

一般セッション | III. 核分裂工学：302-1 新型炉システム

2024年9月12日(木) 16:55 ~ 18:00 G会場(講義棟B棟1F B101)

[2G18-21] ナトリウム冷却高速炉運用技術

座長:田中 正暁(JAEA)

16:55 ~ 17:10

[2G18]

エアロゾル発生・供給技術に関する研究

(1)湿式分散法によるエアロゾル発生・供給技術の検討

*河口 宗道¹、甲斐 康太郎¹、澤 和弘¹、佐藤 理花²、清野 裕² (1. 北大、2. JAEA)

17:10 ~ 17:25

[2G19]

エアロゾル発生・供給技術に関する研究

(2)酸化チタン粒子を使用した湿式分散法に関する機能確認

*甲斐 康太郎¹、河口 宗道¹、澤 和弘¹、佐藤 理花²、清野 裕² (1. 北海道大学、2. 国立研究機関法人日本原子力研究開発機構)

17:25 ~ 17:40

[2G20]

もんじゅサーベイランス集合体取扱い中における不具合復旧の取り組み

(1)原因調査の取り組み

*塩田 祐揮¹、有吉 秀夫¹ (1. 日本原子力研究開発機構)

17:40 ~ 17:55

[2G21]

もんじゅサーベイランス集合体取扱い中における不具合復旧の取り組み

(2)復旧作業の取り組み

*有吉 秀夫¹、塩田 祐揮¹ (1. 日本原子力研究開発機構)

17:55 ~ 18:00

座長持ち時間

エアロゾル発生・供給技術に関する研究
(1) 湿式分散法によるエアロゾル発生・供給技術の検討

Study on aerosol generation and supply technology

(1) Investigation of aerosol generation and supply technology with wet dispersion method

*河口 宗道¹, 甲斐 康太朗¹, 澤 和弘¹, 佐藤 理花², 清野 裕²

¹北海道大学, ²日本原子力研究開発機構

Na 中における放射性物質（主に Cs 関係）のトラップ効果を解明するために、安定的なエアロゾルの発生・供給技術の確立に向けた研究を行っている。本発表では、主に湿式分散法の調査・検討結果を報告する。

キーワード：エアロゾル, Na 冷却高速炉, 除染係数

1. 緒言

Na 冷却高速炉において燃料が破損・溶融し、炉心が崩壊するようなシビアアクシデントを想定した場合、破損・溶融燃料から放出される希ガスと Cs 等の核分裂生成物が混合気泡を形成して、Na 冷却材中を上昇しカバーガスに移行する現象が想定される。本現象を解明するため種々の試験研究^{[1], [2]}が実施されており、主に除染係数が取得されている。しかし、Cs 関係のデータが不足しているため、JAEA で Na 中スクラビング試験（Na 試験）が計画されている。Na 試験に適用すべく、エアロゾルの発生・供給方法について検討した。

2. Na 試験におけるエアロゾル条件の検討

Na 試験では、エアロゾル（CsI または模擬物質等）を含む Ar ガスを Na 中に供給し、その後のカバーガスへ至るまでのエアロゾルの捕獲・移行挙動等を測定する。この際、Na 液位・温度、エアロゾルの組成、粒径等が試験パラメータとなる予定である。なお、粒径（中央径）は約 1 μm を目標としている。

3. エアロゾルの発生方法の選定

エアロゾルの発生方法は、主に①直接合成法、②乾式分散法、③湿式分散法に分類され、表 1 にその特徴等を整理した。Na 試験では、上述のエアロゾルの条件を試験パラメータにする計画であり、これを実現可能な方法として、本研究では湿式分散法を選定した。湿式分散法は、溶媒と溶質（エアロゾル）の組み合わせ、装置構成、諸条件（加熱温度、流量）等を適切に設定することにより、所定のエアロゾルを発生・供給することが可能である。

表 1. エアロゾルの発生方法

No	エアロゾル発生方法	原理[3]	調査結果	判定
1	直接合成法	物質を加熱や放電等で蒸気化した後、冷却して粒子を生成する	・ 粒径: 0.1~20nm ・ 粒子同士が凝集しやすい ・ 市販品を直接使用可	× × ○
2	乾式分散法	乾燥粉体に機械的な力(ブラシや振動等)を加えて、空气中に粒子を発生させる	・ 粒径: 0.1~100μm ・ 湿分の影響を受けやすい ・ 市販品を直接使用可	○ × ○
3	湿式分散法	懸濁液を空气中に分散し、乾燥(溶媒を除去)させて粒子を得る	・ 粒径: 0.2~5μm (懸濁液で制御可能) ・ 湿分の影響を受けない ・ 市販品等を組合せて使用	○ ○ △

4. 結論

本研究では、JAEA で計画されている Na 試験に適用すべく、エアロゾルの発生・供給方法について調査・検討した結果、湿式分散法を選定した。なお本研究は、経済産業省からの受託事業「令和 5 年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」の一環として実施した成果である。

参考文献

[1] G. Berthoud, *et al.*, Nucl. Technol., 81:2, 257-277, 1988. [2] K. F. Becker, *et al.*, Nucl. Eng. Des., 403, 112137, 2023.
[3] Y. Morimoto, *et al.*, Acc. Chem. Res., 46, 770-781, 2013.

*Munemichi Kawaguchi¹, Kotaro Kai¹, Kazuhiro Sawa¹, Rika Sato² and Hiroshi Seino² / ¹Hokkaido Univ., ²JAEA

エアロゾル発生・供給技術に関する研究 (2) 酸化チタン粒子を使用した湿式分散法に関する機能確認

Study on Aerosol Generation and Supply Technology

(2) Performance confirmation on wet dispersion method using TiO₂ particles

*甲斐 康太郎¹, 河口 宗道¹, 澤 和弘¹, 佐藤 理花², 清野 裕²

¹北海道大学, ²日本原子力研究開発機構

湿式分散法は、試験粒子を分散させた溶液を液滴として気中に噴霧・乾燥して試験エアロゾル粒子を得る方法である。本研究では、水中に分散させた TiO₂ 粒子を使用して、湿式分散法に関する機能確認を行った。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，ソースターム，エアロゾル，湿式分散法

1. 緒言

ナトリウム (Na) 冷却高速炉の被覆管破損事故では、破損燃料から放出されたガス／エアロゾル状の核分裂生成物 (FP) が混合気泡を形成して Na 中を上昇する現象が想定される^[1]。混合気泡の上昇時に FP の一部は Na にトラップされるため、本現象の指標となる除染係数 (DF) の拡充が課題となっており、JAEA で Na 試験が計画されている。この Na 試験に向けて、湿式分散法を採用したエアロゾル発生・供給装置を構築し、その機能確認を行った。

2. 実験装置

本研究で構築した実験装置を図 1 に示す。上部に試験溶液を噴霧するアトマイザー、噴霧した液滴の溶媒を除去する加熱配管 (100℃) と乾燥配管、下部にエアロゾル粒子を捕集するサンプラーを設置した。この際、溶媒 (水) の除去効率が高くなるように装置構成及び条件 (特に流量) を設定した。捕集後のエアロゾル粒子は、FE-SEM/EDS で直接観察するとともに、その後 ICP-AES で定量分析した。



図 1. 構築した実験装置

3. 機能確認結果

図 2 は TiO₂ 粒子 (約 1μmφ) を使用した場合におけるエアロゾルの濃度及び粒径分布である。同図より、粒径 1.0–1.6 μm にエアロゾル濃度のピークが観測されることが分かる。また、捕集したエアロゾル粒子の直接観察 (図 2 中の写真) から約 1μm の TiO₂ 粒子を確認した。

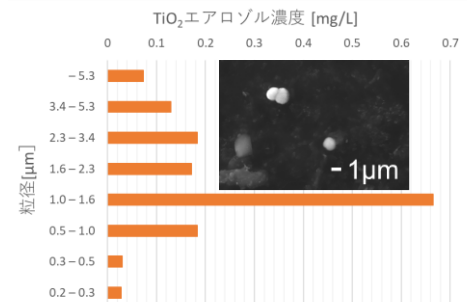


図 2. 捕集エアロゾルの濃度及び粒径分布の関係

4. 結論

湿式分散法を採用したエアロゾル発生・供給装置を構築し、TiO₂ 粒子を使用して機能確認を実施した。その結果、概ね所期の粒径を得ることができ、当該装置の有効性を確認することができた。本研究は、経済産業省からの受託事業である「令和 5 年度高速炉に係る共通基盤のための技術開発」の一環として実施した成果である。

参考文献

[1] S. Miyahara, M. Kawaguchi, H. Seino, proc. ICONE2020-16208, virtual, Aug. 4-5, 2020.

*Kotaro Kai¹, Munemichi Kawaguchi¹, Kazuhiro Sawa¹, Rika Sato², Hiroshi Seino²

¹Hokkaido Univ., ²Japan Atomic Energy Agency.

もんじゅサーベイランス集合体取扱い中における不具合復旧の取り組み

(1) 原因調査の取り組み

Recovery experience from the trouble during the handling surveillance assembly in MONJU

(1) Investigation into cause of the trouble

*塩田 祐揮¹, 有吉 秀夫¹

¹ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

サーベイランス集合体の処理中に発生した燃料移送ポットの共吊り事象について、原因の特定に至る経緯をまとめたものである。

キーワード: 高速増殖炉、燃料取扱い、ナトリウム、もんじゅ Fast Breeder Reactor, Fuel handling, Sodium, MONJU

1. 緒言

もんじゅは2023年度から廃止措置計画の第2段階であるナトリウム機器の解体準備期間として、炉心にあるしゃへい体等の非燃料の炉心構成要素を水中燃料貯蔵設備へ移送する作業をおこなっている。

2023年の「しゃへい体の処理・貯蔵作業」において、サーベイランス集合体を燃料洗浄槽に移送する際に、本来は炉心と炉外燃料貯蔵槽間での燃料等の移送にのみ用いる燃料移送ポットが、炉外燃料貯蔵槽から誤って共吊りされ、燃料洗浄槽に持ち込まれる事象が発生した。当初、ドアバルブの閉止不可事象として認知されたことから、しゃへい体等の取り扱いに伴う滴下したナトリウムの影響と考えられていたが、検討の中でナトリウム以外の干渉物の可能性が浮上したことから、原因調査を実施した。

2. 原因調査の取り組み

課題①：事象の把握

もんじゅナトリウム冷却高速増殖炉であり、使用している液体ナトリウムは化学的に活性であるため、液体ナトリウムを内包する機器およびそれらに接続する機器のバウンダリは高い気密性が求められる。加えて、液体ナトリウムは金属光沢を持ち不透明であるため、液体ナトリウム中の機器動作の目視はできない。これらの理由により、燃料取扱設備には気中・水中でのみ可動する機器を除きカメラなどの内部を目視する機能を有しておらず、目視不可の環境下で調査をする必要があった。

課題②：内部観察の方法及びリスク評価

事象を確実に特定するにはラインスコープ等を挿入し内部観察を行う必要があったが、メンテナンス孔はなく、機器を一部開放する方法を取らざるを得なかった。

また、そのような作業実績はないため、一般的な作業安全は元より放射線被ばくや設備に対する影響など、検討項目は多岐にわたるものであった。

3. 原因の特定

吊り上げ荷重等の運転パラメータを基に、本事象は、本来は炉心と炉外燃料貯蔵槽間における燃料等の移送に用いる燃料移送ポット（以下、「移送ポット」という）が、集合体と共吊りされ、装荷されていた炉外燃料貯蔵槽から燃料洗浄槽に持ち込まれていることが原因であると推定した。

原因を確実に特定すべく、構造図面等より干渉物の位置を割り出し、内部観察に最適な開放箇所及び作業方法を決定し、調査作業の結果、推定通り燃料移送ポットがスタックしていることを特定した。

調査作業における安全管理の面においても事前評価を超えるものは無く、計画通り完遂する事ができた。

*Yuki Shiota¹, Hideo Ariyoshi¹ Japan Atomic Energy Agency

もんじゅサーベイランス集合体取扱い中における不具合復旧の取り組み
(2) 復旧作業の取り組み

Recovery experience from the trouble during the handling surveillance assembly in MONJU

(2) Selection of recovery approaches

*有吉 秀夫¹, 塩田 祐揮¹

¹ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

サーベイランス集合体の処理中に発生した燃料移送ポットの共吊り事象からの復旧過程について、調査から復旧に至るまでの取組みをまとめたものである。

キーワード: 高速増殖炉、燃料取扱い、ナトリウム、もんじゅ Fast Breeder Reactor, Fuel handling, Sodium, MONJU

1. シャヘイ体の処理・貯蔵作業における不具合

高速増殖原型炉もんじゅは 2023 年度から廃止措置計画の第 2 段階であるナトリウム機器の解体準備期間として、炉心にあるシャヘイ体等の非燃料の炉心構成要素を燃料池へ移送する作業を行っている。

2023 年の「シャヘイ体の処理・貯蔵作業」において、サーベイランス集合体（以下、「集合体」という）を燃料洗浄槽に移送する際に、本来は炉心と炉外燃料貯蔵槽間における燃料等の移送に用いる燃料移送ポット（以下、「移送ポット」という）が、集合体と共吊りされ、装荷されていた炉外燃料貯蔵槽から燃料洗浄槽に持ち込まれ、スタックする事象が発生した。

2. 復旧における課題

図 1 に、燃料洗浄槽に炉外燃料貯蔵槽から持ち込まれた移送ポットのスタック位置を示す。

この復旧にあたっては、大きく 3 つの課題があった。

- ①移送ポット内のナトリウム凍結
- ②グリッパアダプタの種類
- ③燃料出入機の走行不可

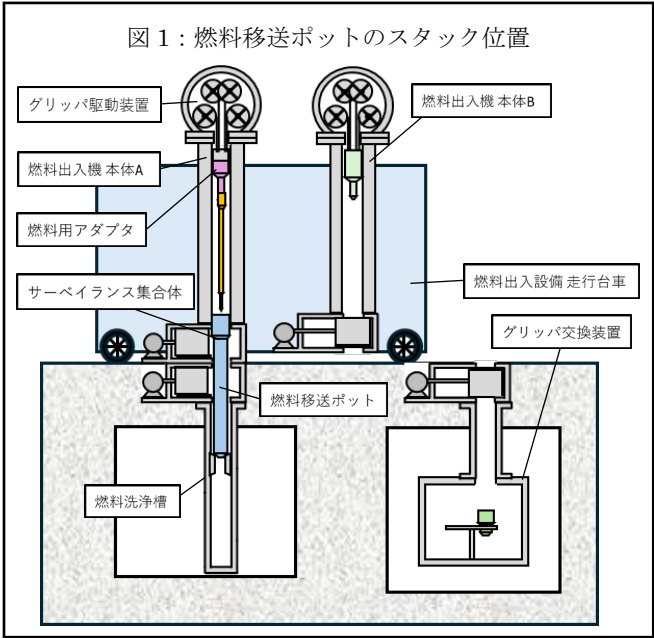
これらの制約により、通常の分解点検手順による復旧は不可能であった。

3. 復旧作業

設備設計メーカーと協同で復旧方法を検討し、最終的に、以下の復旧方法を決定した。

- ①洗浄槽に保温材を追加した上で加熱し、移送ポット内のナトリウムを溶融させる。
- ②集合体を移送ポットに格納し、通路クレーン、プラバックを用いてグリッパ駆動装置を吊り上げ、グリッパアダプタを交換した後、駆動装置を復旧する。
- ③移送ポットと集合体を一体で吊り上げ、燃料出入機を走行可能とし、炉外燃料貯蔵槽に返還する。

本復旧作業により、廃止措置工程への影響を最小限としながら、無事故・無災害で設備復旧を完遂した。今回の経験から得られた知見や設備的な課題は、今後のナトリウム設備の解体や新型炉の設計に活かされると考える。



*Hideo Ariyoshi¹, Yuki Shiota¹ ¹Japan Atomic Energy Agency