

# 紅色光合成細菌によるホティアオイ圧搾液の資源循環利用技術の開発

～牛尿添加が細菌生育と圧搾液処理に与える影響～

## Development of resource recycling technology for compressed water hyacinth juice using purple phototrophic bacteria

～Effect of cow urine addition on bacterial growth and compressed juice treatment～

グループ名：PLANET<sup>3</sup>T 学生プログラム

山田彩加<sup>1)</sup>、箕浦葵<sup>2)</sup> 木村加奈子<sup>1)</sup>、橋本七香<sup>1)</sup>、岩村元哉<sup>1)</sup>、林香苗<sup>1)</sup>、小山内彩<sup>1)</sup>、村木香一<sup>3)</sup>

指導教員 秋月真一<sup>4)</sup>、佐藤伸二郎<sup>1,5)</sup>、研究協力者 戸田龍樹<sup>1,5)</sup>、藤田明則<sup>5)</sup>

1) 創価大学 理工学部 共生創造理工学科、2) 創価大学 法学部 法律学科、3) 創価大学 文学部 人間学科

4) 創価大学 プランクトン工学研究所、5) 創価大学大学院 理工学研究科 環境共生工学専攻

キーワード：赤外光利用、尿添加、省エネルギー型廃水処理、エチオピア、from waste to valuable product

## 1. 研究背景

青ナイル川の源流であるエチオピア・タナ湖では外来水草種のホティアオイが過剰繁茂し、その被覆面積は東京都 23 区に匹敵する 500 km<sup>2</sup> 以上に及ぶ。現在、水の停滞による水質悪化、船舶の航行障害等の環境汚染や経済的損失を引き起こし、ホティアオイへの対応は喫緊の課題である。タナ湖周辺（以下、現地）では多大な労力を用いて刈取り、湖岸へ積み上げる処理が頻繁に行われており、ホティアオイを未利用バイオマスとして捉えることで、厄介者から価値を生み出すものに転換（“From waste to valuable product”）できる可能性がある。

本学がエチオピアの大学・研究機関と共同で実施する PLANET<sup>3</sup>T（PLANkton Eco-engineering for Environmental and Economic Transformation）事業では、ホティアオイを粉碎・圧搾機を用いて絞り、固形分は炭化し土壌改良剤として、液分は生物学的処理技術によりバイオガスや餌料・肥料として有効活用する研究を進めている。圧搾後の液分（以下、圧搾液）は、有機炭素と栄養塩（窒素：N、リン：P、等）を高濃度に含有する特徴を持つ。近年、オーストラリアのクイーンズランド大学を中心とした活発な研究により、紅色光合成細菌を利用し

た有機性廃水処理が注目を集めている<sup>[1]</sup>。紅色光合成細菌は、赤外光波長を利用し廃水中の有機物と栄養塩を取り込み除去するため、生物学的処理技術として一般的な活性汚泥法と比較してエネルギー消費が少ない。また、廃水処理後の菌体中にカロテノイド、タンパク質、炭水化物等の有用物質を蓄積する特徴を持つ。さらに、エチオピアは赤外光を含む太陽日射が豊富なサンベルト地域に属する。そのため、圧搾液の資源循環型処理に紅色光合成細菌の利用が適すると期待される。

しかし、紅色光合成細菌が要求する有機物と栄養塩バランス（COD/N/P で 100/6/1<sup>[1]</sup>、COD は有機炭素濃度の指標である化学的酸素要求量）は、必ずしも圧搾液中のバランスと近似するとは限らず、生育が阻害される可能性がある。我々の事前研究では、特に圧搾液中の N 濃度が極めて低く、紅色光合成細菌による良好な処理は確認できなかった。そこで本研究では、圧搾液に対して N 源として現地でも入手可能な家畜（牛等）由来の尿を添加し、栄養塩バランスを整えることで効果的な圧搾液処理を狙う研究を実施した。

## 2. 材料と方法

ホティアオイは、2020 年 11 月に埼玉県加須市道

の駄童謡のふる里おおとねから採取した。採取したホティアオイを粉碎・圧搾機により処理し、圧搾後の液分を実験に利用した。

基質には、圧搾液を 50 °C・24 時間可溶化処理し、遠心分離により固液分離した後の上澄み液を 2 倍希釈したもの用いた。尿源としては、Kool et al (2006)<sup>[2]</sup>を元に作成した人工牛尿を用いた。可溶化は、圧搾液中の浮遊性固形分を事前になるべく分解し、液分に移行させる目的で実施した。播種試料には、*Rhodopseudomonas capsulata* を主要種とする紅色光合成細菌培養液を用いた。

実験には有効容積 0.8 L のアクリル製フラットパネル型リアクター 2 基を用い、パネル両面に赤外光 LED 照射装置（波長：850 nm）を設置した。1 つ目のリアクター（リアクター 1）には、基質のみ（予測 N/P 比 0.3）を供給し、もう片方（リアクター 2）には基質と尿源を 9:1 の割合 (vol-%) で混合したもの（予測 N/P 比 5.3）を供給した。両リアクターにおいて、水温  $32 \pm 2$  °C、流速約 80 mL/day (水理学的滞留時間約 10 日)、初期浮遊性固形物濃度 1.0 g/L とし、約 1 か月の連続運転を行った。週 3 回、供給水と処理水ならびにリアクター内混合液を採取し、紅色光合成細菌に含まれる色素であるバクテリオクロロフィル *a* (BChl. *a*) とカロテノイドの分析を行った。

### 3. 現在までの結果と考察

基質のみと基質・人工尿の混合液の pH は、それぞれ  $5.34 \pm 0.05$  と  $6.57 \pm 0.20$  となり、混合液で高い値を示した。*R. capsulata* の至適 pH は 6.5–9.0 であり、混合液の方が比較的生育に好ましい範囲だった。実験開始から 10 日目にかけてリアクター 1 と 2 で BChl. *a* とカロテノイド濃度が徐々に減少する傾向を示し、リアクター間に大きな差は見られなかった。一方、10 日目以降はリアクター間で差が生じ、BChl. *a* とカロテノイドの平均濃度はリアクター 1 で  $356 \pm 133$  µg/L と  $256 \pm 101$  µg/L、リアクター 2 で  $1339 \pm 857$  µg/L と  $1023 \pm 443$  µg/L を示した（図）。Student-t 検定の結果、BChl. *a* とカロテノイド濃度共にリアクター 2 で有意 ( $p < 0.01$ ) に高い結果となり、圧搾液に

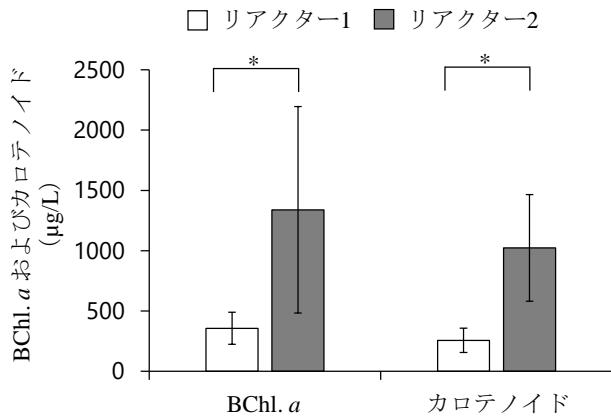


図. リアクター 1 と 2 における BChl. *a* とカロテノイド濃度（実験 10 日目以降の平均値、\*:  $p < 0.01$ ）

尿を添加することで紅色光合成細菌が効果的に生育する可能性が示された。

### 4. 今後の予定と展望

今後は、リアクター 1 と 2 における有機物と栄養塩除去率や他の有用物質（タンパク質・炭水化物等）の蓄積性能を明らかにし、本提案技術の有用性を多角的に評価する。圧搾液処理によって増殖した紅色光合成細菌は、肥料・餌料として農業や畜産への還元できる可能性がある。また、カロテノイド等の色素成分は抽出することで高付加価値物質ともなり得る。本研究を継続し基礎的知見を集積することで、ホティアオイの資源循環型技術の開発に寄与したい。

### 謝辞

本研究は、2017 年度に開始した文科省私立大学研究ブランディング事業の一環として実施され、一部は JICA/JST 地球規模課題対応国際科学技術協力事業 (SATREPS、課題番号 JPMJSA2005) に支援を受けた。ホティアオイ試料は埼玉県加須市道の駄童謡のふる里おおとねからご提供いただいた。関係各位に厚く御礼申し上げる。

### 引用文献

- [1] Hülzen et al. *Water Research*. 100, 486-495 (2016)
- [2] Kool et al. *Soil Biology & Biochemistry*. 38, 1021-1027 (2006)
- [3] Brotsudarmo et al. *Procedia Chemistry*. 14, 414-421 (2015)
- [4] Liaaen-Jensen and Jensen. *Methods in Enzymology*. 23, 586-602 (1971)