

日本上下水道設計院 正員 富士 孝
東北大学 正員 松本 順一郎
東北学院大学 鈴木 玄行

1. はじめに

藻類の増殖を刺激する因子として窒素あるいはリンが一般的にとりあげられている。藻類にとっての炭素は、多くの場合、無機態である炭酸ガスであるが、これは水中に溶解態として、またアルカリ度($\text{H}_2\text{CO}_3 - \text{HCO}_3^- - \text{CO}_3^{2-}$)として、存在し、大気・細菌という供給源のあることから無視されている。しかし、炭素は重要な細胞構成成分であり、しかも増殖制限因子はあらゆる角度からとらえられなければならないという観点から、無機炭素(I.C.)制限としたらん藻の連続培養を行ない、大気・細菌の影響を実験的に検討した。

2. 実験装置及び基質組成

Fig. 1 に実験装置及び条件、表 1 に基質組成を示す。パラメーターを滞留時間(HRT)とし、6段階設定し、基質はI.C.の4の系と、有機炭素(O.C.)をさらに加えた系の2系列を使用した。使用藻類は、らん藻²である *Lyngbya* の一種を用い、単一培養とした。単一培養は実験期間中完全に維持された。

3. 結果

希釈速度($D; \text{day}^{-1}$) $> 0.4 \text{ day}^{-1}$ では流出をおこし、緑藻類に比して最大増殖速度(μ_m)の小さい事が知られた。I.C.の制限濃度を知るため、Monodのモデル中の飽和定数(K_s)を制限濃度の指標とし、これを求めた。Fig. 2 にこの結果を示す。分析精度が不良なため、数点の濃度に対しプロットを行なっている。オーダーとして K_s は mg I.C./l 以下になるものと思われる、制限濃度の低い事が知られる。大気及びHRTの影響を知るため、完全混合・定常状態に対して物質収支をとれば、①式のようになる。I.C.制限下では $C \approx 0$ であるので、無視

$$(O.C.) = (D/D) \cdot (C^* - C) + (C_0 - C) \quad \text{--- ①}$$

O.C.; 槽内有機炭素濃度 (mg/l) (生物体炭素 + 代謝産物炭素)
D; 容量炭酸ガス移動係数 (day^{-1})
 D ; 希釈速度 (day^{-1})
 C^* ; pH によって定まる飽和溶解炭酸濃度 (mg/l)
 C_0 ; 流入I.C.濃度 (mg/l)
 C ; 槽内残存I.C.濃度 (mg/l)

できる。また、 $[(O.C.) - C_0]$ が大気の影響をあらわしており、これを L とおく。よって②のように書くことができる。つまり混合

$$L = \frac{D}{D} \cdot C^* \quad \text{--- ②}$$

の式を、HRT の長い程、 C^* の式を (pH の高い程 $\rightarrow$ 平衡による)、大気の影響がなくなる事を

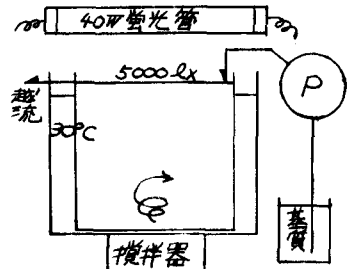


Fig. 1 実験装置

基本基質組成

KNO_3	1000 (mg/l)
CaCl_2	100
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250
NaCl	100
K_2HPO_4	250
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20
他	微量元素 (蒸留水により希釈)

系 I NaHCO_3 70 (mg/l)

$$C:N:P = 1:13.9:4.5$$

系 II NaHCO_3 70 (mg/l)

$$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11} 11.5 (\text{mg/l})$$

$$C:N:P = 1:9.3:3.0$$

Tab. 1 基質組成

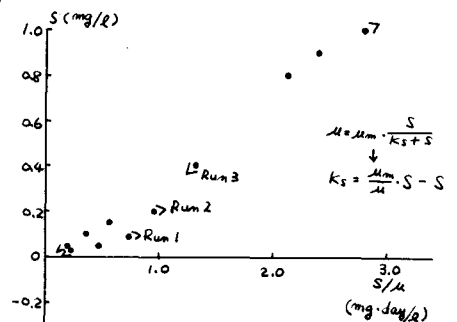


Fig. 2 飽和定数の解析

示している。(R₀など)のRunについて一定ならば、定常期の生物濃度は、双曲線の形になる事も示されるが、Fig. 3に示すように、pHはHRTに影響をうけており(30℃という高温のため等温蒸発による濃縮が生じているものと思われる)、そのためはRun毎に相違し、混合も一定とする事が出来なかったため、(Fig. 5に示すように)大気の影響の大きい系Iにおいても、Fig. 4に示すように双曲線型とはならなかった。)つまり、流入水質がIC制限であり、IC供給源としての細菌がほとんど存在しなくとも、C:N:P比によっては定常期への移行途中で、IC制限から、他の因子制限に変わる可能性のあることがわかる。本実験では、C:N:P比が2段階であるため、IC制限から他の因子制限に変わるC:N:P比は不明である。次に系Iと系IIの実験結果を比較してみると、Fig. 3, 4に示されるように系I→系IIと移行することによって、pHは減少、生物量は増加している。炭素固定速度を比較するとFig. 6のようになる。サッカロース添加の影響の大きいことが知られる。Fig. 6のサッカロース添加の影響を計算したものがFig. 5である。系IではFig. 3に示されるように高pHを達成したため、飽和溶存炭酸濃度が高く、大気の影響が大きい。系IIでは細菌の呼吸によってpHの下降が生じて、大気の影響は小さいが、この呼吸の溶液中への供給のためトータルな固定速度は増加している事が知られる。HRTが長いので細菌は消耗的になり自家呼吸を行なっているものと思われる。Fig. 7は、炭素固定速度の比速度である。比速度の増加が細菌の藻類に対する刺激であるとすれば、細菌の共存によって刺激をうけているという証拠はないと思われる。

4. まとめ

基質組成は、現実的なものからかけ離れているため、さらに比較が必要であるが1) ICが制限となる濃度は1mg/Lであると思われる。2) 基質組成的にICが制限因子となっても、高pH下では(混合=値に依存しなから)大気の影響が大きく、定常期への移行途中で他の因子が制限となる可能性がある。3) O₂が存在すると本実験基質のように細菌の増殖ににくい組成であってもその呼吸の藻類の増殖に対する影響は大きく、その供給によって他の因子が制限に変わる可能性がある、などから、実際の湖沼・酸性池においては、IC制限での藻類の増殖は生じにくいのではないかとと思われる。またIC制限増殖となるためには、混合の不十分によりICの濃度勾配が細胞周囲に生ずる必要があるのではないかとと思われる。

なお、高pH下での生成沈殿物はリン酸カルシウムではあるが、ヒドロキシルアパタイトの組成と一致しなかった事を付記しておく。

