

自航式電解殺藻装置の実証実験

The actual experiment of self-navigated electrolysis unit for algae killing.

○荒川 和則
東京都水道局

Arakawa Kazunori
Tokyo Metropolitan Government Bureau of Waterworks

Abstract

The abnormal growth of algae in the water source of reservoir affects remarkable obstacle against the clean water treatment. Therefore, those countermeasures such as removal methods of algae and suppression methods of algae growth, etc have been researched and developed.

This time, Tokyo waterworks produces by way of experiment of the self-navigated generation unit of copper ion (electrolysis unit for algae killing), which has the ability of algae killing by means of copper ion generated in the electrolysis unit.

This unit controls the generation rate of copper ion by electric current value and can suppress bad influence against living fishes, etc. Further, this unit will be supplied the all necessary power from photovoltaic generation, taking environmental design into consideration, and will grasp current position by GPS with no man control and will sail the predetermined route by automatic control of the speed and steering angle.

On this actual experiment, the effect of algae killing and verification of function for auto sailing with the prototype of self-navigated electrolysis unit for algae killing were carried out.

Key Words : Photovoltaics, Water Quality Proservation, Seaweed, Electrolysis, Copper ion

1. はじめに

水道水の原水は、貯水池・湖沼等に依存する割合が3割以上となっている。わが国は温暖で、また土壌が肥沃であるため、貯水池のような停滞水域では植物の生産性が高く、植物の一種である藻類の異常増殖によって、浄水処理に著しい障害（凝集障害、ろ過障害、異臭味障害）を及ぼすことがある。

東京都水道局では、藻類による貯水池等の水源水質悪化に対しては、即時に殺藻効果の得られる有効な方法として硫酸銅を散布してきた。しかし、硫酸銅の散布による方法は、高濃度の溶液で散布を行うため、一時的に銅イオンの濃淡分布が生じて、生息魚類への影響が懸念されており、環境へ配慮した殺藻方法が望まれている。

本実証実験は、「GPS機能等を付加して自動航行を可能とし、省力化を図る。」「装置の運転管理は無線通信により遠隔監視とし、労力軽減化を図る。」「段階的な電解銅イオン発生機能により、効率的な殺藻を可能とし、生態への影響を軽減する。」ことを、開発におけるコンセプトとして電解銅イオンにより殺藻を行う自航式電解殺藻装置を試作（以下「試作機」と称する）し、実際の貯水池等において航行性能及び殺藻効果実証試験を行い、本システムの有効性について検証することを目的として実施した。

2. 自航式電解殺藻装置の製作

2.1 文献調査及び基礎実験

銅イオンを用いた殺藻方法について文献調査及び基礎実験を行い、電解銅イオンの発生特性等を確認した。銅イオンの殺藻作用はオリゴデナミーと呼ばれる微量金属作用によるものと考えられ、まず銅イオンが微

生物の細胞壁や細胞膜を破壊し、次に細胞内の酵素やタンパク質と結合し、活性を低下させ代謝機能を阻害する。また、銅イオンの触媒作用によって空気あるいは水中酸素の一部を活性酸素化し、その酸化作用で有機体を酸化させるとの説がある。

殺藻効果の評価方法は文献調査等から実用的な方法（クロロフィル a 簡易測定法, FDA 染色による蛍光顕微鏡観察法）を選出し、それらの有効性について確認した。さらに池から採った検水に電解銅イオン濃度を変えて殺藻効果を確認した。一方で銅イオンによる魚類への影響を調べるために、鯉の幼魚を用いて JIS K 0102 71. に準じた「魚類による急性毒性試験」を実施し、殺藻レベルの銅イオン濃度 (0.1mg/L) では斃死が生じないことを確認した。また、平成 13 年 9 月から平成 14 年 2 月にかけて村山上貯水池の代表 3 地点において藻類と水質に関する現況調査を行い、植物プランクトンの優占種等を調べた。これらの結果を基に、試作機設計に必要な理論検討を加えて実証実験に最適なシステムの基本仕様を決定した。

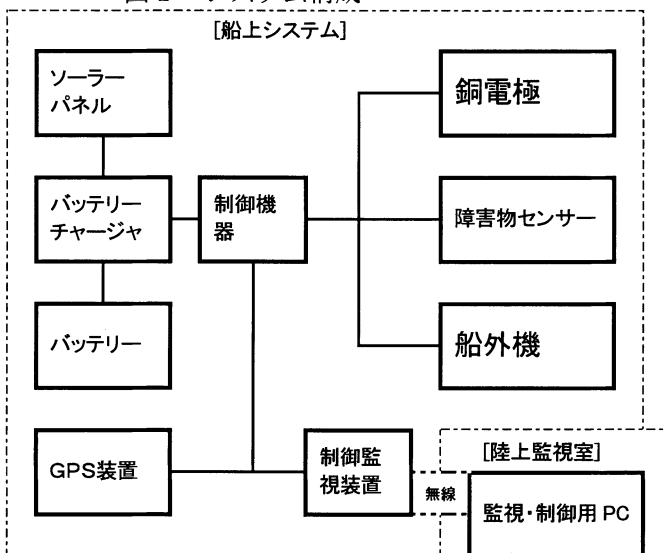
2. 2 基本設計・製作・要素試験

文献調査及び基礎実験の検討結果を基に試作機の基本設計及び製作を行い、はじめに要素試験として実サイズの銅電極を用いた電解性能試験や太陽光発電のバッテリーとして搭載するリチウム電池の特性試験を行った。次に実際の池において主に航行制御に係る性能確認試験を行い、装置機能上問題がないことを確認した。この後さらに村山上貯水池において総合的な運行試験を実施し、ほぼ計画仕様通りの性能が得られることを確認した。尚、主な性能等を表 1 に、システム構成を図 1 に示す。試作機の電解銅イオン発生量 57.6g/h は、設計計算上 1 時間当たり最大 576 m³ の水量を電解銅イオン濃度 0.1 mg/L にする能力がある。

表 1 試作機的主要性能等

項目	性能
太陽光発電システム	公称最大発電容量 1.92kw(パネル総面積 15.3 m ²)
バッテリー	リチウムイオン型:容量 430Ah
電解銅イオンの発生量	最大 57.6g/h(必要電力 1.15kwh)
航行速度	無段変速 0.1 km/h~最大 0.4 km/h(必要動力 0.2kwh~1.0kwh)
船体操舵性	船外機回転範囲:左右 180°
無線方式	デジタル携帯電話網データ通信(パケット通信方式)
試作機総重量	2.4ton

図 1 システム構成



2. 3 自動航行機能の付加

試作機の要素試験結果を踏まえて、自動航行に必要な下記機能を付加した。尚、試作機の全景を写真 1 に示す。

写真 1 試作機の全景



(1) GPS等を利用した自動航行機能

D-GPS及び磁気方位センサにより、現在の位置並びに進行方向を確認し、あらかじめ登録しておいた経路情報に合わせて船体の航行速度及び操舵角等を自動制御する機能を付加した。

(2) 障害物検知及び衝突対策

衝突対策として船体の周囲及び底部に障害物等が接近した場合は、自動的に運行を停止もしくは回避させるために、障害物検知装置を水上5カ所と水中2カ所に取り付けた。また、停止もしくは回避が間に合わず障害物等に衝突した際に、船体に対する衝撃を緩和するための樹脂製衝突保護材を取り付けた。

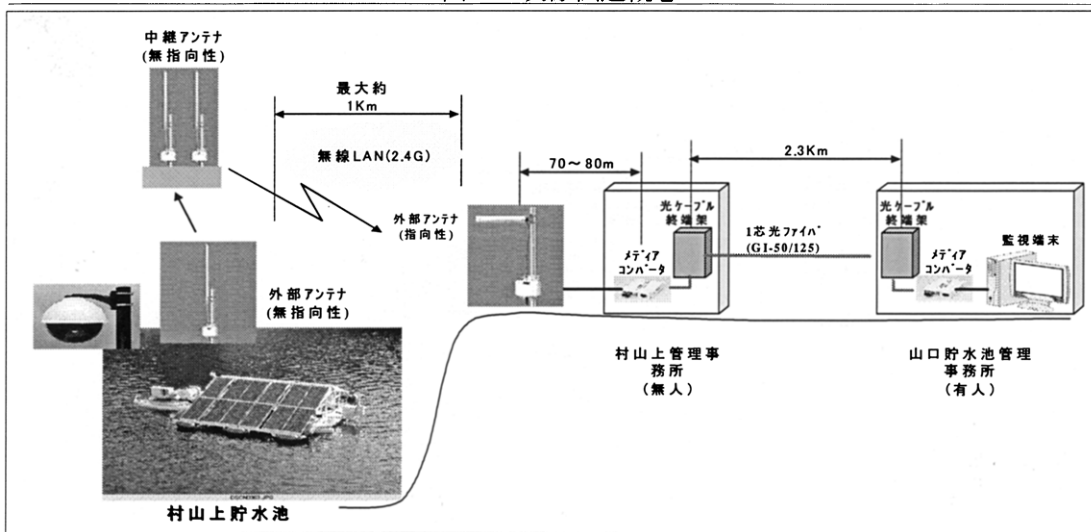
(3) 自動係留機能

自動アンカーを付加し、試作機が休止中は、その場所で自動アンカーにて船体を係留し、運転開始時には自動アンカーを引き上げる機能を取り付けた。

(4) 無線カメラ機能

無線LAN方式を利用したビデオ映像伝送機能を取り付けた。尚、映像伝送概念を図2に示す。

図2 映像伝送概念



3. 実証試験内容

次に村山上貯水池において試作機を自動航行させ、自動航行制御機能、太陽光発電機能、自動係留機能等が正常に機能することを確認した。また、村山上貯水池において試作機による殺藻効果実証実験を実施した。

3.1 自動航行試験

村山上貯水池において試作機を自動航行させ、次に掲げる項目が正常に機能することを確認した。

(1) 自動航行制御機能

自動航行制御ソフトに登録した船体の経路情報から、船体の航行速度及び操舵角等を自動制御し、登録した設定通りに航行する自動航行制御機能の確認。

(2) 太陽光発電機能

チャージコントローラーによる充電の確認。

(3) 監視機能

通信による、船体速度、操舵、銅イオン発生量、太陽光発電量及びバッテリー充放電量等の監視機能の確認。

(4) 自動係留機能

運転終了後は、その場所で自動アンカーにて船体を係留し、運転開始時には自動アンカーを引き上げ、運転を再開する自動係留機能の確認。

(5) 無線カメラ機能

無線カメラにて、自動アンカー及び周辺状況のリアルタイム映像を貯水池管理事務所から確認。

3.2 殺藻効果実証実験

村山上貯水池において、試作機による殺藻効果実証実験を実施した。

(1) 実施内容

(ア) 実験水域

実験は平成15年9月に2回、20 m×20 mのイケス型の隔離水域を設けて実験水域とした。実施時期の水深は約6 mであり、水平方向の拡散を抑制するために、長さ5.4 mの遮水シートを用いた。

(イ) 実験方法

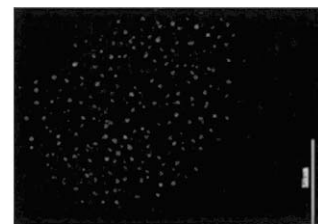
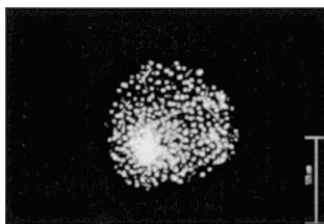
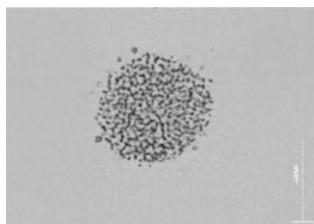
はじめに試作機を用いて実験水域で電解銅イオンを発生させた。電解銅イオン発生終了後に上層(0.5 m)、中層(2.5 m)、下層(5.0 m)より試料を採取して、殺藻率、藻類の細胞数及びpH等の水質を測定した。

殺藻率は、「FDA染色/蛍光顕微鏡観察法」にて測定した。ミクロキスチスの観察像を写真2~4に示す。その他の項目については、定法に従って測定した。

写真2 明視野観察像(200倍)

写真3 蛍光観察像(活性有)

写真4 蛍光観察像(活性無)



(ウ) 実験条件

実験水域はイケス型の隔離水域、目標電解銅イオン発生量は0.10 mg/L及び0.15 mg/Lとした。藻類優占種はミクロキスチスとアナベナ(いずれも藍藻類)であった。

(2) 実験結果と考察

実験結果

目標電解銅イオン発生量0.10 mg/Lにおいては、電解銅イオン発生から1日後の上層は、ミクロキスチスで80%、アナベナで100%の殺藻率が得られた。

5日後に再び殺藻効果を確認したところ、殺藻率の低下が認められた。電解銅イオン散布後の天候不順(強い降雨)が影響している可能性があるため、効果を再確認するために目標電解銅イオン発生量0.15 mg/Lとして実施した。電解銅イオン発生から1日後の上層は、100%の殺藻率が得られた。しかし、2日後以降は、電解銅イオン濃度の減少及び殺藻率の低下が確認された。実験期間中に天候不順は無かったため、天候以外の原因として以下のことが考えられる。

* 電解銅イオンが懸濁物質に吸着して沈降 * 不溶性の水酸化銅に変化して沈降 * 隔離水域外への拡散

以上を検証するため、ラボスケールで電解銅イオンの挙動を確認したところ、発生させた電解銅イオンの沈降は起こらなかったため、隔離水域外への拡散が起こっていた可能性が高い。

従って、2日後以降は拡散が大きく影響したと考えられるため、殺藻効果の持続性を評価することは困難であった。

4. まとめ

実証実験結果より、試作機の機能が設計仕様を満たす性能であることが確認できた。装置の運転管理は無線通信による遠隔監視とすることにより、自動航行機能による労力軽減化が図れた。自然エネルギーである太陽光発電を利用することにより環境負荷の軽減化が図れた。殺藻効果については、隔離水域内において高い殺藻率が得られた。効果の持続性については拡散の影響が大きく、評価することが困難であった。実施期間中に実験水域付近での魚類の斃死は確認されなかった。魚類は安全な環境へ忌避行動を取ると言われていることや、試作機は段階的な電解銅イオン発生機能により生態への影響を軽減できることから、魚類の斃死を引き起こす危険性は低いと考えられる。

5. 参考文献

- (1) 貯水池における硫酸銅散布処理後の残留銅イオン量について, 水道協誌, 249:40~45, 1955 (第2報), 水道協誌, 266:47~52, 1956 (第3報), 水道協誌, 269:42~45, 1957
- (2) 緑の読本-特集/公園の水と水辺の管理:62~67
- (3) 湖沼水中の藻類に対する電解酸化処理の殺藻効果, 水環境学会誌, 第23巻 第5号:285~291, 2000