

戦略的創造研究推進事業(ALCA)  
技術領域(プロジェクト名)「実用技術化プロジェクト:  
生物資源の制御によるバイオマス・有用成分の増  
産」

課題名「共生微生物を活用した水生バイオマスの  
効率生産」

## 終了報告書

研究開発期間 平成23年10月～令和2年3月

研究開発代表者: 森川正章  
(北海道大学 大学院地球環境科学研究  
院、教授)

## ○報告書要約 (和文)

研究開発代表研究者 : (大)北海道大学 大学院地球環境科学研究院  
教授 森川 正章

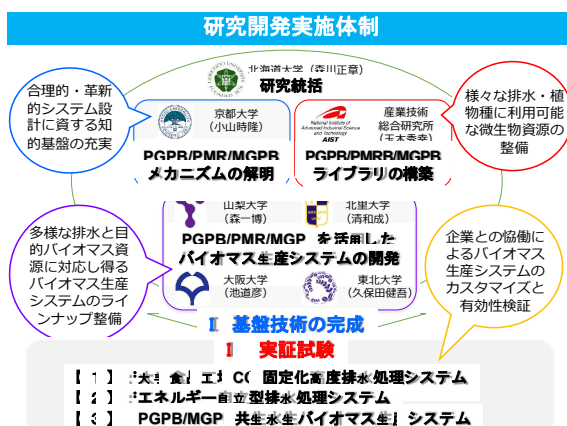
研究開発課題名 : 共生微生物を活用した水生バイオマスの効率生産

### 1. 研究開発の目的

本研究開発課題においては、タンパク質含量最大 40% デンプン含量最大 50%という極めて資源価値の高い Lemnoideae 亜科水生植物ウキクサを高機能炭素固定型水浄化装置と位置づける。このウキクサの成長を促進する共生微生物 (PGPB: Plant Growth-Promoting Bacteria) および光合成と有用成分量を向上させる方法と微生物 (PMR(B): Plant Metabolism-Regulation (Bacteria)) を発見し、これら有用微生物を含む共生微生物ライブラリを構築する。次にそれら微生物のウキクサへの作用機構の深い理解と PGPB および PMR(B) を実用利用するための技術開発と問題点の克服によって、工場排水・下水処理プロセスにおける CO<sub>2</sub> 排出量削減性と経済性を高めた次世代水生バイオマス生産技術を創出する。上述の、排水を肥料としたウキクサバイオマス効率生産技術の開発を第一義の目標とするが、共生微生物作用を微細藻類に応用した第二の水生バイオマスの効率生産技術への展開も目指す (MGPB: Microalgal Growth-Promoting Bacteria)。以上により、CO<sub>2</sub> の再資源化による直接的な低炭素化と水生バイオマス生産に要する化学肥料使用量の削減や水処理エネルギー低減による間接的な低炭素化を実現する。

### 2. 研究開発の概要

(1) 内容: 本研究開発課題は平成23年度から令和1年度末まで、基礎から応用さらに実用技術化に向けて、7つの研究機関および3社の協力企業と1つの自治体が一体となって推進した(右図)。ステージゲートを経て、実用技術化課題に移行した平成28年度において2つの研究機関を加え、最終年度には1つの研究機関を減じることにより研究開発を加速した。



(2) 成果: 241 株の PGPB と PMRB 2 株

(うち 1 株は PGPB と共通) および 130 株の MGPB (うち 24 株は PGPB と共通) を発見した。異なる排水の水質に適したウキクサ種ならびに PGPB を選抜し、二槽式バイオマス生産システムの考案など実用化のための技術基盤を構築した。ウキクサのタンパク質含量は PGPB による成長速度とほぼ相関して高くなることを確認した。これに対してデンプン含量の向上にはストレスの付与など成長速度を低下させる必要があったが、成長速度を維持しながらデンプン含量を高める PMR 技術および PMRB を開発した。一方、PGPB が生産する新規植物成長促進因子と当該遺伝子を特定し、植物の応答解析を含めて新しい植物-微生物共生機構を発見した。関連成果を発表した原著論文数は 60 報(うち和文誌 4 報)、学会・協会賞の受賞数は国際 14 件(国内 31 件)、開発技術の権利化については、国内特許 1 件を登録し、国際特許 1 件、国内特許 1 件を出願中である。

(3) 今後の展開: 現在進行中の企業との共同研究に加えて、得られた多数の先駆的な成果を国内外で広く周知し、ライセンスやコンサルティングを含めたさまざまな形で実用化に向けた取り組みを継続する。豊富な水生植物種と、恵まれた気象条件を有する東南アジアやアフリカ地域での技術移転ならびに社会実装に向けた取り組みは、高い低炭素化効果が期待されるだけでなく、国際技術協力活動としても貢献できる。(参考: 2020 年度 SATREPS 低炭素社会領域「生物循環グリーン(BCG)経済実現に向けたウキクサ-共存微生物資源価値の包括的開拓」課題に採択済み。)

## ○Report summary (English)

Principal investigator: Masaaki MORIKAWA, Prof. Dr., Hokkaido University

R & D title: Effective aquatic biomass production utilizing mutualistic microorganisms

### 1. Purpose of R & D

In this research and development project, aquatic plant duckweed Lemnoideae subfamily, which has protein content of up to 40% and starch content of up to 50%, is considered as a highly functional carbon-fixed water purification device. We discovered symbiotic microorganisms (PGPB: Plant Growth-Promoting Bacteria) that promote the growth of duckweed, and methods and microorganisms (PMR (B): Plant Metabolism-Regulation (Bacteria)) that improve photosynthesis and the amount of useful components. First, a symbiotic microbial library containing beneficial microorganisms will be constructed. Next, we create next-generation aquatic biomass production technology by deeply understanding the mechanism of action of these beneficial microorganisms on duckweed, developing technology for practical use of PGPB and PMR (B), and overcoming the problems, such as reduction of CO<sub>2</sub> emission and increase in economic efficiency in industrial wastewater and sewage treatment processes. Although the primary goal is the development of the efficient production of duckweed biomass using wastewater as a fertilizer as described above, efficiency of the microalgal biomass production will be tried to increase by applying the microalgal growth-promoting bacteria (MGPB) to microalgae. Through the above, direct carbon reduction by CO<sub>2</sub> recycling and chemical fertilizer consumption required for aquatic biomass production and indirect carbon reduction through reduction of water treatment energy will be realized.

### 2. Outline of R & D

#### (1) Contents:

This research and development project has been promoted by seven research institutions, with two cooperating companies, and one local government from FY2011, from the basic science to applied and practical technology (right figure). The development was accelerated by adding two research institutes after transition to the enabling technology project by passing stage gates during the development period, and reducing one research institution in the final year. In addition, we have established cooperative relationships with overseas universities and companies.

#### (2) Achievements:

In total 241 strains of PGPB and PMRB and 130 strains of MGPB were discovered. We selected duckweed varieties and PGPB suitable for different effluent water quality, and built a technical foundation for practical use, such as devising a two-tank biomass production system. It was confirmed that the protein content of duckweed increased with the growth rate by PGPB. On the other hand, to improve the starch content, it was necessary to reduce the growth rate such as by applying stress, however PMR technology and application of PMRB were developed to increase the starch content while maintaining the fast growth rate. On the other hand, a novel plant growth-promoting factor produced by PGPB and the gene were identified, and a new plant-microbe symbiosis mechanism was discovered. The number of original papers that published relevant results was 60 (including four Japanese journals), the number of awards received from academic societies and associations was 14 (international) and 31 (domestic), and the development technology rights were granted one domestic patent registered and pending one international and one domestic patents.

#### (3) Future developments:

In addition to ongoing joint research with companies, many of the pioneering results obtained will be widely disseminated both domestically and abroad, and put into practical use in various forms including licensing and consulting. We will continue our efforts for technology transfer and social implementation in Southeast Asia and Africa where have abundant aquatic plant species and favorable weather conditions. These are not only expected to have a high carbon reduction effect, but can also contribute as international technical cooperation activities. Actually, “The Project for Development of Duckweed and Associated Microbial Resource Values towards Bio-Circular-Green (BCG) Economy” (SATREPS FY2020-2025: Low carbon society fields) has been adopted.