

特殊環境下における軽水炉プラント情報取得に関する機器開発

Development of information acquisition device in light water reactor under specific environment

武内 伴照¹⁾ 大塚 紀彰¹⁾ 飯田 竜也²⁾ 小沢 治²⁾
 Tomoaki TAKEUCHI Noriaki OTSUKA Tatsuya IIDA Osamu OZAWA

柴垣 太郎²⁾ 駒野目 裕久²⁾ 土谷 邦彦¹⁾
 Taro SHIBAGAKI Hirohisa KOMANOME Kunihiko TSUCHIYA

¹⁾原子力機構 ²⁾池上通信機

(概要)

過酷事故時においても使用可能な原子炉プラント計装機器の一環として、過酷な温度及び放射線等の環境においても使用可能な計測・通信機器に係る技術的基盤の確立に取り組んできた。これまでに、 γ 線照射試験等の結果から使用に適する部品を選定し、耐放射線性カメラ等を試作した。本研究では、試作したカメラに関し、東京電力福島第一原子力発電所の廃炉作業や他分野への適用を視野に入れ、放射線環境下における画質の向上及びより小型かつ軽量のシステムの確立を目指した。画質向上に関し、イメージセンサの構造を改良して放射線環境下におけるダイナミックレンジの向上を達成した。また、カメラシステムの構成要素のうち特に耐放射線性の低い電源素子について、照射劣化挙動を明らかにして耐放射線性向上に目途を付け、遮蔽構造を大幅に省いた小型・軽量化に見通しを得た。

キーワード：過酷環境、耐放射線性、カメラ、福島第一原子力発電所、廃炉作業

1. 目的

東京電力福島第一原子力発電所(1F)事故では、計装機器類が機能不全に陥り、事故状況の把握およびその後の対応に大きな支障をきたした。こうした経験から、過酷事故時の環境(高温、高線量)下においても動作する計装機器の開発が望まれている。これを踏まえ、過酷環境下においても、良好な画質を維持できる耐放射線性カメラシステムや、信頼性の高い伝送を可能とする可視光水中無線伝送システム(図1参照)の開発

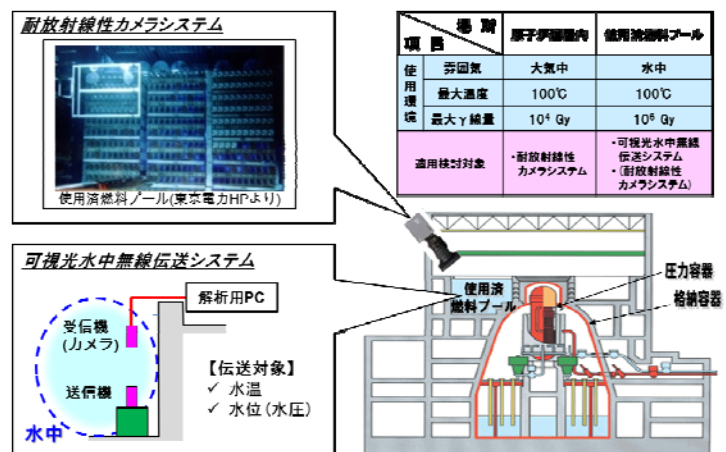


図1. 原子炉プラント監視システムの概要

に取り組んできた[1]。これまでに、選定した構成部品を用いて両システムの試作を行い、 γ 線照射試験により過酷事故時に想定される放射線条件における適用性評価を行い、100kGyを超える耐放射線性を有するシステムの基本仕様を決定した[2], [3]。

本研究では、耐放射線性カメラシステムの 1F 廃炉作業への適用を視野に入れ、さらなる画質の向上及び小型・軽量化を目指した。

2. 実施方法

(1)画質の向上

前年度に試作したカメラシステムに用いたイメージセンサは、非照射環境における最適駆動電圧では、照射環境において暗電流の増大を招き、画質の劣化を引き起こす一因となった。本研究では、電圧を印加する電極の直下に P 型半導体の領域を設けることで最適な駆動電圧を変化させたイメージセンサを試作した。試作イメージセンサを用いた簡易カメラを照射室内に設置して線量率が約 1.5kGy/h の位置で γ 線照射を実施しながら白黒チャートを撮影し、その白、灰、黒色部分に相当する画像の出力値を照射室外のモニターで取得してダイナミックレンジ(DR)の積算線量による変化を調べた。

(2)小型・軽量化

試作カメラシステムでは、耐放射線性が 10kGy 以下の電源素子を使用しており、100kGy 超でも使用可能とするには密度の大きい材料で厚く遮蔽する必要があるが、小型・軽量化には限界があった。本研究では、電源素子を照射室内に設置し、線量率が約 1.5kGy/h の位置で γ 線照射を実施しながら、照射室外に設置したデータロガーで出力電圧と素子表面温度の積算線量による変化を測定した。

3. 結果及び考察、今後の展開等

イメージセンサは、積算線量による黒レベルの上昇がゆるやかであり、かつ、白レベルの低下もゆるやかであった。その結果、250kGy 超の積算線量において、DR は前年度に使用したイメージセンサの比倍程度にまで良化し(図 2)、よりコントラストが鮮明な画像を得られるカメラシステムが可能となった。電源素子は、出力電圧が積算線量 10~15kGy 付近で急激に減少し、直後に復帰して 20kGy 付近では逆に増加に転じ、その後は積算線量による影響はほとんど無かった。また、短絡発生による温度の急上昇はなかった(図 3)。この結果から、あらかじめ照射した IC を用いること等により、放射線環境下においても安定した出力を得る見通しを見出した。

以上の成果を踏まえ、1F 廃炉作業で使用可能な小型かつ軽量の耐放射線性カメラの確立を進めていく。

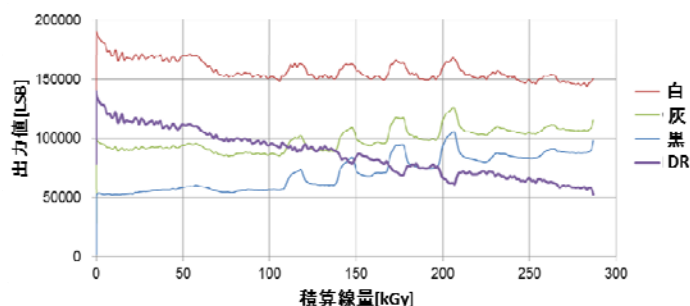


図 2. チャート画像による照射中のダイナミックレンジ測定結果

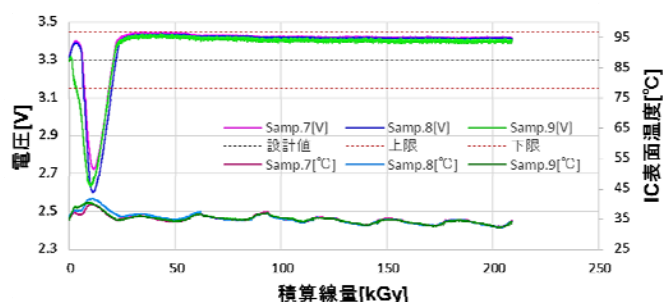


図 3. γ 線照射中の電源素子の出力電圧変化

4. 引用(参照)文献等

- [1] 土谷 邦彦 他, 日本保全学会第 13 回学術講演会要旨集, 2016, p. 375-378.
- [2] T. Takeuchi et al., Conf. Rec. 2017 IEEE Nucl. Sci. Symp., 2017, #3867. (to be published)
- [3] N. Otsuka et al., Conf. Rec. 2017 IEEE Nucl. Sci. Symp., 2017, #3864. (to be published)