

大阪工業大学 学生会員 ○古田 大地
大阪工業大学 正 会 員 古崎 康哲
大阪工業大学 正 会 員 石川 宗孝

1. はじめに

近年、再生可能エネルギー利活用および資源循環型社会形成の観点からメタン発酵が注目されている。メタン発酵の課題は発酵残液中に高濃度に含まれる窒素・リンの除去である。そこで本研究では肥料・飼料等の付加価値がある微細藻類クロレラを用いてメタン発酵残液中の窒素・リン除去の可能性を検討した。実験はフォトバイオリアクタにメタン発酵残液を連続投入し、クロレラの増殖特性および、栄養塩の除去能力を検討した。

2. 実験条件

図 1 に使用したフォトバイオリアクタの概略図を示す。リアクタはアクリル製で容量は 20L とし、循環並びに CO₂ の供給として、滅菌フィルター(孔径 0.2μm)通過空気を 3.0L/min で連続曝気を行った。光の照射は 450nm、650nm に特化した LED 照明(キーストーンテクノロジー(株)、収穫 ACE)を装置の両面から 1 本ずつ照射し計 2 本使用した。照度は 1 本当たり 6,000lux で照射時間は 12h 明期/12h 暗期とした。使用したクロレラは *Chlorella vulgaris* 株とした。

表 1 に運転条件を示す。Run1 においては藻類を増殖させるための培養を 11 日間行った後、半連続運転、連続運転を行った。培養の基質は C 培地¹⁾を用いて行い、培養期間中の基質の投入は行わなかった。また、運転 20 日目までは処理水を遠心分離してクロレラの返送を行った。11 日目からは残液の投入・引拔を 1 日 1 回行う半連続運転を行った。27 日目からはローラーポンプを用いて残液の連続投入を行い、処理水はノズルからのオーバーフローにより得た。

Run2 においては培養を 14 日間行った後、半連続運転を行った。半連続の操作は Run1 と同様に行った。

表 2 に投入基質の組成を示す。使用したメタン発酵残液は当研究室において模擬厨芥を高温発酵させたものである。この液を 10,000rpm・5 分で遠心分離後、ろ過(GS-25,アドバンテック東洋(株)、孔径約 1μm)したろ液を使用した。

3. 実験結果及び考察

図 2 に chl-a、SS 濃度の経日変化を示す。クロロフィル a は 21 日目まで急激な増加傾向を示し 15,000μg/L の値となった。半連続期間は 14,000μg/L で横ばい傾向を示した。連続運転を開始した 29 日目以降減少傾向を示し 49 日目で 6,000μg/L となった。SS 濃度はクロロフィル a と同様に 21 日目まで増加傾向を示し、連続開始後は減少傾向を示した。

また、クロロフィル a と SS 濃度は同じ傾向で増減したが経過日数 44 日目からはクロロフィル a は減少を続けたが SS

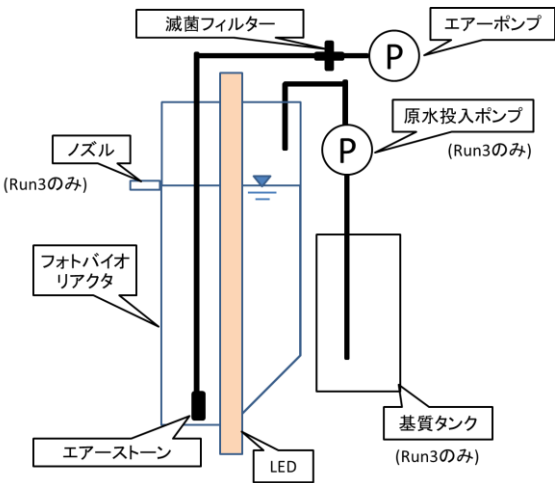


図 1 概略図

表 1 運転条件

運 転 条 件	Run1	Run2
基質投入	連続	半連続
HRT	7日	10日
投入基質	20倍希釈 残液	5倍希釈 残液
TOC容積負荷[mg/(L・日)]	6.6	18.1
TN容積負荷[mg/(L・日)]	9.8	27.0
リン容積負荷[mg/(L・日)]	0.66	1.83

表 2 メタン発酵残液組成(ろ液)

	mg/L
BOD	1400
TOC	910
T-N	1400
NH ₄ -N	1400
T-P	92

濃度は横ばいした。クロロフィル a のみが減少傾向を示したのは、クロレラの活性が低下したためだと考えられる。図 3 に D-TP 濃度の経日変化を示す。処理水の値は 14 日目で 1.0mg/L を下回り、29 日目まで横ばい傾向を示した。29 日目以降増加傾向を示した。

図 4 に D-TN 濃度の経日変化を示す。処理水は 9 日目から 29 日目まで減少傾向を示した。D-TP 濃度と同様に 29 日目以降は増加傾向を示した。

リン・窒素と藻体増殖の傾向をみると、9 日目からクロロフィル a の増加に伴いリン・窒素が減少した。これは藻体の増殖に消費されたためと考えられる。連続運転とした 29 日目以降はクロロフィル a が減少し、リン・窒素が増加した。流出により藻体量が低下し吸収される量が減少したため、リン・窒素の濃度も増加傾向を示したと考えられる。

図 5 に比増殖速度の経日変化を示す。半連続運転を行っていた 20 日目付近では約 0.25 $\mu\text{g}/(\mu\text{g}\cdot\text{日})$ の値で推移していたが、連続運転に変更後約 0.1 $\mu\text{g}/(\mu\text{g}\cdot\text{日})$ 程度まで下がり横ばい傾向を示した。これは槽内の栄養塩、特にリンが 1.0mg/L 以下の状態で推移していたため、クロレラの増殖に十分でなかったためと考えられる。

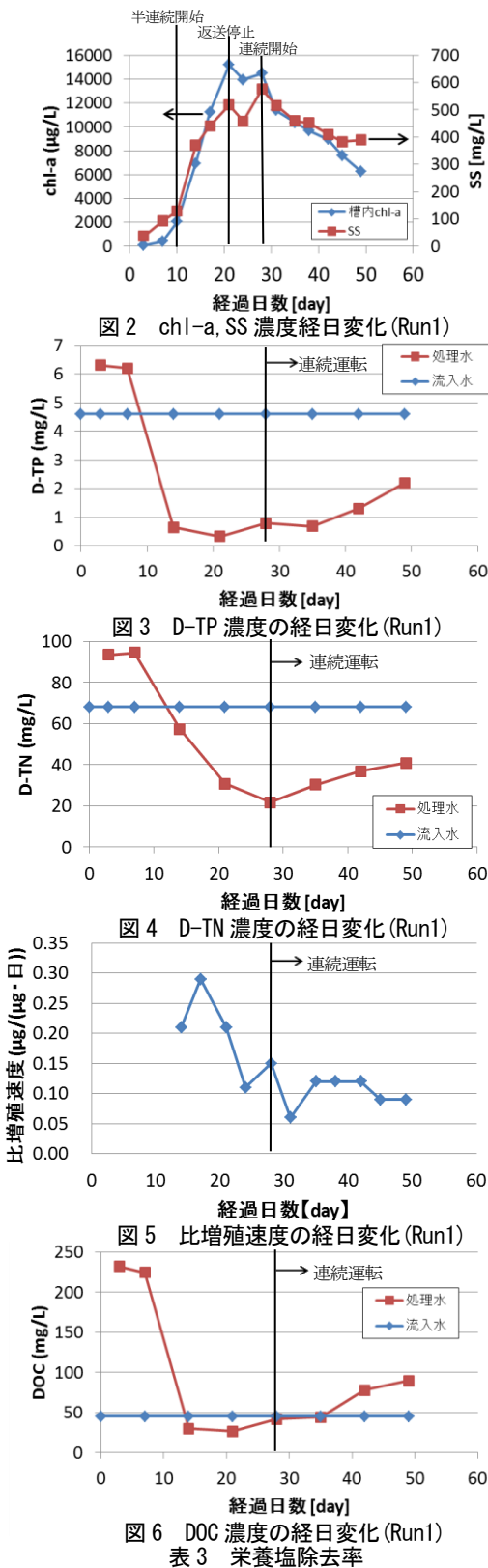
図 6 に DOC 濃度の経日変化を示す。DOC 濃度は 14 日目までは減少したが 20 日以降増加傾向を示し、流入水質濃度よりも高くなったことから、内部生産が行われていたことが考えられる。

表 3 に Run1、Run2 における栄養塩の除去率を示す。除去率の算出は Run1 では 21 日から 35 日の平均値を用いた。Run2 では定常状態の期間が短かったため運転最終日である 60 日目の値を用いた。Run1 ではリンの除去率は 87%、窒素は 59%、DOC では 18%となった。Run2 では槽内 DOC は流入濃度より高い値となった。窒素は 41%、リンは 26%となった。以上のことから窒素・リン除去率は Run1 の方が良好であり、残液の濃度が薄い条件の方が除去能力が高いことがわかった。特に、リン除去に関しては高い能力を有していることがわかった。窒素においても残液が窒素過多であることを考えると処理能力はあると考えられる。ただし、有機物除去に関して見ると除去率は低く有効ではないと考えられる。このことから、微細藻類は栄養塩除去には有効だが有機物除去には適当でないことが分かった。

4. おわりに

本研究では、微細藻類であるクロレラを用いてメタン発酵残液の処理並びに微細藻類増殖の可能性を検討し、次に示す知見を得た。①メタン発酵残液の処理において、長期間の安定した連続運転はできなかったが、残液を基質とした藻類の増殖とそれに伴う栄養塩類の除去を確認できた。②窒素・リン除去能力は比較的高いが有機物は低いことがわかった。③ある程度以上希釈すると除去能力が高くなることが示唆された。今後は長期間での安定した藻体の維持と短い滞留時間での運転が課題であると考えられる。

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



		Run1	Run2
		20倍希釈	5倍希釈
DOC	流入(mg/L)	45	180
	流出(mg/L)	37	250
	除去率(%)	18	-40
D-TN	流入	68	270
	流出	28	160
	除去率	59	41
D-TP	流入	4.6	18
	流出	0.6	14
	除去率	87	26