

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月15日現在

機関番号：17102

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360227

研究課題名（和文）微生物のエネルギー代謝を利用した新たな地盤環境改善技術に関する研究

研究課題名（英文）Geoenvironmental improvement techniques using effective microorganisms

研究代表者

大嶺 聖 (OMINE KIYOSHI)

九州大学・工学研究院・准教授

研究者番号：60248474

研究成果の概要（和文）：

本研究では、多様な地域資源の中で有機系資源を有効活用した新たな地盤環境改善技術の適用性を検討した。様々な地盤環境問題が生じているが、できるだけ自然の材料を活用し、低コストでかつ環境負荷の低減を図ることにより、アジア地域へ広く適用することのできる持続可能な技術の開発を目指している。その中で、バイオレメディエーションによる重金属汚染土および石炭灰の環境負荷低減技術の適用性を明らかにするとともに、東日本大震災で津波被害を受けた塩害土壌について、好塩菌堆肥による除塩対策の現地試験を実施した。得られた結論は以下のとおりである。

- 1) ホウ素、フッ素、ヒ素、セレンなどに耐性のある微生物を同定することができた。これらの微生物によって重金属類の濃度を低減させることができる。
- 2) 石炭灰については、乳酸菌・酵母・納豆菌などの身近な微生物を加えることにより、六価クロムの溶出量を低減させることができる。
- 3) 石炭灰の埋立地から採取したサンプルからホウ素に耐性のある微生物を分離・同定し、溶液中のホウ素の濃度を低下させることができた。また、グルコマンナンによるホウ素の除去効果を確認することができた。
- 4) 堆肥に含まれる耐塩性試験により、16～18%程度の塩分濃度でも増殖できる数種類の好塩菌が存在することが確認できた。また、好塩菌堆肥を塩害土壌に混合することにより塩類濃度を約1ヶ月で4割程度低減できることを示した。さらに、岩手県陸前高田市の農地で塩害対策の実証試験を開始した。

研究成果の概要（英文）：

A fundamental study on the effect of mixing microorganisms for Cr (VI) contaminated water and soil was investigated by laboratory method. Moreover, reduction effects in the leaching of Cr (VI) from fly ash by mixing selected microorganisms were confirmed in consideration of species and amount of microorganisms.

Boron is an industrially important element having properties between metals and non-metals. Boron is often cited as the most phytotoxic trace nutrient in coal fly ash, because of its high concentration and solubility relative to other trace elements in coal fly ash. The removal of boron from contaminated water, fly ash is an important environmental concern. The samples were collected from fly ash dumping site in Japan. From the screening, seventeen isolates identified, characterized based on biochemical and 16S rDNA sequencing analysis were most closely related to the genera Bacillus, Lysinibacillus, Microbacterium, and Ralstonia. The bacterial isolates exhibited high boron tolerance ranged from 60-260 mM in solid media. To our knowledge, this is the first study examining a wide range of bacterial strains in terms of boron tolerant, removal (biosorption based) and accumulation from fly ash dumping site.

A geo-environmental approach has been carried out for the restoration of the

farmed land which was damaged by the saline water due to tsunami water in the pacific coast of Tohoku region in Japan. In this study, major chemical properties (pH, Electrical conductivity) of soil in Rikuzentakata city (one of the most affected areas due to tsunami) have been carried out in the field test during May and June, 2011. An innovative approach has been taken to restore the saline soil by using compost containing Halo bacteria in this area.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	5,800,000	1,740,000	7,540,000
2010年度	3,700,000	1,110,000	4,810,000
2011年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
総計	12,800,000	3,840,000	16,640,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・地盤工学

キーワード：地盤環境工学

1. 研究開始当初の背景

近年、廃棄物や副産物の処理・処分、汚染土壌の浄化および底質の環境改善などの地盤環境問題が深刻化している。これらの対策のため我が国では様々な技術が開発されているが、高度な技術や特殊な装置を用いたものが多く、途上国への適用を広めるためには低コストかつ環境負荷低減の観点が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、多様な地域資源として無機性および有機性資源を有効活用し、新たな地盤環境改善技術を提案することである。高価な資材や特殊な装置を使用せずに低コストでかつ環境負荷の低減を図ることにより、アジア地域へ広く適用することのできる持続可能な技術の開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 石炭灰の無害化と地盤材料としての活用

石炭灰には微量有害物質として六価クロム、ホウ素、フッ素などが含まれている。そのため、有機物質による六価クロムの溶出抑制、古紙による毛管現象と蒸発による低負荷の無害化技術の開発および環状オリゴ糖による有害物質の分離の適用性を明らかにする。さらに、無害化した石炭灰の活用法として、軟弱地盤の改良材や堆肥・有機質肥料としての有用性を検証する。

(2) 重金属汚染土の環境負荷低減技術

鉛、カドミウム、六価クロムなどの重金属を含有した汚染土について、刈草などの有機

物を用いて発酵や腐植物質による浄化技術および植物による重金属蓄積を行い、環境負荷低減技術の構築を図る。さらに、環境浄化機能を有する乳酸菌、酵母、納豆菌などの微生物による六価クロムの溶出抑制効果を明らかにする。

(3) 底質の微生物代謝による環境改善

湖沼、海洋、水路等の底質では硫化物やアンモニアなどの悪臭が発生し、周辺環境の悪化を招く場合が多い。特殊な薬剤や高価な材料を用いずに微生物代謝による有機物分解の促進を行う。また、毛管現象・蒸発による有害成分の汲み上げ効果および竹炭や炭素繊維を用いた微生物電池に着目した新たな技術の開発を行う。さらに、浚渫土砂を堆肥化して緑化資材としての適用性を明らかにする。

4. 研究成果

(1) 石炭灰の無害化技術

① 乳酸菌・酵母・納豆菌を主体とする環境浄化微生物を六価クロム標準液に添加することにより、六価クロムの濃度を低下させることができる。

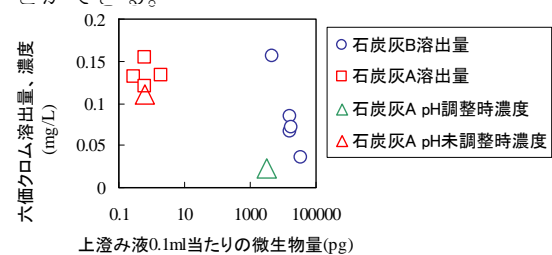


図-1 六価クロムの低減効果

低減のメカニズムとして、微生物への六価クロムの吸着や培養液中の有機物と接触することにより、六価クロムが無害な三価クロムへと還元されるといったことが考えられる。

②pH の異なる二種類の石炭灰に環境浄化微生物を添加した結果、pH が低い（弱アルカリ性）方の石炭灰では微生物量が大きく、また六価クロム溶出も非常に小さい値になった。それに対して、pH が高い（強アルカリ性）の石炭灰では、微生物はほとんど存在せず、六価クロム溶出も抑えられてはいるものの弱アルカリ性の方と比べると劣る結果となった。

③強アルカリ性の石炭灰については、pH を下げることで、微生物の量を増やし、六価クロムの溶出低減効果を発揮できることが分かった。

④グルコマンナンによるホウ素の除去効果を確認することができた。

⑤石炭灰の埋立地から採取したサンプルからホウ素に耐性のある微生物を分離・同定することができた（写真-1、写真-2）。この微生物を用いて、溶液中のホウ素の濃度を低下させることができた（図-2）。

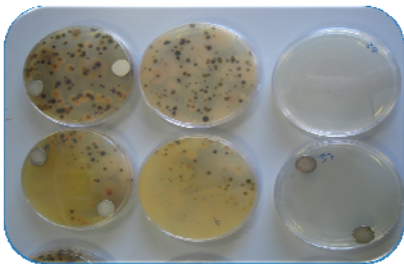


写真-1 有用微生物の分離

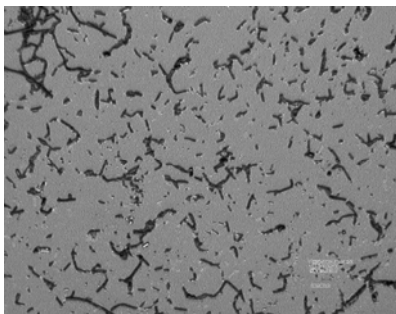


写真-2 ホウ素に耐性のある微生物を同定

(2) 重金属汚染土の環境負荷低減技術（バイオレメディエーション）

カドミウム、鉛、ヒ素および水銀に対して吸着効果の高い微生物の同定を行った。効果的な環境浄化微生物としては、北海道の炭鉱の跡地から採取した土壌サンプルから、六価クロムなどの重金属に耐性のある微生物の同定を行った。

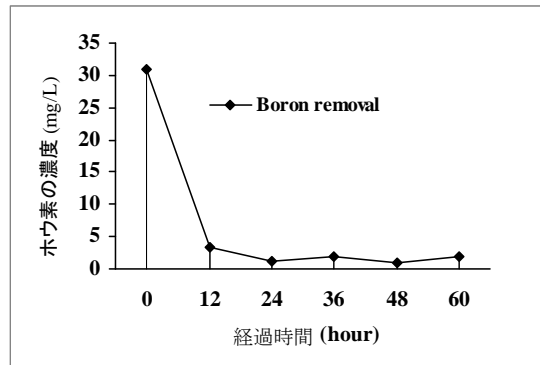


図-2 ホウ素の低減効果

(3) 底質の微生物代謝による環境改善

特殊な薬剤や高価な材料を用いずに微生物代謝による有機物分解の促進を行うために、活性炭や炭素繊維を用いた微生物電池の適用を行った。刈草や生ごみなどの様々な有機物をコンポストにする過程で微生物電池としての電力が発生することが確認された。微生物電池の正極にラップをして、内部の有機物ができるだけ嫌気条件となるようにすることで電力を向上させることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計5件）

① C. Edward Raja & Kiyoshi Omine: Characterization of Boron resistant and accumulating bacteria *Lysinibacillus fusiformis* M1, *Bacillus cereus* M2, *Bacillus cereus* M3, *Bacillus pumilus* M4 isolated from former mining site, Japan. *Journal of Environmental Science and Health Part A. Review*, Vol.47, Issue 10, pp.1341-1349, 2012.

②C. Edward Raja & Kiyoshi Omine: Arsenic, boron and salt resistant *Bacillus safensis* MS11 isolated from Mongolia desert soil. *African Journal of Biotechnology*. 11: 2267-2275, 2012

③大嶺 聖, 藤川拓朗, 杉本知史, 前田秀喜: 岩手県陸前高田市の被害調査と地盤環境問題への取組み—地盤沈降, 廃棄物処理および農地の塩害対策を事例として—, *地盤工学ジャーナル*, 査読有, Vol. 7, No. 1, pp.1-10, 2012年3月

④大嶺 聖: 有用微生物を用いた石炭灰の新たな処理技術: バイオレメディエーションの適用, *地盤工学会誌*, 査読有, Vol. 59, No. 7, pp.10-13, 2011年7月

⑤大嶺 聖，伊藤 良治，稻積 真哉，渡邊 保貴：地盤環境リスクと環境負荷の考え方とその評価事例，地盤工学会誌，査読有，Vol. 59, No. 8, pp. 4-7, 2011年8月

〔学会発表〕（計6件）

①Chellaiah Edward Raja and Kiyoshi Omine. Screening of boron tolerant bacteria isolated from fly ash dumping site for boron remediation. EurAsia waste management symposium held on 14-16 November, 2011, Istanbul, Turkey.

②Chellaiah Edward Raja, Kiyoshi Omine, Noriyuki Yasufuku, Hemanta Hazarika. Isolation and identification of boron resistant bacteria from fly ash dumping site. Geo-environmental engineering 2011, Kagawa national Institute of Technology, Takamatsu, Japan, May 21-22, 2011.

③大嶺 聖，安福規之，小林泰三，田村和也：微生物を利用した汚染土からの六価クロム溶出低減効果，第16回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，CD-ROM，2010年6月

④大嶺 聖・安福規之・田村和也・鐘ヶ江隆行：有機系資源を活用した新たな地盤環境改善技術の適用について，地盤環境および防災における地域資源の活用に関するシンポジウム発表論文集，pp.91-94，2010年1月

⑤田村和也，大嶺 聖，安福規之：微生物の代謝を利用した重金属汚染土の浄化効果，第8回環境地盤工学シンポジウム，pp. 189-192，2009年7月

⑥大嶺 聖，安福規之，小林泰三，田村和也，微生物の代謝による六価クロム汚染土の浄化効果，第15回地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会講演集，CD-ROM，pp. 87-90，2009年6月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大嶺 聖 (OMINE KIYOSHI)

九州大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：60248474

(2) 研究分担者

和田 信一郎 (WADA SHINICHIRO)

九州大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号：60108678

安福 規之 (YASUFUKU NORIYUKI)

九州大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：20166523

大石 京子 (OISHI KYOKO)

九州大学・大学院工学研究院・助教

研究者番号：220110835