船用熱・電力供給プラントの運用を考慮した最適設計計画†

伊 東 弘 一*・赤 木 新 介*・板 東 宏*

An Optimal Planning Method of Marine Heat and Power Generation Plants Considering Its Operational Problem

Koichi Ito*, Shinsuke AKAGI* and Hiroshi BANDO*

The objective of this paper is to develop a computer-aided optimal planning method for designing a marine heat and power generation plant which is composed of combining Diesel and turbogenerators, an exhaust gas economizer, auxiliary boilers and so forth. As there exist many alternative combinations concerning generators and boilers in constructing the above-mentioned plant, it is important to determine the system's construction properly by selecting total numbers and scales of respective generators and boilers so as to optimize the long-term economy of the plant.

In this planning system, several design conditions are first set which are necessary for the planning of the objective plant; i. e., several voyage patterns are set based on ship's operational condition, and both energy demands and steam output from an exhaust gas economizer are estimated for each voyage pattern mentioned above. Next, setting an alternative plant composed of combining generators and boilers adequately, the optimal operational policy for each voyage pattern is determined by minimizing the fuel cost under several physical constraints based on linear and quadratic programming methods. Considering the results obtained above hierarchically, the annual capital and operational costs of each plant are calculated, and the best system's construction is lastly determined by comparing economy of all alternative plants.

A numerical study has been carried out on a plant of a high speed container ship planned actually, and it is ascertained that the optimal planning method proposed here is advantageous to find best construction of the objective plant compared with the conventional trial

and error method.

Keyword: ship, heat and power plants, optimal planning, optimal operation

1. 緒 言

船舶では、船体推進用動力以外に空調、給湯、燃料予熱、照明および荷役クレーンや冷凍機用動力など種々のエネルギー需要が発生する。これらの推進用動力以外のエネルギー需要に対する供給は、従来ディーゼル発電機および補助ボイラが使用されてきた。しかしながら、最近エネルギー有効利用の観点から推進動力用主機関に設置された排ガス・エコノマイザからの発生蒸気の一部を利用して発電を行うターボ発電機を上述の機器に新たに加えた熱・電力供給プラントが採用されるようになってきた¹⁾。

上述のプラントに対する基本設計計画において最も重要な設計課題は、プラントを構成する各機器の設置台数とそれぞれの機器能力の規模を適切に決定し、長期的経済性に優れた、またエネルギー有効利用度の高いプラントを計画することである。しかしながら、上述のプラントの機器構成に関しては、種々の代替性が存在するため、機器台数と規模を適切に決定することは難しい問題になっている²⁾。また、上述の船用熱・電力供給プラントにおいては、排ガス・エコノマイザからの蒸気発生量は主機関によって大幅に変動することや、また船内熱および電力需要量も積荷量（冷凍コンテナ積載数など）や航路、季節などによって大きく変動することも設計計画の立案を難しくする原因となっている。さらに、発電機の燃料消費特性に非線形性が存在することも問題解決を難しくしている。

従来、上述のようなプラントの基本設計計画においては、熱および電力最大需要量に基づいて各機器の主要設計要目を試行錯誤的に決定していくという手法が広く採用されてきた²⁾。しかしながら、プラント全体のエネルギー効率の向上を達成するためには、プラン

† 第 21 回計測自動制御学会学術講演会で発表 (昭 57・7)

* 大阪大学工学部 吹田市山田丘 2-1

* Faculty of Engineering, Osaka University, Suita (Received February 12, 1983)

(Revised September 29, 1983)

トを構成する各種機器の運用過程を十分考慮しながら設計計画を合理的に行っていくことが望ましい。

本研究の主目的は、機器能力の異なる複数台のディーゼル発電機、ターボ発電機、排ガス・エコノマイザおよび補助ボイラなどから構成される船用熱・電力供給プラントを合理的に設計するために、プラントの運用計画問題を階層的に考慮した最適設計手法を提案することにある。まず発電機の機器特性には非線形性が存在するので、運用計画段階で線形および二次計画法を階層的に組み合わせた最適化手法を採用し、燃料費を最小化するプラント最適運用方策を決定する。つぎに上述の結果を階層的に考慮して、年価法に基づいて長期的経済性に優れた最適プラント構成を選定する手法を提案する。最後に、従来の試行錯誤的設計手法と比較して経済性により優れたプラントを本手法により計画することが可能なことを実計画コンテナ船に対する検討を通じて示す。

2. 対象システムの記述

Fig. 1 は、考察の対象とする船用熱・電力供給プラントの基本構成を示したものである。Fig. 1 において記号 D/G はディーゼル発電機、T/G はターボ発電機、E/E は排ガス・エコノマイザ、A/B は補助ボイラをそれぞれ表すものとする。また熱供給は蒸気で行われるものとし、実線は蒸気の流れを、一点鎖線は電気、二点鎖線は燃料、また破線は水の流れを示すものとする。なお、燃料としてディーゼル発電機には A 重油を、補助ボイラには C 重油を使用するものとする。Fig. 2 は、上記プラントにおけるエネルギー・フローの関連性を示したものである。Fig. 2 において G_S はある時刻の蒸気需要量 [kW] (注1) を、また E は電力需要量 [kW] を表すものとし、これらは積荷量や航路などの各種エネルギー需要算定条件から定

Fig. 1 Fundamental structure of the objective plant

(注1) 本論文では蒸気需要量をエネルギー量として kW で示す。

Fig. 2 Energy flow diagram of the objective plant

まるものとする。また G_E は排ガス・エコノマイザからの蒸気発生量 [kW] で、この値は主機の負荷量により定まるものとする。さらに Fig. 2 における各種記号をつぎのように定義する。

I : ディーゼル発電機の設置台数

J : ターボ発電機の設置台数

K : 補助ボイラの設置台数

F_{Ai} : i 台目ディーゼル発電機燃料消費量 [kg/h]

($1 \leq i \leq I$)

E_{Di} : i 台目ディーゼル発電機電力発生量 [kW]

G_{Tj} : j 台目ターボ発電機蒸気消費量 [kW]

($1 \leq j \leq J$)

E_{Tj} : j 台目ターボ発電機電力発生量 [kW]

F_{Ck} : k 台目補助ボイラ燃料消費量 [kg/h]

($1 \leq k \leq K$)

G_{Bk} : k 台目補助ボイラ蒸気発生量 [kW]

F_A : ディーゼル発電機 A 重油消費量 [kg/h]

F_C : 補助ボイラ C 重油消費量 [kg/h]

E_D : ディーゼル発電機電力総発生量 [kW]

E_T : ターボ発電機電力総発生量 [kW]

G_T : ターボ発電機蒸気総消費量 [kW]

G_B : 補助ボイラ蒸気総発生量 [kW]

なお、 G_E と G_B に対する添字 S および T は、それぞれ熱供給およびターボ発電に使用された蒸気量を示す。

ここで Fig. 2 における各部のエネルギー・バランスを考慮すればつぎの関係式が成立する。

(a) 蒸気のエネルギー・バランス

蒸気の需要量と供給量に関する次のバランス式が成立する。

$$G_S - G_E = \sum_{k=1}^K G_{Bk} - \sum_{j=1}^J G_{Tj} \quad (1)$$

(b) 燃料の質量バランス

Fig. 3 Performance curves of Diesel generators

Fig. 4 Performance curves of turbogenerators

$$F_A = \sum_{i=1}^I F_{Ai} \quad (2)$$

$$F_C = \sum_{k=1}^K F_{Ck} \quad (3)$$

(c) 電力のエネルギー・バランス
つぎの電力需給関係式が成立する。

$$E = \sum_{i=1}^I E_{Di} + \sum_{j=1}^J E_{Tj} \quad (4)$$

つぎに各機器の性能特性について述べる。Fig. 1 のプラントにおけるディーゼル発電機、ターボ発電機および補助ボイラに関しては、機器能力の規模の異なるものが種々開発されている³⁾。Fig. 3 および Fig. 4 は実在するディーゼルおよびターボ発電機の性能特性の一例を示したものであるが、各機器に対して規模に応じた出力の上・下限値がそれぞれ存在する⁴⁾。またこれらの特性曲線が示すように、一般に船用発電機の機器能力の規模が大きくなると定格最大出力時にお

Fig. 5 Performance curves of auxiliary boilers

る電力発生性能特性が向上するという性質が存在する。さらに各機器の性能特性は非線形性を有するが、これらの特性曲線はつぎの二次式により十分精度よく近似することができる。

(a) ディーゼル発電機

$$F_{Ai} = \begin{cases} a_i E_{Di}^2 + b_i E_{Di} + c_i : \underline{E}_{Di} \leq E_{Di} \leq \bar{E}_{Di} \\ 0 : E_{Di} = 0 \end{cases} \quad (1 \leq i \leq I) \quad (5)$$

(b) ターボ発電機

$$G_{Tj} = \begin{cases} \xi_j E_{Tj}^2 + \zeta_j E_{Tj} + \eta_j : \underline{E}_{Tj} \leq E_{Tj} \leq \bar{E}_{Tj} \\ 0 : E_{Tj} = 0 \end{cases} \quad (1 \leq j \leq J) \quad (6)$$

ただし、上式で $\underline{E}_{Di}$, $\bar{E}_{Di}$, $\underline{E}_{Tj}$, $\bar{E}_{Tj}$ は規模の異なるディーゼルおよびターボ発電機の出力上・下限値をそれぞれ表し、また a_i , b_i , c_i , ξ_j , ζ_j , η_j は上述の各機器の性能特性に応じて決まる定数である。いっぽう、実在の補助ボイラの性能特性は、Fig. 5 に示すようにほぼ線形に近く、次式で近似できるものとした。

(c) 補助ボイラ

$$F_{Ck} = \begin{cases} \alpha_k G_{Bk} + \beta_k : \underline{G}_{Bk} \leq G_{Bk} \leq \bar{G}_{Bk} \\ 0 : 0 \end{cases} \quad (1 \leq k \leq K) \quad (7)$$

ただし、上式で $\underline{G}_{Bk}$, $\bar{G}_{Bk}$ および α_k , β_k は出力上・下限値および定数である。なお Fig. 1 のプラントにおいて、主機に併設される排ガス・エコノマイザは主機の規模に応じて適切なものが選定されるものとし、本研究では設計対象機器として考察しなかった。

3. 最適設計計画問題の構成とその解法

3.1 最適設計計画手法の概略

Fig. 6 は本研究で開発した最適設計計画手法の全体の構成を示したものである。最適設計計画問題を考察するに先立ち、まず設計の前提となる条件の設定を

Fig. 6 Conceptual structure of the total planning system

行った。前提条件の主要なものは熱および電力需要量であるが、これらの需要量は時々刻々変化するものである。しかしながらプラント全使用期間にわたって厳密に上記需要量を推定することは不可能である。ここでは対象プラントの耐用年数の設定をまず行い、その期間において予想される船舶の航路や主機負荷に関連する船速および積荷量などの各種運航状況を定格、部分負荷、出入港、停泊などのいくつかの航海パターンに分類し、各パターンに対する年間運航日数の設定ならびに熱および電力需要量と排ガス・エコノマイザからの蒸気発生量の推定を行った。

いまある機器の組合せから構成される一つのプラントを想定したとき、プラントの長期的な経済性を評価するに先立ち、各航海パターンに対するプラントの最適機器運用方策を決定する必要がある。この最適運用方策を決定する問題は 3.2 節で詳述する。

さらに、すべての航海パターンについて最適機器運用方策を決定した後、長期的経済性に優れたプラントを年価法⁵⁾に基づいて決定する手法を 3.3 節で述べる。

3.2 最適運用計画問題

いま、ある機器の組合せから構成される一つのプラント（ディーゼル発電機ターボ発電機および補助ボイラの設置台数はそれぞれ I , J および K 台とする）を考える。一つの航海パターンに対するエネルギー需要量および排ガス・エコノマイザからの蒸気発生量が設定された場合の上記プラントの最適運用計画問題を

考察するために、目的関数としてつぎの単位時間当り燃料消費コストの最小化を考える。

$$Z = \varphi_1 F_A + \varphi_2 F_C \quad (8)$$

ただし、上式で φ_1 および φ_2 は、それぞれ A および C 重油の単位質量当り燃料コスト [円/kg] である。ここで、(2), (3), (5) および (7) 式の関係を (8) 式に代入すれば次式が得られる (注 2)。

$$Z = \varphi_1 \sum_{i=1}^I (a_i E_{Di}^2 + b_i E_{Di} + c_i) + \varphi_2 \sum_{k=1}^K (\alpha_k G_{Bk} + \beta_k) \quad (9)$$

このとき、上述の最適運用計画問題は、与えられた G_s , E および G_B に対し、(1), (4), (6) 式および (5), (7) 式の不等式制約条件の下に (9) 式の Z を最小化する $E_{Di} (1 \leq i \leq I)$, $E_{Tj} (1 \leq j \leq J)$ および $G_{Bk} (1 \leq k \leq K)$ を決定する問題となる。上記問題は、目的関数および制約条件に 2 次式を含んだ非線形最適化問題であるが、最適性の原理に基づいて補助ボイラによる蒸気発生に関する最適化問題は、全体のシステムの最適化問題の中で部分的に単独に考察できることに注目して、つぎのような二つの階層的な最適化問題に分割することにより解くことができる。

まず第 1 段階として、補助ボイラの蒸気発生に関する部分最適化問題を考察する。いま K 台設置された補助ボイラで G_B という蒸気量を発生する場合の

$$Z' = \varphi_2 \sum_{k=1}^K (\alpha_k G_{Bk} + \beta_k) \quad (10)$$

という燃料費を最小化する最適解 $G_{Bk} (1 \leq k \leq K)$ は

$$G_B = \sum_{k=1}^K G_{Bk} \quad (11)$$

および (7) 式の不等式制約条件の下に (10) 式の目的関数を最小化するという線形計画問題に帰着され、容易に解くことができる⁶⁾。その結果、最適解における G_B と Z' の関係はつぎの折線関係

$$Z' = d_l G_B + e_l; \underline{G}_{B_l} \leq G_B \leq \bar{G}_{B_l} \quad (12) \\ (1 \leq l \leq L)$$

で与えられる。

第 2 段階においては上述の第 1 段階の結果を最適性の原理に基づいて階層的に考慮して、全体のシステムに対する最適化問題を次のように考える。いま (10) および (12) 式の結果を (9) 式に代入し、さらに (1), (11) および (6) 式の関係式を考慮すれば (9) 式の Z は

$$Z = \varphi_1 \sum_{i=1}^I (a_i E_{Di}^2 + b_i E_{Di} + c_i)$$

(注 2) 以下の数式においては記述を簡単にするために発電機およびボイラがすべて稼動している場合の数学的表現を行った。

$$+d_i \sum_{j=1}^J (\xi_j E_{Tj} + \zeta_j E_{Tj} + \eta_j) + d_i (G_s - G_e) + e_i \quad (13)$$

となる。ここで(4)式と(5)および(6)式の E_{Di} , E_{Tj} に関する上・下限制約条件の下に、(13)式の Z を最小にする $E_{Di}(1 \leq i \leq I)$ および $E_{Tj}(1 \leq j \leq J)$ を(12)式の種々の $l(1 \leq l \leq L)$ について二次計画法により解き⁶⁾、 l に関して Z を最小にするものを選定する。

以上の検討においては、記述の簡単化のため各機器はすべて稼動しているものと仮定して検討を進めたが、各機器の運転停止に関するすべての組み合わせを考慮しながら最適化問題を解き、最終的に(13)式の Z を最小化する解を選定して、求めるべき最適運用問題に対する最適解を導出することができる。

3.3 最適設計計画問題

ここでは前述の最適運用計画問題の結果に基づいて、種々の機器の組合せから構成されるプラントの長期的な燃料費および機器の初期設備費を比較検討することにより、プラントの最適設計計画を実施する手法について述べる。

いまある機器構成のプラントを想定し、3.2節で述べた手法に基づいてすべての航海パターンに対する最適機器運用方策を決定する。最適化計算の結果得られたそれぞれの航海パターンに対する単位時間当たり燃料費の最適値 Z^* に各航海パターンの年間運航日数を乗じ、年間最小燃料費を求める。さらにプラントの運用に必要な補修費そのほかの費用を上記燃料費に加算して年間変動費とする。つぎにプラントの初期設備費を求め、以下に述べるように年価法で年間の固定費に換算する⁵⁾。いま、上記プラントの初期設備費を C [円]とし、その資本回収係数を r とすれば

$$\text{年間固定費} = rC \quad (14)$$

で与えられる。ただし上式の r は、プラントの耐用年数を m [年]、年間利率率 ρ としたとき

$$r = \rho(1+\rho)^m / \{(1+\rho)^m - 1\} \quad (15)$$

で与えられる係数である。

上述の年間固定費に年間変動費を加算して年間経費を求め、種々の代替プラントに対するこの値を比較検討することにより最適なプラントを選定する。

4. 設計計算事例

本研究では、前章で述べた最適設計計算手法の有効性を検証するために、ある実計画高速コンテナ船に対する検討を行ったが、本章ではその主要結果について述べる。

4.1 設計前提条件

考察の対象とする計画船の運航状況を定格運転時、3/4 負荷時、出入港時および停泊時の4つのカテゴリーに分類し、それぞれの年間運航日数を実在の高速コンテナ船の実績データに基づいて Table 1 のように推定した⁴⁾。また、それぞれの航海パターンに対する熱および電力需要量と排ガス・エコノマイザからの蒸気発生量を上記実績データに基づいて Table 1 のように設定した⁴⁾。

つぎにプラントを構成する機器としては、Fig. 3～5 に示す規模の異なる三つのタイプをそれぞれの機種について考えた。また上記各種機器の規模タイプ別出力上・下限値および初期設備費を Table 2 のように設定した⁷⁾。さらにプラントの構成としては、それぞれの機器機種について最大三台の同一または異なる規模タイプの機器の組合せからなるすべてのプラントを考察の対象とした。換言すれば、 I , J および K はすべて3以下とした。なお(8)式におけるAおよびC重油の単位質量当り燃料価格は、 $\varphi_1 = 60.7$ 円/kg および $\varphi_2 = 54.8$ 円/kg とし、また(15)式における耐用年数お

Table 1 Input data concerning voyaging condition of ship, energy demands, and output of steam from exhaust gas economizer

Voyaging condition of ship		Energy demand		Output of steam from E/E (kW)
Pattern of ship's operational condition	Annual operational days	Heat (kW)	Electric power (kW)	
I Rated load	281	1245	1590	8715
II 3/4 load	14	1245	1690	6536
III Departure & arrival	9	1245	2090	0
IV Anchoring	61	1245	1390	0

Table 2 Maximum and minimum outputs of electric power or steam and initial equipment costs

Type of equipment		Maximum output of electric power or steam (kW)	Minimum output of electric power or steam (kW)	Initial equipment cost ($\times 10^6$ Yen)
D/G	1	750	375	28.0
	2	1000	500	33.3
	3	1300	650	39.0
T/G	1	1100	110	56.3
	2	1300	130	62.2
	3	1500	150	67.8
A/B	1	1400	140	11.5
	2	2300	230	15.5
	3	3500	350	20.0

および年間利子率はそれぞれ $m=10$ 年, $\rho=0.09$ とした。

4.2 計算結果および考察

前節で述べたように, プラントを構成する各機器機種について規模の異なる三つのタイプがそれぞれあり, 同一機種について最大三台まで設置可能とすれば, 各機種毎に 20 種の機器組合せ構成が考えられる。したがって三つの機種から構成されるプラント全体としては $20^3=8000$ 通りの代替案が考察の対象プラントとなる。3.2 節で述べた最適運用計画問題を考察するためには, これらの各プラントに対してプラントを構成するすべての機器の運転・停止状態の組合せを考慮する必要がある。しかしながら上述のようにその組合せ数が莫大であるので, ここでは最適化計算を実行する前にできる限り (1) 式および (4) 式のエネルギー需給関係式等の各種制約条件式が成立するかどうかのチェックを行い, 実行不可能な組合せ案を事前に除外する工夫を加えた。なお, 最適運用計画問題に加えて, 最適設計計画問題を含むすべての解の導出に要した計算時間は, 大阪大学大型計算機センター ACOS 1000 システムで約 20 分である。

Table 3 は, 最適設計計画問題に対する計算の結果, 5 番目までの最適なプラントの機器構成とその経済性を示したものである。**Table 3** には, 比較検討のための資料として従来の試行錯誤的設計手法によって得られた実計画船に対するプラントの機器構成と経済性を示した。ただし, 上記結果の導出に際しては, 実プラントの構成機器から補機用ディーゼル発電機一台を除外して検討を実施した。さらに従来システムと比較検討するために本研究で提案した手法に基づいた, ターボ発電機が無い場合 (旧式の船用エネルギー供給プラント) の最適計画プラントの機器構成を求め, それらの経済性を同時に **Table 3** に示した。また, 上記各種プラントの各航海パターンに対する最適機器運

Table 3 Economic comparison among alternative plants

Plant	Type of equipment			Annual fixed cost ($\times 10^6$ Yen)	Annual variable cost ($\times 10^6$ Yen)	Total annual cost ($\times 10^6$ Yen)
	D/G	T/G	A/B			
Planned optimally	No. 1 1+1+1*	2	1	24.56	83.80	108.36
	No. 2 1+1+2	3	1	26.26	84.92	111.18
	No. 3 1+1+1	3	2	26.05	85.39	111.44
	No. 4 1+1+2	3	2	26.88	84.92	111.80
	No. 5 1+2+2	3	1	27.09	84.76	111.85
Optimal plant without turbogenerator	2+3	—	1	13.06	195.70	208.76
Planned actually	2+2+2	2	3	28.38	94.65	123.03

* It means to install three Diesel generators of Type-1 shown in Table 2 into a plant

Table 4 Optimal operational policy of each plant

(a) Plant planned optimally

Pattern of ship's operational condition	Optimal output of each equipment				
	D/G-1 E^*_{D1} (kW)	D/G-1 E^*_{D2} (kW)	D/G-1 E^*_{D3} (kW)	T/G-2 E^*_{T1} (kW)	A/B-1 G^*_{B1} (kW)
I	377	—	—	1213	—
II	451	451	—	788	—
III	697	697	697	—	1245
IV	463	463	463	—	1245

(b) Optimal Plant without turbogenerator

Pattern of ship's operational condition	Optimal output of each equipment		
	D/G-2 E^*_{D1} (kW)	D/G-3 E^*_{D2} (kW)	A/B-1 G^*_{B1} (kW)
I	500	1090	—
II	500	1190	—
III	924	1166	1245
IV	500	890	1245

(c) Plant planned actually

Pattern of ship's operational condition	Optimal output of each equipment				
	D/G-2 E^*_{D1} (kW)	D/G-2 E^*_{D2} (kW)	D/G-2 E^*_{D3} (kW)	T/G-2 E^*_{T1} (kW)	A/B-3 G^*_{B1} (kW)
I	500	—	—	1090	—
II	868	—	—	822	—
III	697	697	697	—	1245
IV	695	695	—	—	1245

用方を **Table 4** に示す。

Table 3 の結果は, 本研究で提案した最適設計計画手法に基づいて選定した 5 番目までの最適なプラントがすべて実計画プラントより固定費および変動費が低く, したがって年間経費も 10 数 % 低くなっていることを明示している。また, 1 番目の最適プラントのディーゼル発電機の機器構成はすべて同一規模のものを採用しており, 機器の補修などの点からも望ましい解になっている。2 番目の解は少し規模の大きいディーゼル発電機を導入して燃料消費特性の向上を目指したものであるが, その効果は現れず変動費および固定費共 1 番目の解より少し高くなっている。しかしながら 3 番目の解のように補助ボイラの規模を大きくするよりはディーゼル発電機の規模を大きくしたほうが年間総経費の低減に寄与していることがわかる。さらに最適計画プラントと実計画プラントの機器構成を比較すれば, 後者はディーゼル発電機および補助ボイラの規

模が前者より大きいものを採用していることがわかる。また、Table 4 に示した上記両システムの最適機器運用方策のパターンは非常に類似しているが、ディーゼル発電機の規模により特性が異なるため、それぞれの機器運用方策に若干の相異が認められる。またターボ発電機をもたないディーゼル発電機および補助ボイラのみで構成されるプラントに対する検討を行ったが、その場合の最適プラントの年間経費は大幅に上昇する。これは、固定費はターボ発電機を設置しないため低いものとなるが、排ガス・エコノマイザからの発生蒸気を有効に利用することができず変動費が大幅に上昇するためである。

5. 結 言

本研究では、ディーゼルおよびターボ発電機、補助ボイラならびに排ガス・エコノマイザなどから構成される船用熱・電力供給プラントの基本設計計画問題を考察した。線形および二次計画法の組み合わせ手法に基づく上記プラントの最適運用計画問題と、最適設計計画問題を階層的に組み合わせることにより、プラントを構成する主要機器の設置台数とそれらの機器能力

の規模を適切に選定し、最適な経済性を有するプラントを計画する手法を提案した。上記手法の有効性を検証するために、実計画コンテナ船に対する設計計算を行った結果、従来の試行錯誤的設計法と比較して経済性のより優れたプラントを計画できることが判明した。本研究においては、プラントの動特性に対する考慮や信頼性に関する検討は行わなかったが今後の研究課題としたい。

参 考 文 献

- 1) 戸田可祝：ディーゼル船の高性能廃熱回収発電プラントについて、日本船用機関学会誌，15-2，110/115 (1980)
- 2) 田中嘉春：トータルシステムから見た省エネルギープラント，日本船用機関学会誌，15-2，31/36 (1980)
- 3) 高木康光ほか：省燃費を考慮した発電プラント，日本船用機関学会誌，16-9，102/106 (1981)
- 4) 西山準一ほか：コンテナ船“白馬丸”の制御システム，三菱重工技報，18-2，60/70 (1981)
- 5) 千住鎮雄ほか：経済性工学，109，212，日本能率協会 (1977)
- 6) 坂口 実：数理計画法，123，培風館 (1977)
- 7) 化学工学協会編：経済評価とプラントコスト，76，丸善 (1975)