漁業練習船における発電機負荷の不等率*

酒井久治**・北野庸介**
熊谷和哉**・山根勝行**
芦田二郎**・秋澤速夫**

Diversity Factor of Generators Load for Fishing and Training Vessel.

By Hisaharu Sakai, Yosuke Kitano, Kazuya Kumagae, Katsuyuki Yamane, Jiro Asida, Hayao Akizawa

In case of fishing and training vessel, electric equipments are more than that of the similar sizes' merchant ship. When the value of diversity factor is overestimated and underestimated, estimated necessary power and practical necessary power differ remarkably from each other in value, for this reason, generator has engine trouble.

Therefore, diversity factor is factor that produces an great effect on the estimated necessary power.

As the estimated necessary power must be grasped accurately, we researched, here the operating condition of automatic start-stop machines and electric power consumptions for the conditions of summer navigation, winter navigation, fishing and mooring on experiment vessel.

we came to the following conclusions;

- 1) we are apt to adopt excessive value of the diversity factor (%) on the fishing and training vessel.

There is not a difference of value under the various operating conditions, and as a value of that, we recommend the use of 35%, where;

$$\text{Diversity Factor}(\%) = \frac{\text{Maximum required electrical power}}{\text{Sum of maximum required electrical power of each intermittent service load}} \times 100[\%]$$

- 2) There is not a very difference of load factor under the various operating conditions, and as a value of that, we recommend the use of 65%,

- 3) As such the fluctuations in the necessary power during a day can not be found easily, we can apply the method that estimate the necessary power, the same method as a merchant ship uses, it is the method which convert the total of intermittent load in continuous load using diversity factor.

1. はじめに

不等率は、発電機容量を決定する際、その基礎となる需要電力を推定する方法において、間欠使用負荷の合計を不等率で除算することによって連続使用負荷に換算する係数として用いられている。

漁業練習船は、同程度の総トン数を有する貨物船に比べて搭載機器が多いため、不等率の過大、過小評価により推定需要電力が著しく実際と異なり不具合を生じる。したがって、不等率は需要電力の推定に大きな影響を及

ぼす要因となり、適正な発電機容量を決定する上で正確な数値を知る必要がある。

著者らによれば、漁業練習船の場合、不等率は商船に比べて小さな値¹⁾が用いられ、全般的に発電機の低負荷運転が見られた。また同時に通常航海夏における不等率も推定している。しかし、需要電力を正確に把握することからも、漁業練習船に欠くことのできない他の航海状態の不等率も推定する必要があるため通常航海冬、操業時、停泊時の各状態について電力使用状況や間欠使用機器の運転状況を観測し不等率、運転率、日間変動の考察を行った。

したがって、著者らが前回発表したものと若干重複するところがあるが、漁業練習船の建造に当たって需要電力を推定する参考資料として若干の考察と知見を得たので報告する。

*原稿受付 平成1年11月13日

平成元年秋期学術講演(平成1年10月19日)

**正会員 東京水産大学(東京都港区港南4-5-7)

2. 計測方法

現在、多くの漁業練習船は船尾式スタントロール船であるが、総トン数は500トンから2,000トンと幅が広い。そこで比較的船齢の低い700トン前後の練習船を供試船として、電力調査表に記載されている通常航海夏、通常航海冬、操業、停泊の各状態について機関室に設置されている自動発停機器の運転状況、発電機の発生電力、積算電力量を24時間連続して計測した。

表1に供試船である東京水産大学練習船“神鷹丸”の要目、表2に供試船の電力調査表の概略、表3に各航海状態の概要を示す。なお運転状況を計測した自動発停機器は、表3に示す機器であり、操業は、鮪延縄（はえなわ）操業時である。

表1 供試船の要目

総 ト ン 数	649トン
全 長	53m
主 機	2100PS
発 電 機	400kVA × 2 200kVA × 1
定 員	69
竣 工 年 月 日	1984.12

3. 測定結果と考察

3.1 不等率 不等率は、負荷個々の設備の最大需要電力と総合最大需要電力の比で表され、“1”より大きい数値である。需要電力を推定する場合、間欠使用負荷の合計を不等率で除すため、漁業練習船の多くは不等率の逆数をパーセントで表示し、これを間欠使用負荷の合計に乗算する方法を採用している。したがって本報では、不等率の逆数について考察したので不等率と区別するため、不等率の逆数を不等率（％）で表すことにする。

船内における間欠使用負荷の不等率（％）の推定は、全ての電気機器の運転状況を把握する必要があり困難なので、機関室内に設置されている自動発停機器の運転状況から不等率（％）の推定を行った。したがって、自動発停機器個々の実際の所要電力とある時刻における運転中の機器の所要電力との比が最も不等率（％）に近似しているものと考え、24時間連続した自動発停機器の運転状況から1分毎にこの比を算出した。

$$\text{不等率（％）} = \frac{\sum kx_i}{\sum x_i} \times 100 \text{ [％]}$$

k : 運転係数、運転 $k=1$ 、停止 $k=0$

x_i : i 番目の機器の所要電力

所要電力は、所要の運転における電圧、電流を計測し、モータ類は力率80％、ヒータ類は100％として電力を算出した。その結果を電動機の定格出力と共に表4に示す。

図1～4は縦横に不等率（％）のパーセント、横軸に時間を取り計算結果を表示したもので図1は通常航海夏、図2は通常航海冬、図3は操業時、図4は停泊時である。なお図中の折れ線は60分の移動平均であり、計算に使用した自動発停機器は表3に示す機器の内、糧食並びに空調用冷凍機を除いた機器である。一般にこれらの冷凍機は、連続負荷に算入するため、不等率（％）の対象となる機器に入れなかった。

図からわかるように全航海状態で40～50％を一番多く示している。これは不等率（％）の推定に使用した機器の内、比較的容量が大きく運転時間の長い機器は主空圧縮機と温水器だけであり、どちらか一方が運転されれば不等率が40～50％を示し、両機器が同時に運転されれば80％を示す。したがって両機器の同時運転時間が少なく、他の機器の負荷も小さいので40～50％を示す時間が多くなったと思われる。

供試船においても、電力調査表は不等率を45％としているので上記の計測結果とほぼ一致している。しかしこれらの不等率（％）は、間欠使用負荷の中でも特に運転する頻度が高い自動発停機器について算出したものであるから他の機器の運転率を考慮すると、これより低い数値を取ると考えられる。

通常航海冬では外気温度が低いので、入浴時におけるシャワーの温水使用量が増え、表4に示すように温水器の運転率が18.3％から36.5％に上昇している。その結果、夏の3状態に比べて入浴時間帯である16から0時の波形が若干異なっている。

鮪延縄操業の形態は、4時から8時にかけて1単位400mの延縄（ロープ）を200単位、連続上に連結して10ノット前後で投入する。この時操業用機器は運転しない。8時から12時にかけて最初の投入点に戻る。そして13時から20時にかけて4ノット前後で揚げ縄作業を行う。需要電力から見ると減速時の通常航海夏であり、揚げ縄作業時には、これに操業用機器の需要電力（大部分の機器は連続使用負荷）が上乗せされる。したがって図が示すように通常航海夏と操業時の差異はほとんど見受けられない。

停泊時、不等率（％）は他の3状態と同じ数値を示しているが移動平均は若干小さい。これは主機関連機器である主空圧縮機と燃料サービスポンプの運転率が小さいので、計測中の自動発停機器の内、同時に停止している時間が長くなった結果と思われる。

以上により間欠使用負荷全体の不等率（％）は，商船において 33％前後を採用していることから航海状態の相違に関係なく 35％が適当であると思われる．したがって，著者らによって発表¹⁾された不等率（％）のアンケート調査における漁業練習船全体の平均値が，全ての航海状態において 50％前後であることから漁業練習船の場合，電源設備容量を計画する際に過大な不等率（％）を採用しているものと思われる．50％前後の不等率（％）を採用した理由として考えられることは，連続使用負荷に対する間欠使用負荷の比が商船に比べて大きいのではないと思われる．

いま，不等率影響係数 α なるものを考える．

$$\text{不等率影響係数 } \alpha = \frac{\sum p_i}{\sum p_c + \sum p_i}$$

$\sum p_c$ ： 連続使用負荷の合計 [kw]

$\sum p_i$ ： 間欠使用負荷の合計 [kw]

すなわち，不等率（％）の大小によって推定需要電力がどの程度影響を受けるかを表す尺度を考えた．船用電気便覧²⁾に記載されている商船の電力調査表によれば，不等率影響係数 α は航海中ディーゼル船 0.15 である．またコンテナ船³⁾では 0.05，冷凍コンテナ用負荷を除けば 0.18 である．

これに対して供試船は，表 2 により通常航海夏 0.49 を示し，連続使用負荷の合計と間欠使用負荷の合計がほぼ同じ数値であることを表している．したがって漁業練習船は，商船と比較して搭載されている電気機器容量の内，間欠使用負荷の占める割合が大きいため，需要電力の推定時に不等率（％）を大きくして電力不足が生じないように安全側に考慮した結果であると思われる．

表 2 供試船の電力調査表の概要

	通常航海夏	通常航海冬	操業時	停泊時
間欠使用負荷 [kw]	166.1	166.1	194.1	127.3
不等率	0.45	0.45	0.45	0.25
換算連続負荷 [kw]	74.7	74.7	87.3	31.8
連続使用負荷 [kw]	175.2	191.4	380.3	41.3
推定需要電力 [kw]	249.9	266.1	467.6	73.1
発電容量 [kw]	320	320	640	80

表 3 計測した各航海状態の概要

	通常航海夏	通常航海冬	操業時	停泊時
計測年月日	1987, 3, 2 ~ 3	1987, 1, 26 ~ 27	1987, 2, 14 ~ 15	1989, 7, 24 ~ 25
乗船人数 [人]	48	48	48	40
平均外気温度 [°C]	27.0	9.2	26.2	27.7
平均海水温度 [°C]	26.8	18.8	26.5	24.7
24時間電力量 [kWh]	2861	2838	3462	2097
1日平均電力 [kW]	119	118	144	87
最高電力 [kW]	165	176	233	130
1日負荷率 [%]	72.1	67.0	61.8	67.2
魚倉用冷凍機の運転台数	連続 1 台	連続 1 台	連続 1 台 間欠 1 台	停止
空気調和装置	冷房	暖房	冷房	冷房

図1 推定した不等率の24時間変化—通常航海夏

図2 推定した不等率の24時間変化—通常航海冬

図3 推定した不等率の24時間変化—操業

図4 推定した不等率の24時間変化ー停泊

図5 需要電力の24時間変化ー通常航海夏

図6 需要電力の24時間変化ー通常航海冬

図7 需要電力の24時間変化—操業

図8 需要電力の24時間変化—停泊

表4 自動発停機器の運転率

	電動機の 定格出力	所要動力	通常航海夏	通常航海冬	操業時	停泊時
主空気圧縮機	15.0kW	16.6kW	18.3	7.8	21.1	4.4
燃料サービスポンプ	0.8kW	0.8kW	15.1	14.2	5.9	0.0(2)
1号汚水排出ポンプ	2.2kW	2.9kW	0.4	0.6	0.7	0.8
2号汚水排出ポンプ	2.2kW	2.9kW	0.7	0.8	0.4	0.4
雑用清水ポンプ	3.7kW	2.6kW	6.9	2.9	6.7	7.3
清水ポンプ	3.7kW	2.6kW	1.5	1.3	1.5	0.8
温水器	20.0kW	21.4kW	18.3	36.5	17.6	18.2
糧食用冷凍機	3.7kW	3.7kW	77.7	34.2	64.0	57.9
1号空調冷凍機	7.5kW	7.0kW	100.0	---(1)	95.5	98.8
2号空調冷凍機	11.0kW	10.0kW	80.8	---	82.4	100.0
3号空調冷凍機	11.0kW	10.0kW	33.5	---	25.1	54.1

(1): 運転中止中の機器

(2): 自動運転中であるが24時間停止していた機器

3.2 自動発停機器の運転率 運転率は、ある時間内における運転時間の比であり、次式により求める。

$$\text{運転率 (\%)} = (T_r / (T_r + T_s)) \times 100$$

T_r : 運転時間

T_s : 休止時間

自動発停機器の運転状況により算出した各航海状態の運転率を表4に示す。

全体的な傾向として、航海の形態による相違は余り見られない。むしろ自動発停機器は乗組員のためのサービス関連機器が多く占めるので外気温度の変化による影響が大きい。

需要電力を推定する際、機器の負荷容量をその運転状況から判断して連続使用負荷または間欠使用負荷に分類するが、冷凍機以外の機器を間欠使用負荷としていることは、運転率からみる限り妥当なことであると思われる。

今後の課題として、冬場の温水器が運転率40%前後を示すことから中小型船も含めて漁業練習船の場合、電気容量の変化が大きい制御方式を改め、需要電力の変動を小さくすることによって、結果的に需要率や不等率(%)を小さくする必要があるのではないと思われる。たとえば、空気調和装置の暖房装置について考えると、熱量計算によって得られた電熱器容量を群別によって制御する場合、制御される群を多くすることによって最大需要電力を小さくし、需要率を小さく設定して電源設備容量が過大にならない配慮が必要である。

3.3 負荷の日間変動 自動発停機器の運転状況を計測したときの負荷変動を図5～8に示す。図5は通常航海夏、図6は通常航海冬、図7は操業時、図8は停泊時である。一般に負荷変動の様子を分析すると、1)トレンド分、2)周期変動成分、3)ランダム変動成分の3成分により構成されている⁴⁾。

図は、各運航状態における24時間の電力変化を計測したのでトレンド分の推定は困難であり、周期変動成分は昼と夜との需要差を反映する日間変動である。またランダム成分は機器の発停等による変動と捉えることができる。

通常航海中、運航関連機器は昼夜の別なく運転され、船内の照明装置もほとんどが連続点灯されているので計測結果から判るように昼と夜との需要差による日間変動は余り大きくない。昼の12時～16時と夜の00時～04時の基底負荷の差を比較すると通常航海夏10kw、冬15kw、停泊時20kwであった。なお、停泊時の9時から12時にかけて需要電力の増加が見られるのは、出航前のスタンバイ作業並びに漁撈装置の試運転によるものである。

したがって、このように日間変動が小さいことは、漁業練習船において広く用いられている需要電力の推定方法、すなわち電気機器を連続使用負荷と間欠使用負荷の2群に区分し、不等率によって間欠負荷を連続に換算した後、連続使用負荷の合計を加算する方法の適用に、問題がないように思われる。また、負荷率は次式で表される。

$$\text{負荷率} = \frac{\text{ある期間中の負荷の平均需要電力}}{\text{同期間中の負荷の最大需要電力}} \times 100 [\%]$$

これは燃費計算に際し平均電力を算定する目的で使用され、特に電力調査表において推定された需要電力(最

大電力)から1日の平均電力が推定できる。陸上における負荷率の期間は1日、1月、1年などの別があるが、船舶では航海状態の別によって需要電力を推定するため1日の負荷率を求めることが多い。各航海状態の1日平均電力、最高電力、1日負荷率を表3に示す。通常航海夏及び冬は基底負荷並びに需要電力も大きく変動しないので、負荷率も60～70%を示す。供試船の負荷率は、航海状態によって大きく変化せず概略65%として差し支えなく、他の漁業練習船においても同じ傾向であると思われる。

4. ま と め

機関室に設置してある自動発停機器の運転状況から不等率(%)の推定を行った結果、次の事項が明らかになった。

- (1) 漁業練習船の場合、不等率(%)に過大な数値(50%前後)が採用されているが、航海状態による相違はあまりなく35%が適当である。
- (2) 負荷率は、航海状態によって大きな変化がなく65%である。
- (3) 消費電力の日間変動があまりないので、商船の同様に漁業練習船においても不等率(%)により間欠使用負荷の合計を連続使用負荷に換算して、需要電力を推定する方法を適用することができる。

文 献

- 1) 酒井 ほか3名, 舶機誌, 24-10(平1-10), 436
- 2) 日本舶用機関学会編, 船舶電気・電気工学便覧, 海文堂, 47-50
- 3) 橋本千尋, 富山商船高等専門学校研究集録, 第20号, 43-54
- 4) 小池 編, 大学課程 電力発生工学, オーム社, 20

〔質 疑 応 答〕

質問者 神戸商船大学 武田幸男

〔質問〕 1. 商船と漁船の設備電力機器の相違に特徴的なことは何でしょうか

2. 個々の間欠運転用機器の容量が大きめに取られている事はないでしょうか。

〔回答〕

1. 基本的には、相違がないものと思います。

あるとすると、漁撈機器にあると思います。漁撈機械は魚を取る機械のため、微少な制御や任意の速度制御を必要とするので、需要率の評価が難しいと思われ、商船の荷役機械に相当するものと思います。また、バウスラスタや冷凍機のように1つの系統の機器だけで発電機定格出力の50%前後を持つ容量の機器が存在します。むしろ、漁業練習船も含めて漁船の場合、需要電力の推定時に不確定要素が多いと言う理由で不等率(%)等を過大に取るため、適正な発電機容量を決定できなかった場合の

方が問題ではないかと思ひます。

2. 不等率(%)の推定に際し、各間欠運転用機器の容量は、電動機等の定格出力を元に計算したのでなく、各機器の所要運転時の電圧、電流を計測し、モータ類の

力率を80%、抵抗負荷の力率を100%として算出した電力です。したがって、容量は各機器の実需要電力に近いものと考えますので、過大に評価したということはないと思ひます。