

安全研究成果報告（案）

説明資料

加工施設及び再処理施設の内部火災等
に関するリスク評価手法に関する研究
事後評価 説明資料

令和3年4月

原子力規制庁長官官房技術基盤グループ
核燃料廃棄物研究部門

目次

1. 研究概要（背景、目的、全体行程）
2. 研究期間を通じた主要成果
（各研究項目の説明：内部火災リスク手順、グローブボックス(GB)火災、有機溶媒火災、蒸発乾固事象、機器の経年劣化）
3. まとめ
4. 成果の活用について
5. 成果の公表等
6. 成果目標に対する達成状況
7. 今後の展開

1. 研究概要

➤ 背景

加工施設及び再処理施設に係るリスク評価手法は現在その手法が必ずしも成熟しておらず、順次適切なリスク評価手法を検討しておくことが重要である。

(1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討

本研究以前の安全研究では、内部事象及び地震を対象としたリスク評価を実施する際の必要事項を検討が、内部火災等の事象は含まれておらず当該事象について検討する必要がある。

(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討

リスク評価では、事故事象の進展シナリオ及び影響の大きさを把握することが重要であり、これらを解析・評価するための評価手法の整備及び関係するデータの取得が必要である。

1. 研究概要

➤ 目的

- (1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討
加工施設及び再処理施設において重要な事象である内部火災を起因とするリスク評価実施手法の整備のため、当該評価手順の素案を検討する。
- (2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討
リスク評価では、事故シナリオをより適切なものとするとともに評価に伴う不確かさを低減するため、下記事象の評価手法の整備又は関係するデータを取得し、これらの結果を用いた検討をする。
 - 火災又は爆発
 - 蒸発乾固
 - 機器の経年劣化

1. 研究概要

➤ 全体行程

年度 (平成／令和)	29	30	1	2
(1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討	[Redacted]			
(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討	調査、解析データの整備、ベンチマーク解析			
①火災又は爆発	[Redacted]			
	火災試験		取りまとめ、解析	
	[Redacted]		[Redacted]	
	蒸発乾固試験		データ整理	
②蒸発乾固	[Redacted]		[Redacted]	
③機器の経年劣化	水素脆化に関する試験			
	[Redacted]			
	腐食に関する試験			
	[Redacted]			

2. 研究期間を通じた主要成果

(1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討

➤ 概要

本研究では発電炉における各事象を対象としたリスク評価手法の整備状況等を踏まえ、内部火災を対象としたリスク評価手法の検討を行い、MOX燃料加工施設及び再処理施設の内部火災リスク評価のための手順案を作成した。検討に当たって、これらの施設や発電炉の内部火災リスク評価手法に関する既往の文献を調査した。

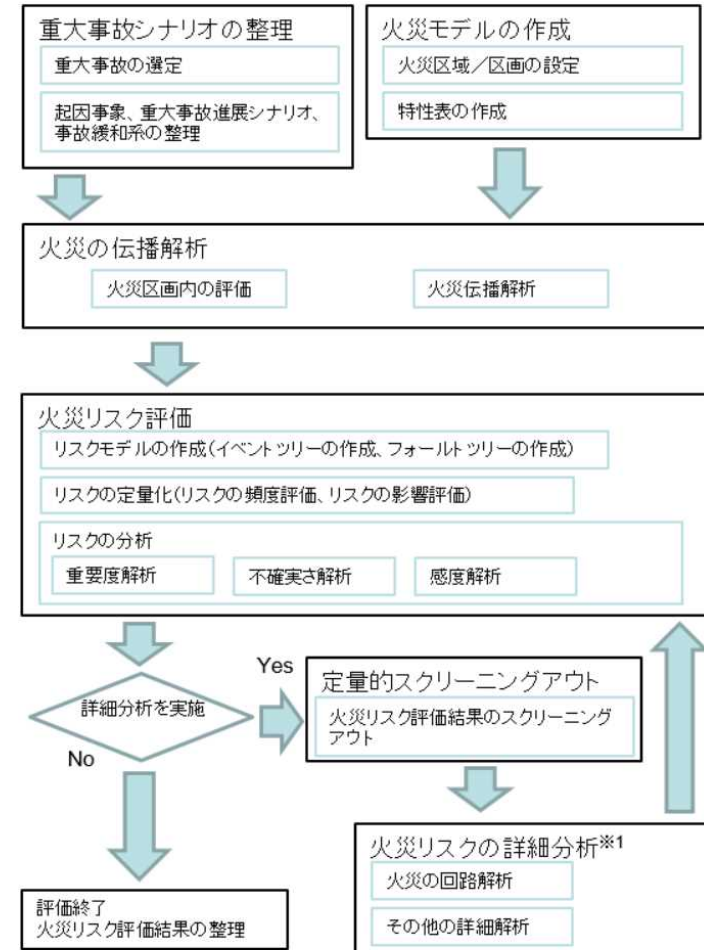
➤ 評価手順の作成

- 火災源は、発電炉と共通する火災源だけでなく、施設特有の火災源の情報を整理することとした。
- GBや計装系配管などの静的機器の火災による損傷の可能性を考慮する手順とした。
- 火災発生頻度の評価は、発電炉のデータを用いる場合は適用可能性を検討する手順とした。
- 火災の伝播も踏まえた上で、確実に影響がないと考えられる火災区画のみをスクリーニングアウトすることとした。
- 回路解析は、詳細解析の一部とし、定量的な解析を実施する前に、回路の損傷が内部火災特有の有意なリスクを与えるか否かを分析することとした。

2. 研究期間を通じた主要成果

➤ 評価手順の概要

- a. 重大事故シナリオの整理: 内部火災により発生し得る評価対象の選定。起因事象の選定。起因事象ごとに重大事故進展シナリオの構築及び関連する事故緩和系の整理。
- b. 火災モデルの作成: 火災区域／区画の定義、火災源、延焼の可能性、消火設備等の配置情報を整理。
- c. 火災の伝播解析: 火災区域／区画内の火災伝播の可能性及びそれに伴う重大事故への影響確認。重大事故への影響がない火災区域／区画をスクリーニングアウト。
- d. 火災リスク評価: リスク評価モデル(ET、FT)の作成。起因事象別に発生頻度評価及び放出量評価。重要な事故シナリオ、事故緩和システムとサポートシステム、ケーブル及び機器を整理。重要度解析、不確かさ解析及び感度解析の実施。
- e. 定量的スクリーニングアウト: fの詳細評価を効率的に実施するため、リスクに影響の小さい起因事象、事故シナリオ、火災区画、設備を定量的にスクリーニングアウト。
- f. 火災リスクの詳細分析: 必要に応じて、火災による影響で誤動作を起こす可能性のある機器に対する回路解析を実施。その他、必要に応じて詳細な解析を実施。



※1 新規の事故シナリオを確認した場合は「重大事故シナリオの整理」から見直す

2. 研究期間を通じた主要成果

(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討

① 火災又は爆発

➤ 概要

- 加工施設及び再処理施設での特徴的な火災であるGB火災による閉じ込め機能の喪失に係るデータ（GB構成材料の熱分解特性データ、GBパネル材の燃焼特性データ、ばい煙によるHEPAフィルタへの目詰まりデータ等）を取得するとともに、火災影響評価手法の整備のため、解析コード適用の妥当性を確認し、評価を行う上での留意点・着眼点及び課題点を抽出した。なお、上記データ取得のため、JAEAへの委託により、10～11ページに説明する試験を平成29年度から令和元年度に実施した。
- 有機溶媒火災について実機相当のフィルタを対象とした閉じ込め機能に関するデータ及びばい煙によるフィルタの閉じ込め機能への影響について関係するデータを取得した。これらのデータ取得のため、JAEAへの委託により、12ページに説明する試験を平成29年度に実施した。

A) グローブボックス(GB)火災解析^注

(i) ベンチマーク解析

(ii) MOX燃料加工施設の代表的な火災シナリオを対象とした試験解析

注：解析コードとして、仏国IRSNが開発したゾーンモデルコードSYLVIA、CFDコードISIS及びそれらを組み合わせた SYLISを使用

B) GB火災評価試験

(i) GB構成材料熱分解特性試験

(ii) GBパネル材料燃焼特性評価試験

C) 有機溶媒火災

2. 研究期間を通じた主要成果

①火災又は爆発

A) GB火災解析

(i) ベンチマーク解析

- 酸素供給が制限された密閉空間内での火災事象への適用性、給気口の高さ及び換気流量の影響に対する適用性を確認するとともに、留意点を確認した。

(ii) MOX燃料加工施設の代表的な火災シナリオを対象とした試解析

➤ 代表火災シナリオの検討

- GB内火災及びGB外火災を想定するとともに、設計基準事故対策及び重大事故対策をベースとしたモデルプラントにおける仮想的GB火災のシナリオの例を作成した。
- 焼や閉じ込め機能の喪失等の火災の規模や境界条件等が大きく変化する時点を踏まえて、火災事象の進展を幾つかのフェーズに区切って設定した。

➤ 試解析の概要

- シナリオの事象進展及び火災対策を考慮し、解析コードや後述の試験から得られた知見を用いた試解析を実施
- 試解析は、シナリオのフェーズごとに実施
- 考慮した対策の例：GB給気系ダンパの閉止、消火ガスの供給、GB排気系ダンパの閉止、GB排風機の停止

➤ 試解析で得られた知見

- GB火災の火災影響評価を実施する上での留意点・着眼点及び課題点をまとめた。

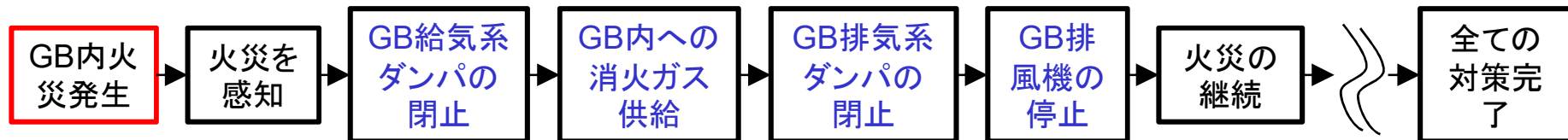


図 代表火災シナリオ(GB内火災)の例(青字は火災対策の実施を示す。)

2. 研究期間を通じた主要成果

①火災又は爆発

B) GB火災評価試験

(i) GB構成材料熱分解特性試験

- 本試験により、GB構成材料(アクリル(PMMA)、難燃アクリル、ポリカーボネート(PC)及びクロロプレングム)の熱分解特性データを取得した。
 - a. 昇温に伴う重量減少速度
 - b. 熱分解ガス放出速度・組成
 - c. 熱分解ガスの燃焼性

- a.及びb.のデータについて、アレニウス型の反応速度式による整理を実施し、ガス成分の放出速度式を導出した。

本試験で得られたデータ及び解析モデルの活用先

- GB内外で発生した火災の熱によりGB構成材料が熱分解する場合の閉じ込め機能喪失までの時間の推定
- 熱分解により生じた可燃性熱分解ガスの発火又は鎮火の可能性の推定

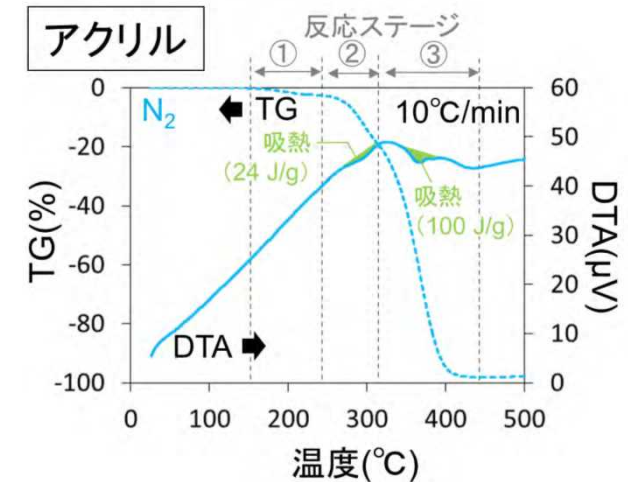


図 熱天秤－質量分析装置による昇温に伴う重量減少速度の結果の例
(アクリル(窒素雰囲気条件))

図中、TG (Thermogravimetry) は加熱による重量変化を、DTA (Differential Thermal Analysis) は示差熱を示す。

2. 研究期間を通じた主要成果

①火災又は爆発

(ii) GBパネル材料燃焼特性評価試験

- 本試験では、単独系及び複合系におけるGBパネル材 (PMMA、PC等) の燃焼特性データ及びばい煙によるHEPAフィルタへの目詰まりデータを取得した。

a. 単独系燃焼試験

- 取得した燃焼特性データを整理し、アクリルの燃焼時における質量減少速度及び発熱速度の簡易評価式を導出した。
- PMMAの燃焼の方がPCに比べ、ばい煙負荷量に対するHEPAフィルタの差圧上昇が大きい。

b. 複合系燃焼試験

- PMMAとPCを縦置きに正対させPMMAに着火しPCへの影響を観察する試験において、PMMAに対面した側の表面において気泡の発生や融解が確認され、PMMAとPC間の板間距離が短い場合にはPCへの延焼が確認された。

本試験で得られたデータ及び解析モデルの活用先

- GBパネル燃焼時における、燃焼継続時間、発生するばい煙の量及びHEPAフィルタの差圧の上昇による破損までの時間等の推定
- GBパネルへの延焼の挙動に関する検討における参考として活用

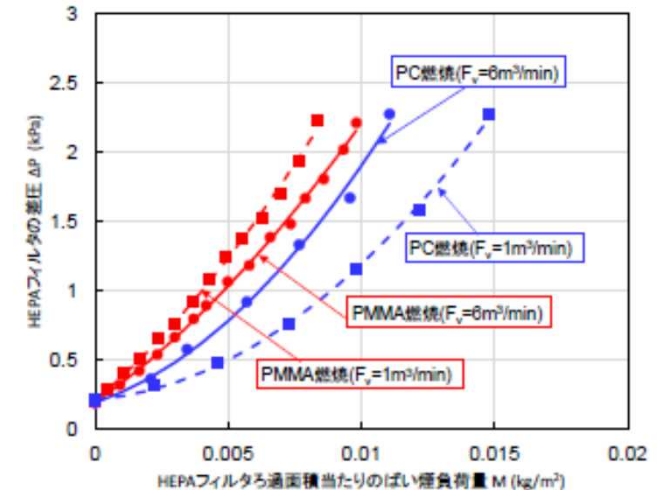


図 HEPAフィルタの単位面積当たりのばい煙負荷量とHEPAフィルタの差圧の関係の例

2. 研究期間を通じた主要成果

①火災又は爆発

C) 有機溶媒火災

➤ 概要

- 有機溶媒の燃焼後期には、HEPAフィルタの差圧の急激な上昇が引き起こされることを確認している。
- この原因として、有機溶媒の燃焼においては、燃焼溶媒から放出されたTBPが一旦ガス化するがHEPAに到達する段階でミスト化し、ばい煙とともにHEPAフィルタに負荷されることで、HEPAフィルタのろ過面の閉塞—差圧上昇が生じるためと考えられる。
- このような現象を模擬するため、ドデカン燃焼によるばい煙とTBPミストをHEPAフィルタに連続的かつ同時に負荷させるため、ドデカンを単独で燃焼させながら同時にHEPAフィルタへのTBPミスト負荷を行う試験を行った。

➤ 本試験で得られた知見

- 30 %TBP/ドデカン燃焼の場合(赤色)とドデカン単独燃焼の場合(橙色)とでは、急激な差圧上昇が生じる浮遊粒子負荷重量が異なる。
⇒TBPミストとばい煙とでは、HEPAフィルタろ過面の閉塞効果に対する影響が異なるためと推察される。

本試験で得られた知見の活用先

- 有機溶媒火災発生から目詰まりによるHEPAフィルタ損傷までの時間の推定

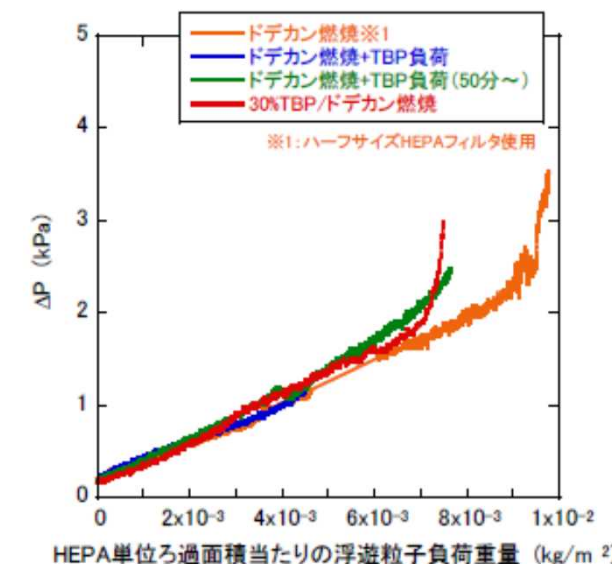


図 HEPAフィルタ単位ろ過面積当たり負荷した浮遊粒子負荷重量とHEPAフィルタ差圧の関係

2. 研究期間を通じた主要成果

② 蒸発乾固

➤ 概要

蒸発乾固事象全体にわたり事象の進展に沿ってより精緻な評価を行うため、NO_xを含む様々な気相条件を対象とした際の揮発性Ruの熱分解、水蒸気の凝縮等による揮発性Ruの気相から液相への移行挙動、高レベル濃縮廃液中に共存物質が影響を及ぼすRuの液相から気相への移行挙動等に係るデータを取得した。これらのデータを取得するため、JAEAへの委託により、14～16ページに説明する試験を平成29年度から令和元年度に実施した。

2. 研究期間を通じた主要成果

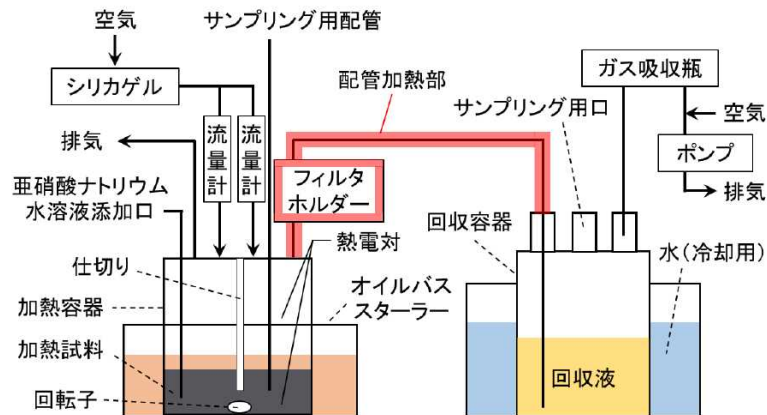
② 蒸発乾固

(1) 沸騰初期段階における高レベル濃縮廃液(模擬廃液)中の亜硝酸のRu揮発抑制効果

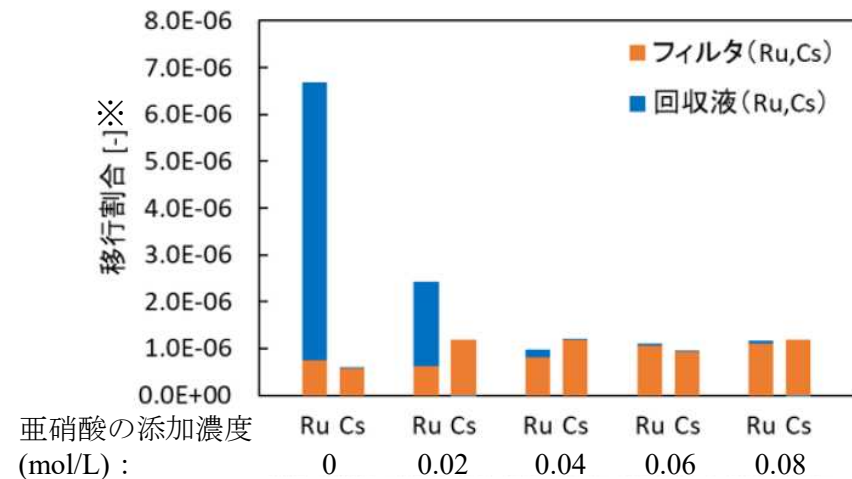
- 左下図に示す加熱容器で亜硝酸を添加した模擬廃液を沸騰させた際のRu移行挙動データを取得することを目的に、模擬廃液に対して添加する亜硝酸濃度等をパラメータとした試験を実施した。

➤ 主な特徴

亜硝酸濃度の増加に伴い気体状Ruの移行割合が低下し、亜硝酸濃度0.04mol/L以上では検出されなかった。



亜硝酸添加試験装置概要図



亜硝酸添加試験結果の例

※移行割合:

- ・ フィルタ(Ru,Cs)・・・エアロゾルとしての移行割合、
- ・ 回収液(Ru,Cs)・・・気体としての移行割合(気体状Ru)

2. 研究期間を通じた主要成果

② 蒸発乾固

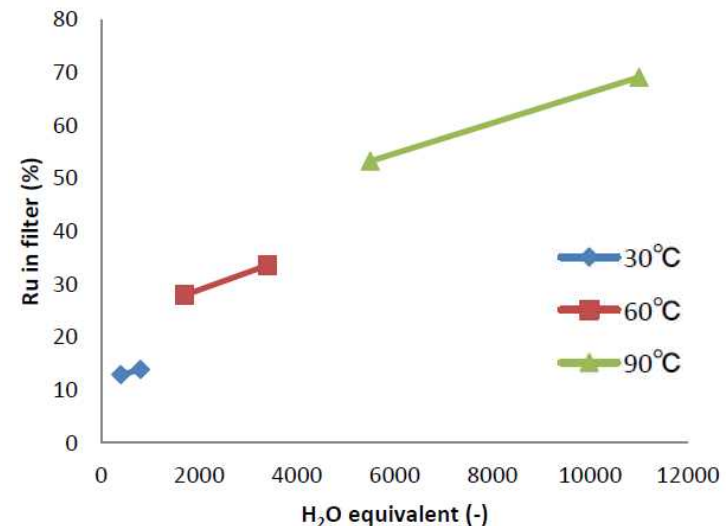
(2) 沸騰晩期段階における移行経路中における気体状Ruの移行挙動

- 沸騰晩期段階における気相成分である水蒸気、硝酸蒸気、硝酸塩の分解によって生じるNO₂及びNOを含む様々な環境条件下におけるRu移行挙動を把握することを目的に、次の(a)～(c)の挙動に着目し試験を実施した。
 - (a) RuO₄の熱分解によるRuエアロゾル生成挙動
 - (b) 気相中におけるRuO₄の化学形変化挙動
 - (c) 蒸気凝縮に伴うRuO₄の移行挙動

(a) RuO₄の熱分解によるRuエアロゾル生成挙動

➤ 主な特徴

気相中の水蒸気量及び温度の上昇に伴い、Ruエアロゾル生成率(フィルタでのRu回収率)が増加した。



(a) Ruエアロゾル生成挙動試験結果の例

2. 研究期間を通じた主要成果

② 蒸発乾固

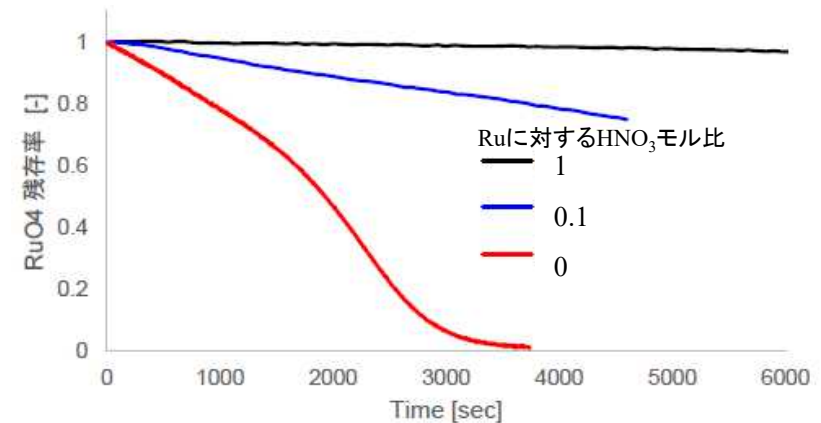
(2) 沸騰晩期段階における移行経路中における気体状Ruの移行挙動(続き)

(b) 気相中におけるRuO₄の化学形変化挙動

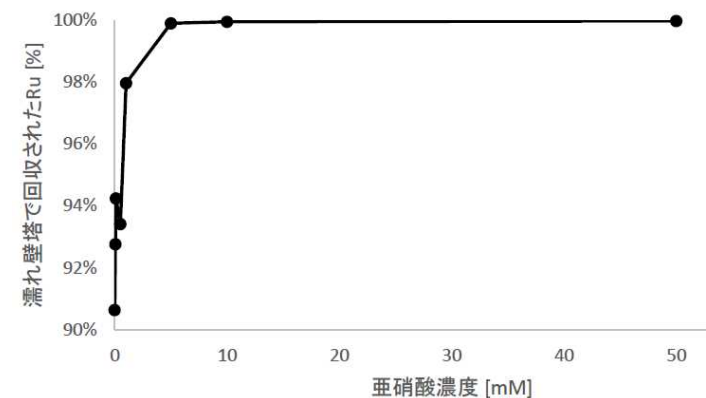
➤ 主な特徴

硝酸蒸気、NO₂及びNOの全てにRuO₄を気相中で安定化する効果が認められた。

RuO₄の分解速度定数の評価から、RuO₄の化学形を安定化する効果が高いのはHNO₃、次いでNO₂及びNOである。



(b) HNO₃が及ぼすRuO₄分解挙動試験結果



(c) 蒸気凝縮に伴うRuO₄の移行挙動

➤ 主な特徴

凝縮液にNO₂由来の亜硝酸が生成し、RuO₄の凝縮水への吸収を促進することが示唆された。

- NO₂が存在する場合、RuO₄の回収液(凝縮液)への吸収が促進された。
- Ru気液接触試験の結果、液相の亜硝酸濃度が増加するほど、RuO₄の回収割合が増加する。

(c) Ru気液接触試験結果の例

2. 研究期間を通じた主要成果

② 蒸発乾固

(3) 高レベル濃縮廃液(模擬廃液)への注水時における放射性物質(Ru、Cs及びその他のFP物質)の移行挙動及び乾固物の昇温特性

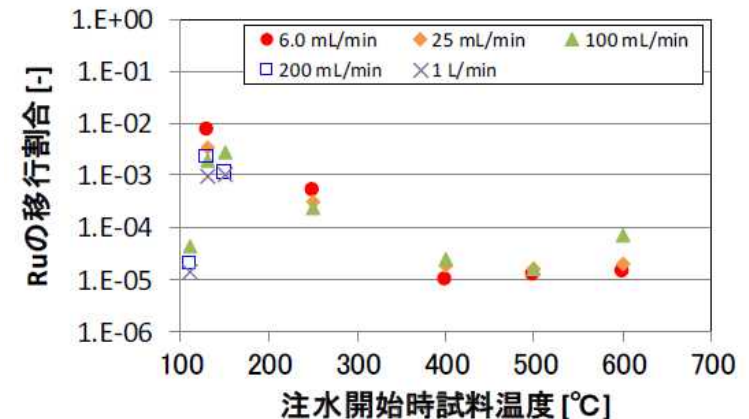
- 蒸発乾固事象が乾固段階に進展した場合に、貯槽内に直接注水し冷却することが事象を終息させるために有効な手段となる可能性があると考えられる。一方、高温の乾固物に注水することによりかえって放射性物質の気相への再移行が生じる可能性も考えられることから、注水時の放射性物質の気相移行挙動データを取得することを目的に、次の2点の試験を実施した。

(a) 注水時における模擬放射性物質の気相への移行挙動

➤ 主な特徴

熱分解に伴う化学系形の変化が支配因子であることが分かった。

- Ru: RuO_4 の発生源であるニトロシルルテニウムが熱分解する温度以上では、注水時に RuO_4 が発生しない。
- Cs: 上限試験温度 600°C に至るまで水溶性であり、温度の上昇に伴い増加する傾向を示す。
- 非揮発性元素(Nd及びBa): 水溶性を有する硝酸塩が熱分解する温度以上では、難性又は不溶性の化学形に変化するため、飛まつ同伴による移行割合が減少する。



(a) 注水中における気相へのRu移行割合の例

(b) 乾固物の昇温特性

硝酸塩の熱分解に伴う乾固物の物性(熱伝導率等)の変化に係る試験データを取得した。なお、取得した物性値等を用いて乾固物の熱解析を試行した結果、乾固物内の温度分布や硝酸塩の熱分解に伴う吸熱反応による影響が見られた。

2. 研究期間を通じた主要成果

③ 機器の経年劣化

➤ 概要

再処理施設の機器の点検や補修等の保全活動を行うための除染作業時には、一般的にアルカリ溶液(水酸化ナトリウム)が使用される。水酸化ナトリウムを用いた除染作業が放射性溶液(溶解液、プルトニウム溶液等)の漏えいの原因となる可能性を評価する観点から、水酸化ナトリウム溶液中では腐食しやすく、また、水素を吸収して容易に脆化するタンタル(Ta)をインサート材として用いた異材接合継手の機械的特性及び耐食性に及ぼす水酸化ナトリウムの影響を評価するデータを取得した。これらのデータを取得するため、JAEAへの委託により、以下の試験を平成29年度から令和2年度に実施した。

- (1) 水素吸収脆化試験(NaOH及びHNO₃の交互浸漬が機械的特性に及ぼす影響の確認試験)
 - ① NaOH及びHNO₃の交互浸漬における水素吸収挙動
 - ② 水素吸収が機械的特性に及ぼす影響
- (2) 腐食試験(NaOH及びHNO₃の交互浸漬が耐食性に及ぼす影響の確認試験)

2. 研究期間を通じた主要成果

③ 機器の経年劣化

➤ NaOH溶液及びHNO₃溶液の交互浸漬における水素吸収挙動

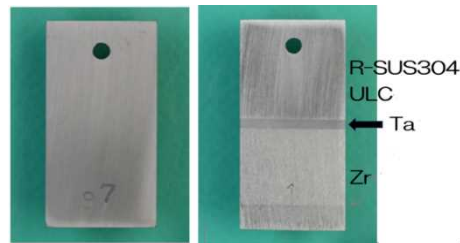


図 浸漬試験片外観



図 NaOHとHNO₃との交互浸漬試験のフロー(除染作業を模擬)

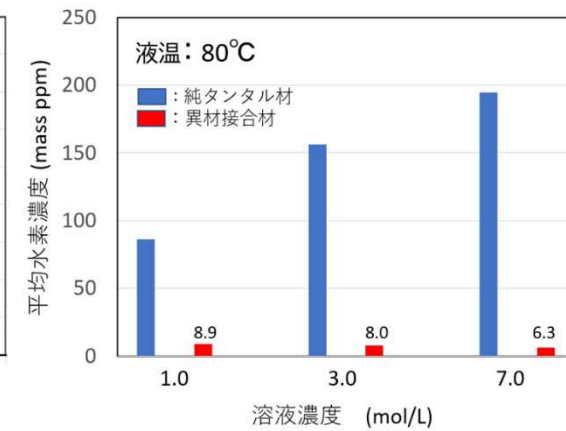
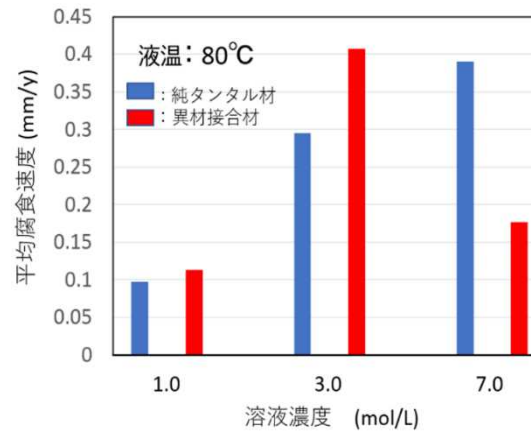


図 腐食挙動及び水素吸収挙動に及ぼす溶液濃度の影響

表 NaOH溶液中におけるTaの浸漬電位(液温:80°C)

1mol/L			3mol/L			7mol/L		
自然浸漬	SUS 対	Zr 対	自然浸漬	SUS 対	Zr 対	自然浸漬	SUS 対	Zr 対
-1.21	-0.28	-1.10	-1.21	-0.59	-1.07	-1.30	-0.91	-1.09

単位:V vs. SSE

- ✓ 純Ta材試験片は腐食速度に比例して水素濃度も増加しており腐食反応で発生した水素を吸収していることを示しているが、異材接合材試験片は腐食するものの水素吸収が大きく抑制している。
- ✓ ガルバニックカップリング挙動の測定結果を踏まえ、異材接合材試験片は腐食するものの水素吸収が抑制される結果となったのはTa部の電位が自然浸漬電位に比較して貴側に移行すること、及びカソード反応の一部をTa以外の金属が引き受けることによるものと考えられる。

2. 研究期間を通じた主要成果

③ 機器の経年劣化

➤ 水素吸収が機械的特性に及ぼす影響

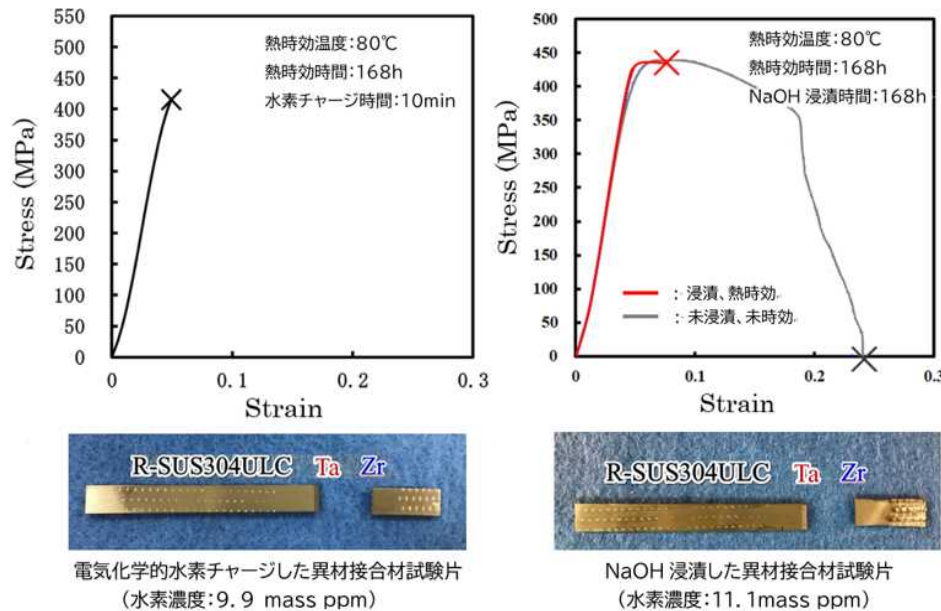


図 水素吸収した異材接合材試験片の応力-ひずみ曲線
及び破断した試験片の外観

- ✓ 電気化学的及びNaOH浸漬により水素を吸収させた異材接合材試験片を対象に水素量、熱時効温度及び熱時効時間をパラメータにして引張試験を行い、機械的特性に及ぼす影響を確認した。
- ✓ 80°Cの熱時効条件ではTa部の水素濃度が10 mass ppm前後になる程度の微量の水素吸収量であってもTa/Zr界面で脆性的に破断する場合がある。
- ✓ 異材接合材のTa部に吸収された水素はTa部に均一に分散するのではなく既往の研究でも報告されているようにTaとZrとの界面近傍に拡散・濃縮するために微量の水素であっても機械的特性に影響を及ぼすものと考えられる。

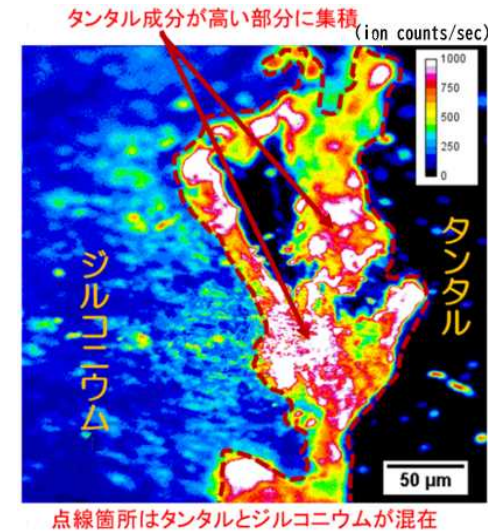


図 交互浸漬腐食試験後の異材接合材のTaとZrとの界面近傍における水素の二次元分布 (溶液濃度: 7mol/L、溶液温度: 80°C)

2. 研究期間を通じた主要成果

③ 機器の経年劣化

➤ まとめ

インサート材としてTaを用いた異材接合継手に及ぼすNaOH溶液浸漬の影響について以下の特徴を確認した。

NaOH溶液による腐食に伴って発生する水素の吸収量は、異材接合材は純Ta材に比較して少ない。この原因は異材接合材のTa部は異種金属に接合しているため電気化学的に抑制されるためと考えられる。

一方、水素吸収量が機械的特性に及ぼす影響については、異材接合材はTa部への水素吸収量が微量であっても機械的特性に影響する。この原因はTa部に吸収された水素がTa/Zr界面に拡散、濃縮されるためと考えられる。

異材接合継手のTa部に水素が吸収する可能性がある除染計画を評価する上では、水素脆化による放射性溶液の漏洩を防止する観点からTa部に含有する水素濃度10 mass ppm前後が目安となる可能性がある。

3. まとめ (1/2)

(1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討

内部火災を対象としたリスク評価手法の検討を行い、MOX燃料加工施設及び再処理施設の内部火災リスク評価のための手順案を作成した。

(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討

① 火災又は爆発

➤ GB火災

GBの核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失に係るGBパネル構成材料の熱分解特性データ及びGBパネル材の燃焼特性データ並びにばい煙によるHEPAフィルタへの目詰まりデータを取得し、熱分解及び燃焼によるGBパネル材等の質量減少速度等の解析モデルを整備した。また、代表的なGB火災シナリオを用いて、解析コードを用いた火災影響評価の試解析により、火災影響評価を実施する上での留意点・着眼点及び課題点を抽出した。これらのデータや知見は、GB火災における事象進展シナリオの検討や火災影響評価に資することができる。

➤ 有機溶媒火災

有機溶媒の火災時に発生するばい煙の負荷によるHEPAフィルタの差圧上昇に関するデータを取得した。これらのデータは、再処理施設の有機溶媒火災における事象進展シナリオの検討に資することができる。

3. まとめ (2/2)

(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討

② 蒸発乾固事象

NO_xを含む様々の気相条件を対象とした際の揮発性Ruの熱分解、水蒸気の凝縮等による揮発性Ruの気相から液相への移行挙動、高レベル濃縮廃液中に共存しRuの挙動に影響を与える可能性のある物質等を考慮したデータを取得した。また、これらのデータを用い、蒸発乾固事象の事象進展シナリオに応じた放射性物質の移行挙動の特性を整理した。これらは蒸発乾固における事象進展シナリオの検討に資することができる。

③ 機器の経年劣化

機器の経年劣化では、NaOH溶液によるタンタルのアルカリ腐食に伴って発生する水素が異材接合材の機械的特性に及ぼす影響を評価するデータ及びタンタルのアルカリ腐食が酸化性金属イオンを含む硝酸溶液中における異材接合材の耐食性に及ぼす影響を評価するデータを取得した。また、これらのデータを分析することによりその特徴を整理した。これらは再処理施設における異材接合材を用いた機器への除染作業による影響の検討に資することができる。

4. 成果の活用について

(1) プロジェクト期間内

本研究の成果は、日本原燃株式会社再処理事業所六ヶ所再処理施設及び同事業所MOX燃料加工施設の新規制基準適合性に係る審査のための技術的な判断材料として活用された。

(2) 今後の見通し

本研究で得られた科学的・技術的知見は、MOX燃料加工施設及び再処理施設を対象に実施される原子力規制検査等における確認の技術的根拠の一部として活用できるものとする。

5. 成果の公表等

▶原子力規制庁の職員が著者に含まれる公表

なし

▶委託先による公表

(1) 論文(査読付)

- ① 吉田、他、再処理施設の高レベル廃液蒸発乾固事故でのFP硝酸塩の脱硝に伴い発生するNO_xの化学的挙動解析、日本原子力学会和文論文誌、Vol.18、No.2、pp.69-80(2019).
- ② 吉田、他、Decomposition behavior of gaseous ruthenium tetroxide under atmospheric conditions assuming evaporation to dryness accident of high-level liquid waste、日本原子力学会英文論文誌Journal of Nuclear Science and Technology、2020.6.28
- ③ 吉田、他、Restraint effect of coexisting nitrite ion in simulates high level liquid waste on releasing volatile ruthenium under boiling condition、日本原子力学会英文論文誌Journal of Nuclear Science and Technology、2020.12.12

(2) その他

- ① 入澤、他、Effect of oxidizing metallic ions on corrosion of stainless steel during concentration process simulating High-level Activity Liquid Waste (HALW) concentrator、European Corrosion Congress (EUROCORR2017)
- ② 金田(九工大)、他、水素チャージ直後のTa-Zr合金の水素脆化挙動、日本金属学会2017年秋季講演大会(第161回)
- ③ 石島、他、硝酸中 γ 線照射試験による異種金属接合材の放射線分解水素吸収挙動、QST高崎サイエンスフェスタ2017
- ④ 金田(九工大)、他、水素吸収したTa-Zr合金の水素脆化挙動に及ぼす時効の影響、日本金属学会2018年春期大会
- ⑤ 金田(九工大)、他、純Taの昇音水素放出挙動に及ぼす測定雰囲気の影響、日本金属学会2018年秋期大会
- ⑥ 石島、他、TaのNaOH水溶液中における腐食挙動の時間依存性、腐食防食学会 第65回材料と環境討論会
- ⑦ 檜山、他、SCHERN:再処理施設の高レベル廃液蒸発乾固事故でのNO_xの化学挙動解析プログラム、JAEA-Data/Code 2019-006
- ⑧ 石島、他、TaのNaOH水溶液中における腐食挙動の温度依存性、腐食防食学会 第66回材料と環境討論会
- ⑨ 吉田、他、気体状四酸化ルテニウムの化学形変化挙動に与える窒素酸化物の影響、JAEA-Research 2020-014
- ⑩ 中鉢、他、Ta/Zr爆発接合部の水素脆化挙動に及ぼす時効の影響、2020年秋金属学会

6. 成果目標に対する達成状況

(1) 内部火災等を起因としたリスク評価手法の検討

加工施設及び再処理施設の内部火災を起因とするリスク評価の実施手法の検討を行い、内部火災リスク評価の手順案を作成し、目的を達成した。

(2) リスク評価に向けた重大事故等に関する技術的検討

①火災又は爆発

【GB火災】GBの核燃料物質等を閉じ込める機能の喪失に係るデータを取得して熱分解及び燃焼によるGBパネル材等の質量減少速度等の解析モデルを整備したとともに、GB火災の火災影響評価手法の整備のため、解析コードの妥当性確認のほか、係る留意点・着眼点及び課題点を抽出し、目的を達成した。

【有機溶媒火災】有機溶媒の燃焼とHEPAフィルタの差圧上昇に関するデータを取得し、両者の関係を明確することにより実機相当のフィルタを対象とした閉じ込め性に関する知見を拡充し、目的を達成した。

②蒸発乾固事象

NO_xを含む様々の気相条件を対象とした際の揮発性Ruの熱分解、水蒸気の凝縮等による揮発性Ruの気相から液相への移行挙動、高レベル濃縮廃液中に共存しRuの挙動に影響を与える可能性のある物質等を考慮したデータを取得し、放射性物質の移行挙動の特性を整理し、目的を達成した。

③機器の経年劣化

NaOH溶液が異材接合材の機械的特性及び耐食性に及ぼす影響を評価するデータを取得し、これらのデータを分析することによりその特徴を整理し、目的を達成した。

7. 今後の展開

- GB火災
 - ◆ 本研究の成果として、小規模、中規模試験等により、「GB構成材料の熱分解特性及び燃焼特性」、「ばい煙等のフィルタへの影響」等に関する基礎的な知見を取得した。一方、実規模のGBにおける燃焼挙動等に関する知見は得ていない。

- 蒸発乾固
 - ◆ Ruの移行挙動に着目して、「沸騰初期段階」から「乾固段階」までにおける「液相から気相への放射性物質移行挙動」、「放出経路中での放射性物質移行挙動」等に関する一連の試験データ等を取得したただし、Ruの移行挙動及び化学吸収効果については、これらを取り巻く主要な環境条件下での知見であるが、全ての環境条件を網羅したものではない。また、「乾固後の温度上昇段階」の放射性物質(Cs等)の移行挙動に関する知見は得ていない。

- 全体
 - ◆ 今後の研究にあたっては、これらの本研究における知見の取得状況や、再処理施設及びMOX燃料加工施設の新規制基準適合性に係る審査の知見を踏まえた上で、施設全体でのリスクの所在等を考慮した知見の取得について、さらなる検討を進めていく必要がある。