

水中パルス放電式アオコ増殖防止装置

國友新太* 佐々木賢一**
鮎川正雄** 藤原久道**

Pulsed Discharge Water-Bloom Prevention System

by Shinta KUNITOMO, Kenichi SASAKI, Masao AYUKAWA, & Hisamichi FUJIWARA

A pulsed discharge water-bloom prevention system had been developed for the removal and propagation-prevention of water-bloom (free-floating algae such as *Microcystis*) in closed-water bodies. This system uses shock waves from electric discharge to specifically collapse gas vesicles inside water-bloom cells, making them sink to the aphotic and low temperature bottom of a water body, thus inhibiting their growth by reducing their activity. Neither cell membranes nor colonies of water-bloom become scattered, resulting in no water pollution. Another feature is that only water bloom with gas vesicles are targeted and effects on other aquatic life are minimized. As treatment effectiveness is not dependant on turbidity elements and water-bloom concentration, it is possible to conduct treatment per miscellaneous matter such as dead leaves and twigs. The system is shaped like a pontoon so it can be easily transported to an area of water-bloom growth, thus enabling its use at dams and inlets of lakes and marshes, as well as in shallow water reservoirs.

Keywords: Algae, Water-bloom, Pulsed discharge, Shock wave, Water treatment, *Microcystis*, Microcystin, Gas vesicle, Closed water area

1. はじめに

近年、湖沼、ダム、ため池などでは藍藻類の異常増殖であるアオコが発生し、悪臭、景観の悪化、浄水場でのろ過障害など深刻な問題を引き起こしている。またアオコの一つであるミクロキスティス属が産生する毒素ミクロシスチンによる被害も世界中で増加しており、WHO（世界保健機関）が飲料水中の濃度に対するガイドラインを定めるなど、アオコに対する早急な解決が求められている。

本報告では閉鎖性水域に発生するアオコの除去・発生防止を目的として新たに開発した水中パルス放電式アオコ増殖防止装置について概要を述べる。

2. アオコ増殖防止原理

水道水中でのパルス放電の様子を写真1に示す。中央に陽極、周囲に陰極（接地電位）を配置して陽極にパルス高電圧を印加すると、陽極を中心に放射状に放電路が伸展する。放電路近傍では衝撃波、紫外線、ラジカル、高電界が同時に発生するため、この手法の様々な応用が期待されている。

アオコ（ミクロキスティス属などの浮遊性藍藻類）が



07-81 01/217

写真1 パルス放電時の発光（水道水中）
Photo 1 Discharge channels in tap water

* (株)荏原総合研究所 化学研究室 工学博士
** 同 同 農学博士
** 荏原環境エンジニアリング(株)
** 風水力機械カンパニー 産業システム事業統括部 品質保証グループ

第58回全国水道研究発表会，平成19年5月23～25日，釧路市，講演集（3-12），pp.120-121.

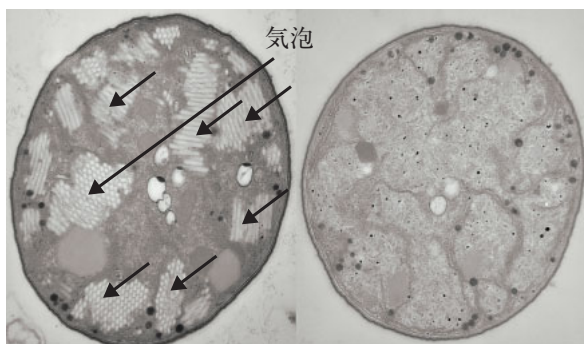
浮遊する水中でパルス放電を行うとアオコは沈降する(写真2)。これはパルス放電で発生した衝撃波が、水面へ浮上するための浮き袋の役割を果たす気泡を破壊することによる。写真3にパルス処理前後のアオコ細胞内部の構造変化を示す(透過型電子顕微鏡像:熊本大学秋山研究室提供)。未処理の細胞にはハニカム状の気泡が存在するのに対し、パルス処理後の細胞では細胞膜を維持したまま気泡が破壊されている。湖沼などでこの処理を行った場合、放電を受けたアオコは無光低温層へと沈降するため、光合成などの機能が停止して増殖不能になると考えられる。

この処理は、細胞膜を破壊しないため細胞内容物放出による水質汚濁がなく、アオコの群体を崩壊しないため水中への分散も起こらない。また、気泡をもつアオコだけを対象としているために、ほかの生物への影響は少なく環境に十分配慮した処理である。



07-81 02/217

写真2 沈降性変化 (左:未処理 右:パルス処理後)
Photo 2 Sedimentation change; before treatment (left) and after treatment (right)



07-81 03/217

写真3 細胞内部の構造変化 (左:未処理 右:パルス処理後)
Photo 3 Change of intra-cellular structure; before treatment (left) and after treatment (right)

3. 装置概要

水中パルス放電式アオコ増殖防止装置の外観を写真4に示す。この装置は2組の放電部(パルス電源+放電電極)と制御監視盤を積載した処理船、処理水中のアオコを沈降させるための外周スクリーン、風送流や水流に乗り移動するアオコを収集するアオコ取込口より構成されている。処理船の下側には水中ダクトとダクト内に送水スクリーンが設けられており、取込口より取り込まれたアオコはダクト通過中に2箇所放電を受ける。通常の処理では、風向きや水流方向に合わせて上流側の取込口からアオコを取り込み、下流側の取り口から放流する。必要に応じ、処理水を外周スクリーン内へ放流して循環しながら沈降分離することで処理効果の視覚的確認も可能である(循環処理)。次に装置の仕様を示す。

3-1 仕様

アオコ処理船:

寸法 長さ15 m×幅4 m×高さ3 m
(甲板上部1.9 m)

材料 ステンレス鋼

係留 湖底4箇所に投錨

給電 AC単相3線200 V

パルス電源:

寸法 1.6 m×1.6 m×1.1 m

出力 120 kV-40 J

放電頻度 1~40回/秒

消費電力 1.2 kW/台(40回/秒)

水中ダクト:

寸法 直径0.2 m

取込水深 0~0.2 m

送水スクリーン:

水量 60~140 m³/h(計画最大360 m³/h)

定格 0.75 kW

外周スクリーン:

寸法 直径15 m八角形×深さ5 m

側面 ファスナーにより開閉可能

底面 常時開放

制御監視盤:

制御項目 スクリュー回転速度、放電頻度、
パルス出力

監視項目 放電回数、ダクト内流速、水温、気温、
電力、動作異常

アオコ取込口:

寸法 幅8 m×深さ0.2 m



07-81 04/217

写真4 アオコ増殖防止装置
Photo 4 Water-bloom prevention system

その他設備：非常通報器（自動発報）

この装置は放電により発生した衝撃波を利用しているため、処理効果が濁度成分やアオコ濃度に依存せず、かつ、枯葉や小枝などの夾雑物ごと処理することができる。しかもオイルフリーで設計されており、薬品も使用しないことから環境影響が少ない。処理船はアオコが発生し

ている場所へ容易に移動できるため、ダムや湖沼の入り江・湾、水深の浅いため池や遊水地、水道専用ダムなどへの適用が可能である。

処理船の接近が難しい場所へは写真5に示すアオコ収集装置を併用することで効率的にアオコの収集ができる。(a) 朝顔型収集装置は水面に広がるアオコを対象とし全方向から、(b) 塵取型収集装置は水面から水深0.2 mの間に浮遊するアオコを対象とし開口部からアオコを収集する。収集装置に流入したアオコは装置内の水中ポンプ(0.75 kW-25 m³/h)により処理船の水中ダクトへ送られる。いずれの収集装置も、アオコが発生している水域へ作業船で曳航して使用するが、アオコの発生が予測される水域やアオコが移動してくると考えられる水域へ設置して使用することも可能である。

ダムなどの流入部における装置設置例を図1に示す。



(a)



(b)

07-81 05/217

写真5 アオコ収集装置 (a) 朝顔型 (b) 塵取型

Photo 5 Algae collector; (a) for surface and (b) for middle-depth (right)

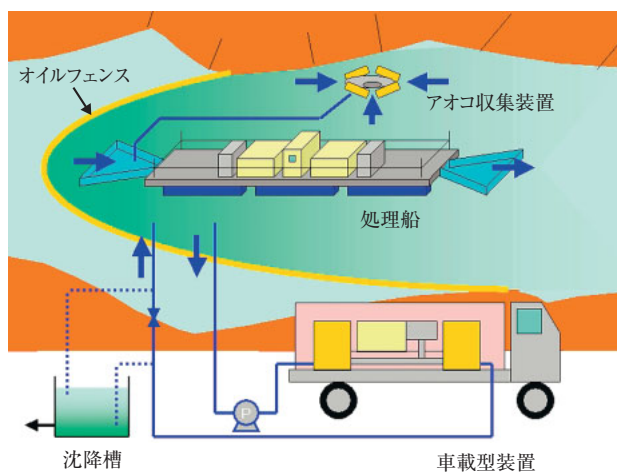


図1 装置設置例

Fig. 1 Example of system set-up

この図はアオコ収集装置のほかにオイルフェンスを併用した場合を示している。オイルフェンスは水面付近のアオコを濃縮するため、効率よくアオコを収集することができる。流入部は水深が浅いためアオコが発生しやすく、発生したアオコは風送流や流入水流により下流側へと移動しながら増殖することから流入部での対策は重要である。

この図には車載型装置の設置例も併記している。陸上からのアクセスがよい水域の処理には車載型装置の使用が適当である。ポンプを用いてアオコを吸い上げ、放電部を積載した車両上で処理を行う。必要に応じて外部に沈降槽を設け、アオコを回収することもできる。設置工事の必要のない車両を回送して処理を行うことで、分散して存在するため池などへの対応も可能である。

4. 処理例

処理船の中央直下に深さ5 mの仕切りを挿入して外周スクリーン内を2分割（未処理区/パルス処理区）し、



(a)



(b)

07-81 06/217

写真6 景観変化 (a) 処理開始時 (b) 開始30分後

Photo 6 View of water surface: (a) before treatment and (b) after 30 min

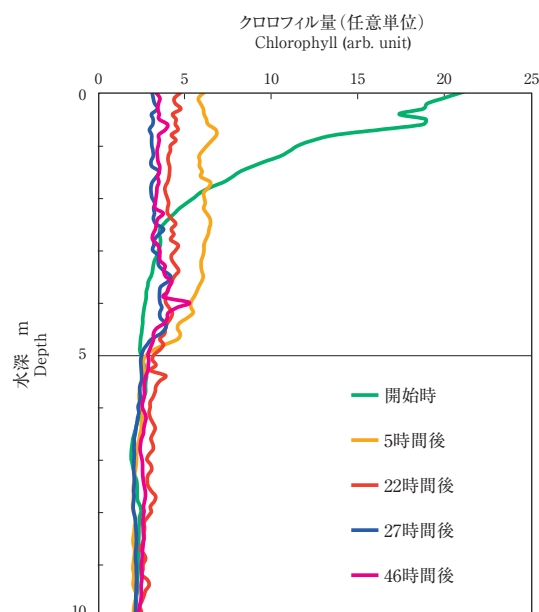


図2 クロロフィル量の経時変化

Fig. 2 Changes in chlorophyll distribution along the clapse of time

両区のアオコ浮遊状態が同じであることを確認した後にパルス処理区で循環処理を開始した。未処理区の水面付近のアオコは時間が経過しても処理開始時と同じ状態であったのに対し、パルス処理区では30分後に水面のアオコがほぼ消失した（写真6）。このときのパルス処理区のクロロフィル量（この場合アオコを中心とした藻類の量を示す）の水深方向分布の経時変化を図2に示す。処理開始時には水面付近にアオコが存在していたため水面付近のクロロフィル量が高いのに対し、処理が進むにつれてアオコが沈降するためクロロフィル量は減少してゆく。27時間後にはクロロフィル量が外周スクリーンの外側（水深5 m以上）と同程度となった。

5. 終わりに

水中パルス放電を用いたアオコ増殖防止装置について概要を述べた。この装置はミクロキスティス属などの気泡をもつアオコだけを対象とし、アオコの細胞膜や群体を破壊せず、薬品を用いない環境に十分配慮した装置である。今後は実地での長時間運転を行い広域での増殖防止効果を確認めるとともに、自然生態系への影響等を調べる予定である。