

B-72 NADHを指標としたアオコ発生予測モデルに関する研究

○藻川 貴也^{1*}・石川 宗孝²・古崎 康哲²

¹大阪工業大学大学院工学研究科環境工学専攻 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16-1)

²大阪工業大学工学部環境工学科 (〒535-8585 大阪市旭区大宮5丁目16-1)

* E-mail: m1m12f07@st.oit.ac.jp

1. はじめに

我々の身近に存在している多くの湖沼などは、上水道の貴重な水源や水産・観光の場として、重要なものである。そのためアオコ発生による弊害は最小限に抑える必要がある。

既存のアオコ発生予測項目には、主に水質の項目であるSSや窒素、リン、有機物がある。これらは機械による測定の自動化が可能だがコストが掛かる。また、クロロフィルaはセンサを用いることで常時モニタリングの指標として用いる事は可能だが、事前にアオコ増殖の変化を知るのには難しいと考えられる。

そこで本研究ではNADHに着目した。NADHは還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチドといい、酸化過程で酵素を手伝い反応速度を増進させる補酵素に分類され、全ての真核生物や多くの原生生物で用いられている。医療分野として使われており、下水道分野でも活性汚泥の制御の指標としても使われている。

本研究の目的はこのNADHを用いてアオコ発生を事前に検知することにより、予測を簡略化することにある。

2. 実験方法及び実験条件

(1) 培養実験

実験装置の概略図を図1に示す。三角フラスコ(1L)を2つ用意し、MA培地を1L、国立環境研究所から取り寄せたMicrocystis株(NIES-1082)を50mL入れた。18Wの蛍光灯(東芝 FL20SS・BRV/18 植物育成用蛍光ランプ プラントルクス)を下から1本で光を当て、照射時間は6-18時までの12時間とした。NADHの測定には蛍光分光光度計(日本分光 FP-6200)を使用し、励起波長340nm、蛍光波長460nmで測定した。

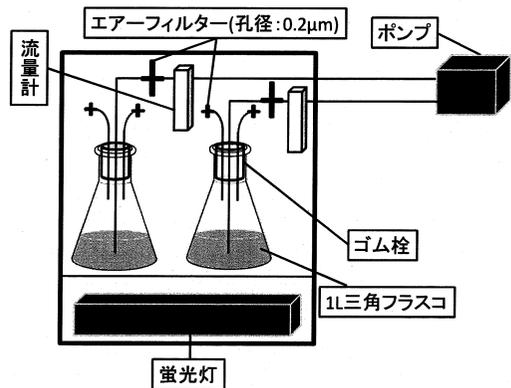


図1 実験装置(培養実験)

実験条件を表2に示す。条件Aは条件Bの約10倍の栄養塩となるよう設定した。シリコン製の栓で蓋をし、試料採取用と空気を抜くための穴を開け、エアフィルター(孔径:2μm)を付けコンタミを防ぐ構造になっている。エアレーションは常時行った。

表2 実験条件(培養実験)

	条件A	条件B
水温	25℃	
恒温槽の温度	25℃	
照度	60 μmol/m ² ・s	
培地	MA培地	
リン濃度	9.2mg-p/L	1.0mg-p/L
窒素濃度	64.7mg-N/L	8.1mg-N/L
炭素濃度	216.6mg-C/L	31.6mg-C/L
エアレーション	0.2L/min	

(2) 模擬湖沼実験

実験装置の概略図を図3に示す。実験槽は2槽用意し、大学付近の池の泥を底泥として10kg、イオン交換水を

40L入れた。18Wの蛍光灯(東芝 FL20SS・BRV/18 植物育成用蛍光灯 プラントルクス)を左右と上方から計6本で光を当て、照射時間は6-18時までの12時間とした。NADHの測定には蛍光分光光度計(日本分光 FP-6200)を使用し、励起波長340nm、蛍光波長460nmで測定した。

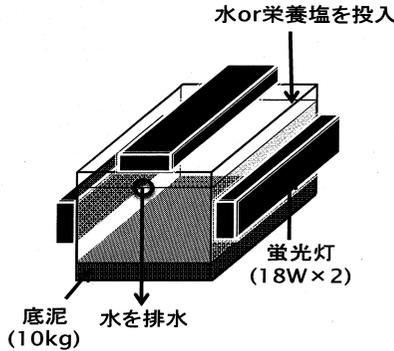


図3 実験装置(模擬湖沼実験)

次に実験条件を表4に示す。栄養塩(リン：リン酸水素二カリウム、窒素：硝酸ナトリウム)を投入した方をI槽、水を投入した対照系をII槽とし、どちらも槽内の水をオーバーフローさせ、HRTを70日とした。

表4 実験条件

	I 槽	II 槽
蛍光灯	18W (6本)	
照射時間	12時間明暗	
容量	40L	
底泥の量	10kg	
水温	約30°C	
HRT	70日(基質570mL/日投入)	
投入基質	栄養塩 (5mg-N/L, 1mg-P/L)	水

3. 実験結果

(1) 培養実験

図5に条件A、条件BのNADHとクロロフィルaの経日変化を示す。クロロフィルa濃度は約2000~3000 $\mu\text{g/L}$ となった。条件AはNADHとクロロフィルaが同じ挙動を示しており、クロロフィルaの増減に合わせてNADHも変化している。また、条件BではNADHとクロロフィルaが逆の挙動を示してしまっている。これはリン、窒素の栄養塩濃度が低かったからではないかと考えられる。

以上の事からある程度の栄養塩濃度があればアオコは増殖し、NADHと高い相関を持つことが分かった。

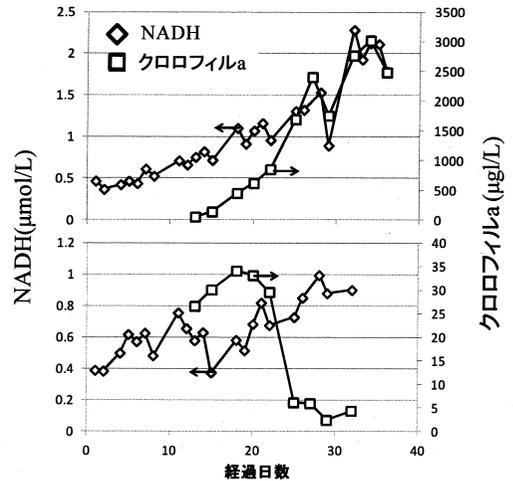


図5 実験結果(上：条件A、下：条件B)

(2) 模擬湖沼実験

図6にI槽のNADHとクロロフィルa、T-P、T-Nの変化を示す。I槽のクロロフィルaは29日目から増加しており44日目から急増加し、57日目にピークを迎え、それ以降は減少した。最終的にクロロフィルa濃度は600 $\mu\text{g/L}$ となった。NADHは測定期間中増加傾向を示した。クロロフィルaに対してT-P、T-Nは増加に対してのみ一致した。またSS、TOCはほぼ同じ挙動を示した。

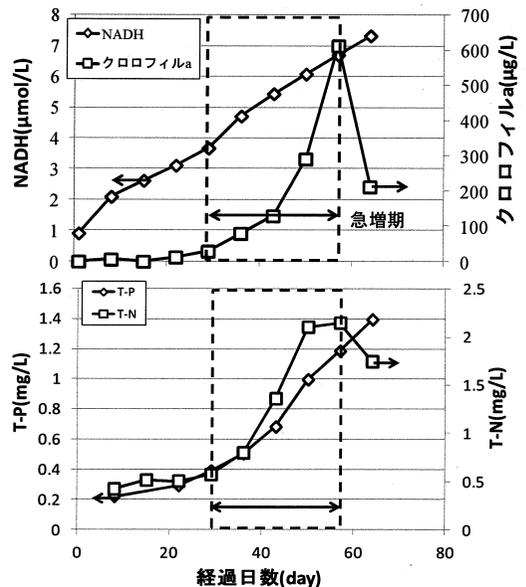


図6 I槽の実験結果

図7にII槽のNADHとクロロフィルa、T-P、T-Nの変化を示す。II槽のクロロフィルaは29日目から増加しており57日目から急増加し、急増期に入ったと考えられる。最終

的にクロロフィルaは150 μg/Lとなった。NADHは測定期間中増加傾向を示した。クロロフィルaに対してT-P, T-NはI槽と同じく増加に関してだけ一致した。また、SSはほぼ同じ挙動を示し、TOCは遅れて変化した。

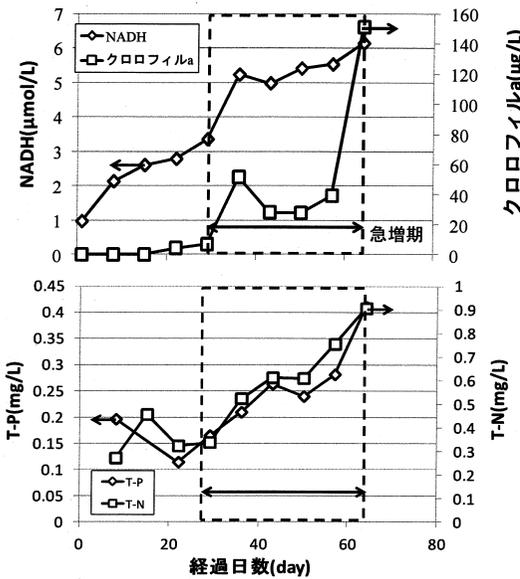


図7 II槽の実験条件

以上の結果から、両槽共にアオコ増殖期では、クロロフィルaとNADH、窒素、リンが同じような挙動を示したのが分かる。しかし、NADHはクロロフィルaの変化よりも前に変化していることも分かる。I槽では29日目から36日目にかけてNADHの変化が少し大きくなっており、その後からクロロフィルaが変化している。II槽でも29日目から36日目にかけて大きく変化し、その後クロロフィルaが変化している事が分かる。このことからNADHをアオコ発生予測のためのモニタリング指標として使用できるのではないかと考えられる。

4. アオコ発生予測に関する考察

NADHをパラメータに組み込むことにより、より正確な予測が出来ると考えた。そこでI槽、II槽共に相関を取ってみた。I槽では相関係数0.7、II槽では相関係数0.76を得ることが出来た。また、相関のグラフを片対数グラフにすることで次の2つの式を得ることが出来た。

$$\text{I槽: } \text{Chl-a} = 10^{\wedge}(0.3 \times \text{NADH} + 0.36)$$

$$\text{II槽: } \text{Chl-a} = 10^{\wedge}(0.19 \times \text{NADH} + 0.54)$$

この式におけるChl-aはクロロフィルa濃度、NADHはNADH濃度を表している。これらの式を用いて計算値を導き出

し実測値と比較検討を行った。NADHの濃度は実際の測定値の値を入れた。計算値と実測値の比較を図8に示す。

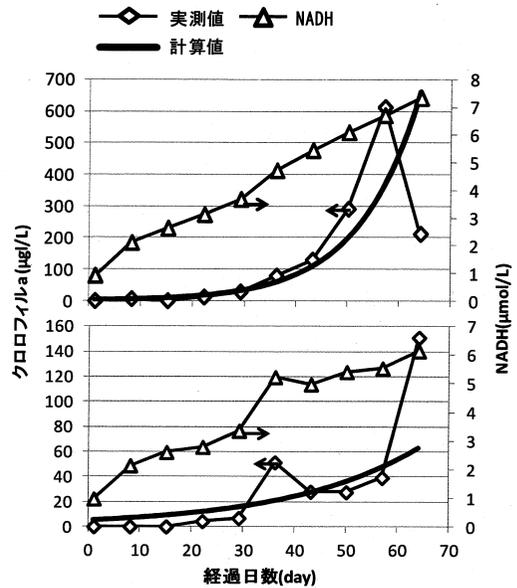


図8 計算値と実測値の比較
(上: I槽、下: II槽)

両槽共に実測値と概ね同じ挙動を示していることが分かる。またI槽では分かりにくいですが、II槽では実測値よりも計算値の方が値が高くなっているのが分かる。このことからNADHのみでクロロフィルaの変化を表現することができると考えられる。

5. まとめ

本研究では、水槽を模擬湖沼とし実際の湖沼と同じような環境を作り、栄養塩、NADHとクロロフィルaの関係性を検討し、NADHを用いたアオコ発生予測式の構築を行った。本研究で得られた成果は以下のとおりである。

- 1) 経日変化からNADHはクロロフィルaと同じような挙動を示し、かつクロロフィルaが変化する前から変化することから、予測指標として用いることが可能であると考えられる。
- 2) 概ね実測値と同じ計算値を得ることが出来る予測式を得ることが出来た。また、NADHのみでクロロフィルaの変化を表現することも出来た。