

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：17301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26630220

研究課題名(和文) 除染で発生する除去土壌および有機系廃棄物の安定化技術としての微生物電池の適用

研究課題名(英文) Application of microbial fuel cell for contaminated soil with organic waste

研究代表者

大嶺 聖 (OMINE, Kiyoshi)

長崎大学・工学研究科・教授

研究者番号：60248474

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、放射線に汚染された地域の除染で発生する除去土壌および有機系廃棄物の金属吸着特性に及ぼす微生物の影響を明らかにするとともに、安定化技術として微生物電池を適用することを目的としている。

有機分の分解に伴って放射性セシウムの溶出量が増えるが、乳酸菌や光合成細菌を添加することで、水への放射性セシウムの溶出量を抑える効果があることが示唆された。また、堆肥化に伴う土壌微生物電池および植物を用いた微生物燃料電池の有用性が示された。

研究成果の概要(英文)：In this study, influence of microorganisms to adsorption property of heavy metal of contaminated soil with cesium at Fukushima is clarified. Microbial fuel cell (MFC) using soil with organic material and plant MFC are investigated based on the test results. It is found that leaching concentration of cesium to liquid decreases for mixing lactic acid bacteria or photosynthetic bacteria. It is also suggested that soil MFC and plant MFC is useful for stability of organic material.

研究分野：地盤環境工学

キーワード：微生物電池 汚染土壌 放射性セシウム

1. 研究開始当初の背景

(1) 化石資源以外のエネルギー源として、バイオマスへの関心がますます高まっている。次世代型バイオエネルギーである微生物電池は、微生物が有機物を代謝（呼吸）する過程で発生する電子を取り出して利用することである。微生物電池は、欧米を中心に活発に研究が進められているが、特殊な高分子膜や白金などが電極材料として用いられているため高価な装置となっている。

(2) 一方、福島原発事故により発生した放射能の大規模除染が行われているが、処分場の建設が進まないため、除去物が仮置き状態で放置されているのが現状である。特に、有機分を多く含んだ除去土壌は腐敗が進行し、悪臭を放つなど周辺環境悪化が生じている。有機分が腐敗してアンモニアや硝酸性窒素などが発生すると放射性セシウムの溶出のリスクが高まることから、除去物の長期保管方法が課題となっている。

2. 研究の目的

本研究は、放射線に汚染された地域の除染で発生する除去土壌および有機系廃棄物の金属吸着特性に及ぼす微生物の影響を明らかにするとともに、安定化技術として微生物電池を適用することを目的としている。

3. 研究の方法

(1) 除去された土壌や表土などは有機分が多く含まれているため、仮置き状態で腐敗が進行し、有機分の分解に伴って放射性セシウムの溶出リスクが増大する。

(2) 有機分を含んだ除去土壌に乳酸菌や光合成細菌を混合して嫌気発酵させることにより腐敗の進行を防ぎ、放射性セシウムが溶出しにくい環境での長期的安定性を検討する。

(3) 土壌微生物電池としては、現地で入手できる竹炭を電極として用い、刈草を含む土壌について電気を発生させることができるか検討する。また、稲の栽培において、微生物電池の適用性を検討する。

4. 研究成果

(1) 福島の間山部で採取した汚染土壌について、土壌洗浄法のひとつである湿式分級試験法を行った。水との振とうによる放射性セシウムの溶出は少なく、今回使用した試料では、土壌洗浄法の水を用いた分級による放射性セシウムの含有量の低減効果は少なかった。また、採取した草を嫌気条件で放置した後の放射性セシウムの量を調べた結果、乳酸菌や光合成細菌を添加することで、水への放射性セシウムの溶出量を抑える効果があることが示唆された。

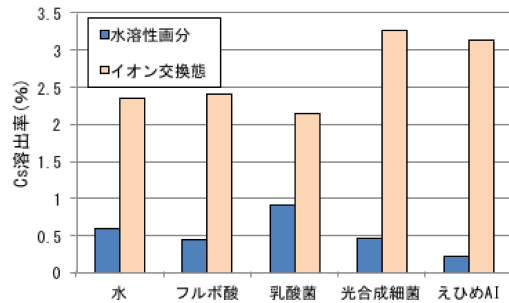


図-1 土壌のCs溶出率

(2) 福島県内の森林で採取した土壌について、微生物等を混合した試料の溶出試験およびプルシアンブルー不織布による吸着試験を行った。その結果、水溶性画分による放射性セシウムの溶出率はいずれの条件においても1%以下であり、プルシアンブルー不織布の吸着率も僅かであったが、微生物を添加することで、放射性セシウムの溶出率をイオン交換態と同程度まで増加させることができた。

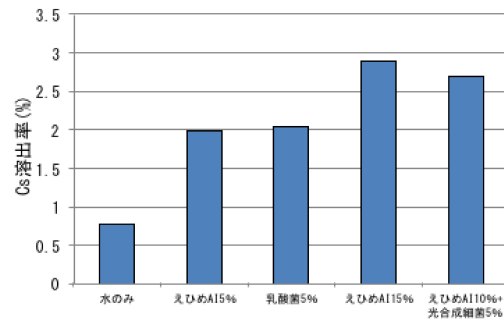


図-2 土壌にプルシアンブルー不織布を用いた際のセシウム溶出率

(3) 有機系廃棄物の堆肥化において微生物の代謝に伴って電気を発生させる微生物電池の特性を明らかにする。負極に鉄線を巻くことにより大きな電圧を得ることを明らかにした。また、電極間の距離が大きいほど大きな電圧が発生し、微生物電池を直列接続することで発電力の向上につながった。さらに微生物電池を活用することで、堆肥化の進行と土壌に含まれる窒素の溶出を減少することができた。

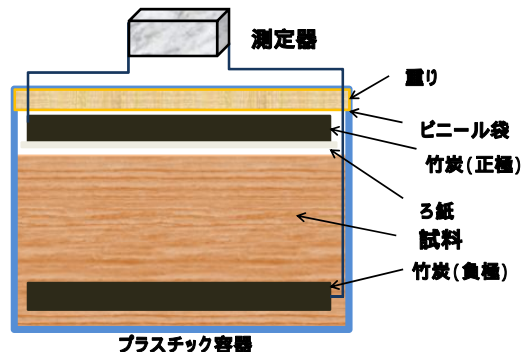


図-3 土壤微生物電池の装置

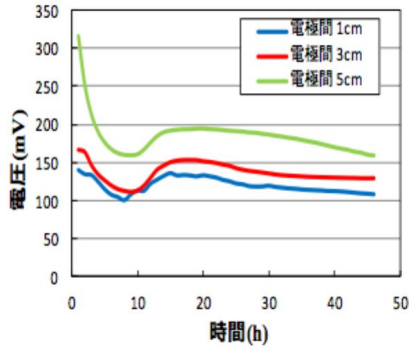


図-4 電圧の経時変化

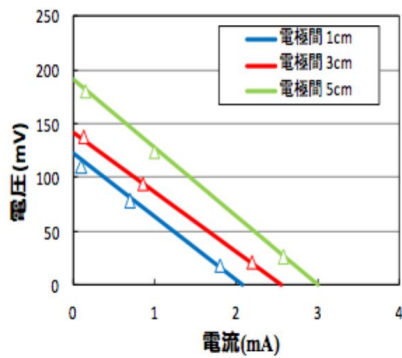


図-5 24時間後の電圧-電流の関係

(4) 植物を用いた微生物燃料電池 (PMFC : Plant Microbial Fuel Cells) において、植物の数と電極の材質が与える影響を調べた。最も高い電圧が得られたのは、材質マイクロファイバー、植物3本、酸化鉄を用いたものであった。日射量、気温との電圧の大小はおおむね一致した。また、土が乾燥すると、内部抵抗の上昇、起電力の低下により、発電能力は著しく低下する。乾燥状態では、竹炭を負極とし、湿潤状態が継続できる場合は、カーボンファイバーを負極にすることで高い発電能力となる。

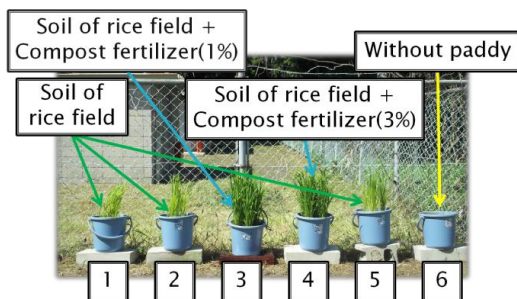


図-6 稲を用いた微生物燃料電池

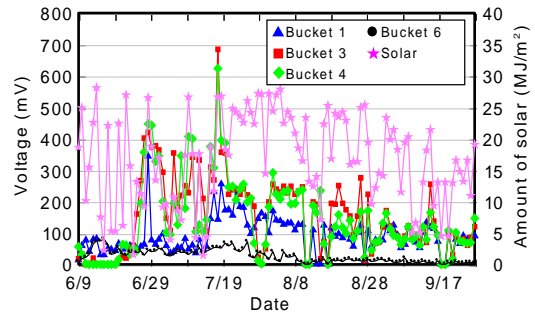


図-7 電圧と日射量の関係

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 4 件)

M. Azizul Moqsud, Tun Ahmad Gazali, Kiyoshi Omine & Yukio Nakata, Green electricity by water plants in organic soil and marine sediment through microbial fuel cell, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, Vol.39, 2017, 査読有
<http://dx.doi.org/10.1080/15567036.2016.1159263>

M. Azizul Moqsud, Koki Sato, Muzamir Hasan, Nakata Yukio, Kiyoshi Omine, Seasonal variation of contaminated geo-environmental condition of Yamaguchi bay tidal flat, Japan, Regional Studies in Marine Science, Vol.10, pp.27-31, 2017, 査読有
<https://doi.org/10.1016/j.rsma.2017.01.002>

M. Azizul Moqsud, M.A. Hannan, Kiyoshi Omine, Assessment of factors influencing bioelectricity generation in paddy plant microbial fuel cells, Global Advanced Research Journal of Agricultural Science, 4(12), 840-850, 2015, 査読有

M.A.Moqsud, J. Yoshitake, Q.S. Bushra, M. Hyodo, K. Omine, David Strik, Compost in plant microbial fuel cell for bioelectricity generation, Waste Managemen, Vol.36, pp.63-69,2015, 査読有
<https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.11.004>

[学会発表] (計 7 件)

大嶺 聖, 杉本知史, 末永 佳弥, 放射性セシウム汚染土壌の吸着・脱着特性におよぼす微生物の影響, 第5回環境放射能除染学会, 2016年7月6~7日(とうほう・みんなの文化センター:福島県福島市).

末永 佳弥, 大嶺 聖, 蔣 宇静, 杉本知史, 放射性セシウム汚染土壌の吸着特性におよぼす微生物の影響, 平成 27 年度土木学会西部支部研究発表会, 2016 年 3 月 6 日 (九州産業大学: 福岡県福岡市).

M. Azizul Moqsud, Masayuki Hyodo, Kiyoshi Omine, bioelectricity generation by plant microbial fuel cell in organic soil and marin sediment, 第 50 回地盤工学研究発表会, 2015 年 9 月 3 日 (北海道科学大学: 北海道札幌市).

大嶺 聖, 杉本知史, アレクセイ コノブリョフ, 土壌や有機物に吸着した放射性セシウムの溶出特性, 第 21 回 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究集会, 2015 年 6 月 19 日 (九州大学: 福岡県福岡市).

吉武潤一郎, M. Azizul Moqsud, 兵動正幸, 中田幸男, 大嶺 聖, 稲を用いた微生物燃料電池に必要な要素研究, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2014 年 7 月 23 日 (富山国際会議場: 富山県富山市).

金羽木悠一郎, M. Azizul Moqsud, 兵動正幸, 中田幸男, 大嶺 聖, 堆積土を用いた微生物燃料電池の発電における土の影響, 第 48 回地盤工学研究発表会, 2014 年 7 月 23 日 (富山国際会議場: 富山県富山市).

大嶺 聖, 杉本知史, 中川雄介, 放射性セシウムの土壌および有機物への吸着特性について, 第 3 回環境放射能除染学会, 2014 年 7 月 3 日 (郡山市民文化センター: 福島県郡山市).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大嶺 聖 (OMINE, Kiyoshi)
長崎大学・工学研究科・教授
研究者番号: 60248474

(2) 研究分担者

杉本 知史 (SUGIMOTO, Satoshi)
長崎大学・工学研究科・助教
研究者番号: 60404240

モクスト アジズル (MOQSUD, MD. Azizul)
山口大学・創成科学研究科・准教授
研究者番号: 60404240