

Oral presentation | V. Nuclear Fuel Cycle and Nuclear Materials : 505-1 Radioactive Waste Management

📅 Thu. Sep 12, 2024 3:35 PM - 4:55 PM JST | Thu. Sep 12, 2024 6:35 AM - 7:55 AM UTC 🏠 Room K(Recture RoomsB 2F B200)

[2K12-16] Vitrification 1

Chair:Kazuyoshi Uruga(CRIEPI)

3:35 PM - 3:50 PM JST | 6:35 AM - 6:50 AM UTC

[2K12]

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(8)Operation results and evaluations of the TVF glass melter

*Seima Suzuki¹, Hikaru Ohtaka¹, Shigeki Fukuda¹, Atsushi Miyauchi¹, Hirotaka Sumi¹ (1. JAEA)

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[2K13]

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(9)Consideration of operating parameters for the new glass melter

*Masaya Tone¹, Daiki Shiramizu¹, Nanako Katsuoka¹, Yusuke Aoyama¹, Koshi Miyata¹, Shigeki Fukuda¹, Hikaru Ohtaka¹, Hidekazu Kobayashi¹, Akira Kodaka¹ (1. JAEA)

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[2K14]

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(10) Discharging behavior for platinum group elements for the new glass melter

*Yusuke Aoyama¹, Masaya Tone¹, Daiki Shiramizu¹, Nanako Katsuoka¹, Koshi Miyata¹, Shigeki Hukuda¹, Hikaru Ohtaka¹, Hidekazu Kobayashi¹, Akira Kodaka¹ (1. JAEA)

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[2K15]

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(11) Simulation of a start-up heating using updated material data for a new glass melter

*Yoshimitsu Asahi¹, Akira Kodaka¹ (1. JAEA)

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

[2K16]

Investigation of chemical state of uranium contained in borosilicate glass

(2) Uranium reduction using graphite crucible

*Nanako Katsuoka¹, Takayuki Nagai¹, Yoshihiro Okamoto¹, Daisuke Akiyama², Nobuaki Sato², Akira Kirishima² (1. JAEA, 2. Tohoku Univ.)

4:50 PM - 4:55 PM JST | 7:50 AM - 7:55 AM UTC

Time reserved for Chair

ガラス固化技術開発施設（TVF）における高放射性廃液の
固化安定化に向けた取り組み
（8）TVF 溶融炉の運転実績と評価

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(8) Operation results and evaluations of the TVF glass melter

*鈴木 晟眞¹，大高 光¹，福田 茂樹¹，宮内 厚志¹，角 洋貴¹

¹ 日本原子力研究開発機構

東海再処理施設のガラス固化技術開発施設（TVF）において 2021 年、2022 年に実施したガラス固化処理
運転（21-1CP、22-1CP）が計画よりも早期に終了に至った要因について調査結果を報告する。

キーワード：TVF，ガラス溶融炉，ガラス固化，白金族元素

1. 緒言

TVF では、東海再処理施設に保有する高放射性廃液を早期に固化安定化する
取り組みを進めている。前報で報告した漏電による流下停止の対策後、ガ
ラス固化処理運転を 2 回（21-1CP、22-1CP）実施し、両運転とも主電極間抵
抗が運転停止判断指標まで早期に低下したため、運転を終了した。運転終了
後に炉内を観察した結果、いずれの運転後においても白金族元素が従来と異
なる西側の炉底傾斜面上部に多く堆積していた。なお、21-1CP 後は炉底傾
斜面全域の残留ガラス（堆積物）の除去作業を実施している。

2. 21-1CP における主電極間抵抗低下の要因

19-1CP では、漏電による流下停止により、ドレンアウトできずに運転を
停止した。この時、炉底加熱を繰り返したことにより、炉底部の白金族元素
が炉底傾斜面上部に運ばれ堆積したと推定される。21-1CP の初回流下時に
抜き出されず西側炉底傾斜面上部に一部残った白金族元素に電流が回り込
み、温度分布が変化して炉内のガラス流動が変わることで更に西側傾斜面上
部に白金族元素が運ばれ、堆積物が成長し、主電極間抵抗の早期低下を招い
たと推定した。

3. 22-1CP における主電極間抵抗低下の要因

堆積物の取り残し等により主電極間抵抗を低下させる通電経路が存在すると仮定し、感度解析や運転デー
タの検証等を実施した。その結果、補助電極上端より上部に通電経路となる堆積物が形成されると、主電極
間抵抗が低下すること【図】、炉底部の補助電極間抵抗が堆積物を除去しても初期値まで回復しないことなど
から、堆積物除去後の炉底傾斜面上部においても補助電極間抵抗と同様に主電極間抵抗に影響する通電経路
が存在することが示唆された。さらに、耐火レンガ表面に白金族元素が高濃度に凝集した場合は、現在の堆
積物除去方法では完全に除去できない可能性があることを確認した。これらの調査結果から、堆積物除去後
も西側炉底傾斜面上部において主電極間抵抗を低下させる通電経路が存在し、21-1CP と同様に白金族元素を
含む堆積物が成長し、主電極間抵抗の早期低下を招いたと推定した。

4. 今後の運転に向けた検討

主電極間通電への影響が大きい炉底傾斜面上部に白金族元素を多く堆積させる前にドレンアウトへ移行す
るための管理指標や検知方法などの検討を進めていく。

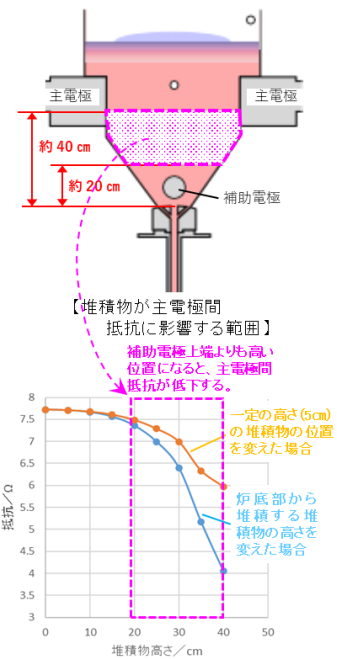


図 堆積物高さの主電極間抵抗の関係

*Seima Suzuki¹, Hikaru Ohtaka¹, Shigeki Fukuda¹, Atsushi Miyauchi¹, Hiroataka Sumi¹

¹ Japan Atomic Energy Agency

ガラス固化技術開発施設（TVF）における高放射性廃液の
固化安定化に向けた取り組み
(9) 新型溶融炉の運転パラメータの検討

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(9) Consideration of operating parameters for the new glass melter

*刀根 雅也¹, 白水 大貴¹, 勝岡 菜々子¹, 青山 雄亮¹, 宮田 晃志¹, 福田 茂樹¹, 大高 光¹,
小林 秀和¹, 小高 亮¹

¹ 日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設（TVF）の新型溶融炉（3号溶融炉）について、コールド試験（運転条件確認試験）を実施し、3号溶融炉に適した運転パラメータの検討を行った。

キーワード：ガラス固化技術開発施設（TVF）、TVF3号溶融炉、ガラス固化、運転パラメータ、LFCM

1. 緒言

東海再処理施設の廃止措置の一環として、高放射性廃液(HAW)のガラス固化処理を行っている TVF では、ガラス溶融炉の更新に向けた取り組みを進めている。TVF の溶融炉は直接通電型セラミック溶融炉 (LFCM) を採用しており、3号溶融炉では白金族元素の拔出性向上を図るため、炉底形状を四角錐から円錐に変更する等の設計変更を行っている。LFCM は、ガラスに直接通電することでガラス溶融を行うことから、3号溶融炉に適した温度管理を行う電力等の運転パラメータを把握する必要がある。そこで、実機に近い条件で最適な運転パラメータを設定するために、非放射性の模擬廃液を用いた運転条件確認試験を実施し、ガラス温度等の主な管理値を成立させるための運転パラメータの検討を行った。

2 検討方法

運転条件確認試験では、TVF での運転を可能な限り再現できるように、ガラス原料（ファイバーカートリッジ）に HAW の組成を模擬した廃液（白金族元素の有無を反映した高模擬／低模擬）を含浸させ、溶融炉に供給し、試験を実施した。運転パラメータの検討は、2号溶融炉の運転において実績のある運転パラメータをベースとして運転操作を行い、溶融炉内各部の温度等が所定の範囲に収まるように調整を行った。

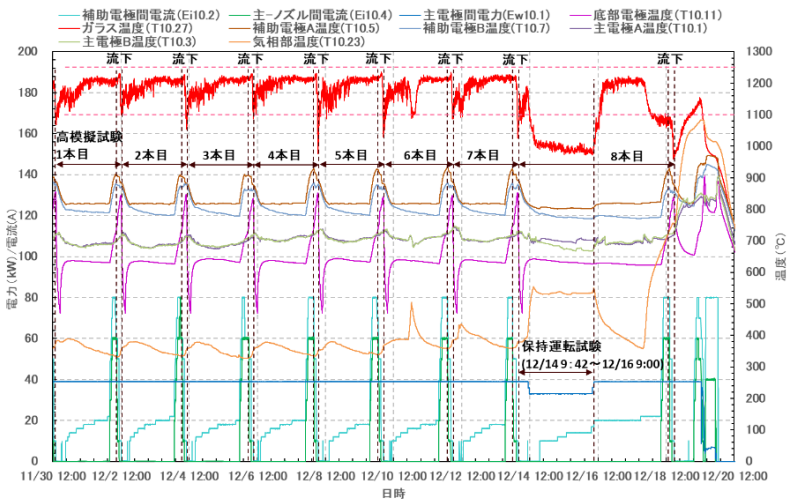


図 1 高模擬試験時炉内主要温度

3. 検討結果

運転条件確認試験の結果、炉底形状の変更に伴い、2号炉と3号炉では一部温度特性が異なったものの、3号溶融炉の運転を最適に行うための運転パラメータを見出すことができ、今後、3号溶融炉を TVF に導入後、運転を安定して行える見通しを得た。

*Masaya Tone¹, Daiki Shiramizu¹, Nanako Katsuoka¹, Yusuke Aoyama¹, Koshi Miyata¹, Shigeki Fukuda¹, Hikaru Ohtaka¹, Hidekazu Kobayashi¹ and Akira Kodaka¹

¹Japan Atomic Energy Agency

ガラス固化技術開発施設(TVF)における高放射性廃液の
固化安定化に向けた取り組み
(10) 新型溶融炉の白金族元素拔出性能評価

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(10) Discharging behavior for platinum group elements for the new glass melter

*青山雄亮¹, 刀根雅也¹, 白水大貴¹, 勝岡菜々子¹, 宮田晃志¹, 福田茂樹¹,
大高 光¹, 小林秀和¹, 小高 亮¹
¹ 日本原子力研究開発機構

ガラス固化技術開発施設（TVF）の新型溶融炉(3号溶融炉)では、炉底形状を既設溶融炉(2号溶融炉)の四角錐型から円錐へ変更した。炉底形状変更による効果を確認するため、流下ガラス中の白金族元素濃度の定量分析を行い、白金族元素の抜き出し性について2号溶融炉との比較評価を行った。

キーワード：ガラス固化技術開発施設（TVF）、TVF3号溶融炉、ガラス固化、白金族元素、XRF

1. 緒言

3号溶融炉では、白金族抜き出し性の向上を図るため、炉底形状を四角錐型から円錐型へ変更を行った[1]。炉底形状変更による効果を確認するため、非放射性の白金族元素を含む模擬廃液を使用したコールド試験(運転条件確認試験)において、炉内から抜き出された流下ガラス中の白金族元素を定量分析し、白金族元素の抜き出し性について2号溶融炉との比較評価を行った。

2. 方法

運転条件確認試験で使用した模擬廃液組成は、TVFに受け入れた高放射性廃液の分析結果に基づいた濃度設定にした。定量分析に使用するガラスサンプルは、各バッチのガラス流下中に一定のタイミングでサンプリングした後、XRFにてガラスサンプル中の白金族元素酸化物の濃度を測定し、各流下における白金族元素の抜き出し率（溶融炉への白金族元素の供給量に対する流下による炉内からの抜き出し量の割合）を算出した。

3. 結果・考察

図1に3号溶融炉と2号溶融炉の抜き出し率の比較図を示す。2号溶融炉の平均拔出率が101.6%であるのに対し、3号溶融炉では106.1%と高い抜き出し率であった。また、各流下間の抜き出し率のばらつきは、2号溶融炉が約80%~120%の間(標準偏差 13.7%)で推移しているのに対し、3号溶融炉は約90%~120%の間(標準偏差 8.2%)で推移しており、3号溶融炉の方が抜き出し率のばらつきが小さい傾向が見られた。これらの結果については、炉底形状を四角錐から円錐に変更した効果によるものと考えられる。

参考文献

[1] 朝日良光, 嶋村圭介, 小林秀和, 小高亮, TVF3号溶融炉の炉底に関する詳細構造, JAEA-Technology 2021-026, (2022)

*Yusuke Aoyama¹, Masaya Tone¹, Daiki Shiramizu¹, Nanako Katsuoka¹, Koshi Miyata¹, Shigeki Hukuda¹, Hikaru Ohtaka¹, Hidekazu Kobayashi¹, Akira Kodaka¹

¹Japan Atomic Energy Agency.

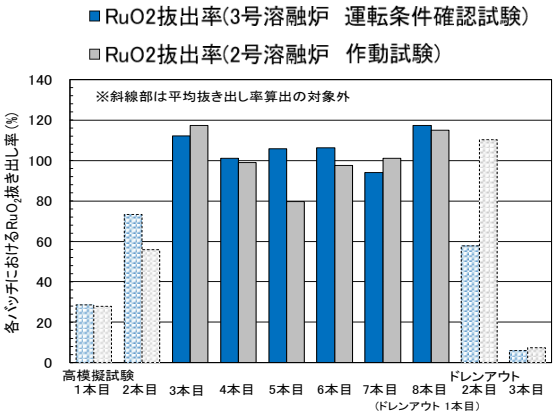


図1 抜き出し率の比較図

ガラス固化技術開発施設(TVF)における高放射性廃液の固化安定化に向けた取り組み
(11) 新型溶融炉の熱流動計算用物性データ整備と熱上げシミュレーション

Study on vitrification plan of high level liquid waste in the TVF

(11) Simulation of a start-up heating using updated material data for a new glass melter

*朝日 良光¹, 小高 亮¹

¹日本原子力研究開発機構

TVF3号炉で使われた材料の熱物性データに基づき、熱上げを模擬するCFD解析を実施した。予測された熱上げに要する時間は、2023年11月に実施した運転条件確認試験で実際に要した時間とよく一致した。

キーワード：東海再処理施設、TVF3号溶融炉、シミュレーション、CFD

1. 緒言

TVFでガラス固化処理に用いる溶融炉は、2号炉から3号炉への更新を進めている。新たに製作した3号炉は炉底形状を変更し、レンガや保温材には2号炉と異なる材料を用いた。築炉後初めての熱上げでは、キャストブル（図1水色部分）に含まれる水分の影響で主電極温度が室温から450℃到達までに261hを要したが、水分が蒸発した2回目以降の熱上げに要する時間は分かっていなかった。JAEAが溶融炉の内部状態把握のため開発している溶融炉解析システム[1]を用いて熱上げをシミュレートし、所要時間を予測した。

2. 計算条件

3号炉用の材料について取得された熱物性データを整備し使用した。熱上げ時に充填するガラスカレットは稠密とみなし、比熱は日本の商用ガラス固化施設の組成で計測されたもの[2]を用い転移点温度でのピークも考慮した。気相部の換気による炉壁やガラスとの熱伝達率は、2号炉モデルで気相部温度が実測値に合うよう予め調整したものを3号炉モデルへ適用した。間接加熱装置の発熱量推移は築炉後初めての熱上げ時に与えた電力（図2(b)紫の線）を入力データとして与え、電極間の通電加熱は計算では考慮しなかった。

3. 計算結果

熱上げ完了の指標である主電極450℃到達に要する時間は158hと予測され、実際の3号炉で2回目の熱上げとなる運転条件確認試験では154hだった（図2(a)）。なお実測値の方は179h以降に主電極間の通電加熱が始まることによって更に温度が上昇している。予測と4時間差で良く一致したことから、データや計算モデルの妥当性が確認できた。溶融炉モデルの境界面で熱収支を計算する後処理プログラムを開発して計算し、熱上げ時の溶融炉各部からの放熱量を確認できた（図2(b)のヒストグラム）。

参考文献

[1] 朝日, *et al.* (2016) 日本原子力学会2016年春の年会, 1G13.
[2] Toru Sugawara, *et al.* (2014) J. Nucl. Mater. 454 p.298.

* Yoshimitsu Asahi¹ and Akira Kodaka¹
¹Japan Atomic Energy Agency

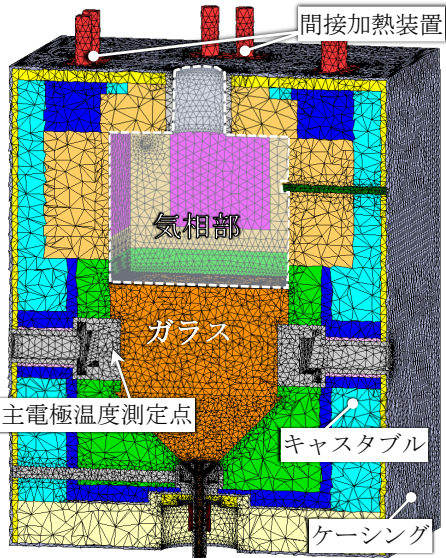


図1 TVF3号炉モデルの断面

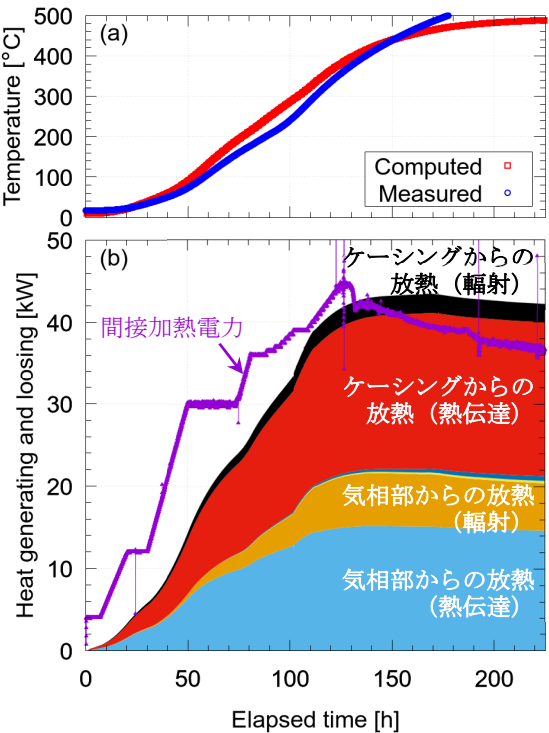


図2 熱上げ時の主電極温度と熱収支

ホウケイ酸ガラスに含まれるウランの化学状態評価 (2) 黒鉛ルツボ使用によるウランの還元状況

Investigation of chemical state of uranium contained in borosilicate glass

(2) Uranium reduction using graphite crucible

*勝岡菜々子¹, 永井崇之¹, 岡本芳浩¹, 秋山大輔², 佐藤修彰², 桐島 陽²

¹原子力機構, ²東北大学

高レベル放射性廃液のガラス固化で用いるホウケイ酸ガラスの物性評価として、ガラス粉末にウラン化合物を添加し黒鉛ルツボに入れ、加熱溶融してウラン含有ガラスを作製した。X線透過画像からウラン析出粒子の有無を確認し、黒鉛がウラン化学状態に与える影響をXAFS測定で評価した。

キーワード: ガラス固化, ホウケイ酸ガラス, ウラン, XAFS

1. 緒言 ウラン (U) を含有する放射性廃棄物のガラス固化処理を想定した、ホウケイ酸ガラス中の U 化学状態の評価を進めており、前回、現行ガラス原料 N10-798 を基準に作製した U 含有ガラスを XAFS 測定し、ガラス原料組成による U 原子価への顕著な相異がないことを確認した^[1]。XAFS 測定に供する小さなサンプルを評価する場合、ルツボ素材による影響を考慮する必要がある。本研究では、黒鉛ルツボによる U の還元状況を確認するため、黒鉛ルツボを用いて作製した U 含有ガラスの化学状態を評価した。

2. 実験 ガラス原料は、Na₂O を 10 wt% 含む現行ガラス原料ビーズ N10-798 を使用した。U 化合物は、U₃O₈ と NaNO₃ を混合し 750 °C で合成した Na₂U₂O₇ を用いた。U 含有ガラスは、ガラス原料粉末に Na₂U₂O₇ を添加し、均一に混合して黒鉛ルツボに入れ、反応管で Ar ガスを掃気しながら 1150 °C で加熱溶融し、加熱時の 1150 °C 保持時間を 0 h, 0.5 h, 2 h と変えて作製した。冷却後の U 含有ガラスを観察した結果、保持時間によって黄色～緑色の色調変化が認められた。次に、U-L₃ 吸収端の X 線透過画像を撮影し、U 分布の濃淡を確認した。確認の結果、気泡等による画像の濃淡が見られたが、U 析出粒子は認められなかった。次に U 含有ガラスの U-L₃ 吸収端、U-L₂ 吸収端を透過法と蛍光法で、U-M₄ 吸収端を蛍光法で XAFS 測定し、黒鉛ルツボが U 化学状態に与える影響を評価した。サンプル全体を評価できる透過法の結果から保持時間が長いほどガラス中の U が還元され 4 価に近いことを確認した。保持時間の短い U 含有ガラスの蛍光法と透過法を比較すると、サンプル表層を評価できる蛍光法スペクトルが透過法スペクトルより低エネルギー側に現れ、ガラス表層から U の還元が進むことを確認した (Fig.1)。

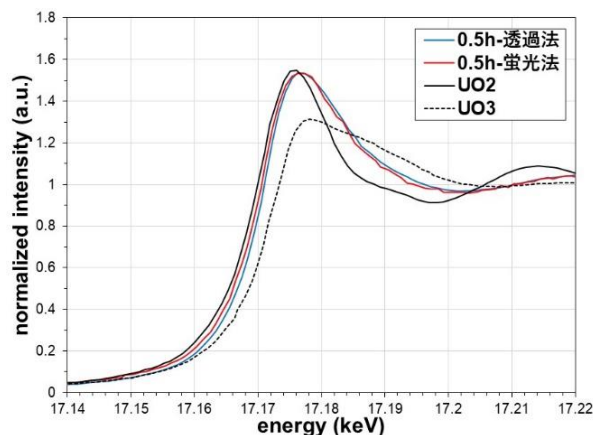


Fig.1 0.5 h 保持 U 含有ガラスの透過法/蛍光法 U-L₃ 吸収端 XANES スペクトル

3. 結論 ガラス原料 N10-798 の U 含有ガラスを黒鉛ルツボで作製した結果、黒鉛が接しているガラス表層から還元反応が進むことが認められた。

参考文献

[1] 勝岡,他, 2023 年春の年会, 1I06.

本報は、物質・デバイス領域共同研究拠点における共同研究課題 20231123 による成果であり、XAFS 測定は、KEK-PF 放射光共同利用実験課題 2023G592 により実施した。

*Nanako Katsuoka¹, Takayuki Nagai¹, Yoshihiro Okamoto¹, Daisuke Akiyama², Nobuaki Sato², Akira Kirishima²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²Tohoku University