

# 保全遺産第3号 原子力設備の検査用水中遊泳ビークル

## The Third Maintenance Heritage Underwater Inspection Vehicles for Nuclear Power Plants

東芝エネルギーシステムズ株式会社	土橋 健太郎	Kentaro Tsuchihashi	Member
東芝エネルギーシステムズ株式会社	石橋 文彦	Fumihiko Ishibashi	Member
東芝エネルギーシステムズ株式会社	上野 聡一	Souichi Ueno	Member
日立GEニュークリア・エナジー株式会社	今野 隆博	Takahiro Konno	Member
日立GEニュークリア・エナジー株式会社	永島 良昭	Yoshiaki Nagashima	Non-member

### Abstract

Underwater inspection vehicles for nuclear power plants were selected as the third maintenance heritage. Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd and Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation have been working on miniaturization and weight reduction of vehicles for many years, and enabling visual inspection of narrow space and bottom of the nuclear reactors, which were not accessible with the conventional hanging cameras. This article describes the developed vehicles by each company and their contribution to maintenance technologies.

**Keywords:** Vehicle, Underwater, Visual inspection, Nuclear,

## 1. 水中遊泳ビークルの活用

原子力発電所（BWR）の原子炉圧力容器は、シュラウド、ジェットポンプなどの炉内構造物を内蔵しており、構造は複雑かつ狭隘である。そのような条件下にある炉内構造物の検査対象箇所は、水面下15mから30mにも及ぶ離れた所に位置している。炉内の目視検査ではオペレーティングフロアから作業員がカメラを原子炉内へ投入することで行うが、作業員から離れた狭隘な部位へのアクセスや位置決めは熟練の作業員をもってしても困難である。このため検査時間が膨大となっていた。

このような課題を解決するため、1990年代から潜式水中遊泳ビークルが開発され、原子炉内検査に適用されてきた。

水中遊泳ビークルを実機に適用するためのキーポイントは、狭隘な部位にもアクセスできる小型形状であること、離れた位置にいる作業員にとって操作が容易なことである。各社が開発した水中遊泳ビークルは片手で持つことができるまでに小型化／軽量化（厚さ200mm程度、重量1.5kg～3kg）され、上下、左右、前後に推進可能な構造を実現している。

既に、国内の多くの沸騰水型原子力発電所（BWR）の炉内点検に適用されており、国内の加圧水型原子力発電所（PWR）及び海外のBWRでの適用実績もある。水中遊泳ビークルの適用によって炉内検査を大掛かりな工事なしに実施することができるようになり、定期検査の期間短縮に大きく貢献しているとともに、水中遠隔作業であるため作業員の被ばく低減にも貢献している。

また、近年ではこれらの開発成果を応用し、さらに小型化した水中遊泳ビークルが福島第一原子力発電所の格納容器内部調査にも活用されている。

連絡先: 土橋健太郎  
〒235-8523 神奈川県横浜市磯子区新杉田町8  
東芝エネルギーシステムズ株式会社  
E-mail:kentaro1.tsuchihashi@toshiba.co.jp

## 2. 各社ビークルの特徴

### 2.1 東芝エネルギーシステムズ株式会社

東芝エネルギーシステムズ株式会社の中水遊泳ビークルは1993年に開発して以来、壁に沿うフラット型ビークル、クローラを備えた走行式ビークル、水中遊泳型ビークルなど、検査対象に合わせた形状及び機能を持つ水中ビークルを開発、適用してきた<sup>1)</sup>。

水中遊泳ビークルの写真を図1に、各諸元を表1に示す。本ビークルは主に原子炉内及び炉底部（シュラウドサポート下部など）にアクセスするために開発された。操作性を高めるため中性浮力化しており、4機のスラストで上下、左右、前後に遊泳する機能を備えている。本体内部には上下にチルトが可能なCCDカメラと、照度が調整できる照明が内蔵されている。駆動機構やカメラをコンパクトに納めた構造によって表1に示す小型な寸法を実現し、炉底部などへの遠隔アクセスを可能にした。また、中性浮力化された耐放射線性カメラを水中遊泳ビークル下部に取り付けて目視検査を行うことで、高放射線部位まで検査可能とできる。

さらに、貯水タンク内部の塗膜検査など原子炉内以外の箇所でも適用され、定期検査期間短縮に寄与している。



図1 東芝エネルギーシステムズ株式会社所有  
水中遊泳ビークル外観

表1 各諸元（東芝エネルギーシステムズ株式会社）

寸法	W:120mm、L:185mm、H185mm
質量	1.5kg

### 2.2 日立GEニュークリア・エナジー株式会社

日立GEニュークリア・エナジー株式会社においても適用対象や用途に応じて様々な水中遊泳ビークルを開発し、実機に適用している。炉心支持板を通過し原子炉底

部にアクセス可能な水中遊泳ビークルを基本型として、超音波探傷スキャナや検査対象に押し付けるためのレグ機構を備えることで機能や検査対象の拡充がなされている。また、シュラウドサポート下面を検査するためにさらに小型化したM型と呼ばれる水中遊泳ビークルを開発、適用している<sup>2)</sup>。

M型ビークルの写真を図2に、各諸元を表2に示す。M型は圧力容器内壁下面の狭隘な隙間を通過できる小型形状でありながら、FRP（Fiber Reinforced Plastic）を用いたシェル構造を採用し、軽量化と耐水圧性能を両立している。また、本ビークルも4機のスラストを備え、3次元的な遊泳動作が可能である。M型の適用によりシュラウドサポート下面の検査では、従来制御棒駆動機構ガイドチューブを全周にわたり取り外して行っていたが、1/4周当たりに1本取り外すことで検査が可能になった。



図2 日立GEニュークリア・エナジー株式会社所有  
水中遊泳ビークル（M型）外観

表2 各諸元（日立GEニュークリア・エナジー）

寸法	W:169mm、L:162mm、H155mm
質量	2.1kg

## 3. まとめ

本稿では保全遺産第3号への登録を機に、各社が開発した水中遊泳ビークルの実機適用実績を振り返った。遺産に認定頂いた保全学会殿に謝意を示すとともに、原子力発電プラントの稼働率向上に貢献してきた技術を今後も維持・発展させ、原子力事業に貢献していきたい。

### 参考文献

- [1] 湯口康弘 他、“炉内水中遠隔操作ビークル”、東芝レビュー、2002、Vol.57 No.8.
- [2] 鈴木正憲、“原子力発電プラント水中検査用ROVの開発”、日本ロボット学会誌、2004、vol.22 No.6 pp.697-701