

北海道大学工学部 正 丹保憲仁, 北海道公衛防止研究所 正 奥山香樹
北海道大学工学部 正 亀井翼, 学 岡本裕三, 学 芳賀光治

1. はじめに

貯水池の利用のいくつかの問題点のうち、最も複雑な対応を要するものが富栄養化の制御である。富栄養化による障害の発生は天然湖沼のような水の入替わりが極めてゆるやかな場で顕著に発現する。それに対して、河中にダムを築造することによって送り出された河道貯水池を対象に現象を考える場合には年間に10回にも及ぶ水の入替わりがあるのが普通で、在来の湖沼と同じ扱いをするわけにはいかない。そこで筆者らは(1)富栄養化による障害が生ずるレベルの判定を容易に行うための試験法の検討、(2)藻類の増殖速度と最大増殖量とN、P濃度の関数として表現すること、(3)その結果を用いて実貯水池の藻類増殖量との対比から、流れを持つダム湖の富栄養化の予測を試みる研究を行っている。

2. 試水の藻類潜在生産力試験

水中の窒素、リン濃度レベルによって、どの程度の藻類量が発現するかということ、2週間の振盪培養試験(AGP試験)で評価する場合が多い。しかしながら、この方法は①どのような藻類を植種すべきか、②特定の藻類を植種して得られた結果と、混合微生物が存在する自然系が必ずしも整合しないという問題がある。

そこで、試水に活性汚泥処理上澄水を0.1%(体積)加えるという方法(これを混合微生物植種法と称することとする)、と、不特定藻類を一定細胞数植種する方法を採用して検討を行い、特定藻類を用いた試験法と比較検討した。

表1. 藻類潜在生産力試験の実験条件

2. 1. 藻類潜在生産力試験の実験方法

混合微生物植種と特定藻類植種培養試験を表-1に示した条件で、窒素、リン濃度を様々な組み合わせで行った。両試験とも、30ml容および500ml容L字管を培養容器として用いた。混合微生物植種法においては25ℓ水槽をも用いた。

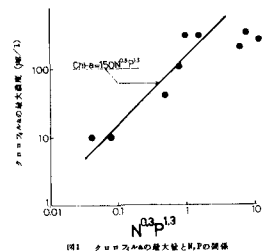
3. 混合微生物植種法による藻類の最大増殖量と初期N、初期Pの関数(25ℓ水槽、長期間静置培養)

	混合微生物植種法	不特定藻類植種法	特定藻類植種法
ベースとなる試水	札幌市水、河川水	河川水	河川水
添加した窒素	NH ₄ Cl	NH ₄ Cl	NH ₄ Cl
添加したリン	KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄
植種微生物	下水処理場放流水0.1%	湖沼の藻類群 10 ³ /ml(細胞数)	Anabaena sp. Selenastrum capricornutum Microcystis aeruginosa Scenedesmus sp. 10 ³ /ml(細胞数)
照度	3500Lux(昼夜点灯法)	3500Lux(昼夜点灯法)	3500Lux(昼夜点灯法)
水温	25℃	25℃	25℃ (Anabaenaについては) 15, 20, 25, 30℃

25ℓ水槽による実験結果について、最大増殖量ととり(100日付近)、クロロフィルaの発現量を指標としてベキ関数表示すると、次のような関係が成立する。 $Chl.a_{max} = 150N^{0.3}P^{1.3}$ (1)

実測値と関数を照合したものが図-1である。実験結果から、Pが1mg/l以上の場合、時間の経過と共に空中からの窒素固定によって必要に応じ窒素が供給されるため、窒素濃度がたとえ低くても最大増殖量はPで律されることが明らかとなった。したがって図中で $N^{0.3} \times P^{1.3} \div 6 \sim 15$ の値は直線から外れていることから見ても、 $P > 1mg/l$ ではほぼ一定の最大クロロフィルa量に達し、変化を示さなくなり、この関数関係を適用し得ない。この式から、混合微生物系の長期間の培養の際には、リンの重みが大きく、長時間にわたる実際の富栄養化制御の観点からはリンがより重要な因子であることがわかる。

4. 藻類増殖速度、最大増殖量とN、P量の関係(L字管振盪培養)



さきに提案したように、¹⁾藻類量を N 、 P の指数関数の結合で表現すると、特定藻類を植種する単藻培養法の場
合には次のような関係が成立する。 *Anabaena* sp. の場合、 $Chl-a = 33 N^{0.6} P^{0.2}$ (2)

Selenastrum capricornutum の場合、 $Chl-a = 51 N^{0.45} P^{0.45}$ (3)

Microcystis aeruginosa の場合、 $Chl-a = 52 N^{0.24} P^{0.33}$ (4)

Scenedesmus sp. の場合、 $Chl-a = 52 N^{1.1} P^{0.99}$ (5)

単藻培養の結果から、 N 、 P のべき数の値は藻類種に固有のものであり、前述の長期にわたる混合培養結果に
比して、リンの指数が窒素と同等近くか、それより低い値であることを知る。つぎに、混合微生物植種法および
不特定藻類植種法によるL字管振盪培養試験結果から、次のような関係が成立する。

3種混合培養 (*Anabaena*, *Microcystis*, および *Selenastrum*) の場合、 $Chl-a = 83 N^{0.15} P^{0.15}$ (6)

下水放流水 0.1 % 植種の場合、 $Chl-a = 140 N^{0.74} P^{0.53}$ (7)

不特定藻類の場合、 $Chl-a = 24 N^{0.45} P^{0.31}$ (8)

ここで、混合培養系についての諸実験結果を統合し、整理すると次のように表現されるので、2週間の振盪培
養試験 (AGP 試験) に限ってみれば、藻増殖量を支配する N 、 P のべき数はほぼ同等であることがわかる。

$$Chl-a = 74 N^{0.62} P^{0.61} \quad (9)$$

5. 混合藻類増殖速度と N 、 P の関数表示

さきに、単藻の増殖過程を Logistic 曲線で表現できることを示した。¹⁾

$$C = \frac{K}{1 + e^{-\mu x}}$$

C : 700ml 水量
 K : 最大増殖量
 μ : 比増殖速度

混合系の場合も同様の表現が可能であり、係数 a 、 μ を次のように表示することができた。

$$\begin{aligned} \text{3種混合培養の場合} \quad \left(\begin{aligned} a &= 5.2 N^{0.097} P^{0.2} \\ \mu &= 0.57 N^{0.033} P^{0.096} \end{aligned} \right), \quad \text{不特定藻類培養の場合} \quad \left(\begin{aligned} a &= 3.4 N^{0.198} P^{-0.0147} \\ \mu &= 0.439 N^{0.164} P^{-0.0259} \end{aligned} \right) \end{aligned}$$

3種混合および不特定藻類について Logistic 曲線と実測値の関係を図-2,3
に示す。実測値と計算結果は良い適合を示し、単藻培養の場合と同様、混合系
においても増殖量の算定を任意の時間について行い得ることが明らかとなった。

6. 藻増殖と温度の関係

藻増殖に及ぼす温度の影響について *Anabaena* を用いて検討を行った。図-4
に最大増殖量と温度の関係を示す。藻増殖量は 25°C 付近に極大を有し、30°C
に到ると急に活性を失い、不連続になる。そこで、15~25°C での結果を整理す
ると次のような関係が成立した。 $Chl-a = 33 N^{0.53} P^{0.16} (T/27.4)^{1.16}$

$$a = 1.32 N^{0.116} P^{0.086} (0.021 T)^{-1.38}, \quad \mu = 0.41 N^{0.074} P^{0.029} (0.034 T)^{-0.826}$$

7. 結論

混合系について、さきに提案した最大増殖量および増殖過程を Logistic 曲線
とした諸係数についてべき関数表示が適用できることを明らかにした。更に通
常の水温における任意の時間での藻類増殖量を予測し得ることを明らかにした。

また、混合微生物植種法による静置長時間培養試験結果と通常の2週間の
振盪培養試験結果の間には、リンの制御因子としての重みに大きな違いがあり、
水の入れ替わりのきわめてゆるやかな自然湖沼における富栄養化を評価する場
合には、通常の AGP 試験法は循環的な増殖の初期の現象を評価し得るのみで
あり、確定的な試験方法とはいえない。

<参考文献> 1) 昭和55年度土木学会年講要旨集 p.760

2) 昭和55年度土木学会道支部技術研究発表会要旨集 p.275

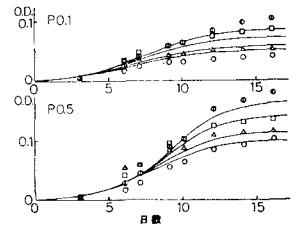


図2 混合系の実測値とLogistic曲線の関係

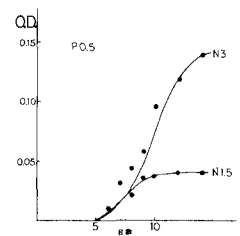


図3 不特定藻類培養の実測値とLogistic曲線の関係

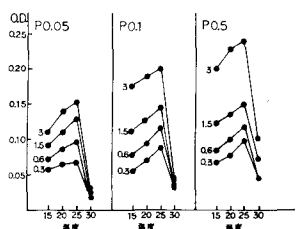


図4 水温と最大増殖量の関係