

# 福島第一原発廃止措置へのジオポリマーの適用可能性検討

## Study on application of geopolymer to decommissioning of Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant

東京大学	酒井 泰地	Taichi SAKAI	
東京大学	鈴木 俊一	Shunichi SUZUKI	Member
東京大学	岡本 孝司	Koji OKAMOTO	Member

### Abstract

In this study, an alternative method to retrieve fuel debris and MCCI (Molten Corium Concrete Interaction) products in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants is proposed, where geopolymer is used for semi-stabilization of those debris. Facing the realization of this method, the fluidity and the setting time of geopolymer are regarded as one of the problems. Thus, for investigating those properties, slump flow experiment, funnel experiment and viscosity measurement will be done. In addition, the experimental results were reproduced in the simulation with one of the newest particle method which can describe the rotation behavior of the fluid's tip. Research is still now ongoing, and final goal of this research is to demonstrate the potential of geopolymer for utilization in Fukushima decommissioning.

**Keywords:** Fukushima, fuel debris, decommissioning, geopolymer, fluidity, particle method

## 1. 背景・目的

福島第一原子力発電所では今も廃止措置作業が進められており、その中でも最も重要な作業の一つである燃料デブリの取り出しに関しては2021年の取り出し開始に向けて現在工法の検討が進められている[1]。主な工法案として冠水取り出し工法と気中取り出し工法が想定されているが、PCVの止水の実施や放射性核種を含んだ粉塵の飛散防止、作業環境の線量低減など解決しなければいけない課題は多く残っている。これに対し Suzuki ら[2]はジオポリマーを活用した新しい燃料デブリ取り出し工法を提案している (Fig.1)。この工法では、PCV 底部に落下し MCCI (Molten Corium Concrete Interaction) 生成物となった燃料デブリ表面をジオポリマーで被覆する事で、止水作業および臨界防止対策の簡素化や時間経過に伴う性状が変化するデブリの準安定化などを実現する事ができると考えられる。ジオポリマーは1988年にフランスの Davidovits によって提唱された、アルカリシリカ溶液とアルミナシリカ粉末の縮合反応によって形成される非晶質ポリマーの総称であり[3]、耐放射線性・耐熱性・含有水の少なさなどの特徴を有しているため福島第一原発の廃止措置にも廃棄物固化などの分野への適用が検討されている[4]。しかし、大規模工事に際した施工性等についてはこれまで包括的な研究がなされていなかった。

そこで本研究では、ジオポリマーが福島第一原発炉内の燃料デブリ等の準安定化に対して有用である事を示す事を目的として、流動性と凝結時間に着目して実験およびシミュレーションを行う。本報告では、実験計画および事前シミュレーションの結果を示す。

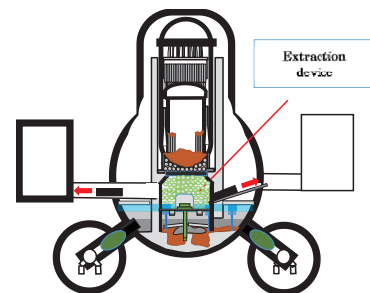


Fig.1 New method to retrieve the fuel debris

## 2. 実験

本研究では、ジオポリマーが先の工法において実用に足る性能を発揮できるかを判定するべく、工法の実現に際し要求される事が想定される (1) 輸送機能 (2) 拡散機能 (3) 凝結機能の3機能について試験を実施する。

連絡先:酒井泰地、〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1、東京大学大学院工学系研究科原子力国際専攻  
E-mail: sakai@vis.t.u-tokyo.ac.jp

各機能に対応する試験として、(1) 漏斗試験 (2) スランプ試験 (3) 凝結試験を行う。特にスランプ試験については、適用環境を考慮し床面温度および気中/水中環境条件をパラメータとする。試験材料として、ジオポリマーの他に参照値を得るためセメントモルタルも用いる。混練開始からの経過時間によって粘性の異なる3種類の試験体で試験を実施する。また、実際に利用する際には遮蔽性能の向上や燃料デブリの再臨界防止を目的とした添加物を付与する可能性がある事を踏まえ、金属粉末の添加の有無によって流動性にどのような影響が与えられるかについても実験を通して確認する。

### 3. シミュレーション

実スケールでの試験は予算等の問題もあり実現困難である事から、工法の実現性の最終的な判定はシミュレーションによって為される可能性が高い。本研究では、今後実施されると考えられるより詳細な解析に先立ちシミュレーション手法の精度を向上させる事を目的として、前項で述べた実験結果の再現を行う。解析には連続体の挙動を粒子の運動で表現する粒子法のうち、Kondoが開発したMPF法[5]を使う。このMPF法を用いる事により、流動体の回転挙動を再現できるようになっている。

事前シミュレーションとして、スランプ試験を模擬したモデルを作成し解析を行った。流体粒子が床粒子をすり抜けてしまう現象を防ぐため、床粒子は2層配置している。以下に計算条件を示す(Table. 1)。

Table 1 A list of the calculational conditions

パラメータ	値
試験体粘性 $\mu$ (Pa s)	10
試験体密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.0
試験体温度 T (°C)	30
床面温度 T <sub>f</sub> (°C)	50
粒子間隔 d (m)	0.003
計算間隔 Dt (s)	0.01

次ページに計算結果を示す(Fig.2)。計算の結果、上記の条件においては本手法を用いる事で高粘性流体の流動挙動を再現できる事が分かった。

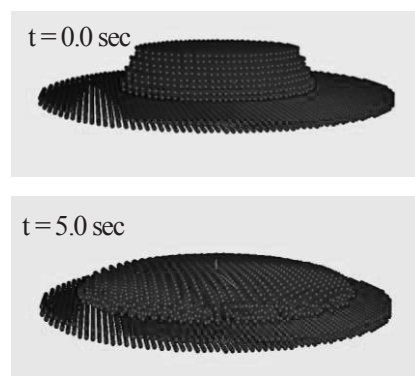


Fig.2 Simulation results of slump experiment

### 4. 結論

本報告では実験計画および事前シミュレーションの結果を示した。シミュレーションの結果、対象流体の粘性において流動体先端の回転挙動を再現できる事が分かった。今後実際に実験を行いその結果をシミュレーションにフィードバックする事で、粒子法によるジオポリマーの挙動の可視化の精度が向上する事が予想される。

### 参考文献

- [1] 原子力損害賠償・廃炉等支援機構, “東京電力(株)福島第一原子力発電所の廃炉のための技術戦略プラン 2015”, [http://dccc-program.jp/files/20150630\\_1-2-J.pdf](http://dccc-program.jp/files/20150630_1-2-J.pdf)
- [2] 鈴木俊一、岡本孝司 “ジオポリマーを活用した燃料デブリ取り出し工法の提案”、日本保全学会第14回学術講演会要旨集、2017.8
- [3] 甲本達也, “フライアッシュをベースとしたジオポリマーによるバンコック粘土の固化について”, 佐賀大学農学部彙報, 第94号, pp.15-22, 2009.2
- [4] 東京電力ホールディングス株式会社, “水処理二次廃棄物の処理にむけた検討状況”, <https://www.nsr.go.jp/data/000178233.pdf>
- [5] 近藤雅裕, “高粘度流体解析のための角運動量を保存する粒子法の開発”, 計算工学講演会論文集, Vol.22, 2017.5

