

【4-1406】水草バイオマスの持続可能な収穫と利活用による湖沼生態系保全技術の確立 (H26～H28 累計予算額 118,784 千円)  
研究代表者 伴 修平 (滋賀県立大学)

## 1. 研究実施体制

- (1) 水域生態系を健全に保つための持続可能な水草収穫量の推定 (滋賀県琵琶湖環境科学研究センター)
- (2) 水草の刈り取りが湖沼の水質及び底質に与える影響の評価 (国立研究開発法人国立環境研究所)
- (3) 水草バイオマスの効率的な処理技術の確立 (創価大学)
- (4) 嫌気発酵液分残渣を用いた藻類大量培養技術の確立 (滋賀県立大学)

## 2. 研究開発目的

本研究では、1) 湖沼生態系に配慮した適正な水草量を明らかにし、そして、2) 除去した水草を効率的に処理し、循環利用するための基盤技術の確立を目指した。1) については、琵琶湖南湖における網羅的野外調査および大規模野外実験によって、水草の除去およびその方法が、水草周辺に生息する生物の群集構造、水質、および底質に与える影響について調べ、湖沼生態系の保全に配慮した水草の持続可能な管理基準について検討した。そして、2) については、メタン発酵処理によって、水草バイオマスを高効率でメタン変換するための技術開発を行った。加えて、微細藻類培養を通して、発酵液分残渣中に含まれる窒素やリンなど栄養塩の循環利用にかかる基盤技術を確立した。

## 3. 本研究により得られた主な成果

### (1) 科学的意義

- (1) 琵琶湖南湖における水草の成長は、ロジスティクス式で極めて良く説明できることが明らかとなり、その年変動は5月の水温、透明度、リン酸態リン濃度そして水草高で説明することができた。即ち、5月でのこれら3つの環境パラメータと水草高が分かれば、当該年における5月以降の水草成長を予測することが可能となった。さらに、付着動物の種数と湖底近傍の溶存酸素量が「適正な水草量」を策定する際に良い基準を提供することが分かり、これらを用いて、琵琶湖南湖における「適正な水草量」をPVIで30-60%であると示すことができた。これは、他の湖沼においてもこれらを用いることによって、水草の管理基準を策定できることを示す。
- (2) 琵琶湖南湖における好氣的・嫌氣的環境下での金属イオン等の底泥からの溶出フラックスを評価した結果、刈り取り操作は水草帯で貧酸素水塊が出現した際には重金属類の溶出を抑制する働きがあり、湖水環境を改善する働きがあることが示唆された。一方、刈り取り時に底泥表層を攪乱した場合には、一時的にFeイオンやアルカリ土類金属類の底泥からの溶出量が増える可能性が示唆された。これらの結果より、湖底を水草採集器具で攪乱しないハーベスターによる表層刈り取りが優れた水草刈り取り方法として推奨された。
- (3) これまで30%しか分解しなかった難分解性の水草 (センニンモ) をアルカリ加熱処理により効率的に脱リグニンし、メタン変換率を大きく向上 (約2倍) することができた。また、水草のメタン生成量は、季節よりも種組成の違いで決まること、つまり、種組成からメタン生成量が推定可能であることを明らかにした。
- (4) アルカリ加熱処理後の水草と生ごみとの共消化メタン発酵は、①高いメタン変換率であったこと、②パフォーマンスが運転期間を通して安定していたこと、③投入湿重量あたりのメタン生成量が単消化の約3倍になることから、実用性の高いプロセスであることが示された。

- (5) 本研究により、メタン発酵技術を用いた水草の資源化を社会実装するための、実規模における処理に向けた算定基準となる基礎データを得ることができた。これらのデータは実規模プラントにおいてバイオガスとして得られるエネルギー量や処理コストの算定に貢献できる。
- (6) 水草を原料としたメタン発酵消化液には、豊富な栄養が含まれるが、アンモニア態窒素濃度が高いため ( $>1000 \text{ mg L}^{-1}$ )、消化液は適当な濃度に希釈する必要がある。そして、藻類の最大収量を得るため、および高い栄養塩除去率を達成するためには、消化液に不足しているマグネシウム (Mg) を添加する必要があることが分かった。これは、即ち、Mg を添加するだけで消化液を使って微細藻類を潤沢に生産できることを示す。結局、10-L リアクターを使った連続培養実験では、消化液 1L からクロレラを 4.3-7.6 g dry-wt 生産することができた。

## (2) 環境政策への貢献（研究代表者による記述）

### <行政が既に活用した成果>

滋賀県琵琶湖政策課が主催する水草対策チーム会議において、本研究成果である適正な水草量、水草成長モデル、刈取りによる水質・底質への影響を提供し、同課が水草対策の方針決定する際に貢献した。

### <行政が活用することが見込まれる成果>

- (1) 本研究成果で明らかになった水草刈取り・除去に伴う湖沼生態系への影響および有効利用方法についての知見は、「琵琶湖の保全及び再生に関する法律（平成 27 年法律第 75 号）」に基づき定められた「琵琶湖の保全及び再生に関する基本方針」2. 琵琶湖保全再生施策に関する基本的な事項 二. 水草の除去等について、滋賀県琵琶湖環境部琵琶湖政策課が対応する水草刈取り・除去事業および水草等対策技術開発支援事業を実施する際に参考とされる。
- (2) 本研究は、水草および生ゴミをメタン発酵することにより得られた発酵消化液を用いて微細藻類を大量培養することで、天然バイオマス資源や食品残渣に含まれる栄養塩を微細藻類という有価物として回収するための基礎的技術を確認した。本技術は、有機廃棄物を資源として再利用することによって資源循環型社会を構築することに貢献でき、中央環境審議会が「環境研究・環境技術開発の推進戦略について」の答申で示した中長期的に目指す社会像を具現化する技術となる。また、滋賀県が掲げる「マザーレイク 21 計画」における、「効果的な水草の除去および繁茂抑制方法の検討」に貢献することができる。本技術は、日本の他の水域、そしてアジアやアフリカ等、世界各地で問題となっている水草の過剰繁茂に対する効果的な処理方法として適応可能である。
- (3) 本研究で確立されたメタン発酵消化液を用いた微細藻類培養は、大気中から  $\text{CO}_2$  を吸収するため、カーボンオフセットに寄与し、温暖化抑制策に貢献することができる。

## 4. 委員の指摘及び提言概要

生ゴミと藻類を併せて発酵させることで、効率を上げているのは興味深い。概ね好ましい成果を上げていると思えるが、新規性には疑問がある。水草の生産量は季節によって大きく変化し、微細藻類の生産も発酵残渣の量や日射の影響を受けるため、提示されたコスト収支には疑問が残る。堆肥化については面積が必要と切り捨てているが、今後の人口減少や過疎地の土地利用からは検討する必要があるのではないか。

## 5. 評点

総合評点：B