

H-14

微細藻類の有機物蓄積特性を利用した窒素回収技術に及ぼす CO₂濃度の影響 Effect of CO₂ Concentration on Nitrogen Recovery Technology Utilizing Organic Matter Accumulation Characteristics of Microalgae

○青木拓磨¹, 齋藤利晃², 藤井大地²

*Takuma Aoki¹, Toshiaki Saitou², Daichi Fujii²

Abstract : Cultivation of microalgae in sewage treatment plants is one of the expected technologies for nitrogen recovery from sewage. However, the growth rate of microalgae is too low to implement the technology for the actual plants. Previous studies have reported that the increased amount of organic matter accumulated in microalgae cells can effectively enhance the growth rate and nitrogen recovery. In this study, we aimed to further increase the accumulation of organic matter by adding high concentration of CO₂ and evaluated the effects of the enhanced accumulation of organic matter on nitrogen recovery. It was confirmed that under CO₂ concentration of 15%, the accumulation of organic matter was maximized and the nitrogen recovery rate was clearly improved.

1. 背景および目的

窒素は人類の生命活動において必須の元素であり、下水処理場には大量の窒素が下水として流入する。現在多くの下水処理場では、河川の富栄養化を防ぐため生物学的窒素除去法にて窒素を除去し大気に放出しているが、課題も多く、微細藻類による窒素回収の研究が進んでいる。微細藻類は光合成（炭酸同化）を行う独立栄養生物で、下水処理場で発生する消化ガスの1つである CO₂を資源として再利用することができ、また増殖後は飼料や肥料としての利用も可能だが、その増殖速度に起因する窒素回収速度の遅さが課題となっている。これまでの研究で、微細藻類の増殖を特殊環境下（リン欠乏・pH10 制御）において人工的に抑制し細胞内有機物の蓄積量を一時的に増大させることで、蓄積された有機物をエネルギー源とした増殖速度の向上が可能であることが報告されている^[1] (Fig.1)。ここに CO₂を添加することで、さらなる有機物蓄積量の増大及び窒素回収速度の向上を目的に微細藻類の CO₂濃度による影響を評価した。

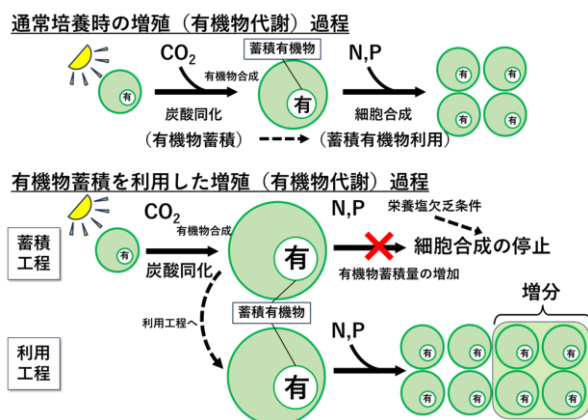


Fig.1 Comparison of Conventional Cultivation and New Technologies^[1]

2. 実験方法

2-1. 微細藻類の生育に及ぼす CO₂濃度の影響

供試微細藻類として *Chlorella* sp.MK201 株を使用した。培地は MC+ を 5 倍希釈したものを用い、温度 20°C で培養を行った。光強度は 50 μmol m⁻²s, 実験開始時の pH は 7.0 ± 0.1 とした。密閉したメディウム瓶の気相部に CO₂ 濃度を調整したガスを充填し、その濃度系列は 5%, 10%, 15%, 20% 及び 30% とし、対照系として室内空気を用いた。測定期間は 120h で 24h 毎に測定した。

2-2. 微細藻類の有機物蓄積に及ぼす CO₂濃度の影響

MC+ 培地からリンのみ除去したリン欠乏培地を作成し、炭酸一重炭酸緩衝液にて pH10 に制御した培地における CO₂濃度の影響を確認した。測定期間は 24h とした。

2-3. 高濃度 CO₂における有機物の蓄積状況と、有機物利用時の増殖及び窒素回収速度の確認

最も蓄積効果の大きかった CO₂濃度 15% の条件下において、さらに詳細な有機物蓄積の動向を確認するため 6h 毎、24h までの測定を行った。

24h 有機物蓄積を行った後、リン含有培地 + pH7 + 室内空気条件に戻して培養を行い、24h, 48h 後の測定を行った。

2-4. 測定項目および測定方法

細胞密度および平均細胞粒径、体積密度の測定は OMNI Life Science 製の CASY を使用した。pH の測定は EYELA 製の pH コントローラー FC-2000 を使用した。硝酸態窒素濃度については島津製作所製高速液体クロマトグラフ LC-20A を用いて測定した。

1 : 日大理工・学生・土木 2 : 日大理工・教員・土木

3. 実験結果

3-1. 微細藻類の生育に及ぼす CO₂濃度の影響

CO₂濃度 5%~15%では細胞密度, 体積密度, 窒素回収量の増加がみられ, 増殖が促進されたことが考えられた. 特に15%において最大の効果がみられた.

また, CO₂濃度 20%以上では平均細胞径の増大がみられ, 蓄積が促進されたと考えられ, 本研究の目的である有機物蓄積効果が期待できると思われた.

3-2. 微細藻類の有機物蓄積に及ぼす CO₂濃度の影響

Fig.2 に示すように, 対照系 (従来蓄積法) に比べ CO₂ を添加した系すべてにおいて平均細胞径の増大がみられた. 最も増大がみられたのは CO₂濃度 15%で試験開始時, 3±0.1µm であった平均細胞径は最大 4.5µm まで増大した. 平均細胞径から算出した 1 細胞当りの体積量は, 対照系に比べ約 3.5 倍に増大していた. 3-1 の実験からは CO₂濃度 20%以上で有機物蓄積効果を期待したが, CO₂濃度 15%において最も効果が高く, リン欠乏下及び pH10 制御下での有機物蓄積効果を助長する働きと考えた.

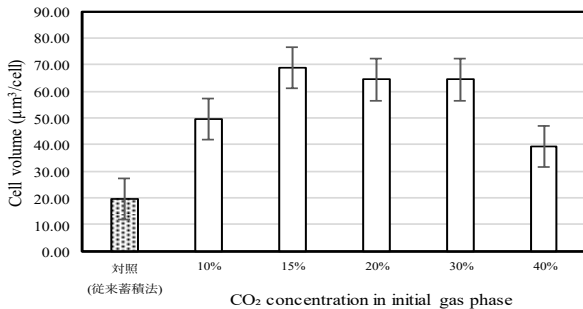


Fig.2 Effect of CO₂ on cell volume

3-3. 高濃度 CO₂における有機物の蓄積状況と, 有機物利用時の増殖及び窒素回収速度の確認

リン欠乏+pH10+CO₂濃度 15%の条件下における 6h 毎の測定では, Fig.3 に示すように 18h で体積量の増加率が最も高くなっていることが確認された. このことから 24h の培養で十分な蓄積効果が得られることが確認できた.

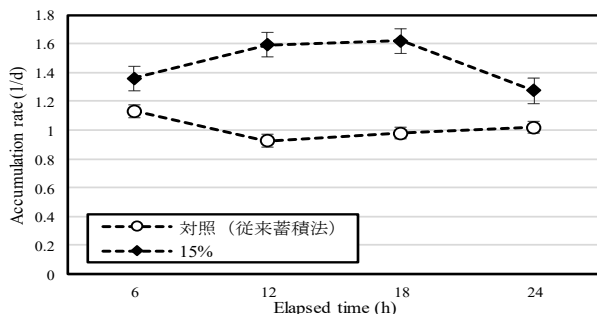


Fig.3 Detailed trend of accumulation rate at 6-hour intervals

有機物蓄積後, リン含有培地+pH7+室内空気の条件下における 24h, 48h 後の測定では, Fig.4 に示すように増殖速度は対照系に比べ約 3 倍増加していることが確認された. また, Fig.5 に示すように, 硝酸態窒素濃度と細胞密度から算出された 1 細胞あたりの窒素回収量の増加も確認された.

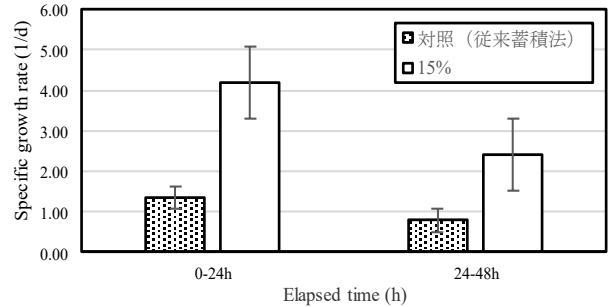


Fig.4 Growth rate in organic matter utilization

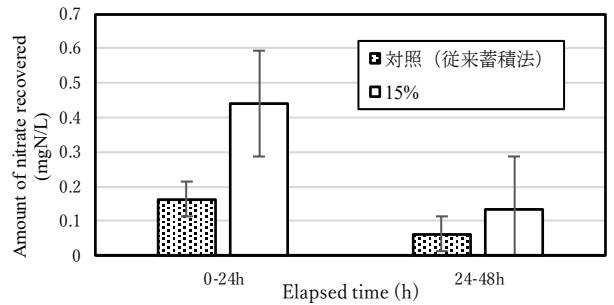


Fig.5 Nitrogen recovery rate in organic matter utilization

5. 結語

本研究では, 有機物蓄積特性を利用した微細藻類による下水からの窒素回収速度の向上を目的に CO₂濃度の影響を評価した. 有機物の蓄積時において高濃度の CO₂ を添加することにより, 従来の蓄積法よりも短い時間で十分な蓄積効果を得られることが実験により示された. また, 蓄積された有機物を利用した増殖速度の向上および窒素回収速度の向上も確認された.

以上の結果から下水処理場で発生している CO₂の有効利用の可能性が示されるとともに, 微細藻類の有機物蓄積特性を利用した窒素回収速度が向上することも明らかとなり, 実用化に向け期待の持てる成果が得られたと思われる.

6. 参考文献

[1] 藤井大地ら 「微細藻類の有機物蓄積特性を応用した新しい窒素回収技術の開発に向けた基礎的研究」, 土木学会論文集 G (環境), Vol.78, No.7, III_43-III_52, 2022
 [2] 村上仁一, 村中俊哉, 2000. 特開 2000-078699