

地域イノベーションを目的とするハイブリッド・グラスボートの性能

三原伊文* 石光冨介** 山口伸弥*** 古賀英司****

嶋津裕樹***** 内田誠***** 藤本正明*****

Performance of a Hybrid-powered Glass Boat to Innovate Depopulated Areas

Yoshinori MIHARA, Kousuke ISHIMITSU, Shinya YAMAGUCHI, Eishi KOGA,
Yuki SHIMAZU, Makoto UCHIDA and Masaaki FUJIMOTO

Abstract

The depopulation of Japanese local areas by aging has been quickly going. Suo-Oshima-cho where the Oshima National College of Maritime Technology is located in is not also exception. The population was 65,000 in 1947 and became 19,000 in August, 2010.

A gregarious area of peculiar corals to East Asia was discovered recently in the sea area around Suo-Oshima. The scale is 40m×20m, and it is world maximum grade. It is said the influence of greenhouse effect by CO₂.

However the authors regard the discovery of peculiar corals as a good opportunity to increase tourists by the coral sightseeing, and completed to improve a conventional fishing boat to a hybrid-powered glass boat. In this paper, the summary and the performance are reported.

Key words: Depopulation, Local Areas, Peculiar Corals, Hybrid-powered, Glass Boat

1. はじめに

地球の温暖化が進み、CO₂の削減が今や世界最大の課題である。その地球温暖化の影響とも言われるが、最近、周防大島周辺海域で東アジア固有のニホンアワサンゴ(図1)が発見された。その規模は40m×20mで、世界最大級であるという。



図1. ニホンアワサンゴ

一方、過疎化及び高齢化による日本の地方の疲弊は目を覆うばかりである。大島商船高専(以下、本校と略する)の所在地である周防大島町も、昭和22年65,000人だった人口は、平成22年8月19,000人になった。そのうち、65歳以上の高齢者が占める割合は47%で、全国平均の22%を遥かに超える。

折しも、本校・周防大島町・地元起業家など産学公が連携するプログラム「山海空コラボレーションみかん島再生クルー」^[1](略称:「島スクエア」)。文科省のプロジェクト「地域再生人材創出拠点の形成」の一つ)が文科省に採択された。筆者らは、ニホンアワサンゴの発見と共に、これを、人口減少・高齢化が進む島の活性化を図る好機と捉えた。

そこで、水中観光資源調査船を開発し、ニホンアワサンゴの調査や更なる資源の開発に努め、観光客誘致による地域イノベーションを図ろうと、通常の漁船を太陽電池搭載のハイブリッド・グラスボートに改造した。以下、その概要と性能について報告する。

2. ハイブリッド・グラスボートの概要

図2に全体写真を、表1に主要目を、図3にシステムの構成を示す。

通常航行時は主機関のディーゼルエンジンによって駆動される。水中観察時は48Vのバッテリーから供給電力を受けて、1500Wの直流電動機で駆動される。そのバッテリーは440Wの太陽電池で、バッテリーコントローラを経由して充電される。冬季あるいは雨天時は、陸上電源で充電(多重連結充電器、デンゲン(株)、HRD-9610)が可能なオールシーズン・全天候型である。



図2. ハイブリッド・グラスボート「りちる」

表1. 「りちる」の主要目

全長*幅*深さ	7.63m*1.79m*0.54m
総トン数	1.0トン
船体材質	FRP
使用燃料	軽油
エンジン出力	29.4kW
連続最大速力(通常速力)	11ノット(9ノット)
連続最大回転数	3000rpm
プロペラ径*ピッチ	550mm*490mm
搭載太陽電池	京セラ SU55-02
	7.7V*7.3A *55W
	1296mm*345mm*8mm, 4.8kg
	総出力=55W *8枚=440W
電動機出力	1500W
搭載バッテリー	65Ah*4個、鉛蓄電池
操業時(電動機使用時)最大速力	2.8ノット

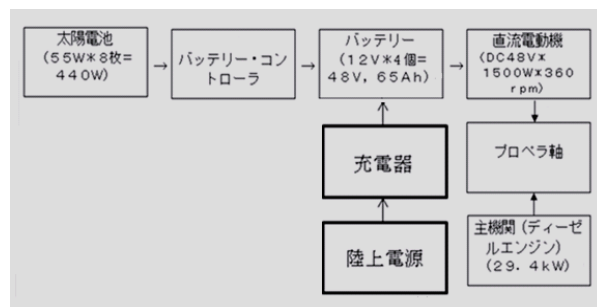


図3. システムの構成

3. 速力試験

ハイブリッド船の速力特性を把握するため、防波堤(全長124.5m)の外側海域を、電動機及びエンジンそれぞれの最低速力~最高速力で航行した。波や風の影響を相殺するために、上記区間を往復して、出力と速力の平均値を得る。その結果から図4のプロペラ特性曲線を描いた。

図から明らかなように、エンジンでは2.0ノット以下の低速航行は不可能であるが、モーターでは0.3~3.3ノットの低速航行が可能である。

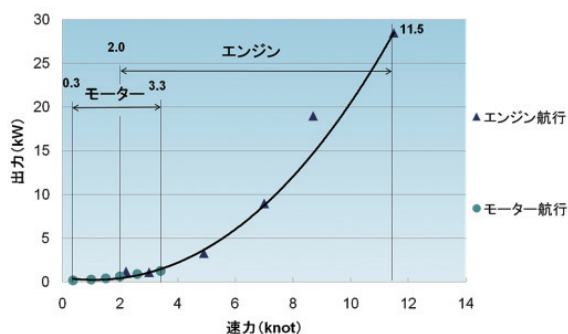


図4. プロペラ特性曲線図

4. 水中観察実験

グラスボートとして、実際に水中観察を行った。実験海域は小松~法師崎(45分、7マイル) ~水中観察(2時間) ~法師崎~小松である。1日目はハイブリッド航行で、法師崎往復はエンジンで運転し、水中観察は電動機のみで運転する。2日目はエンジンのみによる航行で、法師崎往復時はエンジンで運転し、水中観察もエンジン運転のまま行う。

また、別の日には、島のダイビング・ポイントを、ダイバーと共に観察した。

結果を以下にまとめる。

- ① 水中観察に必要な速力は約0.4ノットである。
- ② この速力での航行は電動機なら可能だが、エンジンでは、アイドル状態のまま、クラッチのオン/オフで対処するほかない。
- ③ ダイバーの泳ぐ速度は約0.4ノットである。また、

この速力は、前報²⁾で述べたように、沿岸漁船が海底の大物を狙う曳釣りには要する速力でもある。

④ 港よりエンジンで40分航行し、目的地で2時間的水中観察を実施して、エンジンで帰港の場合の燃料消費量を比較した。水中観察を電動機で実施時の全消費量は8L、エンジンのみで実施時の全燃料消費量は12Lである。即ち、ハイブリッド運航で1/3の燃料削減とCO₂削減を実証した。

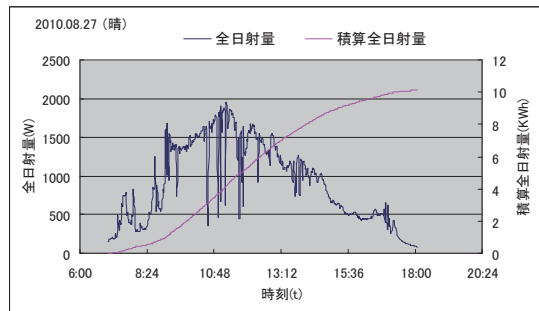


図 6. 夏季の日射量

5. 係留実験

太陽電池による冬季と夏季の充電量を求めるため、本校ポンドで係留実験を行った。冬季は2009年、冬至2日後の24日と25日、「りちる」係留のまま、太陽電池で充電しつつ、最低回転数付近でプロペラを終日回した。両日も同様な値が得られたが、代表例として24日のデータを取る。また、夏季は2010年8月27日、1日のみである。

8枚のパネルで受ける全日射量の変化及び積算日射量を図5及び図6に示す。冬至頃は天候の変化が激しく、積算日射量は4.2kWh (=1.3 kWh/m²)であり、太陽電池による積算充電量は0.68kWhである。夏季、多少の雲はあるものの、この季節の天候は安定しており、その積算日射量は10.1kWh (=3.0 kWh/m²)である。

両時季の積算日射量と、太陽電池による充電量及び電動機への供給電力量の各積算値を表2にまとめている。冬季、電動機への終日(9時間)の供給電力量、即ち、積算供給電力量は3.3kWhである。しかし、4章で述べた2時間的水中観察を行うとすると、この2時間の電動機への供給電力量は0.73kWであり、太陽電池による終日の充電電力量0.68kWとほぼ等しい。従って、係留状態ではあるが、冬季でも太陽電池の充電だけで、0.4ノット、2時間的水中観察は可能と言える。夏季の充電電力量は1.8kWhで、電動機への2時間の供給電力量を十分に賄う。

また、終日の係留運転で太陽電池による充電量は、冬季0.68kWh、夏季は1.8kWhで、冬季は夏季の38%であった。

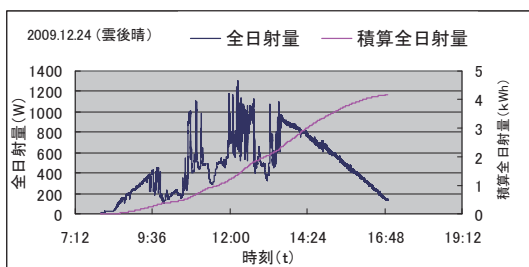


図 5. 冬季の日射量

表 2. 冬季・夏季係留運転時の比較

	冬季 2009年12月24日 08:00~17:00 (9h) (曇後晴)	夏季 2010年8月27日 07:00~18:00 (11h) (晴)
積算全日射量	4.2 kWh (1.3 kWh/m ²)	10.1 kWh (3.0 kWh/m ²)
太陽電池による積算充電量	0.68 kWh	1.8 kWh
電動機への積算供給電力量	3.3 kWh	2.8 kWh

6. 連続全速航行実験

6. 1 航行の方法

本船が電動機で航行する場合、どの程度走り続ける事ができるか、いわゆる堪航性を求めるための連続航行実験を行う必要がある。それに先立ち、次の航法を確立した。

バッテリー満充電の状態から、スピードダイヤルをあげて、全出力で連続航行すると、モーターの電圧と電流が次第に下がる。電圧が44V (1個当たり11V) に下がった時点でスピードを落とす。それによって電流が減り、電圧は上がる。減速の状態しばらく航行し、また、電圧が44Vに下がると、再度減速する。プロペラが最低回転数になるまでこれを繰り返す。この時のモーター電圧及び電流の変化を図7に示す。

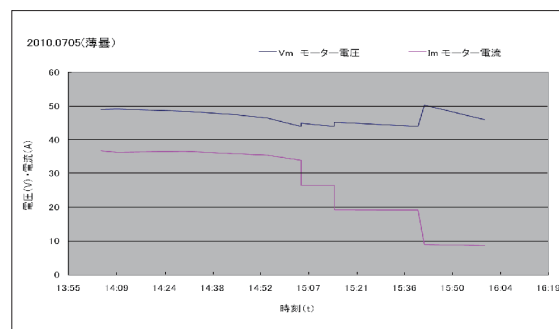


図 7. 航行の方法

6. 2 連続航行

2010年梅雨時の7月5日、満充電の状態から、電動機のみで、連続全速航行実験を行った。目安は定格電圧12V、4個直列のバッテリーの端子電圧が44V（1個あたり11V）に下がるまでである。この時の充電電力及び積算充電電力量を図8に示す。

2010年盛夏時の8月25日、同様の実験を行った。その充電電力及び積算充電電力量を図9に示す。

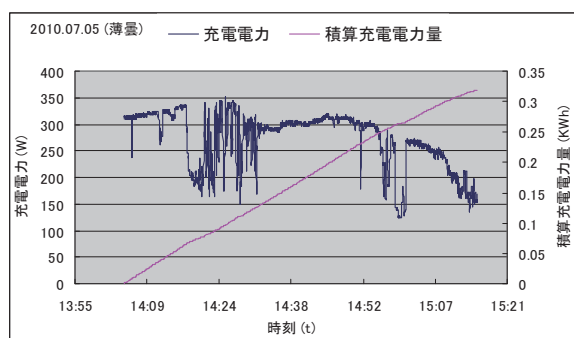


図8. 連続全速航行時の電力量（梅雨時）

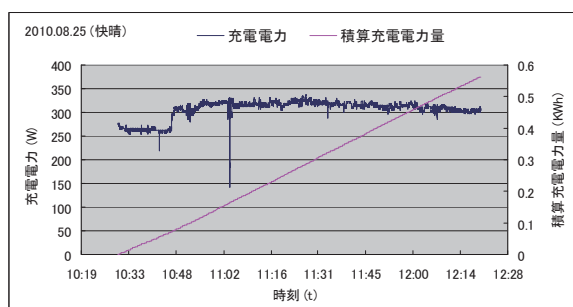


図9. 連続全速航行時の電力量（盛夏時）

図8及び9の結果を一覧表にして、表3に示す。梅雨時の航行時間1時間10分、航行距離2.57マイル、向かい波・向かい風の状態ゆえ、速力は2.2ノットである。この間、電動機への供給電力量は2.03 kWhで、太陽電池からは0.32 kWh（15.8%）が供給されている。

一方、盛夏時の航行時間1時間30分、航行距離4.75マイル、平均速力は3.2ノットである。また、この間の電動機への供給電力量は2.5 kWh。そのうち、太陽電池からの供給は0.47 kWh（19%）である。

表3 連続全速航行実験の結果

	梅雨時	盛夏時
	2010年7月5日（薄曇） 14:05～15:15	2010年8月25日（快晴） 10:50～12:20
積算日射量	1.5KWh	2.6KWh
太陽電池による積算充電電力量	0.32 kWh	0.47 kWh
電動機への積算供給電力量	2.0KWh	2.5KWh
航行時間	1時間10分	1時間30分
航行距離	2.57マイル	4.75マイル
平均速力	2.2ノット	3.2ノット

7. まとめ

得られた結果を以下にまとめる。

往路、復路それぞれ45分エンジン航行、2時間水中観察を行った結果、

- ・水中観察に必要な速力は約0.4ノットである。
- ・この速力での航行は電動機なら可能だが、エンジンでは、アイドル状態のまま、クラッチのオン／オフで対処するほかない。
- ・ダイバーの泳ぐ速度は約0.4ノットである。
- ・水中観察を電動機で実施時の全消費量は8L、エンジンのみで実施時の全燃料消費量は12Lである。即ち、ハイブリッド運航で1/3の燃料削減とCO₂削減を実証した。

・冬季と夏季の係留実験の結果、冬季でも2時間の水中観察に限れば、陸電による充電は不要である。

・バッテリー満充電の状態から全速で航行できる時間は、梅雨の薄曇り時で1時間10分、盛夏の快晴時で1時間30分であった。

8. おわりに

共同研究者の藤本のダイバーとしての感想を以下に記す。

・低速で走れるので海中や周囲の景色をじっくり観察できる。

約0.4ノットの速さが、ちょうどダイビングでゆったりと海中を観察しながら移動する速度と同じくらいである。また、周囲の景色がゆっくりと流れていくので寛いだ気持ちになる。

・騒音がしないので、ガイドの話をよく聞き取ることができる。

・自然の音を聴きながら観察できる。

風や波の音や小鳥の声などがよく聴こえる。

・波や風の揺れを感じる取ることができる。

船の振動がほとんどないので波や風などの自然の揺れを体で感じながら観察できる。

今後は、ニホンアワサンゴの保護観察や新たな水中観光資源の探査を続けると共に、水中観光も可能な周防大島を巡るハイブリッド船建造のためのデータの収集に努めたい。その為の課題を以下に記す。

・箱眼鏡グラス部やプロペラに、海洋生物付着防止の新たな対策を講じる。

・水中観察は浅い所で行うことが多いので、暗礁位置の予知対策が必要。

・漁船として使用する場合、魚種によって要する船速が異なる。船速及び航行時間よりハイブリッド化に必要な電動機、太陽電池及び蓄電池等の個数と容量を求める式を誘導する。

・ハイブリッド化への投資額が何年で回収できるかを試算し、その有効性をアピールし、ハイブリッド化船の普及を促進する。

・オールシーズン・全天候型のハイブリッド化は商用電源によるほか、エンジン直結の発電機で充電するタイプが考えられる。新造船に対しては後者のタイプの試設計を行い、比較データを得る。

謝辞

この度の研究では大勢の方にご協力を賜りました。本校では、久保校長、岡宅地域協力センター長、藤谷技術支援センター長、濱口第一技術室長、本庄技術職員、砂田技術職員ほかの皆さん、学外では下記の方々です。厚く御礼申し上げます。

○沼田ヤンマー

○大島製作所

○大島中央造船所

○山本木工所

○エムシーテック

○須磨鉄工所

○叶井造船所

○呉ダイヤ

○フジミツ

○伯清寺新山玄雄氏ほか沖家室島住民の方々

○徳山工業高等専門学校 加治哲徳氏 伊藤尚氏

参考文献

[1] 独立行政法人 国立高等専門学校機構 大島商船高等専門学校、「山海空コラボレーションみかん島再生クルー（島スクエア）2008～2009年報」

[2] 三原伊文、木村安宏、藤谷親、嶋津祐樹、米倉信義、「CO₂削減を目的とする小型一本釣り漁船のハイブリッド化」、大島商船高等専門学校紀要、第42号

