

福島第一廃炉汚染水処理で発生する廃棄物の先行的処理に係る研究開発

(34) 角型容器複数配置時の熱影響解析

Research and development on preceding processing methods for contaminated water management waste at Fukushima Daiichi Nuclear Power Station

(34) Evaluation of heat generation on square containers in multiple placement state

*高橋 裕太¹, 榎本 真由¹, 角田 あやか¹, 曾根 智之¹, 大杉 武史¹, 黒木 亮一郎¹

¹国際廃炉研究開発機構/日本原子力研究開発機構

福島第一原子力発電所の廃炉作業で生じる汚染水処理二次廃棄物を、普通ポルトランドセメント（OPC）で固化体とし、角型容器に集積配置した場合の発熱影響を評価した。ここでは放射能濃度に応じた固化体最大温度の変化に着目し、発熱量解析および温度解析結果から、固化体の放射能インベントリ制限値を予測した。

キーワード：セメント固化，角型容器，集積配置，発熱量解析，温度解析

1. 緒言

福島第一原子力発電所の廃炉作業で生じる汚染水処理二次廃棄物を OPC 等で固化処理した場合、通常、作製された固化体は貯蔵庫などで集積されることが想定される。この際には、崩壊熱による固化体の温度上昇が想定され、到達する温度によっては固化体の変質が生じ、健全性が維持できないおそれがある。このため、集積配置した固化体の熱影響を把握する必要がある。そこで、汚染水処理二次廃棄物の集積配置時の、固化体最大温度と固化体が含有する放射エネルギーの関係性をシミュレーションにより評価した。本報では、低温固化処理技術として適用性が検討されている OPC 固化体の角型容器を対象とし、発熱量解析および温度解析結果から、OPC 固化体に含有できるインベントリの制限値を予測した。

2. 解析概要

OPC 固化体を角型容器（鉄製， $1.3 \times 1.3 \times 0.8$ [m³]，板厚 0.2 [cm]）に 80% 充填し，xyz 方向にそれぞれ $3 \times 3 \times 3$ 個（計 27 個）配置したときの固化体最大温度を求めた。解析条件は，初期温度を 20°C，汚染水処理二次廃棄物の主要核種として ⁶⁰Co，⁹⁰Sr，¹³⁷Cs，放射能濃度を 1×10^5 から 1×10^{10} [Bq/cm³] とし，一回の解析あたり一つの核種がそれぞれ単独で固化体に均一分布するものとした。集積配置については，容器間の横方向に 8.08 cm，縦方向に 11 cm（1 cm の隙間と 4 か所に 10 cm の角柱）の隙間を想定した。試験的な空間として， $8 \times 8 \times 4.5$ [m³]（最下部に 0.5 [m] 厚のセメント）の空間の中央床面に設置した場合とした（図 1）。また，実際の保管状況として，角型容器周囲の空気の温度差による自然対流が発生することが考えられるため，それによる除熱効果を考慮した。まず，容器間の放射線相互作用による発熱量を発熱量解析コード PHITS により取得した。次に，得られた発熱量を用いて，汎用工学シミュレーションソフトウェア COMSOL Multiphysics により固化体最大温度を得た。解析結果から，放射能濃度と固化体最大温度の関係式を導出し，セメントの変質温度（60°C）を基準に，OPC 固化体の健全性を担保できるインベントリ制限値を推定した。

3. 解析結果

単体配置の場合と比べ，⁶⁰Co，¹³⁷Cs では，発熱量が 2% から 11% 増大した（中心に近づくほど増大）。⁹⁰Sr については，角型容器を透過する γ 線を放出しないため，発熱量は増加しなかった。温度解析では，例として ¹³⁷Cs の場合を示すと，放射能濃度が 1×10^8 [Bq/cm³] で 22.45°C， 1×10^9 [Bq/cm³] で 38.70°C， 1×10^{10} [Bq/cm³] で 150.38°C となった（図 2）。さらに，解析結果より導出した自然対流有りにおける放射能濃度と固化体最大温度の関係式から，¹³⁷Cs を対象としたインベントリ制限値は 2.22×10^9 [Bq/cm³] とする結果が得られた（図 2）。

※本研究は，令和 3 年度開始「廃炉・汚染水対策事業費補助金（固体廃棄物の処理・処分に係る研究開発）」によって実施したものである。

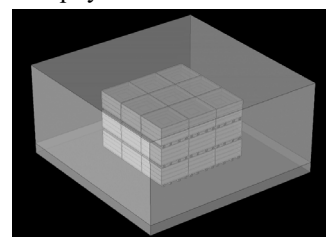


図 1 解析体系

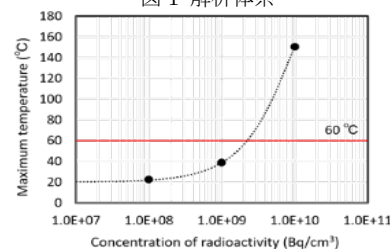


図 2 放射能濃度による固化体最大温度の変化(¹³⁷Cs)

*Yuta Takahashi¹, Mayu Enomoto¹, Ayaka Kakuda¹, Tomoyuki Sone¹, Takeshi Osugi¹ and Ryoichiro Kuroki¹

¹IRID/ JAEA