

Oral presentation | V. Nuclear Fuel Cycle and Nuclear Materials : 504-3 Fuel Reprocessing

📅 Thu. Sep 12, 2024 11:10 AM - 12:00 PM JST | Thu. Sep 12, 2024 2:10 AM - 3:00 AM UTC 🏠 Room
N(Recture RoomsB 2F B203)

[2N07-09] Pyroprocessing, and Scenario Evaluation

Chair: Kouichi Uozumi (CRIEPI)

11:10 AM - 11:25 AM JST | 2:10 AM - 2:25 AM UTC

[2N07]

Precipitation behavior of Mn(II), Fe(II), Co(II), and Ni(II) in molten chlorides

*Yuri Yamamoto¹, Yuki Yokoi¹, Kazuki Minowa^{1,2}, Youko Takahatake², Sou Watanabe², Masahiro Nakamura², Haruaki Matsuura¹ (1. TCU, 2. JAEA)

11:25 AM - 11:40 AM JST | 2:25 AM - 2:40 AM UTC

[2N08]

Impacts of the Introduction of Metal-Fuel Fast Reactor Cycle on the Sustainable Use of Nuclear Energy

*Kenji Takeshita¹, Tomohiro Okamura¹, Masahiko Nakase¹ (1. Tokyo Institute of Technology)

11:40 AM - 11:55 AM JST | 2:40 AM - 2:55 AM UTC

[2N09]

Mass balance analysis of nuclear usage scenario with recycle of beneficial elements in high level radioactive waste

*Takumi Abe¹, Takanori Sugawara¹ (1. JAEA)

11:55 AM - 12:00 PM JST | 2:55 AM - 3:00 AM UTC

Time reserved for Chair

溶融塩化物中における Mn(II)、Fe(II)、Co(II)、Ni(II) の沈殿挙動

Precipitation behavior of Mn(II), Fe(II), Co(II), and Ni(II) in molten chlorides

*山本 由理¹, 横井 悠輝¹, 箕輪 一希^{1,2}, 高島 容子², 渡部 創², 中村 雅弘², 松浦 治明¹

¹ 東京都市大, ² JAEA

LiCl-KCl 共晶塩又は NaCl-2CsCl 塩に、Mn、Fe、Co、Ni の放射化物の代わりとなる安定同位体、沈殿剤を添加し沈殿評価実験と化学平衡計算によるシミュレーションを実施した。沈殿物及び上澄み塩について XAFS 等の測定、解析を行った。放射化物の代替は酸化物として浴塩から分離した。

キーワード：乾式再処理法、溶融塩、分離、沈殿、放射化生成物、XAFS

1. 緒言

使用済み核燃料の乾式再処理法では、浴塩を繰り返し使用するが、最終的には核燃料物質等をわずかに含む使用済み塩が発生する。核物質管理上、この使用済み塩に含まれる核燃料物質は単離回収されることが望ましい。これには沈殿法と蒸留法にて核燃料物質を回収する手法を提案している。本研究では、原子炉及び燃料構造材、溶融塩電解槽等から由来する放射化物である Mn、Fe、Co、Ni の沈殿時の挙動に関して検討を行った¹。

2. 実験

Ar 循環グローブボックス (GB) 内で石英管に LiCl-KCl 共晶塩又は NaCl-2CsCl 塩を入れた。そこに、MnCl₂ もしくは、CoCl₂、FeCl₂、NiCl₂ をそれぞれ浴塩に対し 10 wt% 入れた。沈殿剤の Li₂O は、Mn(II)、Fe(II)、Co(II)、Ni(II) それぞれの物質質量に対し化学量論的に 50 %、100 %、150 %、200 % にてそれぞれ投入した。石英管を GB 内の電気炉に入れ、LiCl-KCl 浴では 700 °C、NaCl-2CsCl 浴では 800 °C で加熱し、試料を溶融させた。石英管ごと試料を自然冷却、固化したのち、沈殿物と上澄み塩をそれぞれ採取した。沈殿物は粉碎し、BN と混合した。混合物はペレット状に成形し、XAFS 測定に供した。XAFS 測定は、KEK PF BL-27B にて行った。上澄み塩は一部を採取し純水に溶解させたものを AAS にて分析を行った。分析結果から、含有する Mn(II)、Fe(II)、Co(II)、Ni(II) それぞれの濃度を求め、沈殿率を算出した。また、実験で想定される反応については、熱力学データベース MALT と多元素化学平衡計算ソフト gem を用いた化学平衡計算による沈殿生成割合シミュレーション評価も行った。

3. 結果及び考察

塩化物の比較対照試料と沈殿物の EXAFS 動径構造関数を図 1 に示す。沈殿物の EXAFS 動径構造関数では、各元素の沈殿物において、約 2.7 Å に第一近傍構造ピークが確認された。これは塩化物の比較対照試料の第一近傍構造ピークと比較すると大きく異なっており、Li₂O を添加することで塩化物とは異なる生成物が沈殿したと考えられる。第一近傍構造ピークの類似性から、各元素における沈殿物は似た構造であることが想定される。発表では、gem による沈殿生成割合シミュレーション評価、AAS 分析結果から算出した沈殿率、XRD 測定による沈殿物と比較対照試料の XRD パターンについて説明する予定である。

実験の結果、Mn(II)、Fe(II)、Co(II)、Ni(II) の塩化物は Li₂O を添加することにより生成物を形成することがわかった。検討中のプロセスでは核燃料物質は酸化物として回収することを望んでいるため、これらの元素は核燃料物質に同伴する可能性が高く、Mn、Fe、Co、Ni と核燃料物質を分離する工程の検討が必要であると考ええる。

謝辞

本研究は東京都市大学及び日本原子力研究開発機構との共同研究によって行われた成果の一部である。

参考文献

1. Y. Yamamoto, K. Minowa, Y. Takahatake, S. Watanabe, M. Nakamura, and H. Matsuura, *Electrochemistry*, **92**, 043019 (2024).

*Yuri Yamamoto¹, Yuki Yokoi¹, Kazuki Minowa^{1,2}, Youko Takahatake², Sou Watanabe², Masahiro Nakamura² and Haruaki Matsuura¹

¹Tokyo City Univ., ²Japan Atomic Energy Agency.

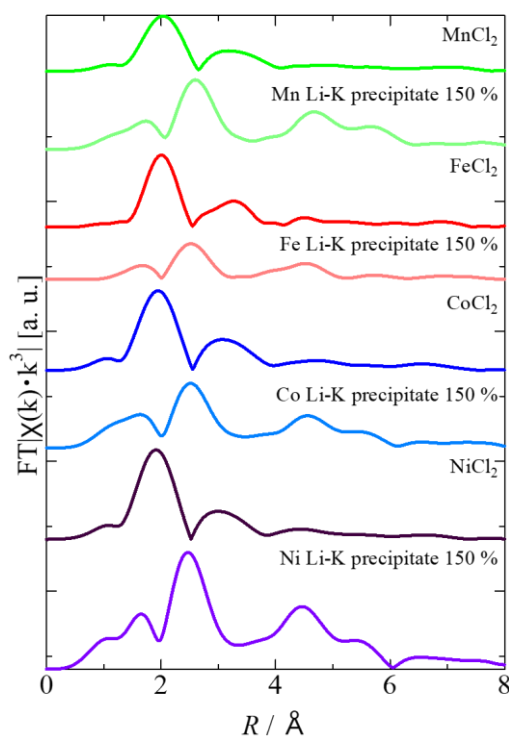


図 1; 塩化物の比較対照試料と沈殿物の EXAFS 動径構造関数

持続的原子力エネルギー利用における金属燃料 高速炉サイクル導入の効果

Impacts of the Introduction of Metal-Fuel Fast Reactor Cycle
on the Sustainable Use of Nuclear Energy

*竹下 健二, 岡村 知拓, 中瀬 正彦

東京工業大学 ゼロカーボンエネルギー研究所

金属燃料高速炉の導入を想定し、高速炉導入期における核燃料サイクルの諸量評価を行った。幾つかの高速炉サイクル導入シナリオを想定し、最終処分場面積を指標として高速炉サイクル導入の影響を評価した。

キーワード：高速炉サイクル、金属燃料、乾式再処理、核変換、最終処分場

1. 緒言

2050 年までにわが国では高速炉の実証を目指す計画であり、今後、高速炉および高速炉サイクルに関連する研究開発が加速されるものと思われる。この状況を踏まえ、動的核燃料サイクルシミュレータ NMB4.0 を用いて、将来における高速炉を含む多様な原子力利用シナリオを解析している。本研究では、金属燃料高速炉の導入を想定し、今世紀中の高速炉導入期における核燃料サイクルの諸量評価を行った。幾つかの高速炉サイクル導入シナリオを想定し、最終処分場面積を指標として高速炉サイクル導入の影響を評価した。

2. 高速炉サイクル導入シナリオ

2105 年までの原子力による発電容量の変化を図 1 に示す。全発電容量は 33GWe を想定し、2045 年に最初の金属燃料高速炉（60 万 kWe）が導入され、2065 年以降の炉のリプレースのタイミングで順次導入される。使用済み燃料の再処理については、800t/y の六ヶ所再処理工場が 2025 年から運転され、40 年間操業される。2065 年からの第 2 再処理では、600t/y の軽水炉燃料再処理と 200t/y の金属高速炉燃料用の乾式再処理を想定した。ブルサマルは使用済み UO_2 燃料由来の Pu を使った MOX で実施される。将来シナリオとして、(1) 使用済み MOX 燃料と高除染 MOX を金属還元した後、高速炉サイクルに移行させる M0 シナリオ、(2) 使用済み MOX 燃料及び高レベル廃液から分離された MA を混合させた高除染 MOX を金属還元した後、高速炉サイクルに移行させる M1 シナリオ、(3) 高速炉サイクルに酸化燃料を用いた Ox0 シナリオについて検討した。

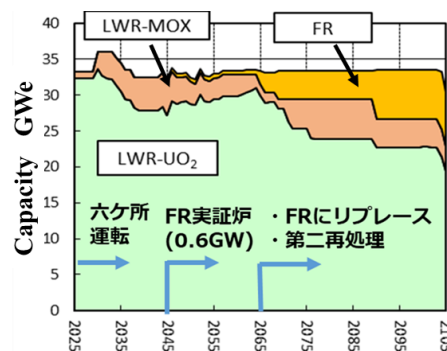


Fig.1 Electric power generation

3. 解析結果と考察

図 2 には核燃料サイクル中の MA の移行先とその蓄積量の時間変化を示す。酸化燃料を用いた Ox0 シナリオでは大部分の MA はガラス固化体に移行し、ガラス固化体への MA 移行量は時間と共に増加した。それに対して M1 シナリオでは使用済み MOX に含まれる MA が高速炉サイクルに移行して核変換されることから、MA のガラス固化体への移行量は減少した。M1 シナリオでは、ガラス固化体への MA の移行は、2065 年の MA 分離プロセス導入以前に六ヶ所再処理で発生したものだけになる。

次いで、2105 年までに必要になる最終処分場面積を評価した。Ox0 シナリオでは大部分の MA がガラス固化体に入るのでガラスの発熱量が大きく、かつ六ヶ所由来と二再由来のガラス固化体を処理するのに広い処分場面積（2.6km²）が必要である。それに対して M0 シナリオでは MOX 由来の MA が高速炉で核変換されるために処分場面積は 40%以上減少する(1.5km²)。M1 シナリオでは軽水炉サイクル由来の MA も高速炉サイクルで核変換できることから、処分地面積は 2065 年以前に六ヶ所由来のガラス固化体の処分に必要な処分地面積とほぼ同等にまで低減する（0.75km²）。

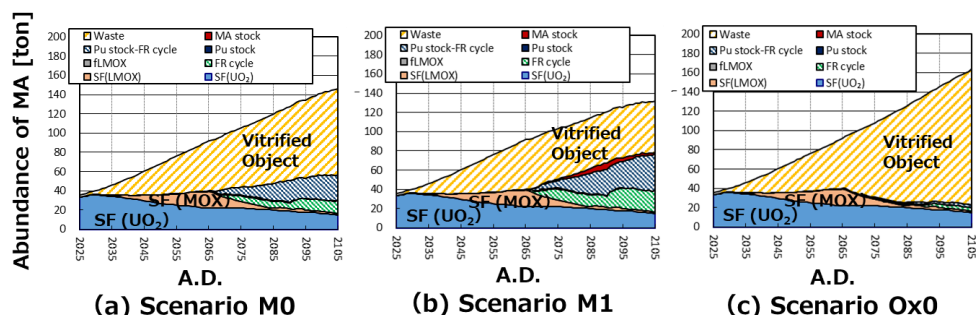


Fig.2 Destination of MA in assumed 3 nuclear fuel cycle scenarios

*Kenji Takeshita, Tomohiro Okamura and Masahiko Nakase
Tokyo Institute of Technology

高レベル放射性廃液中の有用元素を再資源化する原子力利用シナリオの諸量評価
Mass Balance Analysis of Nuclear Usage Scenario
with Recycle of Beneficial Elements in High Level Radioactive Waste

*阿部 拓海¹, 菅原 隆徳¹
¹JAEA

原子力機構では高レベル放射性廃液に含まれる Sr、Cs、Am といった発熱元素及び Mo、Pd、希土類元素などを有用元素として回収し、再資源化する技術の開発を行っている。本報告では核燃料サイクルシミュレータ NMB4 を用いて有用元素再資源化時の諸量評価を行い、回収元素の組成等を調査した結果を述べる。

キーワード：高レベル放射性廃棄物，再資源化，諸量評価，核燃料サイクル，NMB code

1. 緒言

使用済み燃料の再処理時に発生した高レベル放射性廃液には、有用と考えられる元素が含まれている。例えば Sr や Cs、Am は発熱量が高いため処分場負担を増加させる原因となる一方、原子力電池のように長期的に使用可能な熱源・線源として活用できる。また、白金族元素や希土類元素は産業界で価値が高い。再処理事業はこのような有用元素の新たな供給源となる可能性を秘めており、原子力機構では核種分離をはじめとした放射性廃棄物を再資源化する技術の開発を進めている。そこで、核燃料サイクルシミュレータ NMB4[1]を用いた諸量評価によって、核種分離・再資源化技術の導入による処分場負担の軽減量や回収元素の量・組成を調査した。

2. シナリオ設定

第 6 次エネ基をもとに、原子力発電容量が将来に渡って 30 GWe 程度に維持されるとした。軽水炉、六ヶ所再処理工場については既存の実績・稼働計画を反映させ、第二再処理工場は 2064 年度から稼働し、U・Pu・MA に加えて有用元素の回収を行うとした。また、2070 年度から高速炉が本格導入されるとした。

3. 諸量評価結果

諸量評価結果の一例として、第二再処理工場稼働年における Sr、Cs、白金族元素の回収量を表 1 に示す。Sr、Cs は需要量よりも回収量のはるかに多く、医療・産業利用とは別で熱源利用に十分な量が供給できる。加えて、Co-60 の年間需要は 1×10^{11} MBq 程度[2]であるため、Cs は Co-60 の代替線源としての活用も期待できる。白金族は年間需要の 3%~12%程度の量が回収できるとわかった。これは 2024 年 5 月の平均相場[4]をもとに計算すると、260 億円に相当する。また、本発表では、これら元素のクリアランスレベルを満たす貯蔵年などにも述べる。

参考文献

[1] T. Okamura, et al., EPJ Nuclear Sci. Technol., 7, 19, (2021).

[2]アイソトープ等流通統計 2023

[3] 鉱物資源マテリアルフロー 2022 5.白金族 (PGM) [4]田中貴金属グループ産業用相場情報(2024 年 5 月)

*Takumi Abe¹, Takanori Sugawara¹

¹JAEA

表 1. 第二再処理工場稼働年の有用元素回収量						
元素	Sr [MBq]	Cs [MBq]	Ru [t]	Rh [t]	Pd(偶) [t]	
回収量	1.4×10^{12}	4.7×10^{12}	2.6	0.61	1.0	
国内年間需要量	1.0×10^4 [2]	1.1×10^6 [2]	19.8[3]	8.4[3]	33	
回収量/需要量 (二再開始時)	1.4×10^8	4.2×10^6	0.12	0.07	0.03	