

【壱ノ型】酸性環境鉄呼吸

水銀汚染土壌・地下水浄化技術

技術概要

① 微生物の酸性環境鉄呼吸を活用した水銀汚染土壌・地下水浄化技術

水銀は土壌環境において重大な汚染物質の一つであり、その除去は国内外を問わず喫緊の課題となっています。そこで、環境保護と持続可能な土壌浄化技術の開発に向けて、**高濃度水銀汚染環境で生存可能な鉄酸化細菌 MON-1株**を見出した岡山大学の研究成果を基に浄化技術を開発し、同大学とともに**水銀汚染土壌・地下水浄化**への実用化に取り組んできました。従来、水銀汚染土壌は600℃～800℃に加熱し、金属水銀として回収する方法が採用されますが、多大なエネルギーとコストがかかります。これに対し、本技術は常温で活動する微生物によって水銀を除去することで、**省エネルギーで低コスト**の浄化が可能です。

MON-1株の高濃度の水銀汚染環境で生存可能である等の特性を活かし、水銀イオンをガス状の**金属水銀に還元**して分離除去します。この方法は、バイオレメディエーションの中であらかじめ培養した微生物を汚染土壌や地下水へ添加する**バイオオーグメンテーション工法**^{※1}に分類されます(図1)。浄化は、以下の4つのステップで構成されます。

- 汚染土壌・地下水へ**鉄酸化細菌 MON-1株**を添加します
- エネルギー源となる鉄分を添加します
- 微生物によりエネルギー源の**鉄が酸化**されます
- 鉄の酸化と同時に**水銀が還元**、ガス状の金属水銀に変化するため、汚染土壌から容易に分離して除去することができます

このような微生物の持つ自然なプロセスにより、水銀汚染土壌や地下水から水銀を効果的に除去し、環境への影響を最小限に抑えることが可能となります。

※1：汚染された土壌や地下水に特定の微生物を追加して、汚染物質の分解や除去を促進するバイオレメディエーション技術の一つです。

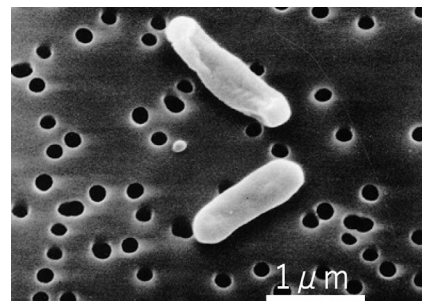


写真1 鉄酸化細菌 MON-1株の電子顕微鏡写真

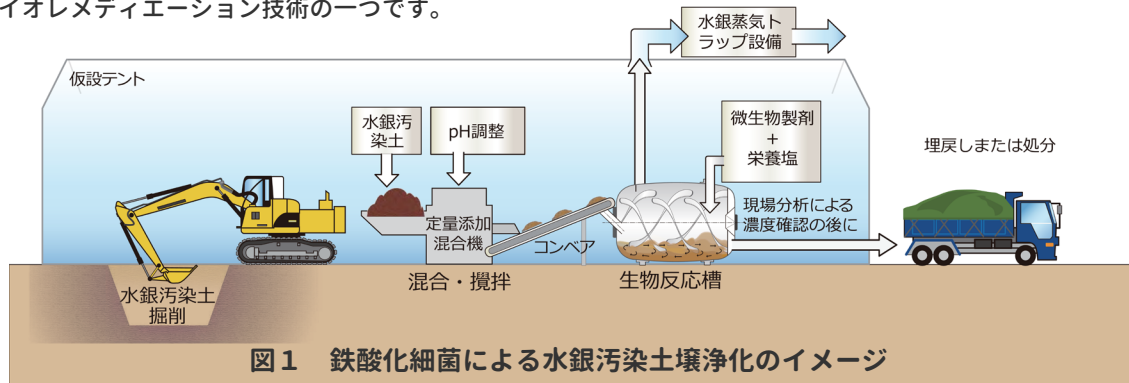


図1 鉄酸化細菌による水銀汚染土壌浄化のイメージ

② 微生物によるバイオレメディエーション利用指針適合確認の取得

本技術の実用化に際して、**MON-1株の大量培養**などの課題を克服しました。そして、実用レベルの浄化技術を開発し、パイロットスケールの実証実験(写真2)にて**環境基準値をクリア**する浄化の効果が確認されたことから(図2)、**微生物によるバイオレメディエーション利用指針適合確認**を申請、取得しました。



写真2 パイロットスケールの実証実験

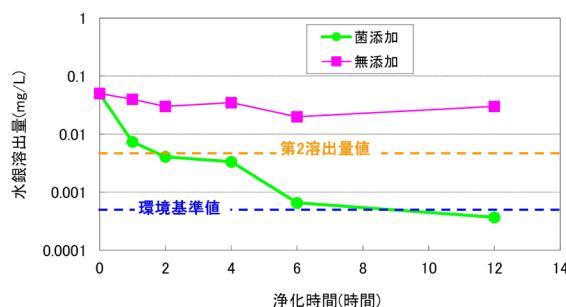


図2 汚染土壌からの水銀除去効果

【式ノ型】アルカリ環境好気呼吸

コンクリートの自己治癒・腐食抑制技術

技術概要

① 好気性微生物の呼吸を活用したスマートコンクリート

納豆菌など好気性^{※1}の芽胞形成菌^{※2}をコンクリートに練り混ぜることで、ひび割れ閉塞効果および鉄筋の防錆効果を付与したコンクリートを開発しています。好気性微生物は、コンクリート中の溶存酸素を消費して二酸化炭素(CO₂)を排出します。排出されたCO₂はコンクリート中のカルシウムイオン(Ca²⁺)と反応して炭酸カルシウムとなって析出し、ひび割れを閉塞します。一方、コンクリート中の溶存酸素が減少すると鉄筋の腐食速度が抑制されます。

※1：酸素を利用した「呼吸」を行う微生物のことです。

※2：菌の生育環境が悪化した際に形成される耐久細胞で、熱などの環境ストレスに強く死滅しません。

本研究チーム^{※3}では、培養試験を繰返し、pH11~12の高アルカリ条件下でも代謝活動が可能で増殖することができる菌を獲得することに成功しました。アルカリ条件下で生育できる(Alkaline Habitable)ことに由来してAH株と名付けました。(写真1)

- ・AH1株：pH11まで生育可能
- ・AH2株：pH12まで生育可能

AH株と栄養源をコンクリートに添加することにより、炭酸カルシウムを析出してひび割れを早期閉塞する自己治癒性能と、溶存酸素を積極的に消費して鉄筋の防錆効果を発揮することが期待されます。

※3：静岡理工科大 西田教授、愛媛大 河合教授、港湾空港技術研究所 小池主研と共研

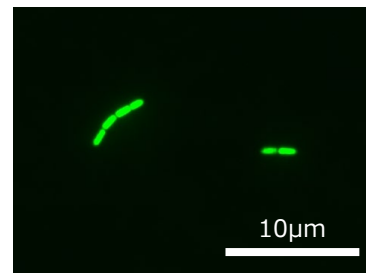


写真1 アルカリ耐性菌 (AH2株) 蛍光顕微鏡観察画像

② PC床版の配合でひび割れの繰返し閉塞効果を確認

コンクリート製品工場で製造されるPC床版向けのコンクリートに、微生物(濃縮液)と栄養源となる酵母エキスおよび生分解性プラスチックを添加して(写真2)、コンクリートのフレッシュ性状、圧縮強度、ひび割れ閉塞効果を確認しました。その結果、フレッシュ性状^{※4}および圧縮強度^{※5}への影響はほとんどなく、蒸気養生の有無に関わらず、最大で幅0.7mmのひび割れが閉塞することを確認しました。さらに、幅0.2mmのひび割れが1度閉塞した試験体を再割裂して、幅0.4mmのひび割れを導入しても、2週間程度で再閉塞して効果の持続性があることを確認しました(写真3)。

※4：空気量が微増する場合があります。空気量調整剤(AE剤)で調整可能です。

※5：圧縮強度が2~6%低下します。

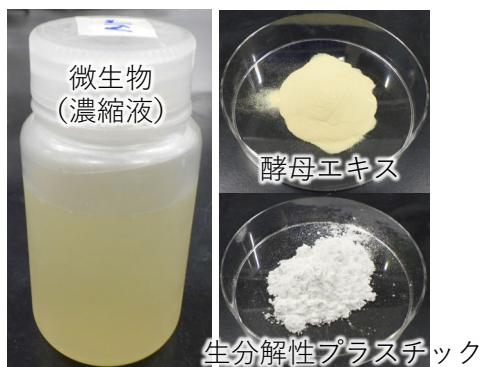


写真2 微生物と栄養源

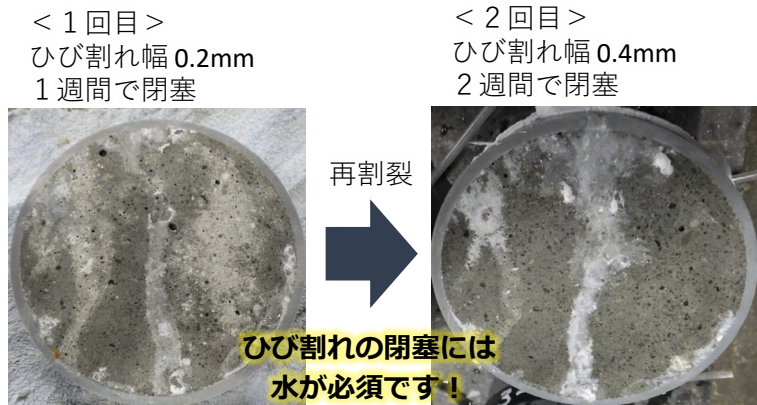


写真3 ひび割れ閉塞状況