

水撃圧を応用した浮遊藍藻類の処理に関する研究

日大生産工（院） 伊藤 宏幸
日大生産工 遠藤 茂勝

1 はじめに

近年、急速な経済の発展に伴い、湖沼・ダム湖等の淡水域においてリンや窒素などをはじめとする栄養塩類が増大し、富栄養化が生じることによりアオコが大量発生している。アオコとは藍藻類の一種であり Fig.1 のように広域繁殖する。アオコの中には有毒性を持つ物もあり生態系に影響を及ぼす。また、大量に繁殖すると腐敗し悪臭を発する等の公害問題の原因となることから速やかな回収・処理システムが望まれている。

現在行なわれている回収システムはポンプでの吸引がほとんどである。一方、処理方法としては様々な方法が行なわれており、オゾン処理、紫外線照射処理や薬品を投与する方法、ろ過を行い産業廃棄物として土に埋める方法、超音波等により物理的にアオコ処理させる方法がある。しかし、どの方法も大量に発生するアオコに対してエネルギー効率やコスト面、または環境面などにおいて適したものが少ないのが現状である。

そこで、本研究においてはアオコが水面に層を成して浮遊しているという特徴を生かした浮遊物回収処理システムを考案することと共に、回収したアオコに対して早期に、または環境面においても一番適していると考えられる物理的処理方法としてアオコの細胞自体を破壊する方法に着目し、自然エネルギーのみを使用して急激に高圧力を起こすことのできる水撃圧を使用してアオコに高圧をかけアオコを圧迫処理出来るかどうかを検討することを目的とした。



Fig.1 増殖したアオコの様子

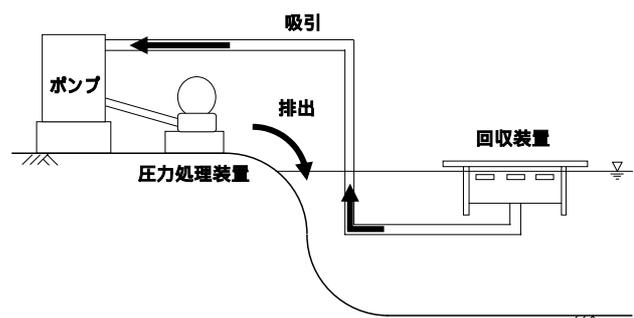


Fig.2 浮遊物回収処理システム

2 浮遊物回収・処理システム

まず、本研究で考案している浮遊物回収処理システムの概要を Fig.2 に示す。回収方法としてはアオコのような浮遊物が発生した湖沼に箱状の回収装置を浮かべて水面付近に回収するためのスリットを空けることにより浮遊物を集中的に吸引する。そして、吸引ポンプにより地上に設置した処理装置まで吸引させ、圧力処理装置によってアオコを処理させ湖沼に処理水を戻すというのがこのシステムである。

Study on Pressure Treatment of Floating Algae Caused by Water Hammer

Hiroyuki ITO, Shigekatsu ENDO

3 アオコ加圧実験概要

アオコを圧力処理するためにはアオコの細胞を破壊できる圧力を把握する必要がある。そこで、アオコをある密閉空間に置きその空間に空気を送り込み高圧状態にすることでアオコの細胞破壊が可能かどうか検討した。アオコ加圧実験の概要は Fig.3 に示した。まず、密閉空間として直径 478 (mm)、高さ 850 (mm)、容量 178.8 () の鉄製タンクを使用した。タンク内に水深 550 (mm) まで水を入れ試料を入れたビーカーは板の上に固定しコンプレッサーから空気を供給させタンク内を高圧状態にさせた。条件はタンク内圧力を 0.1 ~ 0.7 (MPa) の 7 条件、加圧時間 1 ~ 600 (sec) の 4 条件について行なった。そして、加圧したアオコをタンクから取り出した後に時間経過によるアオコの沈降が確認できるか写真撮影により検討を行った。

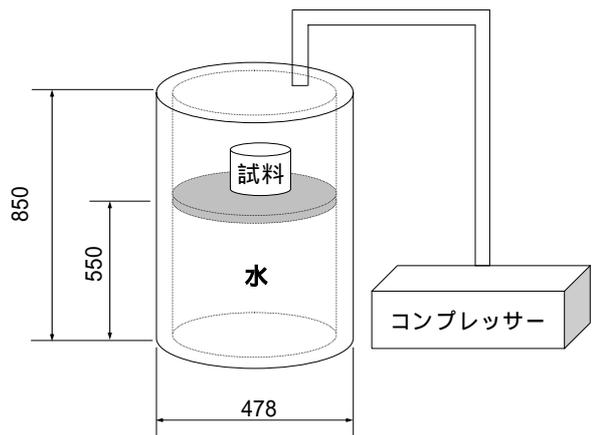


Fig.3 アオコ加圧実験概要

4 アオコ加圧実験結果

はじめに基本的なアオコの細胞死滅圧力を検討するために加圧時間 1 (sec) の条件で比較を行なった。

アオコがどの程度の圧力まで生存できるのかを調べるために加える圧力を変える事によりアオコの生存限界圧力を検討した。圧力別に実験を行いアオコに圧力を加えてタンクから出した 24 時間後の状態を示した写真が

Fig.4-1、2 である。この写真より圧力を 0.4MPa より高い圧力が加わったときにアオコが沈降している事が分かった。アオコは浮遊能力として気泡袋により浮遊していることから今回はその気泡袋が破壊されたといえる。このアオコを湖沼などに戻すと沈降するため光合成をすることが出来ずに死に繋がる。また、加える圧力が高ければ高いほど沈降したアオコの色素が濃緑色なるという事が分かった。これはアオコの細胞自体が粉々に破壊され、細胞の持つ色素である葉緑体が粉々になり溜まったものと考えられる。このことにより 0.4、0.5MPa の条件ではアオコの細胞の一部が破壊されただけであり、アオコの細胞の完全な破壊にまでは至っていないことが分かる。これにより、アオコを細胞まで完全に破

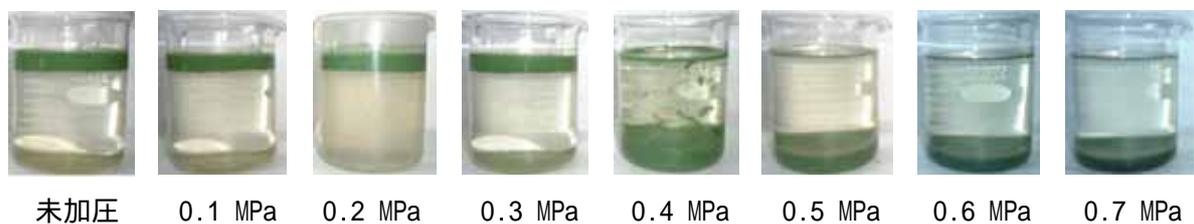


Fig.4-1 A 試料 1 : 4

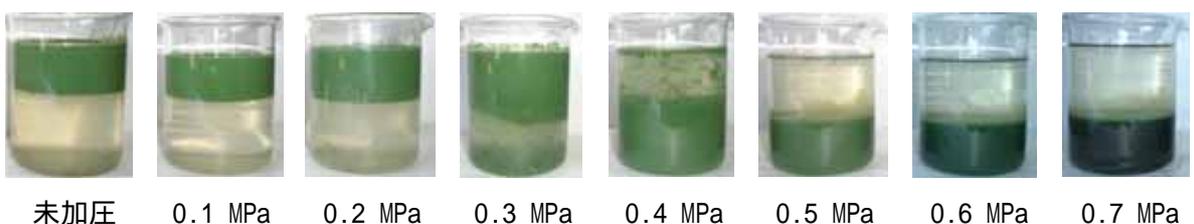


Fig.4-2 B 試料 1 : 2

壊するには 0.6MPa 以上の高圧加える必要があるという事が検討できる。

基本的なアオコの破壊する圧力は分かったが、実際アオコは現場の天候等により生育条件が変化していることから処理する際に回収したアオコに含まれる水が一定でないことが考えられる。よって、アオコの濃度を变化させて圧力処理への影響を検討することにした。アオコの濃度としては試料 A はアオコと水の比を (1 : 4) 試料 B を (1 : 2) として実験を行ない示したものが Fig.4-1、2 である。これらを比較するとアオコの密度の違いによる沈降状態はどの高圧力でも変化がないということが分かった。

先の結果よりアオコを沈降させる圧力の境界条件として 0.3~0.4MPa にあることが分かった。しかし、高圧にさせる時間が短い条件であったため、長時間高圧させる事によりアオコを確実に沈降させることが可能であるかについて検討するために圧力载荷時間を変化させ示したものが Fig.5-1、Fig.5-2 である。これを見ると、アオコを加圧する時間を長くすることによる沈降の変化は 0.3MPa、0.4MPa 共に見られなかった。この事により、アオコを死滅させるにはある一定以上の圧力を载荷時間に関係なく一瞬でも加えることによりアオコを沈降させることが可能という事が分かった。

5 水撃圧によるアオコ処理の検討

アオコを死滅、沈降させるのに必要な圧力条件を把握すること出来た。この結果によるとアオコを死滅させる圧力は 0.6(MPa) 以上

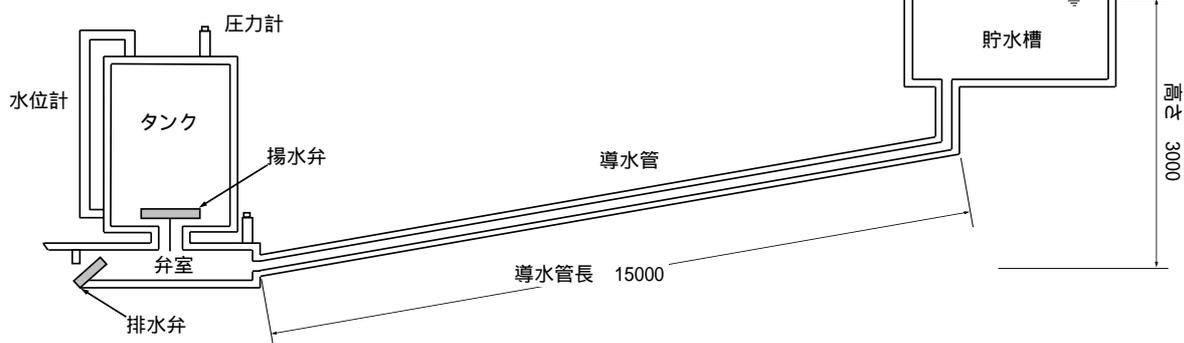


Fig.6 水撃ポンプ実験概要



未加圧 5 (sec) 60 (sec) 600 (sec)

Fig.5-1 0.3 (MPa)



未加圧 5 (sec) 60 (sec) 600 (sec)

Fig.5-2 0.4 (MPa)

であり圧力を掛ける時間は瞬間でも死滅させることが可能ということが分かった。これにより水撃圧のような瞬間的に高圧になる現象を利用してアオコを死滅させることが可能であるとえられる。そこで、水撃圧を用いた設備として水撃ポンプを利用することとした。

水撃ポンプは自然エネルギーのみで運転が可能であり、連続的に水撃作用が発生するために、アオコを死滅させることがえられる。そこで、本研究ではある一定の条件で水撃ポンプを連続運転させそのときに作用するタンク内圧力と水撃圧が発生する弁室内の圧力について実験を行なった。その概要を Fig.6 に示す。タンクはアオコ加圧実験で用いたものを使用した。水撃ポンプの設置条件はポンプの高低差は 3.0 (m)、導水管内径 5.0 (cm)、導水管長さを 15.0 (m) として行なった。測定は圧力計をタンクの上部、弁室の入り口上部に設置した。

6 水撃ポンプ実験結果

水撃ポンプのタンク内の圧力と始動からの運転経過時間を示したグラフが Fig.7 である。このグラフを見ると水撃ポンプが始動するとタンク内の圧力が急激に上昇していく傾向が分かる。また、ある程度の圧力になるとタンク内の圧力はほぼ一定値を示すことが分かる。これは、弁室内で起きる水撃圧が揚水弁を押し上げる力とタンク内の空気の圧力と静水圧の和がほぼ等しくなるという事が考えられる。

また、この条件での水撃ポンプのタンク内の圧力を見ると 0.6MPa を上回っていることから水撃ポンプのタンク内に流入させることによりアオコは死滅させることが十分可能であるという事が明らかとなった。

水撃ポンプの特徴として、タンク内に流入する水は貯水槽から供給される水に対して少なく供給される水のほとんどが出口より大量に流出してしまう。ここで導水管に流入した水が排出されるまでにどの程度水撃圧を实际受けているのかを水撃現象が起きる弁室の圧力を測定することで検討した。始動からの運転経過時間を示したグラフが Fig.8 である。これを見ると導弁室内に影響する水撃圧は水撃作用が起こる度に瞬間的ではあるが急上昇している事が分かる。また、この時の水撃圧の値を見ると 0.6MPa を超えていることから導水管内にアオコを通した場合、排水される前に水撃圧を受け死滅させることが可能であることが分かった。

7 今後の課題とまとめ

本研究においてアオコを完全に死滅させるには圧力が圧載荷時間に関係なく 0.6Mpa 以上である事が分かった。

また、アオコの処理装置としての水撃ポンプが有効であるという検討も出来た。これは腐敗し悪臭を放つようになったアオコに即効性のある処理装置になると検討することが出来た。今後の課題としては、実際にアオコを水撃ポンプにより処理が行なえるかどうかという実験が必要であり検討する必要がある。

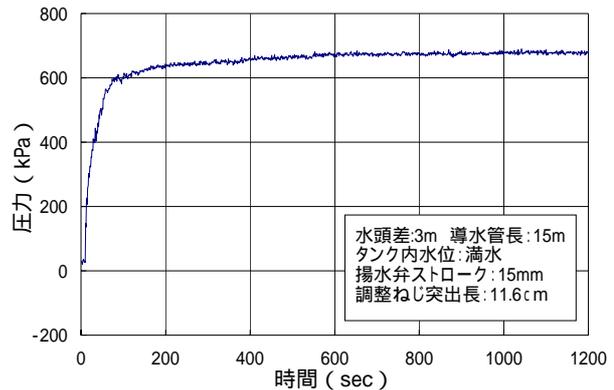


Fig.7 タンク内圧力と運転経過時間

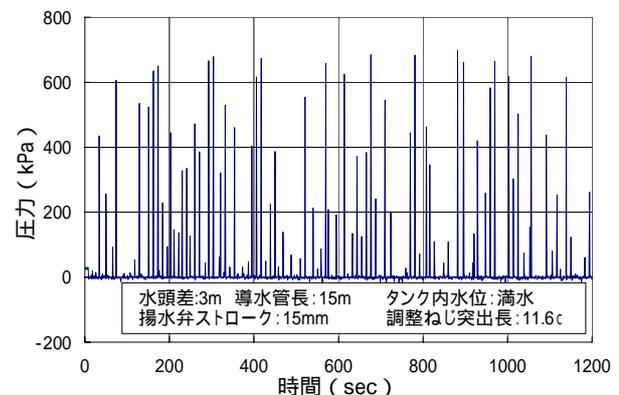


Fig.8 弁室内圧力と運転経過時間

「参考文献」

- 1) 北川能・岡田敬夫、流体過度現象の利用、ターボ機械、24-9 (平成8年) pp527
- 2) 松本健一、ウォーターハンマの発生と防止対策、設備と管理、2月号(2003年) pp37
- 3) 千代田化工建設(株)鈴木延明、水撃ポンプ、配管技術、(1986.5) NO.H10・16N5 pp110~pp111
- 4) 鏡研一・出井努・牛山泉、水撃ポンプ製作ガイドブック、(1999.3) pp4、pp9~pp14
- 5) 彼谷邦光、環境の中の毒、(1995.10) pp16~pp5
- 6) 微生物生態研究会、微生物の生態 12、有機物負荷と環境浄化、pp171~pp192