

ケイ酸供給による *Microcystis* 属の増殖抑制に関する基礎的研究

九州大学工学部 学生会員 ○西村幸明
西日本技術開発会社 正会員 井芹寧

九州大学東アジア環境研究機構 郝愛民
九州大学大学院工学研究院 正会員 久場隆広

1 序論

近年、湖沼等の閉鎖性水域では富栄養化によるアオコの大量発生が深刻な問題となっている。これに対処するために、負荷源対策に加え湖水循環法等によるオンサイト型のアオコ防除法が実施されている。しかし、負荷源対策は面源や流域社会構造の問題から対応が進捗せず、アオコ防除施設の設置や運用には多くの費用・エネルギーを要する等の問題を抱えている。また、今日の社会情勢より省エネルギーで持続性があり、水域環境の改善にも効果のある対策法が求められている。そこで、本研究では、アオコと競合関係にある珪藻類¹⁾を活性化させてその増殖を抑制することを目的として、ケイ酸供給によるアオコ増殖抑制の室内培養実験を行い、生態的アオコ防除方法の有効性を検討した。

2 実験材料と方法

実験材料と方法は表1に示した通りである。室内実験として水質の変化を確認する実験A及びアオコ（主に *Microcystis* 属）と珪藻類を含めた植物プランクトン組成の変化を確認する実験Bを実施した。また、水質の測定・分析については、pHにはpH METER D-52 (HORIBA)、DOにはポータブルマルチMETER HQ30d (HORIBA) を用い、DTN、DTP、Chl.a及びSiは上水試験方法に準じて行った。植物プランクトンの定量は位相差顕微鏡（40~800倍）とプランクトン計数板（MPC-200）を用いて行った。

表1 実験材料及び条件

種類	実験A	実験B
実験材料	アオコ発生池水、 ケイ酸ゲル（ケイ酸20%；水分80%） KNO ₃ 、NH ₄ Cl、KH ₂ PO ₄	
実験容器	40L水槽	0.5L三角フラスコ
初期添加 栄養塩濃度	DTN：3.5mg/L、 DTP：0.2mg/L、	無添加
実験溶液	水道水：29.3L アオコ発生池水：0.7L	アオコ発生池水：0.3L 各3連
ケイ酸条件	A0：ケイ酸ゲル無添加 A1：ケイ酸ゲル6g	B0：ケイ酸ゲル無添加 B1：ケイ酸ゲル0.02g
培養条件	照度：3400lux、12h：明/12h：暗 温度：25℃	
実験期間	5日間	39日間
試料採取日	0、3、5	0、15、39
測定項目	pH、DO、DTN、DTP、 Chl.a、Si、珪藻	植物プランクトン組成

3 結果及び考察

3.1 水質の変化（実験A）

実験期間中、pHは7.28~8.27の範囲であり、A0、A1の間ではpHの差は小さかった。全体を通して弱アルカリ性条件で、アオコ等の藻類活性への影響もないものと推察される。DOは6.84~8.47mg/Lの範囲で、A0、A1の間の差も小さく、植物プランクトンの光合成活性に大きな変化はなかったものと推察される。DTNとDTPの濃度においては3日目と5日目ではDTNは4.28~4.40mg/L、DTPは0.47~0.51mg/Lの範囲で、NP栄養塩濃度の変化は大きくなかった。

Chl.a及びSi、珪藻の結果を図1~3に示した。A0、A1の植物プランクトンはほとんど *Microcystis* 属で占めているため、ここではChl.aはアオコ量の指標となるものと考えられる。Chl.aはA0では実験開始時から3日目にかけて増加したが、5日目には減少した。

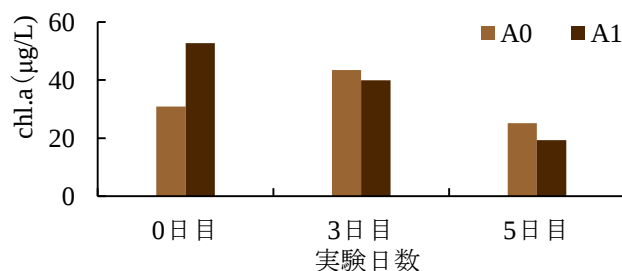


図1 Chl.aの変化

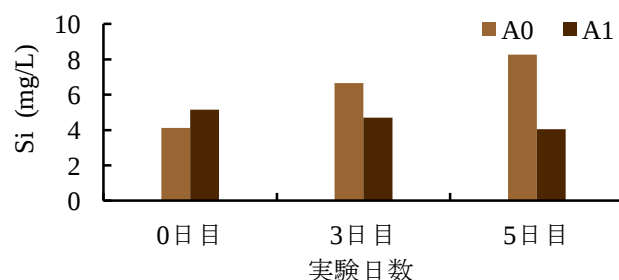


図2 Siの変化

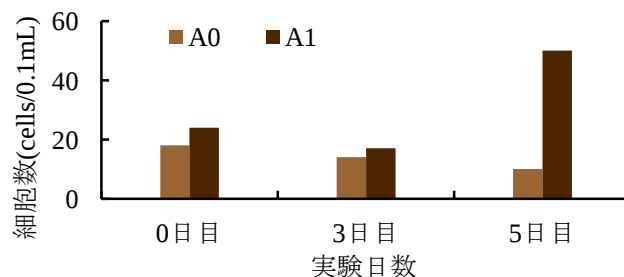


図3 珪藻の変化

A1 では全体を通じて Chl.a は減少した傾向が示され、5 日目においては A1 の Chl.a は 0 日目と比較して 3 割程度までに減少した。

Si は A0 では 0 日目から 5 日目にかけて 4.13mg/L から 8.27mg/L へ増加したのに対し、A1 では減少傾向を示した。その要因を探るために珪藻類の総細胞数の変化を定性的に確認した。A0 では減少傾向にあるのに対し、A1 では増殖が示されたことから、ケイ酸の供給量を上回り、増殖した珪藻がケイ酸を吸収した可能性が考えられる。

3.2 植物プランクトン組成の変化 (実験 B)

植物プランクトン組成の結果を表 2 に示した。Microcystis spp. は B0 では 15 日目まで約 200×10^3 cells/0.1mL 位の初期密度で維持され、39 日目には約 50×10^3 cells/0.1mL に減少した。それに対し、B1 では 15 日目には約 40×10^3 cells/0.1mL、39 日目には 10×10^3 cells/0.1mL と、それぞれ B0 の 1/5 程度以下に抑制された。藍藻類では *Anabaena* 及び *Phormidium* 等が増殖を示したが、B0 と比較して増殖量は抑制された。珪藻類については、B0 と比較して B1 では *Cyclotella*、*Fragilaria crotonensis*、*Nitzschia* 等が増加傾向を示した。特に *F. crotonensis* は開始時において細胞数が 1 cells/0.1mL 未満であったが、39 日後には約 200 cells/0.1mL に達した。

表 2 主要な植物プランクトン組成の変化

(cells/0.1mL)					
種類	学名	実験 ケース	採取日		
			0	15	39
藍藻	<i>Anabaena</i> spp.	B0		34	4,933
		B1		53	393
	<i>Aphanizomenon</i> sp.	B0			867
		B1			23
	<i>Microcystis</i> spp.	B0	249,600	224,933	52,033
珪藻		B1		41,400	10,976
	<i>Phormidimu</i> sp.(f)	B0	40	453	2,231
		B1		652	320
	<i>Aulacoseira</i> spp.	B0	3	1	
		B1			11
珪藻	<i>Cyclotella</i> sp.	B0		2	7
		B1		4	137
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	B0		2	20
		B1			199
	<i>Nitzschia</i> sp.	B0	345	298	117
珪藻		B1		653	250
	<i>Synedra acus</i>	B0	20	2	29
		B1		7	123
緑藻	<i>Actinastrum hantzschii</i>	B0	16	3	1
		B1			
	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	B0	16	12	85
		B1		61	593
	<i>Coelastrum</i> spp. (g)	B0			12
緑藻		B1			37
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	B0		13	53
		B1		107	591
	<i>Oocystis</i> spp. + <i>Chlorella</i> spp.	B0			
		B1		32	147
緑藻	<i>Scenedesmus</i> spp.	B0		443	3,047
		B1		1,300	4,900
	<i>Schroederia</i> sp.	B0			
		B1			167
	<i>Scelenastrum gracile</i>	B0			2
緑藻		B1			70

注: 表中空白欄は 1 cells/0.1mL 未満を示す。

緑藻類については B0 と比較して B1 では *A. falcatus*、*D. pulchellum*、*Oocystis*、等で増殖傾向が示された。ケイ酸添加によるプランクトン組成への影響を検討するため、結果は B0 と比較した B1 における各藻類の増減傾向を表 3 に取りまとめた。

表 3 藻類の増減傾向

種類	学名	増減
藍藻	<i>Anabaena</i> spp.	--
	<i>Aphanizomenon</i> sp.	-
	<i>Microcystis</i> spp.	--
	<i>Phormidium</i> sp.	-
珪藻	<i>Aulacoseira</i> spp.	+
	<i>Cyclotella</i> sp.	++
	<i>Fragilaria crotonensis</i>	++
	<i>Nitzschia</i> spp.	+
	<i>Synedra acus</i>	++
緑藻	<i>Ankistrodesmus falcatus</i>	+
	<i>Dictyosphaerium pulchellum</i>	++
	<i>Oocystis</i> spp.	++
	<i>Scenedesmus</i> spp.	+
	<i>Schroederia</i> spp.	+
	<i>Scelenastrum gracile</i>	+

注) B0 と比較した B1 の各藻類の傾向

++ : 大きく増殖、増殖量も多い

+ : 増殖

-- : 大きく減少

- : 減少

B1 では *F. crotonensis* 等の珪藻類の増殖により、アオコの増殖が抑制されたことが推察される。緑藻にはケイ酸による直接的影響は少ないことから、ケイ酸添加により珪藻の増殖が促進され、アオコが減少したことで、二次的に緑藻類が増殖した可能性が考えられる。

4 結論

ケイ酸添加により珪藻の増殖が促進され、アオコが抑制されることが確認された。同時に緑藻類の増殖も認められ、珪藻、緑藻の増殖による両面からアオコの増殖を抑制する効果が期待できる。

なお、今回の実験ではアオコの採取条件等の事情で、長期的な水質変動とアオコ、珪藻等の関連性について確認ができなかった。ケイ酸添加による水質を含めた植物プランクトン相の変化を室内培養実験により確認し、アオコ増殖抑制機構を明確化することが必要であると考えられる。

今後は、ケイ酸添加条件別に種を単離した培養実験系によりアオコ抑制効果の定量化を行うと共に、メソコズムを用いたアオコ発生水域での現地実証実験を実施し、実用化を目指す計画である。

参考文献: 1) Caixia Kang, Takahiro Kuba, Aimin Hao, et al., Effects of Macrophyte *Vallisneria asiatica* Biomasses on the Algae Community, WASET 84, pp.2082-2087, 2013

謝辞: 本研究は JSPS 挑戦的萌芽研究学術研究基金の助成により行われたものである (課題番号: RAG5550057)