

大阪工業大学 学生会員 ○角井 今日子
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

水処理視点の資源の有効活用として、現在利用が進んでいない排水中の栄養塩類を、微細藻類を用いて回収することが挙げられる。食品廃棄物のバイオガス化で注目されているメタン発酵も高濃度の栄養塩類を含む消化液排水の処理問題を抱えており、微細藻類で除去できれば排水処理の問題を解決した上で栄養塩類を資源として回収できると考えられる。そこで本研究では、クロレラを用いた栄養塩類を含む排水処理の基礎的能力を検討することを目的とした。

2. 実験内容

図 1 に実験装置の概略図を示す。三角フラスコへ 500 mL の培地を投入し、オートクレーブ(120 ℃、20 分)にかけて滅菌した。クリーンベンチで放冷後、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) で円振とうさせつつ培養した。

表 1 に実験条件を示す。条件 A～D の実験日数は 12 日、E は 5 日とした。LED (タイテック株、LC-LED450W) は下から照射し、B～E は消化液、A は対照培地として藻類培養に優れた C 培地を使った。使用したメタン発酵消化液は当研究室において模擬厨芥を用いて高温発酵したものを、ろ過 (GS-25、アドバンテック東洋株) したろ液を使用した。

3. 実験結果と考察

図 2 にクロロフィル a の経日変化を示す。条件 B の消化液 5 倍希釈ではクロロフィル a が横ばいであり、クロレラは増殖しなかったと考えられる。条件 A、C、D はそれぞれ、C 培地、消化液 10 倍希釈、20 倍希釈であり、10 mg/L になるまで同じ増殖傾向を示した。その後、条件 A は 16 mg/L 前後まで増殖し、条件 C、D では 8～60 mg/L まで減少した。条件 E の消化液 40 倍希釈では条件 C、D と比べて 5 日目クロロフィル a 濃度が 6 mg/L と低いため、増殖が弱いと考えられる。条件 A の C 培地の方が条件 C～E の消化液より高い濃度まで増殖したことから、消化液では色やにごりがあるため、C 培地より光が届きにくい可能性が示唆された。このことが、増殖が制限される要因のひとつとして考えられる。

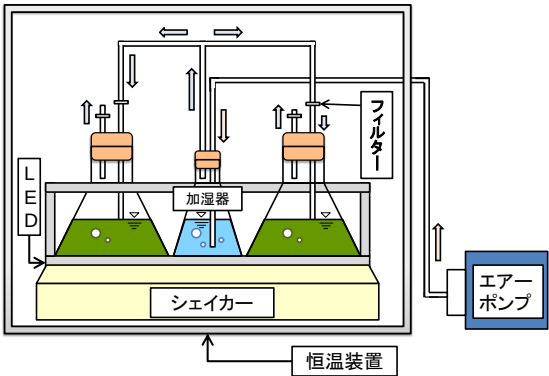


図 1 実験装置

表 1 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	×1	×5	×10	×20	×40
	リン濃度 (mg/L)	5	20	10	5	2
	窒素濃度 (mg/L)	80	200	100	50	25
LED	照射時間	14時間				
	照度	4000 Lux				
空気量		0.3 L/min				
振とう数		120 rpm				
温度		25 ℃(インキュベータ内)				
培養容器		500 mL三角フラスコ				

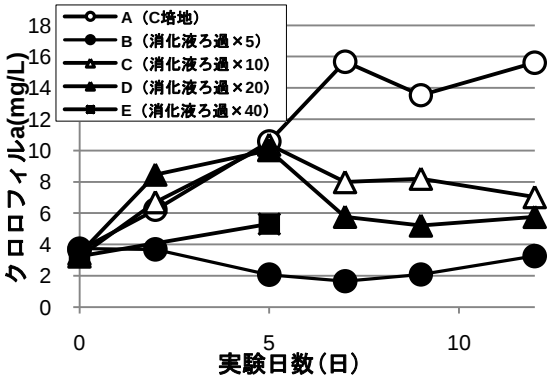


図 2 クロロフィル a 濃度の経日変化

図 3 に PO₄-P の経日変化を示す。条件 A の C 培地では 8 日目に 0 mg/L となったことから、D-TP を使い切ったと考えられる。条件 C～E は約 2 mg/L の減少が見られた。条件 B は初日から約 18mg/L で終始横ばいとなった。また、初日と最終日の D-TP より算出したリン除去率は、A : 97.6 %、B : 1.8 %、C : 27.9 %、D : 48.3 %、E : 63.6 %となった。消化液では希釈倍率が高いほど、除去率が高くなる傾向が見られた。

図 4 に各条件の初発窒素濃度を示す。条件 A は約 80mg/L、B が 200 mg/L、C が 100 mg/L、D が 50 mg/L、E が 25 mg/L とした。消化液中の D-TN の大半が NH₄-N であるため、条件 B でクロレラがほとんど増殖しなかったことは、NH₄-N による成長阻害が起こった可能性を示唆している。また、初日と最終日の D-TN より算出した窒素除去率は A : 27.8 %、B : 54.7 %、C : 59.0 %、D : 72.2 %、E : 65.8 %となり、消化液で高い値となった。ただし、D-TN の減少は NH₄-N の飛散等、クロレラが増殖による利用以外の要因も考えられる。藻体をクロロフィル a で表すと、基質とクロロフィル a 増殖の関係は次式で表される。

$$\frac{dC}{dt}=\mu C \cdots (1)$$

dC/dt(クロロフィル a 増加量[mg/(L・日)]), μ(増殖速度係数[g/(g・日)]),
C(クロロフィル a 濃度[mg/L])

(1)式より、クロロフィル a の経日変化を片対数グラフにプロットし、直線の傾きから増殖速度係数μを求めた。表 2 に求めた増殖速度係数を示す。条件 A、C、D はほぼ同じ値となった。条件 B はクロレラが増殖しなかったため 0 となった。

以上の結果から、メタン発酵消化液によるクロレラ培養は、窒素（NH₄-N）濃度を 100 mg/L 以下に希釈することで阻害のない培養が可能であると考えられる。また、増殖速度は 5 日目までは C 培地とほぼ同じになると言えることから、クロロフィル a 濃度 10 mg/L 以下での培養が望ましく、それより高くなると増殖しにくくなると考えられる。その原因として、消化液の色やにごりにより増殖が制限されていることや、消化液中の微量栄養素等を消費し尽くしたことが考えられる。この場合、色やにごりを前処理で軽減したり、光強度を上げる、微量栄養素を補うことなどによって、より効率の良いクロレラが増殖が期待できる。リン除去率は消化液の希釈倍率が高いほど高くなった。窒素除去率は C 培地より消化液の方が高い値となったが、消化液中の D-TN の大半が NH₄-N であるため、クロレラ増殖による利用のみの結果とはいきれない。

4. おわりに

微細藻類による、メタン発酵消化液中の栄養塩類の除去は、藻体への取り込みによって達成されることから、本研究ではクロレラを使ってそれが可能であることを示すことができた。今後、クロレラを用いたメタン発酵消化液の処理において、より増殖効率が良くなる条件を探すことが求められる。具体的には、pH、光強度、必要な栄養要素などが挙げられ、より短期間で高濃度に増殖する条件を探索していきたい。

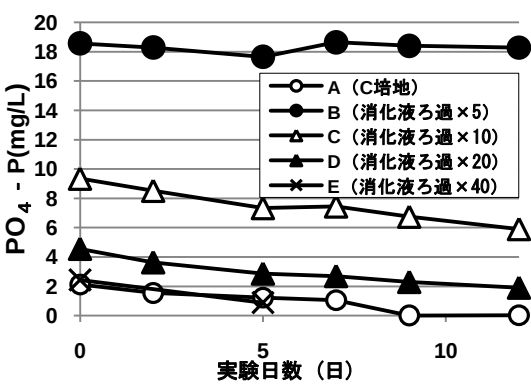


図 3 PO₄-P 濃度の経日変化

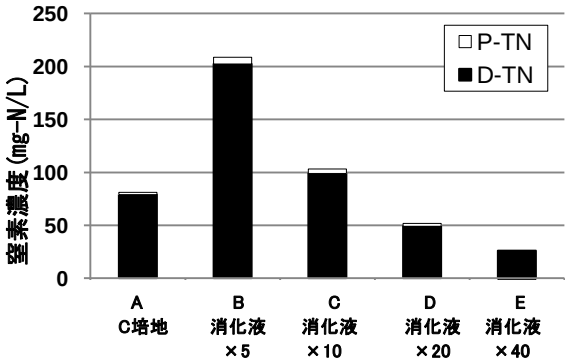


図 4 初発窒素濃度

表 2 増殖速度係数

培地条件	増殖速度係数μ (g/g・日)
A(C培地)	0.25
B(消化液ろ過×5)	0.00
C(消化液ろ過×10)	0.22
D(消化液ろ過×20)	0.23
E(消化液ろ過×40)	0.10