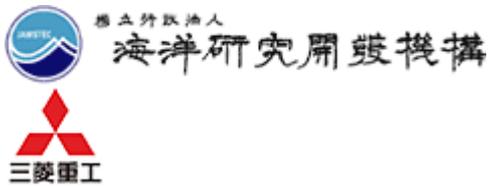


# プレスリリース



2013年 11月 13日  
独立行政法人海洋研究開発機構  
三菱重工業株式会社

## 新型の海中燃料電池システムの実海域試験に成功

### 1. 概要

独立行政法人 海洋研究開発機構（理事長 平朝彦）と三菱重工業株式会社（社長 宮永俊一）は、海中機器を長時間稼働させるための電源として、高効率マルチ・レス燃料電池システムを開発し、海中観測機器へ電力を供給する実海域での試験に初めて成功しました。

この燃料電池システムは、海中環境条件下で作動することを基本として、高効率化、小型化、高信頼性化に重点をおき、ガス循環系に新たな構造（[図1](#)）を採用した固体高分子形の閉鎖式HEML(High Efficiency Multi Less)燃料電池システムです。今回、三菱重工業株式会社が有する燃料電池の技術と、海洋研究開発機構から提供した海中作動環境・ビークル搭載条件等の知見および技術を効果的に組み合わせることによって実現しました。

本システムは、海底設置型の観測機器や海中探査機のための高効率大容量電源として用いられることにより、蓄電池に比較して、より長期的な海洋観測・調査・探査に貢献すると期待されます。

### 2. 背景

当機構においては、海中の調査・研究のために、有人潜水船、無人探査機、曳航体、ランダー等、多くの観測プラットフォームが使用されています。これら観測プラットフォームやその搭載機器の電源として、これまで蓄電池が使用されてきました。しかしながら、近年の観測装置の多機能化や多数搭載による必要電力量の増加、観測期間の長期化による必要容量の増大が発生しており、出力容量に制限のある蓄電池で対応しようとするとう電池の個数を増やして機器全体の重量を増大させてしまう上に、コスト面でも運用に見合わなくなってしまいます。

このため、当機構では高い発電効率や蓄電池と比較して高いエネルギー密度を有する燃料電池に着目して、将来の海中機器用の電源の研究開発を進めてきました。その結果これまでに、深海巡航探査機「うらしま」の電源として閉鎖式燃料電池システムを開発し、2005年には海中航走の世界記録となる連続航続距離317kmを達成しました。しかしながら、燃料電池発電を使用するためには、ガスの循環機構や加湿機構が必要でありシステムの大型化、自己消費電力や故障リスクの増加という課題が存在しました。また、発電に至るまでの時間の長さも課題でした。

### 3. 高効率マルチ・レス（HEML）燃料電池システムの開発成果

今回、上記課題を解決するため、深海巡航探査機「うらしま」での経験をもとに、システムの小型化を図り、未反応ガスを循環させる機構とガスを湿潤状態にするための加湿機構を有しない新たな燃料電池システムを開発しました。製作にあたっては、三菱重工業株式会社が機械部の開発およびシステムの統合を行い、当機構が電気制御部の開発を行いました。

この新構想燃料電池システムの概要を図1に示します。今回、燃料電池スタック間のガスの流れを切り替えが可能な2つの系統で直列につなぐことで、ガス循環器なしでガスを流し、スタックの湿潤状態を保つことを実現しました。また、図2に示すように、燃料電池スタックを密封することで水素リークの防止も実現しました。このように、循環器を使用せず（Blower-Less）、加湿器を必要とせず（Humidifier-Less）、水素リークしない（Leak-Less）、マルチ・レス（Multi-Less）燃料電池システムを構築することに成功しました。さらに、小型化により自己消費電力を抑え、起動時間を数時間から十数分へ短縮することも可能になりました。

また、燃料電池を海中で使用するためには、発電により生成される水を海中に放出することが困難であるため、閉鎖式のシステムを構築する必要があります。今回、作動温度条件や供給する観測機器の電力条件等を考慮した上で、純水素と純酸素を燃料とし最大出力300W、電圧9Vの発電部（HEML燃料電池スタック）を持つ、閉鎖式水中HEML燃料電池システムの開発を行いました。そして、海域試験に先立ち行われた陸上での発電試験では、発電効率60%（「うらしま」時は54%）、600時間の連続発電性能を確認することができました。

以上の結果を踏まえ、2013年9月に観測機器への電力供給能力を検証するための実海域試験を、海洋調査用曳航体「ディープ・トウ」を用いて行いました。具体的には、閉鎖式HEML燃料電池システムと観測機器を海洋調査用曳航体「ディープ・トウ」に搭載し、最大で水深180mまで閉鎖式燃料電池システムを潜航させ、その間、合成開口ソナーとpH-CO<sub>2</sub>ハイブリッドセンサの2つの観測機器へ同時に電力供給を行いました（図4、5）。図6及び7は本試験の結果を示しており、本燃料電池システムを用いて観測機器への安定した電力供給（実験時：最大出力200W、2時間）が可能であることが確認できました。

### 4. 今後の展望

小型で高効率、高信頼性の燃料電池システムの実用性に目処がついたことで、深海底設置型の観測機器や海中探査機をより長時間稼働させることが可能となるため、海洋観測の長期化へ寄与することで効率向上が期待されます。深海底観測ステーションのカメラ、ライト、地震計、その他各種センサ類の電源として、蓄電池よりも長期的な観測が可能となり、運用コストを低減することで効率を向上できます。また、海中探査機の海底充電ステーション用の電源として、探査機の電池を海底で充電することで観測を継続させることが可能となります。さらに、海中のみでなく閉鎖環境下（航空宇宙用やクリーンルーム、シェルター等）の電源としての使用も期待できます。

今後、これまでの成果を踏まえ、実用化のために数KW級の閉鎖式燃料電池システムを目標として開発を進めていきます。

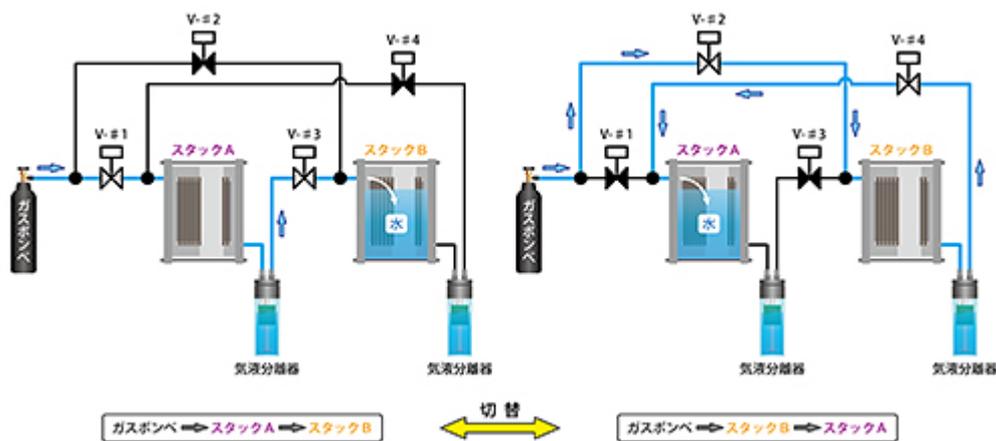


図1 閉鎖式HEML燃料電池概念図

酸素系統のみを表しています。

開閉バルブV-#1,2,3,4を操作して燃料電池スタックAと燃料電池スタックBの上流下流を入れ替えます。

バルブV-#1,3が開き、バルブV-#2,4が閉じている場合（左図）は、ガスと生成水は水色の線であらわされるように流れ、スタックAを通ったあと、スタックBへ流れます。この際、スタックAの生成水は気液分離器に、スタックBの生成水はスタックBに溜まります。

次にバルブV-#2,4を開き、バルブV-#1,3を閉じる（右図）と、ガスと生成水は図の水色であらわされるような流れに変わり、スタックBを通ったあと、スタックAを流れるようになります。この際は、スタックBの生成水は気液分離器に、スタックAの生成水はスタックAに溜まるようになります。

このようにバルブを一定の時間間隔で交互に切り替えることで、ガス循環器や加湿器がなくても燃料電池を安定して発電させることができます。

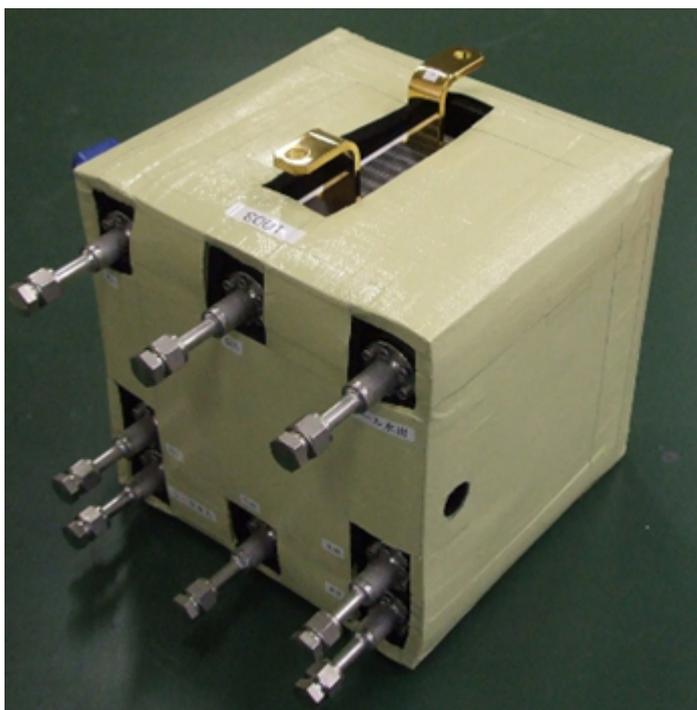


図2 HEML燃料電池スタック

大きさ：約240mm×約240mm×約240mm

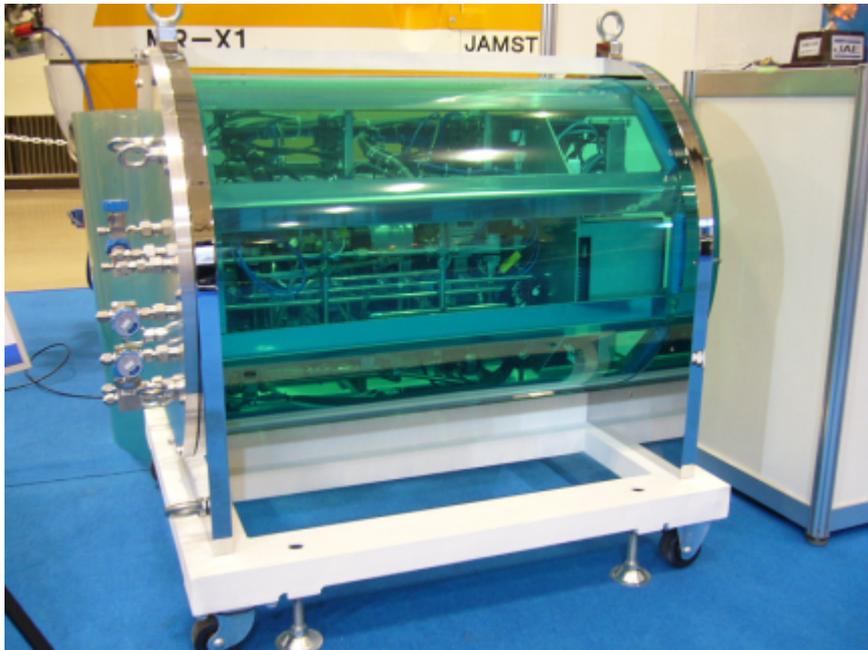


図3 閉鎖式燃料電池システム

左側2/3が反応部 右側1/3が制御部

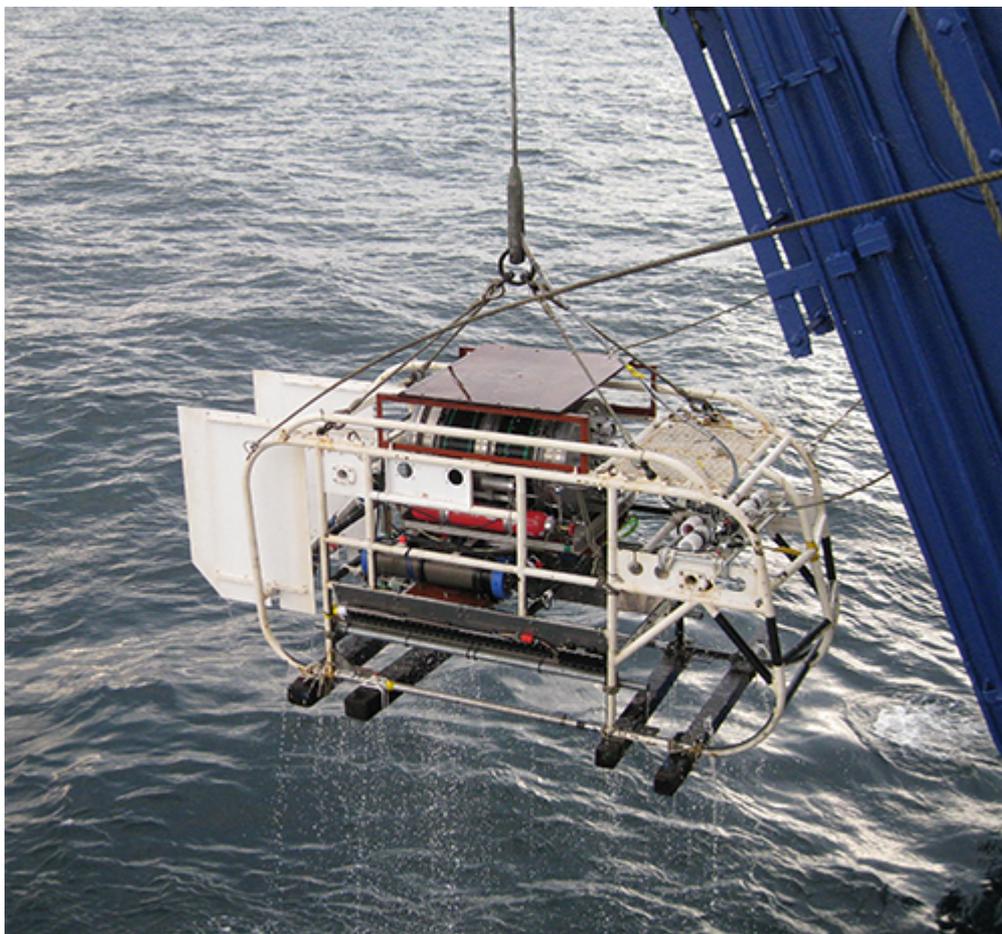


図4 曳航体「ディープ・トウ」に搭載した燃料電池システム（機体中央上部）と合成開口ソナー（側面中央下部）、pH-CO<sub>2</sub>ハイブリッドセンサ（前部中央）

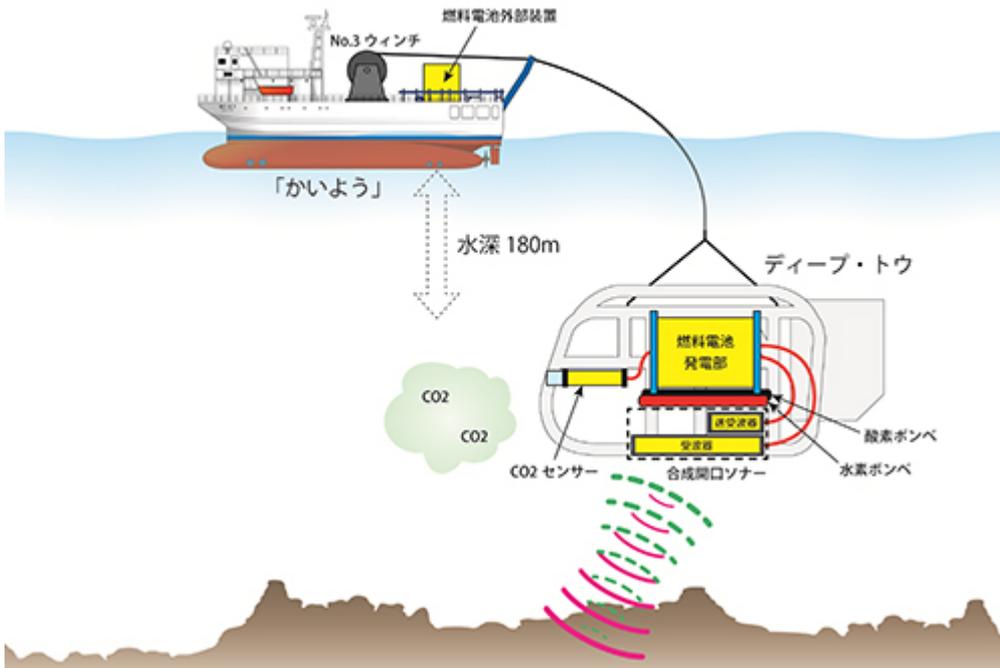


図5 海域試験模式図

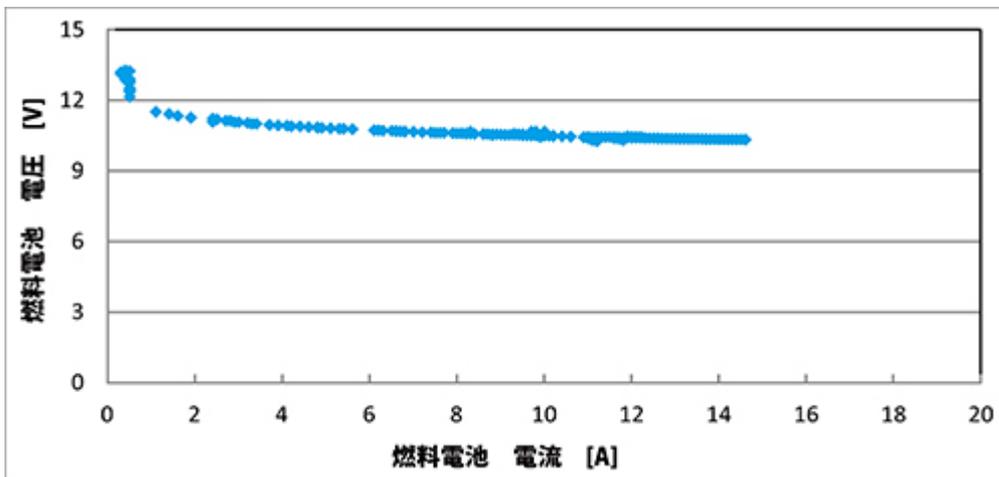


図6 海中発電時のI-V特性

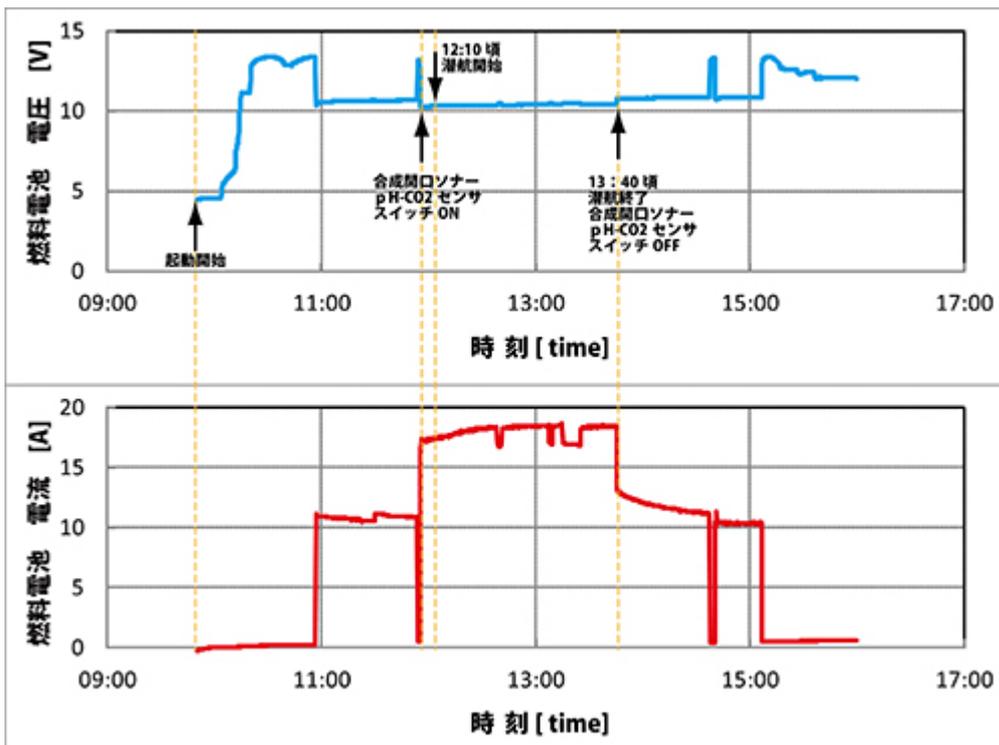


図7 合成開口ソナーとpH-CO<sub>2</sub>ハイブリッドセンサへの電力供給時の電圧（上図）と電流（下図）の時系列グラフ

## 参考

### 1) 機器仕様

#### (1) 閉鎖式HEML燃料電池システム概略仕様

番号	項目	規定	備考
1	種別	スタンドアローン動作型可搬水中燃料電池システム	
2	動作温度	0~45°C	結露無し
3	保管温度	0°C~60°C	
4	振動・衝撃	船上使用可	
5	HEML 外形	直径φ600 mm, 長さ800 mm	耐圧容器を含まず
6	HEML 重量	500 kg 以下	
7	燃料電池 電源出力	350 W 以上	
8	燃料	純水素	耐圧容器外から供給
9	酸化剤	純酸素	耐圧容器外から供給

#### (2) 合成開口ソナー

合成開口ソナーは移動しながら同じ目標に何度も音波を照射し、それら反射音波の情報をコンピュータ上で合成処理（合成開口）することで、あたかも大型ソナーを使用しているかのような（仮想大型ソナー）鋭い合成音響ビームを作り、高い分解能とノイズの軽減を実現します。

電圧：24V

電流：最大6A

電力：最大200W

#### (3) pH-CO<sub>2</sub>ハイブリッドセンサ

海水のpHと二酸化炭素濃度の同時計測をするためのセンサです。

電圧：24V

電流：最大185mA

電力：最大4.5W

## 2) 試験内容

### (1) 陸上I-V（電流—電圧）特性試験

閉鎖式燃料電池システムの基本性能評価として行いました。燃料電池の出力である電流を横軸に、電圧を縦軸にしてグラフに示し、電流と電圧の特性を確認します。

### (2) 陸上長時間連続発電試験

閉鎖式燃料電池システムの長時間発電性能を評価するために行いました。600時間の連続発電性能を確認できました。試験日程や供給する水素ガス、酸素ガスの都合上、海中の長時間発電は実施が困難だったため、陸上での試験としました。

### (3) 海中発電試験

陸上でのI-V特性試験と同様の性能であることを評価するために、海中での特性を評価しました。海中でも陸上と同様の性能であることが確認できました。

### (4) 海中発電停止・起動試験

海中において遠隔操縦により燃料電池の発電を停止して休止状態にして、必要な時にまた発電が再開できるかの確認を行いました。

### (5) 観測機器への電力供給試験

閉鎖式燃料電池システムを海底設置観測ステーション用や海中ビークル用の電源として使用するために、使用する観測機器の電力要求に対応できる必要があります。これを確認するために、想定される観測機器の実用例として合成開口ソナーとpH-CO<sub>2</sub>ハイブリッドセンサを用い、これらの機器へ電力供給が可能なことを実海域試験で確認しました。

お問い合わせ先:

独立行政法人海洋研究開発機構

(本開発について)

海洋工学センター 海洋技術開発部

サブリーダー 百留 忠洋

(報道担当)

広報部 報道課長 菊地 一成