

衝撃エネルギー、波力及びポーラスコンクリートのコラボレーション によるアオコ駆除方法に関する一考察

立命館大学大学院 学生員 ○野上 翔平

立命館大学 正会員 竹内 正喜

立命館大学 正会員 岡本 享久

1. はじめに

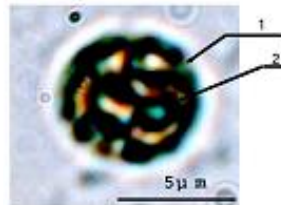
アオコ（浮遊性藍藻類）は上水道の異味臭や景観の問題を起こすだけでなく、強い毒性を持つものも発見されており、その効率的な除去方法が強く望まれている。

本研究では、衝撃波発生装置により沈降したアオコを湖沼面に発生する波の力により、湖沼内に沈めた多孔質のポーラスコンクリート（以下 POC）内部に浸透・循環させ、自然界の食物連鎖を利用して除去する方法を、基本的な理論解析とモデル実験により検証することを目的とした。

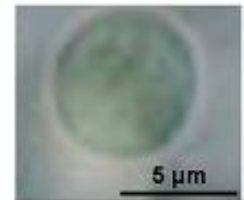
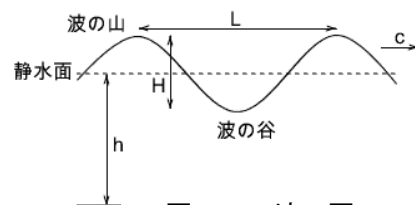
2. 実験概要

アオコは偽空胞と呼ばれるガス胞（写真－1）をもっており、それによって水面付近まで浮上してくる。このガス胞は衝撃波発生装置によるパルス放電（非常に短い時間に非常に大きな電圧をかける放電）によって破壊することが可能である¹⁾。ガス胞を失ったアオコは沈降する。またパルス放電で破壊されるのはガス胞のみである為（写真－2）、アオコの組織が破壊され毒素が流出するという事態を防ぐことができる。通常沈降したアオコは無光低温層まで沈み、光合成などの機能が失われ腐敗してしまう。そこで、沈降してきたアオコを多孔質で生物の生息環境に適した POC の内部に取り込み他生物による分解へ導く。このとき POC 内部が嫌気性に陥ってしまう恐れがあるが、水面に起きる波の圧力と POC の透水性によって POC 内部に水の流れが起こり、水塊が入れかわることで好気性を保つことができると思われる。

本研究では、水面で波が起こったときに POC 周辺や内部で発生する圧力変化と水の流速の関係を数式化し、その理論の正当性を波圧のモデル試験によって検証した。

写真－1¹⁾

放電処理前アオコ

※ 1. 寒天質
な膜写真－2¹⁾放電処理後アオコ
ガス胞が破壊され
光の屈折が無くなり
黒っぽさが消える。

図－1 波の図

（1）理論解

湖沼面に発生する波と水中内任意の位置の水圧は以下の式で表示させる。

すなわち、

$$p(x, z, t) = \rho g \frac{\cosh[\omega(h + z)]}{\cosh(\omega h)} \eta(x, t) \cdots \textcircled{1}$$

となる。

$p(x, z, t)$ は深度 z における水圧変化、 $\eta(x, t)$ は位置 x および時刻 t における表面波である。

ここで、 L : 波長、 H : 波高、 h : 水深、 c : 波速、 z : 深度、 ρ : 水の密度、 g : 重力加速度、 x : 位置、 t : 時刻、 ω : 角波数、とする。

また①とダルシー則より水中での POC 下面部の水は②式のような速度で運動することがわかった。

キーワード ポーラスコンクリート、アオコ、パルス波、波圧、循環、清浄化

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学環境材料研究室 TEL:077-561-2666

$$v = ki = k \left(\frac{K(z) \eta(x, t)}{D} \right) \dots \textcircled{2}$$

$$\textcircled{*} K(z) = \frac{\cosh[\omega(h+z)]}{\cosh(\omega h)} \quad , \quad D : \text{POC の厚み}$$

(2) 波圧のモデル試験

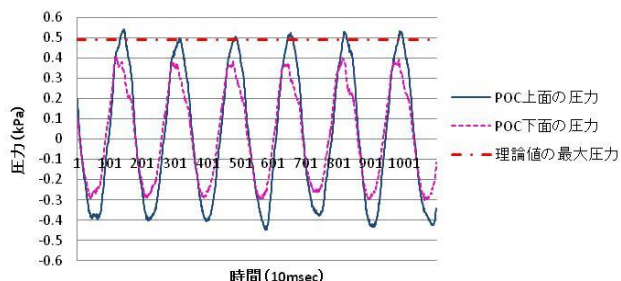
表－1 に試験で使った POC の使用材料を示す。波による力が実際に POC に与える影響を確認するために、実験室内の大型水槽に POC を設置し波を起こし、POC の上面と下面に取り付けた間隙水圧計で波圧を測定した。

POC の寸法は 1000×620×50mm の矩形であり、水槽の真ん中に POC を設置し水槽の底から POC の底面までの高さは 40mm とした。

表－1 使用材料

材料	物性
セメント	普通ポルトランドセメント、密度=3.16g/cm ³
粗骨材	6号砕石、粒径5～13mm、表乾密度=2.68 g/cm ³
	吸水率:0.62%、F.M.:6.74
混和剤	4号砕石、粒径20～30mm、表乾密度=2.76g/cm ³
	無機系特殊混和剤、密度=2.21cm ³

3. 結果と考察



図－2 実測値と理論値の比較

表－2 測定条件

パラメータ	[mm]
水深h	250
設置地点	-160
波高H	100
波長L	700

表－2 の実験条件によって求めた理論と実験の結果を図－2 に示す。すなわち、実験では、水槽内に高さ 10cm の波を定常的に起こし、その波による水深 160mm にある厚さ 50mm の POC の上面および下面に作用する圧力を POC に設置した間隙水圧計にて測定した。POC の上面と下面には、作用させた波に

近似する正弦波状の水圧が作用し、その水圧差は 0.1～0.15KPa と小さな値であったが、確実に、POC 上面と下面に水圧差が生じた。

一方、理論解では、実験から得た POC 上面における水圧を近似できた。下面に作用する水圧の推定に関して現在考察中である。

簡易な実験および基礎的な理論解から、波圧により水中内にある POC を循環する水流が推定できた。

今回の実験では、POC の下面に発生する水圧は POC 内部を通過して発生したものと、POC の外側をう回して来るものがあり、これらを区別する工夫が必要である。さらには、上面にロート状に開く構造を模倣した POC、すなわち、上面から空隙率（平均空隙径）が下面に向かって漸減する構造にすることにより、より大きな圧力差を生じさせることができ、これらも視野に入れた開発も実施する必要がある。

4. 結論

本研究で得られた結果をまとめると以下のようである。

- (1) 衝撃エネルギーと POC および湖沼に発生する波を組み合わせる水質浄化システムによるアオコの新しい除去方法が構築可能である。
- (2) モデル実験により POC の上面と下面には、微小ではあるが圧力差が計測できた。今後、十分な水の循環を起こせるほどの大きな圧力差を生じさせる工夫を POC などに付与することも考慮する。

謝辞

本研究を行うにあたって、小型パルス波発生装置の貸与とその機能をご指導くださった熊本大学・大津政康教授、アオコ除去に関し専門的な立場からご指導くださった琵琶湖・淀川水質保全機構の久納誠氏に、心より感謝申し上げます。

【参考文献】

- 1) Zi Li etc., The Effects of Pulsed Streamerlike Discharge on Cyanobacteria Cells, IEEE TRANSACTION ON PLASMA SCIENCE, VOL.34, NO.5, OCTOBER 2006, pp.1719～1724