

第Ⅶ部門

微細藻類 *Chlorella vulgaris* を用いた人工排水中の窒素・リン連続処理

大阪工業大学大学院 学生会員 ○副田 正樹 古田 大地
 大阪工業大学 正会員 古崎 康哲 石川 宗孝

1.はじめに

近年、微細藻類を用いて排水処理を行い余剰藻類を飼肥料やオイル抽出などに有効利用しようとするシステムが注目されつつある。しかしながら、処理システムとして長期間の安定した運転や除去能力、適切な運転条件などに関する知見がまだ少ないのが現状である。

本研究では、微細藻類を用いた排水連続処理が処理システムとして有効かどうかの基礎的な知見を得ることを目的とした。

実験は膜分離型のフォトバイオリアクタに人工排水を連続投入し、定常状態での運転が可能かどうか検討した。またその時の窒素・リン除去能力について検討した。さらに無機態炭素を添加することの効果も検討した。

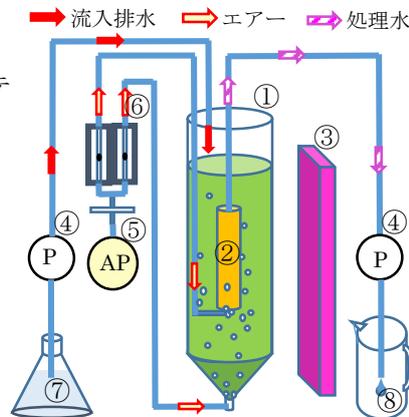
2. 実験方法

図1にフォトバイオリアクタの概略図を示す。リアクタは容積6Lの亚克力製円筒型とし、光源はLEDライト(キーストーンテクノロジー(株)、収穫ACE)を使用し装置真横から照射した。光強度は $350\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ とし、照射時間は14h 明期/10h 暗期とした。固液分離には中空糸膜(孔径0.2 μm ,住友電気工業(株)、ポアフロン評価用ミニモジュール)を使用し、リアクタ内に浸漬させポンプにて引き抜いたものを処理水とした。またリアクタ内の藻体攪拌、CO₂の供給、膜の目詰まり防止のため、装置と膜の下部からそれぞれ滅菌フィルター通過空気の曝気を行った。

表1、2に基質の組成及び実験条件を示す。実験は対照系と無機態炭素(IC)添加系の2条件で行った。基質はメタン発酵脱離液から有機物を除去した処理水を想定し、文献¹⁾を参考にBOD測定に用いる希釈水の組成を元に調整した。引き抜き操作は対照系、IC添加系共にリアクタ内のクロロフィルa(Chl-a)が8000 $\mu\text{g/L}$ となるように行った。対照系では11日目にChl-aが8000 $\mu\text{g/L}$ を下回ったため、以降の引き抜き操作を停止した。IC添加系において無機態炭素はNaHCO₃を使用し、投入人工排水に加えた。投入IC濃度は2,9,16日目に28,56,112mg-C/Lと変更した。主要分析項目はChl-a,TN,TP,ICとした。それぞれの分析方法はアセトン抽出による吸光度法、非分散赤外線分析法(島津製作所TNM-1),ペルオキシ二硫酸カリウム分解法とした。使用した微細藻類は国立環境研究所より分譲を受けたNIES-641*Chlorella vulgaris*株とした。

3. 実験結果及び考察

図2にChl-a、処理水TP,TN、槽内IC濃度、増殖速度の経日変化を示す。Chl-aは対照系では9日目から減少傾向を示したため、11日目から引き抜き操作を停止したがその後も減少し18日以降は約3,000 $\mu\text{g/L}$ で推移した。



| 表記 | 機器名称 |
|----|------------|
| ① | フォトバイオリアクタ |
| ② | MF膜モジュール |
| ③ | LEDライト |
| ④ | 定量ポンプ |
| ⑤ | エアポンプ |
| ⑥ | 流量計 |
| ⑦ | 人工排水 |
| ⑧ | 処理水 |

図1 実験装置概略図

表1 人工排水の組成

| 項目 | 濃度 |
|--|-------|
| NH ₄ Cl | 301 |
| NaNO ₃ | 478 |
| Na ₂ HPO ₄ ·12H ₂ O | 50.5 |
| KH ₂ PO ₄ | 9.6 |
| K ₂ HPO ₄ | 24.6 |
| MgSO ₄ ·7H ₂ O | 2.25 |
| CaCl ₂ | 2.75 |
| FeCl ₂ ·6H ₂ O | 0.025 |

単位:mg/L

表2 実験条件

| | | 対照系 | IC 添加系 |
|--------------------|-----|--------|-----------|
| HRT(日) | | 6 | |
| 投入基質 | | 人工排水 | |
| IC 添加 | | 無し | 有り |
| 流入 濃度 (mg/L) | TOC | 0 | |
| | TN | 158 | |
| | TP | 10.9 | |
| リン容積負荷 | | 0.0018 | |
| 窒素容積負荷 | | 0.026 | |

※容積負荷の単位: kg/(m³・日)

IC 添加系では、引き抜き操作を続けながら約 10,000 $\mu\text{g/L}$ での運転が可能であった。対照系では 11 日目以降、藻体の引き抜き操作は行えなかったが装置は破綻せずに運転が可能であった。IC 添加系は引き抜き操作を行いながら定常状態での運転が可能であった。

処理水 TP 濃度は対照系で約 10mg/L、IC 添加系は約 9mg/L で推移した。処理水 TN 濃度は対照系で約 120mg/L、IC 添加系は約 110mg/L で推移した。除去率は対照系、IC 添加系でリンが 8%、14%、窒素が 27%、29% となった。IC 添加系は引き抜きが行っていたことから対照系と比較してわずかに除去率は向上したが、いずれも N、P 除去は十分とはいえない結果となった。

槽内 IC 濃度は対照系では約 5mg/L で推移した。IC 添加系は 2 日目から投入人工排水中 IC 濃度を 28mg/L で開始し、9 日目まで増加傾向を示した。9 日目に投入 IC 濃度を 56mg/L、16 日目に 112mg/L に変更した。投入 IC 濃度の増加に伴い、11 日目から急激に上昇し 21 日目に 33mg/L となった後、急激に減少し 4~12mg/L で推移した。IC 濃度が急激に減少した同時期に pH は約 8 から 6 に低下したが、26 日目以降 pH は約 8 に戻った。このことから IC は一部揮発したと考えられる。大部分は藻体に利用されたと考えられる。このことから NaHCO_3 は IC 源として利用可能であることがわかった。

増殖速度は対照系では大部分が 0~1mg/L/日 で推移した。IC 添加系は変動が大きかったが平均すると 30 mg/L/日 であった。このことから IC 添加は藻体の増殖促進に効果があったと考えられる。N、P 除去は藻体の引き抜きによって達成されるため、IC 添加による藻体収穫量増大により、これらの除去率を向上させることが可能であると示唆された。

図 3 に槽内 IC 濃度(IC 添加系)と増殖速度の関係を示す。槽内 IC 濃度が高いと増殖速度は低下する傾向が見られた。このことから増殖速度は槽内 IC 濃度に依存しないことが示唆された。このことは過剰に IC を入れても増殖効果は得られないことを示している。本研究では投入 IC 濃度が 28mg/L 以上であれば藻体増殖に効果があると考えられる。

4. おわりに

藻類による人工排水の連続処理を行い、無機態炭素添加を行うことにより藻体の増殖が向上し、定常状態で引き抜きを行いながらの連続運転が可能であった。N、P 除去については IC 添加による藻体収穫量増加による向上を示唆することはできたが、今回の条件では十分な除去率を得ることはできなかった。また増殖速度は槽内の IC 濃度に依存せず、IC の過剰供給は効果が小さいと考えられる。

【参考文献】

- 1) 大村達夫: 傾斜板濾床生物膜によるリン除去、環境微生物工学研究法, pp119-122, 1993

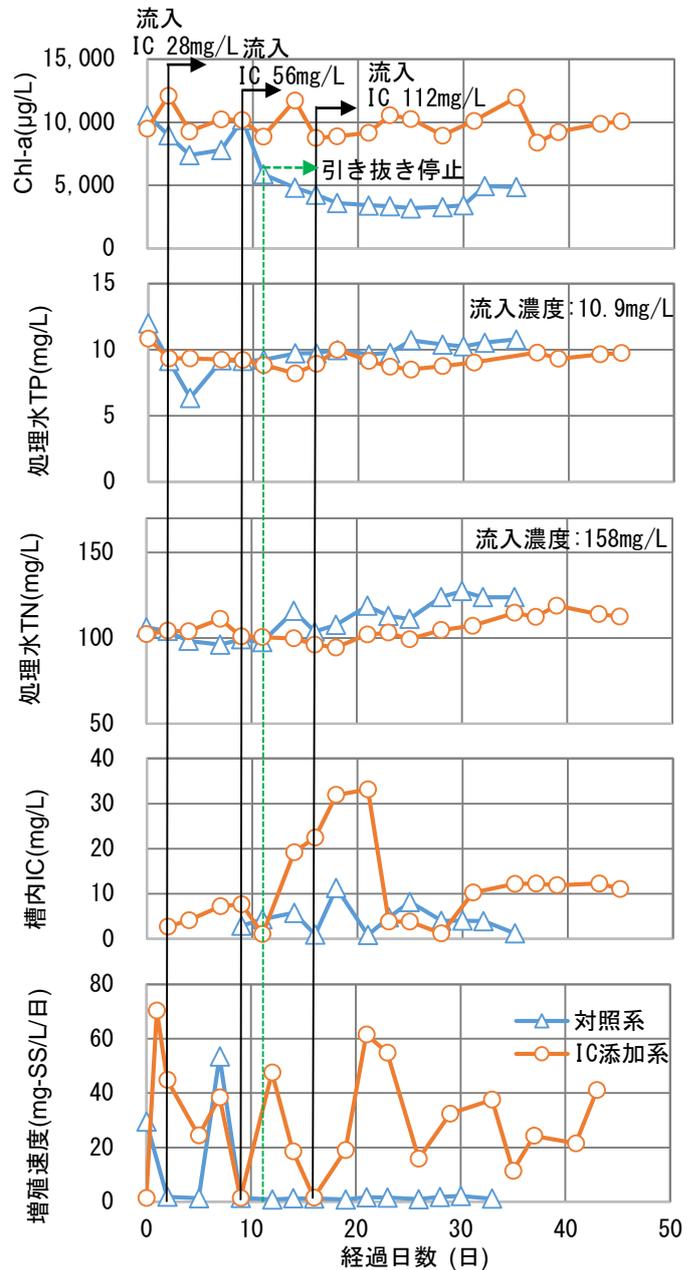


図 2 経日変化(上から Chl-a、処理水 TP、TN、槽内 IC 濃度、増殖速度)

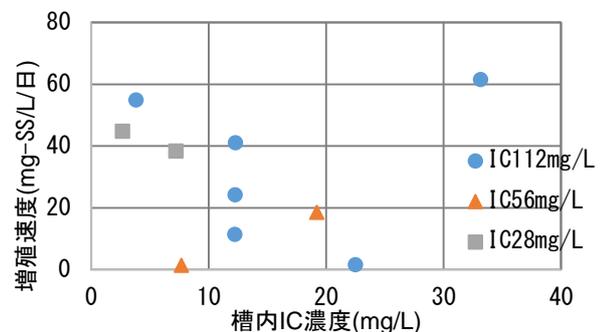


図 3 増殖速度と槽内 IC 濃度の関係(IC 添加系)