

ハイビジョンカメラを用いた水中カメラの開発

視認性・作業性の向上を目指して

Development of Underwater Camera Using High-Definition Camera

Aiming for Improved Visibility and Operability

(原子力安全技術研究所 プラントG)

原子力発電所の定期検査中に実施される燃料集合体の位置確認作業を迅速化するため、市販のハイビジョンカメラを用いて取得・保守費用を低減できる水中カメラシステムを開発した。また、この結果をもとに燃料集合体外観検査へも適用可能な改良版を開発した。

(Nuclear Power Plant Group, Nuclear Safety Research and Development Center)

To speed up regular inspection work for verifying the position of fuel assemblies at nuclear power plants, an underwater camera system that reduces purchase and maintenance costs was developed from a commercially available high-definition camera. Also, from the success of this camera system, an improved version that can be applied to visual inspections of the fuel assemblies was developed.

1 はじめに

沸騰水型原子炉(BWR)では、第1図に示す構造の燃料集合体がいられ、ハンドル部に燃料集合体固有の識別番号(例:HBA123)が刻印されている。

原子力発電所では、定期点検時に燃料集合体が原子炉内に正しく配置されていることや、1年に1回使用済燃料等が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、水中カメラを用いて前述の識別番号を確認する検査(以下、「番号確認検査等」という)を行っている。

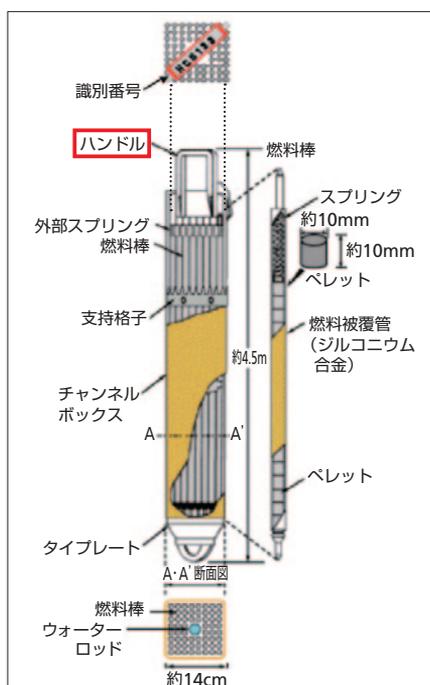
番号確認検査等の対象となる燃料集合体は数多く、また定期点検全体の工程に影響を及ぼす場合があるため、作業時間短縮が求められる。現状の水中カメラの解像度では同時に多数を見られないため1体ずつ確認している。

そこで、2体以上を同時に確認でき、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

燃料集合体を何体か選択し、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。

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。



第1図 BWR用燃料集合体構造

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

番号確認検査等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を目標とした。

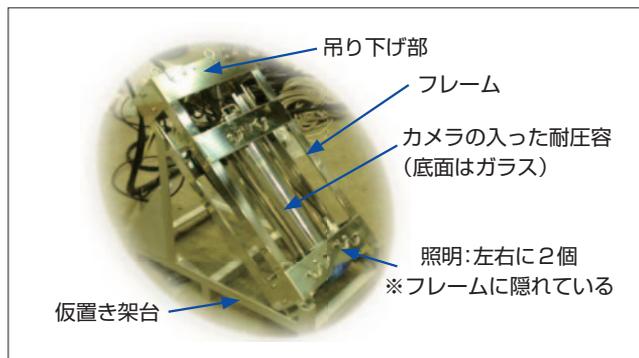
- ・水深30mまでの耐圧性能があること
- ・カメラからモニタまでのケーブル長さ(約50m)においても信号が減衰しないこと
- ・モニタ出力までの伝送・時間遅れがないこと
- ・遠隔からカメラ操作(ズーム・フォーカス・アイリス・ホワイトバランス調整等)ができること
- ・画像が鮮明であること
- ・小型軽量であること
- ・取得費用・保守費用が低減できること

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

これらの条件を元に機器を選定し、模擬環境で動作試験を実施した結果、幅458mm×奥行167mm×高さ980mm、重量46.4kgとなった(第2図)。

なお、識別番号の刻印を模擬した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までの放射線量率までは放射線によるノイズの影響が小さく(第1表)、また集積線量200Gy程度まで使用可能なものを市販のハイビジョンカメラの中から選定した。



第2図 番号確認用カメラの外観

第1表 放射線による画像への影響

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
100		ノイズがひどく 実用不可

(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識別番号を確認した。従来の耐放射線性カメラとの画像の比較を第2表に示す。使用済燃料の場合、1.5m~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体程度を一度に確認できた。

第2表 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、番号確認検査等よりさら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、試作機を製作して試験を実施し、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の)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

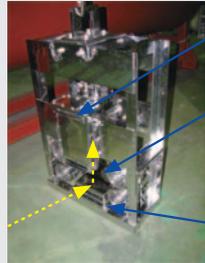
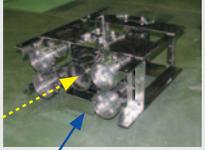
(1)の各項目が確認できるように設計し、吊り下げる場所を変え、遮へいの取外しができるようにした。照明は4灯とし、1灯ごとにON/OFFおよび調光できるものとした(第3表)。

放射線のない環境で模擬試験をした結果、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ミラー表面の精度により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。

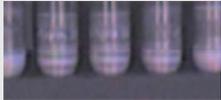
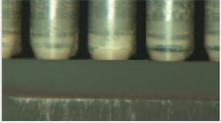
また、浜岡原子力発電所4号機にて直接見る方法にお

いて試験を実施し、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(第4表)。

第3表 試作した外観検査用水中カメラ

	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		

第4表 画像の比較

	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)の試験結果を受け、鉛遮へいは省略して直接燃料集合体を見る方法とし、また照明を2灯とした外観検査用水中カメラ(番号確認検査等にも適用可能)を製作した(第3図)。幅370mm×奥行400mm×高さ328mm、重量は20.5kgと小型軽量化することができた。

なお、放射線のない環境で動作確認を行った結果、距離1.5m・20倍ズームにて直径0.3mm程度のピンホールが認識できることが確認できた。



第3図 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システムを開発ができた。

この水中カメラシステムを用いることにより、燃料集合体の番号確認検査等や外観検査における視認性の向上や、作業性の向上が期待される。

製作した水中カメラは本年9月より、浜岡原子力発電所にて実作業に使用されている。



執筆者 / 辻 建二