

多機関電気推進船の推進システムに関する研究 (2) — コンテナ船についての設計 —

島 本 幸次郎*

A Study on Marine Multi-Engine Electric Propulsion System (2) — In Case of Container Ship —

Kojiro Shimamoto

The author has proposed that an abt. 800kw diesel-electric power generator unit (to be called PGU hereinafter) which is incorporated in a 20-foot ISO container and has proposed that a newly introduced marine machinery plant should consist of many PGUs which cover both power sources of propelling ship and onboard electric services simultaneously for all kinds of ship.

Thus, this new plant aims at higher reliability of ship's propulsion system having redundancy by providing spare PGUs on one hand, and aims at un-manned engine room by maintenance -free on board on the other. This paper demonstrates the above designing concept adopting a container ship as a model ship.

1. 緒言

現在、一般の船舶の推進システムは1機または2機の主機関でプロペラを回転させて船の推力を得ている。著者らはこの方式に代えて、900rpmのディーゼル機関で駆動され約800kwの発電機が組み込まれた、20フィートコンテナサイズの Packaged Generator Unit (以下PGUと称す)を推進原動力とし、これを多数機搭載した電気推進システムを提唱してきた。(参考文献1),2),3),4)5))

この新しいシステムはPGUを多数搭載することにより、船の推進システムとして推進動力を賄うのと同時に船内のサービス電力も賄うシステムである。PGUのスペアを備えることにより、推進動力として冗長系を有し高信頼性を得ると同時に、他方メンテナンスフリーによる機関室の無人化を目指すものである。本論文は上記のコンセプトをコンテナ船に適用して設計・検討を行った。(参考文献7),8))

2. 概要

2.1 発電機ユニット

本多機関電気推進システムの核となる発電機ユニット (PGU) は、国際的に汎用化されている ISO 規格の 20 フィートコンテナ (20x8x8 フィート) とし、内部に直列 6 気筒、900rpm

* 機械工学科

のディーゼル機関とそれに直結した約 800kw の発電機を設置している。エンジンの冷却や潤滑油の冷却やは各 PGU 内で独立して行う。PGU の内部図と PGU 用の機関部の要目については参考文献 6) に示しているので参照されたい。

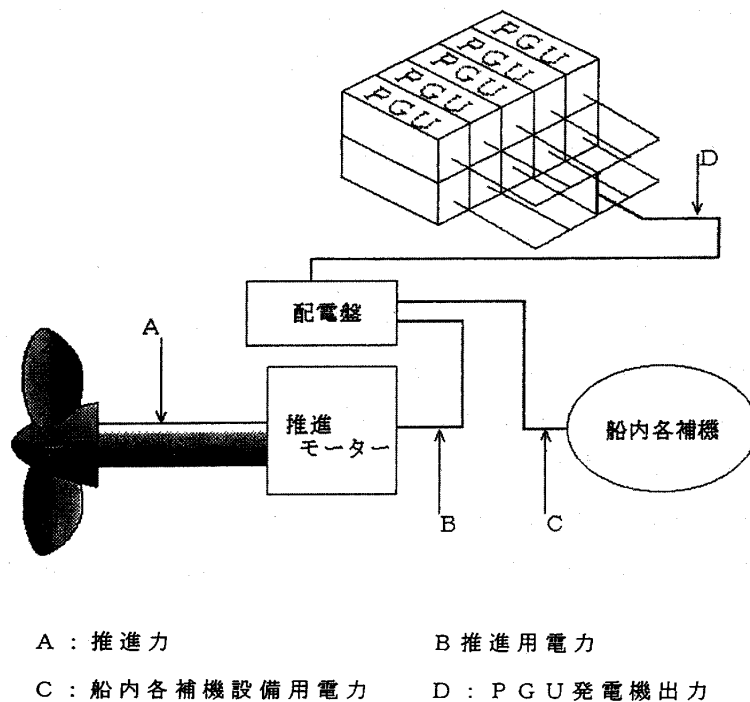


図1 新プラント船の推進システム概念図

2.2 新推進システム

モデル船の推進システムに装備されている1機の大型ディーゼル主機関に代えて、新プラント船では2機の推進用電動モータをタンデムに装備し、その動力源として、20機のPGUを居住区の後の上甲板上に装備した。図1は新推進システムの概念図を示す。

3. モデル船と新プラント船の比較

今回対象としたモデル船は外洋航海向けコンテナ船で全長 182m、総トン数(DW)19,100トン、搭載コンテナ数 1,618 個、満載航海速力 18.7 ノット、主機最大馬力 14,840psx1 機である。新プラント船はできるだけ元のモデル船の仕様を変更しないように努めた。モデル船と新プラント船の比較を図2と図3に示し、代表的な要目の比較を表1に示す。

4. 機関部配管系統線図

新プラント船の機器リストに基づき、各種の配管系統線図を作成した。図4と図5はそのサンプルとして、モデル船と新プラント船の冷却清水系統線図を示す。新プラント船はシンプルとなり配管物量も 1/3 以下に軽減された。

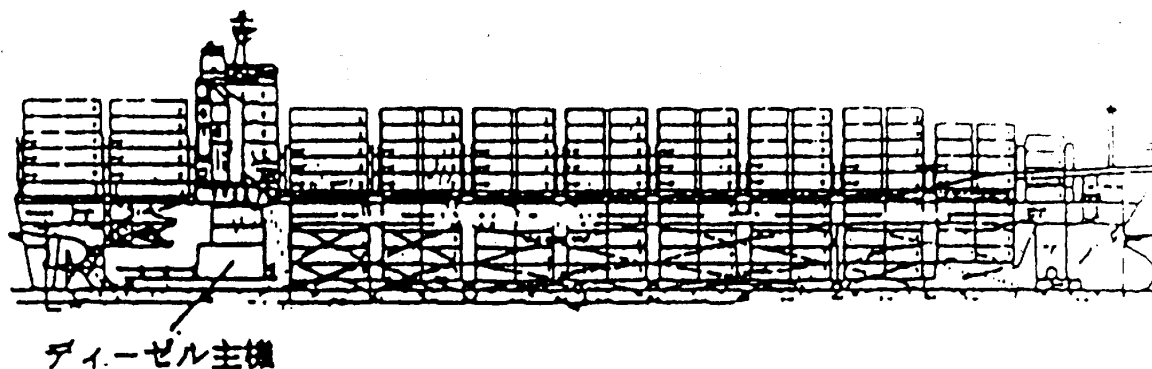


図2 モデル船全体側面図

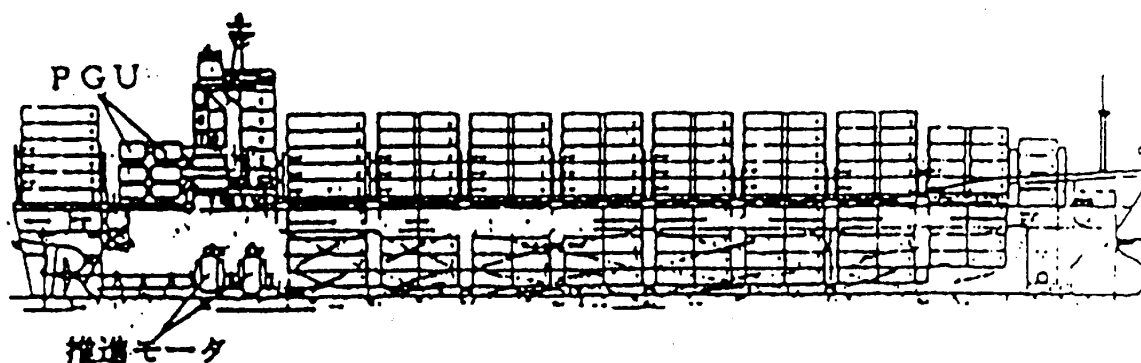


図3 新プラント船全体側面図

表1 モデル船と新プラント船の代表的要目

| | モデル船 | 新プラント船 |
|---------------------|-------------|----------|
| 全長×幅×喫水(m) | 182×28×13.9 | 同左 |
| 総トン数(DW ton) | 19,100 | 同左 |
| 航海速力(ノット) | 18.7 | 同左 |
| コンテナ数(TEU) | 1,618 | 1,588 |
| 主機／推進モータ(jsx機／kwx機) | 14.840×1 | 5,500×2 |
| 発電機関／PGU (jsx機) | 1,264×3 | 1,200×20 |
| 発電機／PGU (kwx 機) | 880×3 | 800×20 |
| プロペラ (翼数×機) | 5×1 | 同左 |

5. 機関室配置図

モデル船に対し撤去する機器、容量など変更する機器、新設する機器について設計・計算を行い各々リストを作成した。図6および図7は新旧の機関室側面配置図を示す。設計の詳細検討の結果新プラント船では機関室内の機器などが40機以上減少可能なことが分かった。

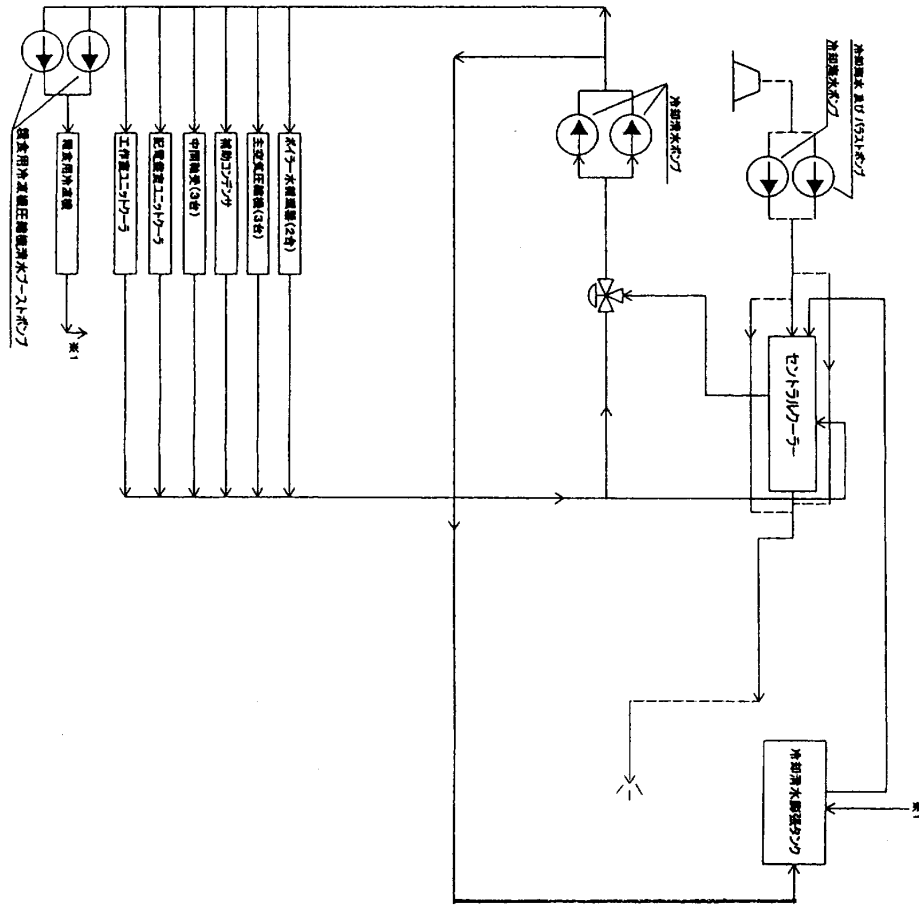


図 5 冷却清水系統線図 (新プラント船)

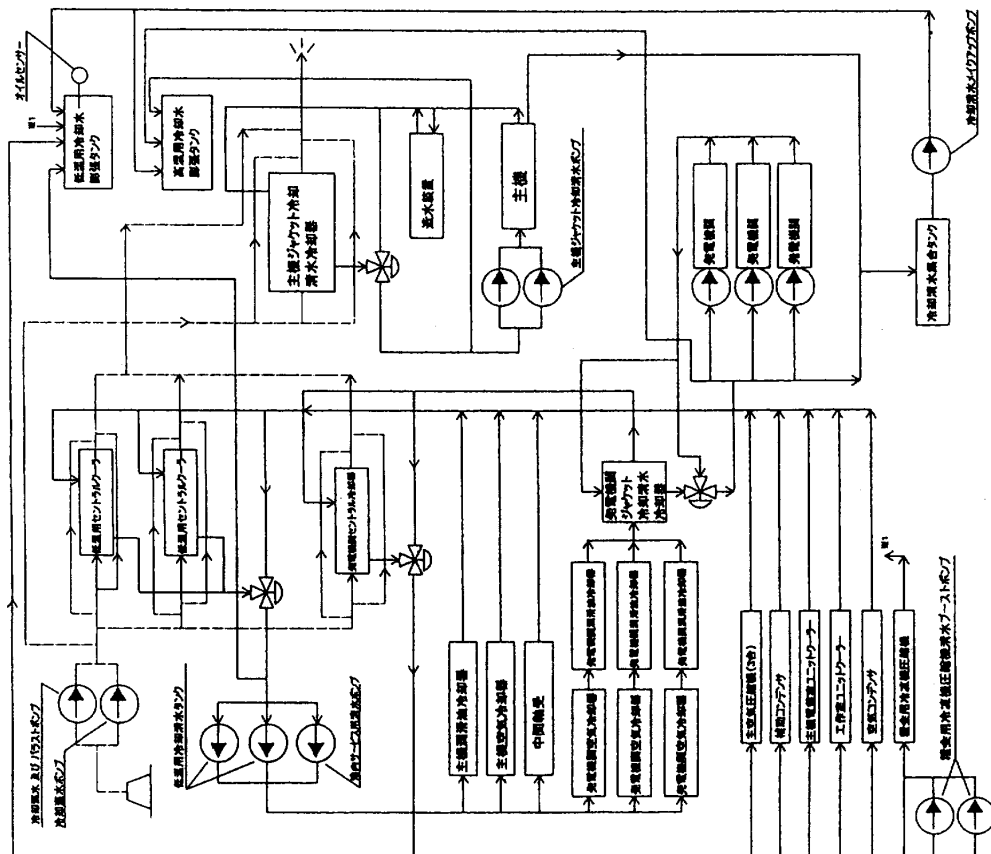


図 4 冷却清水系統線図 (モデル船)

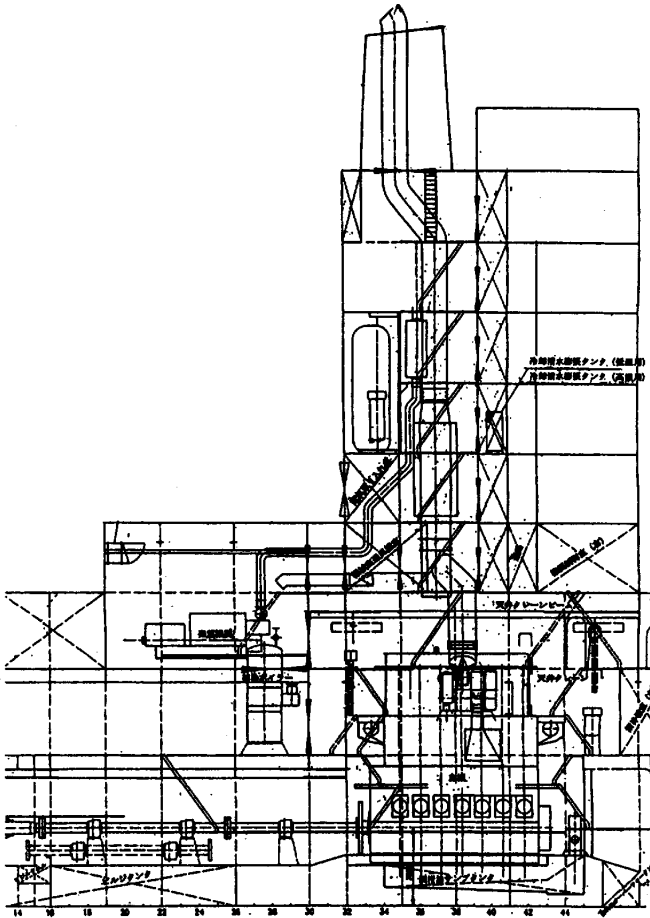


図6 モデル船の機関室側面図

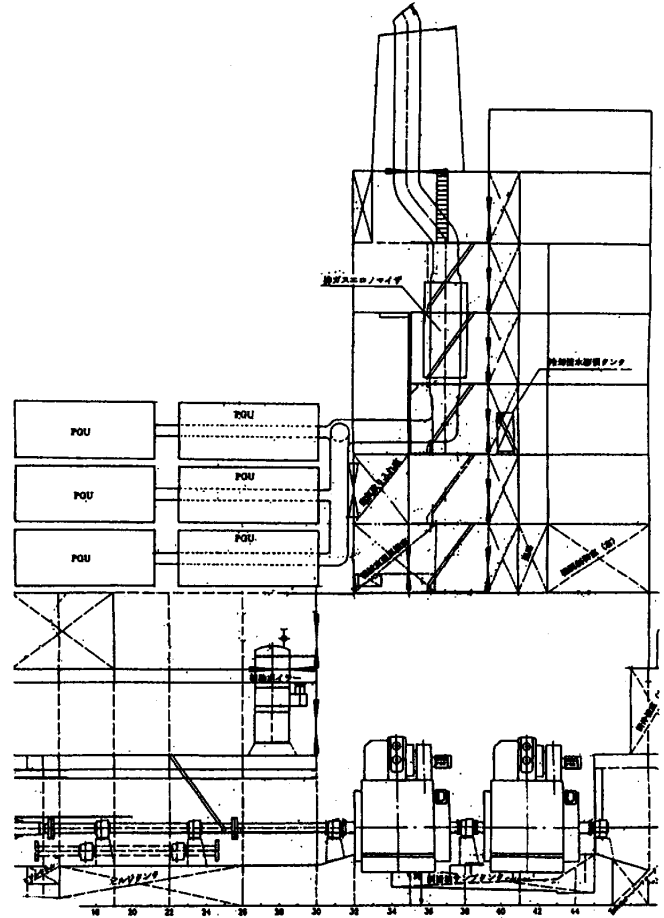


図7 新プラント船の機関室側面図

6. 需要電力と PGU 台数の決定

6.1 総需要電力の算定

本船全体の総需要電力を算定するには、先ず船内の各部門にわたる補機器・照明などの運転・使用状況を逐一検討し、本船の運航状態（5つのモード）毎に合計した電力需要表を作成した。さらに推進力の電力を同じく各運航状態ごとに算出し、その合計の総需要電力を求めた。

船内電力を求めるには、次の①、②の式に依った。

$$P_{ave} = \sum P_c \quad \text{-----} \text{①}$$

$$P_{peak} = \sum P_c + P_{a \max} + P_{m \max} + (\sum P_i - \sum P_m - P_{a \max}) / \text{Diversity Factor} \quad \text{-----} \text{②}$$

ここで $\sum P_c$: 連続負荷の合計電力

$P_{a \max}$: 発停が機関部員の管制下でない間欠負荷の内、最大のもの

$P_{m \max}$: 発停が機関部員の管制下にある間欠負荷の内、最大のもの

$\sum P_i$: 間欠負荷の合計電力

$\sum P_m$: 発停が機関部員の管制下にある間欠負荷の合計電力

Diversity Factor(不等率) : ここでは経験値として3を採用する

6.2 新プラント船の総合電力表

PGU は推進力の動力電源と船内の一般電力を賄うために、その必要台数は、船の推進の運航状態（通常航海、出入港、荷役、停泊などの各モード）と船内の需要電力によって決定される。

需要電力の合計は、通常航海では平均で約 12,280kw、ピークで約 13,460kw となり、PGU の運転台数は 18 機運転とした。これに 2 機を予備機として加え、合計 20 機設置した。

運航モードごとの電力計算の総括を表 2 に示す。

表 2 新プラント船 総括電力表

| 運航状態 | 通常航海 | | 出入港 | | 荷役 | | 停泊 | | 出入港 (バウスラスト作動時) | |
|---------------------------|---------|---------|--------|--------|--------|--------|------|-------|--------------------|--------|
| | Ave | Peak | Ave | Peak | Ave | Peak | Ave | Peak | Ave | Peak |
| 推進力(kw) | 9823 | 10915 | 1965 | 2183 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1965 | 2183 |
| 推進用電力(kw) | 10340 | 11489 | 2068 | 2298 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2068 | 2298 |
| 船内各補機電力(kw) | 1938.5 | 1968.7 | 2104.5 | 2143.2 | 1967.1 | 2007.6 | 286 | 326.3 | 1389.1 | 1427.8 |
| 総合電力（推進用電力＋ 船内各補機）(kw) | 12278.5 | 13457.7 | 4172.5 | 4441.2 | 1967.1 | 2007.6 | 286 | 326.3 | 3457.1 | 3725.8 |
| PGU稼働台数(基) | 18 | 18 | 6 | 6 | 3 | 3 | 1 | 1 | 5 | 5 |
| PGU発電機稼働全出力(kw) | 14400 | 14400 | 4800 | 4800 | 2400 | 2400 | 800 | 800 | 4000 | 4000 |
| PGU発電機出力需要率(%) | 85.3 | 93.5 | 86.9 | 92.5 | 82.0 | 83.7 | 35.8 | 40.8 | 86.4 | 93.1 |

7. 設計検討結果の纏め

1) モデル船の主機ディーゼルエンジン 1 機を撤去し、そのスペースに同等の推進力が得られる各 5,500kw 主推進モータ 2 機をタンデムに設置した。

2) 1 機 800kw の出力を有する PGU を 20 機を、陸上への交換が容易なように、煙突後方の上甲板上に設置した。船の運航状態に応じて最大 18 機を使用して推進用と船内電力を賄わせ、残り 2 機を予備とした。

3) PGU はその内部に、潤滑油冷却システムや清水冷却システムが組み込まれているために、モデル船に装備されている大型のポンプ・クーラなどの約 40 機の補機が削減でき、シンプルな機関室となった。

8. 新推進システムのメリット

1) 信頼性の向上：多数の機関により推進動力や船内電源が供給されるため、航海中の主動力の喪失による漂流や停電の可能性が無くなり、高い運航信頼性が得られる。

2) 乗組員の削減：PGU は予備機を搭載しているため、万一トラブルが起きても、スタンバイ予備機が自動起動をする。トラブルを起こした PGU は港に於いてコンテナトラックで専門工場に陸上輸送される。このサポートシステムの確立により、船内メンテナンスが不要となり乗組員が大幅に削減できる。

3) 機関室内補機・配管の減少：従来のディーゼル主機・ディーゼル発電機およびそれに付随した別置きの冷却システムや潤滑油システムが全て不要になり、機関室の補機や配管が大幅に減少できる。

4)機関室スペースの減少：上記 3)と同じ理由により従来船に比較して機関室のスペースの減少が可能となる。

5)整備作業の高効率化・高品質化：PGU の定期整備や臨時修理は、設備の整った工場
で任意の時間に行える。従来の、狭隘な機関室内で定期ドック中や停泊中に整備を行うの
と比較して高効率・高品質の整備作業が可能となる。

6)ディーゼル機関の負荷の最適化：モデル船などの従来のディーゼル主機関の負荷は
船の運航モードにより変化し、特に出入港時は最大負荷の 20~25%程度となり燃焼効率が
劣る。本論文の新システムは船の要求に応じて PGU の台数を制御することにより、各 PGU
の機関にとって最適の負荷近辺での運転が可能である。

9. 問題点と課題

多機関電気推進船の問題点は下記の通りである。

1)燃費の増加

モデル船ではディーゼル主機関にシャフトを直結してプロペラを回転させているのに対し、
新プラント船では PGU 内のディーゼル機関で一旦発電し、その電力で推進モータを駆動し
シャフトを通じてプロペラを回転させている。このため発電効率と電動効率を合わせて約
10%の効率が落ち、その分燃料費の増加が予想される。

2)イニシャルコストのアップ

今回の研究ではコスト計算を積算するには至らなかったが、モデル船のディーゼル主機 1
機、ディーゼル発電機 3 機の撤去と補機器・配管の減少のコストに対して新プラント船の
PGU 20 機、主推進モータ 2 機のコストを比較して考えるとイニシャルコストは少しアッ
プするものと考えられる。

今後の課題

- a)低燃費で環境対策に配慮した、PGU 専用の高速 4 サイクルディーゼル機関の開発。
- b)同上 PGU の量産化によるコストダウン。
- c)低価格の電気推進モータの開発。
- d)船内乗組員の作業分担の体制整備。
- e)港における PGU の整備・バックアップ体制の確立。
- f)当初より多機関電気推進システムを考慮した船体部および機関部の総合的設計。

10. 結言

本研究は新しい船舶の機関室のコンセプトを提案し、コンテナ船について詳細設計を
行ったもので、最後に記した今後の課題の諸問題点が順次解決されるならば、各種の船舶
に対して総合的に採用される可能性があると思ふ。

なお本研究に対して、貴重な資料を提供をして下さった各位に篤く感謝致します。

参 考 文 献

- 1) 橋井正昭,他：電気推進船における多数決待機冗長系の信頼性評価,関西造船協会誌, No.209,Jun.1988
- 2) Shimamoto,K.et al., : New Design Concept of Marine Multi-Engine Electric Propulsion Plant,ISME Kobe '90 講演論文集,ppE-5-1~8,1990
- 3) 島本幸次郎,他：多機関電気推進船の推進システムに関する設計検討(内航カーフェリーについて), 関西造船協会春季講演会論文集,1999年5月,pp113~
- 4) 島本幸次郎,他：多機関電気推進船の推進システムに関する設計検討(その2)(自動車運搬船について), 関西造船協会春季講演会論文集,2000年5月,pp185~
- 5) 島本幸次郎,他：多機関電気推進船の推進システムに関する設計検討(その3)(バルクキャリアについて), 関西造船協会春季講演会論文集,2001年5月,pp167~
- 6) 島本幸次郎：多機関電気推進船の推進システムに関する研究(内航カーフェリーについて),福井工業大学研究紀要,第32号,2002年3月,pp91~97
- 7) 二俣圭吾,他：多機関電気推進船の推進システムに関する設計的研究,福井工業大学卒業論文,2002年1月
- 8) Shimamoto,K: A Study on Marine Multi-Engine Electric Propulsion System, New S-Tec 2002 (In APMC-Asia Pacific Maritime Congress) ,May 2002,pp165~169

(平成14年11月27日受理)