

## 自己評価報告書

平成 23 年 5 月 15 日現在

機関番号：15201  
研究種目：基盤研究 (B)  
研究期間：2008～2012  
課題番号：20380179  
研究課題名 (和文) 地域の有機性資源と鉄バクテリアを用いたリン資源の循環利用システム  
研究課題名 (英文) Phosphorus resource recycling using regional oriented biomass and iron-oxidizing bacteria  
研究代表者  
武田 育郎 (TAKEDA IKUO)  
島根大学・生物資源科学部・教授  
研究者番号：60227022

研究分野：農学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：鉄バクテリア, 木質バイオマス, リン回収, 資源循環, 負荷削減, 地下水, リン酸肥沃度, 吸着材

## 1. 研究計画の概要

本研究では、地域の有機性資源を用いた担体を自然水域に浸漬させ、鉄バクテリア集積物をリン酸肥料又はリン吸着材として利用できる形態で効率的に回収するシステムを構築することを目的とする。また、鉄バクテリアの増殖に作用する鉄の多寡を規定する、流域内の水文循環過程を定式化し、これを制御することによって、本研究で構築するリン資源の循環利用システムの汎用化をはかる。すなわち、鉄バクテリア担持用の担体と回収容器に関する最良の材料および形態を決定するとともに、水域へ流入するリンの量を予測し、十分なリン資源の循環利用を可能にするシステムの設定条件（担体の量や浸漬期間）を定式化する。そして、鉄の挙動を規定する水文循環過程を、主として地下水や土壌浸透水の挙動に着目して把握し、これを制御する方法を開発する。なお、鉄バクテリア集積物にはヒ素や重金属を吸着する性質もあるため、回収した担体が肥料として使用できない場合が考えられる。このような場合においては対策技術を考案するが、自然水域以外の汚水や廃水を対象とした、これら有害元素の水質浄化材としての利用可能性についても検討し、実用技術の確立を目指す。

## 2. 研究の進捗状況

地域の有機性資源（木質バイオマス）を用いた担体を、地下水や浸透水由来の水が多く含まれる自然水域において浸漬させ、リン吸着能を持つ鉄バクテリア集積物を担体に担持させた。その結果、予備実験において良好な結果が得られたヒノキとともに、スギの心材においても同様な機能があることがわか

った。これには、ヒノキと同様に腐朽菌に対する分解抵抗性のあるフラボノイドなどのフェノール系物質やリグニンなどの組成および含有量が多いことも利点となると考えられた。さらに、木質組織の材質の不均一性に関する知見を得るとともに、熱水加圧処理材の抗蟻性に関する定量を行い、有用なデータを得た。また、グラスフィルターを用いて採集した土壌浸透水の微細粒子の挙動に関する検討を行い、粒度分布の特徴を明らかにした。

2年目の2009年では、前年度に有効性の示されたスギの心材においてさらに検討を進め、ヒノキとスギのリン回収特性には統計的な有意差がないこと、また、木質担体によって収集される酸化鉄とリンを ppm に換算すると、水域の水質 (ppm) に比べて、約1万倍の濃縮になることがわかった。さらに、木質組織の材質の樹幹内分布について物理化学的な側面から計測を行い、細胞壁を構成するセルロースマイクロフィブリルの樹軸方向に対する傾角が大きく異なることなどを明らかにした。また、浸透性の悪い土地においてマクロポアをつくと、根群域で水分の上昇と有機物量の増大が見られ、下方浸透の促進が進むことがわかった。さらに、流域内の営農活動の経時変化に着目し、流域内で栽培されている作物に関するリンの投入量を考慮するための解析を進めた。

3年目の2010年では、担体の材料として、木炭の中でも比表面積が大きく（これまでの木質バイオマスと比べて約300倍大きい）、汚濁物質の吸着特性に優れているとされている高波動炭の可能性を検討した。その結果、高波動炭に担持される酸化鉄の量は、これま

での木質バイオマスと大きな差異がないものの、リンの量は2倍程度に増加することがわかった。しかしながら、高波動炭の微細孔構造による比表面積の増加効果が十分に発揮されたとはいえなかった。これには、鉄バクテリア集積物が担体にフロック状に集積することに理由があると考えられた。さらに、木材の心材部を熱処理することによる木材水抽出液のpHの変化に関する測定を行い、飽水状態の木材を120°C以上の温度で熱処理することで、pHが著しく減少することが明らかとなった。これは、木材中のヘミセルロースに結合している酢酸等の有機酸が、加水分解により溶出するためであると考えられた。また、土壌浸透水の増減と降雨パターンとの相関から、ある断面における降雨到達時間を評価し、降雨による浸透は未処理区に比べ処理区の方が有意に早くなることが明らかになった。

### 3. 現在までの達成度

本研究の目的である、地域の有機性資源と鉄バクテリアを用いてリンを自然水域から回収し、担体をそのままの形でリン酸肥料又はリン吸着材として利用できる形態で回収するシステムを構築することに対して、担体のより良好な形状の探索から木質材料の理化学的性の検討、そして、土壌中の地下水の水文学的な検討について、一定の成果が得られた。したがって、現在までの達成度は、②概ね順調に進展している、に相当している。

### 4. 今後の研究の推進方策

本研究で用いる木質担体について、より良好な性状の探索を継続させる。すなわち、鉄バクテリアの生息に適しているといわれている酸化還元電位 0V 付近における弱酸性の要件を形成させることを考える。この一つの方法として、木材の心材部を熱処理することによる酢酸等の有機酸の効果を検討する。また、重金属の吸着量評価をさらに続行するとともに、陸域から水域に供給されるリンの量と形態を、水文循環の過程と関連を持たせて解析を進める。すなわち、地表面に到達した水分のうち、比較的早く流出するものを除いた中間流出成分や地下水流出成分の挙動と地下環境における酸化還元条件との関連性についての定式化とその有効利用のための方策を探索する。

### 5. 代表的な研究成果

(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6件)

- ① Takeda, I., Somura, H., Mori, Y.:  
Recovery of phosphorus from natural water bodies using iron-oxidizing

bacteria and woody biomass. *Ecological Engineering*, 36, 1064-1069, (2010) 査読有

- ② Somura, H., Takeda, I., Mori Y.:  
Influence of puddling procedures on the quality of rice paddy drainage water, *Agricultural Water Management*, 96, 1052-1058, (2009) 査読有
- ③ Mori Y, Higashi, N.: Controlling solute transport processes in soils by using dual-porosity characteristics of natural soils, *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects.*, 34, 121-127, (2009) 査読有
- ④ Ohta, H., Maruyama, M., Tanabe, Y., Hara, T., Nishino, Y., Tsujino, Y., Morita, E., Kobayashi, S., Shido, O.: Effects of redecoration of a hospital isolation room with natural materials on stress levels of denizens in cold season, *International Journal of Biometeorology*, 52, 331-340, (2008) 査読有
- ⑤ 武田育郎: 木質バイオマスと鉄バクテリアを用いた自然水域におけるリンの再資源化の試み, *農業農村工学会資源循環研究会論文集*, 4, 119-130 (2008) 査読有
- ⑥ 武田育郎, 宗村広昭 間伐材と鉄バクテリアを用いた自然水域からのリンの回収とその農業利用, *環境技術*, 37(5), 347-351. (2008) 査読有

[図書] (計4件)

- ① Takeda, I. (2011) Recycling of phosphorus resources in agricultural areas using woody biomass and biogenic iron oxides (In Darko Matovic ed., *Remote Sensing of Biomass: Principles and Applications*), in press, InTech Publisher, Vienna, ISBN=978-9533074924
- ② Takeda, I. (2011) Phosphorus purification in a paddy field watershed and a new method for phosphorus recovery from natural water bodies (In Justin A. Daniels ed., *Paddy Fields and Soils: Advances in Environmental Research. Volume 7*), pp.145-171, Nova Science Publishers, New York, ISBN=978-1617287749
- ③ 武田育郎 (2010) よくわかる 水環境と水質, オーム社, 東京, 244p. ISBN=978-4274209062
- ④ 武田育郎 (2010) 水処理技術 (農業農村工学会編「改訂7版 農業農村工学ハンドブック」, 農業農村工学会 所収) pp.252-257, ISBN=978-4889801415