

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の設計－

島 本 幸次郎*

A Study on Marine Multi-Engine Electric Propulsion System

－ In Case of Coastal Car-Ferry －

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 feet ISO container, shall be applied in electric propulsion systems for all kinds of ship. The above PGU features that a newly-introduced marine machinery plant consists of (many) PGUs that cover both power sources of propelling ship and onboard electric services simultaneously.

Thus, the above new plant aims at higher reliability of ship's propulsion system having redundancy by providing spare PGU(s) 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 by adopting a coastal car-ferry 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、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。

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と同時に船内のサービス電力も賄うシステムである。また一方、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共に、他方メンテナンスフリーによる機関室の(完全)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カーフェリーに適用して設計・検討を行ったものである。

2. 概要

2.1 発電機ユニット

* 機械工学科

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 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は各 PGU 内で独立して行う。図

1 に PGU の内部側面図を示し、表 1 に PGU 用の機関部の要目を示す。

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 2 機の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装備し、その動力源として、6 機の PGU を装備した。図 2 は新推進システム概念図を示す。

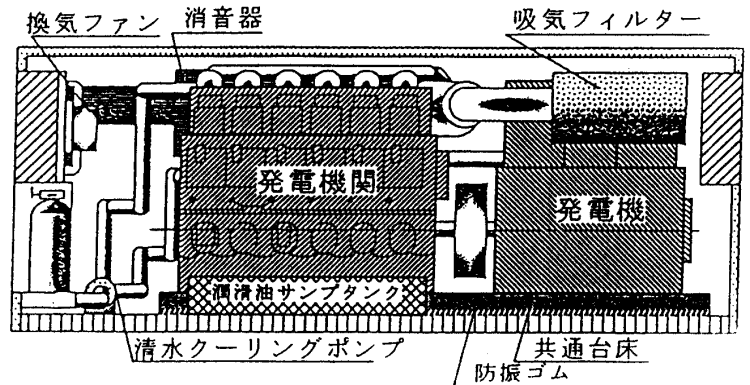


図 1 PGU内部側面図

表 1 PGU主機関要目

型 式	4サイクル・水冷空冷式 過給機・空気冷却式付 ディーゼル機関
シリンダ型式	直列6気筒
ボアXストローク(mm)	240x300
総排気量(cc)	81,000
連続最大出力(PS,kwxrpm)	1200, 833x900
平均有効圧(bar)	20.1
圧縮比	12.5:1
始動方式	空気注入式
燃料油	A重油またはC重油
乾燥重量(kg)	8,200
長さx幅x高さ(mm)	3,190x1,380x2,120

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内航カーフェリーで、航海時間は平均 30 分で沿岸や島と島の間を巡航するもので、夜間は運航しない。旅客定員は約 450 名、搭載最大乗用車数は 40 台である。モデル船と新プラント船の代表的な要目の比較を表 2 に示し、新プラント船の全体図を図 3 に示す。

表 2 モデル船と新プラント船の要目比較

	モデル船	新プラント船
全長X幅X喫水(m)	60.56X14.00X2.90	同 左
総トン数(トン)	698	同 左
航海速力(ノット)	15.8	同 左
最大搭乗人員	旅客450名,乗組員8名	同 左
主機関/主推進モータ	2000(ps)x2機	1500(kw)x2機
発電機/PGU	300(ps)x2機	1200(ps)x6機
主発電機/PGU	200(kw)x2機	800(kw)x6機
プロペラ	5翼一体型	可変ピッチプロペラ

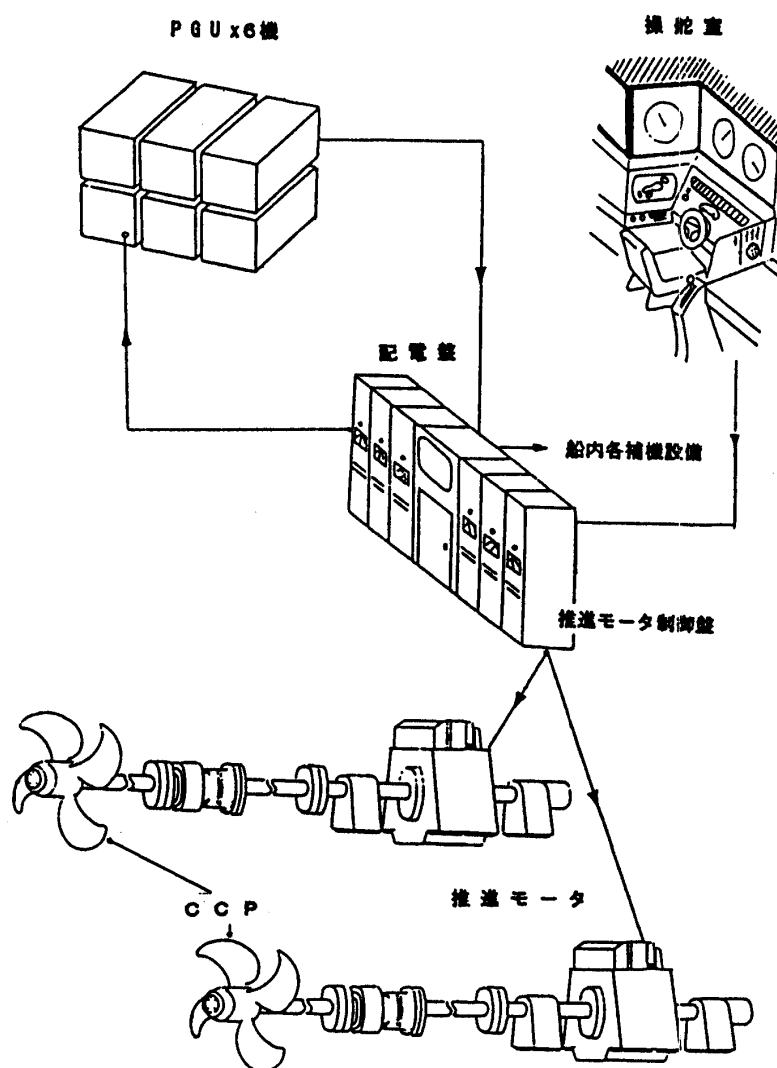


図 2 推進システムの概念図

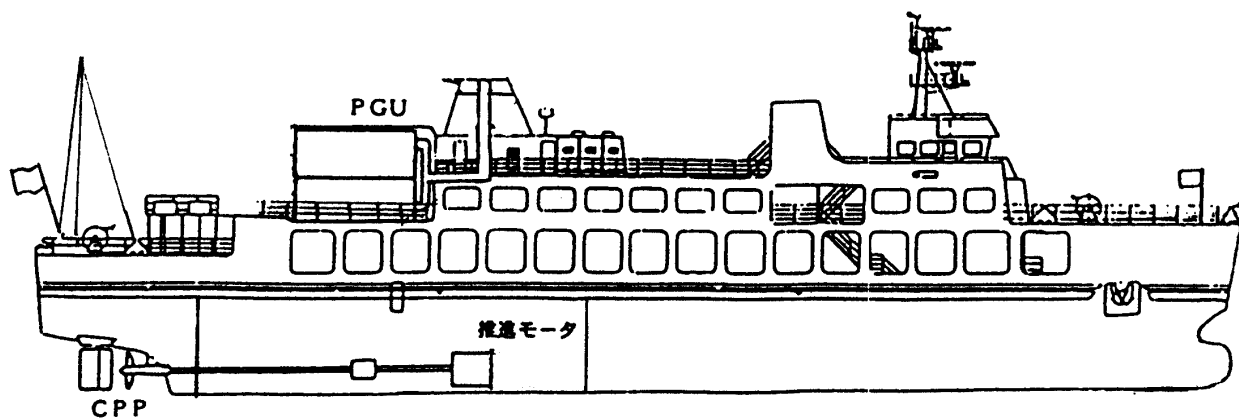


図 3 新プラント船全体側面図

P_{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

各電力表についてはここでは省略する。

5.2 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、船の推進の運航モード（通常航海、出入港、乗下船の各モード）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、通常航海で夏場の場合、平均で約 2620kw、ピークで約 3260kw となり、PGU の運転台数は5機運転とした。これに1機の予備機を加え、合計6機設置した。計算の総括を表3に示す。

表3 新プラント船 総合電力表(kw)

船の運航状態		通常 航海(夏)	通常 航海(冬)	出入港 (夏)	出入港 (冬)	乗下船 (夏)	乗下船 (冬)
推進力	Ave.	2352	2352	470	470	0	0
	Peak	2940	2940	588	588	0	0
推進用 電力	Ave.	2475	2475	495	495	0	0
	Peak	3094	3094	619	619	0	0
船内 電力	Pave.	148	141	179	172	102	95
	Ppeak	163	156	187	180	127	120
合計 電力	PAve.	2623	2616	674	667	102	95
	PPeak	3257	3250	806	799	127	120
PGU 稼働台数		5	5	1(3)	1(3)	1	1
PGU 稼働率(%)	EDF PAve.	73.6	72.7	84.3	83.4	14.2	13.2
	EDF PPeak	90.5	90.3	56.1(2)*	55.5(2)*	17.6	16.7

*出入港時のPeakはランニングスタンバイ機が自動同期投入する

6. 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2機を撤去し、そのスペースに同等の推進力が得られる各 1500kw 主推進モータ2機を設置した。

2) 1機 800kw の出力を有する PGU 6機を、陸上への交換が容易なように、煙突後方の暴露甲板上に設置した。船の運航状態に応じて最大5機を使用して推進用と船内電力を賄わせ、残り1機を予備とした。

3) 本内航カーフェリーは出入港の頻度が高いために、前後進の切り替えや増減速の制御がし易いように CPP を採用した。

4) 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・クーラなどの補機が大幅に削減でき、シンプルな機関室となった。

7. 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)港内低速域での大気汚染ガスの低減：近年排気ガスの NO_x, SO_x に対する規制は逐次厳しくなり、時に船舶にたいしてはIMO(International Maritime Organization)の規制より、各国・各地港湾での規制の方が厳しくなりつつある。入港・出航時はディーゼル主機関の負荷は最大負荷の20~25%程度であり不完全燃焼による排ガス規制をクリアするのは難しい。今のままでは、港外からタグボートで曳航する必要さえ論じられ始めている。本論文のシステムではPGUの台数を制御することにより、PGUの燃焼に最も適した負荷近辺で運転が可能となるため、最近の厳しい排ガス規制に対応できる。

8. 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。このため発電機効率と電動機効率を相乗すると約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2機、ディーゼル発電機2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 6機、推進モータ2機、CPP 2機のコストを比較して考えるとイニシア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) 船内の乗組員の体制整備
- e) 港における PGU の整備・バックアップ体制の整備
- 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

9. 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、内航カーフェリー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える。

なお本研究の貴重な資料を提供して下さいました各位に篤く感謝致します。

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) Yabuki, S. et al. : New Concept of Propulsion Systems, ISME Kobe '90 講演論文集, ppA-8-15~22, 1990
- 3) 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
- 4) 池田良穂 : 内航客船とカーフェリー, 成山堂書店, 1996
- 5) 石原里次 : 船舶の軸系とプロペラ, 成山堂書店, 1995
- 6) 船用機関研究グループ : 船用機関データ便覧, 成山堂書店, 1986
- 7) 関西造船協会 : 造船設計便覧, 海文堂, 1983
- 8) 吉村 達, 他 : k-out-of-n システムによる船舶推進システム, 日本船用機関学会誌, 1999-3, pp188~194
- 9) 磯部大輔, 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, 1999-1
- 10) 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, 関西造船協会春季講演会論文集 1999-5, pp113~
- 11) 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), 関西造船協会春季講演会論文集, 2000-5, pp185~
- 12) 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), 関西造船協会春季講演会論文集, 2001-5, pp167~
- 13) 華山伸一, 他 : 国内における船舶からの NO_x 排出の現状と今後の船舶機関について考える, 日本マリンエンジニアリング学会誌, 2001-9, pp34~39

(平成13年10月23日受理)