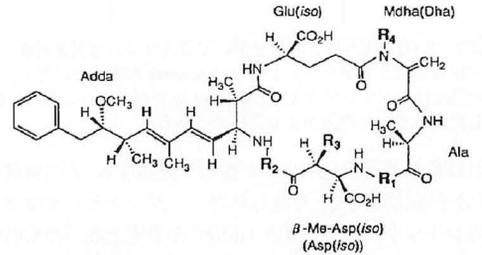


Q&A 類

藍藻が生産する有害物質（毒・悪臭）にはどんなものがあるのでしょうか。またアオコなどが大量に発生している水源から上水を得ている地域もあると思いますが、それらは除去されているのでしょうか、また人体に影響はないのでしょうか？（学芸大院生 S.O.）

淡水産藍藻類が生産する毒物質は現在まで化学構造が知られているものだけでも 16 種類確認されています（表 1）。ただし 16 種類といっても中にはミクロシスチンのように基本構造（7 種類のアミノ酸が環状に配列したポリペプチド）が同じで、部分的にアミノ酸組成がことなったり、メチル基がなかったりするものが存在し、現在まで少なくとも 50 種類以上が確認されています。これらの毒物質は神経毒、肝臓毒、細胞毒の 3 系統に分けられます。また、これらの毒物質を生産する藍藻類は少なくとも 24 種類確認されています。

問題になりますのが、神経毒及び肝臓毒をしめす毒物質を生産する藍藻類ですが、これらの藍藻類による家畜、魚類及び人間への被害については、今から 100 年以上も前の 1878 年に Francis さんが藍藻 *Nodularia spumigena* が大量発生した湖水を飲んだ家畜が大量斃死したという報告をして以来、数多く報告されています（Schwimmer and Schwimmer 1968, 渡辺真利代他



Adda : 3-amino-9-methoxy-10-phenyl-2,6,8-trimethyl deca-4,6-dienoic acid  
Mda : N-methyldehydroalanine

	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	MW
microcystin LA	Leu	Ala	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	909
microcystin LR	Leu	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	994
microcystin YR	Tyr	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1044
microcystin RR	Arg	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1037
microcystin YM	Tyr	Met	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1019
microcystin YA	Tyr	Ala	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	959
microcystin LY	Leu	Tyr	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1001
microcystin FR	Phe	Arg	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	1028
microcystin LAba	Leu	Aba*	CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub>	923
3-desmethylmicrocystin LR	Leu	Arg	H	CH <sub>3</sub>	980
7-desmethylmicrocystin LR	Leu	Arg	CH <sub>3</sub>	H	980
3,7-didesmethylmicrocystin LR	Leu	Arg	H	H	966
3-desmethylmicrocystin RR	Arg	Arg	H	CH <sub>3</sub>	1023

\* L-aminoisobutyric acid

表 1. 有毒淡水産藍藻種とその毒素

種名	毒素
<b>神経毒産生種</b>	
<i>Anabaena flos-aquae</i>	アナトキシン -a, アナトキシン -a (s)
<i>A. circinalis</i>	アナトキシン -a
<i>A. lemmermannii</i>	アナトキシン -a
<i>A. solitaria</i>	アナトキシン -a
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	サキシトキシン, ネオサキシトキシン
<i>Coelosphaerium kutzingianum</i>	アナトキシン -a
<i>Cylindrospermum</i> sp.	アナトキシン -a
<i>Gomphosphaeria naegeliana</i>	アナトキシン -a
<i>Oscillatoria formosa</i>	ホモアナトキシン -a
<i>O.</i> sp.	アナトキシン -a
<i>Synechocystis</i> sp.	スバミジン, プトレシン
<b>肝臓毒産生種</b>	
<i>Anabaena flos-aquae</i>	ミクロシスチン (-LR,HtyR 等)
<i>Cylindrospermopsis raciborskii</i>	シリンドロスパモブジン
<i>Microcystis aeruginosa</i>	ミクロシスチン (-LR,-LA,-YR,-RR 等)
<i>M. viridis</i>	ミクロシスチン (-LR,-LA,-YR,-RR 等)
<i>M. wesenbergii</i>	ミクロシスチン (-LR,-LA,-YR,-RR 等)
<i>Nodularia spumigena</i>	ノドュラリン
<i>Nostoc</i> sp.	ミクロシスチン (ADMAAdda <sup>5</sup> -LR 等)
<i>Oscillatoria agardii</i>	ミクロシスチン (Dha <sup>7</sup> -RR 等)
<b>細胞毒産生種</b>	
<i>Hapalosiphon fontinalis</i>	ハバリンドール
<i>Oscillatoria acutissima</i>	アクチフィシン
<i>Scytonema hofmanni</i>	シアノバクテリア
<i>S. pseudohofmanni</i>	スキトシフォン
<i>Synechococcus</i> sp.	チオンスルフオリピド
<i>Tolypothrix byssoidea</i>	ツバシジン

図 1. ミクロシスチンの構造（彼谷 1992 より）

1994 参照)。有毒の藍藻類によると思われる人体影響については、最近の例をとりあげても決して少なくありません（渡辺真利代他 1994 参照）。

わが国では、飲料水源となっている霞ヶ浦、琵琶湖、印旛沼等では有毒藻類の発生が頻発しております。特にアオコを形成する *Microcystis* が産生する主要な毒であるミクロシスチン（図 1）は、肝臓毒であるとともに、発ガン促進作用、慢性影響を示す毒で、環境水中で最も濃度が高く、かつ検出頻度も高いこと、並びに通常の浄水処理法で除去できないという報告もされていること（Himberg *et al.* 1989）から、ミクロシスチンによる飲料水の汚染は深刻な問題であると思います。このことから、藻類毒、特にミクロシスチンについては人の健康のリスクを評価し、その水環境基準を設定することが急務とする国もあられ、オーストラリア、ニュージーランド、カナダ、米国、デンマーク等では藻類毒の環境基準値の設定に向けての分析手法の選定、湖沼の藻類毒の定性・定量の調査を開始してき

ております。わが国では、人の健康の保護に関する水環境基準はカドミウム、PCB、トリクロロエチレン等24種類の化学物質について設定されていますが、藻類毒については残念ながらまだ検討されていないのが現状です。また、ミクロシスチンが動物プランクトンに蓄積することも報告されており (Watanabe et al. 1992)、ミクロシスチンが湖沼生態系の食物連鎖の過程でどのような挙動を示しているのかが、人体へのミク

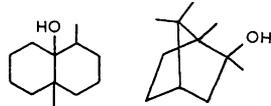


図2.ジオスミン(左)とMIB(右)

ロスチシチンの暴露経路がかならずしも飲料水だけからとは限らないかもしれないという懸念と関連して、大きな問題となってきました。おどかしているだけでは能がないので、ミクロシスチンの飲料水汚染が心配でたまらない方は、ミクロシスチンは活性炭に吸着し、飲料水より除去できることも報告されておりますので (Himberg et al. 1989)、きたない湖水を飲料水源としている町にすんでいるかたは、活性炭をとおした水を飲むように心がけて下さい。ミクロシスチンは熱に強いので、湯冷まし水では駄目です。もっと詳細をしりたい方は、藻類43巻1号に紹介いたしました「アオコーその出現と毒素」(渡辺真利代他編、東大出版会1994)を読んで下さい。

かび臭物質に話をかえます。藍藻類が産生するかび

臭物質として、ジオスミンとMIB (2-methylisoborneol) があります (図2)。双方とも放線菌で発見されたのが最初で、藻類ではジオスミンが *Symploca muscorum* で (Safferman 1967)、MIBが *Lyngbya cryptovaginata* で (Tabachek and Yurkowski 1976) で確認されました。その後表2に示しましたように、27種類の藍藻類がジオスミンまたはMIBを産生するのが確認されております。最も有名なのが *Phormidium tenue* です。この種は中～富栄養湖沼、ダム湖に発生し、わずかな量でも水道水に異臭味を与えることでよく問題となる種類です。これらカビ臭物質が人体に影響を及ぼすという報告はありませんし、揮発性で、活性炭にも吸着しますので、湯冷まし水や活性炭をとおした水道水にはその臭いは殆ど残りません。水道関係者は除去に一生懸命ですが、コストがかかることで、完全に除去した状態で家庭に水道水をおくることはできていないのが現状です。現時点では各家庭の努力に依存している状態です。

引用文献

Francis, G. 1878. Poisonous Australian lake. Nature (London) 18 : 11-12.

Himberg, K., Keijola, A. M., Hiisvirta, L., Pyysalo, H. and Sivonen, K. 1989. The effect of water treatment processes on the removal of hepatotoxins from *Microcystis* and *Oscillatoria* : a laboratory study. Water Res. 23 : 979-984.

Juttner, F. 1987. Volatile organic substances. p.453-469. In : Fay, P. and Van Baalen, C. (eds) The Cyanobacteria. Elsevier, New York.

彼谷邦光 1992. 藍藻毒ミクロシスチン (Microcystin) の化学と毒性. 環境化学 2 : 457-477.

Safferman, R. S., Rosen, A. A., Mashni, C. I. and Morris, M. E. 1967. Earthy-smelling substance from a blue-green alga. Environ. Sci. Technol. 1 : 429-430.

Schwimmer, M. and Schwimmer, D. 1968. Medical aspects of phycology. p.279-358. In : Jackson, D.F. (ed.) Algae, Man and Environment. Syracuse University Press.

Tabachek, J. L. and Yurkowski, M. 1976. Isolation and identification of blue-green algae producing muddy odor metabolites, geosmin, and 2-methylisoborneol, in saline lakes in Manitoba. J. Fish. Res. Board Can. 33 : 25-35.

Watanabe, M. M., Kaya, K. and Takamura, N. 1992. Fate of the toxic cyclic heptapeptides, the microcystins, from blooms of *Microcystis* (Cyanobacteria) in a hypertrophic lake. J. Phycol. 28 : 761-767.

渡辺真利代・原田健一・藤木博太 (編) 1994. アオコーその出現と毒素 東京大学出版会, 東京

表2.かび臭物質ジオスミン (geosmin) とMIB (2-methylisoborneol) を産生する藍藻類 (Juttner1987より)

種類	ジオスミン	MIB
<i>Anabaena macrospora</i>	+	
<i>A. scheremetievi</i>	+	
<i>A. spiroides</i>	+	
<i>Aphanizomenon flos-aquae</i>	+	
<i>A. sp.</i>	+	
<i>A. garacile</i>	+	
<i>Lyngbya aestuarii</i>	+	
<i>L. cryptovaginata</i>		+
<i>Oscillatoria agardii</i>	+	
<i>O. amoena</i>	+	
<i>O. animalis</i>	+	
<i>O. bornetii</i>	+	
<i>O. brevis</i>	+	+
<i>O. chlorina</i>	+	
<i>O. cortiana</i>	+	
<i>O. curviceps</i>	+	
<i>O. geminata</i>	+	
<i>O. limnetica</i>	+	
<i>O. prolifica</i>	+	
<i>O. simplicissima</i>	+	
<i>O. splendida</i>	+	
<i>O. tenuis</i>	+	+
<i>O. variabilis</i>	+	
<i>Phormidium autumnale</i>	+	
<i>P. tenue</i>	+	
<i>Schizothrix muelleri</i>	+	
<i>Symploca muscorum</i>	+	

(渡辺 信 国立環境研究所)