

# ハイビジョンカメラを用いた水中カメラの開発

## Development of underwater camera using High-Definition camera

中部電力(株)	辻 建二	Kenji TSUJI	Member
中部電力(株)	渡邊 将人	Masato WATANABE	Member
中部電力(株)	高島 政信	Masanobu TAKASHIMA	Member
(株)アトックス	河村 真吾	Shingo KAWAMURA	Member
(株)アトックス	田中 寛之	Hiroyuki TANAKA	Member

**Abstract** In order to reduce the time for core verification or visual inspection of BWR fuels, the underwater camera using a High-Definition camera has been developed. As a result of this development, the underwater camera has 2 lights and 370×400×328mm dimensions and 20.5kg weight. Using the camera, 6 or so spent-fuel IDs are identified at 1 or 1.5m distance at a time, and 0.3mm φ pin-hole is recognized at 1.5m distance and 20 times zoom-up. Noises caused by radiation less than 15Gy/h are not affected the images.

**Keywords:** underwater camera, High-Definition camera, core verification, visual inspection on fuel assembly

### 1. はじめに

沸騰水型原子炉（BWR）では、図1に示す構造の燃料集合体を用いられており、ハンドル部に個々の燃料集合体固有の識別番号（アルファベットと数字 6 文字以内例：HBA123）が刻印されている。

原子力発電所では、定期点検の際に燃料集合体が原子炉内に所定の位置に正しく配置されていることを、水中カメラを用いて燃料集合体のハンドル部の識別番号を確認する検査（以下、「番号確認検査」という。）を行っている。また、毎年使用済燃料プールの燃料ラックの所定の位置に正しく配置されていることを番号確認検査と同様に実施している（以下、「棚卸し」という。）。

番号確認検査や棚卸しの対象となる燃料集合体は数が多く、また番号確認検査は定期点検全体の工程に影響を及ぼす場合があるため、作業時間短縮が求められている。

現状の水中カメラは耐放射線性を有しているものの画像が鮮明ではない。そのため番号確認検査や棚卸しでは、燃料集合体の識別番号を1体ずつ確認している。

そこで、同時に2体以上の燃料集合体の識別番号を確認でき、作業時間を短縮できる水中カメラシステムを開発することとした。

また、定期点検時には、燃焼度の高い燃料等代表的な燃料集合体を何体が抽出し、チャンネルボックスを取り外して燃料棒の傷や曲りの有無等を、水中カメラを用いて調べる検査（以下、「外観検査」という。）を実施している（図2）。

開発した水中カメラシステムの画像が鮮明であることから、外観検査にも適用できるように改良した。

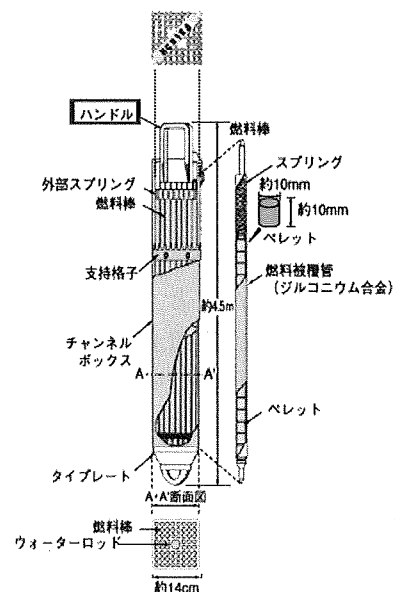


図1 BWR燃料集合体（例）

連絡先: 辻 建二, 〒459-8522 名古屋市緑区大高町  
北関山 20-1, 中部電力(株) 電力技術研究所,  
電話: 050-7772-2875,  
E-mail: Tsuji.Kenji2@chuden.co.jp

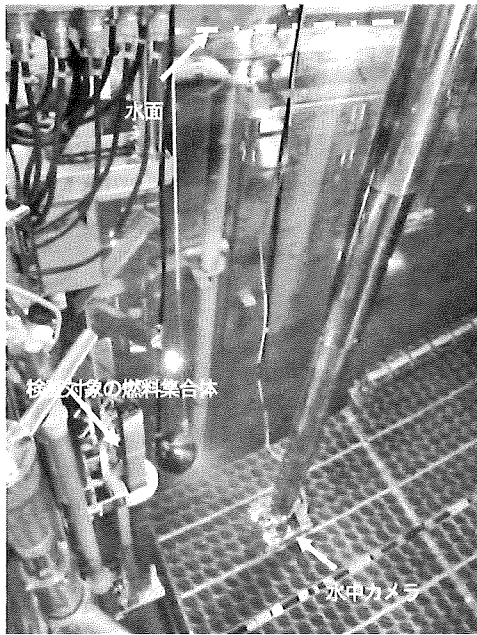


図2 外観検査の実施状況

## 2. ハイビジョン水中カメラの開発

### 2.1 番号確認用カメラ

#### (1)仕様の検討

番号確認検査や棚卸し時の使用環境および水中カメラの運用性の観点から、以下の仕様を満足することとした。

- ・3気圧までの耐圧性能があること
  - ・カメラからモニタまでのケーブル長さ（約 50m）においても信号が減衰しないこと
  - ・モニタ出力までの伝送・処理時間遅れの少ないこと
  - ・遠隔からカメラ操作（ズーム・フォーカス・アイリス・ホワイトバランス調整等）ができること
  - ・画像が鮮明であること
  - ・小型軽量であること
  - ・取得費用・保守費用が低減できるものであること
- なお、耐放射線性については試験により実力を評価し、使用方法を定めることとした。

#### (2)試作

(1)の条件をもとに機器を選定し、模擬環境での動作試験を実施した結果、幅 458mm×奥行 167mm×高さ 980mm、重量 46.4kg（500W の水中照明 2 灯を含む）となった（図3）。

なお、識別番号を刻印した燃料集合体ハンドル部模擬体を撮影した状態で、Co-60 線源による照射試験を実

施し、15Gy/h 程度までは放射線によるノイズの影響が小さく（表1）、また集積線量 200Gy 程度まで使用可能な市販のハイビジョンカメラを選定した。

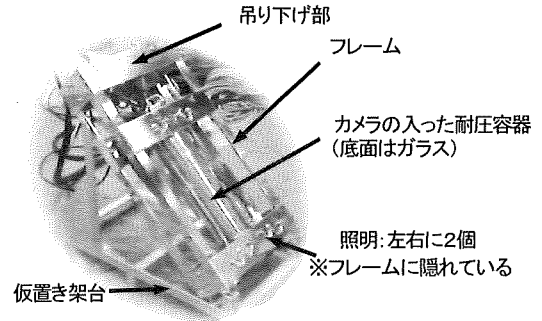


図3 番号確認用カメラの外観

表1 放射線による画像の影響

放射線量率 (Gy/h)	撮影画像	結果
5		ほとんど気にならない
15		多少ノイズはあるが目視可能
50		ノイズがひどく実用不可 <sup>註</sup>
100		ノイズがひどく実用不可 <sup>註</sup>

注： 動画で見るとノイズが顕著

#### (3)浜岡原子力発電所での確認

浜岡原子力発電所 2 号機の使用済燃料プールにて燃料集合体ハンドル部の刻印番号を確認した。従来の耐放射線性カメラとの画像の比較を表2に示す。使用済燃料の場合 1.5~2m の距離で同時に 2~6 体程度、新燃料の場合 5m 程度の距離で 35 体程度の燃料集合体を一度に確認できた。

表2 画像の比較

	従来の耐放射線性カメラ (撮像管)	今回開発したカメラ
画像		

## 2.2 外観検査用カメラ

### (1) 外観検査への適用拡大にあたっての課題

外観検査にあたっては、番号確認より更に詳細な燃料棒表面の状態等を確認する必要がある。そのために、試作機を製作・試験を実施し、以下の課題について確認することとした。

- ・カメラ保護用の遮へいの有無
- ・(放射線ノイズ軽減のため) ミラーで反射させる方法と直接見る方法のどちらがよいか
- ・照明による光の当て方

### (2) 試作

(1)の各項目が確認できるように設計した。吊り下げる場所を変え、遮へいの取外しができるようにした。なお、照明は4灯とし、1灯ごとにON/OFF および調光できるものとした(表3)。

非放射線下で確認をした結果、照明は2灯で十分であること、またミラーで反射させる方法では撮影対象の輪郭がぼやけてしまうため、直接見る方法が有効であることが判明した。

また、浜岡原子力発電所にて直接見る方法において、1m以上の距離でもズームすれば放射線の影響を受けずに十分鮮明な画像が得られ、遮へいが不要になることを確認した(表4)。

表3 試作した外観検査用カメラ

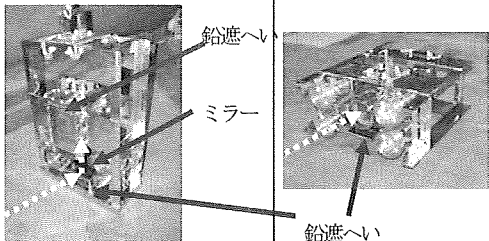
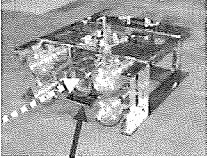
	ミラーで反射させる方法	直接見る方法
寸法	500×260×860mm	500×500×350mm
重量	95kg	65kg
外観		

表4 浜岡原子力発電所での外観検査画像例

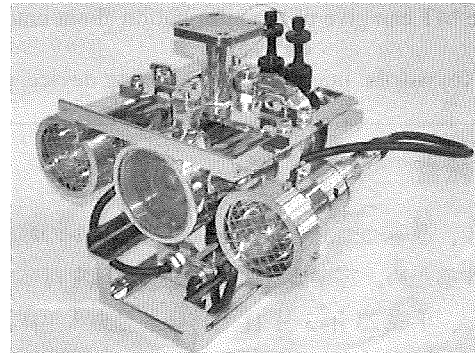
	従来型耐放射線カメラ	外観検査用試作カメラ
画像		

### (3) 製作

(2)の非放射線下および浜岡原子力発電所での試験結果を受け、鉛遮へいは省略し、燃料集合体を直接見る方法とし、また照明を2灯とした外観検査用水中カメラ(番号確認用にも適用可能)の製作を実施した(図4)。寸法は370×400×328mm、重量は20.5kgと小型軽量化することができた。

なお、非放射線下において動作確認を行った結果、距離1.5m・20倍ズームにて0.3mmφ程度のピンホールまで検出できることが確認できた。

図4 外観検査用水中カメラ外観



## 3. まとめ

市販のハイビジョンカメラを用いて高解像度の画像が得られる水中カメラの開発ができた。燃料集合体の番号確認検査・棚卸しおよび外観検査における視認性が向上し、作業性が向上する水中カメラシステムを構築することができた。

### 参考文献

- [1] 渡邊 将人他, “炉内配置および燃料外観検査用ハイビジョン水中カメラの開発”, 日本保全学会第7回学術講演会, 御前崎, 2010, pp.112-115.
- [2] 河村 真吾他, “ハイビジョン画像の原子力発電所への適用(1)燃料集合体番号確認と外観検査への適用”, 日本原子力学会2012年春の年会, 福井, 2012, pp.189.

(平成24年5月11日)