



Japan Atomic Energy Agency

未来へげんき
To the Future / JAEA

令和3年度
原子力規制庁技術基盤グループ-原子力機構安全研究・防災支援部門
合同研究成果報告会

サイクル安全研究Gr の研究概要

令和3年11月2日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 安全研究センター
サイクル安全研究グループ

阿部 仁



背景

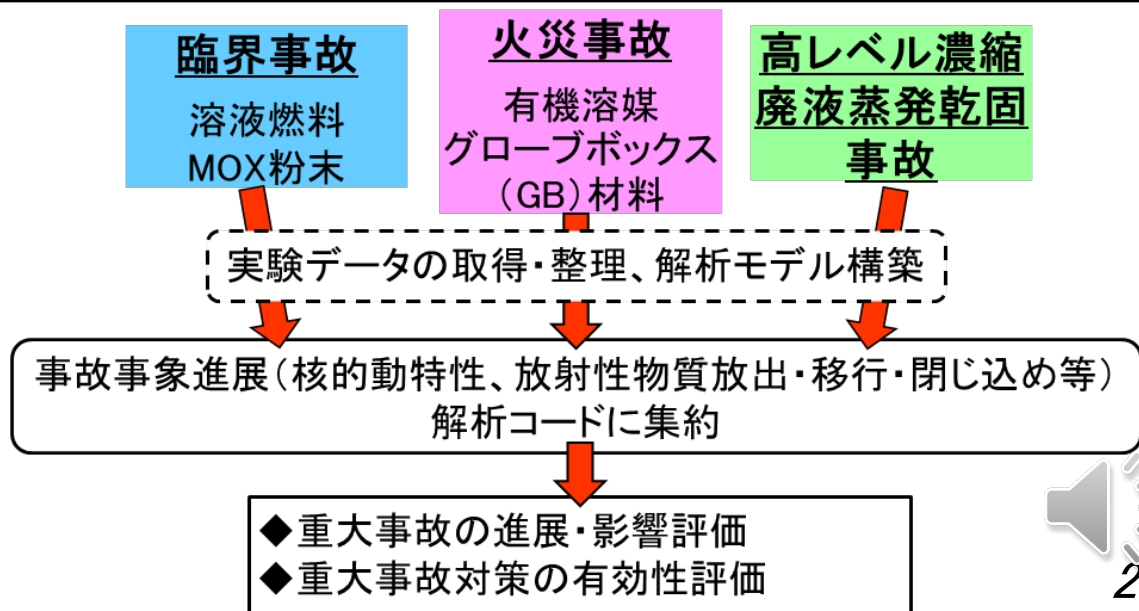
- 福島第一原子力発電所事故を踏まえ、核燃料サイクル施設に対しても重大事故の概念が導入（重大事故：設計上定める条件より厳しい条件の下で発生する事故）
- 核燃料サイクル施設の重大事故時の安全性評価を行う上で必要となる基礎的データの取得と現象のモデル化が重要

【第3期中長期計画】

核燃料サイクル施設の安全評価に資するため、重大事故の発生可能性及び影響評価並びに安全対策の有効性に関する実験データを取得するとともに解析コードの性能を向上し、事象の進展を精度良く評価できるようにする。

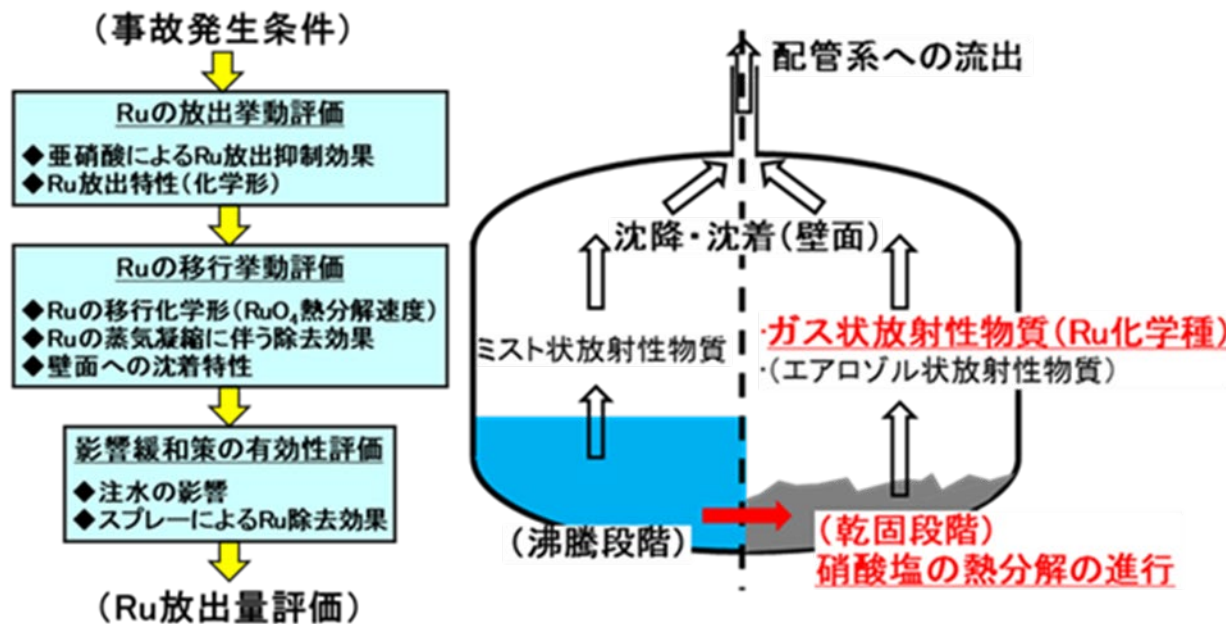
サイクル施設における重大事故研究概要

重大事故時のリスクを定量化するため、重大事故に発展する可能性・条件及び影響を評価するために必要なデータの取得及び解析コードの整備



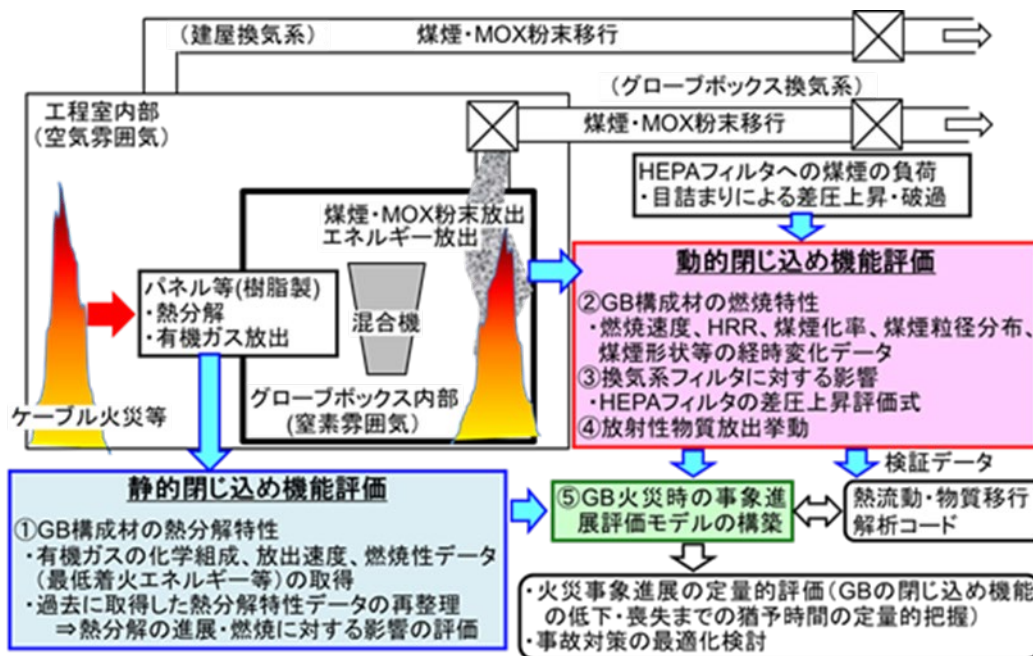
高レベル濃縮廃液蒸発乾固事故研究

- 再処理施設内で非密封の放射性物質を含む液体状物質は高レベル濃縮廃液に集中
 - 冷却機能が長期間喪失し、放射性物質の崩壊熱により廃液の昇温・蒸発・乾固が進展した場合、放射性物質が気相に放出（放出挙動は各事故進展段階で異なる。）
 - 廃液・乾固物中の元素のうちルテニウム（Ru）は、揮発性・移行率が高い化合物（RuO₄）を形成するため、放出・移行挙動の把握は影響評価上重要
- ⇒ 事故進展段階毎の廃液・乾固物や移行経路での特徴を踏まえたRu等放射性物質の放出・移行挙動及び事故影響緩和策の有効性評価に係るデータ取得及びモデル化



グローブボックス火災事故研究

- 燃料加工施設における重大事故：臨界事故、核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失
- MOX粉末等、飛散性が高い核燃料物質等は、グローブボックス（GB）内で取り扱われる。GB火災時にはGBが有する閉じ込め機能の喪失が想定される。
- ⇒ GB火災時の閉じ込め機能喪失に至るまでの事象進展評価のためのデータ取得・モデル化
- 他、セル内有機溶媒火災（再処理施設における重大事故）研究も実施



研究成果の反映

- ◆ 新規制基準に対する適合性の評価
- ◆ 安全性向上評価に係る妥当性判断の技術的根拠として貢献
- ◆ 運転時、廃止措置時のリスク評価における不確実性の低減
- ◆ 複数の事故の同時発生を含むリスク評価実施手順の整備



Japan Atomic Energy Agency

未来へげんき
To the Future / JAEA

令和3年度
原子力規制庁技術基盤グループ-原子力機構安全研究・防災支援部門
合同研究成果報告会

再処理施設の重大事故における安全性評価研究 —蒸発乾固事故時の放射性物質移行研究—

令和3年11月2日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構
安全研究・防災支援部門 安全研究センター
サイクル安全研究グループ

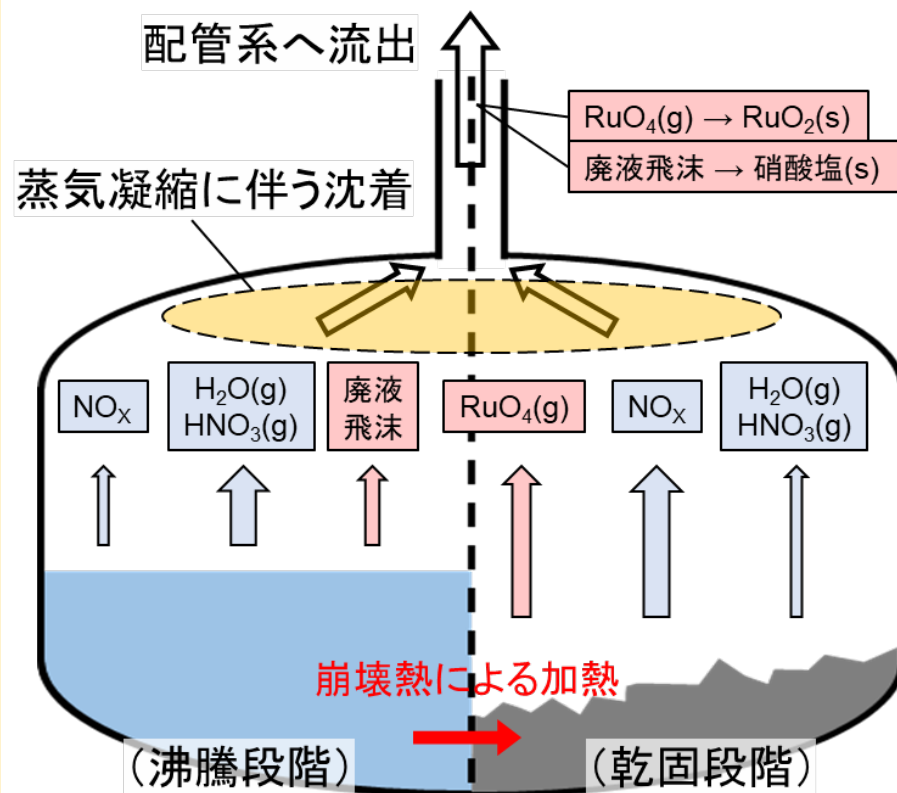
天野 祐希



1. 背景と目的

蒸発乾固事故の概要:

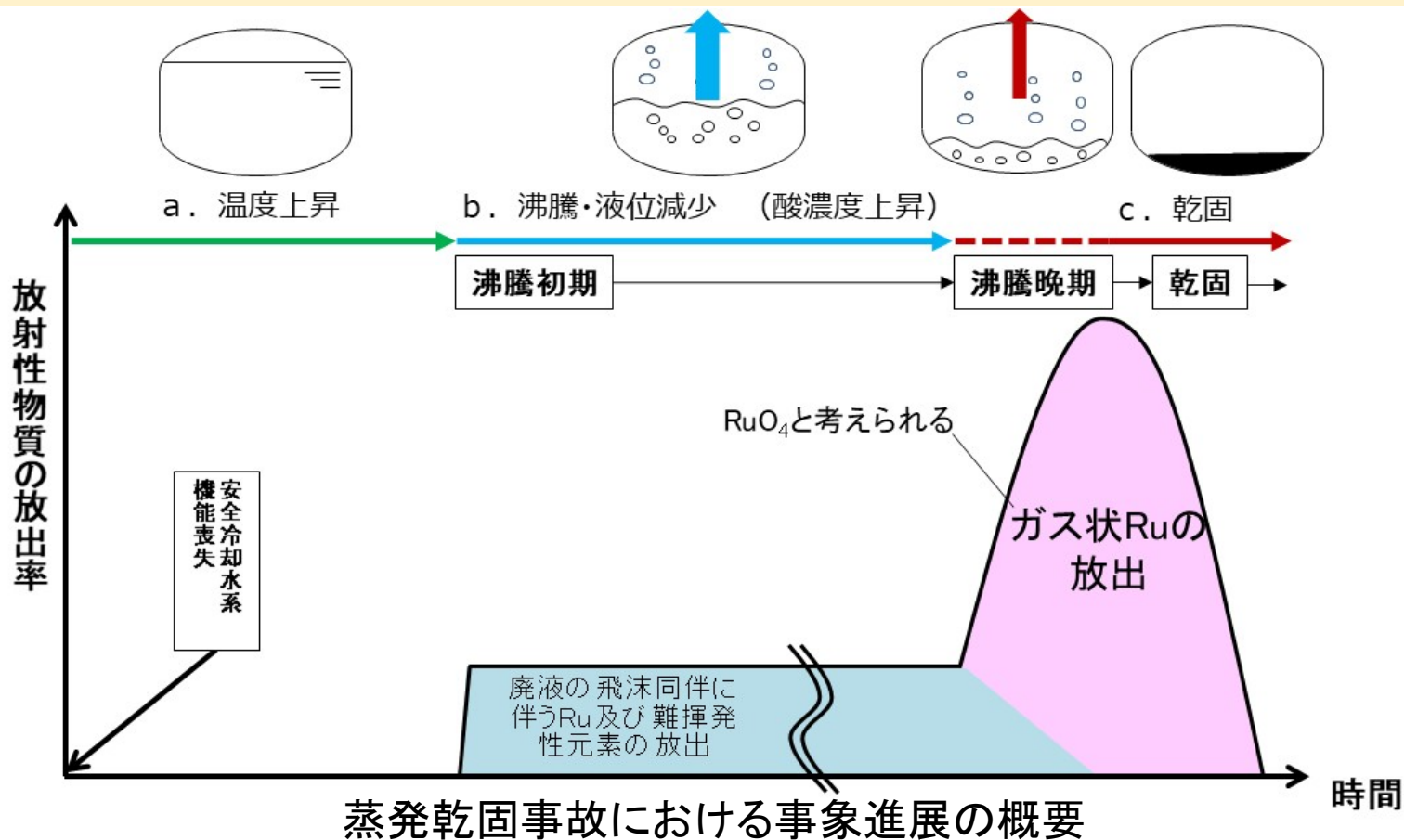
- ・ 冷却機能の喪失によって発生すると想定される、放射性物質を含む溶液が沸騰し、乾固に至る事故
 - ・ 高レベル濃縮廃液は再処理施設全体の放射能の約5%を占め、非密封としては放射能が最大
 - ・ 廃液タンクに一時保管された高レベル濃縮廃液の崩壊熱を除去する冷却機能が喪失することにより、廃液が加熱。沸騰、乾固へ進展するおそれ
- ⇒ 放出される可能性がある放射性物質のうち、**ガス状Ru (RuO_4)**が影響評価上重要



蒸発乾固事故の概略(廃液タンク内)

1. 背景と目的

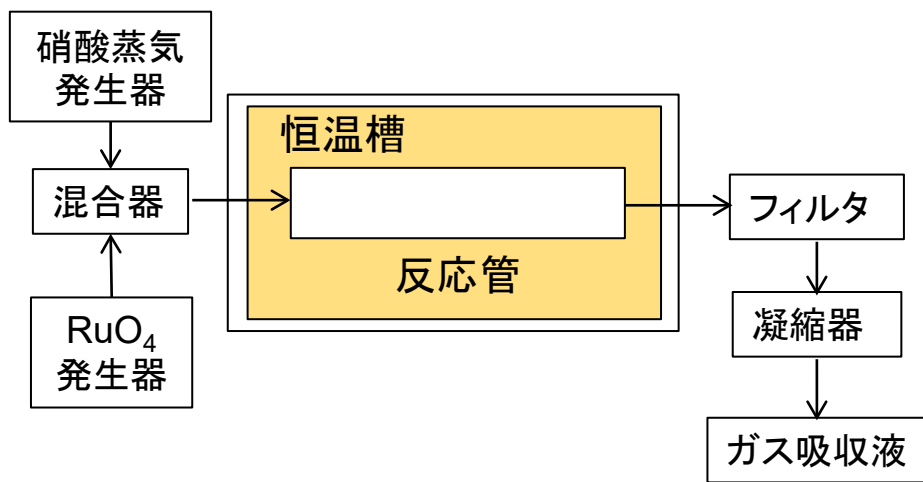
- ・ RuO₄は硝酸濃度が高くなった沸騰晩期から生成され、気相へ放出されるといわれている。
- ・ 蒸発乾固事故におけるソースターム評価のため、Ruの放出挙動および放出されたRuの移行挙動を定量的に評価する必要がある。
- ・ Ruの移行挙動、特にRuO₄の気相中での化学形変化に着目した研究成果および課題を紹介する。



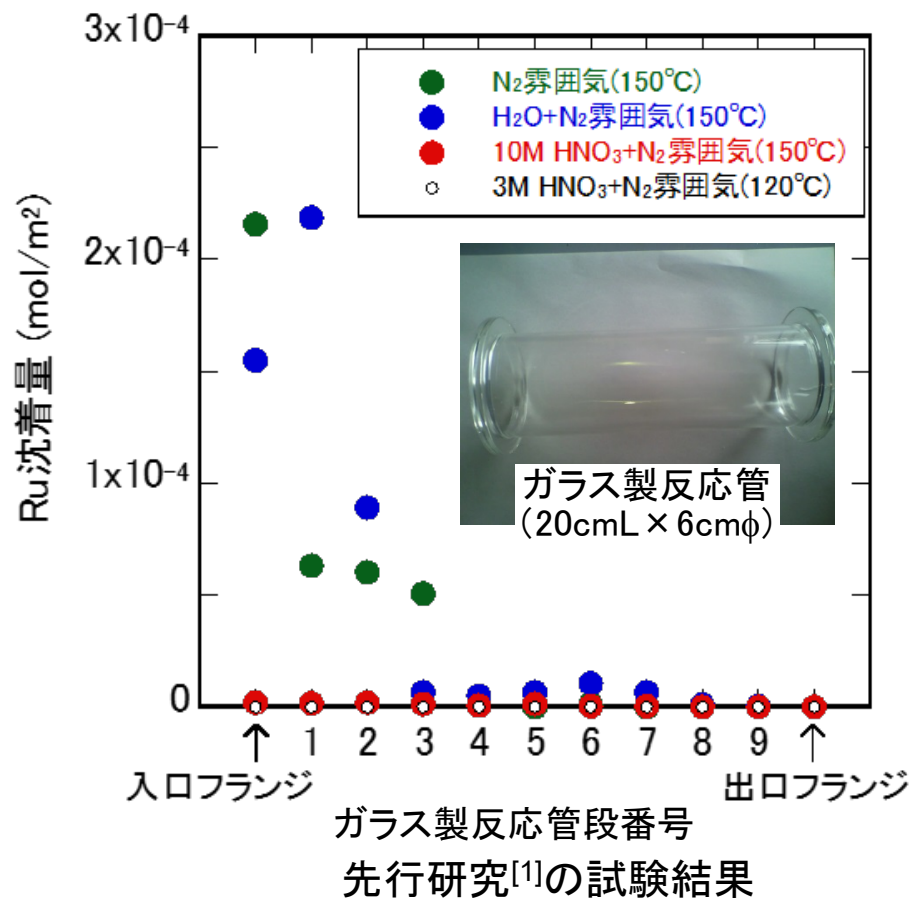
2. 硝酸雰囲気におけるRuO₄の化学形変化

先行研究の結果

- 放出されたRuO₄は硝酸蒸気やNO_xを同伴し気体として建屋内を移行する可能性がある。



試験装置の概略図



- 先行研究では定性的な結果にとどまっていた。そこで、定量的な結果を得るため、試験を行った。

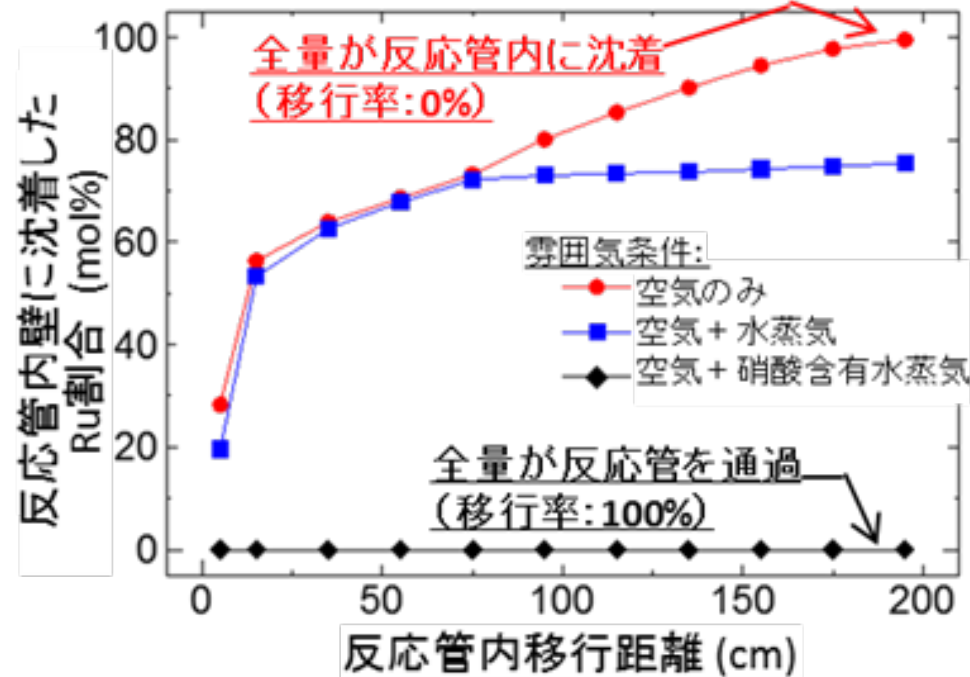
[1] 「再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究」運営管理グループ, 再処理施設における放射性物質移行挙動に係る研究報告書 (2014).



2. 硝酸雰囲気におけるRuO₄の化学形変化

詳細試験の結果

- ・ RuO₄ガスと硝酸蒸気の混合ガスを、移行経路を模擬した反応管(150°C)内を通過させ、反応管内壁に沈着したRu量と通過したRu量を測定した。
- ・ Ru供給量の95%以上が回収され、物質収支に問題がないことを確認した。
- ・ 硝酸蒸気共存下では、RuO₄がガス状のまま移行することを定量的に確認した。



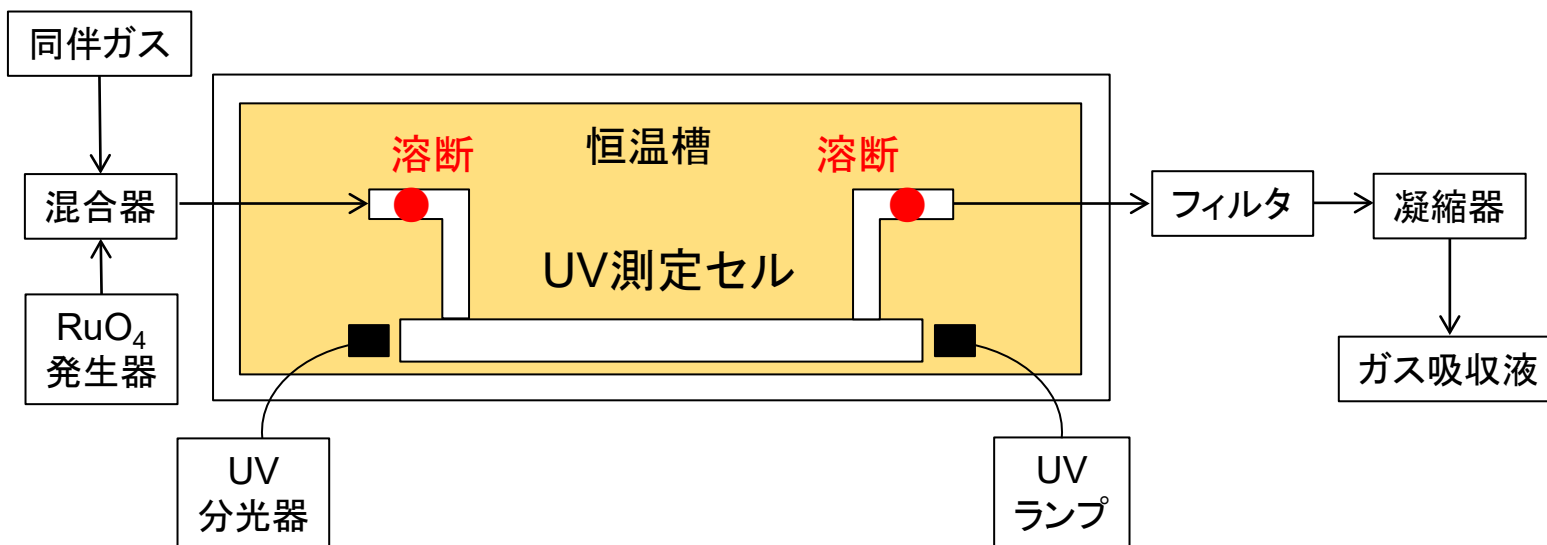
詳細試験^[2]の結果(150°C)

- ・ 乾固時には大量のNO_xがRuO₄に同伴すると予想されるものの、NO_xがRuO₄に与える影響が不明であった。そこで、NO_xがRuO₄に与える影響を調査した。

3. NO_x雰囲気におけるRuO₄の化学形変化

試験方法

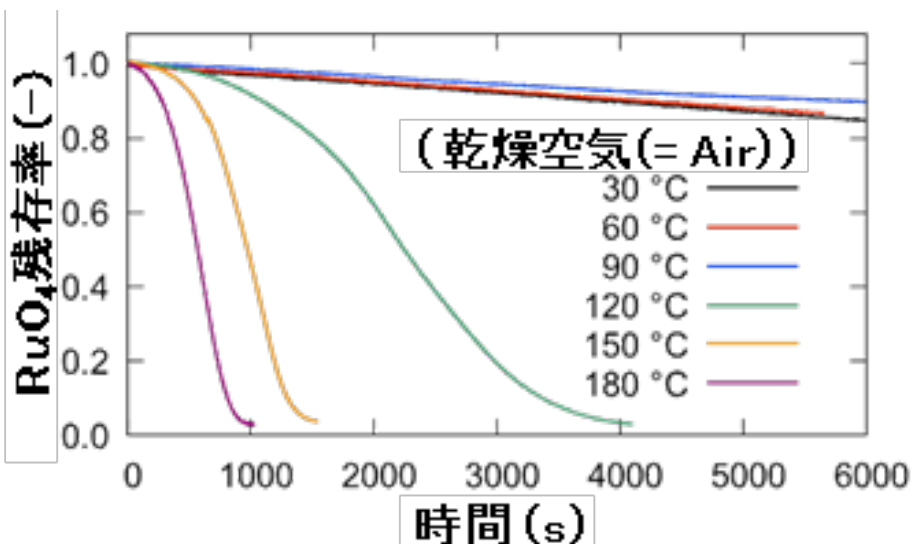
- ・ 紫外可視分光光度計を用いて気相中のRuO₄の吸光度の経時変化を直接計測し経時変化を観察した。
- ・ RuO₄を含む検体ガスの温度を一定に制御しつつUV測定セルに封入してから検体ガス中のRuO₄の吸光度を測定し、その経時変化を調べた。
- ・ NO_xがRuO₄に同伴しない試験、同伴NO_x等の組成を変えた試験を行った。



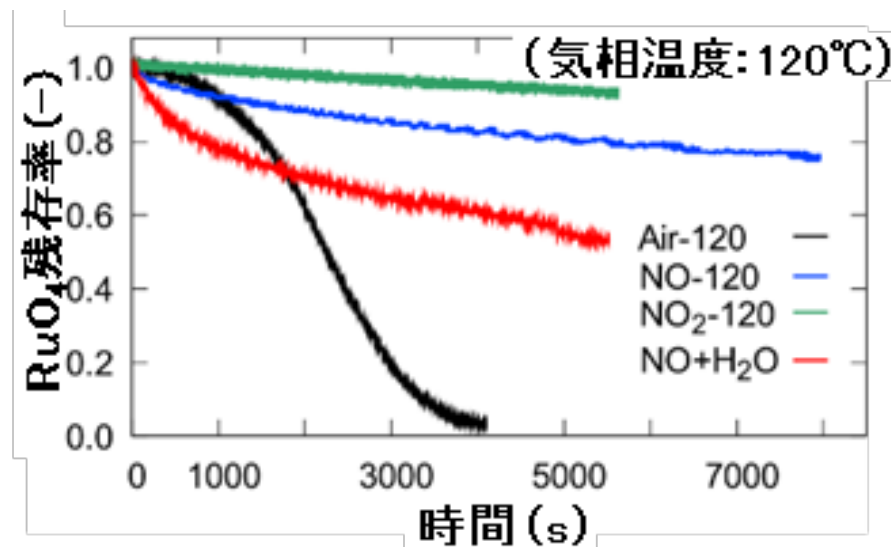
試験装置の概略図

3. NO_x雰囲気におけるRuO₄の化学形変化

試験結果



RuO₄残存率の経時変化^[3](乾燥空気雰囲気)



RuO₄残存率の経時変化^[3](NO_x雰囲気)

- ・ 空気雰囲気では温度上昇に伴い熱分解速度が速くなることを確認した。
- ・ NOおよびNO₂もRuO₄を安定化させる効果を示した。

[3] Yoshida N, Ohno T, Yoshida R, et al. Decomposition behavior of gaseous ruthenium tetroxide under atmospheric conditions assuming evaporation to dryness accident of high-level liquid waste. J Nucl Sci Technol. 2020;57:1256-1264.

4. 今後の課題

- 事故時のRuO₄放出時において、より高温のNO_xが同伴することが考えられるため、より高温の条件下においてNO_xがRuO₄の熱分解に与える効果を明らかにする必要がある。
- Ru放出量評価手法の整備を目標として、Ruの移行挙動評価だけでなく、Ruの放出挙動評価および影響緩和策の有効性評価も進めている。



- ✓ 事故終息のための対策が十分機能せず過酷な状況に至った場合を含めた事故影響評価の定量性及び精度の向上
- ✓ リスクの定量化及びリスク評価手法の整備

