

# 環境に優しい船を造る

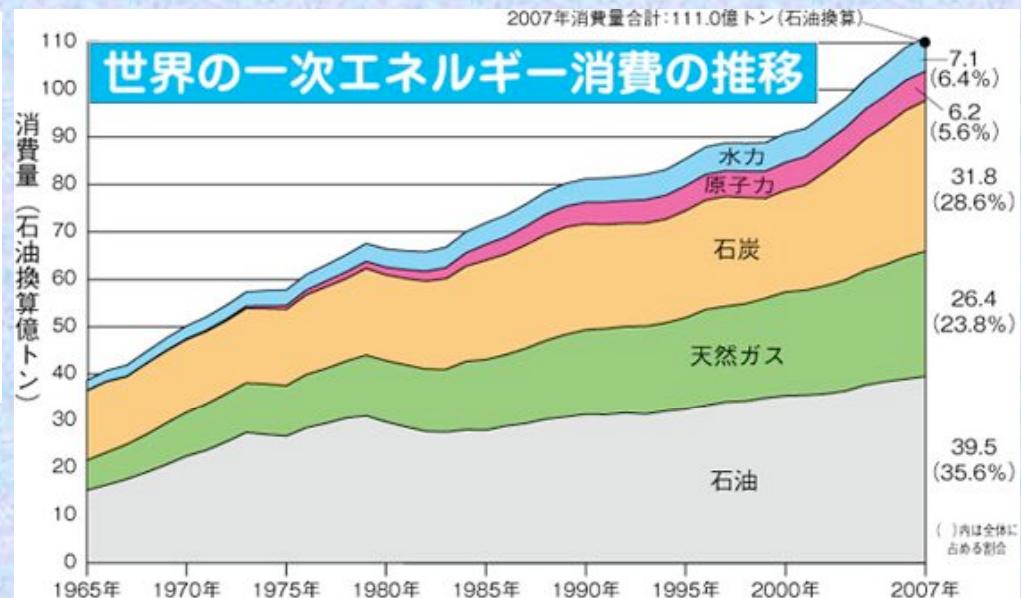
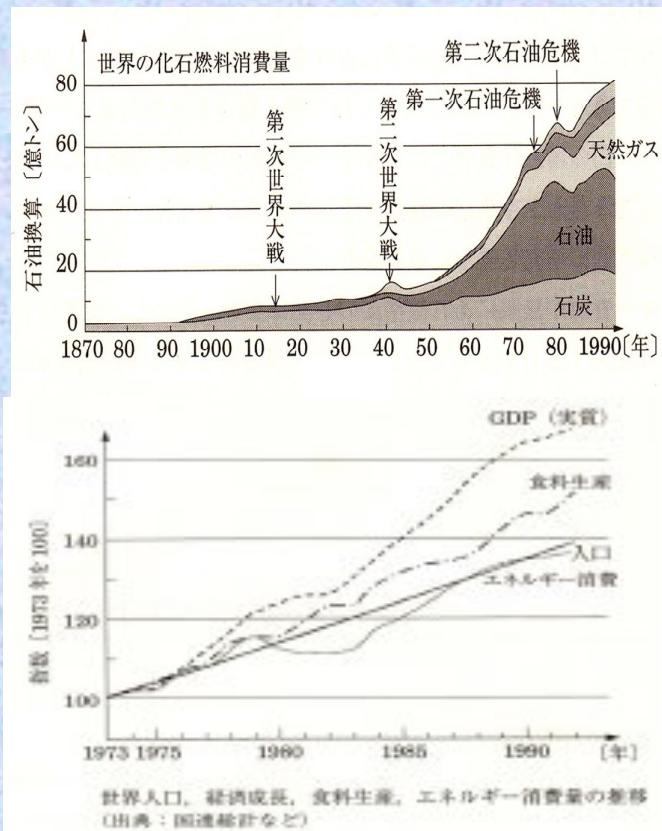


研究者：中尾 浩一（長崎総合科学大学 工学部 船舶工学科）

# 1. 地球環境問題の現状

## 1-1 エネルギー消費の現状

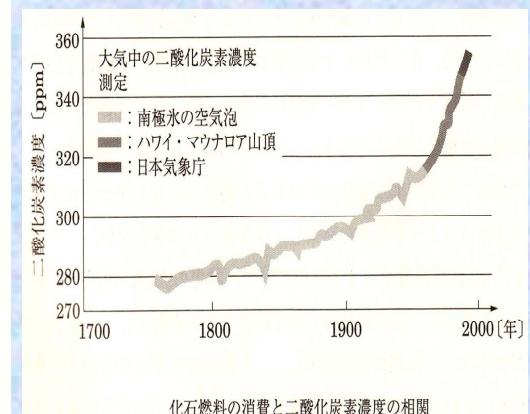
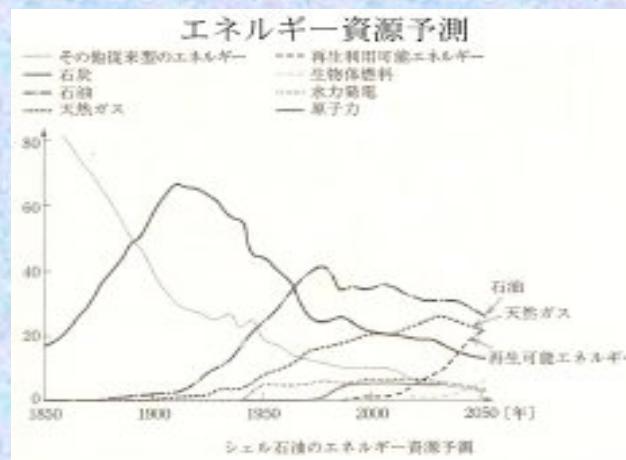
- 地球環境問題の根源は人口の増加と文明生活への欲求。
- 世界の人口は毎年約1億人増加し2025年には85億人、2050年には100億人。
- 経済活動や文明を支えるには大量のエネルギー消費は不可欠。
- 現在はそのエネルギーの大部分を化石燃料に依存している。



## 1-2 限られるエネルギー資源

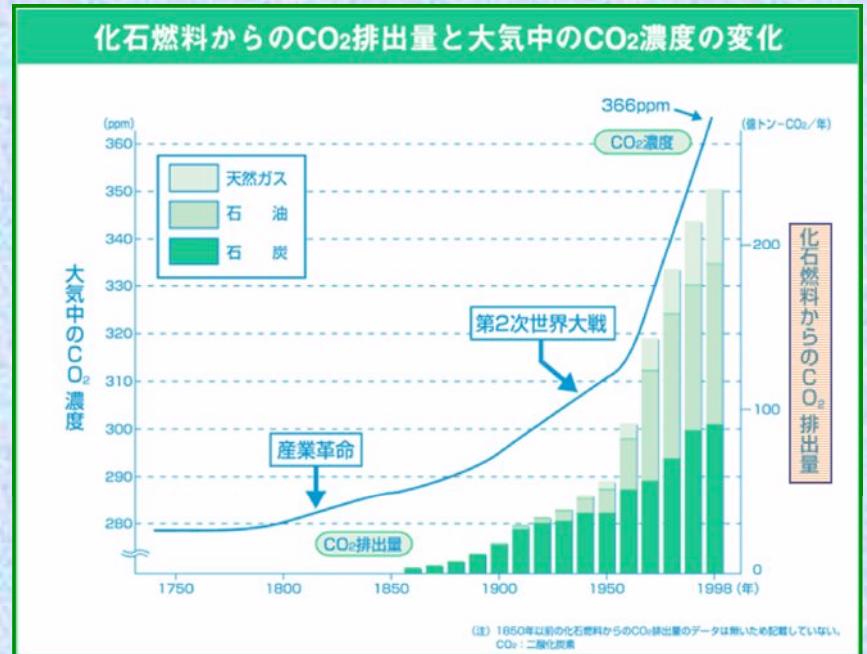
- 人類は当初、人力、畜力、風力、水力などの自然エネルギーを利用。
- 18世紀後半の第一次産業革命で大量の石炭が消費。
- 19世紀になると発電機や電動機が発明され電気エネルギーも広く利用。
- 19世紀末、ガソリン機関が発明されモータリゼーションが発達し加速度的に石油を消費。
- 石油は軽量高カロリーで取扱いが容易で、輸送機器の燃料は石油に依存。
- 化石燃料の採掘可能埋蔵量には限度があり化石エネルギーは枯渇の危機。  
(原油の埋蔵量は琵琶湖の8杯分。これは多いのか少ないのか。)
- 化石燃料の枯渇と環境破壊は21世紀最大の課題。
- 石油エネルギーに代わる代替エネルギー代替エネルギーとしては原子力や太陽光や風力などの再生可能エネルギーが有望。

世界のエネルギー資源埋蔵量(2002年)				
	石油	天然ガス	石炭	ウラン
確認可採埋蔩量 <sup>(註2)</sup>	1兆480億バレル	156兆m <sup>3</sup>	9,845億トン	393万トン
地域別賦存状況				
北米	3.6%	4.4%	26.1%	17.9%
中南米 <sup>(註3)</sup>	10.6%	4.7%	2.3%	6.5%
欧州	1.8%	3.8%	13.2%	3.5%
旧ソ連	7.5%	35.4%	22.9%	30.6%
中東	65.4%	36.0%	0.2%	0.0%
アフリカ	7.4%	7.6%	5.6%	17.8%
アジア・大洋州	3.7%	8.1%	29.7%	23.8%
年生産量	270億バレル (73.9百万BD)	2.5兆m <sup>3</sup>	48.3億トン	3.7万トン
可採年数	40.6年	60.7年	204年	61.1年 <sup>(註1)</sup>



### 1-3 エネルギー環境問題

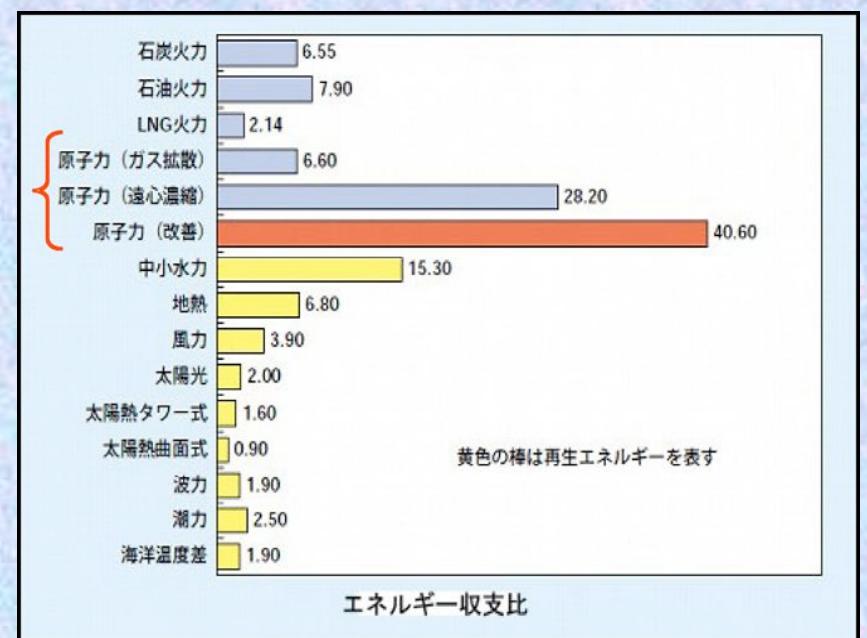
- 京都議定書が発効後もCO<sub>2</sub>排出量は増加の一途。
- 2020年までにCO<sub>2</sub>を25%削減。
- 化石燃料によるCO<sub>2</sub>の発生は地球温暖化の原因となっている。
- 原子力も含め水力、風力、太陽などの“再生可能エネルギー”などの代替エネルギーの開発を積極的に推進すべきである。



### 1-4 エネルギー開発の課題

- 商用エネルギーはエネルギー収支比が重要で原子力も有望だがエネルギー収支比は火力発電と変わらない。
- 環境破壊をほとんど行わない“再生可能エネルギー”は地球環境保全の理想的なエネルギーである。

注) エネルギー（電力や熱）生産設備の性能を表す指標の一種で、エネルギー生産設備と発生エネルギーの収支比率を言う。



## 1-5 化石燃料の優位性

- 化石燃料は重量容積当りのエネルギー密度が大きく、輸送機器の推進動力としては最適
- 化石燃料は天然ガスなどの例外を除いて常温での保管が可能で安全性が高い。
- 化石燃料ほど安全で使い易いエネルギー源は他にない。

## 1-6 再生可能エネルギーの利用

- “再生可能エネルギー”としては太陽光、太陽熱、地熱、水力、風力、波力。
- “再生可能エネルギー”はエネルギー密度が小さく安定した出力ではないのでエネルギー源としては蓄積し使用する方法が良い。
- “再生可能エネルギー”を船舶で直接利用し推進することはかなり困難。

## 1-7 その他の環境問題

- 搭載内燃機関の冷却海水や排気ガスを水中への投棄、居住区画から排出される汚水の海洋投棄、バラスト水の海洋汚染や生態系の関与、船底塗料の海洋汚染など課題が多い。

## 2. 船舶の役割と現状

### 2-1 船舶の役割

- 世界経済や生活を支えるには船舶の存在は不変。
- 世界の船舶隻数は4700万隻以上で内訳は1万GT以上の大型船舶が約8万隻、1万GT以下の業務用船舶は約1700万隻、プレジャーボートは約3000万隻以上存在する。

### 2-2 船舶の現状と将来

- ほとんどの船舶は化石燃料を使用しており環境対策は例外なく必要。  
商業船舶の二酸化炭素排出量は12億トン/年で、航空輸送による排出量の約2倍に相当。  
( 2008年の国連調査)
- 船舶の環境対策は自動車と比べ遅れているのが現状である。  
既に自動車ではハイブリッド車や電気自動車および燃料電池車の発が進んでおり一部は実用化。
- 船舶へ再生可能エネルギーを利用する技術背景は既存技術との組合せで実現可能。  
船舶の環境対策は現状の内燃機関の技術的改良、電気推進化、ハイブリッド化等が考えられる。

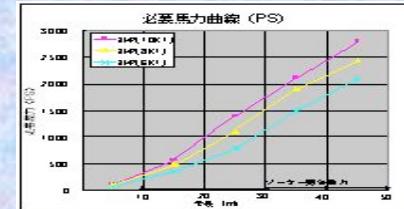
- また“再生可能エネルギー”的商用電源は実用化進んでいるので船舶への技術応用は可能。
- 環境技術の導入には新しい安全管理システムを開発とコスト効果も充分に考慮する必要がある。  
“再生可能エネルギー”は大きな開発投資と初期設備投資は必要だが燃料費が無料。

## 2-3 再生可能エネルギーの利用

### 太陽光の利用（ソーラーシップの可能性）

- エネルギー密度が小さいので船舶に搭載する太陽光発電のみで船舶の動力を賄うことは困難。  
“ソーラーシップ”は成立たない。（宣伝効果はある）
- 大型化のメリットはないが低速の小型船舶の可能性はある。  
(例：無免許、無検査で乗れるプレジャーボート、セーリングヨットの補助動力)
- ソーラーパネルによる電力を室内電力として使用できる可能性は大である。

ソーラーパネルにより得られる動力が推進に必要な動力に占める割合					
全長 (m)	10	20	30	40	50
運行速力10KT	3.2%	1.8%	1.7%	1.7%	1.8%
運行速力8KT	3.5%	2.1%	2.1%	1.9%	2.1%
運行速力6KT	4.7%	2.9%	2.9%	2.5%	2.5%



### 風力の利用

- 歴史ある推進法として今後も存在価値は高いが定時性や省力化の改善が課題。（メカニカルセール他）
- 機帆船の復活の可能性もある。



### ハイブリッド技術の利用

- 太陽光、風力などの再生エネルギーと現状の化石燃料エンジンと組合せた“ハイブリットエンジン”としての可能性は大きい。この場合は組合せシステムの開発が必要である。



### 3 再生可能エネルギーを利用した船舶の例

#### 3-1 再生可能エネルギーを利用した船舶（太陽光の利用）

##### ●周遊客船

ハウステンボスのキャナルクルーザーはディーゼル推進機関を交流電動モーターに換装し、バッテリーに蓄電した電力を使用する。

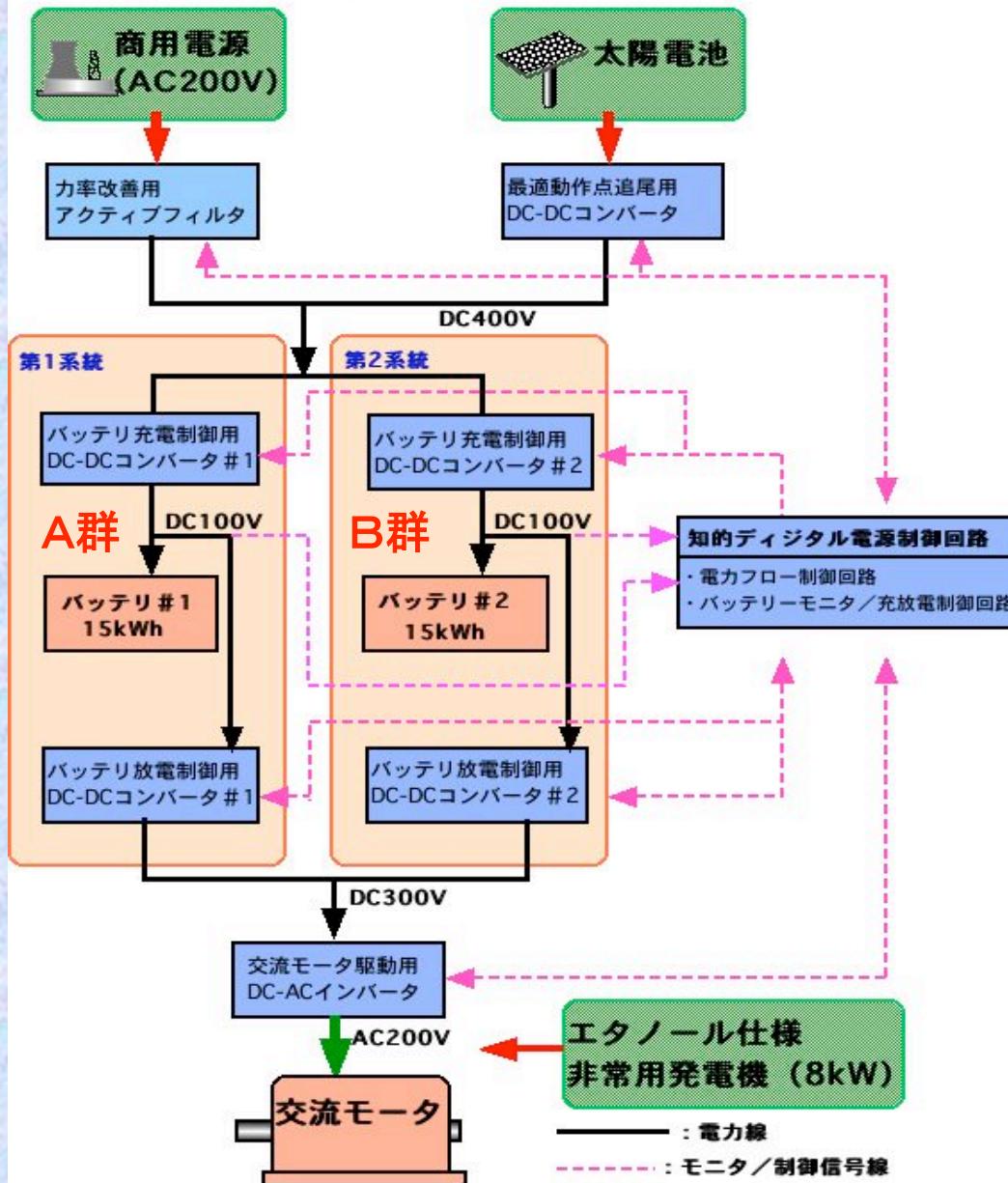
バッテリーへの充電は夜間の商業電源の他に、船に装備するソーラーパネル（太陽光発電）も利用する。電気推進船は環境対策の他に低振動低騒音などの居住性の向上も期待できる。



全長	14.39m	総トン数	13トン
全幅	4.00m	搭載機関	18.5KW交流モーター2基
深さ	1.05m	運行速力	約3KT (5.6km/h)
航続時間			3KTで1.5時間 (2007年度)
目標値航続時間			3KTで5~6時間
太陽光発電パネル	(44W 70枚 3080W)		



# 電動推進船電源システム



クリーンエネルギーを  
効率良く制御

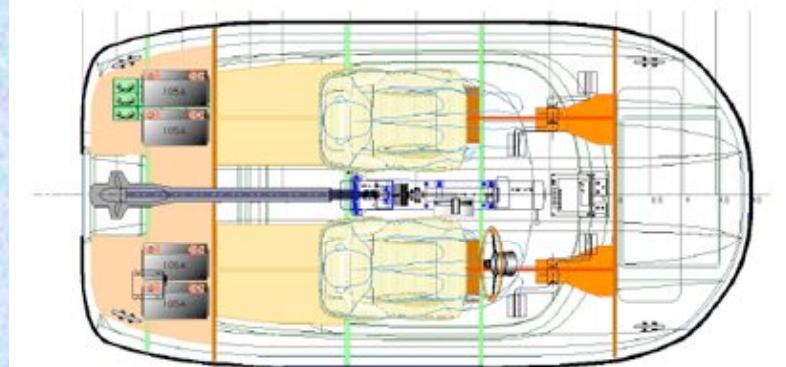
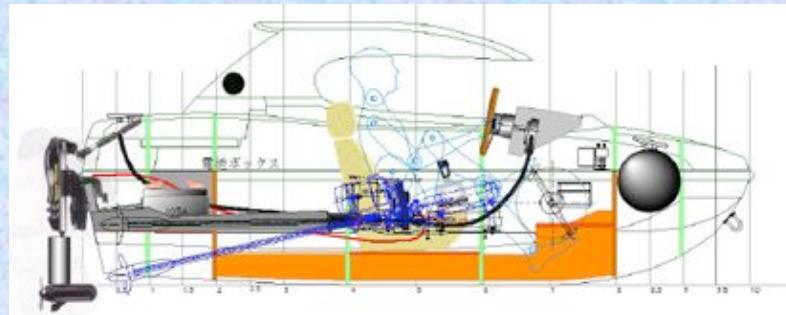
電池群は系列毎に充放電

全システムを効率的に制御

化石燃料を使用しないシステム

## ●プレジャーボート

登録全長が3.0m未満で最大搭載馬力が2PS未満の小型船舶は免許不要で、電動船外機とソーラーバッテリーを組み合わせれば自転車感覚の小型プレジャーボートが実現可能。



## 3-2 再生可能エネルギーを利用した船舶（風力）

### ●従来のセール



Club Med2 (France)

14,475総トン

全長87m

全幅20m

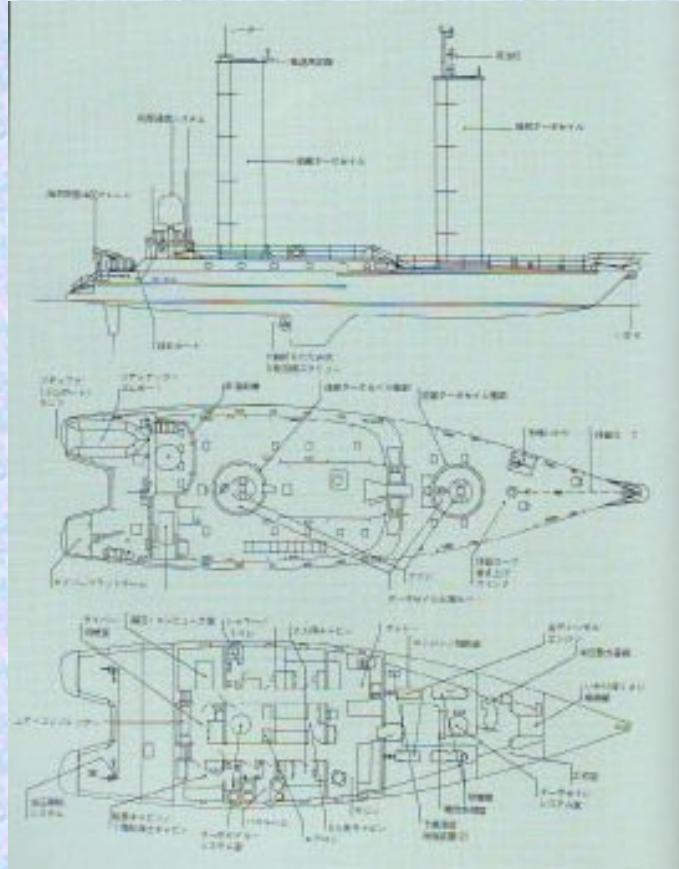
マスト高さ甲板から50m

定員419人

乗組員213人

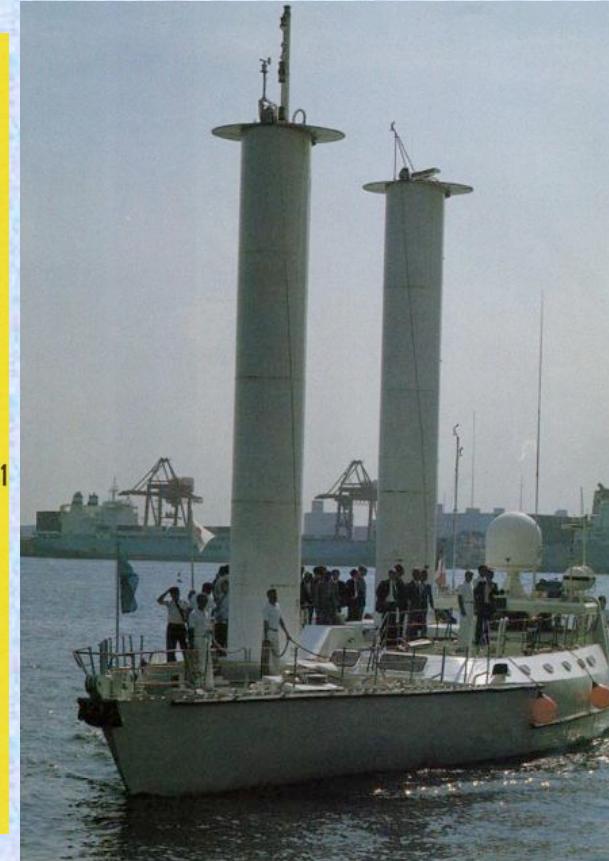


## ●マグナス効果を利用したターボセール



### アルфонソ号の諸元

国籍	フランス
総排水量	114t
半荷重排水量	76.8t
全長	31.1cm
全幅	9.4m
喫水(前部)	0.83m
// (中央)	2.34m
// (後部)	0.80m
ディーゼル・エンジン	イブコ・フィアット 8061
電気モーター	SMO (2,115kW)
巡航速度	10.5ノット
乗組員	5名
船室	2人用船室4 4人用船室1
ターボセイル	
高さ	10.2m
最大弦	2.05m
幅	1.35m



## ●メカニカルセールを使用した日本の商船

日本の海運業界においては、石油環境の悪化(オイルショック)に対処するために、船舶の省エネルギー化の推進が強く要請されるようになった。

(財)日本船用機器開発協会は商船用の自動化された帆装装置を開発し、帆の最適形状および操帆の自動化、操縦性ならびに復原一性の研究を行った。

その成果、55年に「新愛徳丸」が建造され10%の省燃費を実現し、機主帆従方式を採用した世界で初めての近代帆装船となった。

「省エネルギーだけでなくローリング、ピッティング、ヨーイングなどの動搖が減少し、直進性も良く、荒天下での航行が可能なため定時性が確保されるとともに船の稼働率が向上した。

漁船では帆による動搖の減少により漁労作業の安全性が向上し、主機を停止した状態で漂泊する場合、帆を操作することにより風に流されず定位置にとどまることができる」などの優れた成果もあげた。

現在までに2万6000重量トンの帆装バルクキャリア船「うすきパイオニア」、近代帆装鮪延繩漁船をはじめとして10数隻が完成している。



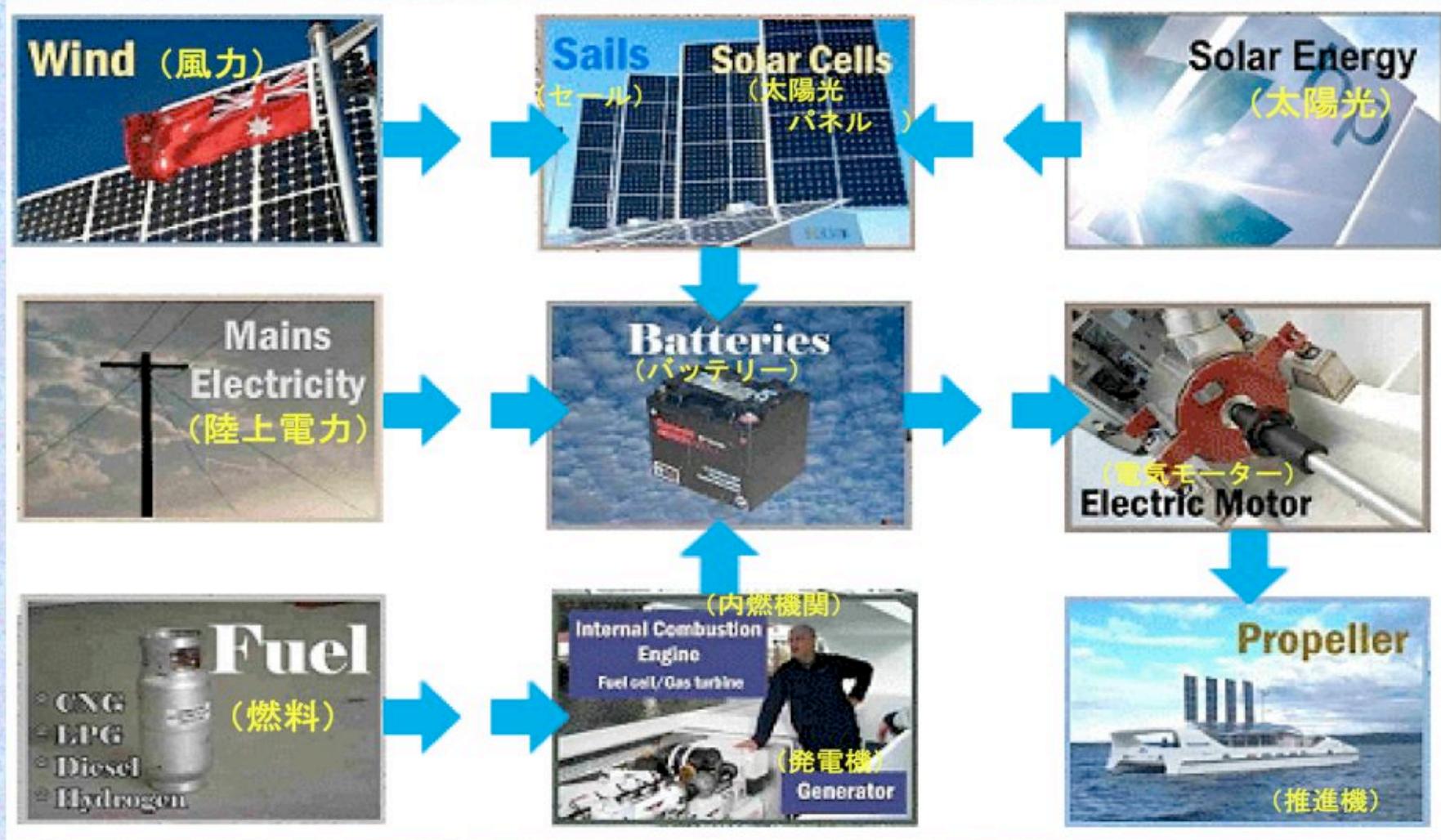
### 3-3 再生可能エネルギーを利用した船舶（ハイブリッド技術）

#### ●オーストラリアのソーラーセーラー



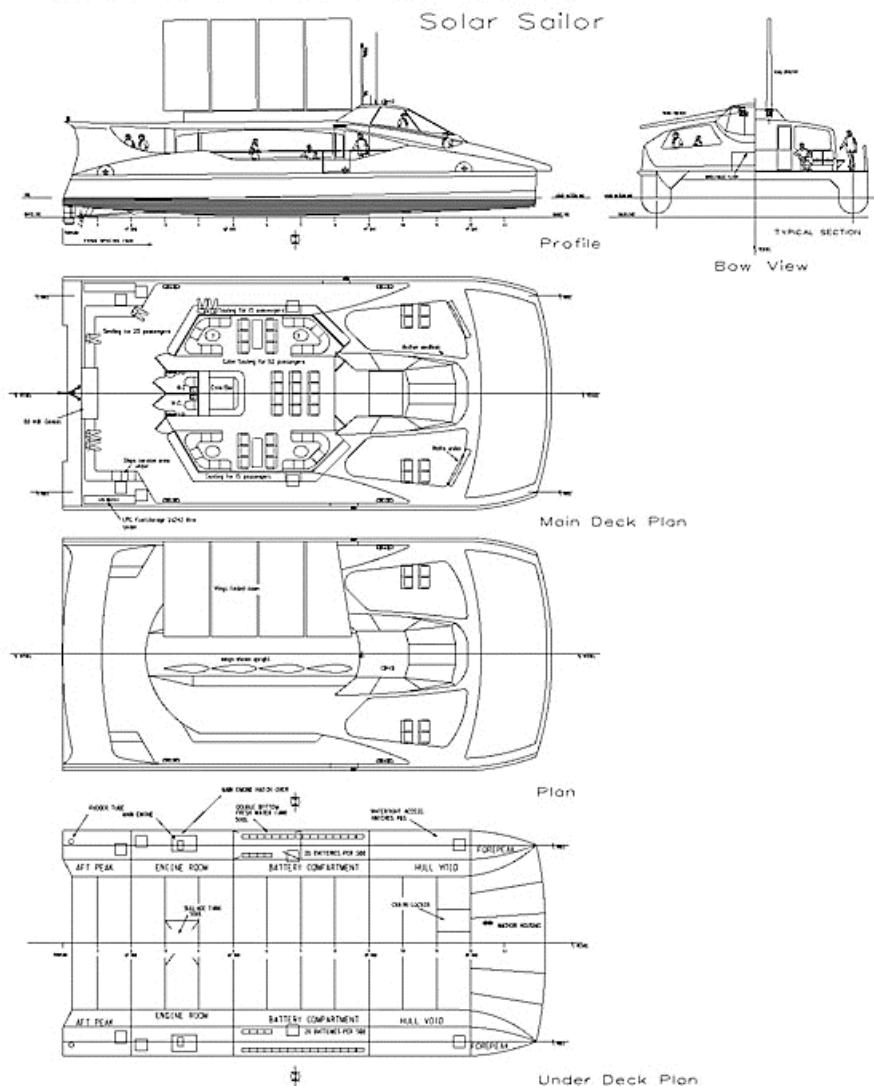
**Solar Sailor Catamarans**

100 pax	149 pax	250 pax	600 pax
PASSENGERS LENGTH	PASSENGERS LENGTH	PASSENGERS LENGTH	PASSENGERS LENGTH
ENERGY	ENERGY	ENERGY	ENERGY
SPEED	SPEED	SPEED	SPEED
<b>FACILITIES</b>	<b>FACILITIES</b>	<b>FACILITIES</b>	<b>FACILITIES</b>
100 pax	149 pax	250 pax	600 pax
20m / 66ft	27m / 81ft	35m / 105ft	36.4m / 120ft
Series Hybrid	Series Hybrid	Series Hybrid	Parallel Hybrid
0 - 7 knots Solar / Wind / Batteries,	0 - 7 knots Solar / Wind / Batteries,	0 - 7 knots Solar / Wind / Batteries,	0 - 6 knots Solar / Wind / Batteries,
8 - 12 knots Fuel	8 - 20 knots Fuel	8 - 18 knots Fuel	7 - 14 knots Fuel
Cafe, Bar, Toilets x 2	Cafe, Bar, Toilets - standard x 2, disabled x 1	Cafe, Bar, Galley, Dining / Lounge area , Toilets x 4	Cafe x 2 - TV & DVD, Inclinator on main deck stairs Dance floor, Toilets - standard x 5, disabled x 1



## GENERAL ARRANGEMENT

Solar Sailor



## PRINCIPAL PARTICULARS

### MAIN DIMENSIONS -

Length Overall:	21.0 m	Passenger Capacity:	52 seats
Length Waterline:	20.5 m	Interior:	52 seats
Beam Moulded:	6.0 m	Exterior:	29 seats stacked 30 seats side deck 3 seats foredeck
Draft Max:	1.0 m	Boarding Areas:	1
Hull Draft Max:	0.85 m	Total Seating:	10
Draft Min:	0.5 m	Main Engines:	2 x 54 kW Electric
Air Draft Max:	2.5 m	Aux Engine:	1x 80kW LPG Gas Fuel
Service Speed:	6 Knots	Propulsion Type:	4-Blade propellers
Top Speed:	15 Knots	Range:	200 nautical miles 100 nm at 10 knots

### Passenger Facilities:

2 x Under WC

Cat / Bed

Boarding facilities PMS

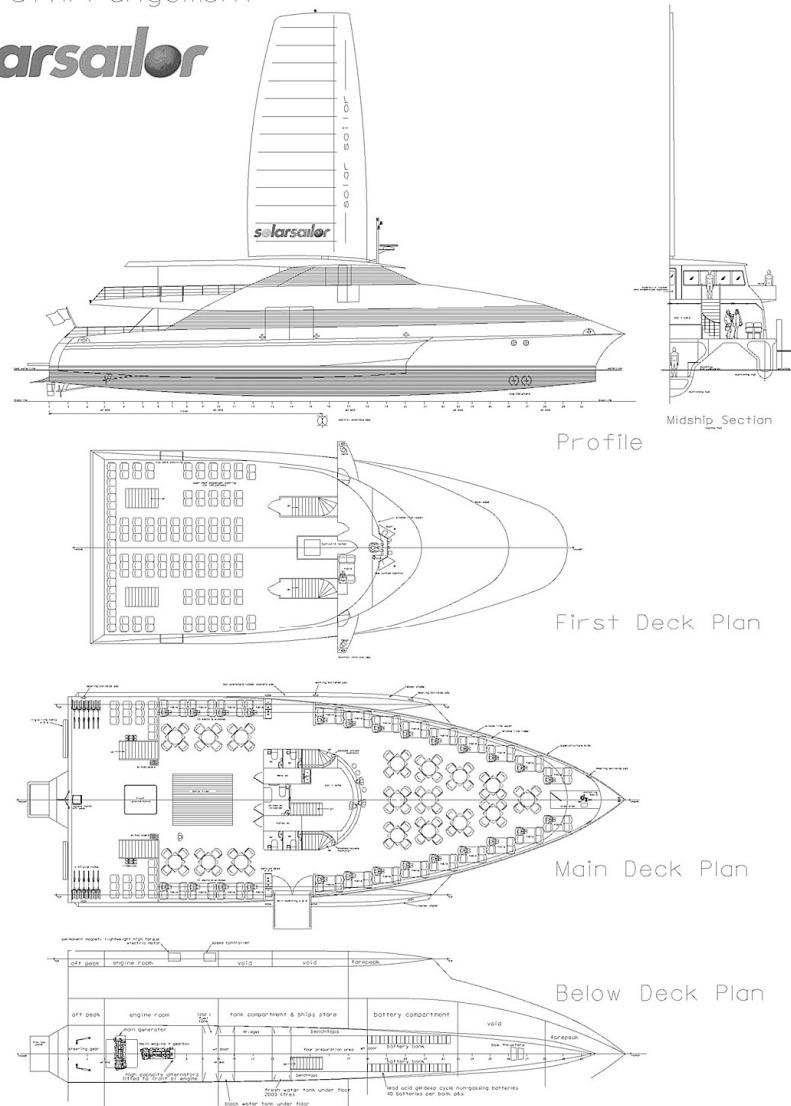
Construction Material:

GFRP composite

**solarsailor**  
green ferries for blue highways

## General Arrangement

**solarsailor**



### Principal Particulars

Length Overall:	36.34 m	Passenger Capacity:	100 total
Length Waterline:	34.48 m	Interior:	100 internal seats
Beam Moulded:	12.00 m	Upper Deck:	40 external deck
Draught Max:	1.80 m	Lower Deck:	102 external deck
Height of Hull:	12.00 m		
Autopilot Width:	120 / 3.5 m		
Draft Min:	0.80 m		
Service Speed:	6 m/s		
Top Speed:	12 m/s		

All dimensions are in m unless otherwise noted

Produced by Grahame Parker Design

**solarsailor**  
green ferries for blue highways

## ●日本のハイブリッド船 (NYKスーパーイコシップ2030)



## 4. 長崎県における産官学の”環境に優しい船”の研究 (クリーンエナジーシップ実用化研究会)

### 事業の位置づけ

- 長崎県は平成18年10月に「長崎県新産業創造構想」を策定し、「新エネルギーの県」を目指して、**新エネルギー・環境産業の振興を集中プロジェクトとして定義した。**
- この度ハウステンボスは「長崎次世代エネルギーパーク」に認定され、「創り」、「使い」、「見せる」ことを体験し、自然エネルギーの普及、啓蒙に貢献する。  
電気推進船の開発事業は、造船産業を重視する長崎らしさの象徴でもある。

### 次世代エネルギーパークオープン

- ハウステンボスは全国13ヶ所の一つに選定されて、2009年3月24日にオープン。開発中の**電気推進船**、**電動ボート**も目玉の一つになっている。  
又、「新エネ百選」にも認定された。



# クリーンエナジーシップ

## 開発の目的とコンセプト

- 化石燃料を使用せず太陽エネルギーや風力エネルギーなどの自然エネルギーと商用電源を蓄電し使用する電気推進船の開発は、公害となる排気ガスなどを出さない環境に優しい船舶である。
- 造船業が盛んで技術と経験の深い長崎県で新規事業創出により活性化を図る。

## 動機、背景

- 船舶はほとんど脱化石燃料化が進んでいない。そこで自然エネルギーを利用した船舶の研究開発に取り組む。
- 世界中に存在する船舶の数は多く、抵抗特性から船用機関の出力が大きいことを考慮すれば早急に対策すべきである。
- 長崎県は大小造船会社が多く存在し造船業が盛んであり、技術的に相互の協業、支援などの製造面での環境が良い。
- 長崎総合科学大学は国内で唯一の船舶工学科があり基本デザイン、技術指導、支援が可能である。
- 長崎県は離島も多く、小型船舶登録数は全国でも上位にあり、船舶運航会社のニーズの把握、需要の開拓等に恵まれている。



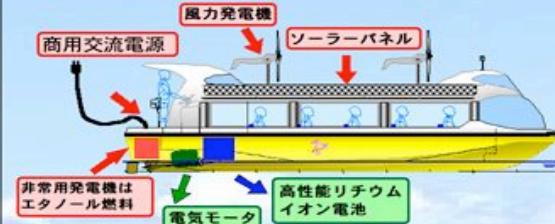
小型遊覧船

## 研究計画

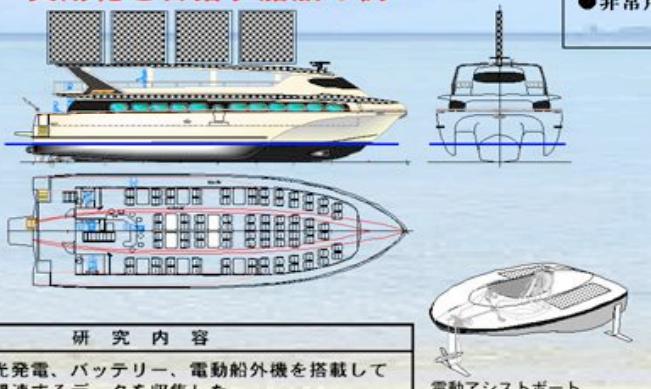
時 期	研究 項 目	研究 内 容
平成17年度	電気推進船の電源系統に関する基礎的研究。 (実施済み)	実験艇に太陽光発電、バッテリー、電動船外機を搭載して電気推進船に関するデータを収集した。 ●太陽光発電の発電特性 ●速度、航続距離と消費電力の関連データを取得。 ●次年度の実験船の検討。
平成18年度	20人乗り試験船の開発と試験運行	全長9mの試験艇は実用化を前提に必要なデータを取得し、装置の改造と試験運用を行う。 ●運行時間、速度と蓄電能力を評価。 ●太陽光発電能力と蓄電容量の評価。 ●商用電源からの充電試験と特性把握。 ●商業船の経済性は西海パールシーリゾートで検討。
平成19年度	20人乗りの実用化試験	実用化に必要な試験と技術開発の継続 (西海パールシーリゾートで試験運用予定)
平成20年度	100人乗りの船舶の建造、試験運用	●産学官が共同で湾内クルーズ船の基本設計と開発を行う。

## クリーンエナジーシップの特徴

- 公害となる排気ガスが出ない(地球環境保全)
- ランニングコストが安い(燃料不要)
- 振動が少なく、静寂で快適な乗り心地(電気推進)



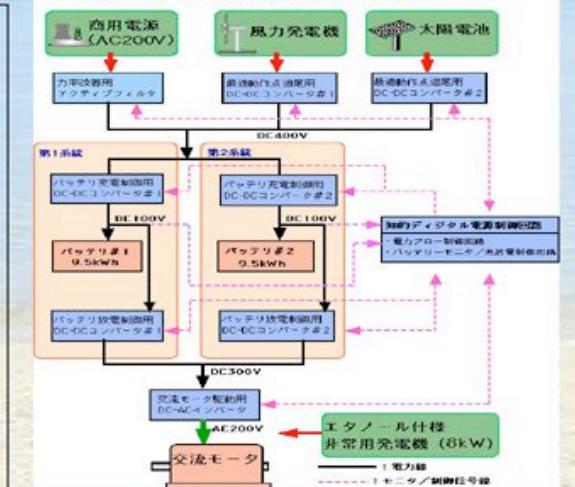
## 実用化を目指す船舶の例



## 課題と対策

- 本研究で開発するソーラーパネル、バッテリー、駆動モーター等の構成部品は、電気推進船としてのシステム制御技術や部品の信頼性など開発すべき点は多い。
- 抵抗が少なく甲板面積の広いマルチハル船型の開発。
  - 電気推進に適した高推進効率のプロペラの開発。
  - 船舶に装備するソーラーパネルや風力発電機と陸上の商用電源から効率的に充電する電源システムの開発。
  - 実船の電力消費量の把握、装備した太陽光発電と風力発電装置の特性の把握、急速充電可能なりチウムイオン電池や二重層コンデンサーと効率的な鉛バッテリー電池と組合せた蓄電容量の算出基準を確立する。
  - 艦載品の塩害や腐食の防止技術の開発。(光触媒の利用など)
  - 帆走用セールの最適制御技術の開発。
  - 非常用発電機はバイオマスエネルギーを利用。

## 電動推進船電源システム



## 『ソーラーシップを長崎でつくろう会のメンバー』

- ◇安田産業汽船（株）、九州商船（株）、野母商船（株）、させぼパール・シー（株）、ハウステンボス（株）
- ◇（株）渡辺造船所、（株）沖新船舶工業、（株）井筒造船所、
- ◇長崎総合科学大学 工学部 船舶工学科、長崎大学 工学部 電気電子工学科

## “環境に優しい船” 開発事業の効果、意義

- 長崎県が環境技術開発で先行することによりイメージアップとなる。
- 付加価値の高い船舶の建造により地元造船会社の活性化をはかる。
- 運航会社は原油の高騰により経営が圧迫され、省エネ船を求めている。
- 運航会社は船用機関の整備技術者が高齢化し、また後継者不足で経営が圧迫されている。（若年者は就労環境が悪い事業を敬遠する傾向にある。電気推進化によりメンテナンスが容易で電気関連技術者の養成も道が開けてくる。）
- 電気推進化はメンテナンス費用低減の可能性も高い。

## 経済性と環境保全(キャナルクルーザーの例)

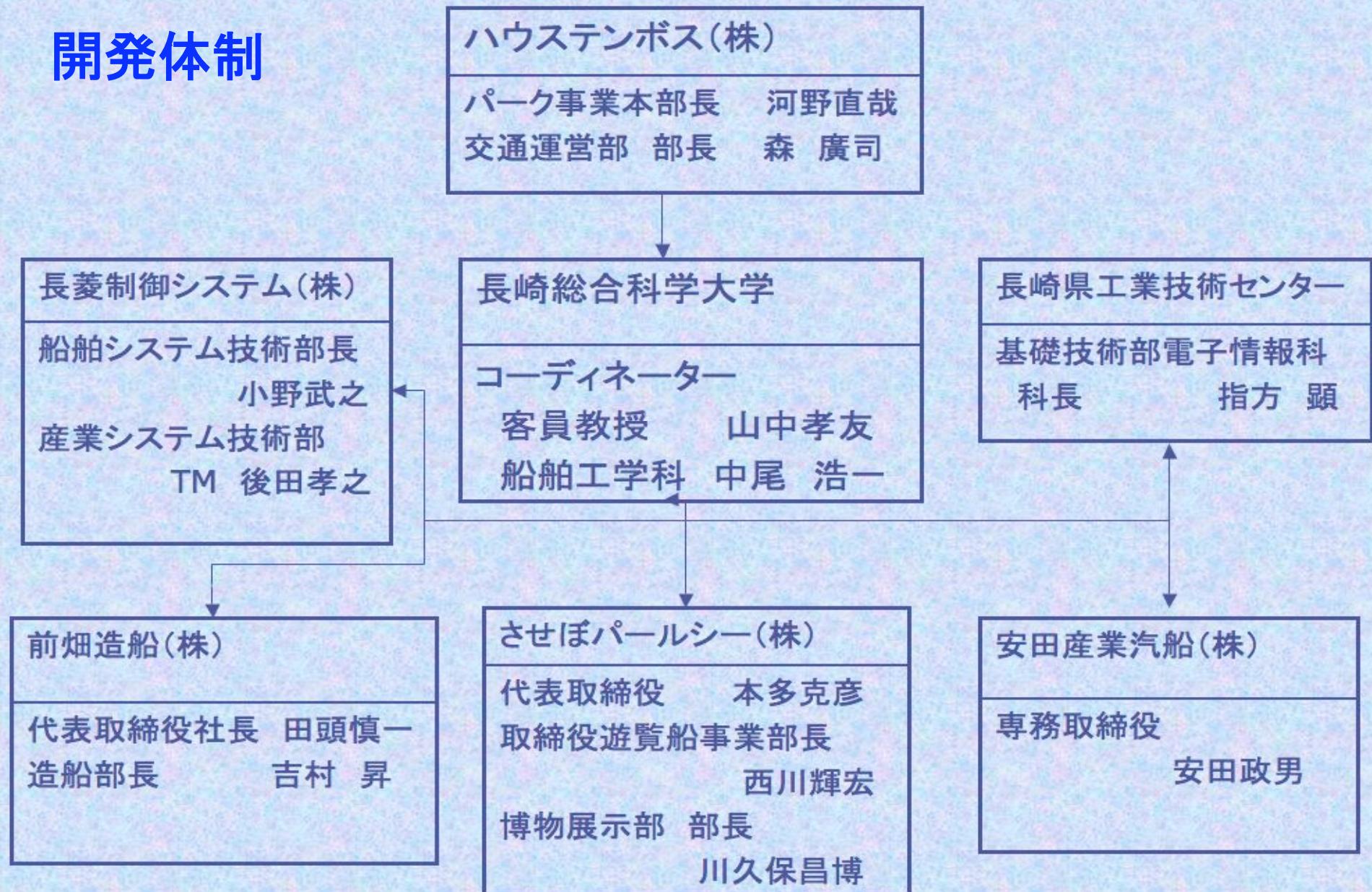
項目	1隻当たり	カナルクルーザー等23隻
太陽光発電量	3,000 KWH/年	70,000KWH/年
燃料節減	213万円／年 (23,100 リットル／年)	4,885万円／年
CO <sub>2</sub> 削減効果	55.4トン／年	1,275トン／年

設備	全長 14.39m	総トン数 13トン
	全幅 4.00m	搭載機関 18.5KW ACモータ
	深さ 1.05m	運行速力 約3KT (約5.6KM/H)
	ソーラーパネル 70枚 (約3KW)	航続時間 約3時間

## ハウステンボスの電気推進船の開発計画

	19年度	20年度	21年度
主な改造	<ul style="list-style-type: none"><li>ディーゼルエンジンを電動モーターに換装</li><li>ソーラーパネル480W搭載</li><li>鉛バッテリー搭載</li><li>非常用発電機調達</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>ソーラーパネル 70枚 3KW搭載</li><li>非常用発電機を搭載</li><li>リチウムイオン電池の入手</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>リチウムイオン電池搭載</li><li>充放電回路の自動化</li></ul>
試験内容	<ul style="list-style-type: none"><li>電気推進テスト</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>太陽光のみで走行テスト</li><li>非常用発電機による走行テスト</li><li>リチウムイオン電池の環境対応試験</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>電池の充放電時間の確認</li><li>全自動化運転の確認</li></ul>
備 考		<ul style="list-style-type: none"><li>日本小型船舶検査機構(JCI)の船体検査合格し商用運航が可能となった</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>将来のハイブリッド化も可能となる</li></ul>

# 開発体制



# 市場規模（九州管内）と販路

## 九州管内市場規模（長崎運輸局調査）

- 20トン未満の船舶 251隻
- 海上タクシー（13名未満） 50隻

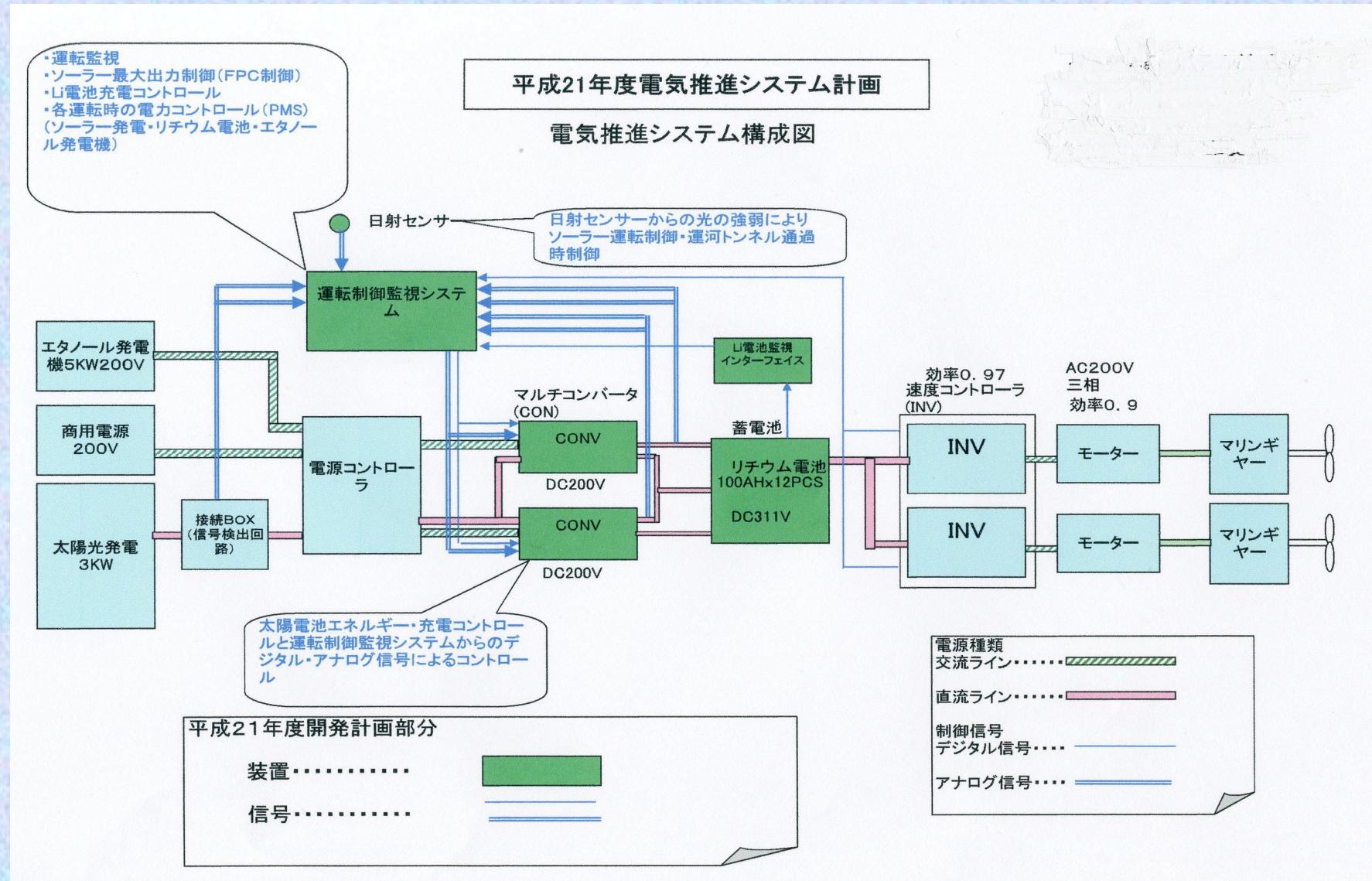
## 販路

長崎県 長崎旅客船協会 会長 安田 政男（五島旅客船（株） 社長  
佐世保旅客船協会 会長 竹山 吉（竹山運輸（有） 社長）  
九州管内 九州旅客船協会 会長 村木 文郎（野母商船（株） 社長）

## リチウムイオン電池の特性（優位性）

	容量（1時間率）	重量	充電時間	有効利用 (残量)	寿命（年）	航続時間
Li電池	100AH	288 (kg)	1時間	10%	5.4年 (80%放電時 2000サイクル)	4.5時間
鉛電池	65AH	879 (kg)	8時間	20%	1年	3時間
比率	1.5倍	約1/3	約1/8	1.1倍	5.4倍 (毎日使用)	1.5倍

# 電気推進船の電源回路図



## 5. ソーラーシップ<sup>®</sup>を長崎で造ろう会の提案

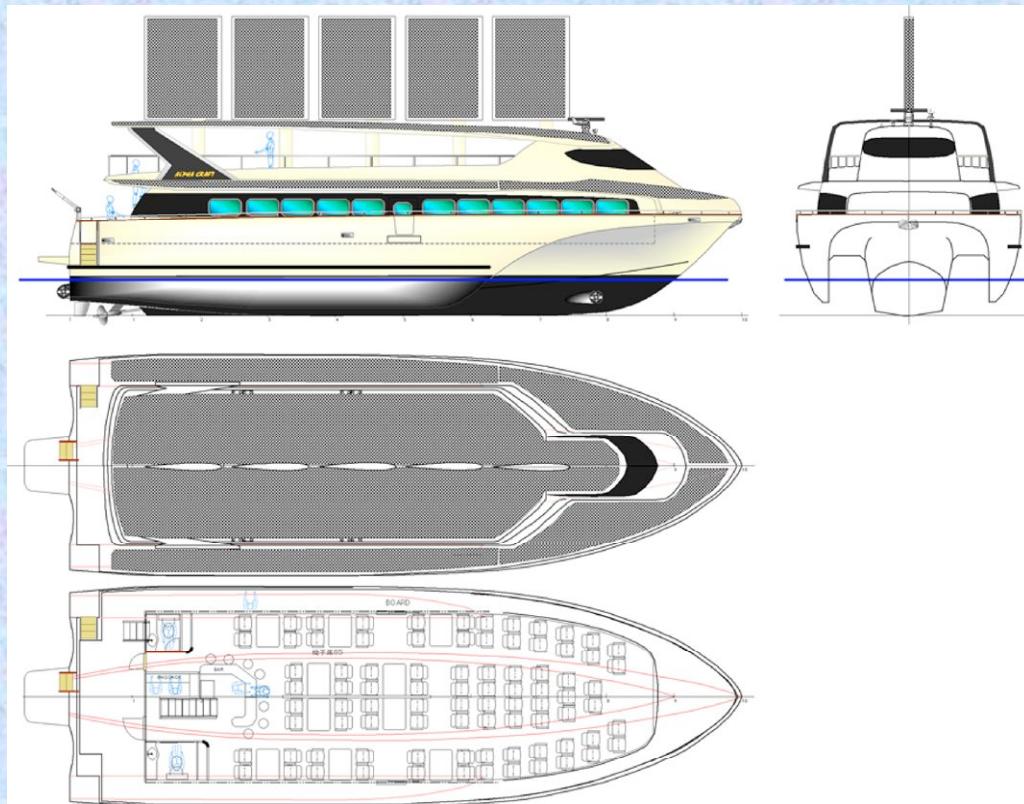
(実際はハイブリッドボート)

### 5-1 24m湾内遊覧船

本格的でより大型なハイブリッドボートは船舶の運航形態が重要である。

利用する再生エネルギーは密度が小さいので運航時間が短く充電時間が長い方が良い。

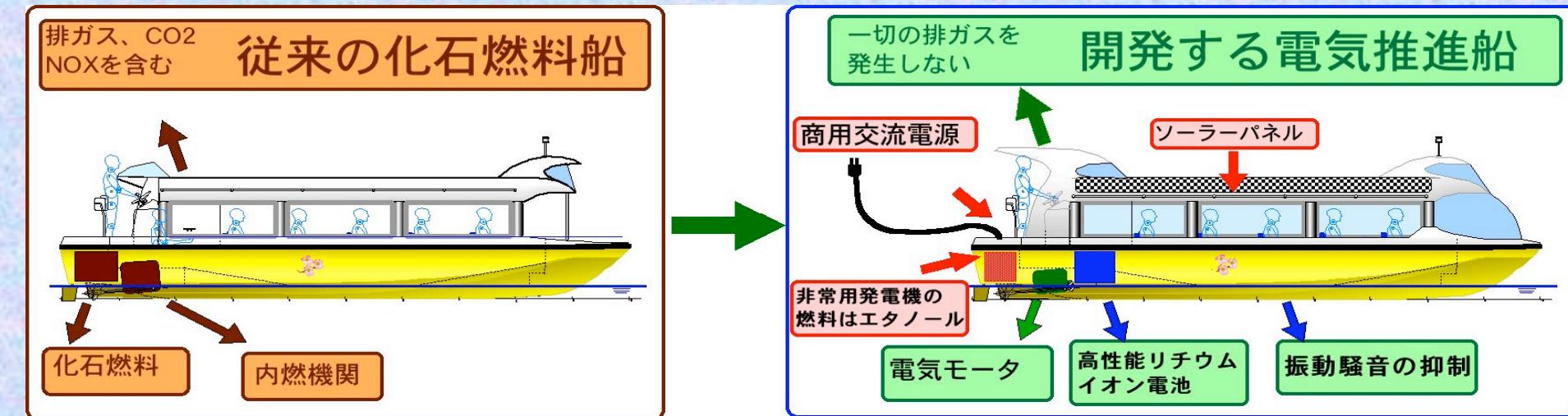
まず、全長24m全幅8mで乗客200人程度の湾内遊覧船が適当。



全長Loa	24.10m
全長LH(ハル全長)	24.00m
全長LR(登録長さ)	22.75m
全幅Boa	8.10m
全深Doa	3.58m
定員	乗員2人+旅客200名
総トン数	100トン以上
軽荷重量(計画)	50t
重荷重量(計画)	70t
最大速力(200ps×1)	10kt以上

## 5-2 9m周遊艇

テーマパークや観光地のクルージングで使用する。

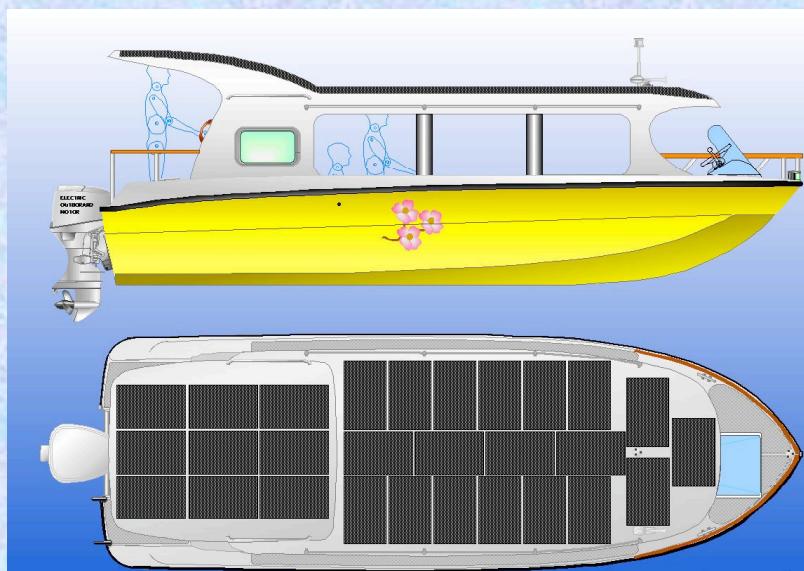


### 特徴

- 原子力発電による深夜余剰電力（商用電源）を使用し、CO<sub>2</sub>発生を抑制。
- 電気モータの特性により優れた加速と騒音、振動を抑制し静かで快適な走行。
- 実用化は経済性と信頼性の高い技術開発が必要。（電気推進モーター、蓄電装置および制御装置）
- エネルギー蓄積技術としては蓄電装置のコンパクト化および軽量化が必要である。  
鉛電池以外にリチウムイオン電池やキャパシタの他に燃料電池の使用や、風力や波力エネルギーをコンプレッサーを駆動し空気タンクへエネルギーを蓄積する方法や弾み車に蓄える方法もある。
- 非常用電源として内燃機関駆動の発電機も搭載するが燃料はバイオマス燃料を使用。  
交流電源、太陽電池、バッテリの統合パワーマネジメントで推進。

## 5-3 7m小型周遊艇

テーマパークや観光地のクルージングで使用する。

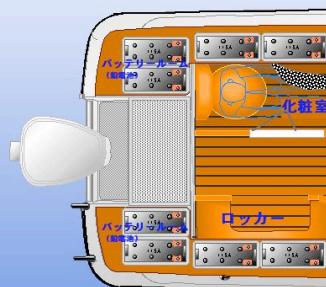


7m電気推進船



室内配置

7m程度の小型電気推進船であれば鉛電池でも成り立つので船価が低減できる。既に諸外国では一部実用化が実現されている。



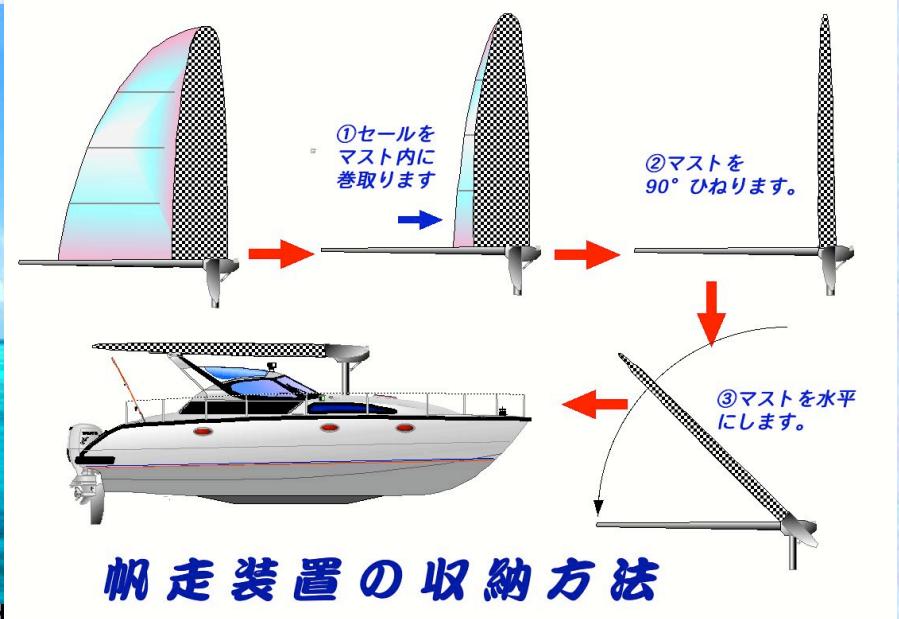
全長 : 7.00m  
全幅 : 2.50m  
艇体重量 : 950kg  
電動船外機10PS-7.35KW (試作品)  
定員 : 15名  
速力性能 : 6~8KT  
航続性能 : 5KTで2.8時間程度 (フル充電状態)  
発電能力 : ソーラーバッテリー40Wx28=1120W  
フル充電約11時間  
標準バッテリー : 鉛電池10.0KWh  
オプションバッテリー : リチウムイオン電池10.0KWh

### 参考

- 1日 (10時間) の充電量11.2KWh  
軽油換算3.7リッター/日、1320リッター/年
- リチウムイオン電池  
 $4.08\text{KWh} \times 3 = 12.2\text{KWh}$  重量 : 103kg
- 鉛電池(120Ah)  
 $1.44\text{KWh} \times 8 = 11.5\text{KWh}$  重量 : 369kg
- 毎日運航の場合は商用電源で充電

## 5-4 ハイブリッドプレジャーボート

プレジャーボートは充電できる時間が十分にあるので実用化の可能性は極めて高い。



- 年間の使用時間が200時間程度なので係留保管時に帆走装置をモードにしておきたい。
- 低速で航行するセーリングクルーザーなどは電気自動車用モーターが使用可能であり、

ディープサイクル鉛バッテリーでも成り立つのすぐにも実用化が可能である。

- セールとソーラーパネルの組み合わせは商品性を高めることが可能。

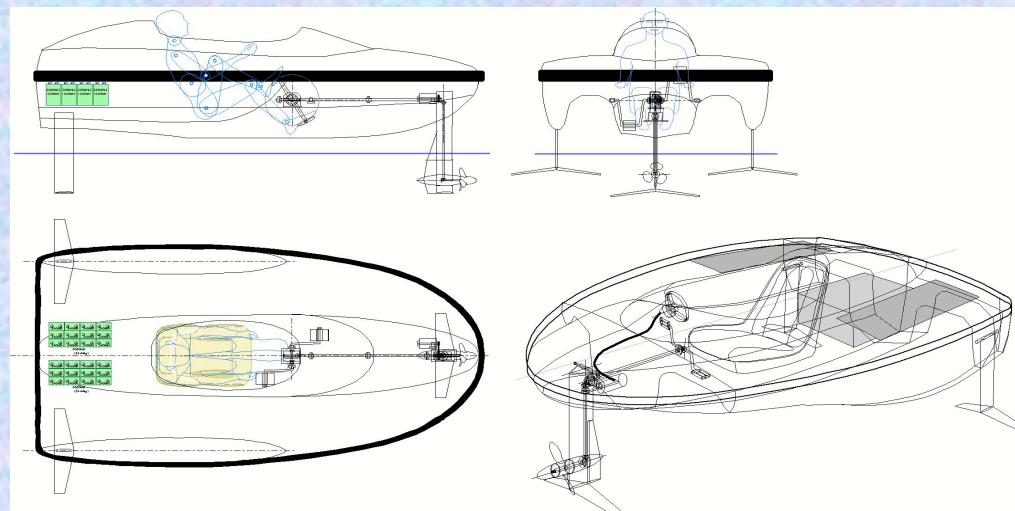
## 5-5 ハイブリッドミニ電動ボート

無免許、検査不要の小型ハイブリッドボートでは化石燃料を全く使用せず、“再生可能エネルギー“と”人力エネルギー”の組合せ技術が魅力的である。

### スポーツモデル

- 免許不要、船体検査が不要である。
- 動力は太陽電池による電力と人力を組合せたパワーアシスト方式。
- 最高速力は軽快さを感じる自転車並みの速度。(20~25km/hまたは15kt程度)
- 水中翼船では離水と最高速力を出す場合のみパワーアシストを使用する。  
巡航はソーラーパネルと電池のみで走行する。
- 使用目的はレジャーなど。

### スポーツモデル



#### 主要目

全長(Loa) :	3.20m
登録全長(LR) :	3.00m
全幅(Boa) :	1.60m
定員(70kg/人) :	1~2名
船体重量(We) :	約150kg
最大重量(Wmax) :	約220~290kg
エンジン: 人力 (0.5~1) PS+電気モーター-2PS ソーラーパネル 200W (0.3PS)	
最大速力 約15KT	
巡航速力 (1.5PS未満) 約10KT	
航続時間 晴天時3時間	

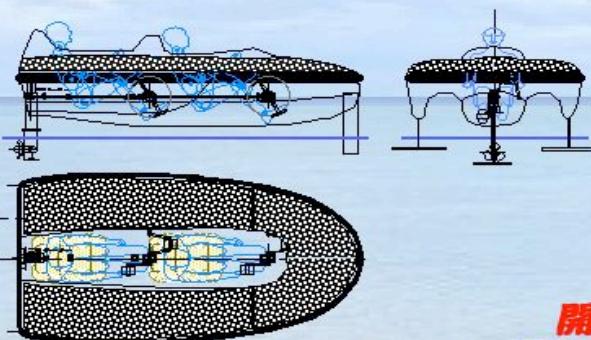
# ハイブリッドミニボート（免許・検査不要）

## 開発の目的とコンセプト

- 地球環境保全のため、船舶が使用する動力や室内電源の多くを太陽エネルギーや風力エネルギーなどの自然エネルギーで頼む化石燃料をできるだけ使用しない船舶の実用化を目的とする。
- 免許不要、検査不要のプレジャーボートとして普及を図る。

## 動機、背景

- 船舶はほとんど脱化石燃料が進んでいない。そこで自然エネルギーを利用した船舶の研究開発に取り組み。
- 長崎県は大小造船会社が多く存在し造船業が盛んであり、技術的に相互の協業、支援などの製造面での環境が良い。
- 長崎総合科学大学は国内で唯一の船舶工学科があり基本デザイン、技術指導、支援が可能である。



## 性能開発モデルの主要目

全長	3.2m
全幅	1.6m
船体重量	約150kg
最大重量	約290kg
エンジン	人力1PS+電気モーター2PS
定員	2名
ソーラーパネル	300W (0.4PS)
最大速力	約15KT

## ハイブリッドボートの特徴

- 公害となる排気ガスが出ない(地球環境保全)
- ランニングコストが安い(燃料不要)
- 乗船者2名がペダルを漕ぎ、電気モーターが不足分の動力をアシスト。人力パワーは2名で1PS、ソーラーパネルから常時200~300W (0.4PS) の電力を発生し充電したバッテリーでアシストモーターを駆動。

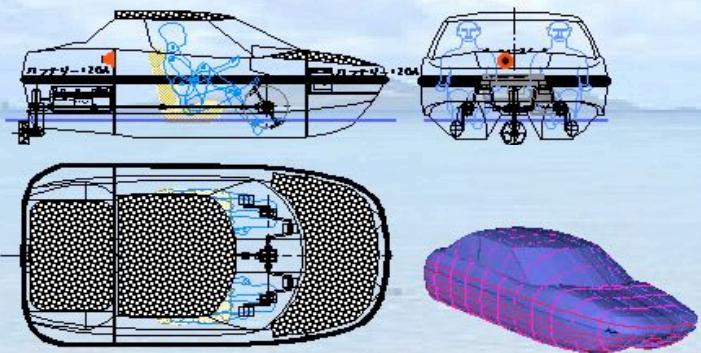
## 市場性（観光施設で最適）

- 公害となる排気ガスが出ない(地球環境保全)
- ランニングコストが安い(自然エネルギー利用)
- 振動が少なく、静寂で快適な乗り心地(エンジンがない)
- 波の穏やかな海面・池・湖沼での使用を想定。  
遊園地や観光地での貸しボートに最適。  
スポーツカーイメージは子供にも人気。

## 課題と対策

本研究で開発する船舶のソーラーパネル、バッテリー、駆動モーター等の構成部品は、基本部品として開発は進んでいるが、システム全体の制御技術や部品の信頼性など開発すべき点が多い。

- 船舶に装備するソーラーパネルでは不足する電力は陸上（桟橋）に設置する太陽光発電装置、風力発電装置から効率的に充電するシステムの開発。
- 実船の電力消費量を把握し、装備した太陽光発電と風力発電装置の特性を把握し、急速充電可能な二重層コンデンサーと効率的な鉛バッテリー電池と組合せた蓄電容量の算出基準を確立する。
- 電気船用品の塗装による性能低下や腐食の対策は光触媒などの塗布技術を開発。
- 帆走用セールの最適制御技術の開発。



## 免許も船体検査も不要の要件

- 全長3.3m以下で搭載エンジンが2PS以下

## 開発と事業化のスケジュール

- 1年目 テーマ 電気関係の特性計測、性能開発  
ハイブリッドの性能がプレジャーボートとしてテストボートを試作し性能を確認する。
- 太陽光発電と人力により得られるパワーのデータ取得
  - バッテリーの蓄電方法(リチウムイオン電池と二重層コンデンサー使用)や出力制御装置の開発。
  - 走行試験により速度、距離などと電力消費量の把握。
  - テストボートによるデモ走行。
- 2年目 テーマ 2人乗り商品化ボートの開発  
次年度以降の商品化を目指し新規ボートを開発し必要な技術開発と信頼性、原価、販売価格を検討する。
- 製造原価の低減を目指した部品開発。
  - 信頼性の高いパワーアシスト装置の開発(専門メーカーとの連携や共同開発)
  - 太陽光発電とバッテリーの蓄電容量の適正化の評価を行なう。
  - 装置の開発(出力制御装置、パッケージ化されたバッテリー)

## 商品化モデルの主要目

全長	3.2m
全幅	1.6m
船体重量	約180kg
最大重量	約340kg
エンジン	人力1PS+電気モーター1PS
定員	2名
最大速力	約6KT
ソーラーパネル	300W (0.4PS)
急速充電可能なバッテリー仕様も考慮	

## 2人乗り試験モデル

スポーツモデルで得られた技術をより商品性のある量産ボートとして開発。

必要な技術開発は信頼性の高く、**低価格のパワーアシスト推進ユニット**の開発。

●免許不要、船体検査が不要である。

●動力は太陽電池による電力と人力を組合せたパワーアシスト方式。

●最高速力は早足程度の速度。(5~8km/hまたは4kt程度)

●使用目的は観光地でのレジャーなど。



### 主要目

全長(Loa) :	3.20m
登録全長(LR) :	3.00m
全幅(Boa) :	1.60m
定員(70kg/人) :	1~2名
船体重量(We) :	約150kg
最大重量(Wmax) :	約220~290kg
エンジン：人力 (0.5~1) PS+電気モーター2PS ソーラーパネル	200W (0.3PS)
最大速力	約4KT
巡航速力 (1.0PS未満)	約3KT
航続時間	晴天時3時間



年度	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	合計	平均
ペダルボート隻数	205	213	113	22	112	80	23	768	110/年



年度	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	合計	平均
ローボート隻数	37,236	36,627	39,132	40,775	38,807	40,069	37,789	38,685	34,582	25,557	17,542	14,366	11,618	8,673	7,401	428,859	28591隻/年
金額(百万円)	3,611	3,349	3,102	3,310	3,074	3,035	2,507	3,009	2,751	1,599	1,185	927	666	537	443	33,105	2207百万/年

## 4人乗り量産モデル

商品性のある量産ボートとして開発。

必要な技術開発は信頼性の高く、**低価格のパワーアシスト推進ユニット**の開発。

- 免許不要、船体検査が不要である。
- 最高速力は早足程度の**速度**。（5～8km/hまたは4kt程度）
- 市場は湖河川の観光地やレジャー施設などで使用する。
- 釣り舟やペダルボートなどは日本だけでも数千隻の市場がある。



## 6. 大学における“環境に優しい船”の試験

### 2006年度 委託研究

「環境に優しいクリーンエナジーシップの研究、開発」をテーマに沖新船舶工業（株）が長崎県から補助金を得て長崎総合科学大学は受託研究として共同試験を行った。

#### 試験の目的

「環境に優しいエネルギー」としてソーラーパネルから得た電力で走行する。

電気推進船は化石燃料を全く使わないので必要とする電力を短時間に効率良く充放電することが求められる。下記の項目に対して試験を行なった。

- 太陽光発電の発電特性を確認する為に汚損防止の光触媒を塗布したソーラーパネルと対策をしないソーラーパネルの発電特性を確認する。
- ディープサイクル鉛バッテリーの充放電特性を確認する。
- 速力試験を実施し電動船外機の性能を確認する。

#### 試験

船首に約1.34KW (1.8PS) 電動船外機を2基装備。

1枚で40Wの出力を持つソーラーパネルを12枚  
(合計480W) を装備し発電量を計測した。

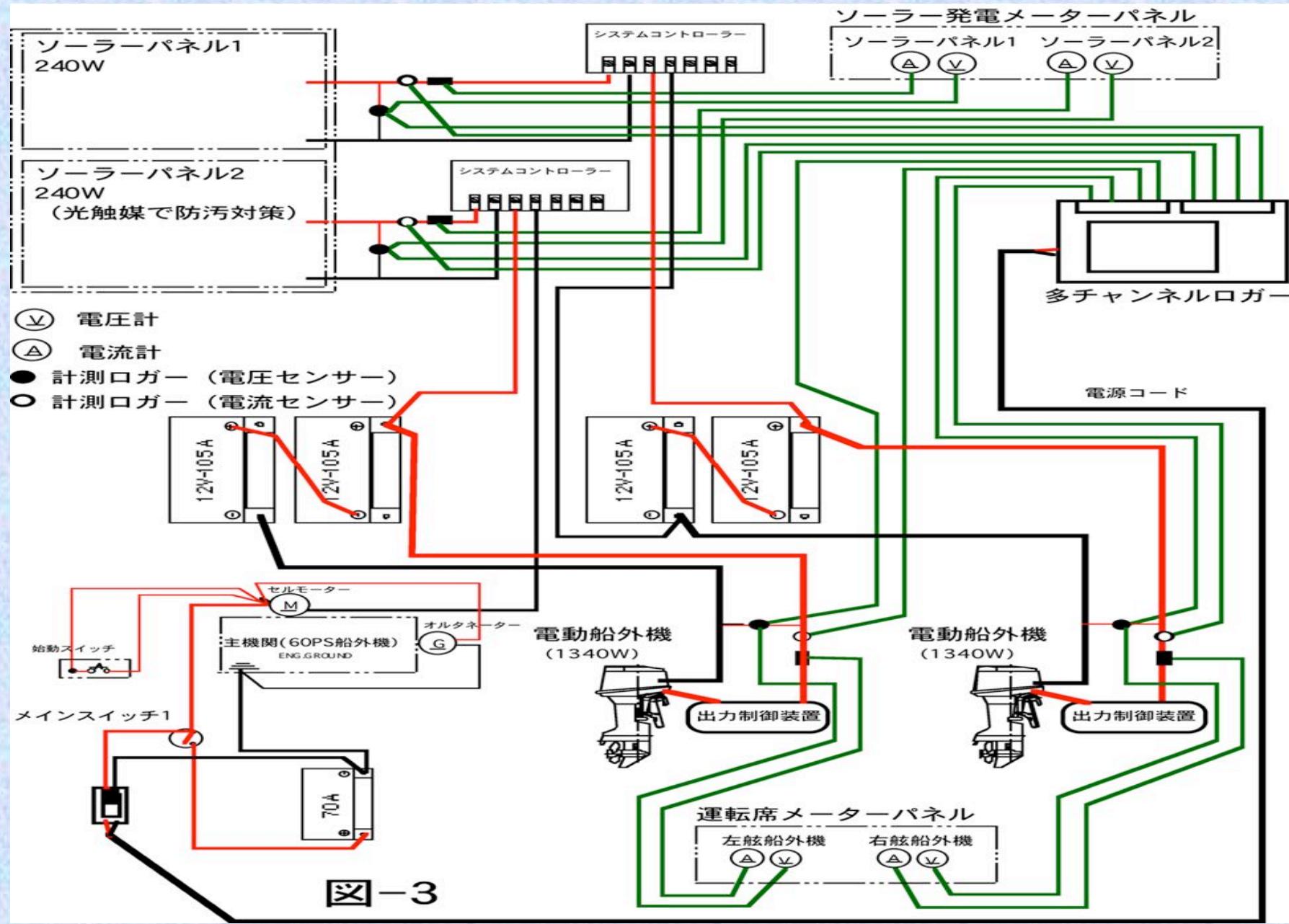


# 電気艤装

- (1) 発電：ソーラーパネル12V-40Wを12枚（480W）
- (2) 充電：24V-240Wを2系統でデープサイクルバッテリー12V-105AH4個に充電
- (3) コントローラー：太陽電池システムコントローラー24V仕様を2セット
- (4) 計器類：アナログメーター電流計、電圧計を4セット
- (5) 計測装置：全体の電気系統を記録するロガー（20チャンネル）
- (6) 配電ターミナル：複雑な配線をまとめた配電盤
- (7) GPS：速力や航跡を表示し記録できる衛星航法装置
- (8) 電動船外機：電動船外機（24V-1340W）2基

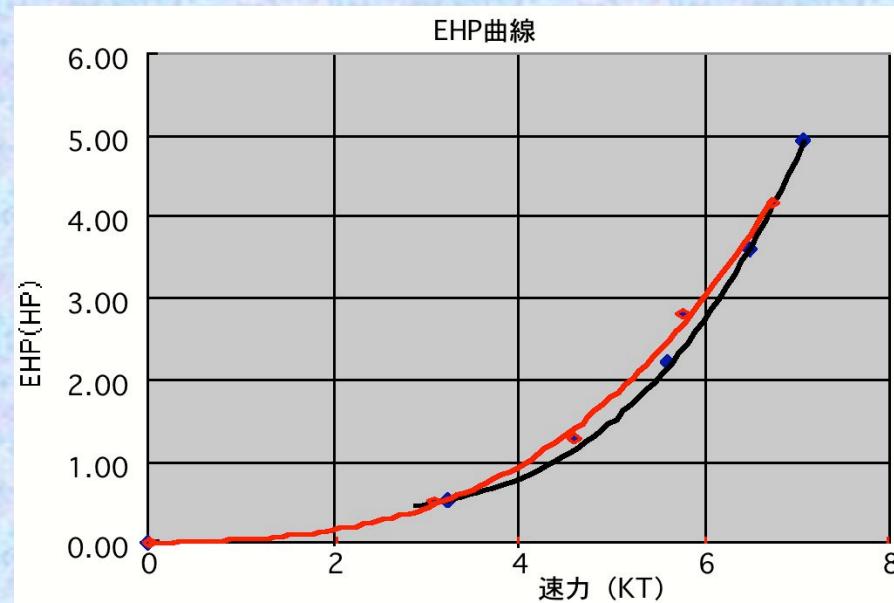
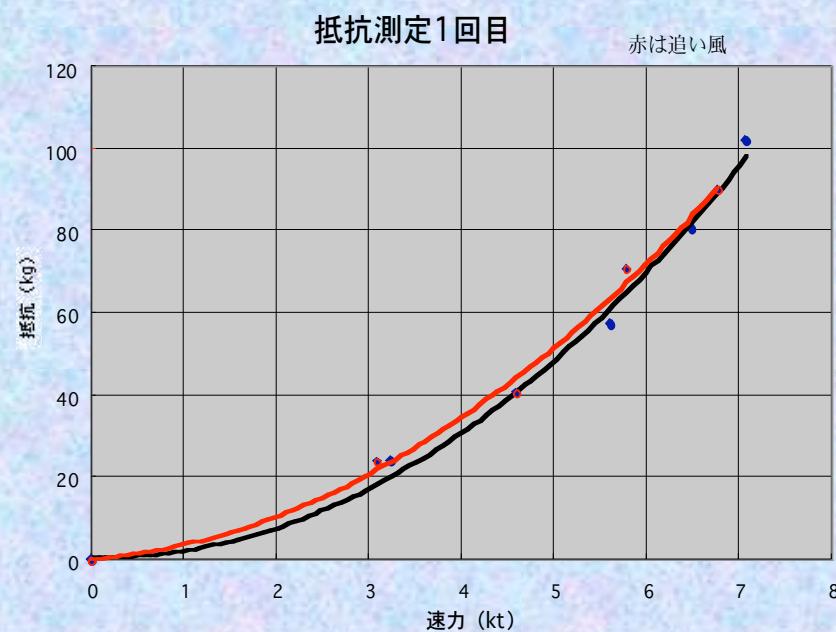
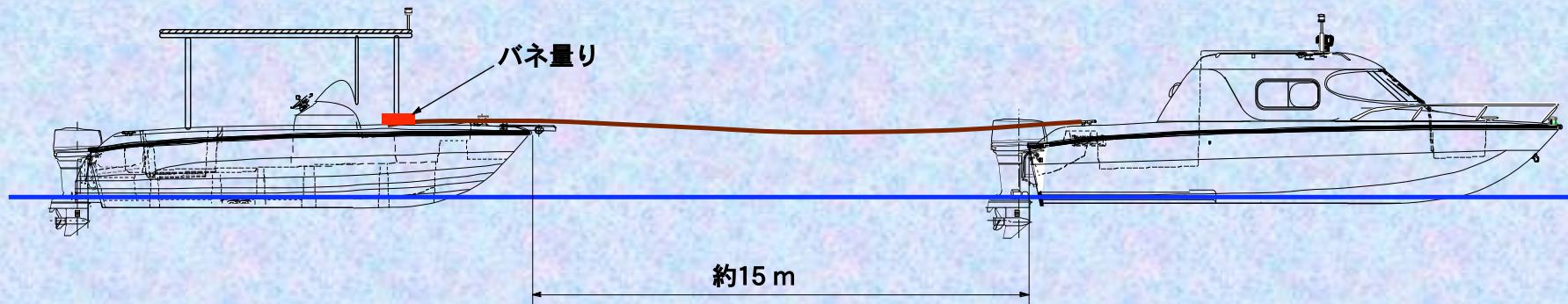


# 試験船配線図



# 船体抵抗計測試験

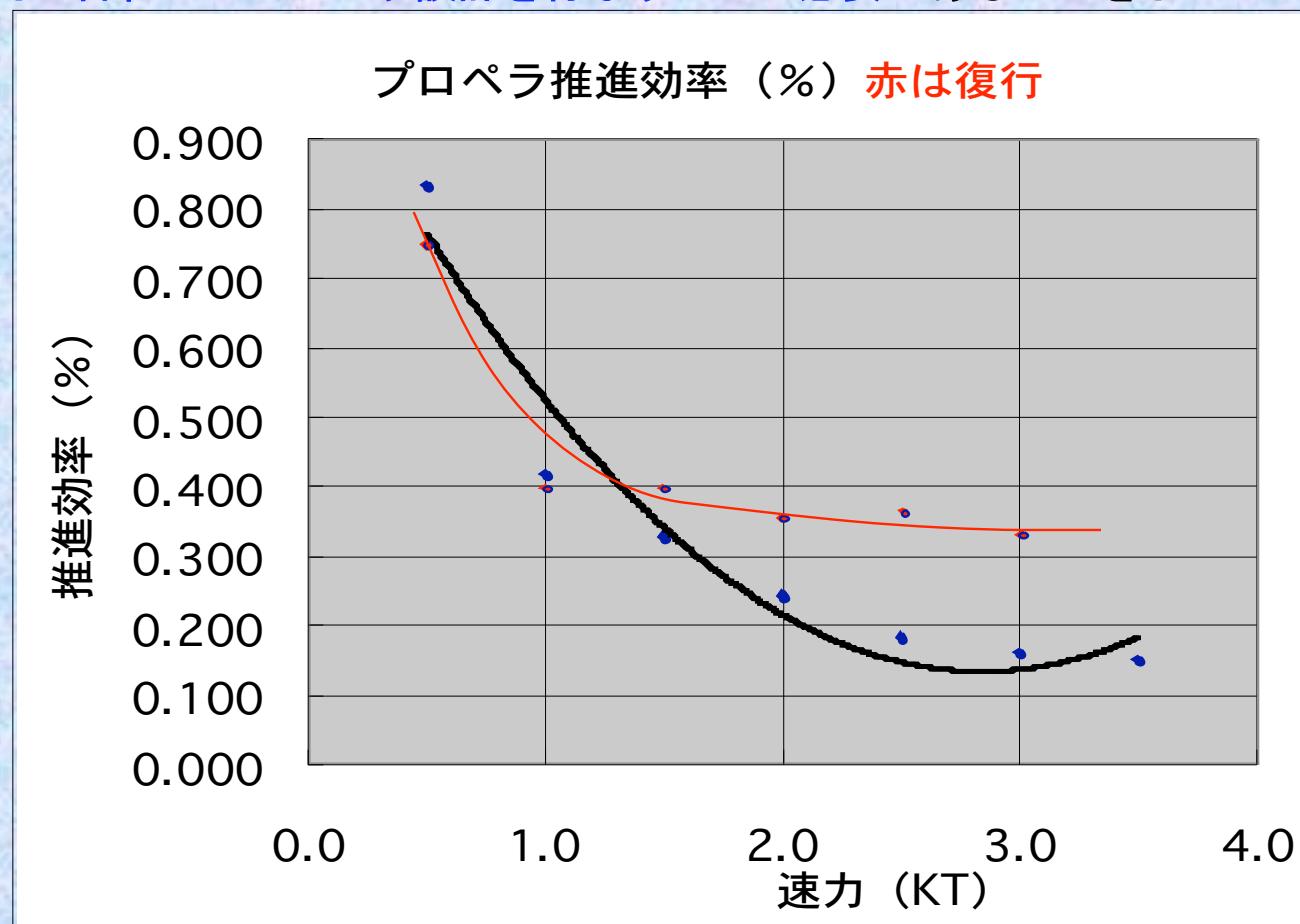
抵抗と必要馬力に関するデータを得る目的で試験艇を別のモーターボートで曳航し抵抗を計測した。速力はハンディGPS航法装置を使用し抵抗はバネ計りを使用した。



## プロペラ推進効率

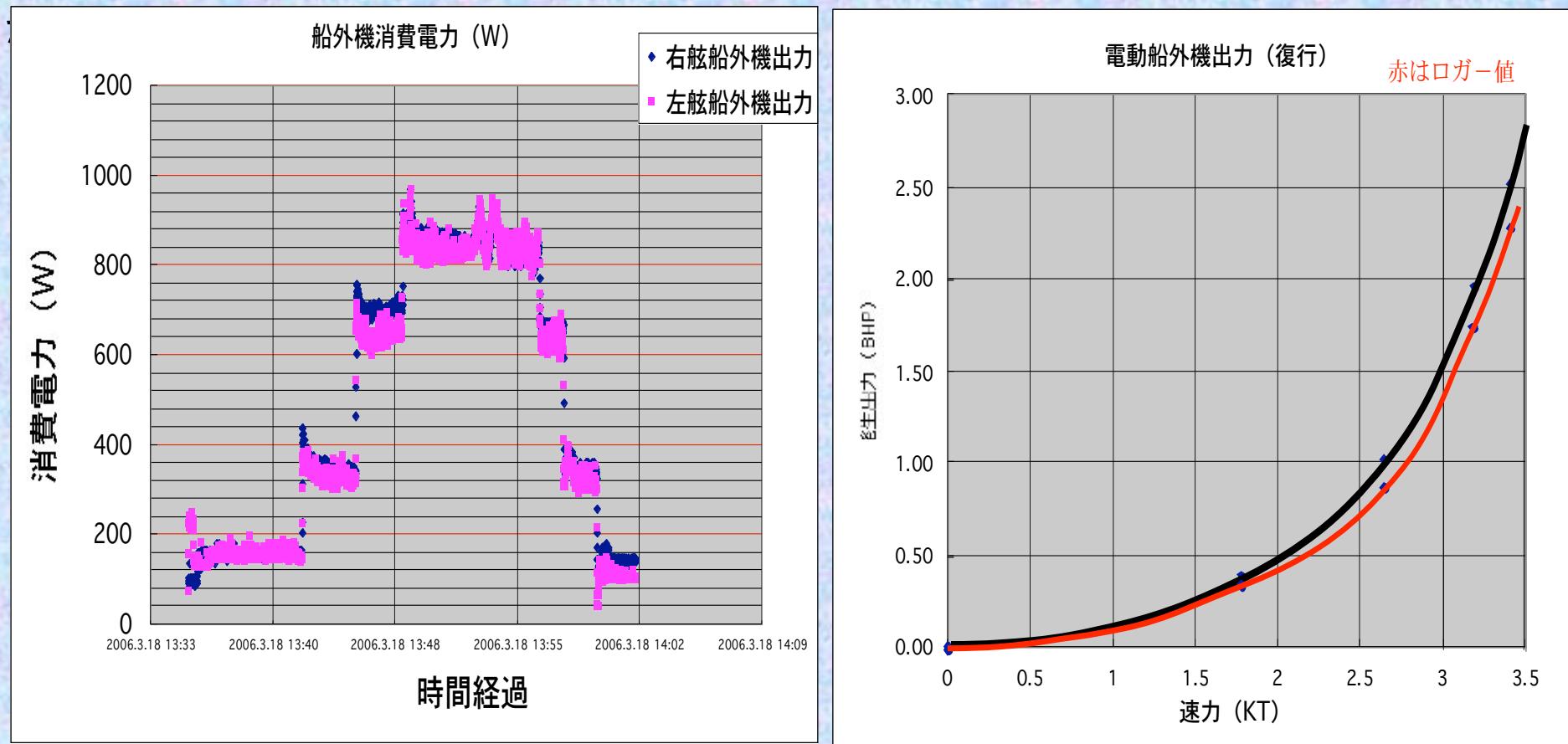
使用した電動船外機（ミンコタ）のプロペラは微速で効率が高く速力が増加すると極端に推進効率が低下することを示している。本来電動船外機のプロペラはピッチが浅く潮流の影響を受けやすく低速で使用することを前提にしていると考えられる。

実用艇では使用目的に合わせてプロペラ設計を行なうことが必要であることを示している。



## 分力試験

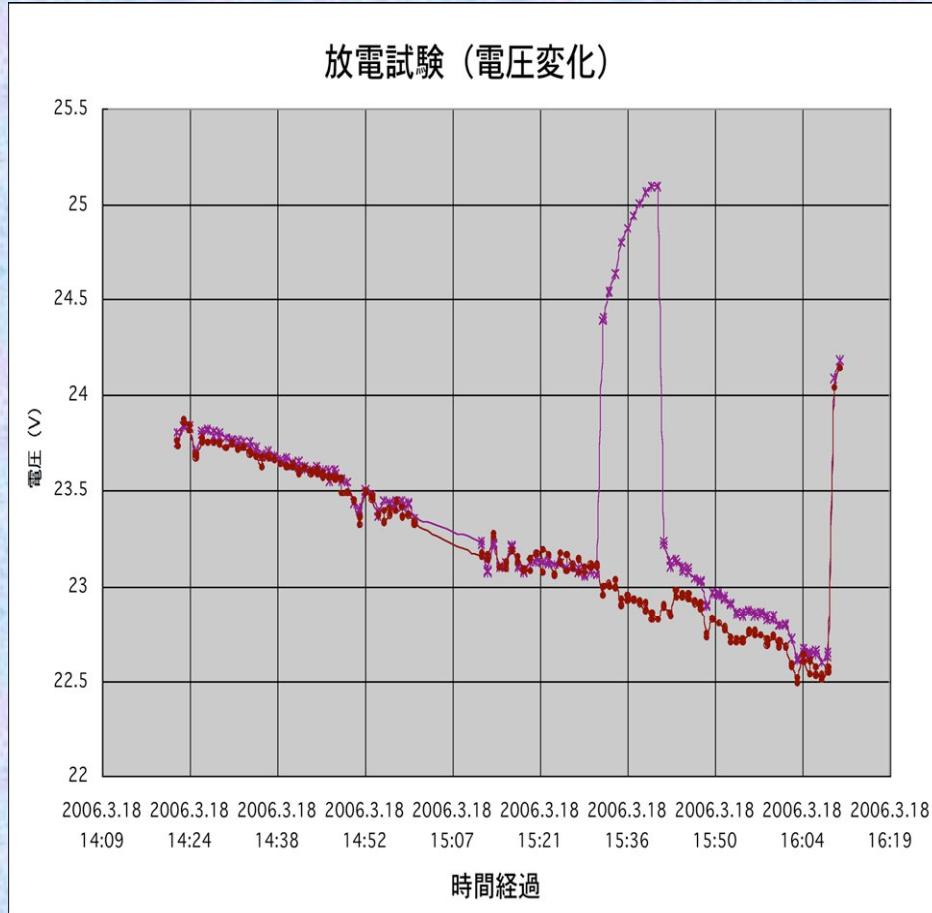
曳航試験で得られた船体抵抗に対応する必要動力との関係を求めプロペラの推進効率を求めた。試験艇は電動船外機の出力を40、60、80、100%の出力で走行させ試験時の電流と電圧は自動計測記録器（ロガー）のデータからを使用。速力は曳航試験と同様にハンディGPSを使用し



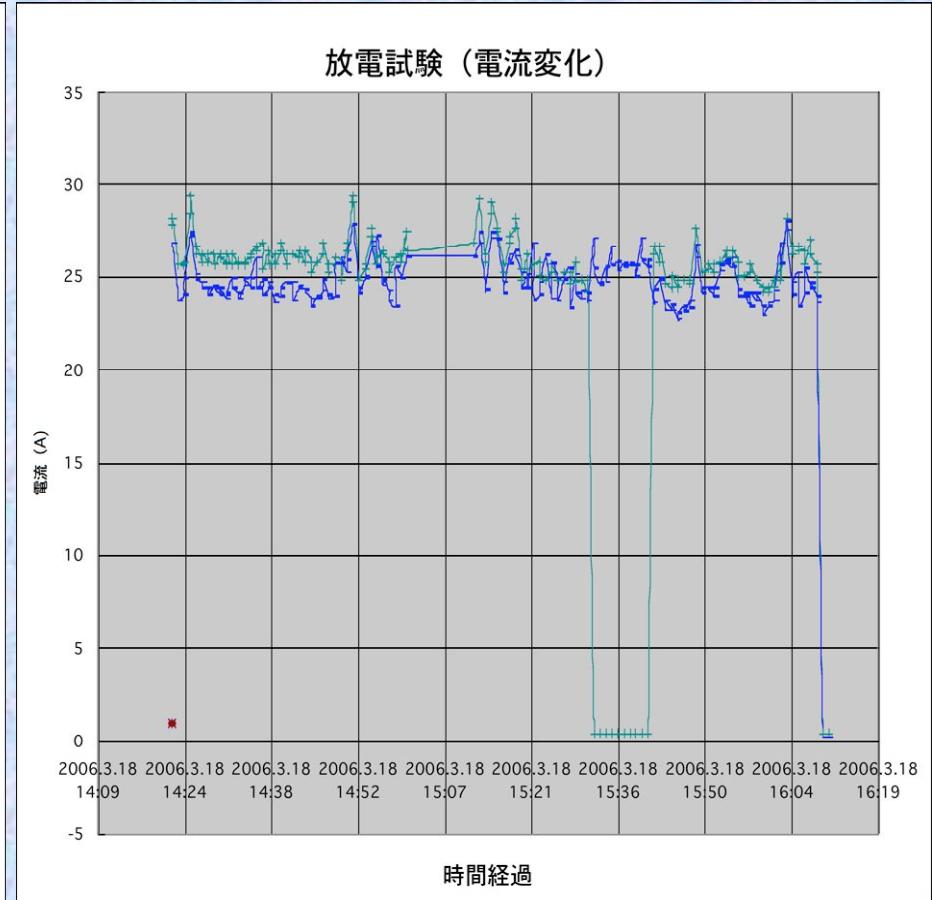
# 放電試験

放電試験はバッテリーがフル充電状態の状態から80%出力で全力走行できる時間を計測した。

電圧変化



電流変化



## 充電試験

充電試験では試験艇に搭載するソーラーパネルの発電状態を計測した。計測は晴天、曇天、雨天時も計測した。ソーラーパネルは半分を光り触媒を塗り比較を行なったが発電能力にはほとんど差はないことを確認した。



# 電動ボート用電気艤装品の試験

## 2008年度 独自研究

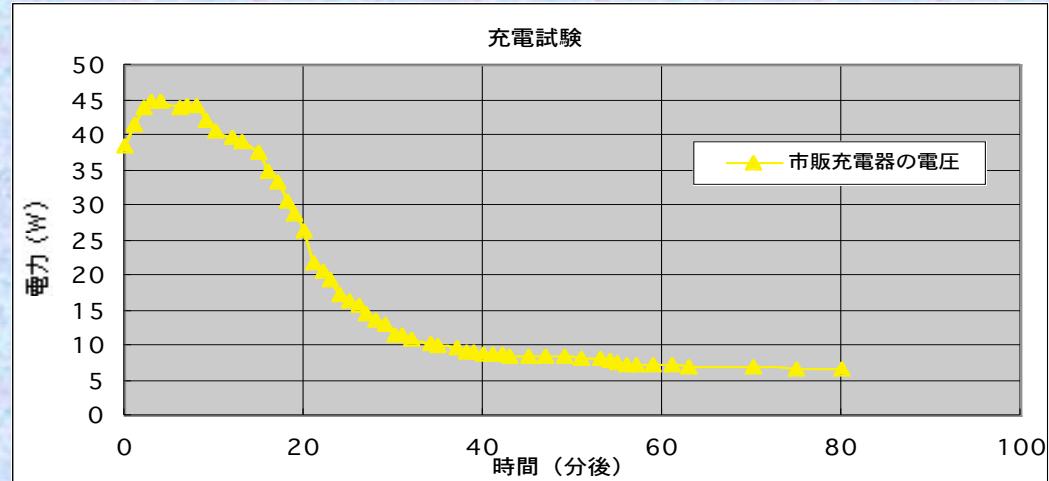
- 電動ボートの実用化は適正な販売価格を実現するため製造原価のコストダウンが必要。
- 原価低減を図るために、市販の電装品を多用し、性能、機能、整備性、耐久試験で確認が必要)
- 使用環境を考慮し電装品はできるだけ船舶（ヨット）に搭載して試験を実施する。



# 電気製品の試験

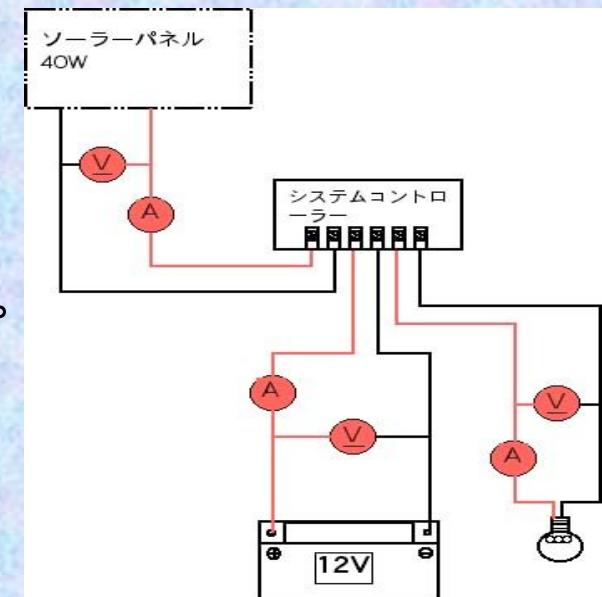
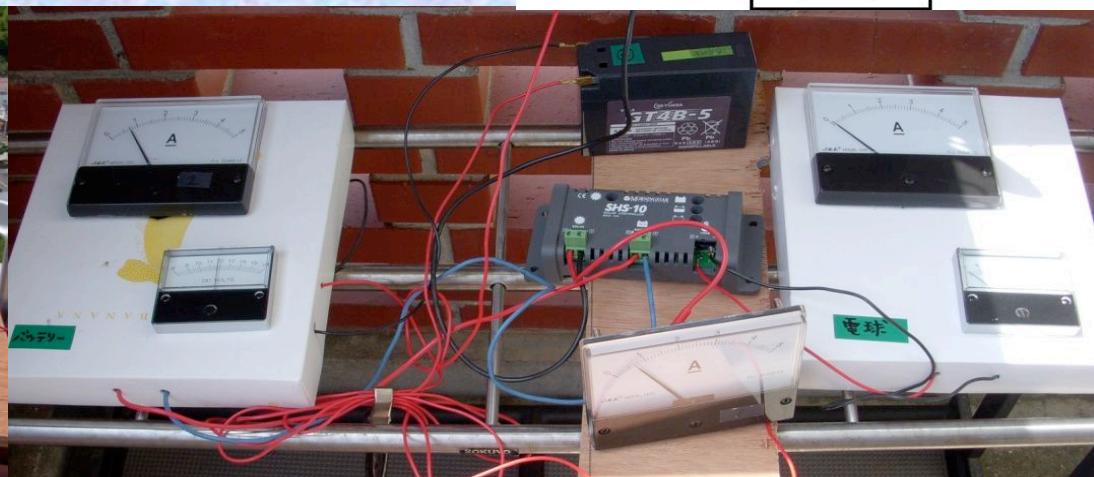
## 市販充電器

太陽光発電と比較するためにまず市販されている充電器の性能確認を行った。

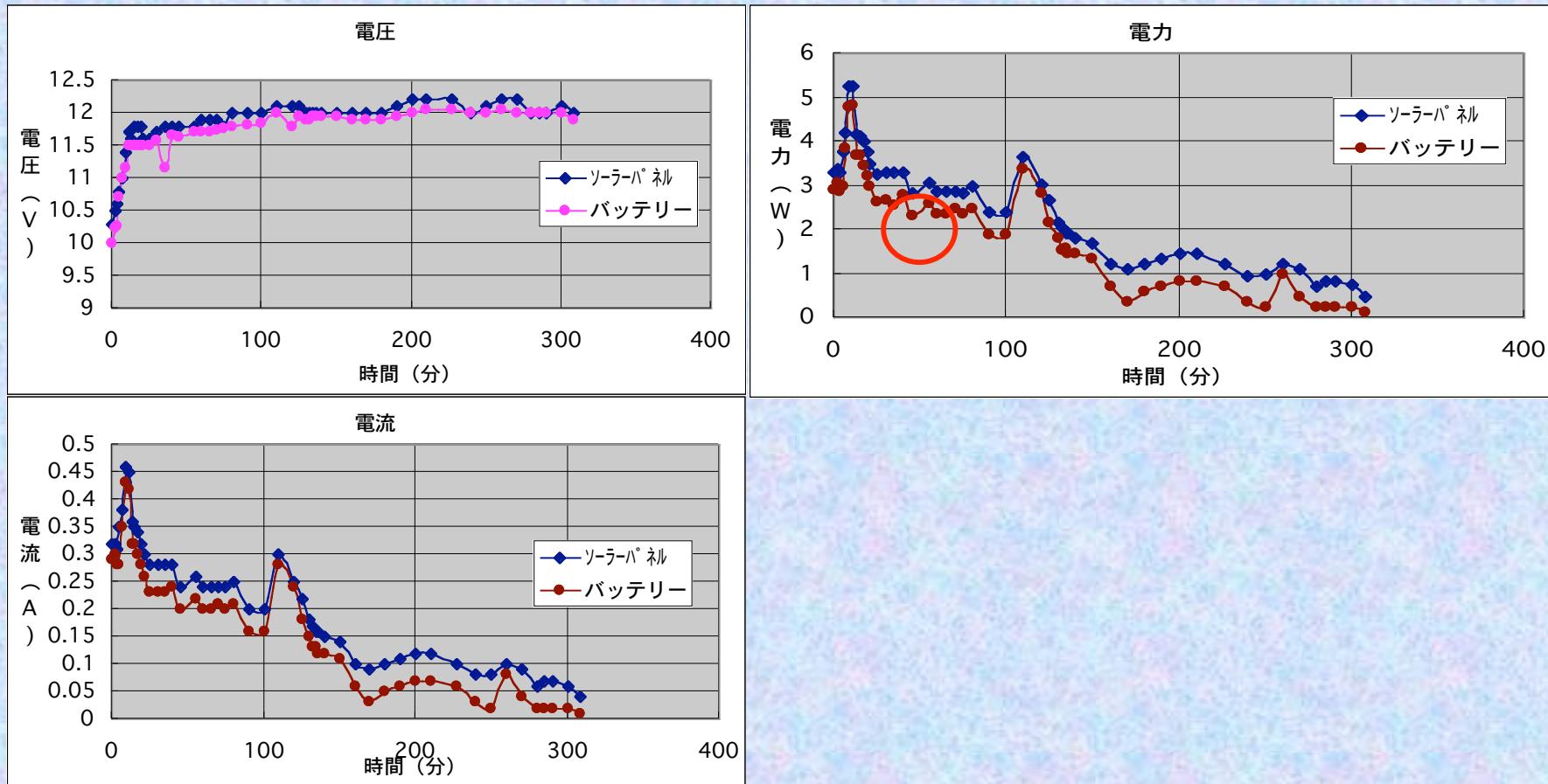


# ソーラーパネルの発電試験

- 40Wのソーラーパネルを使用
- 天候の変化による発電量を調査
- 最適動作点で動作させることができる機器の基本性能を調べる。



# ソーラーパネルの発電試験

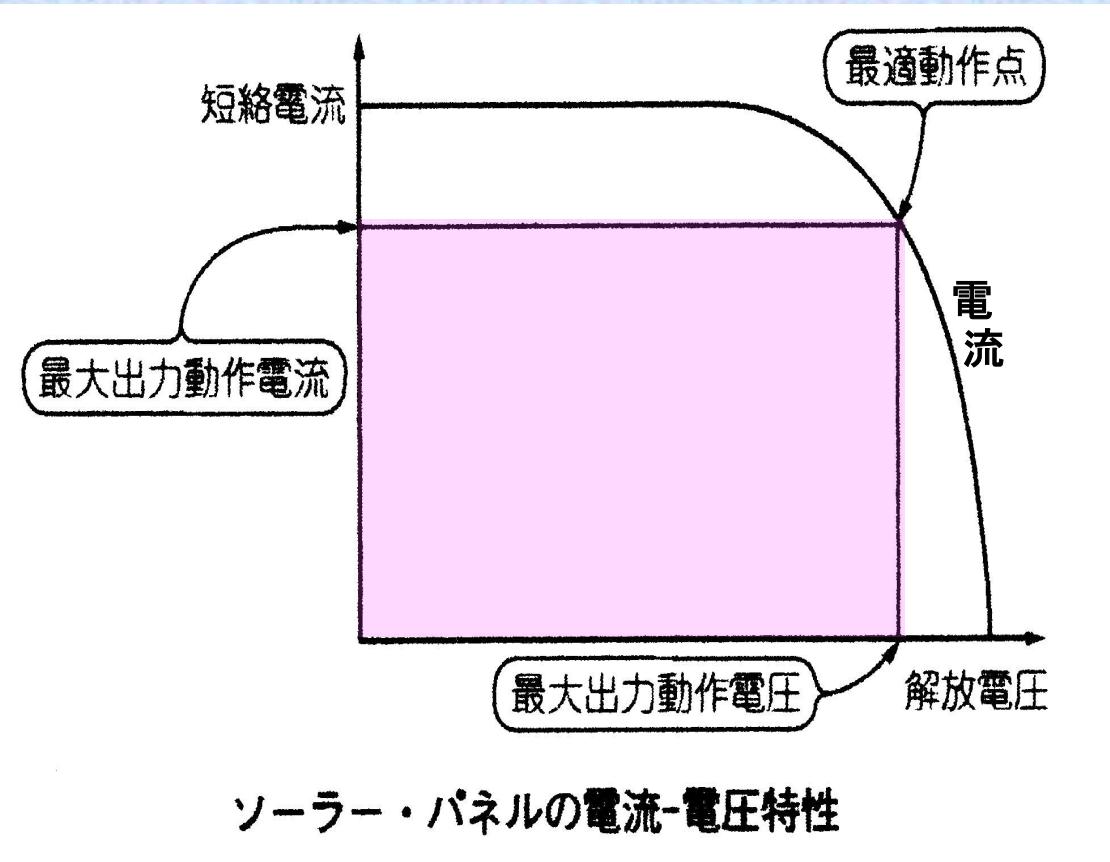


結果：40Wソーラーパネルを使用したが、最高でも5.3Wしか発電しなかった。

最高動作点で作動していない。

課題：最適動作点で作動させ、なおかつ無駄なく充電するために今後は最適動作点追尾装置（トラッカー）入手し試験を行う予定。

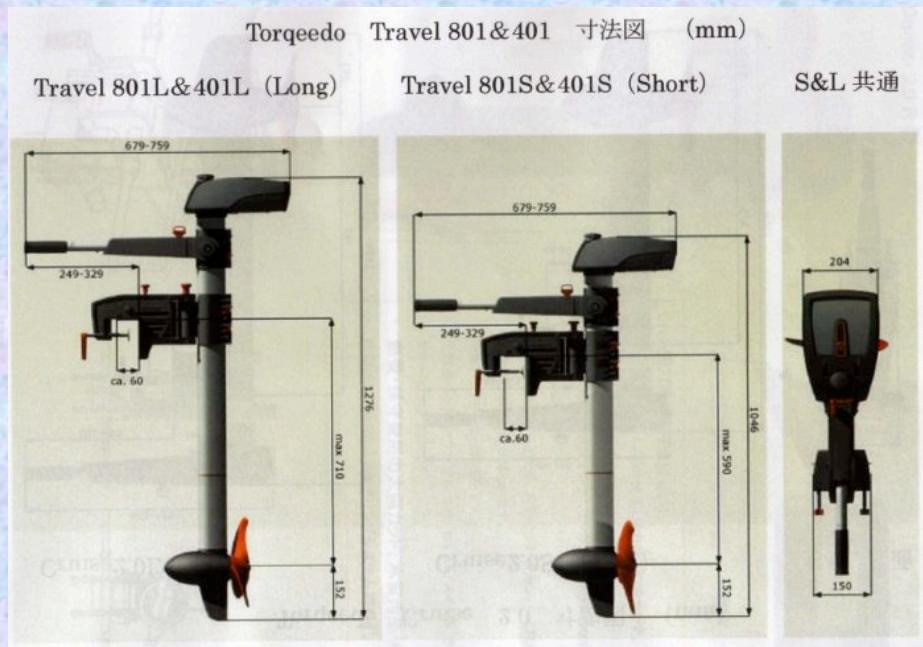
## 最適動作点について



- 適正な負荷を掛けて、太陽電池の出力が最大となる最適動作点で動作させることが理想。また最大出力点の電圧は開放電圧の80%程度である。
- 負荷の種類、パネルの表面温度、照度によって最適な動作点は変化する。

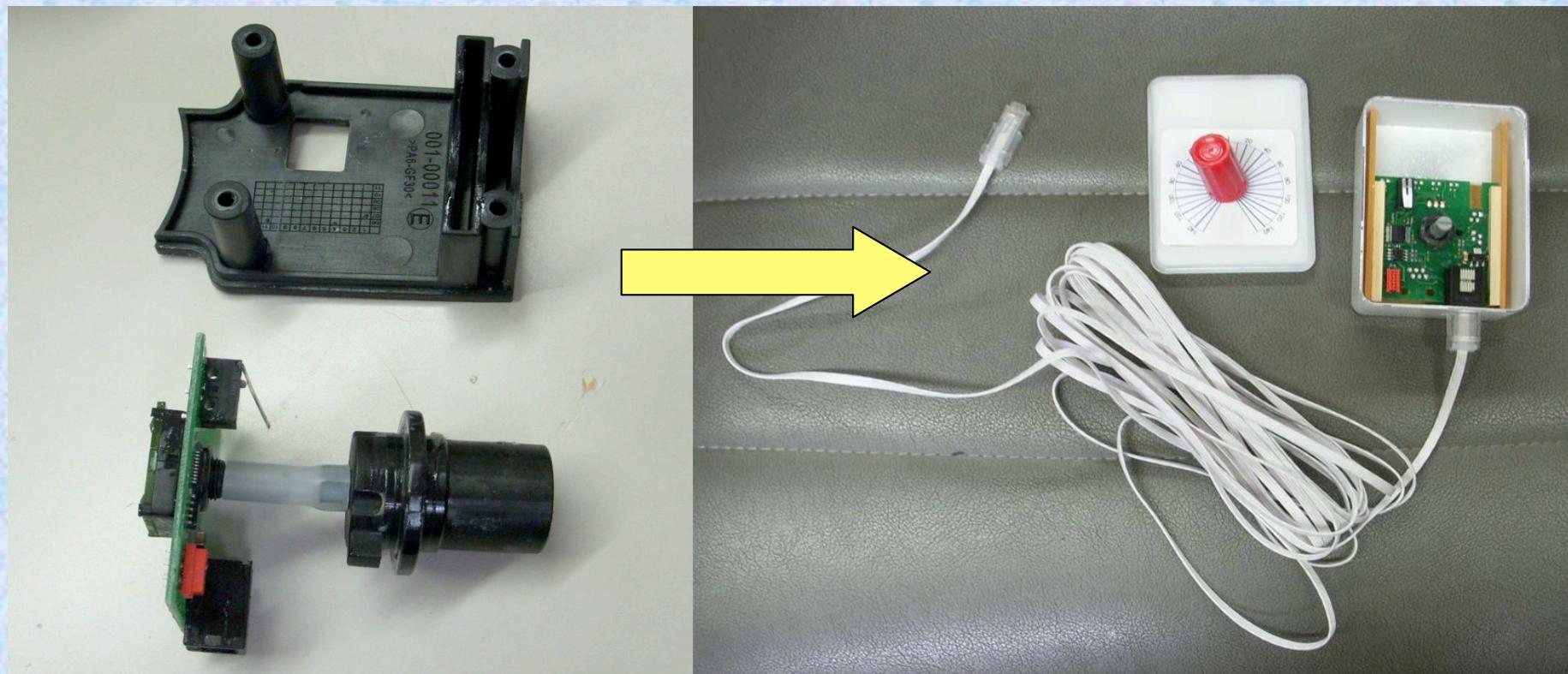
# 電動船外機の性能試験

- ドイツ製電動船外機(トーキード)を使用する。
- 800W仕様はスロットル(出力制御装置)が電動船外機本体に装着されているのでリモコン仕様に改造する必要。
- プロペラ性能が他の電動船外機より優れていることを確認する。



## リモコンスロットルの改造

- 船外機から数メートル離れた位置でも操作ができる。
- リモコン装置には6極6芯モデム用モジュールの流用が可能と判り5m延長ケーブルを使用。
- 実用化には船舶に使用できるリモコンを開発することが必要。



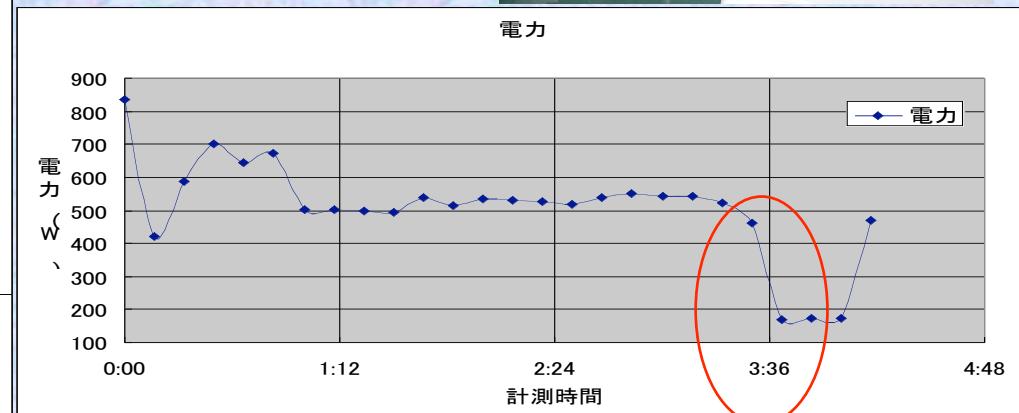
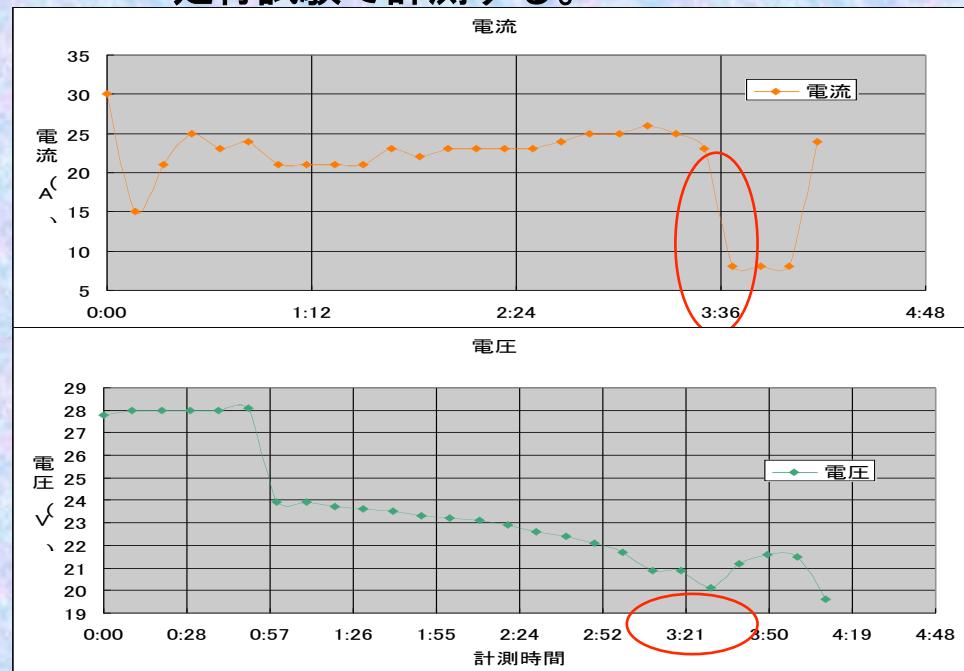
# バッテリー容量の確認試験

目的 : ●ディープサイクルバッテリーの出力が急激に低下する点  
(使用限界) を調べる。

- 予備試験は出力約65%で係留試験で実施。
- 電動船外機の出力操作を容易にするためにリモコンを改造。
- 結果 : ●電動船外機は電流と電圧を調整し出力を一定に調整。
- 電動船外機は試験開始から3時間半で停止。

(バッテリー容量が少なくなると電動船外機は自動停止することを確認)

課題 : ●バッテリー出力の限界点を精密に計測する。  
●係留試験ではエアドローが発生し出力が安定しないため、今後は走行試験で計測する。



# 今後の予定

- 天候の変化によるソーラーパネルの詳細な発電量計測の継続。
- 最適動作点を得るために市販されている数種類の最適動作点追尾装置（トラッカー）で試験を行う。
- ディープサイクルバッテリーと一般バッテリーとの比較。
- 曳航試験を行い、プロペラの推進効率（トーキード）を調べる。

# 7. “環境にやさしい船”の将来展望

## 7-1 船舶における環境技術開発

- 早期の実用化を考えると太陽光、風力などの再生エネルギーと組合せた“ハイブリットエンジン”が有望。
- 太陽光発電には甲板面積を広くし、抵抗の少ないマルチハル船型を開発。
- 電力を有効に使用するには総合的なマネージメントシステム（知的ディジタル電源制御回路）を開発。
- 太陽光発電パネルの汚損経年劣化を防ぐために光触媒を塗布する。
- 風力も積極的に推進力として利用できる最適なセールシステムの設計。
- 桟橋には効率のよい充電ステーションを設置。
- 最適な運航速度や運航距離を見極め経済性の評価。
- 実用化の可能性が高い船舶を優先的に開発する。
  - ・年間使用時間が少なく、係留時間が長いプレジャーボート。
  - ・あまり速力を要求しない湾内観光船、パトロールボート。
  - ・湾内クルーズ客船、近距離連絡船。

## 7-2 一般的な環境技術開発

- “環境に優しい技術”の開発は必ず必要であるが技術開発では低コストが重要。
- 地球環境保全は技術先進国だけではなく開発途上国との共存が必要。

歴史を振り返ると“再生可能エネルギー”は風力や太陽熱を直接利用する簡単な技術が生活に密着していた。
- 開発途上国では低コストのローテク技術も活かす工夫が必要である。
- 地球環境改善には意識を啓蒙することが重要で食料からエネルギーまで自活するモデル地域（“仮称エコトピア”）の教育施設で環境に優しい船を活用してはどうだろうか。

人力も立派な再生可能エネルギーであり、このモデル地域で環境に優しい技術としてお客様に人力エネルギーを提供してもらい料金に反映させたりマイレージとして記録し別にサービスを行うのもアイデア。
- “再生可能エネルギー”の開発で最も重要な課題は蓄積技術である。

電気分解で得られる水素は効率の高い燃料電池の燃料として最適である。

将来、自動車の動力源や建物の電力として、また冷暖房エネルギーを供給する場合も燃料電池が有望である。
- 21世紀のエネルギー経済は化石燃料に依存から地球環境保全へと転換し電力開発も大規模集中から小規模で局地的なものへと変化するであろう。















