

## 藍藻類の圧力処理について

日大生産工（院） 濱田 龍寿 日大生産工（院）石田 智宏  
日大生産工 遠藤 茂勝

### 1. はじめに

湖沼や河川の閉鎖性水域等で藍藻類が大発生するアオコと呼ばれる現象は、景観の阻害はもとより水質の悪化や悪臭、水源地となっている場合には水道水のカビ臭など、我々の生活に密着した部分にも被害をもたらしている。またアオコには毒素を有する種類もあり、有毒アオコを含む水を飲用した家畜がへい死する例も海外で報告されている。この問題は、1995年のデンマークでの国際会議において、アオコの毒素が世界的な水源危機を引き起こす可能性の高いこととして指摘され、これを機にWHO（世界保健機構）では、有毒物質であるミクロキスチン濃度の設定を行った。我が国においても、霞ヶ浦、印旛沼等のアオコ集積域において高濃度のミクロキスチンが検出されており水利用の安全性を図る上で、その対策が急務である。

藍藻類の大発生は、水域の富栄養化と底泥成分、水温および光合成に必要な日照時間等の条件が合致した場合に起こっている。要因として生活排水、工場排水、畜産排水などの流入や、地球温暖化等による水温の上昇などが考えられる。

アオコ被害の根本的な対策には長期的な水質改善が必要であり、高度な下水道整備および植物による栄養塩類の固定や細菌による分解などがこれにあたる。また短期的な対策としては、発生したアオコを処理する方法があるが、薬品や超音波、電気、紫外線、オゾン、物理力によってアオコを死滅させる方法などがこれまでに考案されている。しかしながら、各方法とも全国規模で採用されているものは

なく、各管理者において試行されている段階である。本研究は、アオコ被害の短期的な対策方法のひとつである、藍藻類処理について検討するものである。

### 2. 藍藻類の加圧処理

水面に浮遊する藍藻類を処理する場合、処理をおこなうまでに“回収”“輸送”の段階を経て、処理にいたるまでに藍藻類は配管内で水と混合された流体物として回収、輸送される。液中物質に外力を与える場合、最も適した外力は圧力であると考えられる。液中の圧力はパスカルの原理にしたがい、均一に伝わる性質がある。そのため、圧力を載荷すると、圧力は伝播され、液中の藍藻類細胞のすべての方向から均一に作用させることができる。また、圧力の載荷方法によるが圧力は非圧縮性液体では一定空間内に瞬時に伝播される。

そのため、処理容量、処理時間、処理の均一性を考えると、熱、超音波、電気に比べて、圧力は液中物質の処理に有効であると考えられる。

藍藻類の圧力処理は、現在までいくつかの研究がおこなわれている。藍藻類の圧力処理の特徴は、圧力作用によって、藍藻類の細胞内にあるガス胞と呼ばれる器官を破壊させ浮遊性を消滅させることで、水面上から藍藻類を沈降させるというものである。ガス胞とは、ガス小胞が多数集まってできており、浮力調整を行う器官である。<sup>1)</sup>また、対象生物が藍藻類ではないが、井倉らは細菌細胞の圧力破壊において、同圧力でも減圧速度が速く（ $5.0 \times 10^5 \text{MPa/sec}$ ）、繰返し回数が多い（6回）場合が有効であることを明らかにしている。<sup>2)</sup>

### 3. 実験概要および結果

#### 1) 圧力処理

藍藻類の圧力による沈降特性を把握するため、圧力処理実験を行った。実験装置を Fig-1 に示す。土質試験に用いる三軸圧縮試験機を使用した。セル室内にビーカーに投入した藍藻類(500ml)を静置し圧縮空気を送込み、圧力を藍藻類に作用させて沈降の様子を目視観察した。

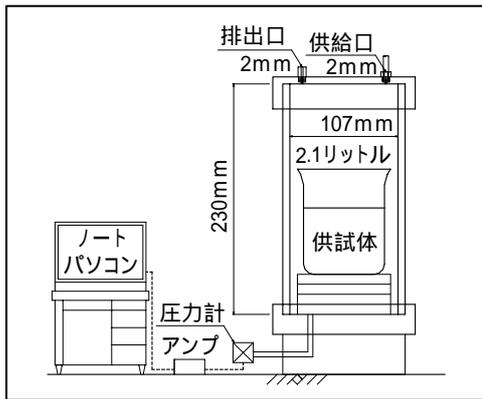


Fig-1 実験装置概要図

#### ア) 加圧減圧速度効果

実験条件を Table-1、セル室内の圧力経時変化を Fig-2 に示す。実験設備の構造上、 $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  以上加圧・減圧速度を速くすることは不可能であった。加圧・減圧速度を遅くした場合の影響も確認するため、手動でのバルブ操作可能な範囲で速度を 10 倍変化させたケースについても実験を行った。

実験結果を Table - 2 に示す。実験終了後、

CASE	加圧速度 MPa/sec	減圧速度 MPa/sec
A	$1.7 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$
B	$1.7 \times 10^{-5}$	$8.0 \times 10^{-2}$
C	$1.7 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-4}$
D	$1.7 \times 10^{-4}$	$8.0 \times 10^{-2}$
E	$8.0 \times 10^{-2}$	$8.0 \times 10^{-2}$

Table-1 実験ケース (加圧減圧速度)

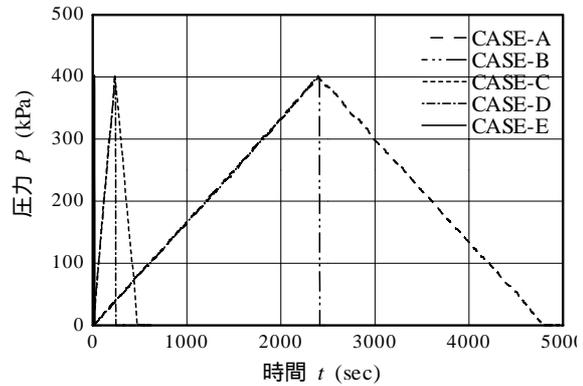


Fig-2 セル室内圧力経時変化 (400kPa)

24 時間経過後の藍藻類の写真を示している。実験ケース A、B、C、D の結果は差異が見られなかったため、実験ケース B、C、D の写真は割愛する。すべての実験ケースにおいて、350kPa から沈降をはじめ、450kPa でほとんどの藍藻類が沈降した。450kPa 以上の圧力でも、沈降せず浮遊している藍藻類が水面にあるが、同圧力で、浮遊している層の厚さを比較すると、実験ケース E は実験ケース A と比較して、層厚が薄いことが確認できる。このことから、加圧減圧速度  $1.7 \times 10^{-5} \text{Mpa/sec} \sim 8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  では藍藻類の沈降がはじまる圧力に差異は見られないが、藍藻類の沈降す

		圧力						
		250kPa	300kPa	350kPa	400kPa	450kPa	500kPa	550kPa
実験 ケース	A							
	E							

Table-2 加圧減圧速度効果の確認

る割合は、同圧力でも、加圧減圧速度の速い ( $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$ ) ほうが多いことが分かる。そのため、同圧力でも加圧減圧速度が速いほうが藍藻類の沈降に効果的であるといえる。

### イ) 繰り返し効果

藍藻類が沈降し始める圧力付近の 350kPa ~ 380kPa について、加圧・減圧速度を  $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  として、繰り返し载荷回数を変化させ、実験を行った。

実験結果を Table - 3 に示す。実験終了後、24 時間経過後の藍藻類の写真を示したものである。同圧力でも载荷回数によって沈降状況が異なっていることが確認できる。350kPa の場合は、载荷回数の増加とともに沈降の割合は大きくなる傾向が見られる。360kPa では 5 回、370kPa では、2 回以上回数を増加させても、沈降割合の変化は見られない。380kPa の場合では 2 回载荷しても変化は見られなかった。このことから、藍藻類細胞が破壊するある一定以上の圧力では、1 度の载荷でも細胞は沈降するが、それ以下の圧力でも载荷回数を増加させれば、細胞が破壊可能であることがわかる。しかしながら、350kPa 以下の圧力で载荷回数を変化させた実験を行っていないため、どの程度低い圧力でも破壊効果があるかは把握できていない。

### 2) 水撃処理

藍藻類に上記の現象（加圧減圧速度効果、繰り返し効果）を作用させる手段として、水撃ポンプの利用を考えた。

水撃ポンプとは高所からの流入水のみで水撃圧を連続的に発生させながら作動する無動力ポンプであり、配管長を調整することで通過する藍藻類に繰り返し、水撃圧を作用させることが可能で、繰り返り数は調整することができる。また、発生する水撃現象は配管内の流体を瞬間的に加圧・減圧するもので、加圧・減圧速度は数 MPa/sec と非常に速い。Fig-3 に水撃ポンプの構造図を示す。

実験条件：水撃ポンプを連続作動させた状態で、水撃ポンプ内に藍藻類を通過させ変化の様子を観察した。排水弁傾斜角度を調整し、

		圧力			
		350kPa	360kPa	370kPa	380kPa
繰り返し回数	1回				
	2回				
	5回				
	20回				

Table - 3 繰り返し効果の確認

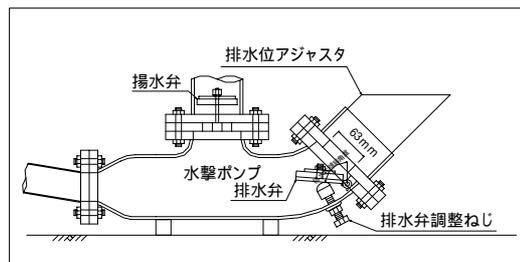


Fig-3 水撃ポンプ構造図

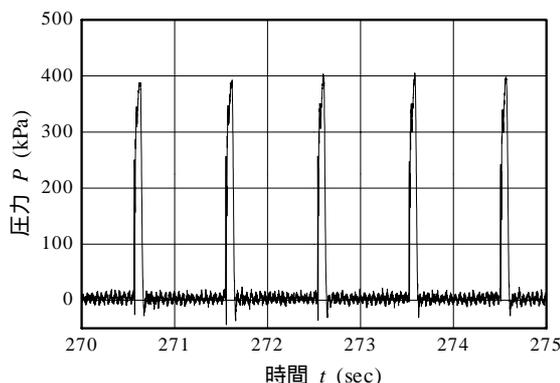


Fig-4 水撃ポンプ内の圧力経時変化 (400kPa)

水撃圧の大きさを調整した。Fig-4 に連続作動時の水撃ポンプ内の圧力経時変化および Fig-5 に実験に使用した水撃ポンプ設備を示す。

実験結果を Table - 4 に示す。実験終了後、24 時間経過後の藍藻類の写真、水撃ポンプ内での水撃圧の打撃回数、および対照実験とし

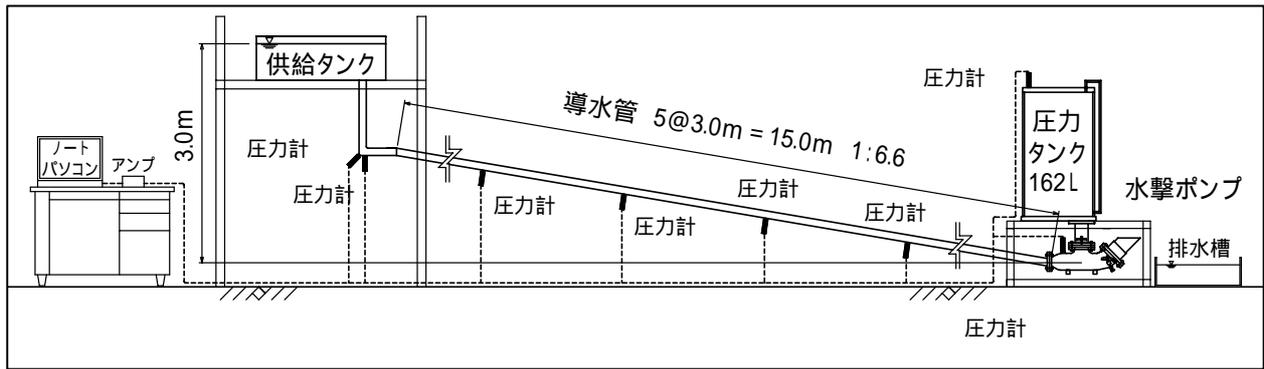


Fig-5 水撃ポンプ設備概要図

	圧力						
	340kPa	350kPa	360kPa	370kPa	380kPa	390kPa	400kPa
水撃ポンプ通過							
打撃回数	22回	21回	20回	20回	19回	15回	15回
圧力処理実験							

Table-4 水撃処理実験結果

て加圧・減圧速度  $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  で同圧力、同载荷回数を作用させた藍藻類の写真を示している。

打撃回数は、水撃ポンプの圧力周期および 1 周期あたりの排水量から算出した。

同圧力で、浮遊している層の厚さを比較すると、水撃ポンプ通過試料の層厚が薄いことが確認できた。そのため、加圧減圧速度が速い水撃圧のほうが藍藻類の沈降に有効であることがいえる。

#### 4. まとめ

加圧減圧速度が  $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  以上であれば、同圧力でも速度が速いほうが藍藻類の沈降に有効であることが確認できた。1 回の载荷で沈降する圧力より 30kPa 低い圧力でも 20 回繰り返し载荷すれば藍藻類は沈降すること

が確認できた。

水撃ポンプは無動力で連続的に水撃圧を発生させながら作動するもので、その水撃圧は、加圧減圧速度が  $8.0 \times 10^{-2} \text{MPa/sec}$  以上である。

そのため、水撃ポンプは空気圧縮機と比較して小さな圧力値で藍藻類が処理可能な効率的な藍藻類処理装置といえる。

藍藻類処理装置としての水撃ポンプ設備の効率化と処理量の大容量化が今後の課題である。

#### 「参考文献」

- 1) 中村貴彦、静水中におけるアオコフロックの浮上・沈降特性に関する研究、筑波大学博士論文、pp12
- 2) 井倉則之、下田満哉、早川功、高圧殺菌は静水圧から動圧への変換だ！、食品工業、2004-3.30.,pp61-69, 2004