

高滝ダム貯水池におけるアオコ調査

植村匡詞 清水 明 熊谷直行

1 目的

富栄養化した湖沼において、夏季を中心に藍藻等が大量発生し水面を緑色に覆うアオコが発生することがある。こうしたアオコを形成する藍藻の中にはミクロシスチンなどの有毒物質を生産するものがあり、アオコを含む水の利用には注意が必要である。

アオコによる有毒物質の濃度を明らかにするため、当センターでは、2013年に印旛沼において調査を実施した¹⁾が、今回、養老川中流に位置し、県や市原市の上水道水源となっている高滝ダム貯水池において、アオコの原因となった藍藻種を確認し、水試料中の有毒物質ミクロシスチンを調査したので報告する。

2 調査方法

2・1 試料採取等

2016年7月に図1に示す地点で調査を行った。

試料は、貯水池の表層水をひしゃくですくい取って採取した。採取後は、冷却しながら速やかに実験室に持ち帰った。試料の一部を、N,N-ジメチルホルムアミドで抽出し吸光光度法によりクロロフィル a 濃度を測定するとともに、検鏡して種を同定した。ミクロシスチン分析用試料は、凍結して保管した。

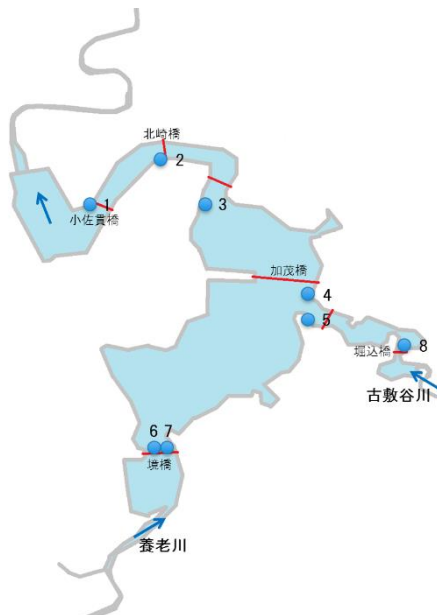


図1 高滝ダム貯水池における調査地点

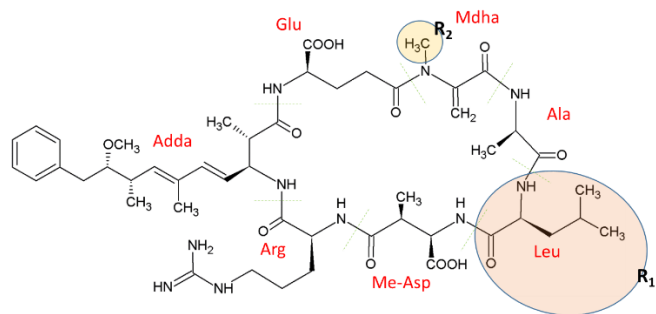
2・2 ミクロシスチンの分析

佐野らが開発した分析手法²⁾により、LC-MSを用いて、6種類のみクロシスチン（RR, YR, LR, WR, FR, 7dmLR）（図2）を分析した。

凍結保管した試料は、融解後、超音波で均一化してから分取し、内部標準物質として、安定同位体で標識したのみクロシスチンを添加し、固相カートリッジにより抽出して、分析用試料とした。

LC-MSは Waters Alliance 2695/Xevo TQS micro を用い、清水らの条件¹⁾で測定した。検出下限（IDL）

及び定量下限 (IQL) は、表 1 のとおりである。



マイクロシチン	RR	YR	LR	WR	FR	7dmLR
R ₁	Arg	Tyr	Leu	Trp	Phe	Leu
R ₂	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H

表 1 装置の IDL 及び IQL

マイクロシチン	RR	YR	LR	WR	FR	7dmLR
IDL (ng/L)	3.2	6.8	8.1	16	11	17
IQL (ng/L)	8.3	17	21	40	29	43

図 2 測定対象のマイクロシチンの構造

(R₁, R₂にそれぞれ表に示すアミノ酸や官能基が入る)

3 調査結果

3・1 気象及びアオコの発生状況

調査日前の 2 日間は晴天であったが、当日は早朝 8 時前後に局所的に短時間の降雨（周辺の牛久気象観測所の連続雨量 6.5mm）があり、その後は曇りで時折雲の間から日が差していた。採水時の水温は 28.5～29.5℃であった。また、牛久気象観測所では 3 日前から日平均気温が 25℃を超えていた。

いずれの採取地点でもアオコの発生が確認されたが、特に試料採取時に東風により風下となった地点 3 や倒竹や浮遊式フェンスで流れが滞っていた地点 7 の周辺では、アオコの発生が顕著であった（図 3, 4）。



図 3 地点 3（湖展望広場）周辺

（東（左）からの風で湖岸にアオコが吹き寄せられている）



図 4 地点 7（境橋右岸下流）周辺

（浮遊式フェンス内の流れが滞留しアオコが発生している）

クロロフィル a 濃度（図 5）は、地点 3 が 494 μg/L と最も高く、次いで地点 7 が 113 μg/L と高かった。一方で川幅が細く流れのある地点 1, 2 では低かった。

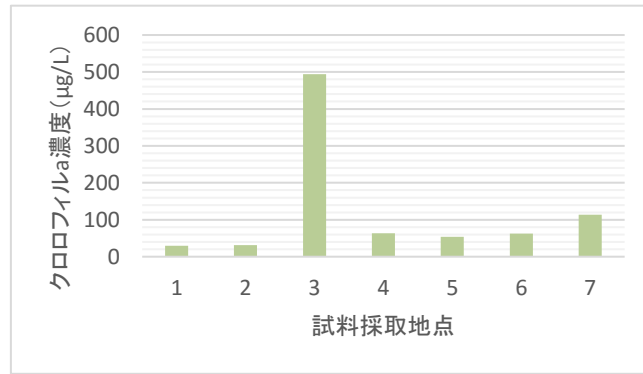


図5 クロロフィル a 濃度 (※地点8はデータなし)

3・2 藍藻の出現種

地点8を除く7地点の試料の検鏡を行ったところ、いずれの地点でも *Microcystis wesenbergii* が優占種であった (図6)。また、多くの地点で *Microcystis aeruginosa* も出現していた。*Anabaena* 属はほとんど出現しなかった。なお、2015年9月に地点2, 4, 5の3地点で行った予備調査でも *Microcystis wesenbergii* が多く確認された。

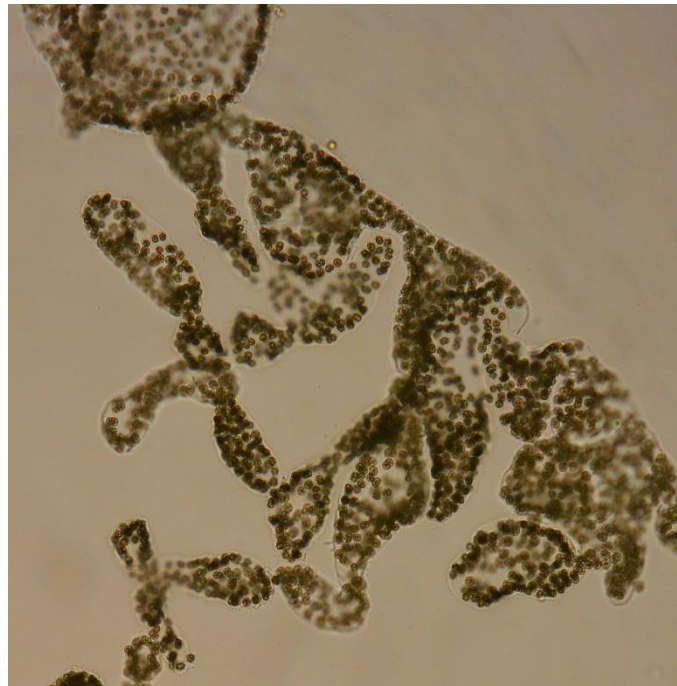


図6 試料の検鏡写真

(地点4, *Microcystis wesenbergii*)

3・3 ミクロシスチン濃度

各地点におけるミクロシスチン濃度を表2に示した。特徴のあったミクロシスチン RR, LR 及び WR の濃度は分布が分かるようにグラフとして図7に示した。

地点4及び5を除く6地点ではミクロシスチン RR の濃度が最も高く、次いで LR が高かったが、地点4及び5ではミクロシスチン RR や LR よりも WR の濃度が高かった。

ミクロシスチンの種類別にみると、ミクロシスチン WR 以外のミクロシスチン濃度は、いずれも地点3が最も高く、地点3のミクロシスチン LR の濃度は、WHO が勧告した暫定基準値 $1 \mu\text{g/L}$ を超える $3.14 \mu\text{g/L}$ であった。

また、ミクロシスチン WR は、地点8, 5, 4, 3と、いずれも古敷谷川が流入する地点の周辺で濃度が高

かった。

表2 ミクロシスチン濃度 (ng/L)

調査地点	RR	YR	LR	WR	FR	7dm LR
1	118	24.2	84.2	(21)	ND	ND
2	41.9	ND	37.8	(38)	ND	ND
3	4670	544	3140	515	89	368
4	92.4	(7.9)	71.1	1240	ND	ND
5	113	(10.2)	78.1	192	ND	ND
6	161	(8.2)	124	(18)	ND	ND
7	243	(13.3)	211	(19)	ND	(18)
8	170	(15.2)	120	145	ND	ND

※ND: IDL以下, () 付き: IQL以下

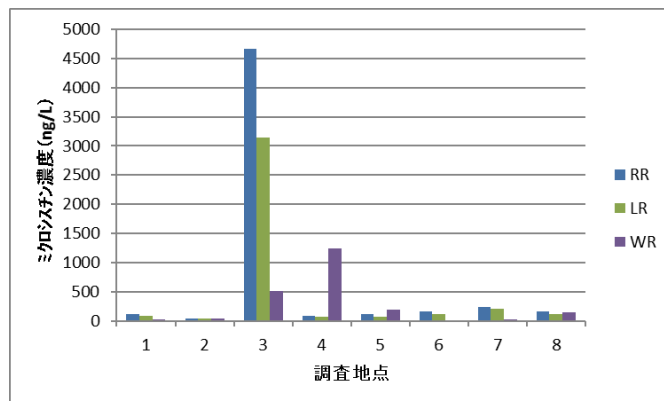


図7 ミクロシスチン RR, LR, WR 濃度

5 まとめ

高滝ダム貯水池において、アオコの調査を行い、以下の結果を得た。

- ・ 検鏡した全ての地点において、優占種は *Microcystis wesenbergii* であった。
- ・ ミクロシスチンは、全ての地点でミクロシスチン RR 及び LR の濃度が高い傾向があり、最も高濃度となった地点3のLRの濃度は、WHOが勧告した暫定基準値 $1 \mu\text{g/L}$ を超えていた。
- ・ 古敷谷川が流入する地点では、ミクロシスチン WR の濃度も高かった。

謝辞

本調査を実施するにあたり、 ^{15}N 標識ミクロシスチンを提供いただきました国立環境研究所 佐野友春氏に感謝いたします。

引用文献

- 1) 清水 明, 佐野友春, 横山智子, 藤村葉子: ^{15}N 標識ミクロシスチンを用いた LC/MS によるモニタリング手法の検討. 第24回環境化学討論会要旨集, (2015).
- 2) Sano, T., Takagi, H., Nagano, K., Nishikawa, M., Kaya, K.: Accurate LC-MS analyses for microcystins using per- ^{15}N -labeled microcystins. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 399, 2511-2516 (2011).
- 3) 千葉県: 25年度プランクトン同定計数結果. 平成25年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書, (2014).
- 4) 千葉県: 26年度プランクトン同定計数結果. 平成26年度公共用水域及び地下水の水質測定結果報告書, (2015).