

アオコ (Microcystis sp.) の増殖に關与する諸要因について

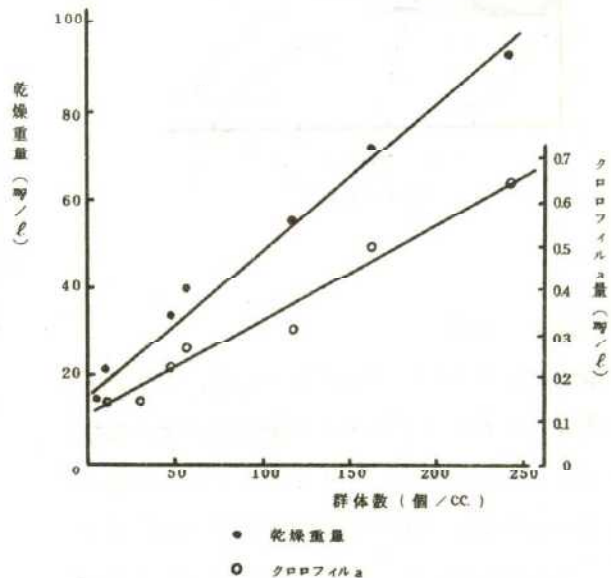
佐々木 道也

最近、霞ヶ浦、北浦においてアオコによる「水の華」が異常発生し、種々の問題をおこしている。水道水の異臭や網生養殖コイの大量斃死等もこれに起因していると思われ、その早期解決が望まれている。しかし、アオコについての研究は少ない。ここでは、アオコの基礎的な資料を得ることを目的としながら、同時に大量増殖抑制についての解決策を求めることを試みた。

実験方法

アオコは霞ヶ浦で増殖したものを、培養液は全て須藤の培養液 (M・No.2) (1) を用いた。増殖量の測定は、培養液を良く振盪後検鏡し 1cc 中の群体数で表わした。この場合、群体によって大小の差があり問題と思われたので群体数とクロロフィル a および乾燥重量との関係を求めた。結果は第 1 図に示したが、いずれも高い相関がみられ十分に使用に耐えうると考えられたので、この方法を用いた。なお、クロロフィル a の測定は J I B R F の測定法 (2) で、乾燥重量の測定は、0.8 μ のミリポアろ紙でろ過後デシケーターで乾燥し秤量した。

第 1 図 アオコの群体数と乾燥重量、クロロフィル a との関係

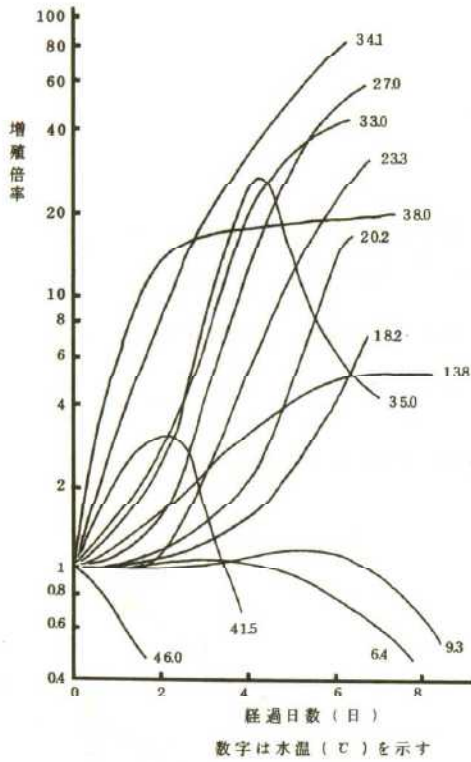


実験結果および考察

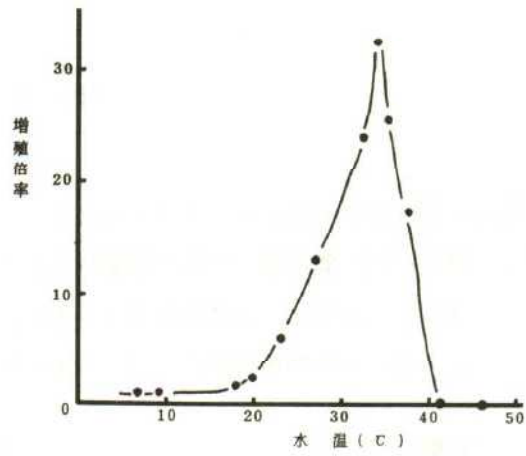
(1) 水温と増殖

水温とアオコの増殖との関係について実験をおこなったが、結果は第 2 図に、又開始 4 日後の増殖倍率を第 3 図に示した。これらによるとアオコの増殖適温度は、34℃前後と比較的高いところであり、夏期の高水温時に大増殖することと、深い関係があることが推測される。

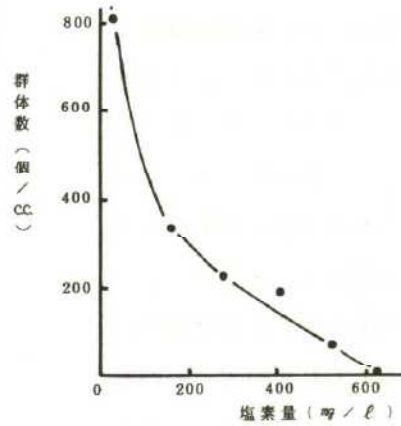
第2図 水温と増殖との関係



第3図 水温と増殖との関係



第5図 塩素量と増殖との関係



(2) 照度と光合成

酸素ビンにクロフィルaとして、 $300.4 \mu\text{g}/\text{l}$ に相当するアオコを優先種とする植物プランクトンを入れ、1973年8月1日霞ヶ浦に水深を変えて垂下して、夫々の照度に対する

光合成量を測定した。垂下時間は午前11時から午後1時までの2時間で、この間の平均照度を便宜的に各照度とした。

結果は第4図に示したように、約600ルクスから光合成は始まり次第に活発になるが、約18,000ルクスで強光阻害がみられ以上の照度では逆に低下している。

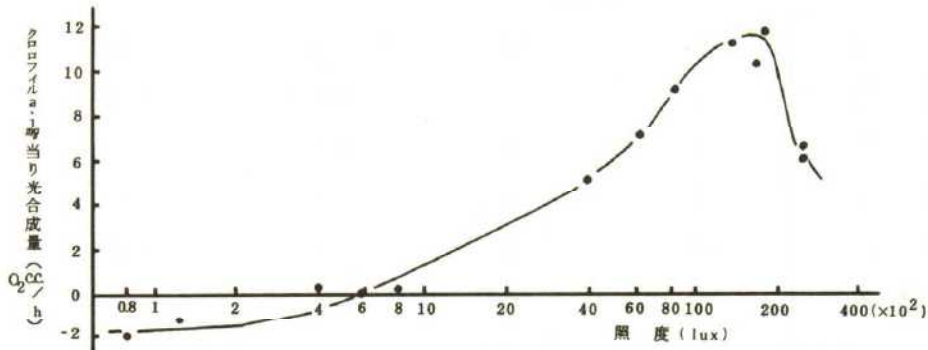
夏期霞ヶ浦の水面上では、平均約50,000ルクスはあると推定されるが、強光阻害がみられるにもかかわらず、アオコが表面に多く浮遊している原因は明らかにできなかった。

(3) 塩素量と増殖

培養液に海水を添加し、アオコの増殖に対する塩素量の影響について実験した。

結果は第5図に示したが、これによると約600mg/lで殆んど停止し、塩素量の影響は甚だ大きいものと考えられる。なお、実験水温は 23.7°C 、10日間培養した。

第4図 照度と光合成量



(4) ビタミン B₁₂ と増殖

植物に対するビタミン B₁₂ の影響についてはよく知られており、赤潮に対する増殖効果も報告されている。⁽³⁾ そこで、アオコに対する影響について実験をおこなった。

ビタミン B₁₂ (シアノコバラミン) の添加量は第 1 表に示した。実験は水温 27.9℃ で 6 日間培養した。結果は第 1 表に示した通りであるが、これによると 2.0 μg/l 以下の濃度では増殖効果はみられず、むしろ濃度が高くなると阻害作用があるのではないかと推測される。

表 1 表 ビタミン B₁₂ の添加と増殖

B ₁₂ 添加量	群体数 (個/cc)
0 μg/l	10,900
0.002	8,700
0.02	10,500
0.2	7,000
2.0	1,500

(5) 霞ヶ浦への流入河川水と増殖

流入河川水によるアオコの増殖に対する影響を調べた。河川は桜川他 4 河川で実験に用いた河川水は、1974 年 4 月 5 日に河口近くで採水したもので、これを約 3 カ月間放置後その上澄液を用いた。これに同年 5 月 17 日に試験場沖で採水した湖水で、種々の濃度に希釈してアオコの増殖を測定した。水温は 29.8℃ で 5 日間培養した結果が第 2 表である。これによると全ての河川水で湖水のみで培養したものより増殖し、特に桜川、山王川、恋瀬川の水で著しく、流入河川によるアオコの増殖に与える影響は大きいものと考えられる。

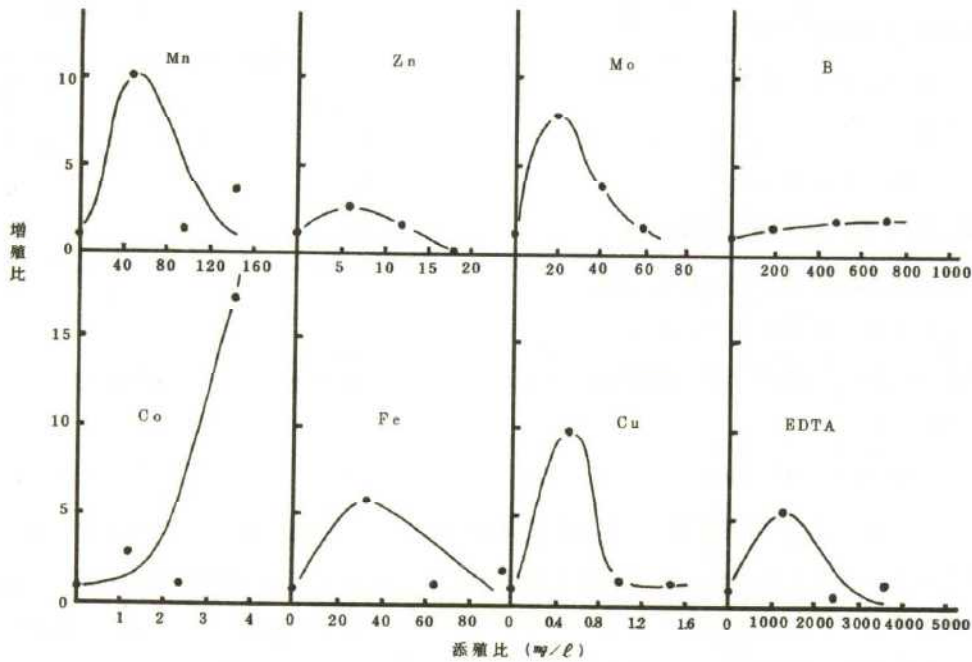
第2表 流入河川水と増殖

湖水の稀釈率 河川名	100 %	99 %	90 %	50 %	0 %
桜川	2	67	0	80	507
花室川	2	0	35	118	110
清明川	2	1	83	39	121
山王川	2	0	7	119	326
恋瀬川	2	0	1	155	577
M・No.2	63	—	—	—	—

(6) 湖水への各種微量元素の添加と増殖

実験に用いた霞ヶ浦の水は、1974年5月17日に試験場沖で採水したものを使用した。実験は須藤の培養液中、栄養塩類は全てに添加したが、微量元素（P₁）のみ夫々1種宛を加えた。但し、EDTAを全てに3mg/l添加した。実験水温は28.9℃で6日間培養した。結果は第6図に、湖水

第6図 湖水への微量元素の添加と増殖



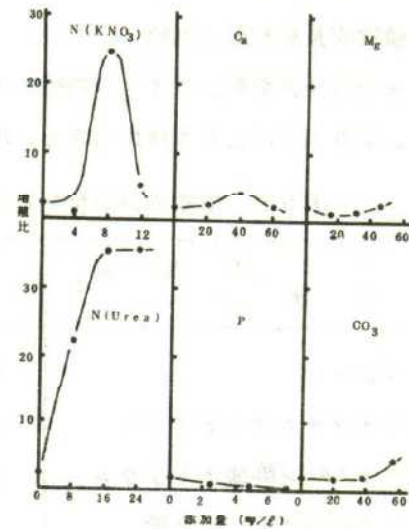
のみで培養したものに対する比をもって示したが、これによるとCo, Mn およびCu等を加えたものが、湖水のみで培養したものと比較して、いずれも10倍以上の増殖がみられている。

(7) 湖水への各種栄養塩類の添加と増殖

実験に用いた湖水は、前項と同じものである。実験は全てに須藤の培養液中の微量元素（P₁）を加え、これに栄養塩素類の1種のみ添加して影響を調べた。実験水温は28.9℃で6日間培養した。

結果は第7図に示したようになり、 KNO_3 、尿素等の窒素を添加したものが、25〜35倍の高い増殖を示しており、窒素の添加があれば、水温や照度等の条件がそろい次第、容易に大增殖する可能性があることが推測される。したがって、霞ヶ浦においてアオコの大量増殖を抑制する一つの手段として、窒素源の除去はかなり有効な方法と考えられる。

第7図 湖水への栄養塩類の添加と増殖



(8) N・P比と増殖

植物プランクトンの増殖には、N・Pの比率が重要とされている。そこでアオコについて、これらの関係を調べてみた。実験は須藤の培養液を用い、NおよびPのみ添加量を変えた。この場合、添加したNは尿素と KNO_3 を須藤の培養液と同じ比率として加えた。

水温は28.5℃とし、培養期間は5日間とした。実験結果は第3表に示したが、これによるとPに無

第3表 N・P比と増殖

(群体数 個/cc × 10²)

P \ N	N (mg/l)				
	2.65	5.31	10.61	21.22	31.83
0.13	426	625	650	399	543
0.26	37	585	615	474	543
0.52	41	451	756	547	422
1.04	441	859	871	769	620
1.56	488	666	1,097	541	801

関係にNが10.61mg/lの時に高い増殖がみられ、単純にN・P比としていくらがよいとはいえないものと思われる。しかし、一般的にはP/Nが低い方、即ちN:P=7:1前後に高い増殖がみられる傾向がある。これらの実験は、NおよびPの量が多い場合であり、少ない場合についてはどのような傾向を示すかを、同じ実験条件のもとで調べてみた。実験結果は第4表に示したが、これによる

第4表 N・P比と増殖

(群体数 個/cc × 10²)

P \ N	N (mg/l)			
	0.106	0.424	0.743	1.061
0.010	160	101	82	143
0.042	154	166	159	149
0.073	177	162	154	146
0.104	135	107	105	118

とN・P比による増殖量の差はみられず、NおよびPともある程度の濃度以上なければ、差異が現われないものと思われる。

(9) 植物成長調整剤と増殖

植物成長調整剤がアオコの増殖にどのような影響を与えるかについて実験した。用いた成長調整剤は、第5表に示した5種類である。水温29.8℃、3日間培養し、須藤の培養液にこれらを添加してお

第5表 植物成長調整剤と増殖

成分 \ 添加量	0	0.0001	0.001	0.01	0.1	1 mg/l
ジベレリン	207	366	410	419	277	185
α-ナフチルアセトアミド	207	319	384	355	273	10
α-ナフタリン酢酸ナトリウム	207	228	324	330	381	333
2-クロルエチルホスホン酸	207	131	118	81	0	0
インドール酪酸	207	285	232	334	308	196

こなった。結果は第5表に示したが、これによるとエチレン(2-クロルエチルホスホン酸)を除く全ての植物成長調整剤に増殖促進の影響がみられ、特にジベレリンが顕著であった。農業で多くの植物成長調整剤が使用されている現在、これらの影響は無視できないものと思われる。

(10) アオコの増殖を抑制する二・三の要因

エチレンにアオコの増殖に対する抑制効果のあることは既に述べた。エチレンは極く微量で植物の組織や器管の老化に関与するとされており、人間や動物には高濃度でない限り害はないとされている。⁽⁴⁾ 沸点の非常に低い気体であることからしても、例えば水中へ注入しても直ちに空气中へ飛び出し、他の生物への影響もあまりないものと思われる。したがって、エチレンを一定期間ごとに水中へ注入すれば、アオコの大量増殖の抑制は可能と考えられる。但しこの場合他の生物に対する影響を慎重に考慮しなければならぬことはいうまでもない。第6表にクロレラに対するエチレンの影響を6日間培養して調べた結果を示したが、これによると0.01 mg/l以下の濃度では、クロレラはエチレンの影響を全く受けないものと思われる。このようにエチレンは全ての植物に対して影響を与えるものではないらしいが、実際の使用に際しては、さらに研究を重ねる必要がある。

第6表 エチレンのクロレラに対する影響

添加量	クロロフィルa
0 mg/l	53.60 μg/l
0.00001	27.75
0.0001	27.96
0.001	34.33
0.01	18.11

第8図に示すような装置に、解凍直後のアオコを入れ、通気したガスをアオコの培養液に通して培養すると、第7表に示した

ようになり明らかに増殖に対して阻害作用がみられる。これはアオコが分解する過程で出てくるものと思われるが、これがどのような気体であるかは明らかにならなかった。クロレラに対してこれと同様の実験をおこない、この気体の影響を調べた結果を第8表に示したがこれによるとクロレラには全く影響がみられない。このようにアオコに対して増殖を阻害する物質がアオコから抽出できれば、アオコの大量増殖を抑制することも可能と思われ、今後さらに追求していきたい。

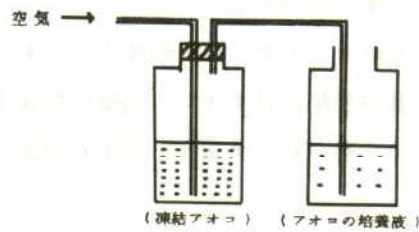
しかし、以上述べた方法は全て対症療法的なものであり、植物プランクトンの大量増殖に対する根本的な解決策とは当然なりえない。したがって、既に述べたように窒素源の除去を計ることが現在のところ最良の方法と考えられる。

(11) 摘要

アオコ (Microcystis sp) の増殖に関与する要因について実験をおこない、大量増殖抑制についての方法も合わせて検討した。

- (1) アオコの増殖最適水温は34℃前後と思われる。
- (2) 約600ルクスから光合成は始まり18,000ルクスで強光阻害がみられる。
- (3) 塩素量はアオコの増殖に大きな影響を与え、約600mg/lで殆んど増殖を停止する。
- (4) ビタミンB12のアオコに対する増殖効果はみられない。
- (5) 霞ヶ浦への流入河川水によるアオコ

第8図 アオコの増殖抑制を調べるための装置



第7表 枯死したアオコの増殖におよぼす影響

実験 I		(増殖倍率)			
経過日数	0	2	4	6	
対 照	1.0	5.1	53.7	51.4	
通 気	—	1.7	2.4	0.4	

実験 II

凍結アオコの量	3日後の増殖比	6日後の増殖比
0 mg	1.00	1.00
17.6	0.59	0.38
35.2	0.84	0.94
52.8	0.29	0.26
70.3	0.50	0.16
87.9	0.36	0.13
105.5	0.40	—

第8表 枯死したアオコのクロレラの培養におよぼす影響

添 加 量	6日後のクロロフィルa
0 mg	11380 μg/l
19.5	9674
39.0	12692
58.6	12462
78.1	13892
97.6	15348

の増殖におよぼす影響は大きいものと思われる。

- (6) 霞ヶ浦の水に Co , Mn , Cu および窒素を添加したものに高い増殖効果がみられたが、特に窒素において著しかった。
- (7) $N \cdot P$ 比は $N : P = 7 : 1$ 前後がよいものと思われる。
- (8) 植物成長調整剤にはアオコの増殖を促進するものがある。
- (9) アオコの分解過程でアオコの増殖を阻害する物質を出すのではないかと推測される。

参 考 文 献

- (1) 田宮博・渡辺篤 : 1972 藻類実験法 南江堂 86
- (2) 陸水生物生産測定方法論研究会 : 1969 陸水生物生産研究法 講談社 17
- (3) 化岡資・入江春彦・上野福三・飯塚昭二・岡市友利・岩崎英雄 : 1972 内湾赤潮の発生機構 水産研究叢書 23 83~85
- (4) 岩堀修一 : 1974 植物ホルモン“エチレン” 自然 Vol.29 No.5 中央公論社 83~89