

船積貨物量에 따른 撒積貨物船의 最適積貨重量屯 및 速力의 決定에 關한 研究

李 明 珍*

A Study on Dry Bulkers' Optimal Deadweight and Speed under Certain Available Cargo Lot Sizes

Myeong-Jin Lee

< 目 次 >

Abstract	4.1 運送될 貨物의 크기에 따른 評價函數와 諸要素와의 關係
記號說明	4.2 比較 및 考察
1. 序 論	5. 諸要素가 經濟性 評價函數에 미치는 影響
2. 研究範圍 및 方法	5.1 運航利潤率의 諸要素에 對한 彈力性
2.1 研究範圍	5.2 運航利潤率의 諸要素에 對한 彈力性의 比較
2.2 研究方法	6. 結 論
3. 經濟性評價函數의 定義 및 알고리즘	附 錄
3.1 定 義	參考文獻
3.2 알고리즘	
4. 經濟性 評價函數의 數值計算 및 考察	

Abstract

The economy of ship's size and speed is affected by the freight rates, sailing distances, cargo handling rates, fuel oil prices and even interest rates of the borrowed funds. It can be a step more powerful measures if the economic evaluation model takes in a cargo lot size which prevails in the shipping markets.

This paper has dealt with hypothetical cargo lots which happen to the market with uniform distribution in probability.

The evaluation models are either profit maximization method or cost minimization method. The former compares among different voyages in profitability to the invested funds, the later defines the transportation efficiency in ton-mile unit and be used in comparing two or more transportation means.

This paper adopted both of above methods to derive out ships economical evaluation contours for the various ship's speed and deadweight for certain cargo lot sizes, which can be used as

* 正會員, 韓國海洋大學

important managerial decision data in purchasing ships or selecting a most profitable one among the proposed voyages.

This evaluation contours will also be efficiently used in appraising so called "handy size ships" in connection with port water depth and conditions of voyage tracks.

記 號 說 明

AGC	: 代理店費 및 交通 通信費(\$)	PD	: 港內滯留日數
APR	: 船舶運航利潤率(%)	PE	: 推進効率(%)
BC	: 船舶建造費(\$)	PI	: 造船料(\$)
BE	: 球狀船首의 影響	PO	: 港費(\$)
CAVO	: 運送量 貨物量의 平均值(ton)	RD	: 減價償却率(%)
CF	: 船價變動率(%)	RIS	: 保險料率(%)
CKO	: 貨物量의 變動幅(ton)	RIT	: 利率率(%)
CON	: 船舶消耗品費(\$)	RFR	: 屯當運送原費(\$/ton)
cTO	: 期待運送 貨物量(ton)	RWH	: 1日10總屯當 接岸料(\$)
CW	: 船員費(\$)	SC	: 船舶의 載貨能力(ton)
D	: 港間의 距離(mile)	SD	: 航海日數
DWT	: 積貨重量屯(ton)	SM	: Sea margin(%)
EMR	: 機關修理費(\$)	SMR	: 船舶修理費(\$)
F	: 燃料費(\$)	TC ₂	: 表定 C ₂ 值
FG	: 發電機燃料費(\$)	TG	: 曳船料(\$)
FGB	: 發電機燃料價格(\$)	TRD	: 船舶待期 및 入出港에 要하는 日數
FM	: 主機 燃料價格(\$)	TVD	: 全運航 所要日數
FR	: 運費率(\$/ton)	ULS	: 荷荷速力(ton/day)
FSHIP	: 滿載排水量(ton)	V	: 速力(knot)
G	: 積貨重量屯 對 排水量比	VC	: 年間船費(\$)
GC	: 貨物入出港費(\$)	VDG	: 發電機燃料 積載量 計算을 위한 運航日數
GT	: 總屯數(ton)	WFB	: Ballast 航海時 主機用 燃料 消耗量(ton/day)
HC	: 船體建造費(\$)	WFF	: 滿載航海時 主機用 燃料 消耗量(ton/day)
HP	: 機關馬力(HP)	WFG	: 發電機 燃料 消耗量(ton/day)
HMR	: 船體修理費(\$)	WFH	: 時間當 馬力當 燃料消耗量(ton/hr-HP)
INS	: 保險料(\$)	WFO	: 主機用 燃料 積載量(ton)
L	: 船舶의 길이(ft)	WGD	: 日當 發電機油 消耗量(ton/day)
LS	: 積荷速力(ton/day)	WGO	: 發電機用 油類 積載量(ton)
LSHIP	: 輕貨排水量(ton)	WH	: 埠頭使用料(\$)
N	: 船齡	Y	: 年間稼働日數
NP	: 航海에 要하는 機關馬力(HP)	YTB	: 年間利潤總額(\$)
NV	: 航次數	YTC	: 年間總費用(\$)
OC	: 航次當 運航費(\$)	YTP	: 年間總收益(\$)
OFF	: 陸上管理費(\$)		
PAI	: 船主相互責任保險料(\$)		
PC	: 機關常用馬力係數		

1. 序 論

海運業은 船舶을 交通手段으로 하여 海上에서 運送「서비스」를 提供함으로써 利潤을 獲得하는 企業이다.

利潤은 海運業이 企業活動을 通하여 獲得한 運賃收入에서 그 運送原費를 除外한 나머지이다. 海運業에 있어서 企業利潤을 構成하는 要素는 運賃率, 油價, 船價 및 金利 등이 있으며 한번에 運送될 貨物의 크기(Lot size)도 重大한 利潤의 構成要素가 된다.

本 研究에서는 船積貨物의 크기가 一定한 幅의 範圍內에서 均等分布의 確率로 變한다는 前提下에 運賃率, 航路의 長短, 荷役速力, 油價, 金利, 船價, 船齡 등의 要素가 船舶의 經濟性에 미치는 影響을 分析하여 最適速力과 積貨重量屯을 決定하는 經濟性 評價函數를 導出하고 이를 數值計算하여 船舶의 經濟性을 評價하는 方法을 提示하고자 한다.

2. 研究範圍 및 方法

2.1 研究範圍

本 研究는 一般撤積貨物船(Dry bulker)으로 單推進器, Diesel 機關船이며 그 船型 및 係數는 1979年度 日本海事協會(NK)船名錄에서 既存 撤積貨物船中 8隻을 拔萃하여 標本船으로 設定, 그 平均値를 取하였고, 船價는 1981年度 韓國造船所의 新造船價의 平均値를 取하였다. 船舶修理費, 船員費, 船舶消耗品費, 港費 등은 1980~1981年の 韓國의 海運會社, 造船所, 釜山港의 資料를 利用하였다. 또한 한번 運送될 船積貨物의 크기는 航路에 따른 貿易市況에 따라 多樣하게 變化하고 있으며 이 貨物의 크기가 船舶의 運航收支에 至大한 影響을 미치고 있는 것도 事實이다. 그런데 實際로 船積될 貨物의 크기의 變化狀態에 對한 資料를 入手하기가 대단히 어렵고 또 이들 資料가 實際 어떠한 確率的인 分布로서 變하고 있는지는 正確하게 알 수가 없다. 本 研究에서는 船積될 貨物의 크기가 一定한 幅의 範圍內에서 變化하되 그 各 貨物크기가 運送될 機會頻度가 均等分布(Uniform distribution)의 確率로서 發生하는 것으로 假定하고, 貨物量이 船舶의 載貨能力보다 클 경우는 載貨能力만큼만 積載 運送하며, 復航은 空船航海하는 것으로 假定하였다.

2.2 研究方法

船舶의 크기 및 速力에 對한 船舶의 經濟性에 關한 問題는 運送原費 最小化法(Operation cost minimization method)이나 運航利潤率 最大化法(Annual profit rate maximization method) 등으로 研究되고 있다. 運送原費 最小化法은 貨物을 運送함에 있어서 Ton-mile 當 運送原費를 比較하여 船舶의 最適値를 求하는 方法으로서 이 方法은 서로 다른 運送手段끼리 運送効率을 比較하는데 利用된다. 年間 運航利潤率 最大化法은 한 運送手段 또는 多數의 運送手段이 여러 航路의 貨物運送에 就

航할 수 있을 때, 利潤率이 가장 높은 航路 즉 船舶에 投資한 資本의 効率が 가장 높은 船舶 또는 航路를 決定하고자 할 때에 使用한다.

船舶의 屯當運送原費와 年間 運航利潤率은 運賃率, 船價, 金利, 油價, 船舶의 耐用年數等 諸要素의 函數가 되며, 또한 이들 要素의 값이 變動함에 따라 最適船의 크기 및 速力이 다르게 나타난다. 이들 運航要素들에 一定한 값을 주고 그 中 1個의 要素를 變動시킬 때 各 船舶積貨重量屯 및 速力에 따른 運送原費와 年間 利潤을 計算하여 船舶의 經濟性を 評價하고, 同時에 한 要素의 變動에 따른 運送原費 및 運航利潤率의 變動率을 調査하여 이들 要素 相互間의 各 評價函數에 對한 影響을 比較 檢討하여 본다.

3. 經濟性 評價函數

3.1 定 義

1) 船舶의 重量

積貨重量屯數(DWT)

滿載重量屯數와 輕貨重量屯數의 差를 積貨重量屯數라고 하는데 이 값은 滿載重量屯數와 比例하며 이를 式으로 表示하면 다음과 같다.

$$DWT = G \times ESHIP$$

여기에서 G 는 積貨重量屯—排水量比(Deadweight-displacement ratio)로서 表1의 既存 Bulk carrier 8隻의 積貨重量屯—排水量比의 平均値를 排水量의 函數로 놓아 最小自乘法을 使用하여 구한 값이다(表2 參照).

$$G = 0.1982 \times 10^{-10} \times FSHIP^2 + 0.1011 \times 10^{-6} FSHIP + 0.7686$$

2) 機關馬力

直接 實船의 機關馬力 또는 有效馬力을 求하는 方法으로는 Admiralty 係數의 方法과 Ayre의 方法 등이 있는데 前者의 方法은 理論上 誤差가 크므로 本 研究에서는 Ayre의 方法에 依해 船舶의 機關馬力을 算出하였다. 이 方法에 따르면 船舶의 排水量과 速力에 對한 有效馬力은 다음과 같다.

$$EHP = \frac{\Delta^{0.64} \times V^3}{C_2}$$

C_2 는 船舶의 速長比(V/\sqrt{L}) 및 길이—排水量比($L/\Delta^{1/3}$)에 따라 Ayre의 표에서 구하는 값이고, $\Delta^{0.64}$ 에는 摩擦抵抗과 剩餘抵抗이 함께 包含된다.

이 C_2 値는 實際와 假定된 標準狀態間에 差異가 있으므로 方形肥瘠係數(C_b), 幅—吃水比(B/H), 從浮心位置(Longitudinal center of buoyancy), 길이에 대한 修正을 하여야 한다. 優先 TC_2 値를 求하여 보면 8隻의 標本船의 길이—排水量比(表3)의 平均値는 16.05이다.

船舶의 立方數(Cubic number; CN)는

$$CN = \frac{L \times B \times D}{100} = 0.35 \times \frac{1}{C_b} \times \frac{D}{H} \times \Delta$$

表1에서 C_b 와 D/H 의 平均値를 代入하면,

$$CN \approx 0.35 \times \frac{1}{0.788} \times 1.37 \times \Delta = 0.609 \times \Delta$$

(단, L, B, D, H 는 모두 feet 單位)

Benford 式에 依하면,

$$CN = \left(\frac{L}{100} \right)^{3.15}$$

標本船에 對하여 위 式을 最小自乘法으로 計算하여 보면 아래와 같이 나타난다.

$$CN = 0.609 \times \Delta = 100 \left(\frac{L}{100} \right)^x, \quad L : \text{feet}$$

$$\Delta = \frac{100}{0.609} \left(\frac{L}{100} \right)^x$$

標本船의 資料를 利用한 最小自乘法에서 $x = 3.246$

$$L = (100^{3.246} \times 0.609 \times \Delta)^{\frac{1}{3.246}}$$

따라서 速長比(V/\sqrt{L})는

$$V/\sqrt{L} = V / (100^{3.246} \times 0.609 \times \Delta)^{\frac{1}{6.492}}$$

標本船의 $L/\Delta^{\frac{1}{3}}$ 의 平均値 16.06에 對한 Ayre의 TC_2 値와 이를 速長比의 函數로 計算한 TC_2 値는 다음과 같다(表4 參照).

$$TC_2 = 1364.69(V/\sqrt{L})^3 - 3562.74(V/\sqrt{L})^2 + 2582.9(V/\sqrt{L}) - 103.06$$

(1) 方形肥瘠係數(C_b)에 對한 修正

標本實船의 方形肥瘠係數(C_b)의 平均(0.788), 速長比의 平均(0.67)에 對한 Ayre의 論文에서 標準 C_b 는 0.75, 實船 C_b 와의 差는 0.038 이고 差의 標準 C_b 에 對한 百分率은 4.82%이다. Ayre 論文 附錄Ⅲ에서 4.82%에 對한 修正値는 -2.49 이므로 C_2 의 C_b 에 對한 修正値는

$$3 \times (-2.49) \times C_b = 3 \times (-2.49) \times 0.788 \approx -6$$

따라서 C_2 値는 $C_2 = TC_2 - 6$

(2) 幅-吃水比($\frac{B}{H}$)에 對한 修正

標準 $\frac{B}{H}$ 를 2.0으로 實船의 $\frac{B}{H}$ 의 平均의 超過比率 0.1에 對한 C_b 를 百分率로서 TC_2 에서 除한다.

標本船의 平均 $\frac{B}{H} = 2.39$ 이므로 $3.9 \times C_b = 3.9 \times 0.788 \approx 3.07(\%)$

幅-吃水比에 對한 C_2 의 修正値는 $TC_2 \times \frac{3.07}{100}$

(3) 縱方向 浮心(LCB)에 對한 修正

標本撤積貨物船의 平均速長比(0.67)에 對한 Ayre 論文 附錄Ⅱ의 標準 LCB는 L 의 1.56% 船首方向으로 定義하고 있는데 이 값은 妥當하다고 看做되므로 修正하지 않는다.

(4) 길이(L)에 對한 修正

Ayre는 TC_2 値를 船尾가 Cruiser stern 이고 그 길이가 垂線間長(LBP)의 2.5%인 것으로 假定하여 求하였으나 이 길이도 標準길이로 看做하여 修正하지 않는다. 따라서,

$$C_2 = TC_2 - TC_1 \times \frac{3.07}{100} - 6$$

機關의 推進效率(PE)을 75%, Seamargin(SM)을 20%로 보고 船首形態를 球狀船首(Bulbous bow)로 하면 約 5%의 抵抗이 減少하므로 機關의 所要馬力은

$$NP = \frac{(1+SM)(1-BE)}{PE} \times EHP = \frac{1.20 \times 0.95}{0.75} \times EHP$$

$$= 1.52 \times \frac{\Delta^{0.64} \times V^3}{C_2}$$

機關常用馬力係數(PC)를 85%라 하면 常用航海速力 V knot 를 내기 위한 機關馬力은

$$HP = NP \times \frac{1}{PC} = \frac{1.52}{0.85} \times \frac{\Delta^{0.64} \times V^3}{C_2} \approx 1.79 \times \frac{\Delta^{0.64} \times V^3}{C_2}$$

3) 船舶의 載貨能力

(1) 滿載 航海時의 主機燃料 消耗量(WFF)

WFH를 機關의 馬力當 時間當 油類消耗量이라면

$$WFF = WFH \times NP \times 24 \times SD \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{1000}$$

(2) 空船 航海時의 燃料 消耗量(WFB)

滿載狀態인 船舶의 燃料消耗量은 排水量의 $\frac{2}{3}$ 乘, 速力의 3乘에 比例한다. 同一船이 滿載와 空船으로 그 排水量만을 달리할 때는 變數가 必要하다.

$$F_2 = k \left(\frac{DWT_2}{DWT_1} \right)^{\frac{2}{3}} \times \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^3 \times F_1$$

여기서, DWT: 排水量, V: 速力, F: 燃料消耗量,

1: 滿載狀態 2: Ballast 航海

表5에서 k를 求하여 平均値를 取하면 $k=1.15$

Ballast 航海時의 排水量은 滿載航海時의 排水量의 거의 半이다. 따라서 空船 航海時 油類消耗量(WFB)은

$$WFB = 1.15 \times \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{2}{3}} \times WFF$$

$$= 0.724 \times WFF$$

(3) 貨物의 半載時의 主機 燃料 消耗量(WFE)

$$WFE = WFB + (WFF - WFB) \times \frac{CTO}{SC}$$

(4) 往復 航海時 所要되는 主機燃料 消耗量(WFV)

$$WFV = WFB + WFE$$

(5) 船積하여야 할 主機用 油量(WFO)

實航海에 所要되는 油量에 10%의 餘裕油를 船積한다고 하면

$$WFO = 1.1 \times WFV$$

(6) 發電機用 油量(WFG)

日常 發電機油 消耗量을 WGD라고 하면

$$WFG = WGD \times TVD$$

(7) 船積하여야 할 發電機 油量(WGO)

發電機油 積載量 計算을 爲한 運航日數를 VDG라 하면

$$VDG = SD + \frac{DWT}{LS} + \frac{DWT}{ULS} + TRD1 + TRD2$$

$$WGO = WGD \times VDG$$

(8) 船舶의 載貨能力(SC)

載貨能力은 船舶의 形態, 크기, 速力, 航路의 長短 등이 그 決定要素가 된다. 여기에서 清水, 主副食, 船員 및 그 휴대품 등의 重量을 300 ton 이라 하면

$$SC = FSHIP - (LSHIP + WFO + WGO + 300)$$

4) 運航費(Operation cost; CC)

船舶의 運航費는 海運企業에 있어서 變動費의 支出이다. 特히 船舶의 運航, 貨物의 輸送에 隨伴하여 發生하는 航海經費는 航路, 港灣施設, 貨物의 種類 및 量에 따라 달라지는 값이다.

(1) 港 費(PO)

導船料, 曳船料, 岸壁使用料, 入出港에 따른 對官廳手數料, 代理店料와 其他 船舶의 出入碇泊 等 港灣을 利用함으로써 發生하는 一切의 費用을 港費라고 하는데 이 費用은 各港마다 그 값이 다르므로 우선 釜山港(1981.2)을 基準으로 計算한다.

① 接岸碇泊料(WH)

船舶의 接岸碇泊料는 接役時間 및 總屯數에 따라 計算된다. 接岸基本料率은 總屯數 10 ton에 對하여 12時間에 0.33 \$ (港灣法 施行令)이므로 1日 10總屯當 接岸料는 0.66 \$이 된다. 實船에 對한 接岸碇泊料는 表12와 같다.

② 貨物出入港料(GC)

貨物의 出入港料의 基本料率은 輸入貨物에 對하여는 0.32 \$/ton, 輸出貨物은 0.19 \$/ton을 適用한다(港灣法 施行令). 本 研究는 輸出入平均 0.25 \$/ton으로 이 料率을 假定한다(表12 參照).

$$GC = 0.25 \times CTO \times 2$$

③ 導 船 料(PI)

導船料는 總屯數, 吃水 및 導船區間에 대하여 料率이 決定되는데 導船法施行令(第2條 別表 2, '80.2.1)에 依하여 基本導船料率은 吃水 3.0m(12ft), 總屯數 1,000 ton에 對하여 37 \$이며 吃水 1ft(30cm)增加에 基本料率의 10%, 總屯數 每 1,000 ton增加에 역시 基本料率에 10%를 加算하며 公休日에는 30%, 夜間에는 50%의 割増料率을 適用한다. 그 외에 Pilot boat費가 追加로 包含된다.

本 研究는 基本料率을 40 \$, 割増料 可能性을 入出港 共히 full draft로 看做하여 이를 吸收한다.

$$PI = \left[40 + 4 \left(\frac{GT - 1000}{1000} + H - 10 \right) \right] \times 4, \quad H: \text{feet}$$

윗 式을 利用하여 實船의 導船料를 計算하면 表 8 과 같다. 이를 船舶排水量의 函數로 定式化하면

$$PI = 0.5814504 \times 10^{-7} FSHIP + 0.6835264 \times 10^3$$

④ 曳 船 料(TG)

港灣法 施行令에 의한 基本曳船料率은 表 10 과 같다. 船舶의 接離岸에 所要되는 曳船의 크기는 DWT 10,000 ton 當 10 ton의 曳航力 即, 全方向 回轉曳船 1,000HP에 該當하는 曳航力이 必要하다. 船舶을 離接岸시키는데 必要한 Tug 利用時間은 平均 1~1.5時間 程度이므로 本 研究는 1時間으로

看做한다.

表9에서 曳船 1,000HP/hr 에 대하여 150\$로 看做할 때 曳船料(TG)는

$$TG = \frac{DWT}{10,000} \times 150 \times 4 = \frac{G \times FSHIP}{10,000} \times 150 \times 4$$

⑥ 代理店費 및 其他 通信雜費(AGC)

1個 港口當 代理店費, 交通通信費, 雜잡이 費用 等 모두를 1,500\$로 看做한다.

5) 船 費(VC)

船費란 航海의 有無에 不拘하고 船舶의 維持上 必要한 經常費로서 固定費인 船舶經費인데 直接船費와 間接船費로 나눌 수 있다. 直接船費는 船舶을 恒常 運航可能한 狀態로 維持하기 爲한 費用이며 船員費(CW), 船舶修理維持費(SMR) 및 船用 消耗品費(CON)가 있고 間接船費는 船舶을 保有하기 爲한 費用으로 資本費, 保險料 및 陸上一般管理費가 있다.

(1) 船舶建造費(船價, BC)

船舶의 經濟性 評價에서 船價의 比重은 매우 크다. 本 研究는 船價見積을 아래와 같이 하였다. 即, 船體費와 機關室費로 나누어, 1980年과 1981年의 國內 造船資料(表10)에서 船體費는 船舶滿載排水量의 函數로, 機關室費는 機關馬力의 函數로서 定式化하였다.

(2) 減價償却費(RD)

本 研究는 定率法에 따른 減價로 船舶의 耐用年數(SL)가 지났을 때 船價殘存價額은 新造船價의 10%로 假定한다.

減價償却率(RD)는

$$BC(1-RD)^{SL} = \frac{BC}{10}$$

$$RD = 1 - \left(\frac{1}{10}\right)^{\frac{1}{SL}}$$

N年의 減價償却額(RDN)은

$$RDN = BC(1-RD)^{N-1} \times RD$$

N年末의 船價(BCN)은

$$BCN = BC(1-RD)^N \quad (\text{表7 參照})$$

(3) 資本費(CC)

船價全額은 銀行에서 融資받아서 船舶의 全耐用年數의 期間동안 年複利로 計算하여 每年期末에 等價償還하는 것으로 假定한다. 이 等價償還額은 全投資額에 資本回收率을 곱하여 얻어지는데 이 값은 船舶의 減價償却費와 利子を 合한 資本費가 된다. 船舶의 資本費의 計算은 一般的으로 利子和 減價償却費를 서로 獨立하여 計算하는 것이 普通이나 이렇게 計算하면 新造船의 運送原費가 中古船에 比하여 월등히 높아 現實值와는 너무 큰 差가 發生한다. 따라서 資本費로서 資本回收率을 利用한 等價償還值를 使用하였다.

資本回收率(CRF)을 利用하여 計算하면 船舶의 耐用年數 期間동안 年複利로 船價를 每期末等額償還하게 된다. 船舶耐用年數(SL) 經過後 資本(BC)의 元利金を FC라 하고 每期末 資本費(CC)만큼 償

還하여 船舶耐用年(SL)이 되면,

$$FC = BC(1 + RIT)^{SL}$$

$$FC = CC(1 + RIT)^{SL-1} + \dots + CC(1 + RIT) + CC$$

$$= \frac{(1 + RIT)^{SL} - 1}{RIT} \times CC$$

따라서, $CC = \frac{RIT}{(1 + RIT)^{SL} - 1} \times FC = \frac{RIT(1 + RIT)^{SL}}{(1 + RIT)^{SL} - 1} \times BC = CRF \times BC$

(4) 船體保險料(INS) 및 船主相互責任保險料(PAI)

船主相互責任保險(P & I)은 海上保險으로 補償되지 않는 거의 모든 危險을 擔保한다. 即, 船主의 船員에 대한 賠償責任, 難破船除去費, 油濁汚染損害에 대한 補償, 衝突約款에서 填補되지 않는 賠償責任, 罰科金 또는 過怠料 등이 付保對象이 된다. 이 保險料(PAI)는 船舶의 總屯數, 船種, 船型, 船齡, Ownership 등에 따라 賦課되는데 海運會社의 資料에 따르면 總屯數 10,000 ton 以上の 船舶에서는 船員의 姿勢 및 質에 의한 事故가 40%가 넘는 것으로 나타나 있다. 이 保險料의 平均値는 年間隻當 約 40,000\$ 程度가 된다.

(5) 陸上一般管理費(OFF)

店費, 陸上給料, 事務用品費, 公課金, 雜費 등을 一般管理費라 하는데 이는 海運會社의 船舶保有量 및 運營方式에 따라 달라진다. 本 研究에서는 年間 50,000\$로 假定하였다.

(6) 船員費(CW)

우리나라 撤積貨物船의 隻當 平均乘組員數는 船舶크기에 관계없이 約 27名 정도이다.

年間船員費 即, 船員給與, 諸手當, 退職金, 主副食費, 醫療費, 厚生費, 旅費, 外地手當, 待命費, 其他 船員에 對한 諸費의 合計는 314,900\$ 程度이다(表11 參照).

(7) 船舶修理費(SMR)

船舶의 諸 檢査, 入渠 等 船舶修理外 修理에 隨伴하는 檢査手數料, 諸 附帶費, 外部工場과 契約 修理時 補給하는 修理用品費, 入渠修理中 使用하는 淸水費 等を 船舶修理費(SMR)라 하는데 本 研究는 國內 海運會社의 修理費 資料에서 79年과 80年 2個年의 修理費를 平均하여 1個年 修理費로 하여 船體修理費(HMR)를 船齡과 積貨重量吨의 函數로 機關修理費(EMR)를 船齡과 機關馬力의 函數로서 定式化하였다(表13), (表14).

(8) 船舶消耗品費(CON)

淸水, 潤滑油, 荷役機器用品, 船舶保守用品 및 船員의 消耗品이 이에 屬한다. 船內作業 等은 船員數에 比例하는데 最近撤積貨物船의 船員數가 거의 一定하므로 消耗品費(CON)는 船舶크기 및 機關馬力의 函數로 보는 것이 妥當하다(表15).

Benford 式에 의하여

$$CON = 12,000 \left\{ \left(\frac{CN}{1,000} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{HP}{1,000} \right)^{\frac{2}{3}} \right\}$$

$$= 12,000 \left\{ \left(\frac{0.596 \times FSHIP}{1,000} \right)^{\frac{2}{3}} + \left(\frac{HP}{1,000} \right)^{\frac{2}{3}} \right\}$$

$$= 84.9856 \times FSHIP^{\frac{2}{3}} + 120 HP^{\frac{2}{3}}$$

$$CN = \frac{L \times B \times D}{100} \quad (L, B, D \text{ 는 ft}) \quad CN: \text{Cubic Number}$$

6) 期待運送貨物量(CTO)

本 研究에서는 運送될 貨物量의 船積機會를 均等分布(uniform distribution)로 假定하였다.

船舶에 運送될 貨物의 量을 그 船積機會의 確率과 같은 平均值로써 實貨物量을 代身하여 計算한다.

이 運送될 貨物의 期待値는 船舶의 載貨能力과 函數關係가 있다. 期待運送 貨物量은 船舶의 載貨能力(SC)과 船積可能한 貨物量에 따라 變化할 것이다.

圖1에서 船舶載貨能力(SC)이 貨物量의 變動幅의 上限보다 크면 船舶은 결코 滿載로 運航할 機會가 없고 下限보다 작을 경우는 항상 滿載로 運航하게 될 것이다. 만일 船舶의 載貨能力이 貨物量變動幅의 下限에서 上限으로 增加하면서 變化할 때는 期待 運送貨物量은 船舶의 載貨能力에서 運送될 貨物量의 平均值로 增加하게 된다.

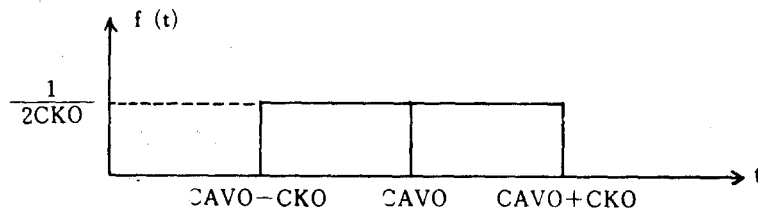


圖1. 往航貨物의 船積期待가 均等分布

t : 運送될 貨物量(Cargo amount)

$f(t)$: t 의 確率密度函數(Probability density function of t)

CTO : 期待運送될 貨物量(Expected cargo to be transported outbound)

CKO : 貨物量의 變動幅(Range of fluctuation above or below mean forecast)

SC : 船舶의 載貨能力(Cargo capacity of vessel)

$$CTO = \int_{-\infty}^{SC} t \cdot f(t) dt + \int_{SC}^{\infty} SC \cdot f(t) dt$$

$$= \int_0^{SC} t \cdot f(t) dt + SC \left[1 - \int_0^{SC} f(t) dt \right]$$

$$= SC - SC \int_0^{SC} f(t) dt + \int_0^{SC} t \cdot f(t) dt$$

(1) $SC < (CAVO - CKO)$ 일 때

$$CTO = SC \quad (\because f(t) = 0)$$

(2) $SC > (CAVO + CKO)$ 일 때

$$CTO = SC - SC \int_{CAVO-CKO}^{CAVO+CKO} f(t) dt + \int_{CAVO-CKO}^{CAVO+CKO} t \cdot f(t) dt$$

$$\begin{aligned}
 &= SC - SC \left[-\frac{t}{2CKO} \right]_{CAVO-CKO}^{CAVO+CKO} + \left[\frac{t^2}{4CKO} \right]_{CAVO-CKO}^{CAVO+CKO} \\
 &= SC - SC + \frac{1}{4CKO} \left[(CAVO+CKO)^2 - (CAVO-CKO)^2 \right] \\
 &= CAVO
 \end{aligned}$$

(3) $(CAVO-CKO) \leq SC \leq (CAVO+CKO)$

$$\begin{aligned}
 CTO &= SC - \int_{CAVO-CKO}^{SC} \frac{CAVO-CKO-SC}{2CKO} dx \\
 &= SC - \left[\frac{(CAVO-CKO-SC)^2}{4CKO} \right]_{CAVO-CKO}^{SC} \\
 &= SC - \frac{1}{4CKO} (CAVO-CKO-SC)^2
 \end{aligned}$$

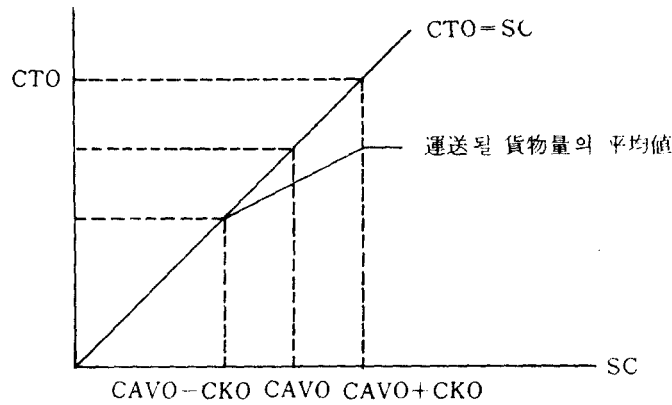


圖 2. 期待 運送 貨物量

3.2 알고리즘

3.2.1 設計入力

1) 運航資料

年間船舶稼働日數(Y) : 350日

揚荷速力(ULS) : 3,000 ton/day

甲港의 待期時間 및 入港에 所要되는 時間(TRD1) : 1.5日

乙港의 待期時間 및 入港에 所要되는 時間(TRD2) : 2.5日

船舶保險料率(INS) : 0.4%

船舶保險은 保險條件, 船齡, 事故率에 따라 料率이 變하는데 대개 新造大型船에서는 船價의 0.4%, 船齡 16年의 船舶은 2.0%이다.

2) 技術資料

機關推進效率(PE) : 75%

常用航海馬力과 機關馬力의 比(PC) : 85%

Seamargin(*SM*) : 20%

球狀船首效率(*BE*) : 5%

主機燃料消耗量(*WFH*) : 160 g/hr-HP

發電機燃料消耗量(*WFG*) : 2 ton/day

3) 基準值

基準值는 船舶經濟性 評價函數의 값을 計算하는데 基準이 되는 各要素의 값이다. 이 값은 아래와 같이 現實值로서 入力한다.

船 齡(*N*) : 1年

運 賃 率(*FR*) : 25 \$ /ton

運航距離(*D*) : 5,000 mile

積荷速力(*LS*) : 8,000 ton/day

揚荷速力(*ULS*) : 3,000 ton/day

油 價(*F*) : 250 \$ /ton

耐用年數(*SL*) : 18年

利 子 率(*RIT*) : 12% /year

3·2·2 船舶의 重量

1) 積貨重量噸數(*DWT*)

$$DWT = G \times FSHIP$$

2) 輕貨排水量(*LSHIP*)

$$LSHIP = FSHIP - DWT$$

3·2·3 運航分析

1) 航海日數(*SD*)

$$SD = \frac{D}{24V} \times 2$$

2) 港內碇泊日數(*PD*)

$$PD = \frac{CTO}{LS} + TRD_1 + \frac{CTO}{ULS} + TRD_2$$

3) 運航日數(*TVD*)

$$TVD = TSA + PD$$

4) 年間運航日數(*NV*)

$$NV = \frac{Y}{TVD}, \text{ 여기서 } Y \text{ 는 船舶의 年間 總稼動日數}$$

5) 常用(航海)馬力(*NP*)

$$NP = \frac{(1.0 + SM)(1.0 + BE) \times FSHIP^{0.64} \times V^3}{PE \times C_2}$$

여기서, SM : Seamargin, BE : 球狀船首効率, PE : 推進効率

V : 航海速力, C_s : Ayre 係數

6) 所要機關馬力(HP)

$$HP = \frac{NP}{PC}, \quad PC: \text{常用馬力과 機關馬力의 比率}$$

7) 船舶의 載貨能力(SC) : 清水, 主副食, 船員 및 휴대품 重量을 300 ton 이라면 船積할 수 있는 最大貨物重量은,

$$SC = FSHIP - (LSHIP + WFO + WGO + 300)$$

8) 油 量

滿船航海時 主機燃料의 消耗量(WFF)

$$WFF = WFH \times NP \times 24 \times SD \times \frac{1}{2} \times \frac{1}{100}$$

空船航海時 主機燃料의 消耗量(WFB)

$$WFB = 0.724 WFF$$

往復航海에 所要되는 主機燃料消耗量($WFFV$)

貨物半載時의 主機燃料 消耗量을 WFE 라고 하면,

$$WFE = WFB + (WFF - WFB) \times \frac{CTO}{SC}$$

$$WFFV = WFB + WFE$$

船積하여야 할 主機用油量(WFO)

實航海에 所要되는 油量에 10%의 餘裕油를 船積한다면

$$WFO = 1.1 \times WFFV$$

發電機用 油量(WFG)

$$WFG = WGD \times TVD, \quad WGD: \text{日當發電機油消耗量}$$

船積해야 할 發電機油量(WGO)

$$VDG = SD + \frac{DWT}{LS} + \frac{DWT}{ULS} + TRD1 + TRD2$$

$$WGO = WGD \times VDG$$

3.2.4 運航費

1) 接岸碇泊料(WH)

$$WH = RWH \times \frac{GT}{10} \times \left[\frac{CTO}{LS} + \frac{CTO}{ULS} \right]$$

2) 貨物出入港料(GC)

$$GC = 0.25 \times CTO \times 2$$

3) 導船料(PI)

$$PI = 0.5814504 \times 10^{-4} FSHIP + 0.6835264 \times 10^3$$

4) 曳船料(TG)

$$TG = 150 DWT \times \frac{4}{10,000}$$

5) 港 費(PO)

$$PO = WH + GC + PI + TG$$

6) 主機用 油類費(FM)

$$FM = WF \times FMB$$

7) 發電機用 油類費(FG)

$$FG = WFG \times WGB$$

$$F = FM + FG, \quad F: \text{油類費}$$

8) 航次當 運航費(OC)

$$OC = PO + F$$

3.2.5 船 費

1) 船體建造費(HC)

$$HC = \frac{-0.398}{1,000} \times WSHIP^2 + 209.669 \times FSHIP + 4,021,039$$

2) 機關室建造費(MC)

$$MC = \frac{0.724}{10,000} \times BHP^2 + 42.758 \times BHP + 5,633,050$$

3) 船舶建造費(BC)

$$BC = (HC + MC) \times CF$$

4) 減價償却費(RD)

$$RD = 1 - \frac{1}{10^{\frac{1}{SL}}}$$

船齡 N 年 후에 있어서의 船價(BCN)

$$BCN = CF \times BC \times (1 - RD)^{N-1}$$

5) 資本費(CC)

$$CC = \frac{RIT(1+RIT)^{SL}}{(1+RIT)^{SL}-1} \times BC$$

6) 船體保險料(INS)

$$INS = RIS \times BC, \quad RIS: \text{保險料率}$$

7) 船主相互責任保險料(PAI)

$$PAI = 40,000$$

8) 陸上一般管理費(OFF)

$$OFF = 50,000$$

9) 船員費(CW)

$$CW = 314,900$$

10) 船體修理費(HMR)

$$HMR = 7881.48 \times \left(\frac{G \times FSHIP}{100} \right)^{0.036} \times \frac{1}{(6-N)^{0.529}}$$

11) 機關修理費(EMR)

$$EMR = 15,269 \times \left(\frac{HP}{100} \right)^{0.079} \times \frac{1}{(6-N)^{0.683}}$$

12) 船舶修理費(SMR)

$$SMR = HMR + EMR$$

13) 船舶消耗品費(CON)

$$CON = 84.985 \times WSHIP^3 + 120 \times BHP^3$$

14) 年間船費(VC)

$$VC = CF(CC + INS) + PAI + OFF + CW + SMR + CON$$

3·2·6 輸送分析

1) 表定 C_2 值

$$TC_2 = 1,364.69(V/\sqrt{L})^3 - 3,562.74(V/\sqrt{L})^2 + 2,582.9(V/\sqrt{L}) - 103.06$$

여기서 V/\sqrt{L} 은 速長比이다.

2) 期待運送貨物量(CTO)

여기서 期待運送貨物量은 3 가지 범위로 나누어 계산한다. 卽 船舶의 載貨能力이 貨物量變動의 下限(CAVO-CKO)보다 작을 때 $CTO = SC$, 船舶의 載貨能力(SC)이 貨物量變動의 上限(CAVO+CKO)보다 클 때 $CTO = CAVO$, 船舶의 載貨能力(SC)이 貨物量變動의 上·下限사이($CAVO - CKO < SC < CAVO + CKO$)에 있을 때

$$CTO = SC - \frac{(CAVO - CKO - SC)^2}{4 \times CKO}$$

3·2·7 運送原費函數((RFR)

$$RFR = \left(\frac{VC}{NV} + CC \right) / CTO$$

3·2·8 運航利潤率函數(APR)

$$YTC = VC + OC \times NV$$

$$YTP = FR \times CTO \times NV$$

$$YTB = YTP - YTC$$

$$APR = \frac{YTB}{ECN} \times 100 = \frac{FR - RFR}{EC} \times CTO \times NV \times 100$$

4. 數 值 計 算

4.1 運送될 貨物의 크기(Lot size)에 따른 評價函數와 諸要素와의 關係

4.1.1 運送原費와 諸要素와의 關係

船積貨物의 크기의 區間에 따른 最適 積貨重量屯 및 速力은 다음과 같다.

1) 貨物의 크기의 區間이 20,000屯에서 40,000屯 사이에 있다고 假定할 경우 運航距離가 1,500 mile 일 때는 運送原費 最低船의 積貨重量屯은 29,152 ton(載貨能力 28,620 ton), 速力은 11.8 knot 이며, 運送原費는 11.9\$이다(圖 4.1.1(a)參照). 運航距離 5,500 mile 일 때 最適船의 積貨重量屯은 32,611 ton(載貨能力 31,484 ton)이며 速力은 12.0 knot, 運送原費는 25.5\$이다(圖 4.1.1(b)參照). 荷役速力을 변동했을 때의 最適 積貨重量屯 및 速力은 圖 4.1.1(c), (d)와 같다. 油價, 利子率, 船舶耐用年數를 變動했을 때는 最適 積貨重量屯은 變化가 없고 最適船의 速力만 變한다(圖 4.1.1(e), (f), (g), (h), (i)參照). 以上과 같이 運送될 貨物의 크기가 30,000屯 内外에 分布될 경우 船舶의 最適 積貨重量屯은 船積貨物量의 平均値 즉, 30,000屯 周邊에 있음을 알 수 있다.

2) 運送될 貨物의 크기가 11,000屯에서 20,000屯 사이에 있다고 假定한 경우 運航距離가 1,500 mile 일 때는 運送原費最低인 船舶의 積貨重量屯은 計算結果 17,570 ton(載貨能力은 17,083 ton), 速力은 12.4 knot 이며 運航距離 5,500 mile 일 때는 最適船의 積貨重量屯은 18,375 ton(載貨能力 17,438 ton)이며 速力은 12.4 knot 이다. 그 외에 油價, 利子率, 耐用年數, 船價 等の 最適 積貨重量屯은 18,375 ton 으로 各各 같은 값을 갖는다. 따라서 船積貨物의 크기가 15,000屯 内外일 때는 貨物量分布의 平均에서 變動幅의 上限사이에 船舶의 最適 크기가 分布하는 것을 알 수 있다.

3) 運送될 貨物의 크기가 7,000屯에서 11,000屯 사이에 있다고 假定한 경우 運航距離가 1,500mile 일 때, 運送原費最低船의 積貨重量屯은 10,443屯(載貨能力 9,992屯), 速力 12.8 knot, 運送原費 18.5\$이고 運航距離 5,500 mile 일 때는 積貨重量屯 11,226屯(載貨能力 10,402 ton), 速力 12.8 knot, 運送原費 47.8\$이다. 油價, 利子率, 船舶耐用年數, 船價가 變化할 때 最適船의 積貨重量屯은 모두 11,226 ton 으로 不變하는 것으로 나타났다. 즉, 運送될 貨物의 크기가 10,000 ton 内外일 경우 最適船의 積貨重量屯은 貨物量變動幅의 上限에 偏在한다는 것을 알 수 있다.

圖 4.1.1 (b) 運送距離 5,500mile 일의 運送原費 曲線

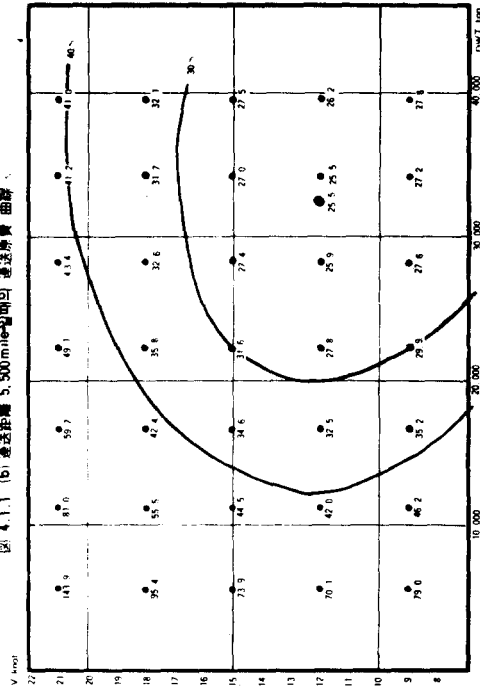


圖 4.1.1 (d) 積荷速力 16,000ton/day 일의 運送原費 曲線

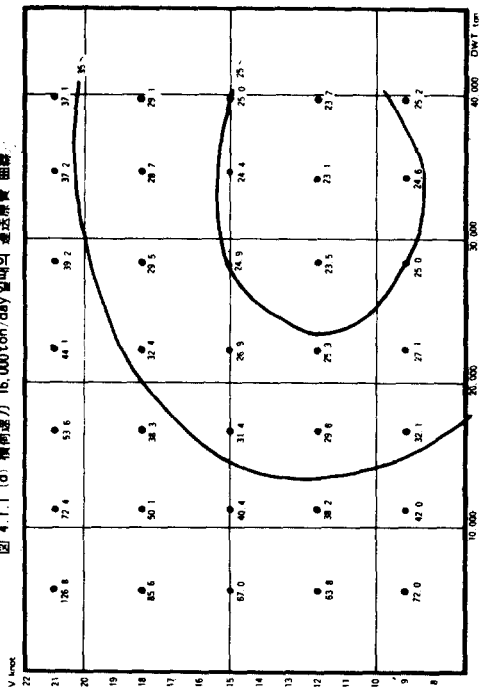


圖 4.1.1 (a) 運送距離 1,500mile 일의 運送原費 曲線

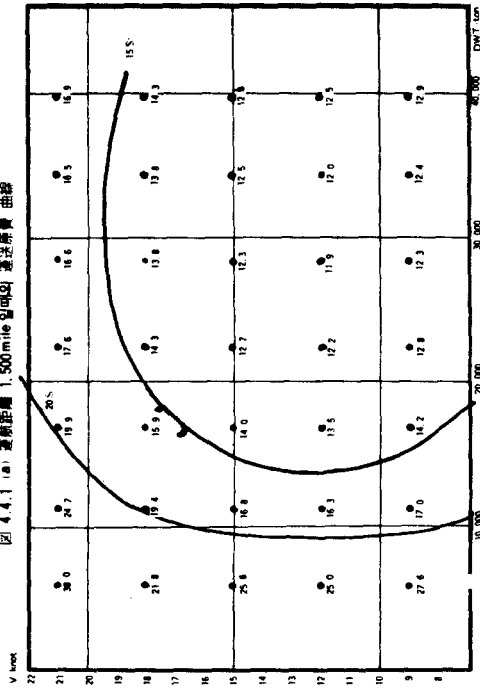


圖 4.1.1 (c) 積荷速力 1,000ton/day 일의 運送原費 曲線

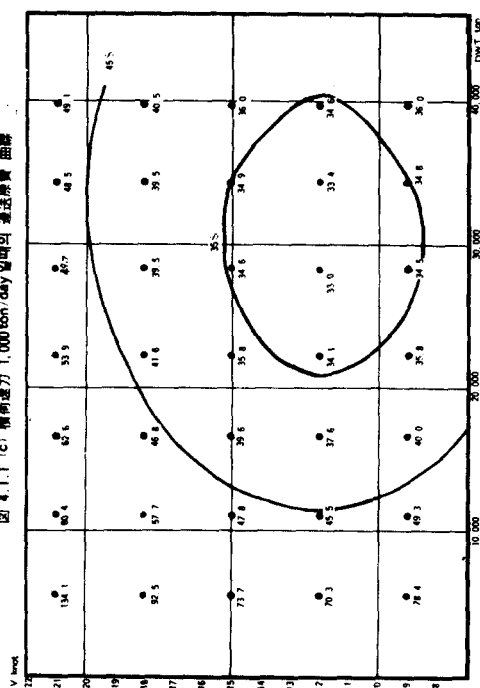


圖 4.1.1 (f). 200\$입매의 運送原費 曲線

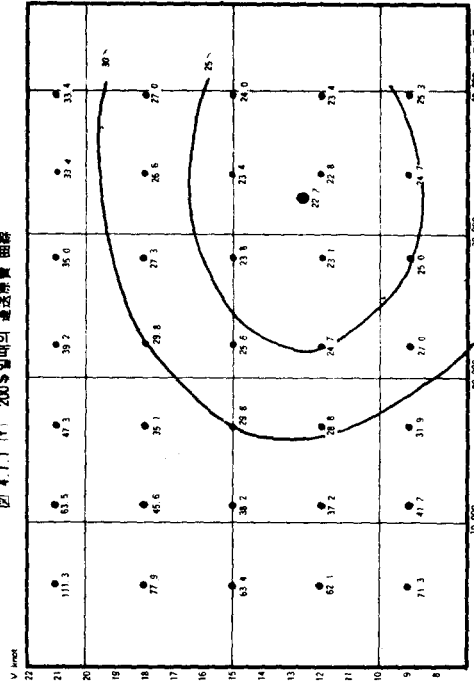


圖 4.1.1 (e). 利率率 6% 入매의 運送原費 曲線

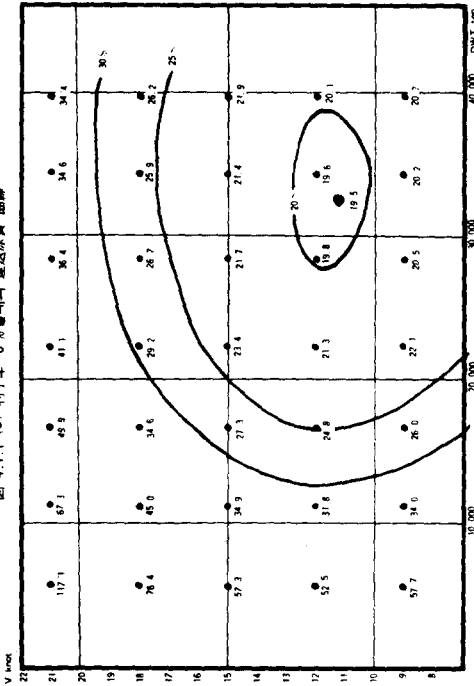


圖 4.1.1 (b). 船舶用年率 18% 入매의 運送原費 曲線

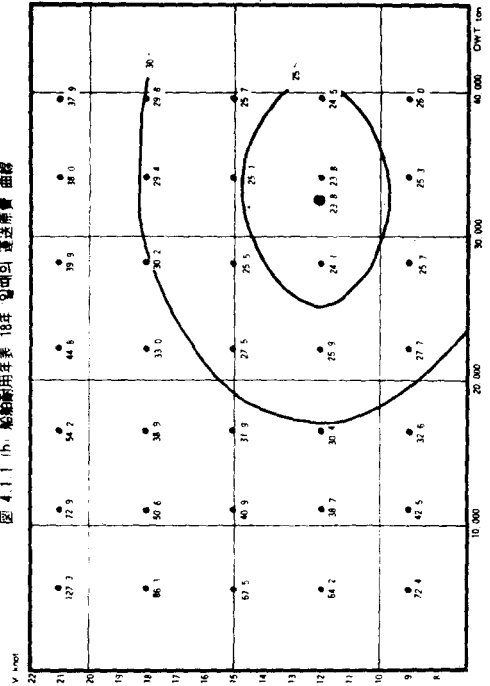


圖 4.1.1 (g). 油價 450\$ 入매의 運送原費 曲線

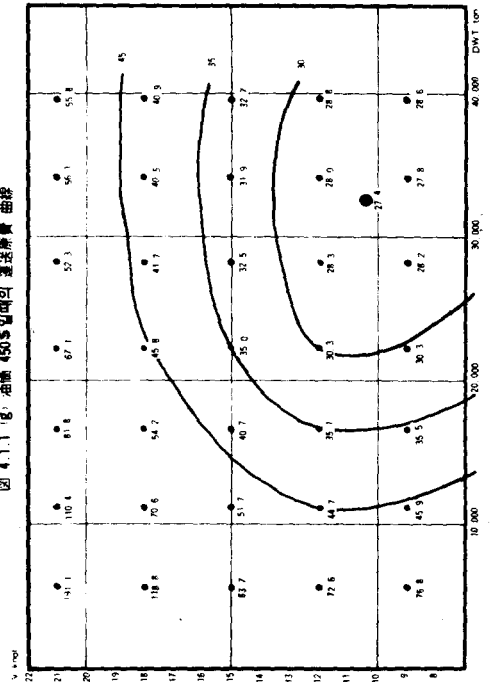
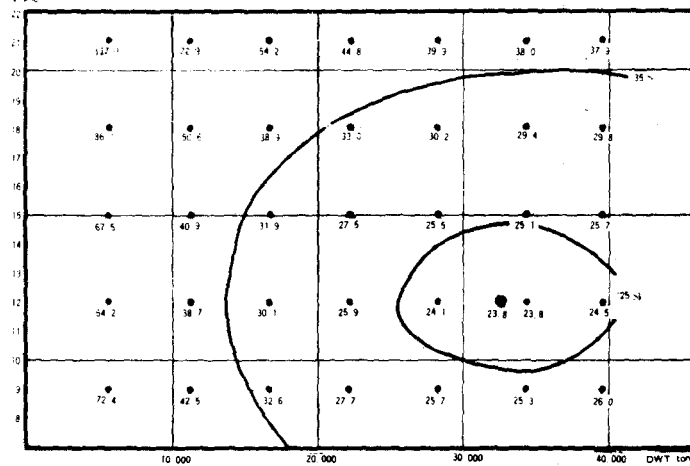


圖 4.1.1 (c) 船積 1.0倍 일때의 運送原費 曲線



4.1.2 運航利潤率과 諸要素와의 關係

1) 船積貨物의 크기가 20,000屯에서 40,000屯 사이에 存在한다고 假定한 경우 運賃率 17\$일 때 運航利潤率이 最大인 船舶의 積貨重量屯은 32,611 ton(載貨能力 31,681 ton), 速力 10.6 knot 이고 運航利潤率은 -7.06%이며 運賃率 27\$일 때의 最適船의 積貨重量屯은 32,611 ton(載貨能力 31,493 ton), 速力 12.6 knot 이며 運航利潤率은 3.5%이다(圖 4.1.2(a), (b) 參照). 運航距離가 1,500 mile 일 때 最適 積貨重量屯은 28,299 ton(載貨能力 27,681 ton), 最適速力 14.4 knot, 運航利潤率 27.96% (運送原費 14.7\$)가 되고 運航距離 5,500 mile 일 때의 最適船의 積貨重量屯은 32,611 ton(載貨能力 31,484 ton), 速力 12.0 knot, 運航利潤率 -0.5%(運送原費 35.2\$)인 것으로 나타났다(圖 4.1.2 (c), (d)參照). 荷役速力 1,000 ton/day 일 때와 16,000 ton/day 일 때의 積貨重量屯 및 速力, 運航利潤率은 圖 4.1.2(e), (f)와 같다. 또한 利率, 船舶耐用年數, 船價의 變動에 對하여는 最適船의 積貨重量屯은 32,611 ton, 速力은 12.2 knot 로 變化하지 않고 다만 運航利潤率만이 變動하는 것을 알 수 있다(圖 4.1.2(g), (h)參照).

以上에서 살펴본 바와 같이 運送될 貨物의 크기(Lot size)가 20,000屯에서 40,000屯 사이에 있을 경우 最適量貨重積屯이 貨物量의 變動의 平均値 周邊에 있다는 事實을 알 수 있었다. 이런 傾向은 運送原費 最低船의 경우에도 비슷한 現象을 나타내고 있다.

圖 4.1.2 (b) 運賃率 27\$인치의 運賃率曲線

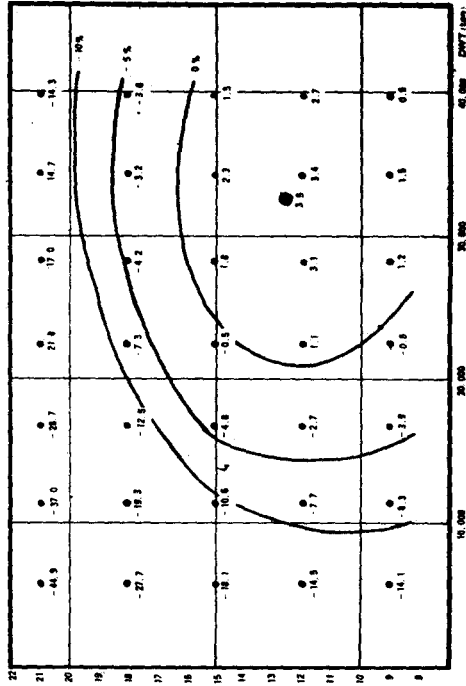


圖 4.1.2 (a) 運賃率 17\$인치의 運賃率曲線

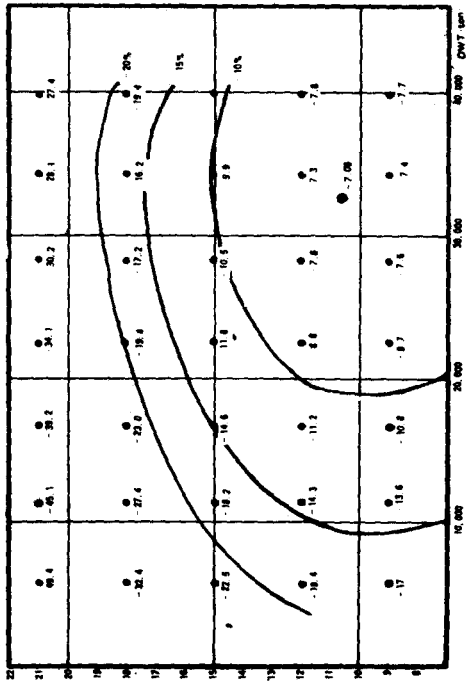


圖 4.1.2 (d) 運賃率 5,500인치의 運賃率曲線

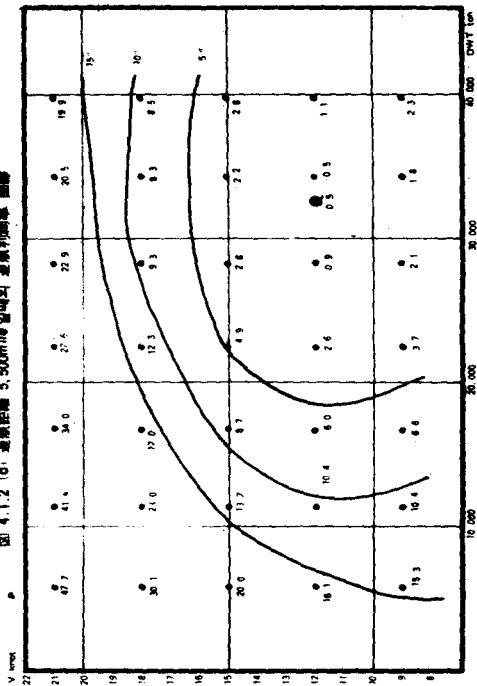


圖 4.1.2 (c) 運賃率 1,500인치의 運賃率曲線

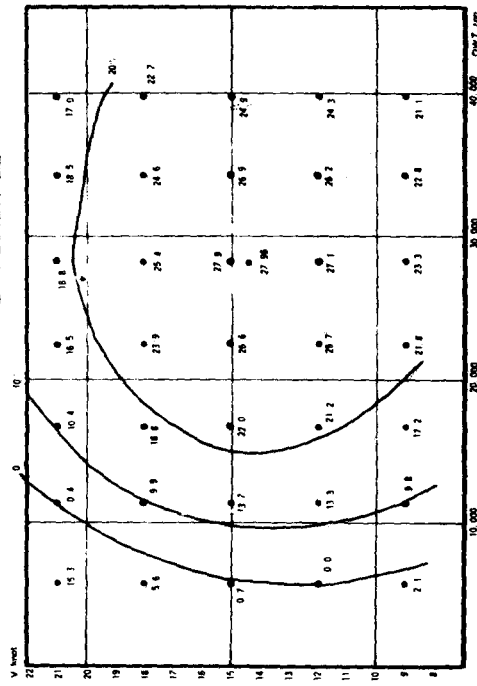


圖 4.1.2 (f) 積荷速力 16,000 ton/day 以下の 運轉利率率 曲線

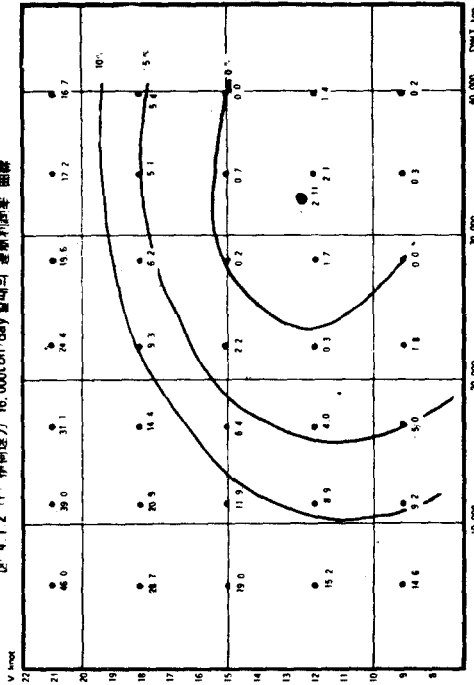


圖 4.1.2 (h) 油價 450 \$/ton 以下の 運轉利率率 曲線

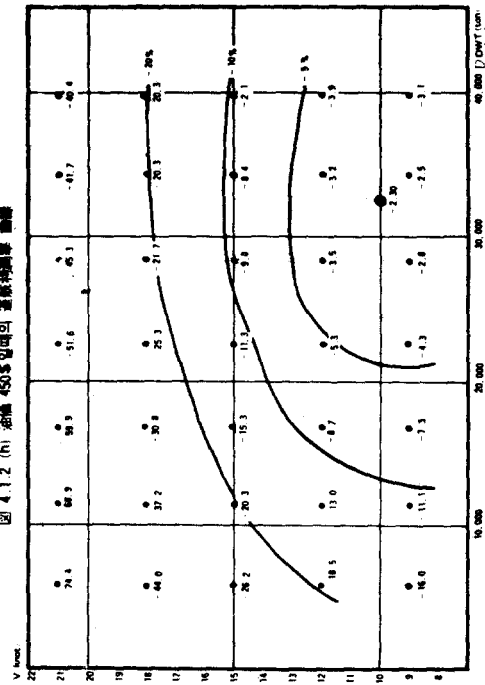


圖 4.1.2 (e) 積荷速力 1,000 ton/day 以下の 運轉利率率 曲線

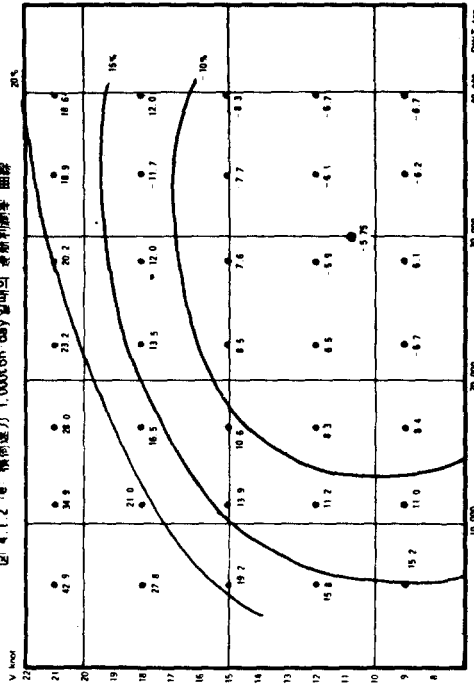
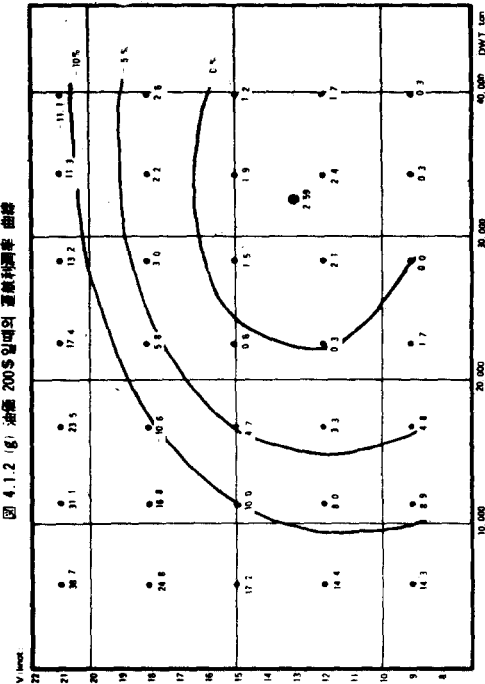
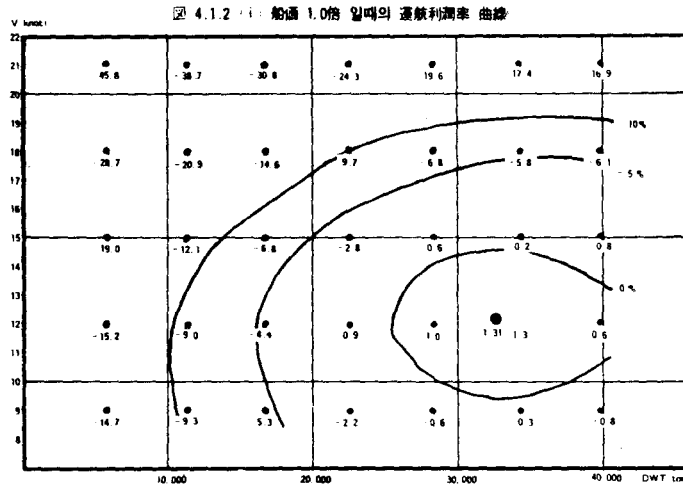


圖 4.1.2 (g) 油價 200 \$/ton 以下の 運轉利率率 曲線





4.2 運送原費函數와 運航利潤率函數의 比較

아래의 表 4.2에서 運航利潤率의 絶對值가 크면 運航利潤率 最大인 船舶과 運送原費最小인 船舶

表 4.2 運送原費最低船과 運航利潤率最大船의 比較

(Lot size : 20,000~40,000ton)

要 素	區 分	運送原費最低船			運航利潤率最大船			
		速 力 (knot)	積貨重量噸 (ton)	運送原費 (\$)	速 力 (knot)	積貨重量噸 (ton)	運送原費 (\$)	運航利潤率 (%)
運 賃 率 (FR)	17 \$	12.0	32,611	23.79	9.8	32,611	24.10	- 7.06
	19 \$	12.0	32,611	23.79	10.2	32,611	23.95	- 5.04
	23 \$	12.0	32,611	23.79	11.0	32,611	23.80	- 0.85
	25 \$	12.0	32,611	23.79	11.4	32,611	23.80	1.31
	27 \$	12.0	32,611	23.79	11.8	32,611	23.85	3.50
運 航 距 離 (D)	500 mile	11.6	24,931	8.40	14.2	24,099	8.53	47.51
	1,500 mile	11.8	29,152	11.88	14.4	28,299	12.18	27.96
	2,500 mile	12.0	30,872	15.29	13.8	30,010	15.55	16.40
	3,500 mile	12.0	31,739	18.69	13.2	30,814	18.84	8.76
	5,500 mile	12.0	32,611	25.50	12.0	32,611	25.50	- 0.50
荷 役 速 力 (LS)	1,000 (ton/day)	11.8	29,152	33.00	10.8	30,010	33.20	- 5.75
	4,000 (ton/day)	12.0	32,611	25.14	12.0	32,611	25.14	- 0.14
	7,000 (ton/day)	12.0	32,611	23.99	12.2	32,611	23.99	1.09
	13,000 (ton/day)	12.0	32,611	23.28	14.4	32,611	23.30	1.92
	16,000 (ton/day)	12.0	32,611	23.12	14.4	32,611	23.14	2.11

의 積貨重量屯은 거의 變化가 없고 速力의 差가 크다는 것을 알 수 있다. 卽, 海運界에 있어서 利益이나 損害의 量이 클수록 運航利潤率의 最適船과 運送原費率의 最適船의 速力이 크게 달라진다.

表 4·2에 例示한 運賃率, 運航距離, 荷役速力에 對한 運送原費 最低船과 運航利潤率 最大船은 運航利潤率의 絕對值가 작을수록 卽, 運航利潤率이 零에 가까울 때는 두 最適船이 서로 가까워짐을 알 수 있고 運航利潤率이 正의 符號인 경우(卽, 利益인 경우) 運航利潤率 最大船은 運送原費 最低船보다 速力이 빠르게 나타나고 陰의 符號인 경우(卽, 損害인 경우)는 運送原費 最低船보다 速力이 느리게 나타남을 알 수 있다. 이 現象은 上記 要素에서 뿐만 아니라 利率, 油價, 船舶耐用年數等에서도 같은 結果로 나타난다.

이와 같이 船舶의 速力은 海運企業의 景氣와 銳敏한 函數關係가 있음을 알 수 있다. 卽, 船舶의 速力은 油價에만 限定하는 것이 아니고 船價, 運賃率, 利率, 耐用年數, 運航距離 等の 諸要素를 包含하여 海運景氣가 好況일 경우 運送原費 最低인 船舶보다 速力이 빨라져야 하고 不況일 경우는 運送原費 最低船보다 速力이 느려져야 함을 알 수 있다.

5. 諸要素가 經濟性 評價函數에 미치는 影響

運送原費 및 運航利潤率은 船價, 資本의 利率, 油價 等の 要素에 따라 變化하는데 이들 要素가 運航利潤率에 미치는 影響을 考察하기 爲하여 本 研究은 各 要素의 基準值를 現實值(1983年)로 하여 各 基準值에 對하여 10% 變動시켰을 때의 運航利潤率의 彈力性을 求하여 比較 檢討하였다. 여기에서 運航利潤率의 그 要素에 對한 彈力性이란 諸要素의 變動에 따른 運航利潤率의 變動率이다.

이를 數式으로 表示하면 다음과 같다.

運航利潤率을 P , 各 要素를 V 라 하면 運航利潤率의 各 要素에 對한 彈力性(e_{PV})은

$$e_{PV} = \frac{\text{運航利潤率의 變動率}}{\text{各 要素의 變動率}} = \frac{\frac{\Delta P}{P}}{\frac{\Delta V}{V}} = \frac{\Delta P}{\Delta V} \cdot \frac{V}{P}$$

5.1 運航利潤率의 諸要素에 對한 彈力性

諸要素의 基準值에 對한 運航利潤率을 標準利潤率이라 하면 船積貨物의 크기(Lot size)가 20,000屯에서 40,000屯 사이에 있다고 假定한 경우 最適船에 對한 標準利潤率은 1.31%가 된다(表 5·1(a) 參照). 各 要素를 그 基準值에 對하여 10% 變動시켰을 때 運航利潤率의 標準利潤率에 對한 變動率 卽, 各 要素에 對한 運航利潤率의 彈力性을 調査하여 보았다.

表 5·1(a)에서 各 要素에 對한 運航利潤率 彈力性을 살펴보면 運賃率에 對한 運航利潤率 彈力性은 20.92, 運航距離에 對한 것은 -13.82, 荷役速力 1.07, 利率 -7.63, 油價 -4.35, 船舶耐用年數 2.82로 諸 要素에 對한 運航利潤率 彈力性의 絕對值를 比較하여 보면 船價가 가장 크고 그 다음에 運賃率, 運航距離, 利率, 油價, 耐用年數, 荷役速力 順으로 나타난다.

船積의 크기(Lot size)가 11,000屯에서 20,000屯 사이에 있을 경우와 7,000屯에서 11,000屯 사이에 있을 경우의 各 要素에 대한 運航利潤率 彈力性은 表 5·1(b), 表 5·1(c)와 같다.

表 5·1(a) Lot size 가 20,000~40,000屯 사이에 있을 때의 運航利潤率 彈力性

要素	區分	基 準 值	最大運航利潤率 (%)	10% 變 動 值	最大運航利潤率 (%)	運 航 利 潤 率 性
運 賃 率 (FR)		25 \$	1.31	27.5 \$	4.05	20.92
運 航 距 離 (D)		5,000mile	1.31	5,500mile	- 0.50	-13.82
荷 役 速 力 (LS)		8,000ton/day	1.31	8,800ton/day	1.45	1.07
利 子 率 (RIT)		12 %	1.31	13.2%	0.31	- 7.63
油 (F) 價		250 \$	1.31	275 \$	0.74	- 4.35
船 船 耐 用 年 數 (SL)		18 年	1.31	19.8年	1.68	2.82
船 (CF) 價		1.0倍	1.31	1.1倍	- 1.52	-21.60

表 5·1(b) Lot size 가 11,000屯~20,000屯 사이에 있을 때의 運航利潤率 彈力性

要素	區分	基 準 值	最大運航利潤率 (%)	10% 變 動 值	最大運航利潤率 (%)	彈 力 性
運 賃 率 (FR)		25 \$	- 5.69	27.5 \$	- 3.75	- 3.41
運 航 距 離 (D)		5,000mile	- 5.69	5,500mile	- 7.11	2.50
荷 役 速 力 (LS)		8,000ton/day	- 5.69	8,800ton/day	- 5.64	- 0.09
利 子 率 (RIT)		12 %	- 5.69	13.2%	- 6.69	1.76
油 (F) 價		250 \$	- 5.69	275 \$	- 6.15	0.81
船 船 耐 用 年 數 (SL)		18 年	- 5.69	19.8年	- 5.32	- 0.65
船 (CF) 價		1.0倍	- 5.69	1.1倍	- 7.89	3.87

表 5·1(c) Lot size 가 7,000屯~11,000屯 사이에 있을 때의 運航利潤率 彈力性

要素	區分	基 準 值	最大運航利潤率 (%)	10% 變 動 值	最大運航利潤率 (%)	彈 力 性
運 賃 率 (FR)		25 \$	-10.84	27.5 \$	- 9.52	- 1.22
運 航 距 離 (D)		5,000mile	-10.84	5,500mile	-11.84	- 0.92
荷 役 速 力 (LS)		8,000ton/day	-10.84	8,800ton/day	-10.82	- 0.02
利 子 率 (RIT)		12 %	-10.84	13.2%	-11.84	0.92
油 (F) 價		250 \$	-10.84	275 \$	-11.17	0.30
船 船 耐 用 年 數 (SL)		18 年	-10.84	19.8年	-10.47	- 0.34
船 (CF) 價		1.0倍	-10.84	1.1倍	-12.57	1.60

5.2 運航利潤率의 諸要素에 對한 彈力性的 比較

海運企業에 있어서 그 企業利潤에 가장 큰 影響을 미치는 要素가 船價와 運賃이란 것을 알 수 있다. 그러나 주어진 船價와 運賃에 있어서도 企業活動의 結果에 따라 그 外의 油價, 利子率, 碇泊期間의 短縮(荷役速力) 및 船舶의 補修(耐用年數) 등의 要素를 低廉하게 하거나 또는 效率을 向上시킴으로써 相當한 企業利潤을 向上시킬 수 있음을 數値로써 表示할 수 있다.

6. 結 論

지금까지 船積貨物의 크기가 一定한 變動幅을 갖고 均等分布의 確率로서 變한다는 前提下에 運送될 貨物의 크기의 變動區間을 7,000屯에서 11,000屯까지, 11,000屯에서 20,000屯까지, 20,000屯에서 40,000屯까지 사이에 있다고 假定했을 경우에 最適船의 積貨重量屯과 速力을 運送原費 最小化法과 運航利潤率 最大化法으로써 求하여 보았다. 그 結果 最適船의 積貨重量屯은 運送될 貨物의 크기(Lot size)의 變動範圍內에 언제나 있으며, 運送될 貨物의 크기가 10,000屯 內外의 範圍에 있을 때는 가장 經濟的인 船舶의 크기는 運送될 貨物크기의 變動幅의 上限에 가까운 점에 偏在하고, 30,000屯 內外의 範圍에 있을 때에는 運送될 貨物의 平均値의 貨物을 運送할 수 있는 船舶의 크기가 經濟的인 것으로 나타났다.

運航利潤率은 船價와 運賃率의 變動에 따라 그 變動率이 가장 높다는 것을 各 要素의 彈力性 比較에서 알 수 있었다. 그리고 그 다음으로 變動率이 높은 要素는 利子率, 油價 등의 順으로 나타났다. 海運市場에서는 貨物의 Lot size에 따라서 貨物運送契約이 成立되고 있지만, 貨物을 運送하는 船舶의 物理的인 치수가 港灣의 水深, 運河의 幅 등에 따라서 制限되므로 合理的인 크기는 Lot size의 變動現象에 追加하여 就航할 港灣과 航路事情을 함께 考憲한 船舶의 크기, 最大吃水 및 船幅 등을 決定하는 것이 가장 賢策이 될 것이다.

本 論文은 運送할 貨物의 크기에 對한 確率을 均等分布로 假定하여 研究하였는데 實際海運市場에 있어서 運送될 貨物의 크기를 調査하여 그 資料를 利用하면, 時代와 航路 및 貨物의 種類에 따르는 가장 經濟的인 船舶(크기, 速力)을 決定할 수 있어서 本 研究의 結果는 더욱 有用하게 利用될 수 있을 것으로 생각된다.

附 錄

表 1. 標本船, Dry bulker (Single screw, Diesel engine)

SHIP'S NAME	G.T.	DISP. (Δ)	D.W.T	LOAD DRAFT (H)	L × B × D	DWT / Δ	B/H	L/D	L/B	C _s	B.H.P.	SPEED	V/√L	G.T./DISP.	D/H	L/H
A	5,697	11,801	8,903	7.630	113.00×19.00×10.50	0.754	2.490	10.762	5.947	0.703	6,000	12.2	0.634	0.483	1.376	14.810
B	5,918	13,343	10,707	8.300	116.05×18.60×9.50	0.802	2.241	12.216	6.239	0.727	4,500	13.5	0.692	0.444	1.145	13.982
C	10,182	21,490	16,016	9.200	131.50×22.30×12.25	0.645	2.424	10.735	5.897	0.797	8,300	16.3	0.785	0.478	1.353	14.293
D	10,287	21,696	17,337	9.396	136.00×21.60×12.20	0.799	2.304	11.148	6.296	0.788	8,000	14.6	0.691	0.469	1.301	14.474
E	12,367	25,337	19,796	9.895	146.00×22.80×13.40	0.781	2.304	10.896	6.404	0.769	10,900	15.2	0.695	0.488	1.354	14.755
F	16,319	34,220	27,702	10.224	163.00×24.60×14.20	0.810	2.406	11.479	6.620	0.835	11,550	14.6	0.631	0.475	1.389	15.943
G	26,196	49,277	37,800	12.123	173.20×27.60×18.50	0.767	2.277	9.362	6.275	0.850	12,660	16.0	0.671	0.531	1.526	14.287
H	25,709	50,026	41,643	11.025	184.00×29.50×16.70	0.872	2.676	11.018	6.237	0.836	9,600	14.0	0.570	0.513	1.515	16.689
平均							2.390	10.952	6.239	0.788				0.485	1.370	14.904

表 2. 貨貨重量噸數—排水量比(G)

船 名	A	B	C	D	E	F	G	H
DWT/FSHIP	0.754	0.802	0.745	0.799	0.781	0.810	0.767	0.872
計 算 值	0.773	0.773	0.780	0.780	0.784	0.795	0.822	0.823

表 3. 길이—排水量比

船 名	A	B	C	D	E	F	G	H	平均
$L/\Delta^{\frac{1}{3}}$	16.28	16.05	15.52	16.00	16.31	16.47	15.50	16.38	16.06

表 4. Ayre의 TC₂ 值와 計算 TC₂ 值

V/\sqrt{L}	0.570	0.631	0.634	0.671	0.691	0.692	0.695	0.785
Ayre의 TC ₂ 值	468	457	456	440	430	430	428	386
計算 TC ₂ 值	464	451	450	438	430	430	429	390

表 5. 空船과 滿船航海에 있어서 日當 燃料消耗量

船 名	Full Displacement (K/T)	BHP	Full Load 時			Ballast 時		
			D ₁ (K/T)	V ₁ (KTS)	F ₁ (K/T)	D ₂ (K/T)	V ₂ (KTS)	F ₂ (K/T)
Korea Pacific	57,983. ¹²	12,800	57,700	10. ⁰⁵	37. ⁰	29,050	11. ³⁶	35. ³⁴
Korea Rainbow	57,983. ¹²	12,800	57,500	13. ⁰⁸	41. ⁵	26,110	13. ⁶⁶	32. ⁷
Kimhae	67,507	15,000	68,500	11. ⁵⁴	37. ⁸	35,400	13. ²⁶	40. ⁰
West Junori	126,953. ⁰⁴	21,000	126,850	13. ⁰⁹	63. ⁴	58,250	14. ⁴²	58. ²⁴

表 6. 船舶耐用年數와 償却率

耐用年數	10年	11年	12年	13年	14年	15年	16年
償却率	20.56	18.88	17.46	16.23	15.17	14.23	13.40
耐用年數	17年	18年	19年	20年	21年	22年	
償却率	12.67	12.01	11.41	10.88	10.39	9.94	

表 7. 船齡과 船價

年 數	1	2	3	4	5	6	7	8	9
年末船價	88.0	77.4	68.1	60.0	52.8	46.4	40.8	35.9	31.6
年 數	10	11	12	13	14	15	16	17	18
年末船價	27.8	24.5	21.5	19.0	16.7	14.7	12.9	11.4	10.0

表 8. 導 船 料

船 名	A	B	C	D	E	F	G	H
FSHIP(△)	11,801	13,343	21,490	21,696	25,337	34,220	49,277	50,026
H (m)	7.63	8.30	9.20	9.40	9.90	10.22	12.12	11.03
導 船 料	475.7	514.4	629.9	642.1	701.6	781.6	1039.4	974.4

曳船基本料

表 9. 曳船料

(港灣法施行令 80. 2)

馬力 \ 區分	前後進曳船費(\$/hr)	全方向迴轉曳船費	備 考
1,000.0	113	142	但, F.O 값은 別途計算한다.
1,500.0	154	193	
2,000.0	191	239	
2,500.0	217	271	
3,000.0	245	306	
3,500.0	272	340	

表 10. 船舶建造費

(81年度 甲 및 乙造船所資料)

區分 船名	DISPT	D. W. T	BHP	L × B × D	船 價 (\$)			機關室費 BHP	船體費 △
					機關室費	甲板費	合計		
1	23,941	19,009	8,220	146 × 22.8 × 12.5	6,422,000	6,578,000	13,000,000	781,265	274,759
2	30,303	25,000	10,900	158 × 26 × 14	4,000,000	12,000,000	16,000,000	901,527	325,079
3	33,488	26,572	9,000	167 × 22.9 × 14.5	8,113,743	10,886,257	19,000,000	366,972	396,000
4	58,445	46,855	11,850	215 × 32 × 15.2	8,558,140	14,441,860	23,000,000	722,206	247,102
5	72,727	60,000	15,200	224 × 32.2 × 18	5,535,835	18,344,165	23,344,165	364,200	252,233
6	135,152	111,500	21,600	264.5 × 40.8 × 22.8	9,361,285	23,638,715	33,000,000	603,604	172,890
7	149,697	123,000	16,700	264.1 × 40.8 × 22.8	9,744,343	26,219,656	35,964,000	433,393	174,905
8	167,273	138,000	16,700	266.7 × 43 × 23.8	10,080,186	28,919,814	39,000,000	583,494	175,152

表 11. 船 員 費

(隻當: 27名: 1980年度) 單位: \$

區分	船員數	給 與	手 當	償 與 金	年 假 費	待 命 費	退 職 積 立 金	主 副 食 費	合 計
船・機長	2	25,028	14,259	6,257	2,528	219	3,128	3,285	54,704
1航・機通	3	23,863	14,924	5,966	2,544	209	2,983	4,927	55,416
2航・機	2	9,737	3,349	2,435	849	85	1,217	3,285	20,957
3航・機	2	8,743	1,731	2,186	672	77	1,093	3,285	17,787
職 長	3	17,177	3,914	4,294	1,360	150	2,147	4,928	33,970
手 直 A	3	13,217	3,500	3,304	1,017	116	1,651	4,928	27,288
手 直 B	4	16,937	2,359	4,234	1,230	148	2,117	6,570	35,509
員 直 A	4	15,429	2,211	3,857	1,125	135	1,929	6,570	31,256
員 直 B	4	14,880	2,083	3,720	1,085	130	1,850	6,570	30,328
計	27	145,011	48,330	36,253	12,464	1,269	18,126	44,348	305,801

表 12. 港 費

(1980年度 實船) 單位: \$

區分 船名	G. T	△	DWT	Load Draft (H)	專 船 料	接岸碇泊料	貨物入出港料	曳 船 料	其 他	合 計
A	10,287	21,490	16,016	9,200	174.9	2,176.0	8,059.0	1,067.0	3,000	14,477.0
B	10,181	21,696	17,337	9,376	179.3	2,217.0	8,136.0	1,085.0	3,000	14,617.0
C	12,367	25,337	19,796	9,895	215.3	3,023.0	9,501.0	1,267.0	3,000	17,006.0
D	16,319	34,220	27,702	10,224	288.2	5,515.0	12,833.0	1,711.0	3,000	23,347.0
E	26,196	49,077	37,800	12,123	433.3	11,437.0	18,479.0	2,464.0	3,000	35,813.0
F	25,709	50,026	41,643	11,025	421.4	11,387.0	18,760.0	2,501.0	3,000	36,469.0
G	30,745	63,016	51,672	12,425	542.7	18,703.0	23,631.0	3,151.0	3,000	49,028.0
H	33,442	69,141	57,911	12,086	584.0	22,516.0	25,928.0	3,458.0	3,000	55,486.0
I	35,020	72,103	59,859	12,398	611.5	24,486.0	27,039.0	3,606.0	3,000	58,743.0
J	39,938	84,395	71,695	13,079	716.0	33,547.0	31,648.0	4,202.0	3,000	73,131.0
K	44,018	90,878	76,324	12,873	762.1	38,899.0	34,079.0	4,544.0	3,000	81,284.0
L	46,434	97,894	82,617	14,093	835.1	45,137.0	36,710.0	4,895.0	3,000	90,577.0
M	53,694	127,638	112,021	15,869	1,090.0	76,733.0	47,864.0	6,382.0	3,000	135,069.0
N	63,218	131,545	110,906	15,629	1,115.9	81,502.0	49,329.0	6,578.0	3,000	145,525.0
O	62,250	133,851	115,535	16,742	1,151.3	84,385.0	50,194.0	6,693.0	3,000	145,423.0
P	68,010	135,893	115,721	16,031	1,155.5	86,979.0	50,959.0	6,795.0	3,000	148,889.0
Q	65,798	140,220	119,514	16,921	1,202.7	92,606.0	52,583.0	7,012.0	3,000	156,404.0
R	60,934	149,890	128,370	17,529	1,286.0	105,800.0	56,209.0	7,495.0	3,000	173,790.0

表 13. 船體修理費

船名	가	나	다	라	마	바
船齡	5	6	6	9	11	12
D W T	31,775	31,972	31,972	25,633	38,913	37,236
船體修理費	9,261	13,613	12,849	24,886	23,246	34,834
計算修理費	9,722.7	14,036.1	14,036.1	22,616.0	27,440	29,402.5
船名	사	아	자	차	카	
船齡	13	13	14	18	19	
D W T	52,196	15,532	17,187	48,927	25,358	
船體修理費	43,443	37,668	33,416	36,258	26,796	
計算修理費	31,681.7	30,681.7	32,170.1	39,936.3	40,441.6	

表 14. 機關修理費

船名	가	나	다	라	마	바
船今	5	6	8	9	10	11
B H P	7,200	8,690	6,710	5,530	7,200	8,110
機關修理費	21,608	29,980	18,490	58,069	99,406	54,243
計算修理費	17,820.8	29,041.1	45,700	52,427.6	60,622.6	67,986.6
船名	사	아	자	차	카	
船今	12	13	13	14	18	
B H P	7,980	8,190	4,170	3,640	7,920	
機關修理費	81,279	101,368	87,891	77,971	98,686	
計算修理費	74,387	80,786.1	76,628.9	81,476.8	108,970.7	

年間 船舶 消耗 品 費

表 15. 船舶消耗品費

(79~80年度)

船名 區分	L×B×D (m)	BHP	$\left(\frac{CN}{1,000.0}\right)^{\frac{2}{3}}$	$\left(\frac{BHP}{1,000.0}\right)^{\frac{2}{3}}$	(A) 合計	(B) 消耗品費 (\$)	係數 (B/A)
A	169.69×23.35×14.20	11,200.0	7,264.0	5,000.0	12,264.0	116,623.0	9,509.0
B	169.09×23.35×14.20	11,200.0	7,264.0	5,000.0	12,264.0	109,116.0	8,901.0
C	172.04×25.40×15.50	10,600.0	8,297.0	1,368.0	9,665.0	120,489.0	12,466.0
D	147.39×22.80×12.50	8,400.0	6,034.0	4,132.0	10,116.0	123,167.0	12,114.0
E	194.22×27.05×15.04	13,300.0	9,195.0	5,614.0	14,809.0	188,819.0	12,750.0
						平均	12,000.0

參 考 文 獻

1. H. Benford, "On the rational selection of ship's size", SNAME. Trans, Vol.75, 1967.
2. H. Benford, "Ocean Ore Carrier Economics and Preliminary Design", SNAME, 1958.
3. A.L. Ayre, "Approximating EHP Revision of Data given in papers of 1927 and 1948", NECIES Trans. Vol.64.
4. J. Bes, "Chartering and Shipping Terms", _____, 1977.
5. J.P. Comstock "Principle of Naval Architecture (Revised)" SNAME, 1967, pp.361.
6. Amelio M. D'Arcangelo, "Ship Design and construction", SNAME, 1975.
7. Munro-Smith, Note and Examples in Naval Architecture, Edward Arnold Ltd, 1935.
8. 谷初藏, "操船用 引船の 使用に 關する 問題に ついて", 日本船主協會, 1972.
9. 中村明子, 伊藤文子, FORTRAN 數值計算と プログラミング, 共立出版株式會社, 1976.
10. 李濤基, 經濟學總論, 日新社, 1980, pp. 84~103.
11. 閔星奎, 海運經濟學, 韓國海洋大學 海事圖書出版部, 1973.
12. 尹常松, 海運論, 韓國海事問題研究所 出版部, 1975.
13. 孫聖彬, 梁時權, "一般散積貨物船의 經濟性 評價에 關한 研究", 韓國航海學會誌, 1982年 4月.
14. 梁時權, "商船의 最適速力 및 積貨重量噸의 決定에 關한 研究", 韓國航海學會誌, 1982年 月.