

微細藻類を用いたメタン発酵残液の処理に関する基礎的検討

大阪工業大学大学院 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。回分実験によりクロレラの増殖・栄養塩除去特性を検討するとともに、連続実験により装置化の可能性を検討した。

2. 実験条件

(1)回分実験：三角フラスコへ培地を 500mL 投入し、オートクレーブ(120℃、20 分)にて滅菌した。放冷後、クロレラ(*Chlorella vulgaris*)を投入し培養実験を行った。培養容器は 25℃に設定したインキュベータ内において、シェイカー(タイテック株、DOUBLE SHAKER NR-30)で 120rpm で円振とうさせて培養した。光の照射は 450nm,650nm に特化した LED 照明(タイテック株、LC-LED450W)を下部から 4,000lux、14h 明期/10h 暗期で照射した。

表 1 に実験条件を示す。条件 B~E は適宜希釈した発酵残液、A は対照培地として藻類培養に適している C 培地¹⁾を使用した。CO₂の供給として滅菌フィルター(孔径 0.2μm)通過空気を 0.3L/min で連続曝気を行った。

(2)連続実験：図 1 にフォトバイオリアクタ概略図を示す。リアクタはアクリル製で容量 20L とし、循環並びに CO₂の供給として、上記と同様のフィルターを使用し、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 本ずつ計 2 本を使用した。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回分実験と同様とした。

表 2 に運転条件を示す。運転開始から 11 日目までは藻類を増殖させるための培養(前培養)を行いその後、半連続運転、連続運転を行った。前培養の基質は C 培地¹⁾とし、培養期間中の基質の投入は行わなかった。12 日目からは基質をメタン発酵残液に変更し投入・引抜を 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。

表 3 にメタン発酵残液の組成を示す。これ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 10,000rp・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。

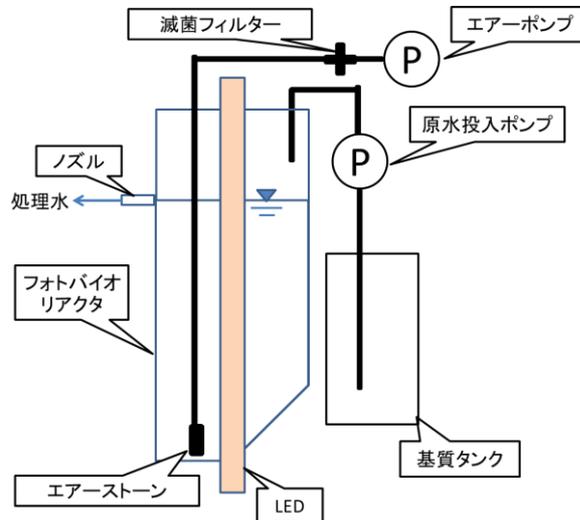


図 1 連続実験装置概略図

表 1 回分実験条件

試料名	A	B	C	D	E	
実験日数	12日				5日	
培地内容	使用培地	C培地	消化液(ろ過)			
	希釈倍率	x1	x5	x10	x20	x40
	リン濃度 (mg/L)	5	20	10	5	2
	窒素濃度 (mg/L)	80	200	100	50	25

表 2 連続実験条件表

項目	
HRT	7日
投入基質	20倍希釈残液
TOC容積負荷[mg/(L・日)]	6.6
TN容積負荷[mg/(L・日)]	9.8
リン容積負荷[mg/(L・日)]	0.66

表 3 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

キーワード 微細藻類 メタン発酵残液 排水処理

連絡先 〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1 大阪工業大学 090-7757-3992

3. 実験結果及び考察

(1) 回分実験：図2にクロロフィル a(以下、Chl-a)の経日変化を示す。条件C~Eは5日目までは増殖傾向を示したが、その後藻体の減少を確認した。また、条件Bは初期藻体量からの増加は確認できず減少傾向を示した。その後条件Aのみ増殖状態を維持し、14日目で16,000 $\mu\text{g/L}$ の値となった。図3に $\text{PO}_4\text{-P}$ の経日変化を示す。条件Aでは8日目に0 mg/L となり、リンを使い切ったと考えられる。条件Bは初期濃度の18 mg/L で横ばい傾向を示し、クロレラによるリンの消費は確認出来なかった。条件C~Eにおいてそれぞれ約2 mg/L の減少が確認できた。また、初日と最終日のD-TPより算出したリン除去率は、A:98%、B:2.0%、C:28%、D:48%、E:64%となった。

以上の結果からメタン発酵残液が濃い場合は増殖が進まないことがわかった。これは残液中に含まれるアンモニア性窒素が高いために、成長障害があったことが考えられる。また、増殖に適したC培地¹⁾に比べると最大藻体濃度が低い結果となった。C培地¹⁾に比べて残液には色・濁り成分が多く、藻体への光が届きにくかったことが原因と考えられる。また、残液40倍希釈では10倍、20倍と較べて増殖が少なかったが、これは栄養塩の濃度が低いためと考えられる。

(2) 連続実験：図4にChl-a、SS濃度の経日変化を示す。Chl-a、SS濃度ともに21日目まで急激な増加傾向を示し、Chl-aは15,000 $\mu\text{g/L}$ 、SS濃度は500 mg/L となった。半連続運転の期間では、Chl-a、SS濃度ともに横ばい傾向を示した。連続運転開始後はChl-a、SS濃度ともに減少傾向を示したが、経過日数44日目からはChl-aは減少を続けたのに対し、SS濃度は横ばいした。Chl-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5にD-TP濃度の経日変化を示す。処理水の値は14日目で1.0 mg/L を下回り、29日目まで横ばい傾向を示した。以降は増加傾向を示した。連続運転とした29日以降はChl-aが減少し、リンが増加した。20日目以降は返送しなくなったため流出により藻体量が低下し、その結果リンの藻体への吸収量が減少したと考えられる。21日目から35日目の除去率の平均値は、DOC18%、窒素59%、リン87%となった。以上のことからリンの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有していると考えられる。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わかった。

4. おわりに

本研究では、微細藻類を用いたメタン発酵残液中での培養の可能性が示唆された。また、連続運転での窒素・リンの除去能力が高いことがわかった。

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

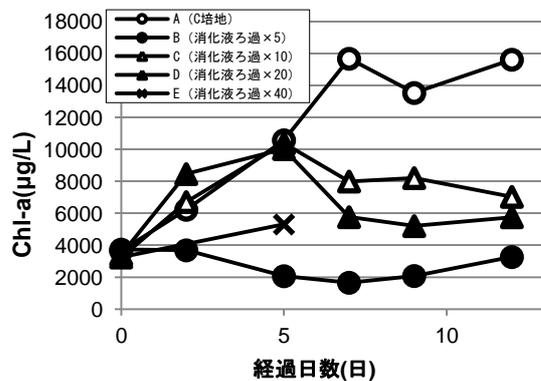


図2 Chl-a濃度の経日変化(回分実験)

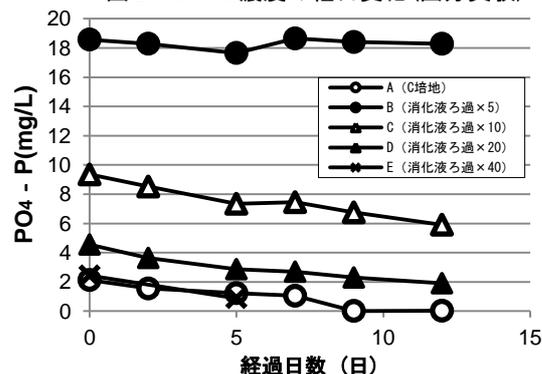


図3 $\text{PO}_4\text{-P}$ の経日変化(回分実験)

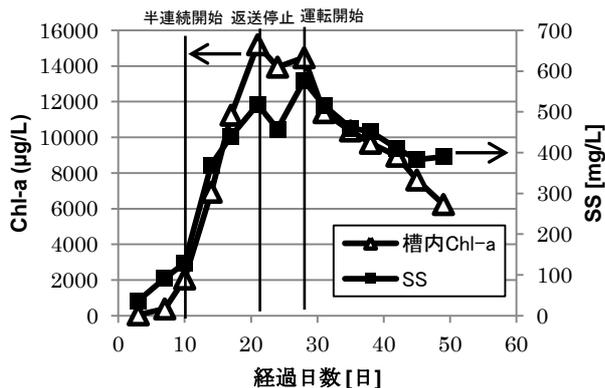


図4 Chl-a、SS濃度の経日変化(連続実験)

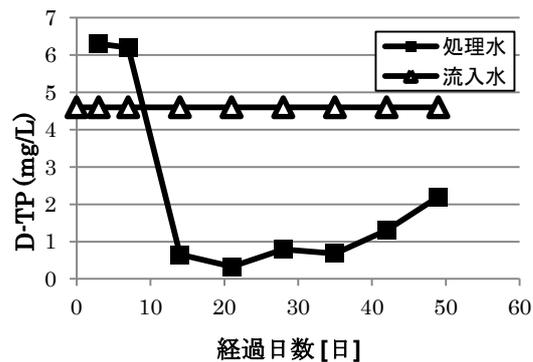


図5 D-TPの経日変化(連続実験)