

大阪大学工学部 正会員 ○古川 憲治

大阪大学工学部 正会員 橋本 奨

1. はじめに：藻類利用の廃水処理法として古くから米国等で広く普及している酸化池法は、経済的な藻類分離法が確立されていないので、その処理効率は活性汚泥法等のそれよりも著しく低い。しかし、藻類の栄養塩（N, P等）摂取能力を積極的に利用して下・廃水中からN, P等を除去しようとする試みが、若干の研究者により行われている。Doran, M.D.¹⁾は、活性汚泥に藻類を組み込んだactivated algaeによる合成下水からのP除去を検討し、12時間の停滞時間で95%という高いP除去率が得られたことを報告している。

固液分離の容易な大型糸状藻類の単一培養を屋外で安定して維持できるならば、藻類の持つN, P除去能力を廃水の高度処理に応用でき、更にこの蛋白含量の高い藻類を飼料等に有効利用できるはずである。そこで大型糸状藻類 *Oscillatoria* sp. を用い、当研究室で開発したフィルタ・セパレータを固液分離法とする連続培養試験を行い、本藻類の下水高度処理への可能性につき検討した。

2. 実験方法並びに装置：供試株 *Oscillatoria* sp. は農林水産省食品総合研究所 柳本正勝氏から分与を受けた。使用培地は NaHCO_3 , NaNO_3 , K_2HPO_4 を主体とする合成培地である²⁾。連続処理試験は図-1に示す装置を用い、 $30\sim 33^\circ\text{C}$, $2\sim 3$ 万luxの条件下で行った。槽内の攪拌混合は、1vvmのエア-攪拌による。藻細胞乾燥重量と処理水SS濃度は 1.0μ のミリポアフィルターで、又細胞内クロロフィルは超音波破碎後の80%アセトン抽出法でそれぞれ測定した。その他の分析は全て下水試験方法による。

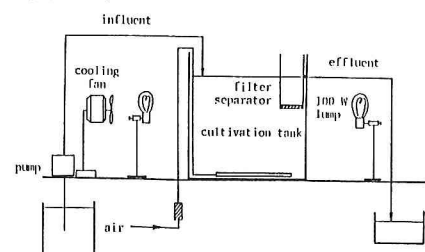
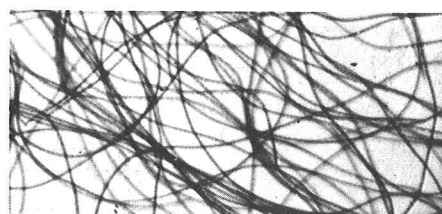


図-1 藻類連続培養試験装置

3. 実験結果並びに考察：*Oscillatoria* sp. の廃水処理への応用では是非知悉せねばならない*Oscillatoria*の生育特性については、これまで回分法、連続法で種々検討し、次の点が明らかになっている³⁾。①生育至適温度は 30°C である。②基本培地上での最大比増殖速度は0.929 1/日である。③ NaHCO_3 を1%に添加した下水2次処理水で、*Oscillatoria*は基本培地での生育と同等の生育を示す。④*Oscillatoria*は、細胞濃度が高まると藻糸がからまり合い、極めて固液分離のいい細胞塊を形成する。（写真-1）

写真-1 *Oscillatoria* sp.の顕微鏡写真

○ *Oscillatoria* によるN, P除去：*Oscillatoria* sp. の生育最適条件下（Temp. 30°C , 照度 $2\sim 3$ 万lux）で、 NaHCO_3 以外の基本培地成分を10倍希釈し、これに NaHCO_3 を1%に添加した培地（ $\text{NO}_3\text{-N}$ 41mg/ℓ, PO_4^{3-} 26mg/ℓ）を用い、流入水量 $2.2\sim 2.6$ ℓ/日の条件で平均細胞滞留時間（ t_s ）を種々変化させ、*Oscillatoria*のN, P除去能を検討した。ここで、 t_s 値は次式で計算した。

$$t_s = VS / [Q_w S + (Q_s - Q_w) S_e] \quad \text{--- (1)}$$

ここで、V：反応槽容量（ℓ）， Q_s ：流入廃水量（ℓ/日）， Q_w ：引き抜き細胞量（ℓ/日），S：槽内細胞濃度（g/ℓ）， S_e ：流入水SS濃度（g/ℓ）。

図-2に t_s 値と処理水 $\text{NO}_3\text{-N}$, PO_4^{3-} 濃度の関係を示した。40mg/ℓの流

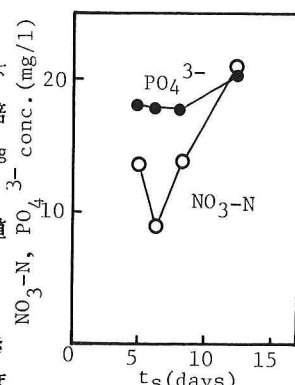


図-2 t_s と処理水質との関係
 流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ 41.0 mg/ℓ
 流入 PO_4^{3-} 26.0 mg/ℓ
 $Q_s = 2.2\sim 2.6$ ℓ/日

入 $\text{NO}_3\text{-N}$ が $t_s = 12.4$ 日で約50%, $t_s = 6.3$ 日で78%がそれぞれ *Oscillatoria* により摂取除去された。26mg/ ℓ の流入 PO_4^{3-} は、流入 $\text{NO}_3\text{-N}$ に比して PO_4 濃度が高かったこともあり、 $t_s = 8.4$ 日で33%除去されたにすぎなかった。

図-3には、 t_s 値と槽内細胞濃度 (S)、細胞生産速度 (P_s) との関係を示した。ここで、 P_s は次式にて計算した。

$$P_s = Q_w S + (Q_s - Q_w) S_e \quad \text{--- (2)}$$

本システムでのN、P除去は *Oscillatoria* の生育に伴う摂取のみにより行われるので、N、P除去反応は P_s と密接に関係する。最大の P_s 値は $t_s = 8.4$ 日で得られ、最高のN除去率の得られた $t_s = 6.3$ 日と若干のずれが生じた。この相違については図-4に示す t_s 値の変化に伴う細胞内N、P、Ash、クロロフィル成分の変化で説明できる。

$t_s = 6.3 \sim 12.4$ の間では、 t_s 値の低下 (μ の増大) に伴いN、P含有量が增大する。 $t_s = 6.2$ 日の高いN含有率が原因となり、最大の P_s 値が得られた $t_s = 8.4$ 日ではなく $t_s = 6.2$ 日で最高のN除去効率が得られた。

○ *Oscillatoria* の培養の単一性と濾過特性：図-5には t_s 値を変化させた開放系での *Oscillatoria* の連続培養における培養の単一性を Vonshak et al. の方法⁴⁾ で評価した結果を示した。いずれの t_s 値においても95%以上の培養単一性が得られ、本システムを他の微生物の汚染なしに長期間運転することが可能であった。図-5には、*Oscillatoria* の固液分離さらには脱水時に問題となる生育細胞の濾過比抵抗値をも併せ示した。 $t_s = 6.3$ 日で 10^7 オーダーの良好な値が得られた。このレベルの比抵抗値であると、凝集剤の添加なしに直接脱水が可能であるので生育細胞を飼料等に転用する際有利となる。

○ *Oscillatoria* 細胞内蛋白質のアミノ酸組成：図-6には、生成 *Oscillatoria* 細胞のアミノ酸分析値に基づく暫定基準アミノ酸パターンを示した。*Oscillatoria* 細胞の蛋白質はLysineを第1制限アミノ酸とする他、含硫アミノ酸量がFAO/WHOの暫定基準値⁵⁾ に比べ少ないが、その他の必須アミノ酸含有量はほぼ暫定基準値を満たしていることから判断して、かなりバランスのとれた蛋白質であることが判明した。

以上の結果から、*Oscillatoria* を用いて下水の高度処理を行う場合、 $t_s = 6$ 日前後で処理プラントを運転すれば、最も効率よくN、Pを除去できると同時に、再利用価値が高くしかも濾過脱水特性のいい *Oscillatoria* 細胞を得ることができることが明らかとなった。

〔参考文献〕

- 1) Doran, M.D. : Water Research, 13, p.805 (1979)
- 2) T.Ogawa and G.Terui : J.Ferment Technol., Vol.48, No.6, 361 (1970)
- 3) 橋本, 古川 : 第21回下水道研究発表会講演集, p.335~337 (1984)
- 4) Vonshak, A. et al. : Biotech. & Bioeng., Vol.25, p.341 (1983)
- 5) 図説食品分析表 : p.200, 一橋出版 (1984)

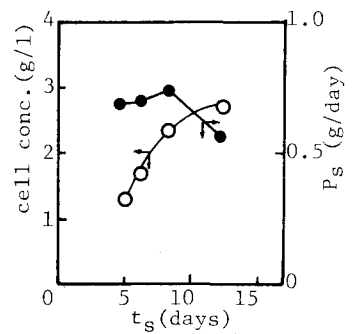


図-3 t_s 値と細胞濃度、細胞生産速度との関係

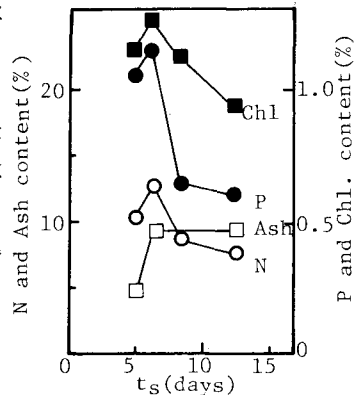


図-4 t_s 値の変化に伴う細胞成分の変化

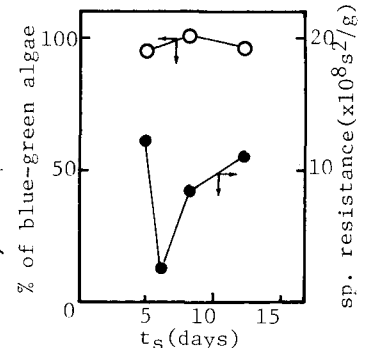


図-5 t_s 値と培養単一性、濾過抵抗との関係

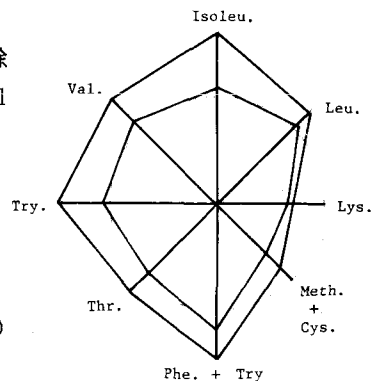


図-6 *Oscillatoria* の暫定アミノ酸パターン