

## 微生物による金属腐食に対する診断技術開発に着手 — 廃炉環境から一般産業環境まで —

### 1. 発表のポイント

- ◆ 金属腐食に関する年間コストは6兆円を超える<sup>1</sup>が微生物の影響評価はできていない。
- ◆ 産学連携体系により微生物による金属腐食に対する大規模な診断技術開発に着手する。
- ◆ 開発技術は福島第一原子力発電所の安全な廃炉だけでなく一般産業へも展開可能である。

### 2. 概要

国立研究開発法人海洋研究開発機構（理事長 大和 裕幸、以下「JAMSTEC」という。）の若井暁主任研究員（超先鋭研究開発部門、専門分野：応用微生物学）を代表とする研究チームが、文部科学省（プログラム運営：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下「JAEA」という。））の委託研究事業「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」の課題解決型廃炉研究プログラムに採択されました。本研究課題では、JAMSTEC、国立研究開発法人物質・材料研究機構（以下「NIMS」という。）、一般財団法人電力中央研究所（以下「電中研」という。）、日本製鉄株式会社、JAEAの産学連携チームを結成し、「データ駆動型オンサイト診断技術：長期的健全性を確保するための微生物腐食リスク予測」と題した研究開発を行います。

微生物による金属腐食（微生物腐食、※1）の分野では、近年少しずつ微生物の影響が明らかになってきましたが、未だに診断技術等は確立されておらず、腐食事例の発生後に事後的に取り組みることがほとんどでした。本研究開発では、集団としての微生物の振る舞いに注目し、深刻な腐食の発生を事前に予測するリスク管理のための技術開発を行います。

本研究成果は、東日本大大震災に付随して生じた東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所（以下「1F」という。）の廃炉作業を安全に行うために必要な技術として提供されるだけでなく、石油・化学工場等の保全や我々の生活を支えるインフラストラクチャーの保全にも貢献します。

#### 【用語解説】

※1 微生物による金属腐食（微生物腐食）：金属材料の腐食が微生物の活動によって異常に促進される現象

### 3. 背景

微生物腐食は、現象は分かっているが原因微生物に関する研究が途上にあります。JAMSTECでは、微生物を集団として捉えて評価することで、長い間ブラックボックスとなっていた微生物腐食の進行過程における微生物集団の変化を捉えることに成功しています（[2022年6月4日既報](#)）。また、研究チームは、これまでに高腐食性微生物の特異的な集積方法、新規腐食性微生物の分離、腐食に関連するバイオマーカー（※2）の同定、微生物が高い腐食性を発揮する環境条件の特定など、本研究課題に必要な様々な要素技術の開発に成功しており、本研究はそれらをさらに発展させて、より実用化に近い形にするものになります。

微生物腐食が発生し得る環境は水環境がほとんどであり、河川水を利用した工業用水環境や海水使用環境等で見られます。微生物腐食の発生を予防したい環境の一つとして1Fがあり、1Fには様々な水環境（処理水タンク、原子炉建屋内、サブドレンなど）が存在します。しかしながら、現状の技術ではこれらの水環境に対して微生物腐食のリスクを予測することは難しく、長期的健全性を確保するための診断技術の確立が早急に必要です。本研究では、多検体の同時試験が可能な微生物腐食解析手法の開発や現場環境を模擬した試験、事故炉環境を想定した試験を通して、データ駆動型の統計解析を駆使し、高精度に微生物腐食リスクを予測することが可能な革新的オンサイト診断技術のプロトコルを確立・提供することを目指します。

#### 【用語解説】

※2 バイオマーカー：標的となる特定の生物機能を担う生物的な情報（特定の遺伝子配列やタンパク質など）

### 4. 研究計画

研究チームは様々な環境での微生物腐食研究を進めてきた若井主任研究員を中心に、多検体同時腐食試験評価系の開発を進めるNIMS、1F環境を想定した腐食試験リアクターを用いた実験を実施する電中研、金属腐食と微生物集団の群集構造データの統計解析を実施する日本製鉄、放射線環境下での腐食試験等を実施するJAEAが連携することで、様々な腐食環境から蓄積されたデータおよび1F想定環境での腐食データを統合し、金属腐食活性と相関の取れた腐食性微生物検出技術の開発を進めます。（図1）

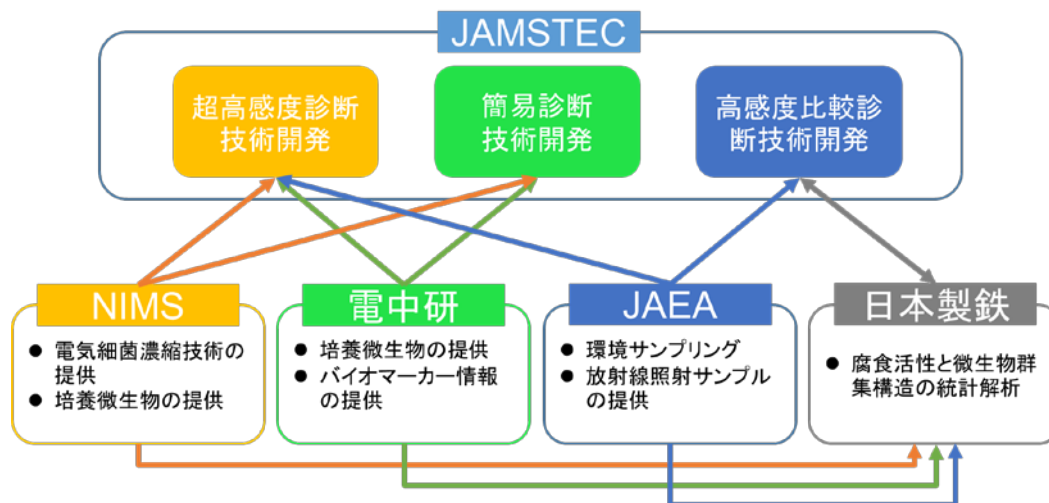


図 1 研究体制

NIMS では、既に開発済みの電気化学活性微生物の迅速集積方法を用いた腐食性微生物の集積培養や独自に開発する多検体同時腐食試験評価系を用いて 1F 周辺環境を含む環境試料中からの高腐食性微生物を探索します。また、多検体同時腐食試験評価系を用いて、防食に使用される各種薬剤等の効果について微生物腐食能を指標として評価します。本試験系は、廃炉環境以外にも一般産業環境を加味した検討が可能であり、波及効果の高い研究課題です。

電中研では、1F 建屋内を想定した反応リアクターを構築し、これまで公開されている環境情報に基づいてパラメータを設定することで、現場環境を模擬した微生物腐食試験を実施します。本試験系では、廃炉工程において生じ得る環境変動を想定した試験も可能であり、今後の廃炉工程に対して長期的な安全性を確認するためにも重要な研究課題です。

JAEA では、腐食生成物中の微生物分布や放射線環境下での微生物腐食について検討します。これまで腐食生成物から十分量の微生物由来 DNA が回収できることは分かっていますが、腐食生成物中にどのようにこれらの微生物が分布しているかは明らかになっておらず、腐食メカニズムを解明するためには分布状況とそこでの微生物の作用を明らかにしていくことが不可欠です。また、様々な微生物による金属腐食能が確認されていますが、放射線環境下で実際に腐食が進行するかどうかの検討もできておらず、いずれの研究項目も重要な研究課題となっています。

日本製鉄は、排水処理の分野において複雑多様な微生物集団から重要水処理微生物を同定する統計解析技術<sup>2</sup>を有しています。そこで、NIMS、電中研、JAEA の実験において検討される様々な培養条件中での微生物集団について、JAMSTEC において網羅的に遺伝子解析を実施し、得られた金属腐食活性と微生物集団情報を日本製鉄の統計解析技術を用いて解析し、数千種以上が存在する微生物集団の中から金属腐食に影響している微生物情報を抽出します。

JAMSTEC では、前述の培養物等について微生物集団の群集構造解析を網羅的に実施することに加えて、腐食活性の高い微生物集団についてメタゲノム解析(※3)を実施し、金属腐食活性と生体情報を関連付けることのできるバイオマーカーを特定します。現場レベルで使用

可能な DNA 抽出プロトコルについては既に確立しており、バイオマーカー等の情報に基づいて、オンサイトで迅速かつ簡便に腐食リスクを予測する技術の開発を行います。(図 2)

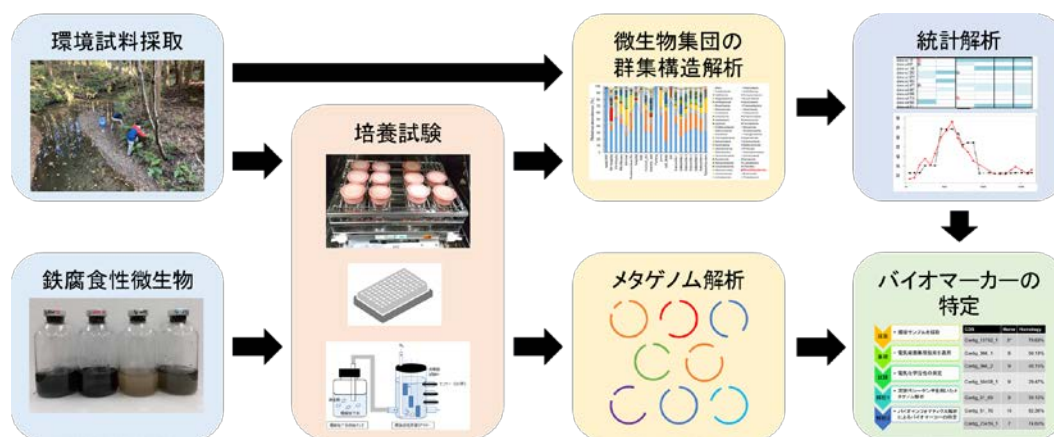


図 2 技術開発の流れ

**【用語解説】**

※3 メタゲノム解析：環境中に存在する微生物の遺伝子情報をまとめて解析する方法

**5. 研究の波及効果**

開発された技術は、当該研究プロジェクトの主要対象施設である 1F の水環境だけでなく、化学工場や石油関連施設、水環境にあるインフラストラクチャーの微生物腐食リスク予測にも展開可能です。また、本研究で開発する多検体同時微生物腐食解析手法は、予測診断後に必要な防食技術の開発（効果検証）にも展開可能であり、微生物腐食関連の様々な問題を低減させるために重要な技術と成ります。

**参考文献：**

- 1 腐食コスト調査委員会、わが国における腐食コスト、材料と環境誌、Vol. 69、pp. 283-306 (2020)
- 2 特許第 7299485 号「微生物群の特定方法」

**お問い合わせ先：**

(本研究について)

国立研究開発法人海洋研究開発機構

超先鋭研究開発部門超先鋭研究開発プログラム 主任研究員 若井 暁

E-mail：[wakais@jamstec.go.jp](mailto:wakais@jamstec.go.jp)

(報道担当)

国立研究開発法人海洋研究開発機構 海洋科学技術戦略部 報道室

電話：045-778-5690 E-mail：[press@jamstec.go.jp](mailto:press@jamstec.go.jp)

一般財団法人電力中央研究所 広報グループ

電話：03-3201-5349 E-mail：[hodo-ml@criepi.denken.or.jp](mailto:hodo-ml@criepi.denken.or.jp)

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 福島廃炉安全工学研究所  
運営管理部

電話：0246-35-7650 E-mail：[fukushima-kouhou@jaea.go.jp](mailto:fukushima-kouhou@jaea.go.jp)

日本製鉄株式会社広報センター

お問い合わせ：<https://www.nipponsteel.com/contact/>