

京都大学 正会員 住友恒, (現・公衆研) 京沢英夫
同 (現・建設省) 尾崎正明, 大村康久

1. はじめに : 富栄養化に伴う臭気の原因が水道にとって重要な問題となっている。藻類の異常増殖(ブルーム)に関する研究に緊急を要するが自然水系における異常増殖はN, Pという代表的栄養塩濃度や水温のみでは説明しなく、種々の未知の要因が引き金となり、現象は複雑である。本文では藻類の異常増殖に対し、共存するバクテリアが藻類に影響するか、逆にバクテリアは藻類の存在により藻類に影響を受けるか、その結果として両者の相互作用が藻類の異常増殖の一原因となりうるか、について検討を加えてみたのでその結果について報告する。なお、本考察は緩速域の過での生物膜と石灰管内バクテリアの相互関係について共通するものと考えている。

2. 実験的検討 : 臭気原因藻類といわれるらん藻類の *Anabaena macrospora* を、バクテリアとしてアンモニア酸化能のある *Nitrosomonas* を取り上げ上記相互作用の可能性について室内実験で検討を加えてみた。

1) *Anabaena* の自己濃度と増殖速度の関係 : 20 ml 容量の L 型チューブに CT 培地¹⁾ 10 ml を加え、別途世代培養中の *Anabaena* を濃度を段階的に変化して注入し、振とう培養における増殖速度を検鏡によってカウントした。結果の一例を図-1 に示すように濃度が高ければ増殖抑制効果が出現し、図-2 に示すように一定濃度以上では増殖速度 μ が低減してくるこが明らかとなった。なお μ とは一般に次式で表現される比増殖速度である。

$$\frac{dM}{dt} = \mu M, \quad \mu = \frac{\mu_m X}{K + X} \quad \text{--- (1)}$$

M は *Anabaena* あるいは *Nitrosomonas* の単位体積当りの濃度(数), X は栄養塩濃度, μ_m は最大比増殖速度, K は定数。

2) *Nitrosomonas* の自己濃度と増殖速度の関係 : 上記と同 L 型チューブに $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4: 0.5 \text{ g/l}$, $\text{NaCl}: 0.3 \text{ g/l}$, $\text{K}_2\text{HPO}_4: 1.0 \text{ g/l}$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}: 0.3 \text{ g/l}$, $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}: 0.03 \text{ g/l}$, $\text{CaCO}_3: 7.5 \text{ g/l}$, 及び培地 10 ml を入れ、無光条件下で振とう培養し、そこでアンモニアの経時変化を実測した。²⁾ 収率係数を

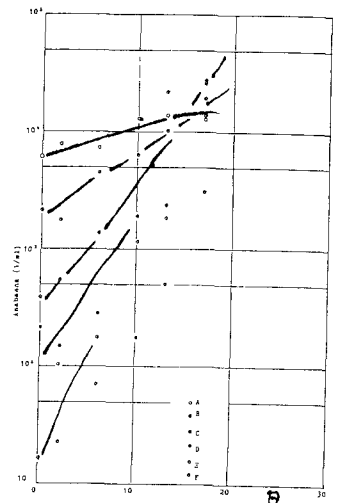


図-1. *Anabaena* の自己濃度と増殖速度の実験例

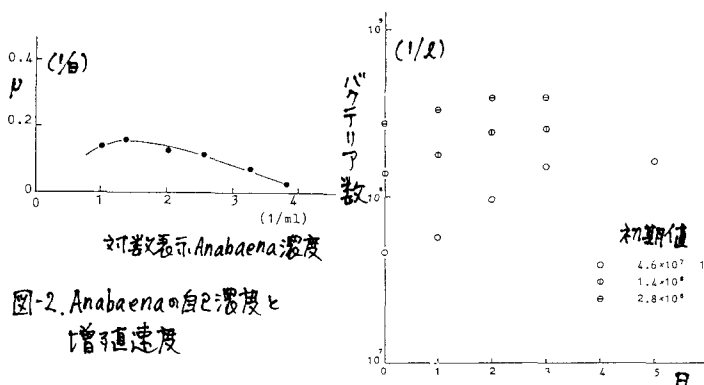


図-2. *Anabaena* の自己濃度と増殖速度

図-3. バクテリアの自己濃度と増殖速度

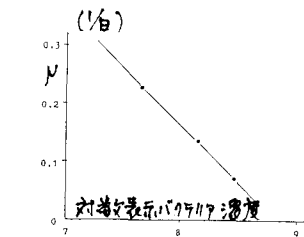


図-4. *Nitrosomonas* の自己濃度と増殖速度

一定とみなし、注入したバクテリア量とそれでの増殖速度の関係をたとえば図-3のように得た。こゝでもやはりバクテリア濃度の増大とともに増殖速度が低下する図-4のような結果を得た。

3) *Anabaena* の N 源の選択性: *Anabaena* が窒素源として $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$ の11種の形態をとりあひたを1)の方法で実験した。CT培地よりN源を削除したものに種々の比率で $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KNO_2 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を注入しそれでの *Anabaena* の増殖を計測した。結果の一例が図-5で、*Anabaena* は $\text{NO}_3\text{-N}$ を好むことがわかる。すなわち、自然水にアノモアとして流入したN源が水に共存する *Nitrosomonas* の活動によって酸に分解される程度 *Anabaena* の増殖が促進されることになる。

3. 藻類とバクテリアの相互作用に関する数理的考察³⁾

図-2, 図-4 および 図-5 の関係は式(1)の ρ が相互の濃度の関数として表現されることを示している。定量的に有意な検討のためにはさらに多くの実験を必要とするが、ひとまず次式のように表現してみる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{dX}{dt} &= X \cdot (a - bX + \alpha Y) \\ \frac{dY}{dt} &= Y \cdot (c - dY + \beta X) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

こゝで X が藻類濃度、 Y がバクテリア濃度、 a, b, α, β はそれぞれ定数文。当然、相平面方程式として次式を得る。

$$\frac{dY}{dX} = \frac{Y(c - dY + \beta X)}{X(a - bX + \alpha Y)} \quad (3)$$

相互の増殖における安定・不安定を定性的に検討するために、図-2, 図-4 の結果より、 $a = 0.156$, $b = 0.0534$, $c = 0.266$, $d = 0.198$ を得る。 α, β 値については、たとえば“ α は図-5より求めることもできるが、現段階ではそれより、 a, c 値の一定比率の値をとるとき X, Y の相互変化の様子を数値実験として検討してみた。一例として α, β が a, c の10%, 50%の値をとるときの結果を図-6, 図-7に示す。一定の値に収束しゆくケース、発散的に共に異常増殖しゆくケースが定性的に示されている。

4. おわりに

藻類とバクテリアの共存が条件によっては異常増殖の引き金となりうることを定性的に示した。今後の研究方向として α, β の定量化実験が重要であることも明らかとなったので、本文はここから一歩と考へている。

参考文献

- 1) 西沢一俊, 千原光雄 編: 藻類研究法, 共立出版, 1979
- 2) 大村康久: 高度処理における硝化細菌の増殖特性に関する基礎的研究, 京都大学卒業論文, 昭和59年3月
- 3) 尾崎正明: 自然水系における藻類と硝化菌の生態学的相互作用に関する研究, 京都大学博士論文, 昭和59年5月

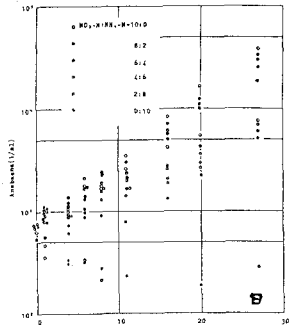


図-5. 培地中の NH_4 , NO_2 , NO_3 と *Anabaena* の増殖速度

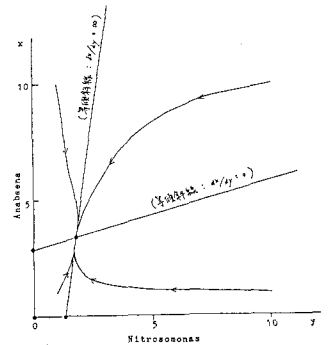


図-6. α, β が a, c の10%のときの X と Y

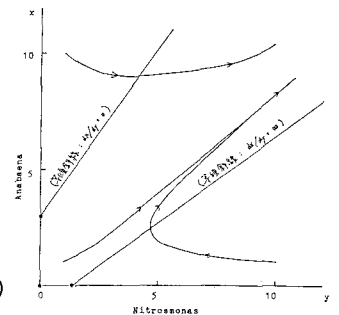


図-7. α, β が a, c の50%のときの X と Y