

令和 4 年 5 月 23 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2021

課題番号：18H01570

研究課題名（和文）余剰汚泥を触媒とした下水処理場における化成品製造ポテンシャルの検討

研究課題名（英文）Potential of producing value-added chemical products using waste activated sludge as the catalyst in municipal wastewater treatment plants

研究代表者

池 道彦（Ike, Michihiko）

大阪大学・工学研究科・教授

研究者番号：40222856

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、余剰汚泥をバイオ触媒として用いた下水処理場における化成品生産を実現するための基礎的研究として、余剰汚泥によるポリヒドロキシアルカン酸（PHA）、グリコーゲン（GLG）、トリアシルグリセロール（TAG）の生産可能性を明らかにした。また、PHAに着目し、余剰汚泥中のPHA蓄積微生物を短期間で集積する手法を確立した。さらに、汚泥に蓄積したPHAを効率的に回収する手法も確立し、余剰汚泥を用いたPHA生産に伴う環境負荷を推算して、その有用性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

下水処理場は、従来、産業の静脈側の役割を担ってきたが、本研究の構想が実現すれば、モノ創りという動脈側の拠点の役割も付与することができ、循環型産業システムの構築に大いに貢献する可能性を有する。本研究では、余剰汚泥を用いた特定の化成品合成として、PHA、GLG、TAGの合成可能性について検討し、特にPHAに着目して、余剰汚泥のPHA生産機能を向上させる手法及び汚泥からPHAを効率的に回収する手法を確立し、提案構想を実現していくための重要な基礎を築くことができ、学術的にも社会的にも意義の高い成果が得られたものといえる。

研究成果の概要（英文）：This project aimed to the realization of the production of value-added products using waste activated sludge (WAS) as the catalyst in municipal wastewater treatment plants, and conducted fundamental studies to the aim. First, we evaluated the potential of WAS to produce polyhydroxyalkanoates (PHA), glycogen (GLG), and triacylglycerol (TAG) from various substrates. Then, focusing on PHA, we established the method to efficiently enrich PHA-accumulating bacteria in WAS within short periods. In addition, we established the method to efficiently recover PHA accumulated in WAS. Finally, we estimated the environmental burdens during the PHA production using WAS, and confirmed the usefulness of the proposed PHA production strategy.

研究分野：生物環境工学

キーワード：下水処理場 余剰汚泥 産業廃水 化成品生産 バイオマス循環拠点化

## 1. 研究開始当初の背景

下水処理に広く利用されている活性汚泥法は、細菌を中心とする微生物により下排水中の有機成分を CO<sub>2</sub> と余剰汚泥に変換し、水中から除去する技術である。循環型社会形成が喫緊の社会課題となっている近年では、活性汚泥処理で生じる余剰汚泥を、嫌気性消化によりメタンに転換したり、固形燃料化するなどしてエネルギー化する試みが多く行われており、活性汚泥法は下排水中の汚濁有機成分を原料として、余剰汚泥という“資源”を生産する資源製造プロセスとみなすこともできるようになってきた。下水処理場を資源製造の場としてみれば、豊富な再生水や各種工程から生じる廃熱のエネルギーを安価に利用でき、また、製造工程で生じる排水や残渣を処理・処分できる静脈インフラが整備された場ともいえ、ある種理想的な側面も備わっている。このような視点から、農畜産廃棄物や産業廃棄物、生ゴミなどの地域の未利用バイオマスを下水処理場に搬入し、余剰汚泥とともにエネルギー資源に転換する試みも見られるようになってきており、バイオマス資源拠点としての役割が脚光を浴びつつある。しかし、現状では下水処理場において回収・製造される資源の付加価値は必ずしも高いものとはいえず、まだそのバイオマス資源拠点としてのポテンシャルが十分に活かされていない。従って、下水処理場において、下水を含めたバイオマスから、より多様で付加価値の高い産物を製造する新たな技術開発が行われることが望まれる。

ここで、活性汚泥中には多様な微生物が存在しており、これらの活性汚泥微生物の代謝をフル活用すれば、下水処理場において様々な有機物から化成品やその原料となる付加価値の高い資源を製造できる可能性もある。この構想を実現するためには、活性汚泥のような混合系の有する多様な代謝経路のうち、特定の物質の生合成系を強化し有効な触媒とする手法を確立することが重要な鍵を握る。この技術が確立し、目的産物を高収率で生産させる培養条件の最適化、産物を高純度で安価に回収するダウンストリーム・プロセッシング技術の検討を行うことにより、多様な側面から本構想の実用化の可能性を明確にすることができる。

## 2. 研究の目的

本研究は、下水処理場において、市場価値の低いメタン等のエネルギーのみではなく、より市場価値の高い化成品あるいは化成品原料(以降ひとまとめにして化成品と呼ぶ)を製造できるプロセスを確立し、バイオマス資源拠点としてのポテンシャル(価値)を飛躍的に高めることを構想するものであり、その実現の基礎となる活性汚泥による化成品製造に関する一連の検討を行う。具体的には、本来は廃棄物として生じる余剰汚泥をバイオ触媒として用い、産業廃水や廃棄物等に含まれる特定の基質を、化成品として利用可能な細胞内貯蔵物質や細胞外ポリマー等に効率的に転換するバイオプロセスを検討する。また、検討の結果から、下水処理場において産業排水を含めた多様なバイオマスから、化成品を安価に製造するポテンシャルを総合的に評価することを目的とする。

なお、本研究では、細菌をはじめとする微生物群が合成し、化成品として利用可能な代表的な物質として、ポリヒドロキシアルカン酸(PHA)、グリコーゲン(GLG)、トリアシルグリセロール(TAG)を研究対象とした。PHAはポリエステル的一种であり、生分解性と生体適合性に優れることから、バイオプラスチック原料として利用することができる。GLGは炭水化物の最も代表的なビルディングブロックであるグルコースの重合体であり、各種産業での利用が期待される。また、TAGは単純脂質に属する中性脂肪の一つであり、バイオオイルや化成品原料として利用されている。

## 3. 研究の方法

### (1) 余剰汚泥の化成品生産ポテンシャルの評価

都市下水処理場より採取した余剰汚泥を用い、窒素源とリン源を制限した条件下での回分試験(実験系 200 mL)により、様々な基質からの PHA 及び GLG の生産ポテンシャルを評価した。基質には、産業廃水や液状廃棄物に比較的高濃度に含まれることが想定される有機物の代表として、有機酸(酢酸、プロピオン酸、酪酸、クエン酸、リンゴ酸、ピルビン酸、乳酸)、糖類(グルコース、フルクトース、スクロース)、グリセロールを選定した。また、実際の産業廃水/廃棄物及び模擬廃水(以降では複合基質と総称する)も原料として用いた。また、一部の基質に対しては、回分試験を繰り返すことによる化成品生産ポテンシャル向上の可能性についても検討した。

他方、油糧微生物として知られている *Rhodococcus jostii* RHA1 を使用し、酢酸(有機酸の代表物質)、グルコース(糖類の代表物質)、グリセロールを基質に用いた TAG 生産の可能性について検討した。

### (2) 余剰汚泥を用いた効率的 PHA 生産の検討

余剰汚泥の化成品生産能を向上させる技術を確立するため、基質として酢酸とグルコース、化成品として主に PHA を対象として、数日間で余剰汚泥の PHA 生産能を向上させる PHA 蓄積微生物

物集積法について検討した。ここでは、炭素源の過剰状態と欠乏状態を繰り返す Feast-famine 法による生態学的選択と、PHA 蓄積に伴う細胞密度上昇を踏まえた PHA 蓄積 (Feast 期) 後の短時間沈降による物理的選択を組み合わせた Aerobic Dynamic Discharge 法 (ADD 法; 引用文献 ) に着目し、数日間での PHA 蓄積能の顕著な向上の可能性を明らかにするとともに、PHA 蓄積能の向上に好適な集積条件について検討した。

PHA 蓄積微生物の集積は、4L 容の円筒容器 (高さ : 半径 = 10 : 1) を用い、連続回分式で実施した。集積期間を固定し、窒素・リン源の添加条件、回分サイクル時間、Feast 期後の沈降時間を変更した様々な条件で集積を試み、各基質から PHA を高効率に蓄積する微生物を集積することのできる条件について検討した。

### (3) 汚泥に蓄積した PHA の効率的回収の検討

特定の微生物からの PHA 回収に活用されている既存の PHA 回収法のうち、溶媒抽出法 (溶媒 : クロロホルム、ジクロロメタン、炭酸ジメチル) 細胞可溶化法 (薬品 : NaClO、ドデシル硫酸ナトリウム (SDS) NaOH) 細胞破砕法 (超音波、ビーズミル) を対象として、汚泥からの PHA 回収に対する有効性を検討した。さらに、有効性が確認された回収法に対しては、処理条件が PHA 回収に及ぼす影響を調査し、好適な処理条件を決定した。

また、決定した最適処理条件を用いた PHA 回収を適用した PHA 生産プロセスに伴う環境負荷を推算した。ここでは、温室効果ガス (GHG) 排出量と非再生可能エネルギー使用量 (NREU) を環境負荷の指標として用いた。また、PHA 生産プロセスのうち、余剰汚泥への PHA 蓄積に係る環境負荷は既往研究 (引用文献 ) で得られた実績値を使用した。

## 4. 研究成果

### (1) 余剰汚泥の PHA・GLG 生産ポテンシャル

脂肪酸 7 種、糖類 3 種、及びグリセロールを基質として用い、余剰汚泥による PHA 及び GLG 蓄積能を調査した結果、24 時間までに、ポリヒドロキシ酪酸 (PHB) が 2.0~25.5%、ポリヒドロキシ吉草酸 (PHV) が 0~6%、GLG が 0.9~14.1% 生産された (図 1)。各基質と生産物の関係を見ると、PHB は酢酸、酪酸、プロピオン酸、乳酸において蓄積率が高く、有望な基質であることが示唆された。他方、PHV はプロピオン酸を用いた場合に 6.0%蓄積したが、他の基質ではほぼ生産されなかった。また、GLG は、糖類を基質とした場合に、PHB よりも多く蓄積されることが明らかとなった。以上の結果から、多様な微生物で構成される余剰汚泥は様々な基質から PHA 及び GLG を生産するポテンシャルを有しているが、基質の種類によって主に生産される化成品が異なることが示唆された。

また、複合基質 7 種を用いて余剰汚泥の PHA・GLG 蓄積能の調査した結果、PHB は 0.5~9.8%、PHV は 0~0.1%、GLG は 1.1~14.6% 蓄積し、各基質から蓄積した PHA 及び GLG は合計で 4.5~24.4%であった (図 2)。この結果から、実際の産業廃水や液状廃棄物も PHA 及び GLG の生産原料として利用できることが示唆された。

他方、本検討で得られた PHA 及び GLG の蓄積率は、商業ベースで利用されている純菌での PHA 蓄積率に比べると明らかに低いことが明らかとなった。一方、複合基質のうちオレンジジュースを用い、複数回の回分培養によって余剰汚泥を基質に馴化させた上で PHA・GLG 蓄積能を再度調査したところ、回分培養を繰り返すことによって PHA・GLG 蓄積能が向上することが確認された。すなわち、PHA・GLG 生産に使用する基質に余剰汚泥を馴化させることにより、汚泥内に存在する PHA・GLG 生産微生物を集積・優占化させ、PHA・GLG 生産能を向上させることが可能であり、PHA や GLG の生産触媒として実際に活用することが可能になるものと示唆された。

### (2) *R. jostii* RHA1 の TAG 生産ポテンシャル

酢酸、グルコース、グリセロールを基質に用いて TAG 蓄積を調査した結果、グルコースでのみ TAG 蓄積率の上昇が観察された。そこで、グルコースを基質とする複数の培地で TAG 蓄積を検討したところ、他の有機物や窒素・リンが存在する場合には TAG 蓄積が抑制されることが確認され、グルコースを単一炭素源とし、窒素・リンを含まない培地条件では、48 時間の実験期間において細胞重量あたり最大 22.8%の TAG を蓄積できることが明らかとなった。

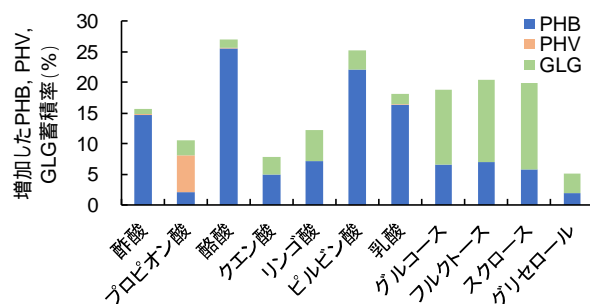


図 1 余剰汚泥による様々な基質 (有機酸からの PHA・GLG 生産ポテンシャル

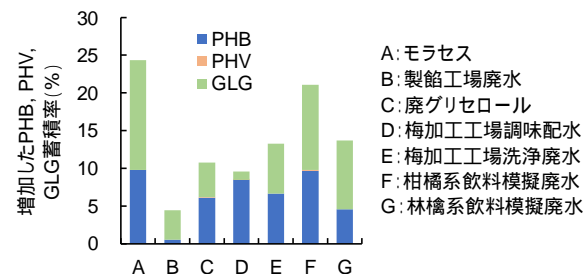


図 2 余剰汚泥による複合基質からの PHA・GLG 生産ポテンシャル

### (3) 酢酸を基質とした迅速 PHA 蓄積微生物集積法

(1)の検討において、連続回分培養により、PHA 蓄積微生物を集積できることが示唆された。他方、下排水処理で日常的に発生する余剰汚泥を化成品生産に有効利用するためには、PHA 蓄積微生物の集積（余剰汚泥の PHA 生産触媒化）を数日以内に完了することが必要となる。そこで、酢酸を基質とし、ADD 法を用いた PHA 蓄積微生物の迅速集積法について検討した。予備検討の結果、12 時間サイクルの ADD 法により、2 日間で PHA 蓄積微生物がある程度集積できることが見出されたことから、集積期間を 2 日間に固定し、連続回分培養条件（窒素・リン源の添加条件、回分サイクル時間、Feast 期後の沈降時間）の最適化を進めた。その結果、1 サイクルを 12 時間とし、炭素源を Feast 期、窒素・リン源を Famine 期に別々に添加し、Feast 期後の沈降時間を 10 分間とすることにより、集積後の PHA 蓄積能が最大化することが見出された。また、その集積後には 12 時間で細胞重量あたり 68.4%もの PHA（ほとんどが PHB）を蓄積でき、元の余剰汚泥に比べて劇的に PHA 蓄積能が高まること明らかとなった（図 3）。さらに、集積前後の汚泥中の微生物群集を解析した結果、*Zoogloea* 属及び *Dechloromonas* 属の PHA 蓄積微生物の存在割合が集積後に顕著に増加したことから（図 3）、ここで確立した集積法により、迅速にそれらの優占化が起こることにより PHA 蓄積能が向上したものと示唆された。

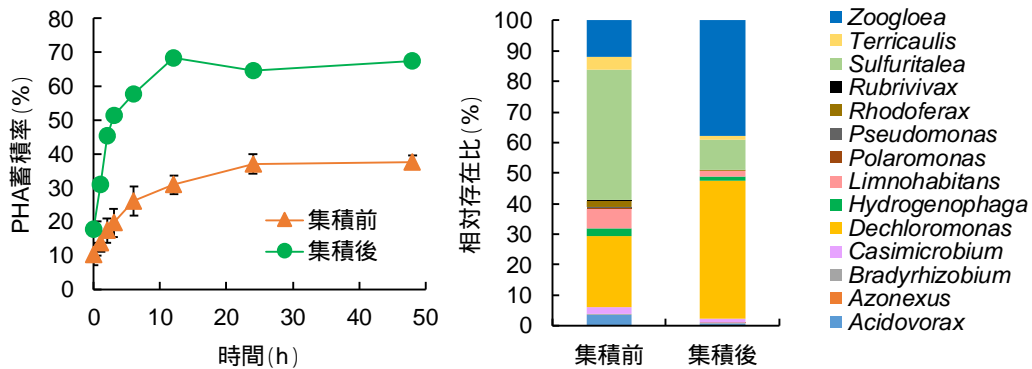


図 3 最適条件を用いた集積の前後における酢酸からの PHA 蓄積能の変化（左）及び PHA 蓄積微生物群集の変化（右）

### (4) グルコースを基質とした迅速 PHA 蓄積微生物集積法

(3)の検討と同様に、グルコースを基質とした PHA 蓄積微生物の迅速集積法について検討した。予備検討の結果、グルコースを基質に用いた場合には、酢酸の場合よりも集積に時間を要することが明らかとなり、5 日間で集積を行うこととした。また、グルコースからは PHA だけでなく GLG も合成されるため、GLG よりも PHA を優先して合成する微生物群を集積する条件を明らかにすることが必要である。炭素源負荷及び窒素・リン源の添加条件の影響を検討した結果、(3)と同様に、炭素源を Feast 期、窒素・リン源を Famine 期に別々に添加する連続回分培養が PHA 蓄積微生物の集積に好適であり、その条件で培養した集積系は 12 時間で細胞重量あたり 39.3%まで PHA を蓄積（GLG の蓄積は 6 時間後で最大 18.7%）することが明らかとなった（図 4）。また、その集積前後の微生物群集を解析したところ、(3)の酢酸を用いた集積とは異なる細菌群が増加することが確認され、使用する基質の種類により、ADD 法を用いた集積で優占化する PHA 蓄積微生物の種類が異なることが示唆された。

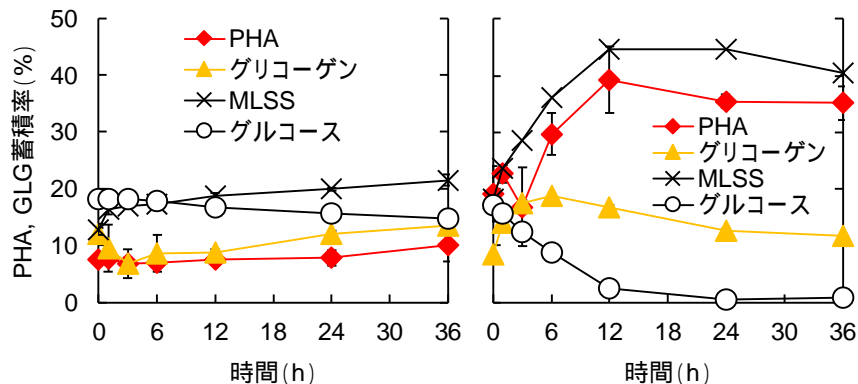


図 4 集積前の汚泥（左）及び好適条件（炭素源と窒素・リン源を別々に添加）を用いた集積後（右）におけるグルコースからの PHA・GLG 蓄積能



(5)汚泥に蓄積した PHA の効率的回収法

溶媒抽出法 3 種、細胞可溶化法 3 種、細胞破砕法 2 種の汚泥からの PHA 回収能を比較した結果、溶媒抽出法ではクロロホルム抽出、細胞可溶化法では NaOH 溶解、細胞破砕法では超音波破砕が有望であることが示された。そこで、各有望手法の処理条件が PHA の回収率及び純度に及ぼす影響について検討した結果、表 1 に示す処理条件が最適であると判断された。クロロホルム抽出では、回収率は他の手法に劣るものの、高純度（純度 100%）に PHA を回収できた。一方、NaOH 溶解及び超音波破砕においては、汚泥中の PHA を全量回収することは可能であるものの、純度が 90%前後であり、回収物に PHA 以外の細胞成分が 10%程度含まれることが明らかとなった。化成品の加工・製品化に用いるためには高純度な目的物質が必須であることから、NaOH 溶解あるいは超音波破砕では、後段に精製工程を追加することが必要となる。そのため、回収率では僅かに劣るものの、クロロホルム抽出が最も有望な PHA 回収法であると判断された。

表 1 有望な PHA 回収法の最適処理条件及び最適処理による PHA 回収能

PHA 回収法	最適処理条件	回収率	純度
クロロホルム抽出	汚泥負荷：150 mg/4 mL、処理温度・時間：58・30 分	74.1%	100%
NaOH 溶解	溶液濃度：100 mM、汚泥負荷：200 mg/10 mL 処理温度・時間 10-30・1 分	100%	91.4%
超音波破砕	汚泥負荷：100 mg/10 mL、処理 pH・時間：12・10 分	100%	87.0%

(6)余剰汚泥を用いた PHA 生産に伴う環境負荷

まず、(5)で有望と判断された 3 種類の PHA 回収法 GHG 排出量及び NREU を推算した結果、GHG 排出量、NREU とともに、クロロホルム抽出を用いた回収プロセスが他に比べて顕著に低く、最も低環境負荷に PHA を回収できることが明らかとなった。さらに、クロロホルム抽出による回収プロセスを含む PHA 生産プロセス全体での GHG 排出量及び NREU を推算した。その結果、純菌を用いた実規模及びパイロットスケールでの PHA 生産における GHG 排出量及び NREU の実績と同等以下であることが明らかとなった（図 5）。さらに、余剰汚泥による産業廃水/廃棄物からの PHA 生産は、産業廃水/廃棄物の処理及び余剰汚泥の処理に伴い発生するコストや環境負荷の削減にもつながる可能性があることから、全体として低環境負荷かつ安価な PHA 生産として有望であることが示唆された。

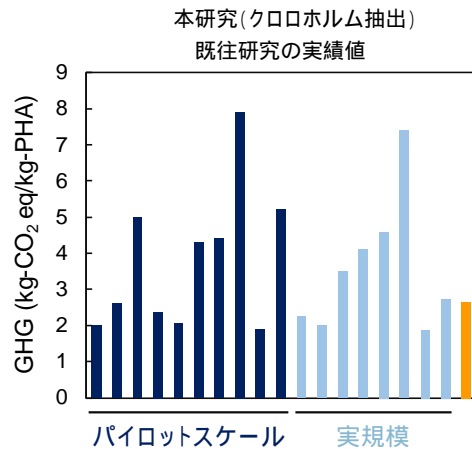


図 5 最適な PHA 回収法を用いた PHA 生産プロセスにおける GHG 排出量の推算結果及び既往研究の実績値との比較

<引用文献>

Chen, Z., Guo, Z., Wen, Q., Huang, L., Bakke, R., Du, M., A new method for polyhydroxyalkanoate (PHA) accumulating bacteria selection under physical selective pressure, International Journal of Biological Macromolecules, 72, 1329-1334, 2015

Fernández-Dacosta, C., Posada, J.A., Kleerebezem, R., Cuellar, M.C., Ramirez, A., Microbial community-based polyhydroxyalkanoates (PHAs) production from wastewater: Techno-economic analysis and ex-ante environmental assessment, Bioresource Technology, 185, 368-377, 2015

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Inoue Daisuke, Fukuyama Atsushi, Ren Yu, Ike Michihiko	4. 巻 7
2. 論文標題 Rapid enrichment of polyhydroxyalkanoate-accumulating bacteria by the aerobic dynamic discharge process: Enrichment effectiveness, polyhydroxyalkanoate accumulation ability, and bacterial community characteristics in comparison with the aerobic dynamic feeding process	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Bioresource Technology Reports	6. 最初と最後の頁 100276 ~ 100276
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biteb.2019.100276	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ike Michihiko, Okada Yukihiro, Narui Takaaki, Sakai Kosuke, Kuroda Masashi, Soda Satoshi, Inoue Daisuke	4. 巻 80
2. 論文標題 Potential of waste activated sludge to accumulate polyhydroxyalkanoates and glycogen using industrial wastewater/liquid wastes as substrates	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water Science and Technology	6. 最初と最後の頁 2373 ~ 2380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2166/wst.2020.059	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Inoue Daisuke, Fukuyama Atsushi, Ren Yu, Ike Michihiko	4. 巻 336
2. 論文標題 Optimization of aerobic dynamic discharge process for very rapid enrichment of polyhydroxyalkanoates-accumulating bacteria from activated sludge	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Bioresource Technology	6. 最初と最後の頁 125314 ~ 125314
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.biortech.2021.125314	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計19件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 7件）

1. 発表者名 Daisuke Inoue, Atsushi Fukuyama, Yu Ren, Michihiko Ike
2. 発表標題 Optimization of operational variables for aerobic dynamic discharge process to efficiently enrich polyhydroxyalkanoate-accumulating bacteria in activated sludge
3. 学会等名 Sustainable Waste Management Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 井上大介, 三和康平, 池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥に蓄積したポリヒドロキシアルカン酸の高収率・高純度な回収法の検討
3. 学会等名 第57回環境工学研究フォーラム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三和康平, 井上大介, 池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥に蓄積したポリヒドロキシアルカン酸の高効率回収法の確立
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三和康平, 黒田真史, 井上大介, 池道彦
2. 発表標題 油糧微生物のバイオオイル生産特性に関する検討
3. 学会等名 第19回環境技術学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上大介, 福山篤史, 任羽, 池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥からのポリヒドロキシアルカン酸の迅速集積法の検討
3. 学会等名 第56回下水道研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三和康平、井上大介、池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥に蓄積したポリヒドロキシアルカン酸の高効率回収法の確立
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 任羽、福山篤史、井上大介、池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥からのポリヒドロキシアルカン酸蓄積微生物の迅速集積技術の確立
3. 学会等名 第54回日本水環境学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Michihiko Ike, Yukihiro Okada, Takaaki Narui, Kosuke Sakai, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Daisuke Inoue
2. 発表標題 Potential of waste activated sludge to accumulate polyhydroxyalkanoates and glycogen using industrial wastewater/liquid wastes as substrates
3. 学会等名 10th IWA International Symposium on Waste management Problems in Agro-Industries (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Atsushi Fukuyama, Yu Ren, Daisuke Inoue, Michihiko Ike
2. 発表標題 Rapid enrichment of polyhydroxyalkanoates-accumulating bacteria from activated sludge by aerobic dynamic discharge process
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Atsushi Fukuyama, Yu Ren, Daisuke Inoue, Michihiko Ike
2. 発表標題 Optimization of operational conditions of aerobic dynamic discharge process for rapid enrichment of polyhydroxyalkanoates-accumulating bacteria from activated sludge
3. 学会等名 the 12th Joint Workshop on Advanced Engineering Technology for Environment and Energy (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上 大介
2. 発表標題 余剰汚泥を活用した下排水からのバイオプラスチック生産への挑戦
3. 学会等名 日本生物工学会北日本支部2019札幌シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 井上 大介
2. 発表標題 余剰汚泥からのPHA蓄積微生物の迅速集積法の確立～下水処理で発生する廃棄物の高付加価値資源への転換への挑戦～
3. 学会等名 日本水処理生物学会第56回大会 排水・環境水研究集会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Michihiko Ike, Daisuke Inoue
2. 発表標題 Accumulation of intracellular storage compounds by waste activated sludge as value-added products: for turning wastewater treatment plants to biorefinery plants
3. 学会等名 IEEC & BWR2019 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Inoue, Takaaki Narui, Yukihiro Okada, Kazunori Yokoe, Masashi Kuroda, Satoshi Soda, Michihiko Ike
2. 発表標題 Potential of PHA and glycogen accumulation from industrial wastewater in waste activated sludge
3. 学会等名 Grand Renewable Energy 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上大介、福山篤史、池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥中のポリヒドロキシアルカン酸蓄積微生物の迅速集積に関する基礎的検討
3. 学会等名 第53回日本水環境学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yu Ren, Daisuke Inoue, Michihiko Ike
2. 発表標題 Substrate versatility for polyhydroxyalkanoates production by acetate-grown mixed microbial culture derived from activated sludge
3. 学会等名 Water and Environment Technology Conference 2021 (WET2021)-online (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Masaya Tsuji, Yu Ren, Daisuke Inoue, Michihiko Ike
2. 発表標題 Enrichment of polyhydroxyalkanoates-accumulating bacteria from activated sludge using glucose as substrate
3. 学会等名 The 13th Joint Workshop on Advanced Engineering Technology for Environment and Energy (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 井上 大介、三和康平、池道彦
2. 発表標題 余剰汚泥に蓄積したポリヒドロキシアルカン酸の高効率回収法の検討
3. 学会等名 第58回下水道研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辻 証哉、任羽、井上 大介、池道彦
2. 発表標題 グルコースを基質とした余剰汚泥からのポリヒドロキシアルカン酸蓄積微生物の迅速集積法の確立
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	井上 大介  (Inoue Daisuke)  (70448091)	大阪大学・工学研究科・准教授   (14401)	
研究 分担者	黒田 真史  (Kuroda Masashi)  (20511786)	大阪大学・工学研究科・助教   (14401)	参画期間：令和2年3月31日まで

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------