

北海道公害防止研究所 奥山秀樹, 北海道大学工学部 正 亀井 翼, 正 丹保憲仁

1. はじめに

富栄養化の問題を論ずる場合に流入水中の懸濁成分の挙動や底質の内部構成と水層との交互作用等の現象をも解明することが重要であるが、本研究では深い湖の成層上に懸濁しに挙動の活動が問題となり、底層との混合がほぼ無視し得る時期の現象について水中に懸濁溶解している成分の挙動を中心に検討を加えた。そこで最も単純な均一混合系について、初期窒素、リンの藻類増殖に対する寄与の程度に関して実験を行い、AGP(潜在藻類生産量)を支配する窒素、リンの制御因子としての重みと複合因子としての働きを評価した。

2. 混合微生物系による予備的考察

本実験では初期窒素、リン濃度を様々に変化させた組合せのもとで藻類の発生パターンのように進行するかをクロロフィルaを指標として計測し、原水中の窒素、リンの藻類増殖に対する寄与の程度と求めようとするものである。札幌市水を基礎水質とし、炭酸水素ナトリウム 20 mg/l を加えて炭素源とし、窒素源とし(下水起因の代表と考えられるアンモニウム塩(NH<sub>4</sub>Cl)を添加した。リンとしてはリン酸一カリウム(KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)を添加した。温度条件を 25°C に定め、表面照度を 3000 Lux とし昼夜連続点灯法による。窒素、リン濃度を様々に組み合わせて試水を 500 ml 容三角フラスコに入れ、これに活性汚泥処理上澄水と試水の 1% [体積] 加えて接種した。このような条件下で活動する生物種は藻類が主なるものであり、その条件にしたがって適応して種が増殖すると考えた。

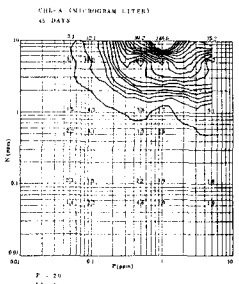


図-1 溶解性窒素・溶解性リンと最大増殖量の関係

結果を総合的に把握するために、初期リン濃度と初期窒素濃度を X-Y 軸にとり 2次元平面上で、藻増殖を示すクロロフィルaの等濃度線を描いて考察した。その一例として 45 日目のコンタマップを図-1 に示す。図から、リンと窒素がそれぞれ相互に影響しあって藻増殖量を定める領域と一方のみの不足が他の濃度に関係なく藻増殖を抑制するというレベルが存在することがわかる。従来、窒素の 2ppm、リン 0.02ppm 程度が富栄養化の閾値とされる例が多かった。図からこれらの数値は、おそらく窒素、リンが単独で富栄養化を抑制する数値とみることが出来る。

ところが実際には窒素、リンは複合して存在しており、上述のような単独の成分個々に考えられる閾値以上であっても、両成分の効果と合成した際に富栄養化に至りえない場合が多くある。各々の限界値以上であっても、たとえば複合的な効果を考えると、リンが 0.1ppm で窒素が 1ppm 以下の濃度である場合とか、窒素が 5ppm であってもリンが 0.05ppm 以下の場合には藻類増殖が強く抑制される。このことは窒素とリンがある割合で寄与していることを示し、次のようなべき関数で表示することができる。

$$Chl - a (\mu g/l) = 55 N^{0.2} P^{0.8} \quad (1)$$

この式から明らかなように、藻増殖量に対してリンの重みが大きく、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。

3. 単藻培養試験

藻類増殖の特性について詳細な検討を行うため、毛ノ型振盪器を用いて、L字管(30ml 容)による単藻培養試験を行った。温度、照明条件は上記の混合微生物系を用いた静置培養試験の場合と同一とした。各種窒素、リン濃度の試水とオートクレーブによる滅菌し、これに *Anabaena* sp. を細胞数が  $50 \times 10^3/ml$  となるように植

稀した。藻類濃度は濁度(680nm)として測定した。接種培養試験の結果を図2~5に示す。また、溶解性窒素、リンの初濃度と最大増殖量との整理を図6, 7に示す。これによるとAnabaenaの増殖量は溶解性リンの濃度が0.01ppmの場合、初期の窒素濃度に関係なく一定である。リン濃度が0.05ppmの場合、窒素初濃度が高いほど増殖量は大きい。しかし、窒素濃度が3.0, 1.5ppmのものはリンがクリテリカルな条件となり、窒素初濃度によらない。図3, 4, 5と比較し、考察すると、窒素濃度が0.3, 0.6ppmの場合にはリン濃度が0.1, 0.5ppmと高くなっていくにもかかわらず最大増殖量は増加しない。リン濃度が0.1ppmの場合、窒素初濃度が高いほど最大増殖量は大きくなる。そこで、窒素濃度が3.0, 1.5ppmのものはリンが、0.3, 0.6ppmのものは窒素がクリテリカルな条件となっている。

4. 増殖速度に関する考察

最大増殖平衡量は式(1)と同じようにChl-a (ug/l) = 17N<sup>0.7</sup>P<sup>0.09</sup>が成立する。上述の平衡に達する時間は窒素、リンの濃度、原生動物量によって異なる。

滞留時間が最大増殖に至る時間より短いような系では増殖時間と増殖量との関係を評価する必要がある。外部から補給のないような押し出し流れ型の反応系を考えると、増殖が循環的であるとすると、logistic curveと同様な速度曲線を式(2)のように仮定する。

$$C = \frac{K}{1 + e^{-\mu t}} \quad (2)$$

C: Chl-a  
K: 最大増殖速度  
μ: 比増殖速度

ここで、(2)式のaは次に示す式(3)の積分定数であるが、初期窒素、リンの値によって変わってくるものとする。

$$\frac{dC}{dt} = \mu C (K - C) \quad (3)$$

上式中のa, μをもべき関数で表現できると仮定し、上述の実験値を用いて評価した結果は次のようである。a = 1.32 N<sup>0.3</sup> P<sup>2.4 × 10<sup>-3</sup></sup>, μ = 0.41 N<sup>0.2</sup> P<sup>-0.02</sup>

計算結果と実験値とは良い適合を示し、最大増殖量の算定と平衡状態の場合と同様に表現できることが明らかとなった。

5. おわりに

今後、混合培養系について精度の高い実験とくり返すとともに、様々な単藻培養によって藻類の増殖ポテンシャルを窒素、リンのべき関数として表現することにしたい。

また、窒素、リンの形態について同様の検討を行いたい。

(参考文献)

奥山, 亀井, 丹保; 貯水池における底泥からの栄養塩の溶出について, 北海道公害防止研究所報第6号(1979)

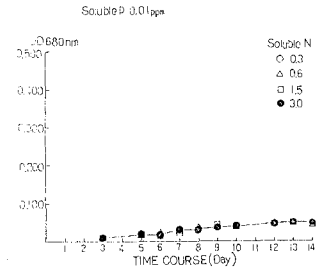


図2 リン初濃度0.01ppmの場合の濁度の推移

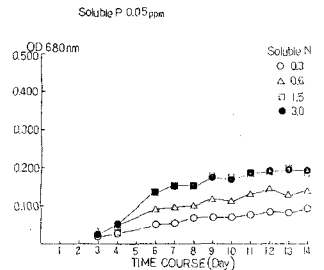


図3 リン初濃度0.05ppmの場合の濁度の推移

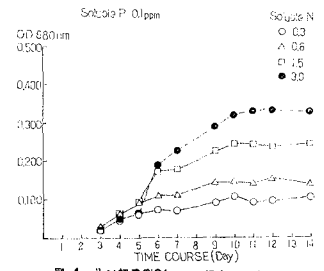


図4 リン初濃度0.1ppmの場合の濁度の推移

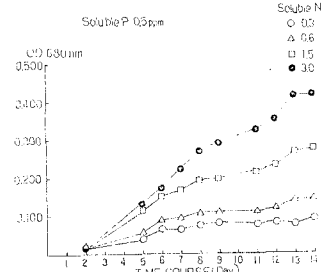


図5 リン初濃度0.5ppmの場合の濁度の推移

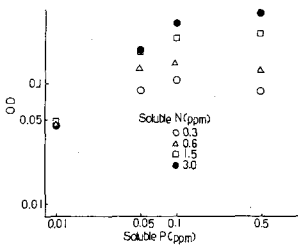


図7 溶解性リンと最大増殖量の関係

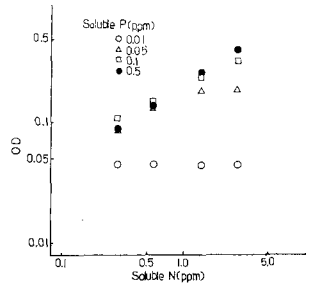


図6 溶解性窒素と最大増殖量の関係