

# アオコ導流フェンスの発展性について ～各種アオコ対策を有効化する連系型新技術～

Hao Aimin(温州大 生命環境科院)

井芹 寧(WJEC)・藤井忠幸(IMS)・力竹正広(ハクショ)

原口智和(佐賀大 農)・朝位孝二(山口大 工)

## 1. はじめに

アオコ(本報では *Microcystis* 属アオコとする)の直接的防除法として、非常に多くの対策が試みられているが、多くの場合、広域にアオコが分布すること、分布域が移動することなどから、現実的には局所的対策にとどまっている。本報では、自然のアオコの移動性を逆に利用し、特定の水域にアオコを封じ込める新技術であるアオコ導流フェンスの効果検証結果を報告する。また、導流アオコ層の鉛直微細構造に特徴的な水質・生物分布が認められたので、併せて報告する。

## 2. アオコの移動性と増殖優位性

アオコは細胞内の偽空胞の浮力調整により日周期の鉛直移動を行う。昼間表層に集積したアオコは、吹送流を利用することで水平移動能力も獲得する。光合成に適した表層、栄養獲得に適した底層、河川流入部水域に移動し、移動性を有しない競合プランクトンと比較して、優位に増殖することが可能となる(表-1)。

アオコ導流フェンスは、このアオコ移動性を利用し、水面で集積移動するアオコを一方向に導流する。

表-1 アオコの移動性による増殖優位性

Character	Photo synthesis	Obtain nutrients	Obtain CO <sub>2</sub>	Early developmet	Inhibition of predation pressure
Vertical migration	●	●	●	●	●
Horizontal migration		●		●	

## 3. 導流を受ける(水面集積)アオコの微細層構造

佐賀県の農業用貯水池において2016年8月の日中(11:00~12:00)に、本フェンスで導流する水面集積アオコ性状の把握のため、水質現地測定(水温, DO, ORP)と試料を採取しプランクトン層分布の分析を行った。測定は、センサー部が小型のSATOTECH WA-2017SDJを用いた。プランクトン試料は開口φ1mm程度の管を用いて、鉛直層を乱さないように吸引量を調節し、0.5mL×3回試料採取を行い混合サンプルとした。

なお、本フェンスの適用に当たっては、アオコの移動(アオコ路)・鉛直分布状況を事前に把握することが必要である。基本的にはクロロフィル濃度で分布状況を確認することが効率的であるが、正確にはプランクトン分布について採水・検鏡を行うことが望ましい。水面にアオコが集積する場合、その集積層圧は数ミリから数cmレベルのこともあり、従来の採水法では正確なアオコ現存量を把握することは難しい(図-1)。今回は微細構造の調査のため吸引法を選択したが、簡易的には方形容器で水塊を削り取るように採水する方法が、均一性から適当と考えられる。従来の水質調査法でも、アオコ発生水域については、0.5m等の水深規定を見直し、採水法を改正することが望ましい。

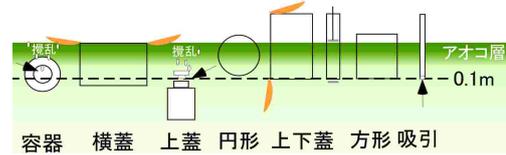


図-1 表層水の各種採水法(水面~0.1m採水を想定)

計測、分析結果を表-2に示す。水温については水面(0.2cm)~5.0cmの間で5.6℃の水温差が認められ、1cm間隔で1℃程度変化する水温躍層が認められた。5.0cm以深は、水温変化が0.1℃/cm未満となった。DOについては、2.0~50.0cmは10.5~11.4mg/Lで比較的安定するのに対し、1.0cmにおいては測定中6.0~18.2mg/Lの間で大きく変動した。ORPは0.2~2.0cmの間マイナス値を示し、3.0cmから20.0cmにかけて上昇し、最大176mVとなった。*Microcystis* spp.の細胞数は0.2cmで7.60×10<sup>8</sup>cells/mLと最大で、2.0cm以深でその1/100レベルまで大きく減少した。採取した試料を見てもいかに水面部分に多くのアオコが集積しているかが明確である(写真-1)。

表-2 アオコ層微細分布構造

Depth (cm)	W.T. (°C)	DO (mg/L)	ORP (mV)	<i>Microcystis</i> (cells/mL)	ワムシ類 (inds/mL)	繊毛虫類 (inds/mL)
0.2	37.3	-	-149	7.69.E+08	未検出	未検出
0.5	-	-	-	2.12.E+08	未検出	未検出
1.0	35.9	6.0-18.2	-172	3.01.E+08	未検出	未検出
2.0	34.8	10.5	-11	6.09.E+06	11	未検出
3.0	33.1	-	7	3.75.E+06	391	717
4.0	32.3	-	9	1.20.E+06	33	未検出
5.0	31.7	11.0	24	-	-	-
6.0	31.5	-	49	-	-	-
7.0	31.4	-	63	-	-	-
8.0	31.3	-	106	-	-	-
9.0	31.3	-	112	-	-	-
10.0	31.3	11.4	154	5.07.E+05	未検出	未検出
20.0	30.3	11.2	176	1.68.E+05	未検出	未検出
50.0	29.4	10.5	149	5.48.E+04	未検出	未検出



写真-1 アオコ試料(上部の数字は採取水深 cm を示す。)

水面近くのアオコは色素が抜け分解傾向のアオコ細胞が多く混在しており、分解時の酸素消費作用等の蓄積効果により、ORPが還元側の値になったものと考えられる。測定時は活発な光合成によりDOが上昇しているが、夜間は減少している可能性が高い。枯死の要因としては強光障害、高温化、栄養塩枯渇等が考えられる。下層のアオコは上部のアオコ層が保護膜となるためか、枯死アオコは減少し2cm以深ではORPは酸化条件に変化した。今回の調査で新たに明確になった

事象は、水面アオコ層の直下層に高密度の動物プランクトン層が観察されたことである。出現した動物プランクトンは主に *Lecane* sp. であり、ヒルガタワムシ及び多数の繊毛虫類も認められた(写真-2)。出現した後生・原生動物は細菌類や有機物片を餌とすることが知られており、上層のアオコ枯死分解で生じた細菌類や有機物片を捕食するため蟻集している可能性があると考えられる。水面部の生物群が形成する微細構造のイメージを図-3 にとりまとめた。動物プランクトンの高密度化は湖沼表層環境としては珍しく、活性汚泥の微生物相に近い状態である。

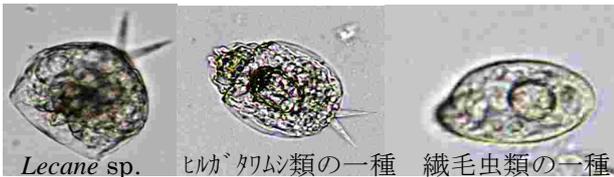


写真-2 高密度アオコ下層の動物プランクトン

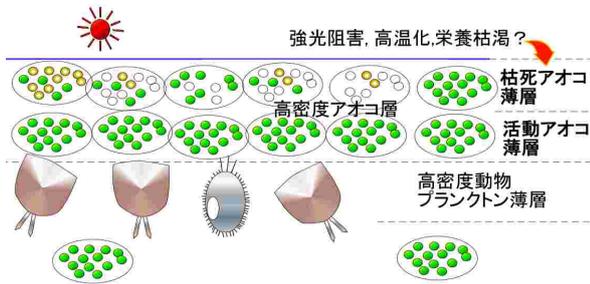


図-3 アオコ集積層の鉛直微細構造

#### 4. 魚消化管通過筒状アオコの存在

アオコ発生時には通常のアオコ群体に加え、筒状のアオコが観察された(写真-3)。アオコ水で育成したフナ類の排泄物から同様な形状のアオコが生じることが観察されたことから、筒状アオコは藻食魚の排



写真-3 筒状アオコ

泄物はその外膜が破れることなく、内部のアオコが増殖した結果生じたものと予想される。また、筒状アオコはより水面に浮上する傾向が認められる。これは、アオコ細胞の内部の偽空胞の浮力に加え、光合成によるガスが筒の中に残存することが一因と推察される。これにより、水面の風や、極浅層の吹送流により移動性が高く、湖岸などに集積しやすくなっているものと考えられる。湖岸部の採水調査で、通常アオコ群体と筒状アオコ群体による現存量比はほぼ 1:3 であった。また、両アオコ群体を含んだ湖水を採取し、増殖に適した条件で培養を行ったところ、筒状アオコの方がより長期に生存する傾向が認められた。腸管内を他の消化物と同時に通過することで、高濃度栄養塩等に触れることが影響している可能性があると考えられる。これらの結果より、アオコの異常発生において筒状アオコは重要な役割を果たしているものと予想される。

ハクレンやコクレンのように捕食したアオコをす

りつぶして食する藻食魚については確認が必要であるが、アオコを丸呑み未消化で排出し、筒状のアオコ形成に寄与する藻食魚の影響は、アオコの異常増殖において無視できない要因と考えられる。

#### 5. アオコ導流フェンスの効果

アオコ導流フェンスは水面近くに吹送流圧で一方方向に開く弁を備えた流動制御フェンスである。アオコが定常的に移動するアオコ路をあらかじめ把握し、特定の水域(アオコ制御ゾーン)にアオコを導流する目的で設置位置・形状を設定する。前述のアオコ調査実施後に行った効果確認結果を写真-4 に示す。検証に使用したアオコ導流フェンスは長さ 40m、深さ 2 m で、水面下に 25cm×1 m×4ヶ所、水面部に約 15cm×15cm×1ヶ所の弁機能を有するアオコ導流口を備えている。最深部 5m 程度のダムサイト端にアオコ制御ゾーンを設定し、検証を行った。吹送流により移動するアオコが制御ゾーンに導流され、風向きが変わってもゾーンにとどまる効果が確認できた。

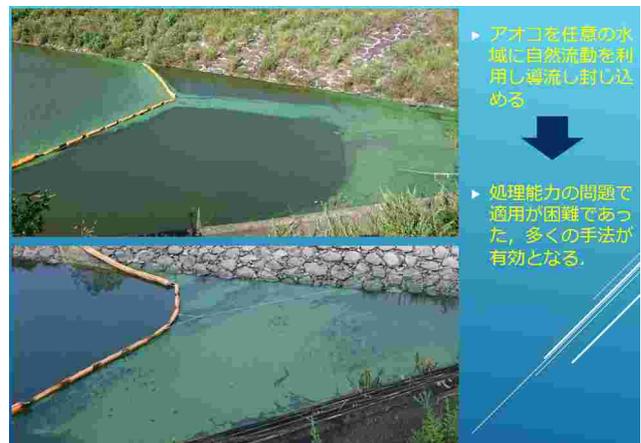


写真-4 アオコ導流フェンスによる導流結果

#### 6. アオコ導流フェンスの効果と発展性

- アオコ導流フェンス適用によるアオコ障害抑制効果と期待される発展性を下記に整理する。
- アオコを特定の小区画水域(アオコ制御ゾーン)に導くことで、小水域対応の各種アオコ対策の有効性が高まる。
  - ダムの取水放流口設置水域にアオコを導流することで、アオコを系外に排出し、異常増殖を抑制する。
  - 眺望点・公園など親水水域外へアオコを導流することにより、アオコの集積による景観・臭気障害などを軽減する。
  - 水深が深く、栄養塩の供給の少ない水域にアオコを導流し、増殖を抑制するとともに、種場形成域を低温暗黒深部に誘導し、翌年の種場からの発生量を抑制する。
  - アオコ導流口に設置した微小水力発電やフェンス上の太陽光発電等を利用し、制御水域の水質浄化を実施。また、蓄電して、吹送流未形成時にアオコ吸引装置を稼働させることで、アオコ導流の効率化をはかる。
  - アオコ導流フェンスでは、アオコに加え、アオコ・有機物の浄化に寄与すると予想される動物プランクトンも導流される。これらの動物プランクトンを曝気等で活性化させることで、水質浄化効果の促進を図ることが可能と考えられる(本現象が今回の貯水池固有のものか、一般的な現象か確認することが重要である)。