短 報

単船型まき網漁船のエネルギー消費の特徴

松田圭史,^{1a*} 伏島一平,¹ 大島達樹,¹
長谷川勝男,² 溝口弘泰²

(2015年4月16日受付, 2016年4月6日受理,
2016年6月8日J-STAGE早期公開)

¹(国研)水産総合研究センター[†]開発調査センター,
²同 水産工学研究所

Analysis of characteristics of energy performance
of solepurse seine vessel

KEISHI MATSUDA,^{1a*} IPPEI FUSEJIMA,¹
TATSUKI OSHIMA,¹ KATSUO HASEGAWA²
AND HIROYASU MIZOGUCHI²

¹Marine Fisheries Research and Development Center,
Japan Fisheries Research and Education Agency, Yokohama-City, Kanagawa 220-6115, ²National Research Institute of Fisheries Engineering, Japan Fisheries Research and Education Agency, Kamisu, Ibaraki 314-0408, Japan

キーワード: エネルギー消費特徴, 電力消費量, 燃油消費量, まき網漁船

漁船漁業は, 他産業に比べて経費に占める燃料費の割合が高い一方で, 価格の動向に敏感な流通業者や消費者等の影響により, 燃油コスト上昇分の魚価への転嫁が困難な状況にあり, 近年の燃油価格高騰もあって収支は逼迫している。¹⁾ 漁船の運航や操業等においてエネルギーを合理的に使用し, 燃油消費量の削減を図るには, 対象漁船のエネルギー消費の特徴を知ることが重要である。

漁船のエネルギー消費特徴を調べた例では, 底曳網漁船における航海や操業など行動別の燃油消費量とその割合, 操業時の船速と燃油消費量の関係²⁾や, 操業時の主機関やウインチ, 発電等の各システムでの燃油消費割合³⁾が明らかになっている。また, エネルギー消費特徴から燃油消費量の削減を図った例では, 底曳網漁船の網性能を改善することにより, 漁獲性能を維持しつつ, 以前の曳航速度であっても燃油消費量を減少させることに成功している。⁴⁾

しかしこれまでかつおまぐろ類を対象としたまき網漁業においてエネルギー消費の特徴について調べた例は見当たらない。燃油消費量の削減に取り組むためには, まき網漁船のエネルギー消費の特徴を知ることが欠かせない。本研究で対象とした単船型まき網漁船では, 漁獲物

の冷凍に多大な電力量を消費していると現場から指摘されてきたが, 実態は不明であった。また本船では, 主機関と補機関がどの程度の割合で燃油を消費しているかも不明であった。本研究では単船型まき網漁船において, 1航海間の操業日, 停泊日, 群れの探索日など日毎の行動別, さらに操業日については漁獲量の多寡の影響も含めて, 主機関と補機関の燃油消費量とその割合, および補機関から供給される電力の消費量について特徴を調べた。

ただし漁船のエネルギー消費の特徴は, 船の大きさや構造, エンジンの状態と使用傾向, 操業に使用した漁具の種類, 1航海当たりの日数, 漁場までの距離, 漁獲対象魚種とそれらの回遊ルート, 船内の電気機器等の主な使用時間帯と関連することが知られている。⁵⁾ よって, 本研究で使用した単船型まき網漁船においても, 上記の条件の変化があった場合や極端な不漁の場合(冷凍機がほとんど稼働しない時)は, これらの影響は本研究で得られたエネルギー消費特徴に反映されることが予想される。

調査は出港した2010年7月5日から帰港した2010年7月19日の間, 北部まき網漁業株式会社の所有する単船型まき網漁船「北勝丸」において行った。北勝丸は全長63.26 m, 型幅11.4 m, 型深さ6.60/4.06 m, 総トン数300 tであり, 主機関(型式6MG34HX, 定格最大出力2647 kW <3600 PS> × 600/240 rpm, 新潟原動機)を備えている。⁶⁾

調査期間中の油量の変動は, 流量計(A-C: オーバル製 FLOWPET-EG LS5376-430A, D: トキコ製 FGBB835BDL-74P)を用いて測定し, 以下の式から主機関及び補機関での1日当たりの燃油消費量(L)を求め, Fig. 1(a)に示した。

$$\text{主機関燃油消費量 (L)} : E = B - C \quad (1)$$

$$\text{補機関燃油消費量 (L)} : F = A - D - E \quad (2)$$

A: 油槽からリザーブタンクへの燃油汲み上げ量 (L)

B: リザーブタンクから主機関エンジンへの送油量 (L)

C: 主機関エンジンからリザーブタンクへの送油量 (L)

D: 搭載艇への給油量 (L)

調査期間中の補機関2機(型式FE547A-8: AC445V 3相60 Hz 750 kVA (600 kW) × 900 rpm, 大洋電機株式会社)から供給される電力の消費量の特徴調査は, 補機関由来の電力で稼働する機器のうち, 電力消費量が多いと考えられる主要電源系統18箇所に積算電力量計(多回路電力レコーダKK11シリーズ, TOSHIBA)を設置して, 30分毎の積算値として電力消費量を自動連

Fig. 1 (a) Fuel consumption (bars) of each experimental day. Fuel consumption rate [auxiliary engine/(main engine+auxiliary engine)] (closed circles). Upper graph shows main engine, lower graph shows auxiliary engine. Usually 2 auxiliary engines were operated except for 7/5, 7 and 13. (b) Power consumption of the electric power system from the auxiliary engine of each experimental day. The marks above the bars show the action of the ship (×, anchored in port; △, navigation without searching for shoal; ○, navigation with searching for shoal and operation; □, navigation with searching for shoal; ●, drifting in stormy weather). The numbers above the ○ marks show the total catch in weight per day.

続記録して行った (Fig. 2)。同様の方法で積算電力量計を用いて補機関2機の発電量も記録した (Fig. 2)。

把握できた電力消費量は全体の88.9%であり、漁作業に使用する機器類は「漁労」、漁獲物の冷凍処理に関わる機器類は「冷凍」、漁船の推進に関わる機器類は「機関」、乗組員の厚生に関わる機器類は「生活」の4つの系統に分類し、残り11.1%を「その他」として各系統の電力消費の特徴を明らかにした。

船全体の燃油消費量 (主機関燃油消費量+補機関燃油消費量) に占める補機関燃油消費量の割合は、港に停泊して主機関が稼働しなかった7月19日を除くと、14日間の平均は $29.1 \pm 10.6\%$ (平均値±標準偏差) になった。底曳網漁船 (総トン数52t) では船全体の燃油消費

Fig. 2 Electric power system from the auxiliary engine. The 20 measurement points by watt-hour meters in the electric power system are shown.

量に占める補機関燃油消費量の割合は10%である³⁾ため、単船型まき網漁船ではその約3倍も多くなる特徴が明らかになった。また、この割合は、操業を行い70トン以上の最も多い漁獲量があった7月9日と7月15日で45.0%, 50.9%と最も高かった (Fig. 1a)。反対にこの割合は操業をしたが漁獲量が無かった7月8日と、魚群を探すのみであった7月12日に10.5%, 16.9%と最も低かった (Fig. 1a)。これらの結果から、漁獲量が多い日は船全体の燃油消費に占める補機関燃油消費量の割合が高くなると言える。

また、主機関が稼働する日の主機関燃油消費量は船全体の燃油消費の約70%に及ぶため、状況に対応した合理的な船速で運航すること、不要な積荷等を降ろして船を軽くすること、適切な時期ごとに船体や舵、プロペラなどの清掃を実施することなどが省エネルギー化のためには望ましい。⁷⁾

電力消費量の計測を行った機器と調査期間中のそれぞれの機器の積算電力消費割合をTable 1に示す。調査期間中に測定した電力消費量の合計は、131,710 kWhとなり、「漁労」10.6%、「冷凍」62.0%、「機関」9.4%、「生活」6.9%の消費割合となった。底曳網漁船 (総トン数52t) では補機関由来のエネルギー消費量の60%が照明機器、25%が台所機器、10%が船橋機器、5%が給湯設備に使われる³⁾ため、単船型まき網漁船は、冷凍系統の電力消費量が顕著に大きいことが特徴といえる。かつおまぐろ類を操業対象とする北勝丸のような単船型まき網漁船では、漁獲物をブライン凍結するため、約-18℃のブライン液をブライン槽に作っておき、漁獲物をブライン槽に投入する (伏島, 未発表)。また操業期間中は漁獲時に備え、ブライン液はブライン槽とブラインクーラーを循環して約-18℃に保たれる。このため、ブライン液冷却用の冷凍機の電力消費は大きい。

調査期間中の日毎の北勝丸の動向と各系統の電力消費

Table 1 List of equipment measured by watt-hour meter, and respective power consumption rates.

System	Equipment	Model	Maker	(%)	(%)	(%)
Fishing	Electric hydraulic pumps (2)	K3VG280	Kawasaki Heavy Industries, Ltd.	2.3		
	Pump for miscellaneous use and firefighting water	VCQ-M200	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	5.5		
	Sea water service pump	FCL-80G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	0.9	10.6	
	Bilge pump	MCQL-80	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	0.1		
	Metal halide lamp	HOF-201S	Sanshin Electric Co., Ltd.	1.8		
Freezing	Refrigerators (5)	VZ-62HM140	Hasegawa Refrigeration, Ltd.	40.4		
	Cooling water pumps for condenser (2)	VMPS-200G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	9.8		
	Brine recirculation pumps (4)	VMPH-150G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	6.5	62.0	
	Sea water recirculation pump	VMPH-150G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	0.1		
	Slurry ice-maker	IG-24VM	Hitachi Zosen Co., Ltd.	5.2		
Engine	Lubrication oil pump for marine engine	DH-M100	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	0.1		100*
	Cooling fresh water pump for main engine	VMPH-100G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	1.8		
	Cooling sea water pump for main engine	VMPH-125G	Daito Pump Kogyo Co., Ltd.	2.4	9.4	
	Engine room ventilating fans (6)	HFS-75L	Taiyo Electric Co., Ltd.	5.1		
Living	Air conditioner for observation room	US2GER	Nissin Refrigeration & Eng. Co. Ltd.	0.3		
	Air conditioner for living room	ACU-90CR, AC 440 V	Nissin Refrigeration & Eng. Co. Ltd.	1.7	6.9	
	Provisions store	RKS-5FR, 3.34 kW	Nissin Refrigeration & Eng. Co. Ltd.	1.2		
	General lighting	AC 100 V: 10–60 W	Sanshin Electric Co., Ltd.	3.7		
Other				11.1	11.1	

Measurement period is July 5–19, 2010. * 100% = 131,710 kWh

量を Fig. 1(b) に示す。15 日間の調査期間の電力消費量の平均は $8,781 \pm 2,918$ kWh (平均値 $\pm$ 標準偏差) であった。また、1 日当たりの電力消費量と補機関での燃油消費量には有意な正の相関関係 ($R^2 = 0.673$, $P < 0.001$) が認められた (Fig. 3)。Figure 1(b) から操作を行い漁獲のあった日を中心として、事前にブライン液を冷却したり、日を跨いで漁獲物を凍結するため冷凍システムの電力消費量が多いことがわかる。例外として 7 月 6 日の魚群探索を行った日の冷凍システムでの電力消費量は大きくなっているが、原因は出港直後に漁獲物の冷凍処理に備えて新たにブライン液を作り、冷却を行ったためである (Fig. 1b)。入港前にブライン槽に空きがあれば、ブライン液を作り入港中に陸上由来の電力で冷却を行うことや、出港後に漁獲量が不確定な段階で、ブライン液凍結の準備をどの程度しておけば、漁獲現場で対応できるのか把握することが電力消費量の削減にとって重要であると考え。

謝 辞

本研究の遂行に当たり、ご助言とご協力いただいた北部まき網漁業株式会社所属の相沢照男氏、熊谷光政氏、松橋光明氏、株式会社前川電気の半澤良一氏、並びに関係者の方々に厚く御礼申し上げる。同じく笹尾信氏、日野厚生氏、小田健一氏に御礼申し上げる。

文 献

- 1) 水産庁. 平成 20 年度水産白書. 2008; 7–8.
- 2) 駒井啓一・岡野 喬. 内航船および漁船の省エネ診断推進事業—財省エネルギーセンターにおける 3 年間の取組.

Fig. 3 Correlation of power consumption of the electric power system from the auxiliary engine and fuel consumption of the auxiliary engine on each experimental day.

- 3) Thomas G, O'Doherty D, Sterling D, Chin C. Energy audit of fishing vessels. *Proc. Inst. Mech. Eng. M J. Eng. Marit. Environ.* 2010; **224**: 87–101.
- 4) Parente J, Fonseca P, Henriques V, Campos A. Strategies for improving fuel efficiency in the Portuguese trawl fishery. *Fish. Res.* 2008; **93**: 117–124.
- 5) Basurko OC, Gabina G, Uriondo Z. Energy performance of fishing vessels and potential savings. *J. Clean Prod.* 2013; **54**: 30–40.
- 6) 北部まき網漁業株式会社, 新潟造船株式会社. 300 噸単船式まき網漁船 “北勝丸”. 海洋水産エンジニアリング, 海洋水産システム協会, 東京, 2007; 56–68.
- 7) 独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所, 開発調査センター. 漁船漁業の省エネルギーに向けて. 2013. (<http://nrife.fra.affrc.go.jp/seika/syouene/guide.pdf>, 2015 年 9 月 18 日)

日本マリンエンジニアリング学会誌 2010; **45**: 1–6.