 optimal economic life 는 16年으로 추정된다.

5. 結 言

위의 Section 4.2에서는 新造船船의 optimal life estimation을 例로 하였지만 이 year-by-year method는 既存船船의 replacement에서도 同様으로 계산함으로써 economic decision을 할 수 있다. 이 경우 z值는 실제 예상되는 inferior costs를 사용하여도 무방하다.

또한 船船 以外の 造船所의 장비等 여러가지 産業機械에서도 적용될 수 있다.

다만 inferiority cost를 어떻게 취하는가 하는 문제는 있지만, optimal economic life의 추정은 위의 計算方式을 사용할 수 있다.

6. 參 考 文 獻

[1] G.G. Meredith, "Capital Investment Decisions"
 [2] C.J. Mawkins, "Capital Investment Appraisal"
 [3] James L. Riggs, "Economic Decision Model"

별표 : 船船의 殘存率

선종	A	B	C	D	E	β_2
선령	general cargo tug	tanker bulk-carrier timber ref. carrier	steel fishing vessel	목재 화물선	목재 어선	선박의 유지관리비에 따른 상차액의 공차
	%	%	%	%	%	%
1	98.4	93.8	92.0	89.1	85.7	± 2.0
2	89.7	87.9	85.1	79.4	73.6	± 4.0
3	85.1	82.4	78.5	70.8	63.1	± 5.5
4	80.7	77.3	72.5	63.6	54.1	± 7.0
5	76.4	72.5	66.8	56.2	46.5	± 8.0
6	72.5	67.9	61.7	50.1	39.8	± 9.0
7	68.7	63.7	56.9	44.6	34.1	± 9.5
8	65.0	59.7	52.5	39.8	29.2	± 10.0
9	61.5	56.0	48.4	35.5	25.1	± 10.5
10	58.5	52.5	44.7	31.6	21.5	± 11.0
11	55.3	49.2	41.3	28.2	18.5	± 11.3
12	52.5	46.1	38.1	25.1	15.9	± 11.6
13	49.8	43.4	35.2	22.4	13.6	± 11.8
14	47.2	40.7	32.4	20.0	11.6	± 12.0
15	44.7	38.1	29.9	17.8	10.0	± 12.0
16	42.4	35.7	27.6	15.9		± 12.0
17	40.4	33.5	25.5	14.1		± 11.9
18	38.1	31.4	23.5	12.6		± 11.8
19	36.1	29.5	21.7	11.2		± 11.6
20	34.2	27.6	20.0	10.0		± 11.4
21	32.4	25.9				± 11.2
22	30.8	24.3				± 11.0
23	29.1	22.8				± 11.3
24	27.6	21.3				± 10.6
25	26.2	20.0				± 10.2
26	24.8					± 9.8
27	23.5					± 9.5
28	22.3					± 9.2
29	21.1					± 9.1
30	20.0					± 9.0

[4] D.W. Pearce, "Cost-benefit Analysis"
 [5] H.W. Pack, "Ocean Transportation and Replacement Model"
 [6] H. Benford, "Optimal Life and Replacement Analysis for Ship and Shipyards"
 [7] W.F. Blackodder, "Some Thoughts on Shipowning and ship Management"
 [8] J.B. Bunnis, "Towards the Optimisation of Repair and Maintenance Costs"
 [9] I. L. Buxton, "Engineering Economics Applied to Ship Design"