

**先端研究助成基金助成金(最先端・次世代研究開発支援プログラム)  
実施状況報告書(平成 24 年度)**

本様式の内容は一般に公表されます

研究課題名	微生物燃料電池による廃水からのリン除去および回収
研究機関・ 部局・職名	岐阜大学 流域圏科学研究センター・准教授
氏名	廣岡 佳弥子

### 1. 当該年度の研究目的

平成 24 年度は、2)カソードからのリン含有析出物の回収方法の検討、3)析出物の組成の解析、4)リンの析出に影響する要因の検討、の 3 つの検討項目を平行しておこなった。

2)では、溶解・再析出法の検討を終了することを目的とした。また、3)では、析出物の元素組成と結晶構造を明らかにし、結晶のメカニズムに関する知見を得ること、さらにリン含有析出物が資源として利用可能であることを確認するために、微量金属元素をどの程度含むのかを明らかにすることを目的とした。4)では、析出に大きく影響すると考えられる因子(Mg、および NH<sub>4</sub> 濃度、HRT、夾雑(共存)物質、有機物濃度など)について、少なくとも 1 種類の影響要因についての検討を終了させることを目的とした。

### 2. 研究の実施状況

#### 2) リン析出物の回収方法の検討

リン含有化合物が析出したエアカソードを酸性溶液に浸漬することによって析出物を溶解させ、その後、溶液に水酸化ナトリウムを加えることによってアルカリ性にし、リン酸を再結晶させ、回収することができた。溶解させる時の pH 条件は pH3~5.5 で検討し、この範囲内ではよく溶解した。

#### 3) カソード析出物の組成の解析

廃水にリン酸、Mg、NH<sub>4</sub> が含まれるときの析出物の主成分はストラバイトであるが(23 年度報告)、リン酸と Mg のみで NH<sub>4</sub> が含まれない場合、析出物の主成分はカットタイト(Mg<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>·22(H<sub>2</sub>O))という化合物となった。重金属に関しては、実廃水(養豚廃水)からの析出物には、流入の Cr、Mn、Ni、Cu、Zn が 1~20%程度まで蓄積するのが確認された。元の廃水中の重金属濃度がリン濃度に比べて相対的に低ければ、回収したリン析出物中の重金属の割合も、肥料として利用可能な許容範囲に収まると考えられる。

#### 4) リンの析出率に影響する要因の検討

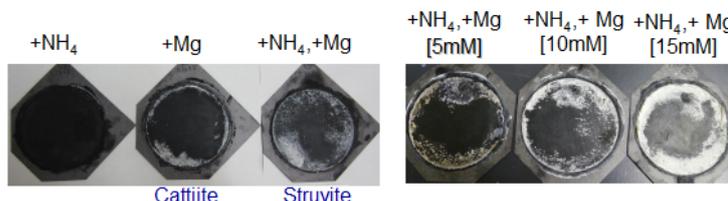
リンの析出に影響する要因として、「Mg、および NH<sub>4</sub> 濃度」「有機物濃度」「外部抵抗の大きさ」に関しての検討をおこなった。

Mg、および NH<sub>4</sub> の影響について検討した結果、廃水中にリンと共に Mg、と NH<sub>4</sub> の両方が存在する時、ストラバイトが析出し、リンと Mg のみの場合はカットタイトが析出することがわかった。リンと NH<sub>4</sub> のみの場合は析出しなかった。濃度に関しては、10mM のリン濃度の廃水を用いた場合では、それぞれ Mg、NH<sub>4</sub> が 5mM 以下では析出せず、10mM 以上添加すれば析出した。さらにリン濃度を 30mM まで増加させた場合、4mM の添加でも析出したことから、Mg、NH<sub>4</sub> の添加量を増やすことで、低濃度までリンを回収できることがわか

った。

廃水中の有機物に関しては、濃度が高くなるほど析出物の量が多くなった。有機物濃度を一定とした場合でも、外部抵抗が小さくなる程、析出量が多くなった。これは、カソードでの酸素還元反応による OH<sup>-</sup>の生成に伴うカソード近傍での pH の上昇

によって析出が起こるといふ我々の仮説を、強く支持する結果である。なぜなら有機物濃度が高くなる程、又は外部抵抗が小さくなる程、MFC で発生する電流量が増加し、酸素還元反応が盛んになるからである。



### 3. 研究発表等

<p>雑誌論文 計 5 件</p>	<p>(掲載済み一査読有り) 計 1 件                  ・Osamu Ichihashi*, Kayako Hirooka*, Removal and recovery of phosphorus as struvite from swine wastewater using microbial fuel cell, Bioresource Technology, 2012, 114, 303-307, ISSN 0960-8524, (*co-first authors).                  (掲載済み一査読無し) 計 2 件                  ・市橋 修, 廣岡 佳弥子, 新技術—「微生物燃料電池を用いた廃水からのエネルギー回収型リン回収システム」開発への取り組み, 月刊「水」, 2012, 9 月号, 16-20.                  ・廣岡 佳弥子, 市橋 修, 微生物燃料電池を用いた廃水からのエネルギーとリンの同時回収, 化学工学, 2012, 76(11), 692-694.                  (未掲載) 計 2 件                  ・Kayako Hirooka*, Osamu Ichihashi*, Phosphorus recovery from artificial wastewater by microbial fuel cell and its effect on power generation, Bioresource Technology, 2013, 137, 368-375, ISSN 0960-8524 (*co-first authors).                  ・廣岡 佳弥子, 市橋 修, 微生物燃料電池による廃水処理(「生物処理」と「電気化学」の融合), 配管技術, 2013, 55(6), 7-12.</p>
<p>会議発表 計 9 件</p>	<p>専門家向け 計 8 件                  ・Osamu Ichihashi, Kayako Hirooka, Simultaneous recovery of electrical power and phosphorus from swine wastewater by microbial fuel cell, Santiago de Compostela (Spain), 25-27 June 2012, International Water Association.                  ・Kayako Hirooka, Osamu Ichihashi, Phosphorus recovery as struvite from synthetic wastewater by microbial fuel cell, Santiago de Compostela (Spain), 25-27 June 2012, International Water Association.                  ・Kayako Hirooka, Osamu Ichihashi, Deterioration of the cathode performance in microbial fuel cells by the precipitation of phosphorus, Ithaca (U.S.A.), 8-10 October 2012, International Society of MicrobialElectrochemical Technologies.                  ・Osamu Ichihashi, Kayako Hirooka, Simultaneous Recovery of Electrical Power and Phosphorus from Wastewater by Microbial Fuel Cell, Ithaca (U.S.A.), 8-10 October 2012, International Society of MicrobialElectrochemical Technologies.                  ・市橋 修, 廣岡 佳弥子, 微生物燃料電池を用いた廃水中のエネルギーとリンの同時回収, 名古屋市, 2012 年 11 月 10 日~11 日, 中部化学関係学協会支部連合協議会.                  ・Jia Jin, Kayako Hirooka, Osamu Ichihashi, Fusheng Li, Availability of organic suspended solid as substrate for power generation in microbial fuel cell, Tokyo (Japan), 7-10 December, 2012, IWA Japan-YWP.                  ・市橋 修, 廣岡 佳弥子, 微生物燃料電池エアカソードにおける非白金触媒利用の試み, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日, 日本水環境学会.                  ・廣岡 佳弥子, 市橋 修, 微生物燃料電池における廃水からのリン回収 - カソード性能の低下とその回復 -, 大阪市, 2013 年 3 月 11 日~13 日, 日本水環境学会.</p> <p>一般向け 計 1 件                  ・廣岡 佳弥子, 市橋 修, 微生物燃料電池を用いた廃水からのエネルギー回収型リン回収システム, 東京都, 2012 年 5 月 31 日~6 月 1 日, 科学技術振興機構.</p>

様式19 別紙1

図書 計0件	
産業財産権 出願・取得状況 計1件	(取得済み) 計0件  (出願中) 計1件 ・[名称] 微生物燃料電池, [発明者] 廣岡佳弥子、市橋修, [権利者] 国立大学法人岐阜大学, [出願番号] 特願 2012-219612, [出願年月日] 平成 24 年 10 月 1 日, [国内・外国] 国内
Webページ (URL)	<a href="http://www.green.gifu-u.ac.jp/~khirooka/">http://www.green.gifu-u.ac.jp/~khirooka/</a> <a href="http://www.green.gifu-u.ac.jp/~ichihashi/">http://www.green.gifu-u.ac.jp/~ichihashi/</a> <a href="http://pubjim.gifu-u.ac.jp/wwwgifu/02/other/hirooka-j.pdf">http://pubjim.gifu-u.ac.jp/wwwgifu/02/other/hirooka-j.pdf</a>
国民との科学・技術対話 の実施状況	
新聞・一般雑誌等掲載 計1件	・日経産業新聞 2012年12月3日 11ページ「家畜ふん尿からリン回収」
その他	

4. その他特記事項

## 実施状況報告書(平成24年度) 助成金の執行状況

本様式の内容は一般に公表されず

## 1. 助成金の受領状況(累計)

(単位:円)

	①交付決定額	②既受領額 (前年度迄の 累計)	③当該年度受 領額	④(=①-②- ③)未受領額	既返還額(前 年度迄の累 計)
直接経費	32,000,000	13,180,000	9,530,000	9,290,000	0
間接経費	9,600,000	3,954,000	2,859,000	2,787,000	0
合計	41,600,000	17,134,000	12,389,000	12,077,000	0

## 2. 当該年度の収支状況

(単位:円)

	①前年度未執 行額	②当該年度受 領額	③当該年度受 取利息等額 (未収利息を除 く)	④(=①+②+ ③)当該年度 合計収入	⑤当該年度執 行額	⑥(=④-⑤) 当該年度未執 行額	当該年度返還 額
直接経費	3,375,420	9,530,000	0	12,905,420	10,905,420	2,000,000	0
間接経費	1,012,627	2,859,000	0	3,871,627	3,271,626	600,001	0
合計	4,388,047	12,389,000	0	16,777,047	14,177,046	2,600,001	0

## 3. 当該年度の執行額内訳

(単位:円)

	金額	備考
物品費	3,668,770	RRDE-3A回転リングディスク電極装置Ver.1.2C、実験試薬等
旅費	861,220	電気化学学会への参加旅費(宮城)等
謝金・人件費等	6,081,970	博士研究員人件費等
その他	293,460	分析機器利用料金等
直接経費計	10,905,420	
間接経費計	3,271,626	
合計	14,177,046	

## 4. 当該年度の主な購入物品(1品又は1組若しくは1式の価格が50万円以上のもの)

物品名	仕様・型・性能 等	数量	単価 (単位:円)	金額 (単位:円)	納入 年月日	設置研究機関 名