參 考 文 獻

1. 廣田實, 船舶制御 システム工學, PP.199 ~ 201, PP.215 ~ 241, 成山堂書店, 1982.

2. 古田勝久, 基礎 システム理論, PP.114 ~ 127, コロナ社, 1978.

3. 河注植, 自動制御工學, 海事圖書出版部, 1976.

4. Ogata, State space analysis of control systems, Prentice-Hall, Inc, 1967.

5. M.Athons and P.L Falb ; Optimal control, Mcgraw-Hill, 1983.

6. L.S.Pontryagin, et al ; The mathematical theory of optimal process, Interscience publishers, Inc, 1962.

7. Richard C. Dorf, mordern contral system, third edition, Addison-wesley publishing company, 1980.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

最適船用機關의 選定 및 그의 經濟性 評價方法에 關한 硏究

曺 基 烈

A Study on the Selection of Optimal Marine Engine and its Techno-economical Evaluation Method

Ki-yeol Cho

目 次

Abstract
記號說明
1. 序 論
2. 機器選定을 위한 經濟性 分析의 手法
2. 1 經濟性分析의 理論
2. 2 經濟性分析의 資料
3. 主機選定의 資料
3. 1 候補主機의 選定
3. 2 候補主機의 順位決定을 위한 經濟性 分析
4. 發電시스템 選定의 槪要
4. 1 廢熱에 의한 發生可能蒸汽量과 電氣量
4. 2 最適主機 및 發電시스템의 選定
5. 最適主機의 選定 및 經濟性評價의 適用實例
5. 1 適用모델船의 槪要와 候補主機選定
5. 2 發電시스템의 選定과 綜合評價
6. 結 論
參考文獻

dCollection

Abstract

The cost percentage of engine part in the total building cost of a ship is about 30~40% and the main engine occupies about 50% of the engine part cost. For certain ships the fuel bill can be as high as about 60~70% of the total operating cost after two oil shocks and its amount for one year is nearly equivalent to her main engine price. This fact has further increased the pressure on the engine builders to develop engines of higher efficiency and better possibilities to burn further deteriorated fuel qualities. But the energy-saving plants are ordinarily more expensive and their available amount of exhaust gas energy is less and therefore, they are not always profitable and optimum systems.

This paper is prepared to decide the most economical and efficient engine systems by presenting reasonable selecting and economical evaluation methods of the main engine, which is the largest single unit and the most expensive, and its auxiliaries.

In order to demonstrate the application of investigated methods in a practical case, a 46,000 DWT class bulk carrier is selected as a model ship and her main engine and its auxiliaries are selected and evaluated.

The result shows that the optimum determined has one year three months POP, 0.903 IRR at a year, 4,116,000 dollars PW in 15 years (for 5% escalation rate of fuel cost) and 9.522 BCR for same condition, when the engine plant of a same existing ship is taken as the basis.

記 號 說 明

i : 利子率

DHP : 傳達馬力

N : 回收期間

Abstract

The cost percentage of engine part in the total building cost of a ship is about 30~40% and the main engine occupies about 50% of the engine part cost. For certain ships the fuel bill can be as high as about 60~70% of the total operating cost after two oil shocks and its amount for one year is nearly equivalent to her main engine price. This fact has further increased the pressure on the engine builders to develop engines of higher efficiency and better possibilities to burn further deteriorated fuel qualities. But the energy-saving plants are ordinarily more expensive and their available amount of exhaust gas energy is less and therefore, they are not always profitable and optimum systems.

This paper is prepared to decide the most economical and efficient engine systems by presenting reasonable selecting and economical evaluation methods of the main engine, which is the largest single unit and the most expensive, and its auxiliaries.

In order to demonstrate the application of investigated methods in a practical case, a 46,000 DWT class bulk carrier is selected as a model ship and her main engine and its auxiliaries are selected and evaluated.

The result shows that the optimum determined has one year three months POP, 0.903 IRR at a year, 4,116,000 dollars PW in 15 years (for 5% escalation rate of fuel cost) and 9.522 BCR for same condition, when the engine plant of a same existing ship is taken as the basis.

記 號 說 明

i	: 利子率	DHP	: 傳達馬力
N	: 回收期間	η_S	: 傳達效率
CRF	: 資本回收係數	η_D	: 推進效率
NPW	: 正味現在價値	η_H	: 船體效率
$UPWF$	: 均等現在價係數	η_0	: 推進器效率
R_n	: 各年의 收益	w	: 伴流係數
E_n	: 各年의 損失	t	: 推進減少係數
P	: 投資額	ΔF	: 燃料의 節約率
EHP	: 有效馬力	S	: 燃料價格의 年間上昇率

dCollection

1. 序 論

船舶에 있어서 機關部가 占有하는 價格比率은 大略 30~40%이고 그 중에서 主機關이 차지하는 比率은 50%정도가 되며 燃料費는 油類波動以後 船舶의 總運航費의 60~70%로서 年間 大體로 自己自身의 價格과 맞먹는 燃料를 消費하고 있다. 따라서 에너지節約型 船舶의 確保는 각 海運會社의 死活이 걸린 重要課題로 登場하게 되었으며 각 造船所는 이러한 船舶의 需要에 對處하기 위하여 獨自的인 에너지節約型 船舶의 開發과 이것을 뒷받침하는 最適燃料節約型機關의 選擇方法 模索에 注力하고 있다.

그러나 燃料消費率이 낮은 機關일 수록 大體로 高價이고 排氣에너지量도 줄어들기 때문에 廢熱利用이 不利해져서 熱效率이 좋은 機關이 반드시 投資效果가 높으며 最適機關이라고 斷定할수 없다.

本 硏究의 目的은 船舶設計에 있어 가장 큰 單體이고 高價인 主機와 이에 따르는 各種 補機의 合理的인 選定方法과 이를 뒷받침하는 經濟性 評價方法을 提示하여 經濟性이 가장 높고 效率이 좋은 機關시스템을 決定하는데 있다.

硏究의 方法은 먼저 一般工業 投資分析技法을 檢討한 다음 이 技法을 船舶의 主補機에 適用하는 方法을 究明하고 그 結果의 妥當性을 確認하기 위하여 46,000屯級 撒物貨物船을 모델船으로 採擇하여 具體的인 適用過程과 分析結果를 吟味하였다.

dCollection

2. 機器選定을 위한 經濟性 分析의 手法

船舶의 經濟性 分析에 관하여서는 이미 相當히 많은 研究實績[1~4]이 報告되고 있으나 船用機關의 經濟性 分析을 위한 手法은 實質的으로 73年의 第一次 原油波動以後에 出現하고 있으며 그것도 大部分이 機關室內 補機, 특히 廢熱回收裝置에 대한 것이었다.[5),12)] 舶用主機에 관한 것은 最近에 이르러 發表된 Gallin[6),7)]에 의한 것이 唯一한 例이며 이 研究에는 補機시스템이 包含되지 않고 있다.

本 研究는 現在 一般工業 投資分析技法[8),11)]의 土臺를 이루고 있는 POP, *IRR*, *PW* 및 *BCR*法等을 舶用主補機시스템에 適用하는 問題를 다루고저 한다.

課題分析의 便宜와 正確性을 期하기 위하여 이들의 電算프로그램을 開發하고 開發된 電算프로그램을 利用하여 機器選定을 위한 經濟性分析을 遂行한다.

2·1. 經濟性分析의 理論[8),11)]

(1) *POP*(Pay-out period)法

*POP*라는 것은 投資額 (*P*)이 利潤 (여기서는 주로 燃料節約)(*R*)에 의하여 回收되는 期間을 말한다. 이 경우에 投資資本의 利子率도 당연히 考慮된다. *POP*는 다음式을 利用하여 計算할 수 있다.

$$\frac{R}{P}=(CRF)^{i}{}_{N}=\frac{i(1+i)^{N}}{(1+i)^{N-1}} \qquad (1)$$

여기서 i는 利子率, N는 回收期間으로서 *POP*이며 *CRF* (Capital recovery factor)는 資本回收係數로서 N을 未知數로 하고 (1)式을 풀므로 써 *POP*를 計算할 수 있다.

*POP*가 적을 수록 有利한 投資임은 말할 必要가 없으나 利子率 i가 隨時로 변하는 경우랄지, 여러가지 投資方法이 있을 경우 어느 것이 가장 効果的인 投資가 될 것인지 알 수 없는 缺點이 있다. 그러나 現在까지 가장 흔히 利用하고 있는 投資의 經濟性分析方法이다.

(2) *IRR*(Internal rate of return)法

*IRR*은 다음 式으로부터 計算된다.

$$NPW=(UPWF)^{i}{}_{N}\times R-P \qquad (2)$$

여기서 *NPW*(Net present worth)는 正味現在價値이고 *UPWF*(Uniform present worth factor)는 均等現在價係數로서 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$(UPWF)^{i}{}_{N}=\frac{1}{(CRF)^{i}{}_{N}} \qquad (3)$$

따라서

$$0=(UPWF)^{i}{}_{N}\times R-P \qquad (4)$$

(4)式을 滿足하는 i가 *IRR*이다.

dCollection

$$\frac{P}{R}=(UPWF)_N^{IRR} \tag{5}$$

$$\frac{R}{P}=(CRF)_N^{IRR} \tag{6}$$

여기서

$$(CRF)_N^{IRR}=\frac{IRR(1+IRR)^N}{(1+IRR)^{N-1}} \tag{7}$$

(6)式에서 N의 값이 주어지면 IRR이 計算된다. IRR은 確保된 資金을 어떤 對象에 投資할 경우 銀行에 預置하여 銀行利子로 增殖하는 것보다 有利할 것인가의 決定與否, 또는 銀行에서 貸付를 받아 投資할 경우의 妥當性 與否를 決定할 때 利用할 수 있는 方法이다. 即, IRR이 金利와 比較할 때 어느 程度 더 큰 값을 갖느냐에 따라 投資를 決定하게될 것이다. 當然히 IRR이 銀行金利 보다는 커야할 것이며 그 差가 클 수록 有利한 投資가 될 것이다.

(3) PW(Present worth)法

PW(Present worth)는 모든 利潤의 現在價値로 부터 初期投資와 모든 經費의 現在價値를 差引한 값을 말하며 앞서 言及한 NPW와 같은 값이 된다. 一般的으로 PW가 正이면 投資價値가 있다는 것을 뜻하고 그 값이 클 수록 有利하다.

$$PW=\sum_{n=1}^{N}\frac{R_n}{(1+i)^n}-\sum_{n=1}^{N}\frac{E_n}{(1+i)^n}-P \tag{8}$$

여기서 R_n은 各年의 收益, E_n은 各年의 損失이다. R_n이 一定한 경우, 가령 機關에서 燃料의 節約率(ΔF)이 一定하고 燃料價格의 年間變動率이 S라 하며 年間損失 E_n이 零이라하면 (8)式은 다음과 같다.

$$PW=\Delta F\times\sum_{n=1}^{N}\frac{(1+S)^n}{(1+i)^n}-P \tag{9}$$

PW가 클 수록 有利한 投資이기는 하나 一般的으로 初期投資가 크면 PW도 크게 되므로 投資의 效率性을 判斷할 수 없는 缺點이 있다.

(4) BCR(Benefit cost ratio) 法

BCR은 最適經費比를 찾아내는 方法으로서 一般的으로 PW法의 缺點을 補完할 수 있다. BCR이 1보다 크면 投資對象은 經濟的으로 有利하다고 볼 수 있으며 그 값이 클 수록 有利하다.

$$BCR=\frac{\sum_{n=1}^{N}\frac{R_n}{(1+i)^n}}{\sum_{n=1}^{N}\frac{E_n}{(1+i)^n}+P} \tag{10}$$

R_n이 一定할 경우, 가령 機關에서 燃料의 節約率(ΔF)이 一定하고 燃料價格의 年間上昇率이 S, 年間損失이 零이라 하면 (10)式은 다음과 같다.

dCollection

$$BCR=\frac{\Delta F\times\sum_{n=1}^{N}\left\{\frac{(1+S)^n}{(1+i)^n}\right\}}{P} \qquad (11)$$

一般的으로 初期投資額에 制約이 없으면 PW法이 適合하며 制約이 있으면 BCR法이 適合하다.

2·2. 經濟性分析의 資料

(1) 利子率(i)

船舶은 國際性을 갖는 施設이기 때문에 利子率은 國際金融市場의 利子率을 無視할 수 없다. 現在 國際金融秩序의 混亂으로 그 값을 斷定하기 어려운 狀況이기는 하나 大體로 10%內外의 金利體系가 維持될 것으로 보인다. 앞으로의 長期金利에 대하여서는 豫測할 方法이 없으나 過去의 實績을 參考로 하여 本 硏究에서는 5~15%의 利子率에 대하여 計算을 행하고 그 중에서 10%의 金利에 대한 計算結果를 吟味하였다.

(2) 評價年數(N)

船用主機關의 경우 그의 耐久年數는 一般的으로 船舶의 耐用年數와 같이 15~20年으로 상정할 수 있으나 日本의 경우에는 13年을 提示하고 있다.

一般 補機의 경우 主機의 耐久年數와 同一하다고 볼 수 있으나 既存施設보다 高價의 施設로 代替할 경우 그 差額을 回收하는 年限은 船主들의 心理狀態로 보아 3~5年으로 보고 이 期間內에 回收할 수 있는 것이 바람직하다.

本 硏究에서는 主機에 대하여 0~15年을 計算하고 그 중 15年의 結果를 取하였다.

(3) 投資額(P)

投資額은 船用機器의 경우 主機와 關聯機資材및 補機의 購買, 設置價格이다. 이들의 價格은 各製作會社나 代理店의 販賣戰略에 따라 同一製品이라도 千差萬別하므로 正確한 價格을 入手하는 것은 거의 不可能한 實情이다. 따라서 本 硏究에서는 國內의 各船社를 통하여 그들이 新造船建造時에 機關製作者, 代理店, 오퍼商, 造船所 等으로부터 提示받은 價格을 入手하여 이들을 算術平均하였으며 특히 主機는 現在 가장 널리 搭載되고 있는 機種만을 考慮하였다. 또한 主機가 6氣筒未滿일 경우 밸런서를 붙이는 것으로 하며 振動댐퍼는 別途로 考慮하지 않았다.

本 硏究에서 適用한 價格에서 主機와 關聯機資材 및 補機에 관한 것중 重要한 것의 推定價格 一部를 보이면 Table 1과 같다.

Table 1. Prices of main engine, its appendages and auxiliaries

Items	Unit	Price	Remarks
Main engine	$/PS	155.00～180.00	Large, slow-speed 2 stroke cycle diesel
Engine balancer	$/Unit	185,000.00～145,000.00	For large, slow-speed 2 stroke cycle diesel
Shafting	$/Kg	3.00	Forged steel
Propeller	$/Kg	6.00	Ni. Al. Br
Diesel generator	$/Kw	230.00	
Turbo-generator	$/Kw	310.00	
Shaft-generator	$/Kw	480.00	
Shaft-generator-motor	$/Kw	550.00	
Economizer	$/Unit	220,000.00	3.5 T/H capacity, single
Economizer	$/Unit	300,000.00	〃 , dual

(4) 各年의 收益(R_n)과 各年의 損失(E_n)

各年의 收益에 相當하는 것은 燃料油와 潤滑油의 節約된 量으로서 金額으로 換算된 값이다.

燃料油價格은 最近에 이르러 下落勢에 있으며 一時的인 安定狀態를 維持하고 있으나 現時點에서 Bunker C 價格을 200$/ton(170$～230$/ton)으로 잡고 機器의 經濟性分析을 行하였다. 한편 油價의 上昇率에 대하여서는 많은 憶測이 亂舞하고 있기 때문에 推定이 困難한 形便이다. 그러나 專門家들의 見解는 大體로 油價下落이 一時的인 現象이며 數3年內에 또다시 昂騰함으로써 第3의 原油波動이 있을 것으로 豫想하고 있다. 따라서 本 硏究에서는 油價上昇率을 0～15%까지 計算하고 實際評價에 있어서는 0%와 5%의 두가지 경우에 대하여서만 吟味하였다.

또한 各年의 損失에 該當하는 事項에는 消耗品費用, 乘組員費, 保修整備人件費 等 여러가지가 있다. 現在 우리나라 海運會社가 發表한 資料는 全無하며 實質的으로 低速機關間에는 別差異가 생기지 않기 때문에 考慮對象에서 除外하였으나 妥當한 값이 提示될 경우 이를 考慮하는 것은 容易한 일이다.

以上의 것 외에도 機器의 種類에 따라 騷音, 振動, 始動性, 操縱性, 事故發生率, 運轉保守의 難易度等 直接 金錢으로 換算하기 어려운 項目은 別途의 評價方法이 必要하며 本 硏究에서는 다루지 않았다.

dCollection

3. 主機選定의 槪要

3·1. 候補主機의 選定[9),10)]

主機馬力과 그에 따른 機種選擇에 있어서는 同一 有効馬力(*EHP*, Effective horse power)에 基礎를 두어 比較檢討한다. 이 出力은 프로펠러 다음에 發生하는 馬力이며 프로펠러에 傳達된 馬力은 傳達馬力(*DHP*, Delivered horse power)이고 그 사이에 推進係數(Quasi propulsive efficiency) η_D가 介在하게 된다. 이들은 모두 船外에서 發生하는 것이며 船內에서는 傳達馬力과 制動馬力間에 傳達効率 (Transmission efficiency) η_S가 介在한다.

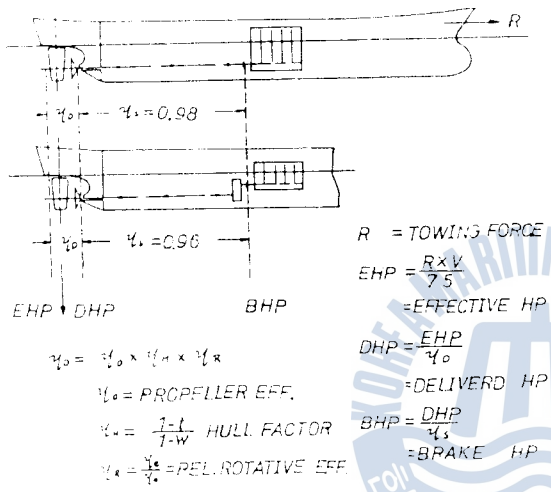

Fig. 1. Definition for HP and efficiency

이들의 關係를 그림으로 表示한 것이 Fig. 1이다.

(1) 推進係數 (η_D)의 推定

그림으로부터 알 수 있는 바와같이 η_D는 프로펠러 單獨効率 η_o, 船體効率 η_H, 프로펠러効率比 η_R를 알면 計算할 수 있고 有効馬力을 利用하여 傳達馬力을, η_S에 의하여 制動馬力이 求하여짐으로써 機關出力을 決定할 수 있다.

推進係數η_D는 Emerson의 略算式等이 發表되고 있으나 $\eta_D=\eta_H\cdot\eta_o\cdot\eta_R$의 關係式에 의하여 計算되며 船體効率$\eta_H$는 $\eta=(1-t)/(1-w)$의 關係式에 의한다. 伴流係數 w는 水槽에서의 模型實驗에 의하여 구하여지나 Taylor, van Lammerne, Schönherr等의 實驗式이나 經驗式을 利用할 수 있다. 다한가지로 推力減少係數 t에 대하여 시도 van Lammeren, Yamagata의 式等이 있다.

推進器効率 η_o는 推進器設計圖表로부터 구하고 推進器効率比 η_R은 一軸船의 경우 1.04內外, 二軸船에서는 0.98內外를 取한다.

η_D가 求하여지면 (有効馬力)/η_D의 關係式으로 부터 傳達馬力을 計算한다.

傳達馬力을 傳達効率 η_S(船尾直結機關 98%, 中央直結機關 96%, 減速齒車가 있으면 다시 1~2%減한다)로 나누면 軸馬力(SHP≒BHP)이 求해지고 이것이 試運轉馬力(Trial horse power)이다. 여기에 Sea margin 15%를 加算하면 NSR(Normal service rating)이 된다. 또한 計算上의 MCR(Specified maximum continuous rating)은 여기에 다시 15%를 加算한 馬力이다.

船體의 基本設計로 부터 提示된 資料를 利用하여 얻어진 有効馬力을 基準으로 하여 프로펠러의 여러 回轉數에 대한 上記計算을 反復하여 圖表를 作成한다.

dCollection

(2) 主機의 選擇

減速齒車없이 機關과 推進器를 直結하는 경우에는 앞서 計算한 MCR을 參照하여 機關製作者가 提示하는 資料에 의하여 回轉數와 出力이 充足될만한 候補主機를 골라내고 이들 機關에 대하여 機關製作者가 提示하는 Lay-out diagram과 프로펠러法則에 의하여 Specified MCR과 NSR에서의 回轉數, 燃料消費率等을 決定한다.

減速齒車를 利用할 경우에는 커플링의 傳達可能토오크, 프로펠러날개끝과 船尾部部材와의 相互關係等을 考慮하여 最適프로펠러 回轉數를 決定한다. 減速齒車의 傳達效率을 考慮하여 直結時와 같은 方法으로 機關의 所要馬力, 回轉數, 燃料消費率 等을 決定하고 機關의 回轉數에 따른 減速比도 決定한다.

主機의 出力, 回轉數가 定하여지면 船級協會規則에 따라 中間軸, 프로펠러軸의 지름이 決定되고 過去의 實績에 의하여 各軸의 길이도 決定할 수 있다. 프로펠러는 프로펠러設計圖表로 부터 直徑, 핏치, 날개數等이 決定되며 이들 資料를 利用하여 經驗式으로부터 重量과 慣性質量모멘트까지 相當히 正確하게 計算된다.

또한, 以上의 資料가 갖추어지면 軸系비틀림 振動計算도 可能하나 對象機關이 너무많기 때문에 이 計算은 候補主機數를 相當히 좁힌 다음 施行하는 것이 좋을 것이다.

3·2. 候補主機의 順位決定을 위한 經濟性分析

(1) 候補主機의 經濟性分析을 위한 資料計算

候補主機로 選擇된 機關에 대하여 馬力當價格으로 機關價格을 決定하고 餘他關聯機器도 Table 1에 提示된 資料에 의하여 價格을 算定한다.

燃料油價格은 C重油로서 粘度가 大略 180cSt~320cSt 정도의 것으로 船舶이 就航할 豫定인 地域에 따라 屯當價格을 決定한다. 大體로 우리나라를 包含하여 日本, 오스트러리어等은 油價가 비싼 地域이며 中東地方과 美國東海岸과 西海岸地域은 油價가 싼 곳이다. 또한 機關製作者가 提示하는 燃料消費率은 發熱量이 10,200kcal/kg의 燃料를 基礎로하고 있으므로 實際의 運轉狀態에 맞추기 위하여서는 C重油의 發熱量인 9,700kcal/kg로 換算할 必要가 있다. 即, 燃料消費率을 10,200/9,700 =1.05155의 係數로 修正할 必要가 있다.

年間 航海日數는 定期船, 不定期船 및 船種에 따라 適切하게 計算하되 可能하면 實績을 調査하여 이를 參考로 한다.

(2) 候補主機의 順位決定

投資價格이 가장 싼 機關이나 燃料消費率이 가장 많은 機關을 基準으로 定한 다음 다른 機關과의 價格差를 投資額으로 取하고 年間燃料費差를 利潤으로 하여 POP, IRR, PW, BCR 等을 電算프로그램에 의하여 計算한다.

計算結果는 經濟性評價方法에 따라 그 有利性順位가 달라질 것이므로 特定條件, 例를 들면 投資可能額에 限度를 設定할 경우와 같을 때는 특히 BCR法의 結果를 重要視할 必要가 있으나 一般的

dCollection

인 經濟性評價에 있어서는 앞서 例示한 네가지 方法의 結果 모두를 考慮할 必要가 있다. 한가지 方便으로서 各 方法의 順位를 定한 다음 이들을 合計하여 合計値가 가장 적은 것을 가장 有利한 機種으로 決定하는 方法이다. 本 硏究에서는 이와같은 方法으로 가장 經濟性이 좋은 機種을 決定하고자 한다.

dCollection

4. 發電시스템選定의 概要

4·1. 廢熱에 의한 發生可能蒸汽量과 電氣量

(1) 廢熱에 의한 發生可能 蒸汽量

主機出口에서의 排氣개스量 및 過給機出口의 排氣개스溫度는 機關의 種類, 大氣狀態 및 海水溫度에 따라 다르며 根本的으로는 MCR에 대한 NSR의 比와 回轉數比에 依存한다. 그리고 MCR에서의 排氣개스量 및 溫度가 주어질 경우 여러가지 狀態下에서 NSR에 대한 排氣개스量 및 溫度를 計算할 수 있다.

主機의 排氣개스에 의하여 發生한 蒸汽로부터의 發電可能量은 掃氣用 冷却器로부터도 廢熱을 回收하여 이를 積極的으로 燃料油貯藏탱크의 加熱에 利用하거나 雜用加熱器等에 利用함으로써 實際發電에 利用할 蒸汽量을 보다 많이 確保하여 發電量을 增加시킬 수 있다. 이 경우에 掃氣冷却器로부터의 冷却流體는 110°C정도의 溫度이기 때문에 燃料油貯藏탱크內 加熱코일의 傳熱面積과 流動損失이 增加하는 問題點이 있다.

(2) 廢熱에 의한 發生可能電氣量

前述한 바와같이 掃氣冷却器에서 回收된 熱量을 燃料油貯藏탱크加熱과 雜用加熱器에 使用할 수 있다. 또한 掃氣冷却器를 3段으로하여 中間部分을 排氣개스보일러 給水加熱器로 利用하기도 한다.

排氣개스보일러를 Dual system으로 하면 低溫과 高溫(過熱)의 蒸汽를 얻을 수 있고 蒸汽發生量도 많아진다. 廢熱의 回收程度는 排氣개스보일러 出口개스溫度로 決定되는데 黃酸에 의한 腐蝕等을 考慮하여 160°C程度가 限度로 되고 있다. 一部에서는 140°C까지 낮춘 경우도 있다.

4·2. 最適主機 및 發電시스템의 選定

앞서 決定된 候補主機中 上位 3~4機種에 대하여 發電시스템까지 添加하여 다시 한번 經濟性分析을 行한다.

(1) 所要電氣量을 供給하기 위한 發電시스템

디이젤機關을 主機로 갖는 경우 碇泊中이나 荷役中에는 디이젤原動機 驅動 發電機에 의하여 所要電氣를 供給하며 航海中의 電氣供給方法으로서는 다음과 같은 시스템을 생각할 수 있다.

1) 디이젤發電機(DG: Diesel-generator)

排氣개스보일러에서 發生하는 蒸汽는 탱크加熱과 船內雜用目的으로 利用하고 航海中에 必要한 電氣는 디이젤發電機에 의하여 供給하는 方法으로서 지금까지 가장 흔히 採擇하고 있는 方法이다. 排氣개스보일러는 Single system으로서 充分하다.

dCollection

2) 터어보發電機(TG: Turbo-generator)

排氣재스보일러에서 나오는 蒸汽로 터어빈發電機를 驅動하여 航海中의 所要電力을 供給하는 方法으로서 通常 主機出力 12,000ps以上이면 可能하였으나 船內 各種補機를 合理化시킴으로써 9,000 ps 까지 터어보發電機 單獨으로 所要電氣를 供給하는 船舶도 出現하게 되었다.

船內 補機의 合理化方法으로서는 變速모터에 의한 펌프나 팬의 驅動, 各種 補機의 主機驅動, 吸收式冷凍機의 採擇, 排氣재스보일러의 Dual system에 의한 發生蒸汽量의 增加等을 생각할 수 있다.

3) 터어보發電機(TG)와 디이젤發電機(DG)의 並列運轉

排氣재스보일러의 蒸汽에 의한 터어보發電機出力이 航海中의 所要電氣量에 未達한 경우 不足分을 디이젤發電機로 補充하는 方法이다.

4) 터어보發電機(TG)와 軸發電機(SG: Shaft generator)의 並列運轉

터어보發電機의 發電可能量이 所要電氣量에 未達한 경우 不足分을 主機驅動發電機(軸發電機라 함)로 供給하는 方法으로서 設置位置, 發生電壓과 周波數調整方法에 따라 여러가지 方案이 있다. 軸發電機의 경우에는 軸發電量만큼 主機出力이 增加하므로 設置費外에 여기에 따른 燃料消費量의 增加를 考慮하여야 한다.

5) 터어보發電機(TG)와 補助보일러의 運轉

터어보發電機의 出力이 不足할 경우 別途로 補助보일러를 稼動하여 蒸汽量을 增加시켜 所要電氣量을 充足시키는 方法이다.

6) 터어보發電機(TG)와 軸發電·電動機(SGM: Shaft-generator-motor)의 並列運轉

터어보發電機의 出力이 所要電氣量보다 남을 경우 餘分의 電力으로 軸發電機를 電動機로서 驅動하여 主機出力을 補强(主機의 燃料消費量은 그 만큼 節約)하고 터어보發電機의 發電量이 不足한 경우에는 軸發電機로서 作動하도록하는 시스템으로서 가장 合理的인 方案이기는 하나 設置費가 高價이다.

以上의 結果를 圖表로 보인 것이 Fig. 2 이다.

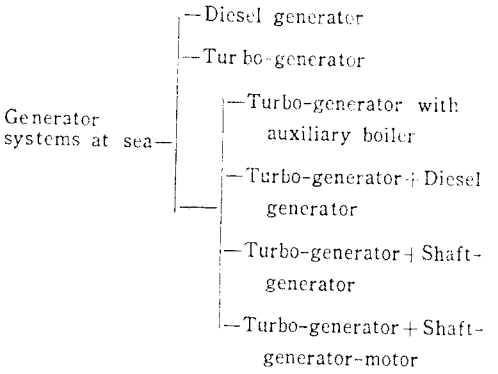

Fig. 2. Various generator systems at sea.

(2) 最適主機의 選定

앞서 選定한 候補主機에 대하여 Fig. 2와 같은 各種 發電시스템을 包含시켜 最終的으로 最適主機를 選定하기 위한 經濟性分析을 행한다.

候補主機의 排氣에 의한 터어보發電機出力이 航海中의 所要電氣量 보다 많은 경우는 다음의 두가지 경우를 생각할 수 있다.

Case 1 : TG

Case Ⅱ : TG+SGM

候補主機의 排氣에 의한 터어보發電機出力이 航海中의 所要電氣量보다 不足할 경우는

Case Ⅰ : DG

Case Ⅱ : TG+Auxiliary boiler

Case Ⅲ : TG+DG

Case Ⅳ : TG+SG(or SGM)

이상의 各 경우중 한가지 시스템을 基準으로 하여 모든 다른 機關의 각 경우에 대한 價格費와의 差異를 投資額으로 하고 燃料消耗費(디이젤發電機나 補助보일러의 燃料費包含)와의 差를 利潤으로 보고 經濟性分析을 행한다.

詳細한 分析에 앞서 그의 優劣이 이미 뚜렷한 경우에는 優秀한 시스템만을 골라서 評價를 함으로써 計算量을 줄일 수 있을 것이다.

綜合評價는 앞의 主機單體만을 行할 때와 마찬가지로 各經濟性分析方法에 있어 有利한 順位를 決定한 다음 그의 合이 가장 적은 것을 最適機關시스템으로 選定한다.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection

5. 最適機關의 選定 및 經濟性評價의 適用實例

5·1. 適用모델船의 槪要와 候補主機選定

(1) 適用모델船의 槪要

本 硏究에 適用하고저 하는 모델船은 46,000DWT級 撒物貨物船으로서 釜山과 美國東部地域間을 運航하는 不定期船으로 하였다. 이 船舶의 基本諸元은 다음과 같다.

Table 2. Principal dimensions of 46,000DWT bulk carrier

Dead weight	46,000DWT
Length O.A.	223.9M
Length B.P.	215.0M
Breadth moulded	32.0M
Depth moulded	15.16M
Draft designed	10.50M
Draft scantling	10.58M
Service speed	14Knot

最適主機의 經濟性分析에 必要한 具體的 資料는 主·補機製作者, 造船所, 船舶會社의 關聯資料 및 參考文献에서 引用하였다.

(2) 候補主機의 選定

Table3에 機關과 프로펠러를 直結하는 경우와 減速歯車를 使用하는 경우의 回轉數와 所要馬力의 關係를 보인다.

Table 3. Principal Data for 46,000 Ton Bulk Carrier

Propulsive method			Without R/G							With R/G		
Specified MCR	RPM		135	130	123	110	100	88	70	140	120	100
	PS		11850	11650	11405	11030	10755	10440	9962	10486	10186	10486
Service power Spe. MCR	%		85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
NSR AT 14 Knot With S.M. 15%	PS		10073	9903	9695	9376	9142	8874	8468	8813	8813	8813
EHP AT 14 Knot	PS		5768	5768	5768	5768	5768	5768	5768	5768	5768	5768
Hull efficiency $\eta_H = \frac{1-t}{1-w}$	η_H		1.3809	1.3753	1.3671	1.3515	1.3413	1.3287	1.3080	1.3080	1.3080	1.3080
Propulsive Eff.	η_0		0.4820	0.4912	0.5033	0.5229	0.5375	0.5552	0.5828	0.5828	0.5828	0.5828
Relative rotative Eff.	η_R		1.0136	1.0157	1.0190	1.0260	1.0311	1.0384	1.0527	1.0527	1.0527	1.0527
Quasi propulsive Eff.	η_D		0.6746	0.6862	0.7011	0.7251	0.7434	0.7659	0.8025	0.8025	0.8025	0.8025
Propel-ler (4 blades)	Diameter		5.5928	5.7110	5.8924	6.2803	6.5683	6.9710	7.7684	7.7684	7.7686	7.7684
	Pitch ratio		0.6682	0.6693	0.6711	0.6765	0.6963	0.7282	0.7895	0.7895	0.7895	0.7895
	Blade area ratio		0.6437	0.6266	0.6016	0.5547	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500	0.5500
	Total Weight (Kg)		15438	15827	16453	17891	19420	21811	27053	27053	27053	27053
	R/G ratio		1	1	1	1	1	1	1	2	1.7	1.5

dCollection

計算은 有效馬力(Service speed 14Knot에 대하여 5,768PS이며 船體基本資料로서 提供)을 基準으로하여 推進器의 回轉數를 여러가지로 變更하면서 所要馬力을 推定하고 船尾構造로부터 프로펠러지름이 70RPM일 때의 7,770mm 정도가 限度로 되기 때문에 最低 프로펠러 回轉數를 70RPM으로하고 減速齒車를 使用하는 경우도 이 回轉數를 擇하였다.

Fig. 3은 이들을 그림으로 表示하였고 最適프로펠러지름도 함께 보인다.

最近에 가장 많이 製作되고 있는 低速2行程사이클디이젤機關의 資料를 利用하여 回轉數와 馬力이 適切한 候補主機를 選定한다. Fig. 3에는 이들중 MAN·B&W會社의 LMC, GBE시리이즈, Sulzer 會社의 RTA, RLB시리이즈의 것을 參考로 表示하였다.

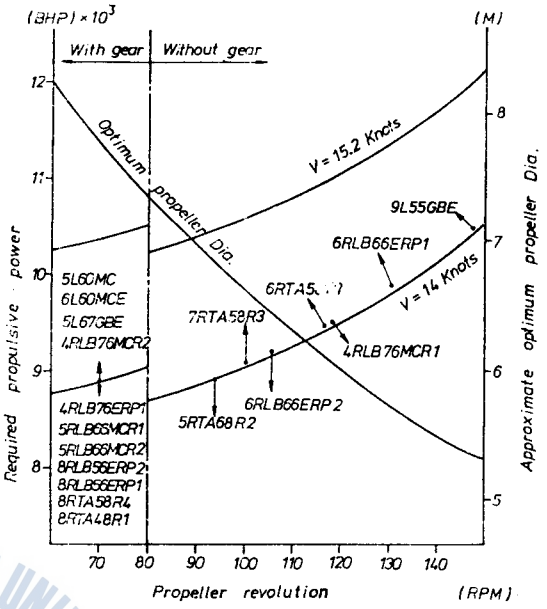

Fig 3. Approximate speed prognosis and engine selection for a 46,000 DWT bulk carrier

選定된 候補主機中 可能한 限 그의 MCR이 Specified MCR에 가깝고 燃料消費率도 적으며 價格도

Table 4. Techno-economical analyzing data (with R/G)

Items	Type	H	I	J	K	L	M	N
S. MCR	BHP/RPM	10350 111	10350 111	10350 123	10350 150	10350 164	10350 98	10350 150
NSR	SFOC (G/PSH)	124	122	126	131	131	123	129
	C oil(T/D)	27.6	26.8	28	29.1	29	27	28.6
	BHP/RPM	8798 105	8798 105	8798 115	8798 143	8798 153	8798 91	8798 141
FO. cost	C oil x10³$(T/200D/Y)	1102	1070	1119	1163	1159	1092	1146
Engine cost	L (mm)	7070	8135	9425	10210	10210	10970	9300
	B (mm)	3225	3225	3600	2670	2670	3280	3000
	W (Ton)	295	340	330	288	288	405	285
	x10³$/Set	1830	1901	1682	1700	1793	1944	1898
Shaft Dia.	Inter. (mm)	532	532	532	532	352	532	532
	Pro. (mm)	647	647	647	647	647	647	647
Shaft length	Inter. (mm)	11410	11410	11410	11410	11410	11410	11410

dCollection

Pro. with F.P.P.	Dia. (mm)	5.4248	6.7567	6.5709	5.9993	6.0927	5.9350	5.7551
	W (Kg)	12771	24674	22697	17276	17915	16725	15249
	Cost x $10^3$$(6$/Kg)	77	148	136	104	107	100	91
Init. Invest.	x $10^3$$	2095	2335	2289	2262	2255	2028	2142
Init. Inv. Dif.	x $10^3$$	Base	+243	+194	+167	+160	−96	−47
FO. cost Dif.	x $10^3$$	Base	−273	−184	−131	−84	−131	−50

比較的 低廉한 機關을 選擇한다.

本 硏究의 경우 減速齒車가 없는 경우 7機種, 減速齒車가 있는 경우 8機種을 選拔하였다. 이하에 대하여 各 使用條件에 대한 所要馬力, 回轉數, 燃料消費率, 機關價格, 軸系價格, 減速齒車와 커플링價格, 프로펠러價格 等을 計算하여 表로 만든 것이 Table 4와 Table 5이다.

앞서 言及한 바와같이 5실린더未滿은 밸런서를 設置하는 것으로 하였으며 機關直結의 경우에 있어서는 4翼1體式의 프로펠러를 採擇하고 減速齒車를 갖는 경우에는 操縱性等을 考慮하여 4翼可變피치프로펠러를 採擇하였다.

또한 프로펠라重量은 經驗式으로 計算하였다.

(3) 候補主機의 順位決定

基準機關으로서는 減速齒車가 없는 경우 Table 5의 A機關, 있는 경우에는 Table 4의 K機關으로 하였다. 減速齒車의 有無에 不拘하고 한 機關을 基準으로 할 수 있으나 구룹別로 比較하기 위하

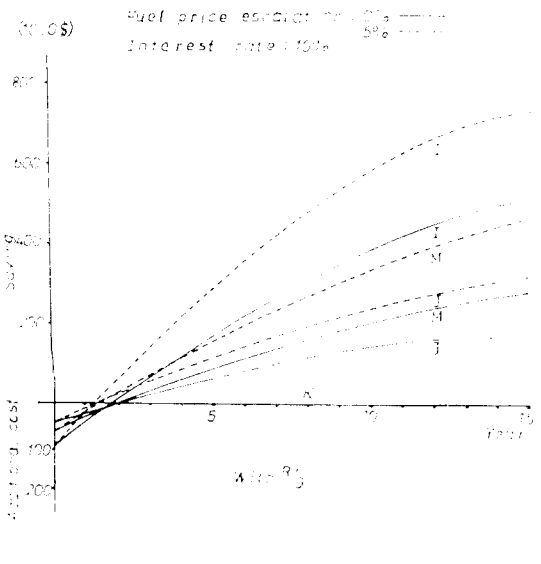

Fig 4. Present worth of selected main engine (a)

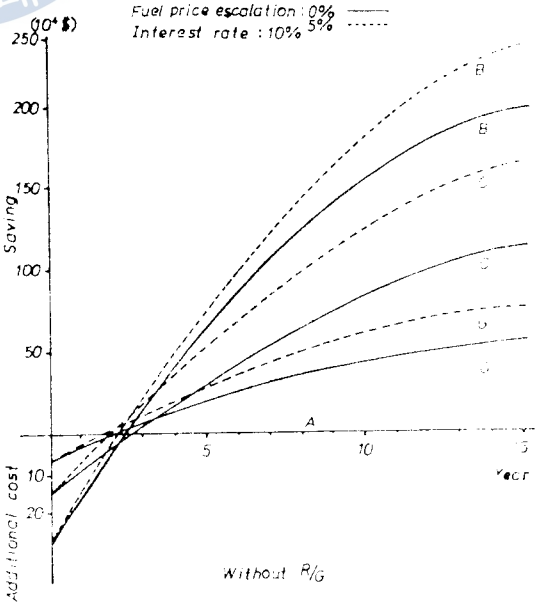

Fig 5. Present worth of selected main engine (b)

cost	Pro. (mm)	7335	7335	7335	7335	7335	7335	7335
	Total cost 3$/Kgx10³$	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8	56.8
R/G cost	x10³$/Set	201	201	201	201	201	201	201
Coupling cost	x10³$/Set	18	18	18	18	18	18	18
Propeller with C.P.P.	Dia. (m)	7.7648	7.7648	7.7648	7.7648	7.7648	7.7648	7.7648
	W (Kg)	27054	27054	27054	27054	27054	27054	27054
	Cost x10³$	350	350	350	350	350	350	350
Inital Invest.	x10³$	2629	2526	2491	2326	2419	2517	2639
Initial Inv. Dif.	x10³$	+303	+200	+165	Base	+93	+191	+313
FO. cost Dif.	x10³$	−61	−93	−44	Base	−4	−66	−17

Table 5. Techno-economical analyzing data (wihtout R/G)

Items	Engine	A	B	C	D	E	F	G
S. MCR	BHP	12362	10432	11020	11404	11404	11030	11850
	RPM	154	98	102	112	115	115	135
NSR	BHP	10508	8868	9367	9665	9694	9375	10073
	RPM	146	94	97	115	116	104	128
	SFOC(G/PSH)	130	123	126	127	132	132	129
	C oil x10³$(T/D)	32.9	27.5	29.7	31	32.2	31.1	32.7
FO. cost	C oilx10³$ (T/200D/Y)	1373	1100	1189	1241	1289	1242	1323
Engine cost	L (mm)	11470	8800	9870	8770	9440	9865	9865
	W (Ton)	310	410	365	320	350	345	345
	B (mm)	3100	3780	3280	3280	3500	3150	3150
	x10³$/Set	1939	1995	2056	2071	2912	1843	1967
Shaft length	Inter. (mm)	11410	11410	11410	11410	11410	11410	11410
	Pro. (mm)	7335	7335	7335	7375	7335	7335	7335
Shaft Dia.	Inter. (mm)	389	434	430	408	412	402	400
	Pro. (mm)	439	527	522	496	502	489	486
Cost	Total W (Kg)	26328	32829	32215	29053	29636	28206	27905
	x10³$(3$/Kg)	79	98	97	87	89	85	84
Balancer	x10³$/Set		147			147		

dCollection

여 基準을 別途로 選擇하였으며 最終分析에서는 同一基準으로 評價하였다.

基準機關과의 價格差, 燃料費差를 求하여 POP, IRR, PW, BCR等의 計算을 電算프로그램에 의하여 遂行한다.

年間航海日數는 不定期撒物船임을 考慮하여 200日로 잡았고 燃料價格은 200$/T으로 取하였다.

POP는 船舶의 耐久年數를 考慮하면 되겠으나 實際로는 船主의 心理狀態로 보아 3~5年以內가 바람직하므로 이 點에 留意할 必要가 있다.

IRR은 現在의 金利體系로 보아 10% 이상이 바람직하다.

Fig. 4와 Fig. 5는 PW이 큰 上位 數基에 대한 것을 보인 것이며 油價變動에 큰 影響을 받는다. Table 6에 이들 結果를 整理하여 各 分析技法에 따른 順位를 記入하였다. 또한 順位의 綜合에 따른 綜合評價도 提示하였다. 個別的인 分析技法의 結果에 따른 順位가 여러가지로 變動하고 있음을 알 수 있다.

Table 6. Priority of engines

Items	Propulsion	without R/G				with R/G				
Engine type		B	C	D	G	H	M	J	I	N
POP	i=10%	1.191	1.169	1.434	1.036	7.755	4.843	4.931	2.555	50.08
		1Y3M	1Y3M	1Y5M	1Y	7Y6M	4Y10M	4Y1M	2Y6M	50Y1M
	Priority	3	2	4	1	4	2	3	1	5
IRR	N=15	0.932	0.948	0.791	1.046	0.181	0.264	0.262	0.462	0.046
	Priority	3	2	4	1	4	2	3	1	5
PW	N=15 i=10%, S=0%	0.1783 $\times10^7$	0.1132 $\times10^7$	0.8385 $\times10^6$	0.3333 $\times10^6$	0.1512 $\times10^6$	0.2583 $\times10^6$	0.1697 $\times10^6$	0.5074 $\times10^6$	0.6872 $\times10^5$
	Priority	1	2	3	4	4	2	3	1	5
	N=15 i=10%, S=5%	0.2592 $\times10^7$	0.1653 $\times10^7$	0.1234 $\times10^7$	0.4802 $\times10^6$	0.3304 $\times10^6$	0.4523 $\times10^6$	0.2993 $\times10^6$	0.7804 $\times10^6$	0.1873 $\times10^6$
	Priority	1	2	3	4	3	2	4	1	5
BCR	N=15 i=10%, S=0%	0.7092 $\times10^1$	0.6711 $\times10^1$	0.6034 $\times10^1$	0.8092 $\times10^1$	0.1484 $\times10^1$	0.2564 $\times10^1$	0.2034 $\times10^1$	0.3525 $\times10^1$	0.6534 $\times10^0$
	Priorty	2	3	4	1	4	2	3	1	5
	N=15 i=10%, S=5%	0.9832 $\times10^1$	0.9402 $\times10^1$	0.8352 $\times10^1$	0.1121 $\times10^2$	0.2064 $\times10^1$	0.2854 $\times10^1$	0.2814 $\times10^1$	0.4882 $\times10^1$	0.9064 $\times10^0$
	Priority	2	3	4	1	4	2	3	1	5
Total point		12	14	22	12	23	12	19	6	30
Priority		1	3	4	1	4	2	3	1	5

Collection

5·2. 發電시스템의 選定과 綜合評價

(1) 所要蒸汽 및 電氣量과 發生可能 蒸汽 및 電氣量

Table 7에 主機의 種類에 따른 船內 所要電氣量을 보인다. 一般的으로 主機關聯의 冷却水, 潤滑油펌프系統의 펌프驅動動力을 除外하고 餘他補機의 驅動動力은 主機에 關係없이 大體로 一定하다고 볼 수 있을 것이다.

Table 7. Required electrical power for selected 6 engines

Required Power (Kw) / Ships	Total of continous loads			Total of intermittent loads			Group diversity factor	Actual load of intermittent loads			Total loads		
	at sea	at port	at loading	at sea	at port	at loading		at sea	at port	at loading	at sea	at port	at loading
B	327	526	656	118	209	74	0.5	59	105	25	386	630	681
C	278	477	656	118	209	74	0.5	59	105	25	337	581	681
G	344	543	656	118	209	74	0.5	59	105	25	403	647	681
I	310	509	656	118	209	74	0.5	59	105	25	369	613	681
M	288	487	656	118	209	74	0.5	59	105	25	347	591	681
J	323	522	656	118	209	74	0.5	59	105	25	382	626	681

Table 8에 各條件下에서의 廢熱의 量과 所要蒸汽量, 排氣개스보일러의 蒸汽에 의한 發電可能量이 주어지고 있다. 여기서 ISO條件은 大氣 27°C, 海水 27°C이고 熱帶條件은 大氣 45°C, 海水 32°C이며 設計條件은 大氣 25°C, 海水 18°C이다. 또한 候補主機의 燃料油加熱用 熱量은 蒸汽로 換算할 경우 여러 條件에 따라 다르나 便宜上 가장 蒸汽가 많이 必要한 경우를 基準으로 均一하게 470kg/h(295kw)로 하였고 雜用加熱器用熱量도 蒸汽로 換算할 경우 850kg/h(510kw)로 均一하게 取하였으며 여기에는 機關室內 各種加熱用 蒸汽를 包含한다. 따라서 蒸汽量의 合은 1320kg/h이고 供給狀態는 4kg/cm² 飽和蒸汽로 看做하였다. 이 程度의 蒸汽量이면 排氣熱을 一部回收하고 排氣보일러를 Dual system으로 함으로써 TG에 供給할 수 있는 蒸汽量에는 別다른 變動을 주지않게 된다.

Table 8의 下段에 電氣量의 需給結果가 提示되어 있다.

Table 8. Comparision of required electrical power and TG output by exhaust gas

Items	Type	B		C		G		I		J		K	
	Unit / Cond.	kg/h	°C	kg/h	°C	kg/h	°C	kg/h	°C	kg/h	°C	kg/h	°C
Amounts and Temp. of exhaust gas	ISO	53150	275	57980	269	63000	270	60687	274	53150	279	54020	265
	Tropic.	49011	310	53510	300	58148	300	56008	305	49011	310	49855	296
	Desi. Con.	54348	264	59337	255	64474	255	62107	260	54346	264	55284	251
Bunker heating, accomodation & general service	Sum. (kg/h)	1320		1320		1320		1320		1320		1320	

dCollection

Assumed output of TG (KW)	ISO	332	358	364	363	332	296
	Tropic.	390	397	430	430	390	339
	Desi. Cond.	295	293	318	323	295	261
Electrical load (KW)	at sea	386	337	403	369	382	341
	at port	630	581	647	613	626	591
	under loading	681	681	681	681	681	681
Difference TG out-put and electrical load (KW)	ISO	−54	+21	−39	−6	−50	−43
	Tropic.	+4	+60	+27	+61	−8	+18
	Desi. Cond.	−91	−44	−85	−46	−87	−80
V.S Pump & fan+Air Cond. spared Power (KW)		−22	−22	−22	−22	−17	−19
Final Cond. with V.S pum & fan+ Air Cond. (KW)		−51	+8	−32	+6	−40	−31

(2) 最適機關시스템의 選定

Table 9에 所要電氣量을 供給하기 위한 發電機시스템과 候補主機를 結合한 綜合評價資料가 提示되어 있다. 熱帶條件에서 若干의 剩餘電氣量이 생기나 設計條件에서는 大部分의 경우 不足하다. 그러나 冷却水펌프와 機關室換氣팬을 可變速으로하여 所要電氣量을 줄이고 또한 設計條件下에서는 空氣調和裝置(冷房)의 電氣가 大部分 節約되므로 이를 考慮하면 不足量이 大幅的으로 줄어들며 경우에 따라서는 TG의 發生電氣量만으로 所要電氣量이 充足된다. 따라서 發電의 補完시스템으로서 TG 單獨의 경우, 排氣보일러와 補助보일러에 의한 TG單獨의 경우, TG와 SG의 並列運轉의 경우, DG 單獨의 경우, TG와 DG의 並列運轉의 경우等 다섯가지 경우에 대하여 檢討하되 이들 中 現在 就航中인 同一型의 船舶에서 採擇하고 있는 DG單獨發電시스템을 基準으로 한다.

Table 9. Final evaluation data of techno-economical engine selection (price x10³$)

Items	Propulsion system	Without R/G			With R/G		
	Engine type	B	C	G	I	J	M
Engine Spec.	Spec. MCR/RPM	10432/98	11020/102	11850/135	10350/111	10350/123	10350/98
	NSR/RPM	8868/94	9367/97	10037/128	8798/105	8798/115	8798/91
	SFOC at NRS (g/PSH)	123	126	129	122	131	124
(1)	FO. cost (200 D/Y)	1100	1189	1323	1070	1119	1097
Equip. price	1 Engine+Equip.	2688	2589	1362	2719	2716	2721
	2 TG (3108/kw×(kw)	124(400)	124(400)		124(400)	124(400)	109(350)

DG set (Ⅱ)	③ Price(230$/kw) (kw)	13.5(60)				11.5(50)	11.5(50)
		6.2		183		4.2	4.2
Addition. TG (Ⅲ)	④ Price(310$/kw) (kw)	18.6(60)				15.5(50)	15.5(50)
	FO. cost(200$/ton)	7				4.9	4.9
Addition. SG (Ⅵ)	⑤ Price(480$/kw)(kw)	28.8(60)				24(50)	24(50)
	FO. cost(200$/ton)	3.6				2.4	2.4
Pump & fan	⑥ V.S S.W pump price	3.8(41x1)	3.8(41x1)	3(41x1)	3.8(41x1)	3.2(30x1)	3.2(30x1)
	V.S Vent. fan price	1.9(5.5x4)	1.9(5.5x4)	1.4(5.5x4)	1.9(5.5x4)	1.9(5.5x4)	1.9(5.5x4)
Initial investment	Case(Ⅰ)=①+②+③+⑥	2831				2902	2848
	Case(Ⅱ)=①+②+④+⑥	2836				2906	2851
	Case(Ⅲ)=①+②+⑥		2719	2366 (Base)	2949		
	Case(Ⅵ)=①+②+⑤+⑥	2847				2914	2859
FO. cost	Case(Ⅰ)=(Ⅰ)+(Ⅱ)	1110				1123	1101
	Case(Ⅱ)=(Ⅰ)+(Ⅲ)	1111				1124	1102
	Case(Ⅲ)=(Ⅰ)		1189	1506 (Base)	1070		
	Case(Ⅵ)=(Ⅰ)+(Ⅵ)	1108				1121	1099

Table 10은 Table 9의 資料에 의하여 機關시스템의 經濟分析을 行한 結果이며 Fig. 6은 上位 몇몇 시스템의 PW를 圖示한 것이다. Table 10과 Fig. 6으로부터 볼 때 G機關을 基準으로 하였을 경

Table 10. Final evaluation of techno-economical engine selection (base G engine)

Items	Propulsion	without R/G		with R/G		
Engine type		B case 1	B case 2	I case 4	M case 1	M case 2
POP	i=10%	1.599 (1Y7M)	1.582 (1Y7M)	1.231 (1Y3M)	1.327 (1Y4M)	1.342 (1Y4M)
	Priority	5	4	1	2	3
IRR	n=15	0.707	0.714	0.903	0.842	0.833
	Priortiy	5	4	1	2	3
PW	i=10%, s=0%	0.2366×10^7	0.2377×10^7	0.2833×10^7	0.2599×10^7	0.2588×10^7
	Priority	2	5	1	3	4
	i=10%, s=5%	0.3490×10^7	0.3504×10^7	0.4116×10^7	0.3791×10^7	0.3777×10^7
	Priority	2	5	1	3	4

dCollection

BCR	i=10%, s=0%	0.5381x10¹	0.5434x10¹	0.6886x10¹	0.6404x10¹	0.6336x10¹
	Priorty	5	4	1	2	3
	i=10%, s=5%	0.7462x10¹	0.7538x10¹	0.9522x10¹	0.8882x10¹	0.8787x10¹
	Priority	5	4	1	2	3
Total point		24	26	6	14	20
Order of priority		4	5	1	2	3

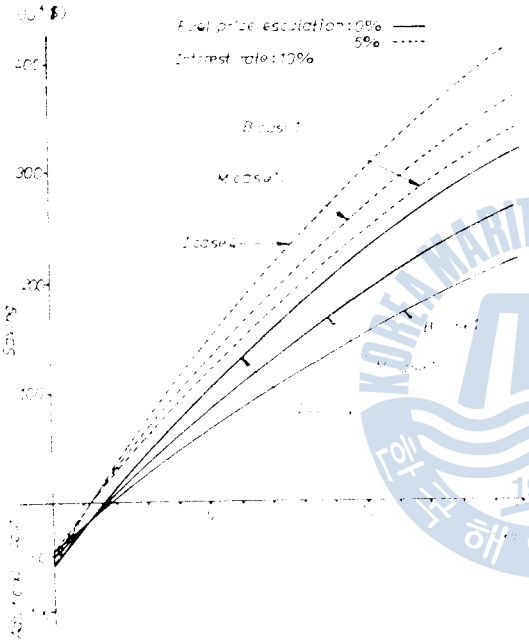

Fig 6. Present worth of selected main engine

우 I機關의 Case 4(TG만으로 航海中의 所要電氣量供給)가 最適機關시스템으로되며 그의 概略的인 特性은 다음과 같다.

最適主機關: 10,350PS×111 RPM, 2行程사이클 크로스헤드型 低速 過給디이젤機關

軸系裝置: 減速齒車붙이 可變핏치프로펠러(프로펠러 回轉數, 70 RPM)

發電裝置: 排氣개스보일러에 의한 蒸汽터이빈 發電裝置

其他補機: 冷却水펌프와 機關室換氣팬의 可變速化

以上의 機關시스템을 採擇할 경우 現在 運航中인 同一型의 G機關시스템(基準機關)에 比하여 POP는 1年3月, IRR는 90.3%, 15年間의 PW는 5%의 油價上昇일 경우 4,116,000$이고 이 경우의 BCR는 9.522였다. 따라서 本 硏究에서 選定된 最適機關시스템이 매우 卓越함을 알 수 있다.

6. 結 論

지금까지 船舶用 主機關을 中心으로 關聯機資材 및 發電시스템을 包含하는 補助機器에 관한 經濟性 評價를 행하고 最適機關시스템 選定方法을 提示하였다. 그러나 經濟性分析方法의 選擇은 船主의 意思에 따라 投資額이 利潤에 의해서 回收되는 期間을 重視할 경우는 POP法이, 銀行金利에 關心을 둘 경우는 IRR法이, 投資額에 制約이 없고 利潤의 크기에 重點을 둘 경우는 PW法이, 또한 投資額에 制限이 있고 投資對象中에서 어떤 投資가 가장 經濟的으로 有利한가를 決定할 때는 BCR法이 適合할 것이다.

本 硏究의 適用例에서는 分析上의 뚜렷한 條件을 設定하지 않았기 때문에 모든 方法의 適用結果를 參酌하는 便法으로서 各經濟性手法에 있어 有利한 順位를 決定한 다음 그의 合이 가장 적은 것으로 最適機關시스템을 決定하는 方法을 利用하였다.

現在 各 海運會社나 造船所에서 主·補機를 選定할 경우 合理的인 分析法에 의하기보다는 直感에 의하는 경우가 大部分이며 따라서 機關시스템 選定에는 不合理한 點이 많다. 또한 合理的으로 最適機關시스템을 選定하고저 하는 경우라도 많은 어려움을 겪고 있는 實情이다.

本 硏究는 이러한 경우에 도움을 주고저하는 것이며 여기에 提示한 船用機關시스템의 經濟性分析의 몇가지 技法은 高金利, 高油價時代에 있어 合理的인 船用機關 選定의 理論的인 根據를 提示함으로써 船主에게는 投資의 極大化를, 造船所에게는 合理的인 船價策定을 可能하게 할 것이다.

끝으로 本 硏究는 船齡에 따른 船速, 主機出力의 變化 및 修理費와 燃料消耗量의 變化, 長期的인 油價의 變動等을 考慮한 經濟性評價모델을 開發한 다음 動的計劃法인 LP나 OR等을 利用하여 長期的인 收益이 最大로 되는 最適船速, 出力等을 決定할 수 있는 中·長期經濟性分析硏究로 發展시켜야 할 것이다.

謝 辭

本 硏究를 위해 物心兩面으로 도움을 아끼지 않으신 全孝重博士님께 먼저 感謝를 드리고, 硏究를 可能케한 海軍當局에도 謝意를 表하는 바입니다.

또한 論文에 必要한 資料를 提供해주신 現代海洋硏究所의 李康福部長님, 造船公社의 李相雨部長님, 凡洋商船에도 感謝를 드립니다. 그리고 항시 念慮를 하시는 父母님께 感謝드리고, 뒷바라지에 餘念이 없는 아내와 사랑하는 수하, 경아, 희정에게도 이 기쁨을 나누고자 한다.

dCollection

參 考 文 獻

1) Benford H., The Practical Application of Economics to Merchant Ship Design. 1969, University of Michigan.
2) Benford H., Ocean Ore Carrier Economics and Preliminary Design, 1960, SNAME
3) Benford H., The Role of Economics in Ship Design for Fuel Economy, West Europ Graduate Education in Marine Technology, 1983.
4) Milch S., et al., Fuel Saving Vessels-a Case Study, Norwegian Maritime Research, 1981.
5) Svenson T. E, Techno-Economic Reasons for Selecting Fuel-Saving Priorities, 1982/2 Trans. I Mar E.
6) Gallin C., Fuel Economy, Propulsion Efficiency and Diesl Engine Installations, 1980/9, The Motor Ship
7) Gallin C., Alternatives for Economical Diesel Propulsion, 1982/5, The Motor Ship
8) John A.W., Principles of Engineering Economic Analysis, John Wiley & Sons Inc., 1977 p.139~154.
9) SNAME, Principles of Naval Architecture, 1980, p.163~168.
10) 山縣昌夫. 船型學(推進篇), 天然社, 1952. p.175~183.
11) 金成執, 現代經濟性工學, 創知社, 1980, p.153~183.
12) 田中·佐々木, 機關部機器に對する經濟性評價の一手法, 日本舶用機關學會第13回創立十周年記念講演會, 1982/7.

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

dCollection

變化하는 斷面의 門型構造物의 振動計算에 관한 硏究

趙 鏞 守

A Study on the Vibration Calculation Method of Portal Frame Structure with Variable Sections

Yong - soo Cho

KOREA MARITIME UNIVERSITY 1945 한국해양대학교

目 次

Abstract
記號 解說
1. 序 論
2. 基礎理論
2-1 橫荷重, 모멘트荷重 및 비틀림荷重을 받는 不等斷面보의 振動方程式
2-2 質量매트릭스와 剛性매트릭스
2-3 任意의 方向을 向하는 보 要素의 剛性매트릭스
2-4 振動方程式의 解法
3. 電算處理 및 模型에 依한 實驗的 考察
3-1 模型 및 計算入力 資料
3-2 電子計算機의 計算結果
3-3 實驗裝置
3-4 實驗結果
4. 結 論
參考文獻

dCollection