

地層処分環境における金属の腐食現象に関する研究提案募集のお知らせ

1. 研究提案の募集の背景

(公社)腐食防食学会(以下、学会という。)は、原子力発電環境整備機構(以下、NUMOという。)からの委託(以下、本委託業務という。)に基づいて、地層処分の金属製処分容器の長期腐食寿命評価の科学技術的な信頼性を評価するために、長期腐食寿命評価技術検討委員会(以下、検討委員会という)を設置しました。

この検討委員会では、処分容器の候補材料である炭素鋼に加え、代替材料の一つとして位置づけている銅を対象に、地層処分の処分容器の寿命評価において考慮が必要な次の5つの現象を対象に調査研究を実施しています。

- ① 処分場閉鎖後に残存する酸素による腐食
- ② 緩衝材が冠水飽和するまでの水蒸気による腐食
- ③ 放射線分解生成物による腐食
- ④ 微生物腐食
- ⑤ 低酸素濃度環境下での腐食

本委託業務では、これらの現象について最新の科学的知見及びそれらを統合した腐食寿命評価に必要となる情報など、地層処分の環境における金属腐食現象の科学技術基盤を整えることが要求されており、これを再委託として実施するため、研究提案を募集します。

2. 公募の詳細

- ア) 応募資格 大学等(国公立大学法人、大学共同利用機関法人、公立大学、私立大学、高等専門学校)、国研等(国立研究開発法人、独立行政法人、地方独立行政法人)及びその他企業等において、一人ないしは共同で行う研究計画を対象とします。研究代表者は、所属の機関と雇用関係にある常勤の職員とします。なお、長期的に学会内の人材育成と技術基盤を強化する観点から、研究提案の採用においては、若手研究者を優先する場合があります。
- イ) 研究課題 添付資料1に示した研究課題であること。ただし、これに完全には一致しない研究課題であっても、関連する有用な研究課題であることが審査により判断された場合には採択することがあります。
- ウ) 研究期間 2023年10月以降契約締結後～2026年1月30日
2023年度：契約締結日～2024年2月29日
2024年度：2024年4月1日～2025年2月28日
2025年度：2025年4月1日～2026年1月30日
- エ) 研究費上限額(消費税込、間接経費込)
2023年度：962,500円
2024年度：1,650,000円
2025年度：1,375,000円

研究費に計上できる経費は、研究計画申請書における研究費内訳様式に示すとおり。

各年度、原則確定検査後払いとします。各年度末（2023 年分は 2024 年 2 月 29 日、2024 年度分は 2025 年 2 月 28 日、2025 年度分は 2026 年 1 月 30 日）までに、研究費に係る経理書類の写し（直接人件費に係る経理書類については、別紙 1 参照）を学会に提出してください。各年度、研究費に係る経理書類の調査により支払うべき研究費の額を確定し、これを研究機関に通知します。通知後、研究機関の発行する請求書により研究費を支払います。ただし、各年度の額の確定前に研究に必要な経費の支払を受けようとするときは、学会が妥当と認めた場合にはこれを支払うことができます。

契約書で定められる研究費区分間で流用を行おうとする時は、学会に承認を受けなければなりません。ただし、研究費区分間のいずれか低い額の 10%以下の流用（人件費への流用は除く。また一般管理費は流用の対象としない。）の場合は除きます。

- オ) 成果報告 中間報告として 2023 年度分の成果要旨を 2024 年 2 月 29 日まで、2024 年度分の成果要旨を 2025 年 2 月 28 日までに学会事務局へ提出すること。最終報告として 2026 年 1 月 30 日までに学会事務局へ成果報告書を提出すること。

- カ) 応募締切 2023 年 8 月 31 日（金）17 時（提出期限厳守）

- キ) 研究内容に関する相談会

研究内容について個別に相談できる機会を設けます。お気軽に応募先までご連絡ください。

また、地層処分事業については、下記 URL から調べることができます。

<https://www.numo.or.jp/chisoushobun/>

その他、別紙 2～3 も検討の参考としてご確認ください。

- ク) 応募書類提出後のスケジュール（予定）

- 1) 書面審査：2023 年 9 月上旬～2023 年 9 月中旬
- 2) 審査結果開示：2023 年 9 月中旬
- 3) 開示後、直ちに各研究機関と委託研究契約を締結

注) 申込者機関内での決裁等の事情により、審査途中において申込を辞退することも可能です。

- ケ) 採 択 数 最大 10 件

- コ) そ の 他

応募者が希望する場合には、研究の位置づけ、反映先、実施内容について、当会を通じて NUMO 担当者に意見照会することができます。研究提案が採択された場合には、別紙 2 に示す分科会のメンバーとして、分科会における議論や成果の取りまとめに参加いただけます。

2025 年 11 月に宮城県仙台市にて開催を計画中の国際ワークショップ 9th International Workshop on Long-term Prediction of Corrosion in Nuclear Waste Systems (LTC2025) に成果を発表することを応募の条件とします。LTC2025 への参加費及び旅費を 2025 年度に予算計上してください。LTC2025 への参加費は税込 13 万円/人（前回実績額として。実際の参加登録費は今後変更の可能性があります。）として予算計上してください。LTC2025 を含む学会参加費及びそれに伴う旅費を計上できる人数は、発表件数 1 件につき発表者と共同研究者の計 2 名までとします。

3. 応募書類の作成・応募方法

- ア) 応募書類 研究計画申請書の様式を学会ホームページ (<https://www.jcorr.or.jp/>) から取得して下さい。
- イ) 応募方法 応募書類を以下へ郵送(書留便) 或いは電子メール添付にて提出して下さい。
- ウ) 応募先 〒113-0033 東京都文京区本郷 2-13-10 湯浅ビル 5 階
公益社団法人 腐食防食学会
「処分環境における金属腐食に関する研究」 応募窓口
TEL 03-3815-1161
E-Mail jimkyo1161@corrosion-center.jp

4. 知的財産権の帰属及び成果の公表

本公募型研究の成果として得られた知的財産権は、無償で NUMO に譲り渡さなければならぬ。ただし、協議のうえ、知的財産権の帰属等について別途取り決めを行った場合はこの限りではありません。

また、本公募型研究の成果を論文等で開示を行う場合は、NUMO に対して、研究成果開示請求を行い、許諾を取るものとします。

以上

別紙 1

直接人件費に係る経理書類

直接人件費に係る経理書類は、以下の①、②の書類を提出してください。

①人件費単価

<方法1：実績労務費単価>

- ・ 当該件名に従事した各担当者の当該年度一年間の人件費総額を、当該業者の一年度の勤務日数で除す（または、更に一日の勤務時間数で除す）ことによって、1日当たり（1時間当たり）の当該担当者の人件費を算出
- ・ 人件費時間単価＝（年間総支給額+年間法定福利費）÷年間理論総労働時間

<方法2：受託労務費単価>

- ・ 受託者に次のいずれかに該当する受託労務費単価規程がある場合は当該単価の使用も可
 - 当該単価規程が公表されている場合（当該公表内容の写しを受領）
 - 官公庁や他企業などで複数の使用実績がある場合（仕様実績件名を2案件以上の記載を確認）

<方法3：その他>

- ・ 積算における合理的な根拠に基づく単価
- ・ その他官公庁の定める人件費単価の算出方法に基づき算定した単価

②人工数（勤務表、スケジュール表、業務日誌等）

他の事業の従事時間・内容を当該事業と重複して記載しないように十分注意してください。他の複数の事業と重複して実施している場合は、勤務表、スケジュール表、業務日誌等は、当該事業に従事した時間帯のみ記載するようにしてください。

以上

「長期腐食寿命評価技術検討委員会」と本研究提案の関係について

地層処分の金属製処分容器の長期腐食寿命評価技術について総合的に議論する場として、当会に「長期腐食寿命評価技術検討委員会」を設置し、この検討委員会の下に 1. に示した 5 つのプロセスを専門的に議論する場として、4 つの分科会を設置しました。採択された研究者は、これら分科会のメンバーとして、分科会における議論や成果の取りまとめに参加いただきます。

各分科会の議論のテーマに関連した研究課題を、添付資料 1「研究課題リスト一覧」にまとめていますので、ご参照ください。

- 1) 過渡期腐食評価技術分科会：
①～③について、総合的に議論する分科会
- 2) 処分環境下微生物腐食分科会：
緩衝材（ベントナイト粘土材料）中やニアフィールド環境（周辺坑道を含めた処分容器周辺の環境）に生息する微生物による微生物腐食（④）の現象理解と抑制対策について検討する分科会
- 3) 長期腐食寿命評価モデル分科会：
①～④に関する検討結果と⑤の知見を統合し、処分容器の長期腐食寿命の定量評価モデルに関して検討する分科会
- 4) 腐食試験技術分科会：
①～⑤の主要プロセスの現象理解を進めるうえで基盤となる腐食試験技術の規格化に関して検討を行う分科会

以上

NUMO の処分容器の耐食性評価に関する参考資料

・地層処分に関する説明

地層処分の仕組みや概要については、以下のページに動画があります。

<https://www.numo.or.jp/chisoushobun/ichikarashiritai/movie.html>

・処分容器の耐食性評価に関する詳細について

NUMO（原子力発電環境整備機構）（2021）：包括的技術報告書：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築－，NUMO-TR-20-03.

https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr180203.html

炭素鋼オーバーパックの設計については、以下のページ及び付属書をご確認ください。

- p. 4-27 ～4-37、4-53～4-54
- 付属書 4-4～4-13

以上

添付資料1 研究課題リスト一覧 (1/2)

(対象材料は炭素鋼及び鋼とします。*を付けた研究課題については、NUMOが委託または共同研究により一部の研究を進めています。
当該研究課題に関して応募する場合には、研究内容に関する相談にて事前に相談ください。)

大分類	中分類	小分類	研究課題	
過渡期腐食評価技術	酸化剤の総量に応じた総腐食量の再見積もり	緩衝材等の人工バリア中における酸素の総量の把握	・圧縮ベントナイトに含まれる酸素（空隙中の酸素及び分子吸着した酸素）の定量化*	
		放射線分解によって生成する酸化剤の総量の把握	・金属製処分容器の腐食に対する放射線分解生成物（発生量など）の影響評価* ・ラジオリシス解析による放射線分解生成物の定量化*	
		鉱物の溶解や微生物活動により生成する硫化物の総量の把握	・ニアフィールド内における硫化物イオンの生成量の定量化	
	不均一な腐食環境条件における腐食の局在化とその持続性の検討	腐食の局在化/局部腐食の発生可能性と持続性のメカニズム及び評価技術の検討	埋設後初期の不均一な腐食環境の理解	・腐食環境（酸素、電気伝導度、pH、ベントナイトと金属表面の接触、水飽和率など）のモニタリング手法の検討* ・腐食環境（温度、水分）の時空間変遷の定量評価
			腐食の局在化/局部腐食の発生可能性と持続性のメカニズム及び評価技術の検討	・緩衝材の不均一性（乾燥密度の差、ベントナイトと金属表面の接触状態の差、水飽和率の差など）が炭素鋼/鋼の腐食深さ・腐食生成物・孔食係数に与える影響調査* ・オーバーバック材料の不均一性（溶接部と母材の差）が炭素鋼/鋼の腐食深さ・腐食生成物・孔食係数に与える影響調査 ・過渡期に生成した炭素鋼/鋼の腐食生成物が長期の腐食現象に与える影響調査* ・Fe(III)からFe(II)の腐食皮膜還元に伴う局部腐食の発生可能性の検討 ・再現性を考慮した不均一な腐食環境における腐食試験装置の開発* ・ベントナイトの水飽和率と炭素鋼/鋼の不動態化条件（酸素濃度、pH、温度、化学種、皮膜破壊電位、再不動態化電位など）の関係 ・全面腐食/局部腐食のモニタリング手法検討（交流インピーダンス法、直流電位差法、電気ノイズ法など）* ・モニタリングデータ（交流インピーダンス法、直流電位差法、電気ノイズ法など）を元に腐食現象を解析する手法の検討 ・数値シミュレーションを用いた、腐食孔の発生間隔・頻度の検討* ・腐食孔径と腐食深さの空間統計解析*
	過渡期における緩衝材中腐食現象の律速過程の検討	カソード律速	・腐食皮膜内の酸素/水/過酸化水素/硝酸/硫化物の拡散フラックスの調査 ・圧縮ベントナイト中における金属腐食の律速過程の推定	
		アノード律速	・アノードから溶出する鉄イオンの腐食皮膜内及び圧縮ベントナイト中の化学反応輸送モデルの検討（イオンの拡散、モンモリロナイトに対するイオン交換反応や鉱物変質も含む） ・圧縮ベントナイト中における金属腐食の律速過程の推定	
	応力腐食割れ/水素脆化割れの進展可能性の評価 (注:本項目は過渡期以外の腐食環境も対象とする)	応力腐食割れ/水素脆化による割れの発生可能性と持続性のメカニズム及び評価技術の検討	炭素鋼の二・アニートルpHSCC（希薄な炭酸塩環境におけるSCC）のき裂進展評価*	
			炭素鋼の孔食・すきま腐食経路型SCC（不動態化を伴うSCC）のき裂進展評価 ・処分環境下における炭素鋼中の水素濃度に関するデータ拡充 ・炭素鋼溶接部の水素脆化割れのき裂進展評価 ・鋼の応力腐食割れに対する塩化物イオンによる抑制効果のメカニズム検討 ・酢酸・アンモニア共存化における鋼の応力腐食割れき裂の発生電位-pHデータの拡充 ・嫌気性環境における鋼の応力腐食割れの発生可能性の検討 ・鋼の応力腐食割れに対するリンの影響評価 ・炭素鋼/鋼の応力腐食割れに対する金属組織（冷間加工度、降伏応力、結晶粒径など）の影響評価	
	塩濃縮環境下における腐食	塩濃縮に伴う腐食環境の理解	・過渡期におけるベントナイト中での塩濃度分布の調査 ・過渡期における金属製処分容器上での塩付着量の調査	
		塩濃縮環境における腐食現象の理解	・塩濃縮環境における炭素鋼/鋼の孔食係数拡充 ・塩濃縮環境における炭素鋼/鋼腐食生成物の分析 ・腐食を考慮した炭素鋼/鋼の許容最大温度の検討	
	水蒸気/結露環境下における腐食	過渡期における金属表面の結露水/水膜の特性把握	・過渡期における温度・相対湿度の経時変化の推定 ・過渡期における金属製処分容器表面の濡れの推定	
過渡期における金属腐食現象の理解		・過渡期における炭素鋼/鋼の孔食係数拡充 ・過渡期における炭素鋼/鋼腐食生成物の分析 ・水蒸気/結露環境下における放射線照射下腐食データの拡充		
その他	異種金属接触腐食の理解	・鋼-炭素鋼間異種金属接触腐食の理解* ・犠牲防食技術の適用可能性の検討*		
	溶接部における過渡期腐食現象の理解	・溶接部を考慮した上記研究課題への取組み		
長期腐食寿命評価モデル	環境要因をベースとした腐食量予測モデルの検討	幅広い環境条件における腐食量の予測モデルの構築	・既存の腐食データベースを利用した機械学習による腐食量予測モデルの検討 ・機械学習による腐食量予測モデルの精度向上のために拡充が必要なデータの検討及び取得 ・腐食速度に対する各種環境条件（温度、化学種濃度、水分量、圧力ほか）の影響の検討の高度化	
		腐食環境のモデル化	・腐食環境の熱-水-力学-化学連成解析による予測の高度化 ・緩衝材、埋め戻し材、岩盤に含まれる含鉄鉱物による酸素消費モデルの高度化 ・金属-ベントナイト界面におけるpHの測定技術の高度化	
	反応機構をベースとした数理予測モデルの検討	腐食生成物による反応のモデル化	・Fe ₂ O ₄ によるH ₂ O還元反応速度の検討 ・鋼腐食生成物（Cu ₂ O, CuCl ₂ , 3Cu(OH) ₂ ほか）の溶解度データの高度化 ・Cu(II)による酸化反応速度定数の測定 ・腐食生成物皮膜の腐食速度への影響検討	
		腐食電位のモデル化	・腐食皮膜の形成、環境条件の変遷に応じた腐食電位モデルの構築 ・圧縮ベントナイト中での腐食電位測定の高高度化	
		律速過程の数値モデル化	・マルチフィジクス解析による律速過程(アノード/カソード)の数値モデル化	
	ナチュラルアナログによる寿命予測のV&V	ナチュラルアナログデータの活用方法の高度化	・ナチュラルアナログデータ及びその埋設環境の分析手法の高度化 ・ナチュラルアナログデータのデータベース化 ・ナチュラルアナログの埋設環境条件を再現した腐食試験データの取得による腐食量予測モデルの高度化 ・超長期を対象とした自然鉄、自然銅のナチュラルアナログデータの取得	
		過渡期の腐食現象、微生物腐食現象が長期の腐食に与える影響の検討 貫通孔のモデル化	・過渡期腐食現象の長期腐食モデルへの導入 ・微生物腐食現象の長期腐食モデルへの導入 ・オーバーバック貫通後の開口部のサイズの評価	
	その他	確率論的評価の導入	・確率論的評価手法の検討 ・環境条件のばらつき検討 ・材料条件のばらつき検討 ・応力条件のばらつき検討 ・腐食データのばらつき検討 ・腐食評価と構造健全性評価の統合	
		溶接部における腐食のモデル化	・溶接部を考慮した上記研究課題への取組み	

添付資料1 研究課題リスト一覧 (2/2)

(対象材料は炭素鋼及び銅とします。*を付けた研究課題については、NUMOが委託または共同研究により一部の研究を進めています。
当該研究課題に関して応募する場合には、研究内容に関する相談会にて事前に相談ください。)

大分類	中分類	小分類	研究課題	
処分環境下微生物腐食	処分場における微生物活動の抑制対策	防食対策としての圧縮ベントナイト中における微生物活動の抑制のメカニズムの理解	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮ベントナイトの乾燥密度と微生物の活動性（群集及び動態も含む。以下同様）の関係* ・圧縮ベントナイトの膨潤圧と微生物の活動性の関係 ・圧縮ベントナイトの水分活性と微生物の活動性の関係 ・緩衝材、溶液中あるいは金属表面での微生物活動の可視化技術 ・圧縮ベントナイト中における金属表面のバイオフィーム形成に関する検討 ・緩衝材-オーバーバックの不均一性とバイオフィーム形成の関係 	
		処分環境における微生物の活動性を抑制する条件の検討（温度、放射線など）	<ul style="list-style-type: none"> ・高温環境における好熱性菌の金属腐食への影響* ・放射線照射環境下における微生物の金属腐食への影響* 	
		微生物活動の抑制に有効な人工バリア製作・施工技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・緩衝材の施工方法と微生物の活動性の関係 ・犠牲防食技術の適用性の検討 	
	腐食環境下微生物腐食	腐食環境の時間変遷の定量化	<ul style="list-style-type: none"> ・緩衝材の酸素濃度及び水分量の分析と過渡期～安定期の時空間変遷の理解 ・温度、放射線量の時空間変遷の理解 ・緩衝材の間隙水化学組成の検討 ・緩衝材の乾燥密度と空隙サイズの関係の検討 	
		ニアフィールド環境における微生物群集構造の理解	<ul style="list-style-type: none"> ・坑道周辺の岩盤中における微生物の活動性の調査 ・人工バリア材料（ベントナイト、コンクリートなど）中における微生物の活動性、及び代謝生成物の移行に関する調査。*ベントナイトに関しては、「(中分類)処分場における微生物活動の抑制対策-(小分類)防食対策としての圧縮ベントナイト中における微生物活動の抑制のメカニズムの理解」も参照。 	
		微生物活動に伴う金属製処分容器への影響評価	<ul style="list-style-type: none"> ・過渡期を模擬した環境（高温、高放射線量、低水分量、高酸素分圧、低栄養状態など）における微生物腐食の試験研究 ・安定期を模擬した環境（周辺岩盤程度の温度、低放射線量、高水分量、低酸素分圧、低栄養状態など）における微生物腐食の試験研究 	
		微生物腐食評価モデルの構築	<ul style="list-style-type: none"> ・硫酸塩還元菌の代謝生成物の定量予測モデルの検討 ・緩衝材中の栄養塩・代謝生成物等の物質移行モデルの検討 ・微生物群集構造と代謝生成物の現象理解とモデルの検討 ・微生物活動に伴う腐食予測モデルの開発とV&V ・微生物活動の抑制因子（有機炭素量、電子受容体など）、環境条件を変数とした感度解析による影響の検討 ・金属表面のバイオフィームによる金属腐食の現象理解と予測モデルの構築 ・過渡期の微生物腐食モデルの検討 	
	その他	溶接部における微生物腐食	<ul style="list-style-type: none"> ・溶接部を考慮した上記研究課題への取組み 	
	腐食試験技術	圧縮粘土材料中での金属腐食試験の妥当性の確認	試験手法間の差異	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる酸素濃度の雰囲気制御グローブボックスを用いた腐食試験*
			酸素脱気条件の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・異なる条件で作成した圧縮粘土材料中の酸素濃度測定* ・脱気後の試験溶液の酸素濃度測定及び脱気条件の検討*
含水状態の確認			<ul style="list-style-type: none"> ・異なる含浸条件における粘土材料の含水率分布の測定* 	
試験片寸法・表面状態の影響			<ul style="list-style-type: none"> ・試験片の形状違い（角型・丸型）が圧縮粘土材料中の炭素鋼の腐食速度に与える影響* ・試験片の表面研磨の違いが圧縮粘土材料中の炭素鋼の腐食速度に与える影響* 	
比液量の影響			<ul style="list-style-type: none"> ・比液量を変更した腐食試験の実施 	
試験片面積に対する粘土材料量の影響		<ul style="list-style-type: none"> ・粘土材料量（試験カラムでの粘土材料の厚さ）を変更した腐食試験の実施 		
電気化学測定を用いた腐食評価方法の妥当性の確認		-	<ul style="list-style-type: none"> ・圧縮粘土材料中での電気化学測定法の確立 	
過渡期における腐食評価方法の妥当性の確認		-	<ul style="list-style-type: none"> ・過渡期における腐食評価方法の確立 	
その他		-	<ul style="list-style-type: none"> ・海外で実施されている水素発生量による腐食速度測定法との比較 ・地下深部の圧力条件を考慮した腐食試験方法 ・酸性環境から還元性環境への変遷を模擬した腐食試験方法 ・許容欠陥寸法の溶接欠陥の存在を模擬した腐食試験方法 ・原位置腐食試験方法* 	