

内航船の多機関電気推進システムに関する研究 —沿海観光クルーズ船についての設計—

島本 幸次郎*・小椋 裕也**

A Study on Marine Multi-Engine Electric Propulsion System For Coastal Ship — In Case of Coastal Cruise Ship —

Kojiro Shimamoto and Yuya Ogura

The authors have proposed that an 800kW diesel-electric power generator unit (to be called PGU hereinafter) which is incorporated in a 20-foot ISO container and 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.

The purpose of this new plant is : First, higher reliability of ship's propulsion system having redundancy by providing plural PGUs on one hand, :Second, un-manned engine room by maintenance -free on board on the other. This paper demonstrates the above designing concept adopting a coastal cruise 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))

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り、一方では推進動力として冗長系を有し高信頼性を得ると同時に、もう一方では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沿海観光クルーズ船に適用して設計・検討を行った。(参考文献5))

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

* 機械工学科 ** 機械工学科卒業生

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 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 3) に示しているの、ここでは省略する。

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 1 機の推進用電動モータを装備し、その動力源として、7 機の PGU を居住区の後方の新設甲板上に装備した。図 1 は新推進システムの概念図を示す。

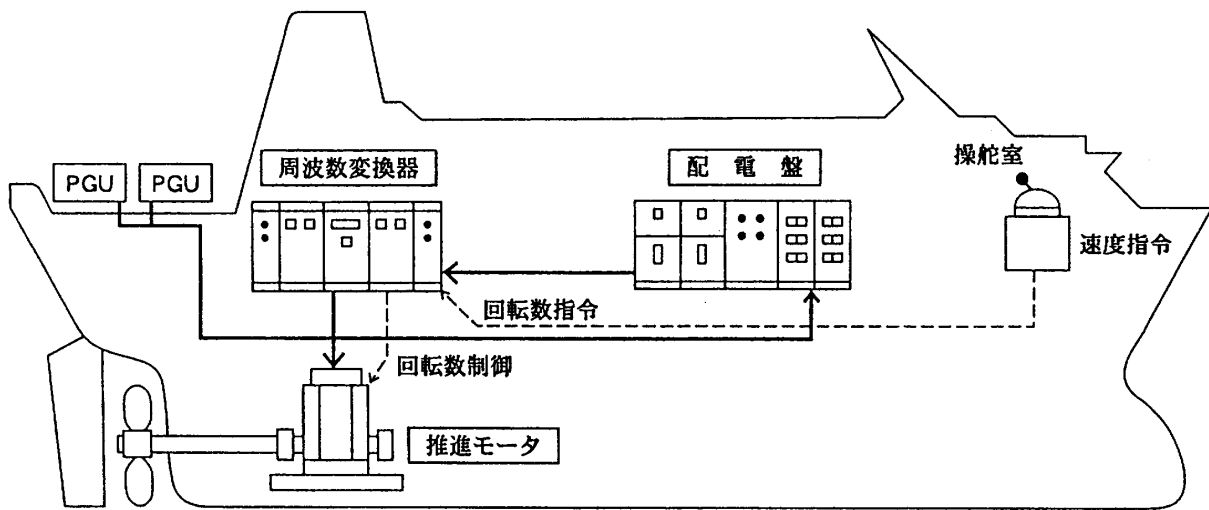


図 1 新プラント船の推進システム概念図

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沿海観光クルーズ船で、全長 106m、総トン数(DW)4,400 トン、最大搭乗船員 1,100 人、航海速度 18 ノット、ディーゼル主機最大馬力 5,870 馬力 1 機である。新プラント船はできるだけ元のモデル船の船体部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. 機関部ヒートバランス線図

新プラント船の機器リストに基づき、新プラント船のヒートバランス線図を作成し、各種の配管系統線図を作成した。図 4 はサンプルとして、新プラント船のヒートバランス線図を示す。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。

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5および図6は新旧の機関室側面配置図の一例を示す。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。

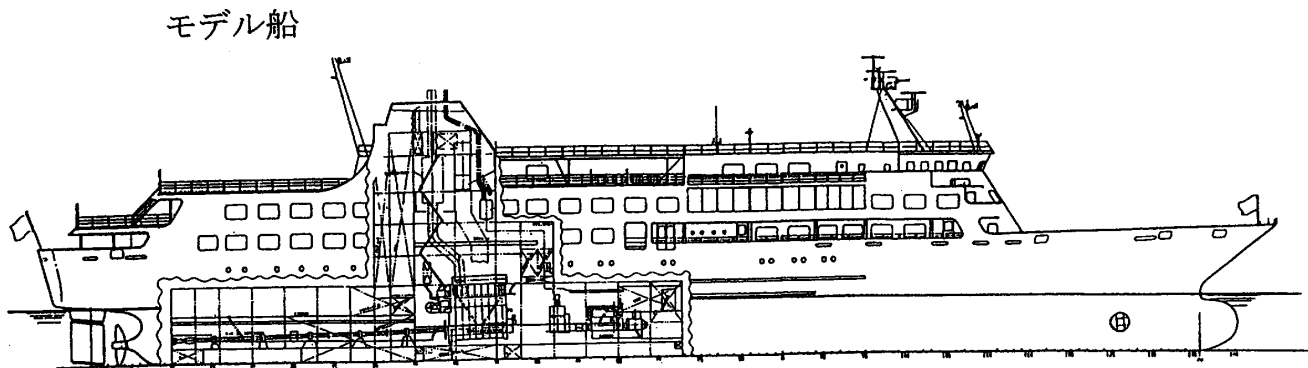


図2 モデル船全体側面図

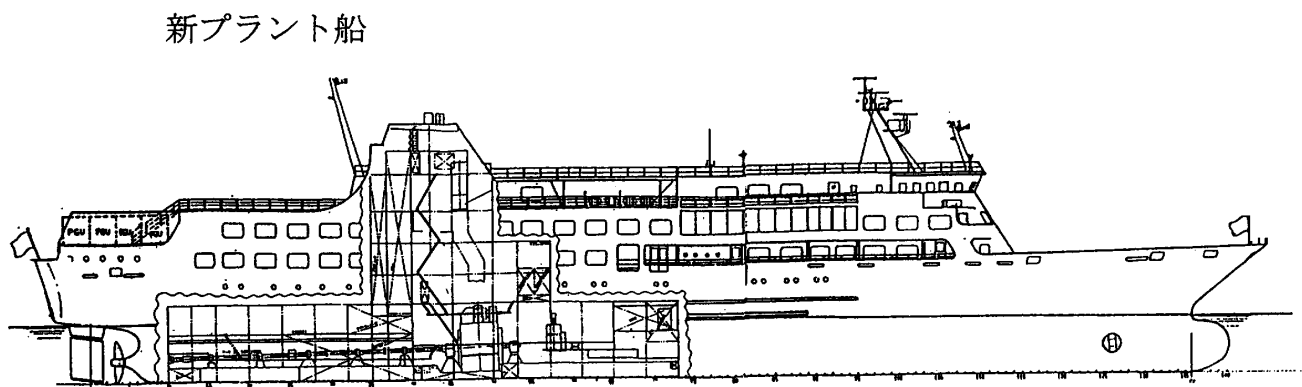


図3 新プラント船全体側面図

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(m)	106	
総トン数(トン)	4408	
最大出力(PS) × 回転数(rpm)	5870 × 210	
満載航海速度(ノット)	18	
最大搭乗人員(人)	1100	
主機関(PS × rpm × 基)	5870 × 210 × 1	—
主発電機(kw × 基)	560 × 3	—
推進モータ(kw × 基)	—	5600 × 1
PGU(kw × 基)	—	800 × 7

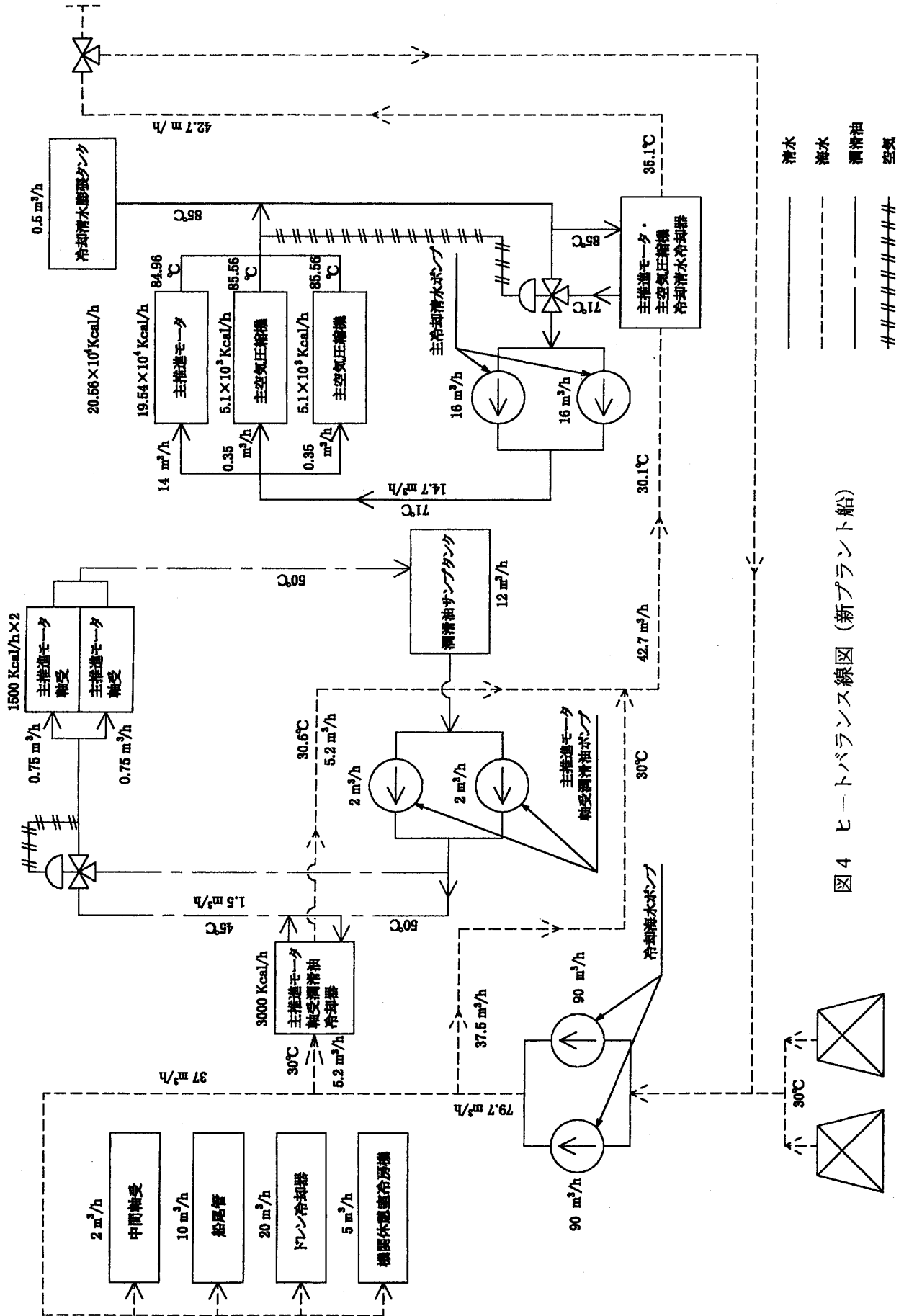


図4 ヒートバランス線図 (新プラント船)

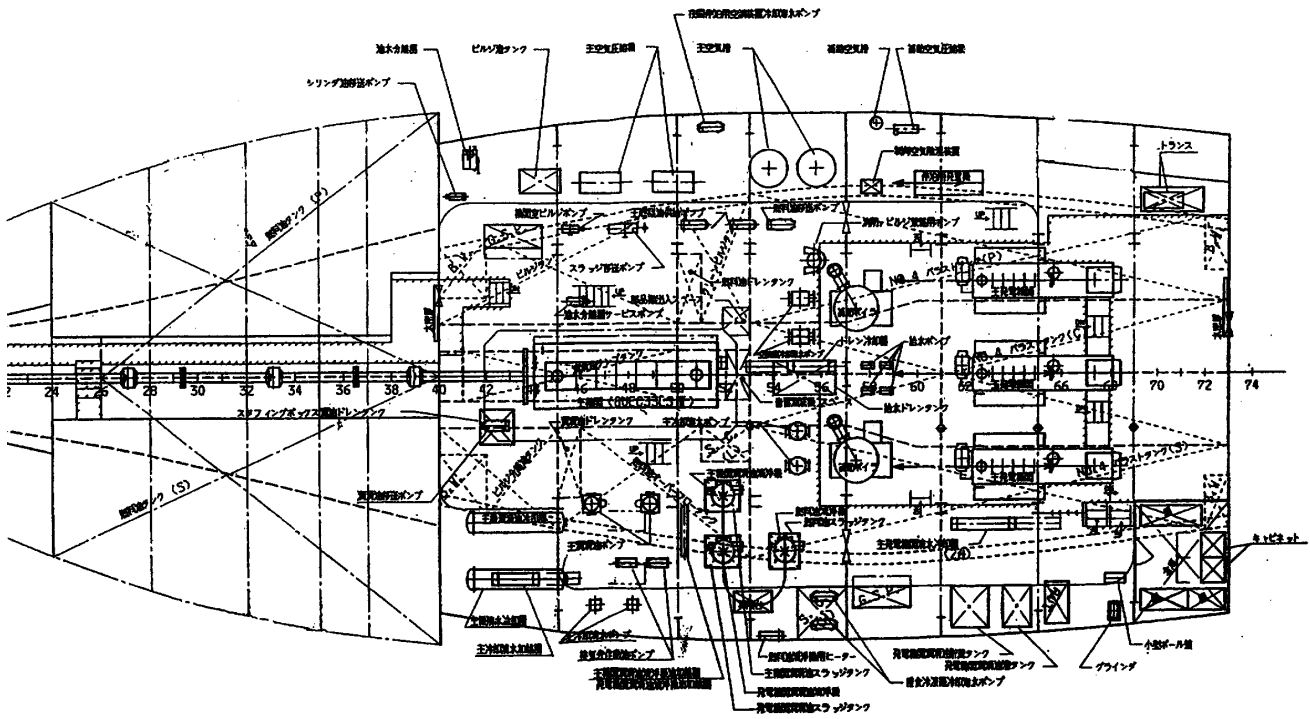


図5 モデル船の機関室平面図

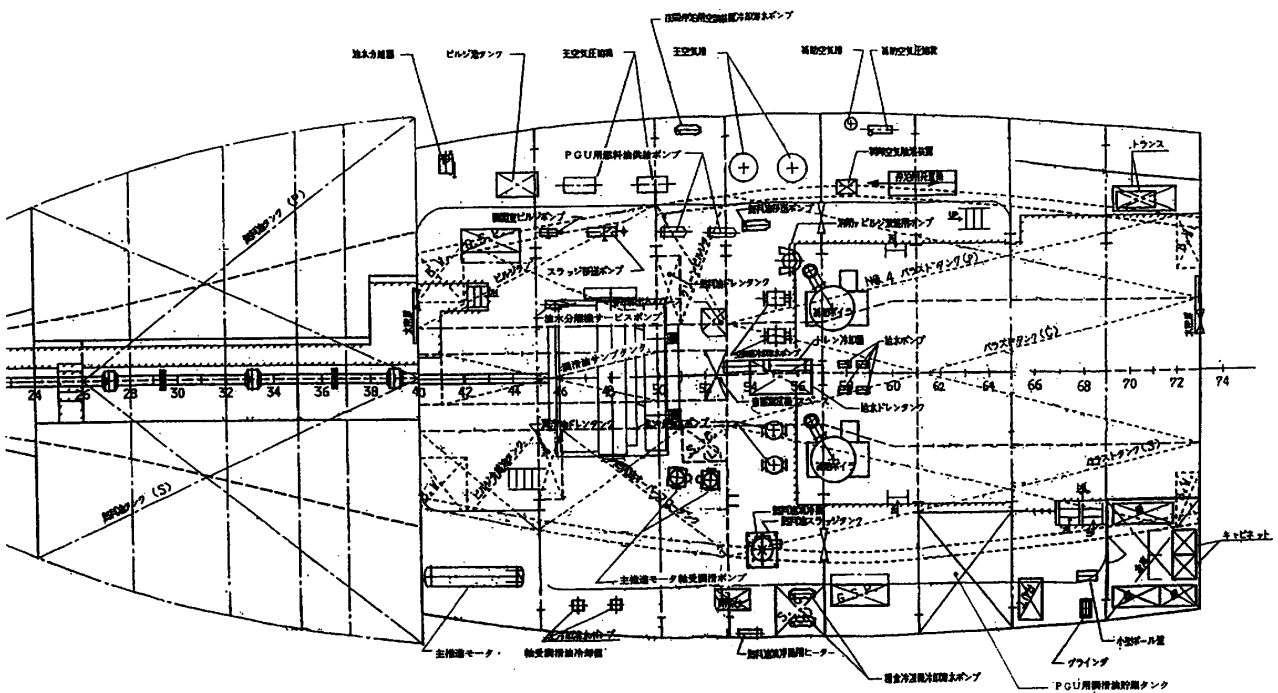


図6 新プラント船の機関室平面図

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（通常航海、出入港、停泊などの状態）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。

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

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

- 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、停泊などの各状態）の船内の需要電力によって決定される。

新プラント船の需要電力の合計は、通常航海では平均で約 4,687kw、ピークで約 5,404kw となり、PGU の運転台数は 7 機運転とした。今回は沿海航路のこととて予備機は無しとして、合計 7 機設置した。運航状態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

運行状態	通常航海		出入港		停泊(催時)		停泊	
	Ave	Peak	Ave	Peak	Ave	Peak	Ave	Peak
推進力(kw)	3670	4318	734	864	0	0	0	0
推進用電力(kw)	3863	4546	998	1174	0	0	0	0
船内各補機電力(kw)	824	858	1363	1388	769	833	301	379
総合電力(推進用電力+船内各補機)	4687	5404	2361	2562	769	833	301	379
PGU稼働台数	7	7	4	4	2	2	1	1
PGU発電機稼働全出力(kw)	5600	5600	3200	3200	1600	1600	800	800
PGU発電機出力需要率(%)	84	96	74	80	48	52	38	47

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 7,600kw 主推進モータ 1 機を設置した。

2) 1機 800kw の出力を有する PGU を 7 機を、陸上への交換が容易なように、煙突後方の新設甲板上に設置した。船の運航状態に応じて最大 7 機を使用して推進用と船内電力を賄わせることとした。

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

新電気推進システムのメリットを下記に示す。電気推進システムは後に述べるような問題点（デメリット）を有するにもかかわらず近年内航船舶を中心に多く採用されるようになってきている。（参考文献 6),7),8),9)）社会環境の変化と強いニーズが諸デメリットより上回ることが認識され実証されてきたためと考える。

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。その結果客室の増加や乗組員スペースの増加が可能となる。

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。また機関の回転数が一定なので従来大型機関の低速域での NOx の発生は大幅に減少する。

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) イニシアルコストのアップ

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 7機、主推進モータ1機のコストを比較して考えるとイニシアルコストは多少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、沿海観光クルーズ船について詳細設計を行った。前節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考えられる。

最後に、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します。

参考文献

- 1) 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
- 2) 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~
- 3) 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~
- 4) Shimamoto,K: A Study on Marine Multi-Engine Electric Propulsion System, New S-Tec 2002 (In APMC-Asia Pacific Maritime Congress),May 2002,pp165~
- 5) 小椋裕也,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,2003年1月
- 6) 米倉信義,他 : 内航船電気推進システム船の概要,日本学会マシニング学会誌,第38巻,第9号,2003年9月,pp11~
- 7) 佐藤芳巳 : DAT の電気推進システムの概要,日本学会マシニング学会誌,第38巻,第9号,2003年9月,pp2~
- 8) 横山直彦 : 最近の電気推進システム,日本船舶機関学会誌,第32巻,第9号,1997年9月号,pp720~
- 9) 板谷均,大型海洋観測研究船「みらい」の電気推進装置,日本船舶機関学会誌,第32巻,第9号,1997年9月号,pp729~

(平成15年11月21日受理)