

# CO<sub>2</sub>削減を目的とする小型一本釣り漁船のハイブリッド化

三原伊文\* 木村安宏\* 藤谷親\*\* 嶋津裕樹\*\*\* 米倉信義\*\*\*\*

## Hybridization of a Small Fishing Boat to Aim at Reducing CO<sub>2</sub>

Yoshinori MIHARA, Yasuhiro KIMURA, Chikashi FUJITANI, Yuki SHIMAZU  
and Nobuyoshi YONEKURA

### Abstract

Reduction of CO<sub>2</sub> is the world's greatest problem right now, the demand on shipping is clear. The authors have so far engaged in research for an environment-friendly solar boat, and proposed hybridization of a ship from using operational records of a small fishing boat which cruises the neighborhood of the Suou Oshima. In this paper we report to complete improving a conventional fishing boat to hybrid-powered one.

Key words: Reduction of CO<sub>2</sub>, Solar Boat, Hybridization, Small Fishing Boat

### 1. まえがき

2001年、地球環境にも人にも優しいソーラー遊漁船「大空2001」(0.3トン)を建造し<sup>[1]</sup>、歩くほどの速力なら、夏の終日、太陽光エネルギーだけで柳井湾を周航出来ることを実証した。

一方で、パワー不足から、実験中に幾度も危険な目にあっており、ハイブリッド化の必要性を痛感していた。また、一本釣り漁師の方々から、「漁場の往復時より、釣りをしている時の方が、燃料をよく食うようだ」との話を耳にしていた。この漁法は、クラッチを切ってエンジンアイドリング状態で釣りをし、風や波で流されポイントを外れる度に、図1のように、元のポイントへの移動を繰り返す。

この度開発したハイブリッド化船は世界的な課題である温室効果ガス(GHG: Greenhouse Gas)削減の一技術として、“漁場の往復時のみエンジンを使用し、釣りをしている時はエンジンを完全に停止して電動機のみを使う。電力は本船に搭載した太陽電池で充電するバッテリーから供給する”ものである。

事前に行った一本釣り漁船「第三漁運丸」(以下、「漁運丸」と称する)による調査の結果、半日の釣りでは、ポイント移動時の合計距離 2.1 km、合計移動時間 26 分、平均出力 2.94 kW、平均速力 4.9 ノットであった。アイドリング時間とポイント移動時

間で 24% もの燃料を消費した。即ち、ハイブリッド化で、24% の GHG の削減となることがわかった<sup>[2]</sup>。

2008年4月より「第三漁運丸」のハイブリッド化を計画し、改造を進め、同年11月、工事が完了した。

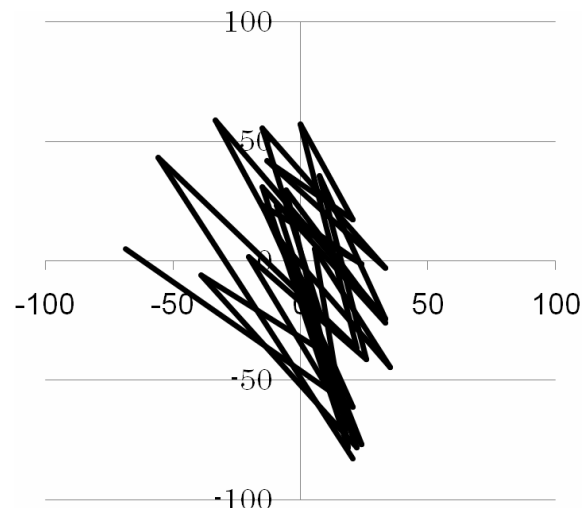


図1. 一本釣り漁船操業時の航跡  
(上が北。単位: m)

### 2. 概要

写真1に完成したハイブリッド型ソーラー漁船「漁運丸」の全容を、表1に主要目を示す。



写真 1. 改造後の「漁運丸」

表 1. 「漁運丸」の主要目

全長	6.75 m
総トン数	1.1 トン
船体材質	FRP
シリンダ数	3
シリンダ径	91.5 mm
行程	100 mm
総行程容積	1973 cc
連続最大出力	29.4 kW
定格回転数	3000 min <sup>-1</sup>
減速比	3.5
使用燃料	軽油

図 2 において、通常航行時は定格出力 29.4 kW の主機関（ディーゼルエンジン）によってプロペラ軸を駆動する。電動機航行時は、440 W の太陽電池で、バッテリーコントローラを経由して、48 V のバッテリーを充電する。その供給電力を受けて、1500 W の直流電動機でプロペラ軸を駆動する。計画段階では 3000W の電動機を搭載する予定であったが、予算の都合等で 1/2 の出力にした。

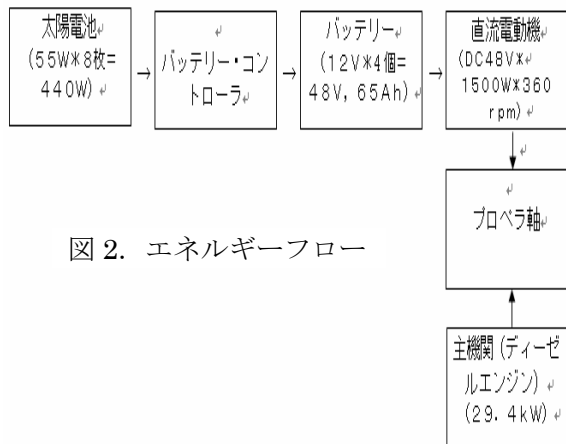


図 2. エネルギーフロー

### 3. 機械的構成

システムの機械的構成を図 3 に示す。漁場においては、プロペラ軸は主機関内蔵のクラッチによって、主機関から切り離され、直流電動機軸に取り付けられた電磁クラッチ、鎖車、チェーン、プロペラ軸の鎖車（継ぎ手を兼ねる）を経て駆動される。なお、主機関で航行する港と漁場間は、電磁クラッチを切って電動機軸の空転を回避する。

“「漁運丸」は非常に水密が良い船なので、プロペラ軸を抜くことによるトラブルを避ける”との趣旨等から、設計上、以下の条件及び制約が生じた。

- ① 輪の途中を切断することが出来ないためベルトは使えず、チェーン駆動とする。
- ② チェーンのたるみを取るテンショナーの設置がスペース的に狭い。
- ③ プロペラ軸側の鎖車の取付けにキーは使わない。
- ④ 電動機軸側に電磁クラッチと鎖車を取付けるには軸端長が規定のものでは短い。

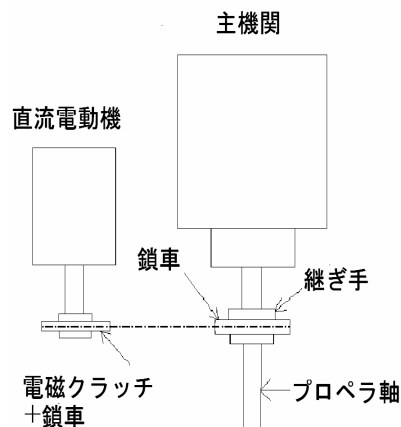


図 3. システムの機械的構成

製作上の最も大きな課題は、キーを使わず、焼嵌めもせず、どのようにしてプロペラ軸に鎖車を取付けるかであった。

電動機は定格出力 1500W 時でもトルクは 37Nm でしかないことから、二つ割りにした鎖車を継ぎ手としてボルトで締付け、その摩擦力だけで固定することにした。

(株) 呉ダイヤに強度計算と設計をお願いし、製作は (株) 大島製作所に依頼した。図 4 のように、2 列の鎖車を単列に加工している。

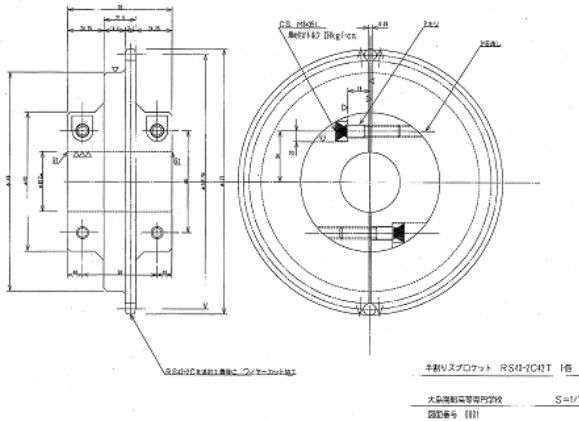


図 4. プロペラ軸側鎖車兼二つ割り継ぎ手



写真 2. 電動機・クラッチ・鎖車

テンショナーは電動機と同じ取付け台に、下から押し上げるタイプのものを設置した。

電動機の主要目と特性を図 5 に示す。(株)ツシマエレクトリック製の直流分巻、減速比 5 のギヤードモータである。

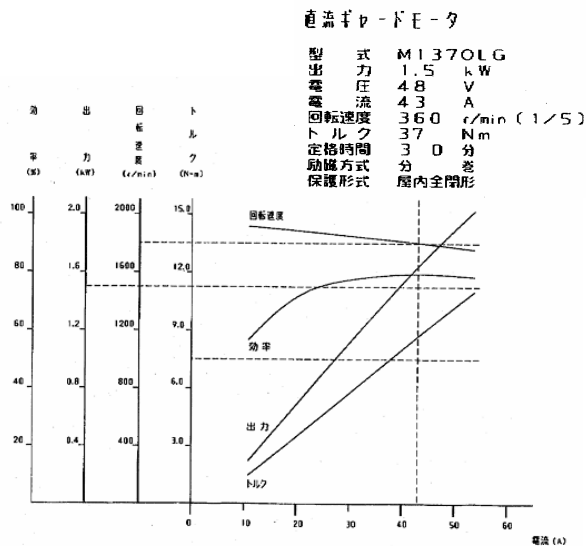


図 5. 電動機の仕様と特性

電磁クラッチは三木プリー (株) の CS-16-33G-24V-32JIS を使用している。これはステータとロータが一体になったもので、ロータはキーにより軸に固定される。ステータが励磁されると、ロータ、アーマチュア、板ばね及び内側にベアリングを持つ鎖車が磁力でくっつき、鎖車は軸と一緒に回りだす。電磁クラッチ及び鎖車をつけて重くなった電動機軸端には新たな軸を継ぎ足し、支持金具を設けて対処した。完成後の写真を写真 2 に示す。

#### 4. 電氣的構成

電気回路を図 6 に示す。この電源回路は以下の 3 系統からなる。なお、遠隔による正逆運転及び速度増減も可能である。

- ① DC12V を 4 個直列にした、推進用電動機駆動用 DC48V 主電源回路。
- ② 駆動するエンジンのクラッチ・オフ時のみ電動機側の電磁クラッチがオンになるリミットスイッチ及びリレーを組み込んだ DC12V インターロック回路 (始動用電動機の DC12V 系統と兼用)。
- ③ 始動用電動機の DC12V 系統を DC コンバータで昇圧した DC24V 電磁クラッチ励磁回路。

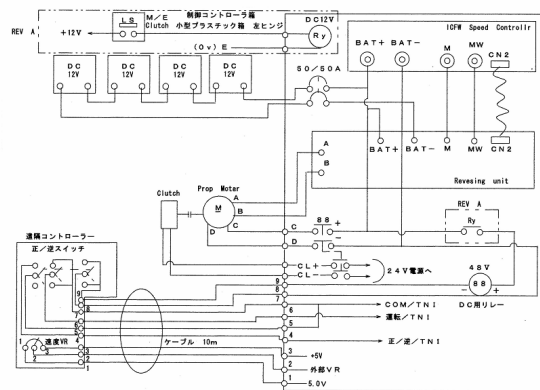


図 6. 「漁運丸」電気回路

#### 5. 実験結果

ハイブリッド化が完了した後、数回の実験航海を行った。連続航行試験の結果、電動機のみで連続的に移動した合計距離 7.4 km、合計移動時間 60 分であった。また、出力 1500W の直流電動機で、平均

速力 3.7 ノットを記録した。出力 3000W 換算で、4.7 ノットとなり、事前の調査で必要とした性能をほぼ満足する結果が得られた。

図 7 にプロペラ回転数を漸次変えた速力試験の結果を示す。通常、プロペラ軸回転数と船速はほぼ比例関係にあるが、モーターで駆動するこの低速域では風や波の影響を受けやすく、若干異なる様相を示している。また、電動機入力 0.2~0.5 kW で、船速 0.5~2 ノットが得られるので、図 8 に示す曳釣り(延縄を船尾より引き摺りながら航行する漁法) 時の魚種と船速の関係より、電動機のみで駆動する操業をアジやハマチ、ヒラメの曳釣りに限れば、電動機入力は 0.5 kW でよいことになり、ハイブリッド化に要する費用及び重量の軽減が可能になる。

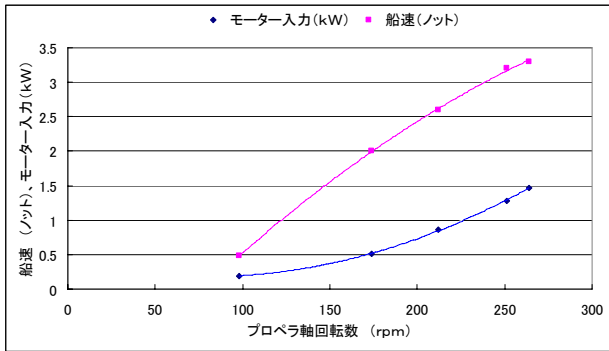


図 7. 速力特性

エンジン航行時と電動機航行時の騒音を表 2 に示す。軸回転数 260 rpm 付近では前者が 102 dB、後者が 82 dB。20 dB の差があった。

表 2. 騒音比較

Engine		Motor	
Eng. Rev.(rpm)/ Shaft Rev.(rpm)	Noise(dB)	Shaft Rev.(rpm)	Noise(dB)
600/171	96.0		
700/200	96.5	114	75.0
900/257	101.5	132	78.0
1000/286	105.5	264	82.0

## 6. あとがき

ディーゼルエンジンあるいはガソリンエンジンは中高速度・中高負荷で、その威力を発揮する。しかし、自動車のアイドリングストップが喧伝されたように、低速・低負荷領域での燃焼は甚だ悪く、単位出力・単位時間当たりの燃料消費量 (=燃料消費率) が極端に多い上、大気汚染物質である微粒子のうち、未燃炭化水素 (=SOF)、即ち未燃焼の燃料油あるいは潤滑油が大量に排出される<sup>[3]</sup>。その SOF は、船舶の出入港時の低負荷運転によって港における海面の油濁汚染をも引き起こしており、欧州では 2011 年より出入港時のエンジンの使用を禁止する方向にあるという。

低速・低負荷におけるエンジンのこの短所こそ電動機の長所である。港から港まで物質を運ぶ商船は

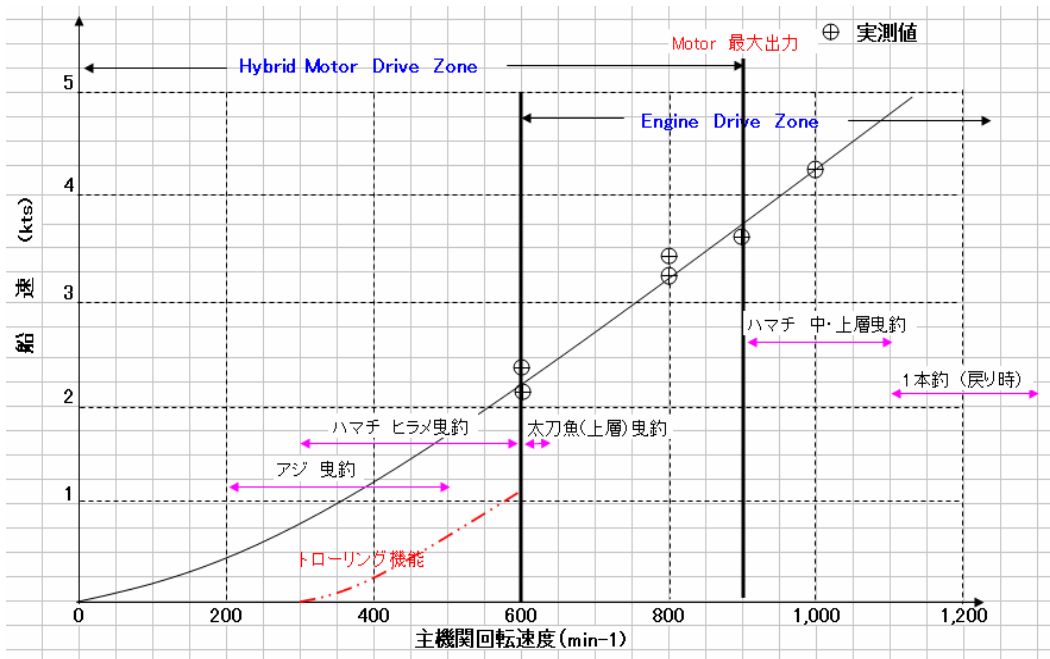


図 8. 曳き釣り時の魚種と船速

連続航行がその使命であるが、漁船や遊覧船の多くは目的地では殆どが低速・低負荷で操業あるいは航行する。この運転領域ではエンジンを完全に停止し、電動機だけで航行すれば燃料費の削減になる。また、炭酸ガスの削減で環境に優しく、現代の船では当たり前の振動・騒音がなく、人にも優しい乗り物となる。

(株) エムシーテックとの共同研究で、ハイブリッド型ソーラー漁船を開発した。種々の困難はあったものの、ほぼ予想通りの結果が得られた。

ハイブリッド化に伴う総費用は 232 万円、重量増加が 300 kg である。低廉化及び軽量化によって、ハイブリッド船の普及に努めたい。

この度のハイブリッド船の開発に当たり、学外では下記の企業や友人のご協力を賜りました。厚く御礼申し上げます。

- ① エムシーテック (広島) : 技術協力、開発費提供
- ② 大島製作所 (柳井) : 電磁クラッチ加工、継手製作及びモーター据付
- ③ ツシマエレクトリック (府中) : モーター設計・製造
- ④ 呉ダイヤ (呉) : 継手設計
- ⑤ 叶井造船所 (周防大島) : モーター据付台及び太陽電池取付け枠製作
- ⑥ 小柳造船所 (周防大島) : 太陽電池取付け支柱製作
- ⑦ 三光電気工業 (周防大島) : 配線工事施工

⑧ 西本孝行氏 (中国環境テクノス) : 実験

⑨ 内田誠氏 (神戸大学) : 実験

学内では自前の船で曳航試験にご協力頂いた濱崎健一総務課長補佐や卒業研究等で尽力のあった商船学科の東昇君、岩崎辰裕君、河原千里さん、沖川未来さん、是國琢治君に謝意を表します。

なお、本研究は文科省助成による大型プロジェクト「地域再生人材育成拠点の形成」(略称: 島スクエア)の資金からも多大なご支援を賜りました。久保雅義校長、岡宅泰邦地域協力センター長ほか関係各位に感謝いたします。

#### 参考文献

- [1] 三原伊文・藤谷親・井上昇機・横島昭典・大石興基・大屋弘、「環境への影響を考慮したアルミ合金製ソーラー遊漁船の製作」、日本マリンエンジニアリング学会誌、第 38 巻、第 6 号、p39、2003 年 6 月
- [2] 三原伊文・嶋津裕樹・藤谷親・米倉信義、「船舶ハイブリッド化への基礎研究—運行状態と燃料消費量調査からの課題提起—」、日本マリンエンジニアリング学会誌、第 44 巻、第 1 号、p92、2009 年 1 月
- [3] 三原伊文、「環境負荷低減のための船用ディーゼル機関モニタリングシステムと微粒子排出特性に関する研究」、神戸大学、博士論文、2006 年 9 月

