

6 アオコの増殖とリン酸態リン濃度との関係について

【水質調査科】

南 條 吉 之 ・ 田 中 賢 之 介 ・ 福 田 明 彦

1 はじめに

鳥取市西部に位置する湖山池は、閉鎖性が強く、内部生産性の高い湖沼である¹⁾。

近年、アオコが異常発生するなど富栄養化が進行し鳥取県が当てはめている水質環境基準、湖沼類型Aを大幅に上回り、COD年平均値は5.0~7.0mg/l (昭和61年~平成3年)である。

このため、内部生産の主体をなしている植物プランクトン、特に夏期に異常増殖するアオコ (*Microcystis aeruginosa*) の増殖について検討することは、湖山池の汚濁を考える場合、重要な課題であり、先にアオコの増殖と塩素イオン濃度との関係について報告した²⁾。

今回は、アオコの増殖とリン酸態リン (PO₄-P) の関係について、室内培養実験を行って検討した。その結果、PO₄-Pの添加濃度が高いほどアオコの増殖量が多いこと、クロロフィルa (Chl-a) とCODとの間に良い相関関係があることがわかった。

また、この室内実験で得られた結果と、過去の湖山池の実測データを比較検討したところ、興味深い関係が得られたので報告する。

2 実験方法

(1) 供試藻類

藍藻類の *Microcystis aeruginosa* を1992年2月に湖山池中央部底泥から採取したものをキャピラリーピペット洗浄法³⁾で分離単藻化したものを使用した。

(2) 室内培養実験

培地はM-11培地⁴⁾を用い、鉄はクエン酸鉄として1mg/l添加した。

アオコの増殖とリン濃度を見るため、1.3リットルの培養ビンを用い、リン濃度をPO₄-Pとして無添加、0.01mg/l、0.05mg/l、0.1mg/l、0.2mg/l

の5段階に調整したものに、前培養した *Microcystis aeruginosa* を添加したものを培養液として、理研式藻類培養試験器GT-40を使用して、水温30°C、照度2,000ルクス、回転数50rpmで7~12日間培養し、Chl-a、PO₄-P、CODを測定した。

3 室内培養実験結果

(1) アオコの増殖とPO₄-P濃度の関係

アオコの増殖に与えるPO₄-P濃度の影響をChl-a濃度により検討した。

図-1に示すとおり、PO₄-P添加濃度が高値になるに従って増殖量 (Chl-a) が増加した。

各添加濃度別にみると、PO₄-P無添加の培養液のChl-aの増加量は、初日7.4μg/l→3日目15.6μg/l→5日目15.8μg/l→7日目17.2μg/l、0.01mg/l添加した培養液のChl-aの増加量は、8.1μg/l→33.7μg/l→43.0μg/l→36.3μg/lと培養開始3日目までに増殖量が増加するが、その後、徐々に低値となった。

これに対し、PO₄-P添加濃度が0.05mg/l、0.1mg/l、0.2mg/lの培養液のChl-aは、0.05mg/lの培養液で8.1μg/l→9.8μg/l→166.6μg/l→195.5μg/l→186.4μg/l、0.1mg/lの培養液で、8.1

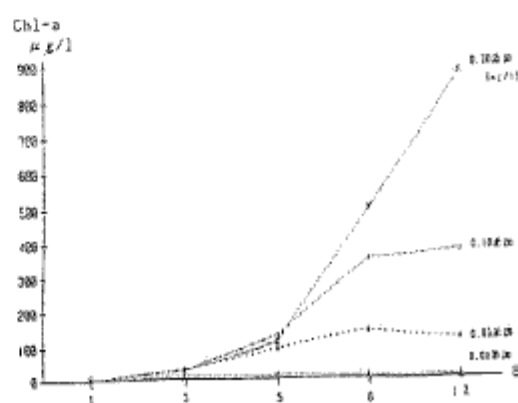


図1 PO₄-Pの添加量とChl-aの経日変化

表1 増殖変化量

PO ₄ -P 添加量	1~3日	3~5日	5~8日	8~12日
無添加	4.1	0.1	0.4	-
0.01	12.8	4.6	-2.2	-
0.05	25.8	53.4	9.6	-2.2
0.10	24.3	85.6	54.3	-7.1
0.20	20.3	69.2	121.6	79.5

$\mu\text{g}/\ell \rightarrow 56.8 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 228 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 391.1 \mu\text{g}/\ell$ 、 $0.2 \text{ mg}/\ell$ の培養液で $7.2 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 47.9 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 186.3 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 551.1 \mu\text{g}/\ell \rightarrow 869.3 \mu\text{g}/\ell$ と増加し、表-1に示す増殖変化量は培養開始後3日目以降に最大となった。

なお、増殖変化量は次式により計算した。

$$\text{増殖変化量} = (X_2 - X_1) / (T_2 - T_1)$$

X_1 : 培養開始時の藻類濃度 (Chl-a $\mu\text{g}/\ell$)

X_2 : 培養終了時の藻類濃度 (Chl-a $\mu\text{g}/\ell$)

$T_2 - T_1$: 培養期間 (Days)

以上のとおり、PO₄-P 添加濃度が高値になるに従ってアオコの増殖量 (Chl-a) が増加したが、その状況を図-2に示した。また、その関係式を求めると

$$\text{Chl-a} = 4131 (\text{PO}_4\text{-P}) - 5.73 \quad (\text{A})$$

(n=18 r=0.981)

となり、PO₄-P $0.1 \text{ mg}/\ell$ 当たり Chl-a 約 $410 \mu\text{g}/\ell$ となる。

(2) Chl-a と COD との関係

植物プランクトンの指標である Chl-a と有機汚濁指標の COD の関係について、培養実験結果につき検討した。

アオコの増殖は、鮮やかな緑色をした対数増殖期と、わずかに黄白化する定常期に分けることが出来る。対数増殖期の Chl-a と COD の関係を図-3に示したが良い相関が得られ、その関係式は

$$\text{Chl-a} = 21.31 (\text{COD}) - 38.74 \quad (\text{B})$$

(n=12 r=0.988)

となり、COD $1 \text{ mg}/\ell$ に対して Chl-a 約 $20 \mu\text{g}/\ell$ に相当する。

定常期の Chl-a と COD の関係も図-4に示したが、対数増殖期ほどではないが良い相関が得られその関係式は次のとおりであった。

$$\text{Chl-a} = 10.03 (\text{COD}) - 29.97 \quad (\text{C})$$

(n=12 r=0.980)

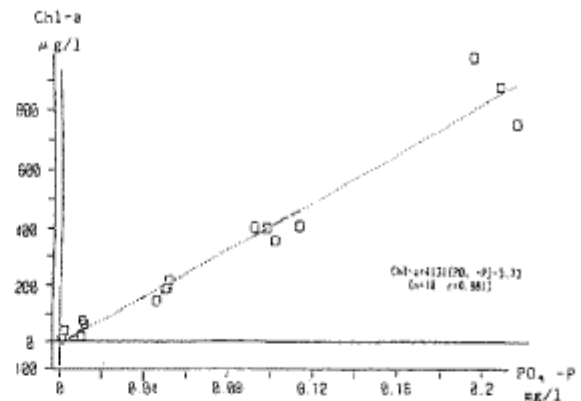
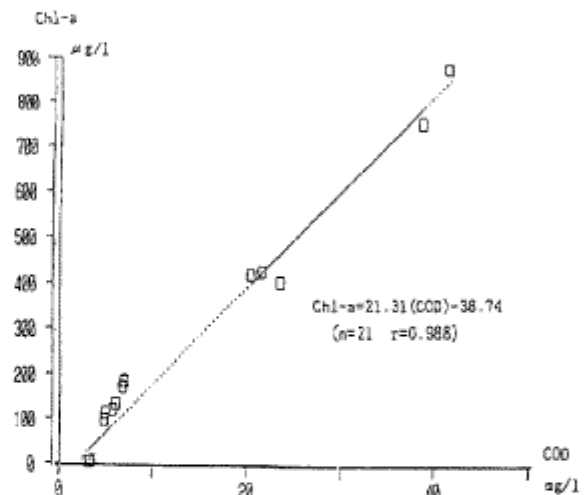
図2 PO₄-Pの添加量とChl-aの最大増殖量

図3 対数増殖期のChl-aとCODの関係

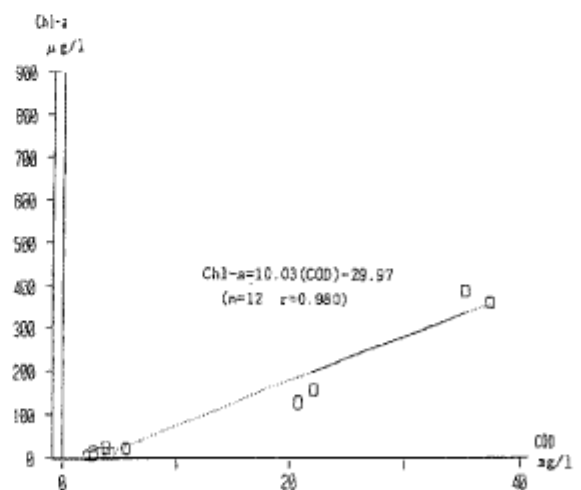


図4 定常期のChl-aとCODの関係

COD $1 \text{ mg}/\ell$ に対し Chl-a 約 $10 \mu\text{g}/\ell$ に相当する。

アオコ増殖時の Chl-a と COD の関係は、対数増殖期と定常期に分けて考えると、良い相関があることがわかる。

(3) PO₄-P と COD の関係

(A)、(B)、(C)の式を用いて、PO₄-P と COD の関係を求めると対数増殖期が

$$\text{COD} = 193.85 (\text{PO}_4\text{-P}) + 33.01$$

で、PO₄-P 0.01mg/ℓ が COD 約 2 mg/ℓ に相当する。
定常期は

$$\text{COD} = 411.86 (\text{PO}_4\text{-P}) + 24.24$$

で、PO₄-P 0.01mg/ℓ が COD 約 4 mg/ℓ に相当する。

4 培養実験結果と湖山池の実測データの比較

室内培養実験で得られた Chl-a と COD の回帰直線図内に *Microcystis* 優占時の湖山池での Chl-a と COD の実測データをプロットしてみると、図-5 に示すとおり興味深い関係が得られた。

例えば、昭和60年を見ると、6月是对数増殖期直線と定常期直線の間にあるが、7月には対数増殖期直線の上に来て、8月には定常期直線のライン上に、10月には定常期直線の下に位置している。

また、昭和62年は、8月に対数増殖期直線付近に位置しているが、9月には定常期直線の近くに、10月には定常期直線の下に来てはいる。

従って、もう少しデータの蓄積と検討の必要はあるが、湖山池のアオコの発生は、Chl-a、COD を測定することにより、増殖曲線のどのステージに在るか、推測が可能と考えられる。

5 まとめ

(1) PO₄-P の添加濃度が高いほどアオコの増殖量は多い。その関係式は

$$\text{Chl-a} = 4131 (\text{PO}_4\text{-P}) - 5.73$$

$$(n = 18 \quad r = 0.981)$$

となった。

PO₄-P 無添加培養液及び0.01mg/ℓ を添加した培養液では、培養開始後3日までに増殖変化量が最高値を示し、徐々に増殖変化量が少なくなった。

PO₄-P 添加濃度が0.05mg/ℓ、0.10mg/ℓ、0.20mg/ℓ の各培養液は、実験開始後3日以降に増殖変化量が最大となる。PO₄-P 添加濃度が高くなるにつれて Chl-a の増加量が多くなるとともに増殖は持続する。

(2) Chl-a と COD の関係は、対数増殖期と定常期に分けて考えると、良い相関関係が得られた。

$$\text{対数増殖期} \quad \text{Chl-a} = 21.23 (\text{COD}) - 38.74$$

$$(n = 21 \quad r = 0.988)$$

$$\text{定常期} \quad \text{Chl-a} = 10.03 (\text{COD}) - 29.97$$

$$(n = 12 \quad r = 0.980)$$

(3) PO₄-P と COD の関係を求めると、

$$\text{対数増殖期} \quad \text{COD} = 193.85 (\text{PO}_4\text{-P}) + 33.01$$

$$\text{定常期} \quad \text{COD} = 411.86 (\text{PO}_4\text{-P}) + 24.24$$

で PO₄-P 0.01mg/ℓ が対数増殖期で COD 約 2 mg/ℓ に、定常期では約 4 mg/ℓ に相当する。

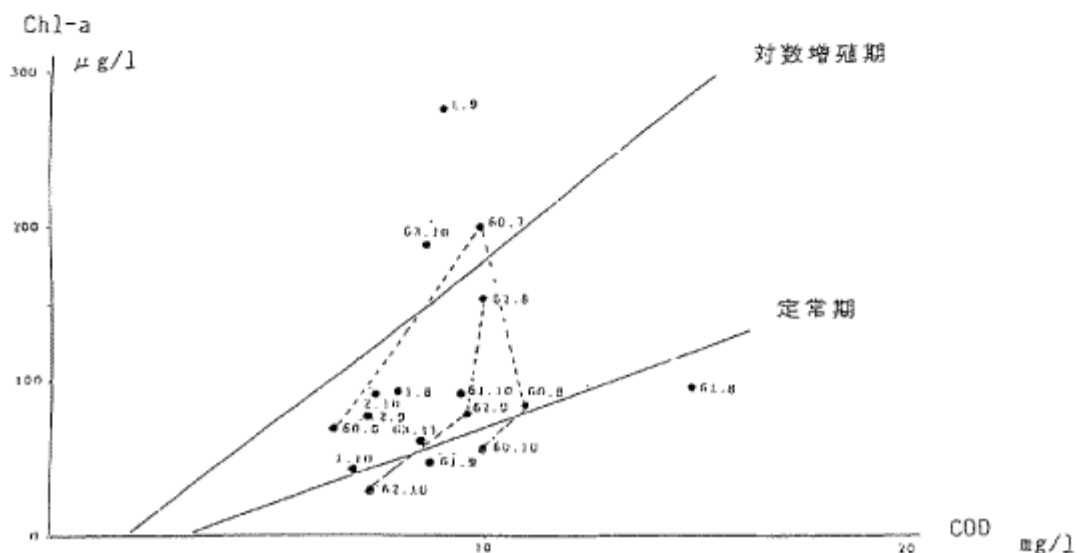


図5 湖山池での Chl-a と COD の関係

(4) 室内培養実験で得られた Chl-a と COD の回帰直線に、湖山池での *Microcystis* のブルーム発生時の Chl-a と COD の実測データを重ねると興味深い関係があった。

今後更にデータの蓄積と検討をしなければならないが、湖山池の *Microcystis* のブルームは、Chl-a 及び COD を測定すれば、増殖曲線のどのステージにあるか推測が可能であると考えられる。

文 献

- (1) 安田満夫、南條吉之、田中賢之介、笈 一郎、
坂田裕子：湖山池、淡水湖、中海の水質汚濁現象の相違と湖沼の内部生産について、鳥取県衛生研究所報、28、23～55 (1988)
- (2) 南條吉之、田中賢之介、安田満夫：アオコ増殖と塩素イオン濃度との関係について、鳥取県衛生研究所報、32、60～64 (1992)
- (3) 矢木修身：アオコ増殖及び分解に関する研究、国立公害研究所研究報告、92、11～13 (1986)
- (4) 矢木修身：アオコ増殖及び分解に関する研究、国立公害研究所研究報告、92、7～9 (1986)