

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時間の安定した運転や除去能力、適性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。

そこで本研究では、微細藻類を用いた排水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。

実験はフォトバイオリアクターに人工排水を連続投入し、定常状態での運転を目指した。また、HRTを変更させて、クロレラによる人工排水中の窒素・リン除去能力と増殖特性を評価した。

2. 実験方法

図 1 にフォトバイオリアクターの概略図と装置名を示す。リアクターは容積 6L のアクリル製円筒型とし、光源は LED ライト(キーストーンテクノロジー㈱、収穫 ACE)を使用し装置真横から照射した。固液分離には中空糸膜(孔径 0.2μm,住友電気工業㈱、浸漬型評価用ミニモジュール)を使用し、リアクター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。またリアクター内の藻体攪拌、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曝気を行った。

表 1、2 に実験条件及び基質の性状を示す。人工排水は C 培地¹⁾を使用した。クロロフィル a の値が約 15,000μg/L に到達するまでリアクター内で 34 日間培養した後、HRT を 10 日、5 日、2.5 日、1 日に変更し、Run1~4 とした。また、藻体濃度を一定にするために引き抜き操作を隔日で行った。引き抜き操作は 3000rpm、5 分で遠心分離し、上澄みはリアクターに戻した。主要分析項目は Chl-a、TN、TP とした。それぞれの分析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の NIES-641 *Chlorella vulgaris* 株とした。

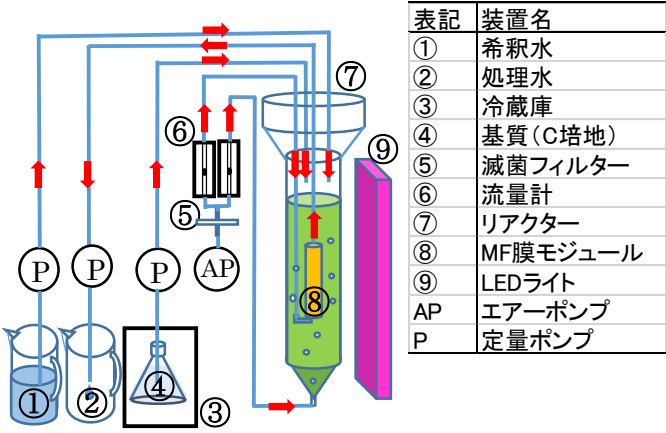


図 1 装置図と装置名

表 1 連続実験の条件

	Run1	Run2	Run3	Run4
運転日数(日)	29	35	13	12
HRT(日)	10	5	2.5	1
SRT(日)	24	15	12	8
TP 容積負荷	0.0005	0.001	0.002	0.005
TN 容積負荷	0.008	0.016	0.03	0.08
TOC 容積負荷	0.02	0.04	0.08	0.2

※容積負荷の単位：kg/(m³・日)

表 2 基質の性状

C 培地 (mg/L)	
TOC	187
TN	83
TP	5.0
pH	7.5

3. 実験結果及び考察

図2に連続実験結果を示す。Run1(HRT10日)、

Run2(HRT5日)、Run3(HRT2.5日)のChl-a濃度はそれぞれ約15,000、20,000、22,000 $\mu\text{g/L}$ で、引き抜き操作を行いながら藻体量の維持が可能であった。処理水TN濃度はRun1、Run2で40~60 mg/L 、Run3から上昇し、60~80 mg/L となった。処理水TP濃度はRun1は1~3 mg/L 、Run2、Run3で0~2 mg/L 、Run4では3 mg/L 近くまで上昇した。Run1~Run3では処理水TN、TP濃度は上下変動があったものの、安定した結果が得られた。Run4(HRT1日)は藻体が急激な減少傾向を示した。この時のリアクター内では負荷量の増加、藻体を捕食する原生動物の増加により、クロレラが激減していた。これは藻体が増殖しにくくなり、さらにその状態で引き抜き操作を行ったためであり、装置として破綻したといえる。Run1、Run2、Run3では藻体量、処理水濃度は安定しており、定常状態での運転が可能であることがわかった。

処理水TN濃度はRun2において最も低い値を示し、38 mg/L であった。処理水TP濃度においてRun3で0.3 mg/L となり、下水放流基準と同等までに除去できることもあった。また定常状態であってもクロロフィルa濃度が急激な増加傾向を示す少し前に、処理水TN濃度、TP濃度が減少する傾向があった。これはクロレラが窒素・リンをある程度まで藻体中に蓄積させてから増殖に利用しているためと考えられる。処理水濃度は定常状態であっても上下変動し、処理水濃度が低下したときに藻体の引き抜き操作を行えば低濃度の処理水を継続的に得られると考えられる。

窒素の除去率はRun1~Run4で順に42%、45%、22%、18%となった。Run3はHRTが2.5日と短くなった条件であることから、藻体へ吸収するための十分な滞留時間が確保できなくなったことが考えられる。一方でHRT5日以上であれば十分な滞留時間が確保されていると考えられ、この時の窒素の除去率は40%といえることができる。

リンの除去率はRun1~Run4で順に52%、69%、75%、40%となった。リンの方はRun3までは除去率が向上する傾向が見られた。これは低負荷条件では藻体の引抜きが少なかったこと、リンを取り込む能力はRun3でも十分発揮できたことが考えられる。これらのことから装置が破綻するような状態でなければ、藻体の引抜きをコントロールすることでリンの除去率は70%程度までは可能であると考えられる。

4. おわりに

本研究では、微細藻類であるクロレラを用いた人工排水の連続処理を行い、HRT10~1日の条件で運転特性を検討した。その結果、藻体濃度15000~20000 $\mu\text{g/L}$ 、HRT2.5日以上での定常状態での運転が可能であった。また、窒素、リンについても同様に定常状態を得ることができた。窒素除去については、処理水窒素濃度は50 mg/L 前後で除去率40%程度、リン除去については処理水リン濃度1~3 mg/L で除去率70%が得られた。特にリン除去に効果が高いのではないかと考えられる。

【参考文献】1)C培地:国立環境研究所 <http://mcc.nies.go.jp/02medium.html#>

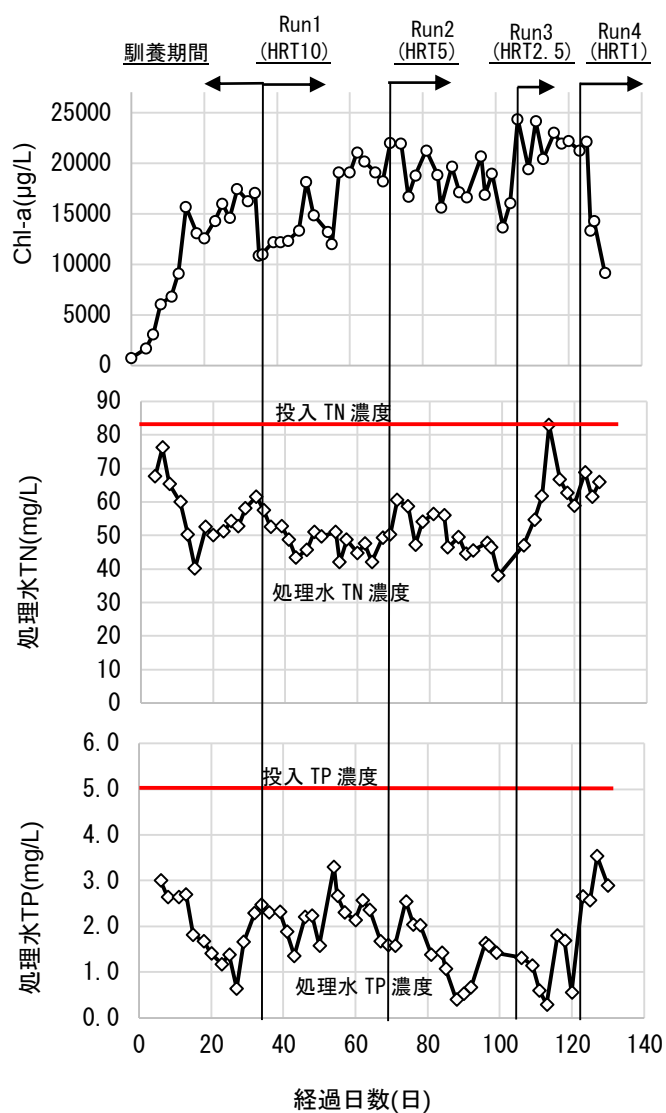


図2 連続実験結果(上からChl-a、D-TN、D-TP)