燃料電池動力源の深海巡航探査機「うらしま」

Cruising Autonomous Underwater Vehicle "URASHIMA" Powered with Fuel Cell

執筆者プロフィール

青木 太郎

Taro AOKI

1947年5月生まれ

1972年電気通信大学電気通信学部通信工学科卒業

■主として行っている業務・研究
・海洋工学、海洋調査機器の研究開発

■所属学会および主な活動
電気学会、日本機械学会

■勤務先

(独)海洋研究開発機構 海洋工学センター
海洋技術研究開発プログラム プログラム・ディレクター

(〒237-0061 横須賀市夏島2-15 /

E-mail: aokit@jamstec.go.jp)

1. はじめに

深海巡航探査機「うらしま」は、2004年6月、駿河湾で実施した性能試験において、世界初の燃料電池を用いて220kmという連続長距離航走に成功し、本年2月に317kmの世界最長記録を樹立した(図1)。

「うらしま」の最大使用深度は3500mである。この高水圧のかかる深海で用いるため、燃料電池を密閉空間で発電する必要がある。このため閉鎖式燃料電池という最新鋭動力源を世界に先駆けて開発し搭載している。燃料電池を用いた水中探査機は他に例がなく、世界的な記録である。

燃料である水素は、新たに貯蔵効率の高い水素吸蔵合金を開発し、これに

蓄えた。自動車などに用いられている高圧ボンベと異なり、安全に用いることができる。また220km、230kmを航走した際、最新技術である金属セパレータを用いたこの燃料電池のエネルギー効率は54%を超え、世界トップレベルの高性能を示した。

深海巡航探査機「うらしま」は、機体内にコンピュータと、誤差が極少のリングレーザジャイロ慣性航法装置を内蔵し、あらかじめインストールされたシナリオに従って自分の位置を計算しながら自律して自動航走する。電子技術、材料技術、燃料電池技術などの我が国の最新技術を結集した長距離航走型の“海洋ロボット”である。海底

地震域の深海底調査や、地球温暖化現象の調査、資源調査などに役立てることを目的としている。

さらに、10倍の航続距離を航走可能な「うらしま2号」を構想している。航続距離3000kmの能力を有すると、北極海横断観測調査や、支援母船なしに港から自動出港して経済水域最遠端までをほぼ往復する調査が可能となるなど、海洋調査を大きく変えることができる(図2)。

2. 要素技術

現在のように開発ブームの状況でない1989年から燃料電池の研究開発

図1 支援母船「よこすか」に揚収される「うらしま」

図2 「うらしま」構造図

を始め、1993年に1kW出力の閉鎖式固体高分子電解質膜型燃料電池(PEFC)の試作機を開発した。そのことを基礎にさらに研究を続け性能の向上を求めた。1998年に本探査機の開発が認められ、燃料電池を動力源に、コンピュータを駆使して自律航走する深海巡航探査機の研究開発に着手した。燃料電池は探査機を巡航速度3ノット^(注)(最大速力4ノット)で航走可能な4kWタイプである。うねりの激しい荒天時でも確実に発電し、ガス漏れを発生させないことが必要で、このために燃料電池の心臓部であるスタックの高性能化が重要な課題であった。スタックの構成部品であるセパレータの材質は、一般的にカーボンが用いられている。カーボンでは物理的な外力に弱く、割れてガスが漏れる事態を防げないことや、塑性なため薄くすることに限界があった。このことの解決策として、セパレータに金属のステンレスを採用し、2mm程度の厚みにガスを通す精密な溝加工を施して、上記の問題点を克服した。1セルが3mm以下と極薄に仕上がっており、80セルを積層して約64ボルト40アンペアの電気を発生するスタックを開発した(図3)。これを2個直列接続し128ボルト40アンペアとし、「うらしま」に搭載した。ガス漏れは100時間を超える連続耐久試験でも全く発生せず、コンパクトで高性能、かつ安全な燃料電池システムが出来上がった。機体内のタンクに収納している燃料電池は、密閉された耐水圧容器内で、ほぼ大気圧に近い状態で発電を行う。生成水を、水深3500m、すなわち350気圧の環境下に放出するには多大なエネルギーを必要とする。また、探査機は、飛行船と同様に水中でほぼ中性浮力の状態に保たれている。機体外に、生成水を放出すると浮力バランスが崩れ、浮き勝手になってしまう。これを修正するために海水を機体内に取り込むといった矛盾した制御を行わねばならない。このため、本探査機では、生成水を機体内のタンクに溜める方法を採用した(図4)。

燃料である水素は、当初、350気

図3 発電スタック 2kW × 2個

図4 燃料電池を収納したチタン合金製の耐水圧容器

圧のガスタンクに貯蔵する方式で設計を進めていた。しかし安全性の面から問題があるため解決しなければならない課題となっていたが、別途進めていた金属合金に水素を貯蔵する研究が実用化できるレベルになり、この方式を採用した。約0.1m³の水素吸蔵合金に大気圧で110m³の水素を貯蔵することができた。水素を吸蔵するには約10℃に冷やし、排出するには約50℃に暖めるという温度制御で管理できる。50℃は作為的に加温しなければ成立しない温度であるから、可燃ガスである水素を安全に貯蔵できる。

探査機が自律して長時間航走するには、高精度の慣性航法装置が必要である。GPSを使用できる陸上とは異なり、海中では自己の位置を知るための他律的な仕組みがない。このため慣性航法装置が重要な装置となるが、この心臓部となるジャイロに、誤差0.1海里/時という世界でもトップレベル

の慣性航法装置を開発し搭載した。この装置とドップラ流向流速計、そしてコンピュータを駆使することで、50時間で誤差10km以内と、従来に比べ格段に小さな誤差で航走することが可能となった。

3. おわりに

以上のように深海巡航探査機「うらしま」が長時間、長距離を自律して航走できたのは、多くの技術課題を長年にわたり研究し、解決してきたことの結果である。また、深海巡航探査機「うらしま」が、自然科学や、資源調査、国家セキュリティの方面に広く活用されることはもとより、燃料電池技術、ジャイロ技術、自律制御システムなどの要素技術は先進的な技術であり、他のロボット産業、自動車産業、宇宙産業などへの応用や、新しい産業創出の芽となることを期待している。

(注) 1ノット(kt): 1時間に1海里(1852m)進む速さ。