

吸水曝気による省エネ型酸素供給装置の開発

原田利男*、渡邊美紀*、馬 駿**、藤里哲彦***

Development of an energy saving type oxygen supply device with water transport function by contacting liquid film with air

Toshio HARADA

Abstract: Eutrophication in the closed water body, such as lakes and dam reservoir, is attracting more and more attention. The huge amount of phytoplankton growth caused this eutrophication. To prevent eutrophication, nowadays, much effort should be used in our society. To control of water pollution in the large-scale dam reservoirs, the water circulation system by big-size aerator was introduced. However, the effective results were not obtained for the spent of huge energies and costs. Under the industry-university/college cooperation, the energy-saving type oxygen supply device is able to be applied to the closed water body was developed. It is possible to carry out both the oxygen supply into the water and the water transport simultaneously by using this new device. The experiments were conducted in both the swimming pool of the college and the Tokiwa Lake in Ube City, Japan.

Key words : eutrophication, the energy-saving type oxygen supply

1. 研究背景

湖沼やダム湖等の水質汚濁は、富栄養化により発生した藍藻、珪藻などの浮遊性植物プランクトンの繁殖が貧酸素化を引き起こした結果であり、これを抑制することが社会的に急務となっている。国内には数多くの湖沼が存在するが、少なからずこのような水質汚濁が進行している。浅い湖沼ではほとんど対策が取られておらず、数少ないが、大規模ダム湖においては曝気循環システムを導入して、湖水の流動と酸素の供給を同時におこないその抑制を試みている。しかし、費やされたエネルギーの割にはその実効が得られていない。このような背景の中で、先ごろ大手ゼネコンにより水質浄化に懸賞金が懸けられた。課題は小規模湖沼（100m×100m×1m）における、省エネルギーによる水質改善である。この度、産学連携の下で、閉鎖性水域に適用可能な極めて省エネルギー型酸素供給装置を開発した。この装置（図1）は、曝気循環システムのように水の移動を行なうと同時に酸素を供給することができる。装置の特徴は、図2のような多くのシャボン玉状の液薄膜を形成することである。学内プールと宇部市ときわ湖の両方において実験を行った。

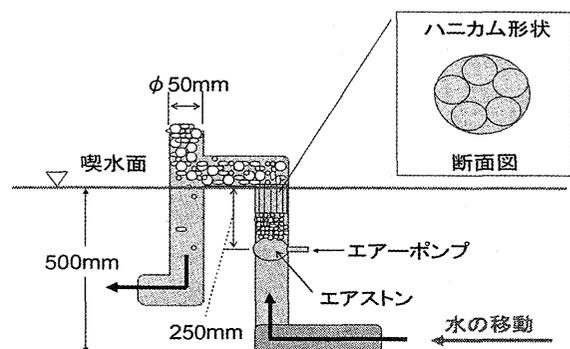


図1 省エネ型酸素供給装置概略図

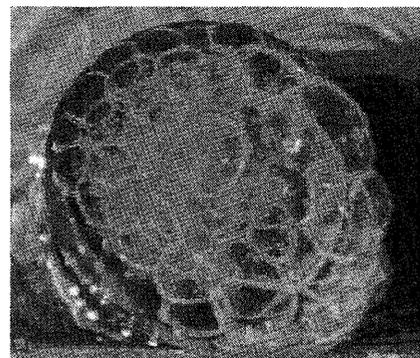


図2 液薄膜化現象

2006年11月24日受理

* 宇部工業高等専門学校 技術室

** 山口大学工学部社会建設工学科

*** バブルタンク (有)

2. 装置の概要と研究方法および実験結果

この装置は塩ビパイプの中にエアーストンとリフト管を組み込んだシンプルな構造であり簡単に組み立てられる。装置に 35W のエアポンプ（世見産業製、空気量 40L/min.）を取り付けて稼働させる。エアリフトの原理で水がポンプアップされて装置を通過した水は、ワンパスで飽和酸素に近い値を示す。使用電力 35W の割には極めて多くの流量が得られる優れたものである。このように酸素供給が容易にかつ瞬時に行えるのは、喫水付近で「液薄膜（シャボン玉状の水の液薄膜）」が形成された時に、液薄膜の内外へ十分な酸素が吸収されるからである。

実験①は、校内の 25m プールで行なった。この装置に $\phi 50\text{mm}$ の塩ビパイプを接続し、長さ 25m まで伸ばして実験を行った。取水口の水深位置を変え、送入空気量と移動水量の関係を調べた。【エアポンプの性能は 40L/min. 常用圧力：11.8kPa、消費電力：35W である。】空気量 10L までは品川精器製の湿式流量計で測定し、空気量 10L 以上では装置に送入された空気を出口側からビニール袋へ採取して測定した。移動水の流量測定は食紅を 25m 先のビニールパイプ取水口から注入し装置出口までの所要時間を計って求めた。実験の結果から移動水量は水深と関係がないことがわかった（図 3）。1 台当たりの適正な風量が図 3 から存在することが推察できるが、適正な値を実験③のデータから考察する。取り敢えずエアポンプ 1 台に対し装置 2 個を連結してパイプの長さを変え、その時の水流量を測定した。パイプが長くなるにつれ若干流量は減少した。（図 4）

実験②は、ときわ湖で筏上から連結した装置 2 台を水中に吊り下げて実験を行った（図 5）。 $\phi 50\text{mm}$ 塩ビパイプとエアポンプを装置に取り付け稼働した。水深 8m の貧酸素化した底層水（溶存酸素値は 0mg/L）を吸入して、装置を通過した後、水中の取水場所から 5m 離れた水深 8m のところに水を移動させた。その時の移動水量は 32L/min. であり、酸素供給装置に 1 回通すだけで、溶存酸素値は 0 から 7.4mg/L（水温 23.2℃）までに好気化された。このことは、活性汚泥で BOD100g を分解するのに必要な一般的な電力は 0.3kW×8hr であるが、それに比べると、計算上この装置は実に約 10 倍の酸素供給能力を有していることになる。

さらにこの装置を使って連続実験をおこなった（図 6）。図 5 に概略図を示すように、溶存酸素センサープロブの取り付け位置を水の流出口から 1m 離して設置し、水深 6.5m の底層域に取水口を下げて行った。実験開始後、36 時間経過してから溶存酸素値が徐々に改善されているのがわかる。

実験③は、装置の特性を把握し、より効率を上げるために、液胞の形成状態（泡の大きさと形）を観察するため透明塩ビパイプで加工し基礎実験を実験室で行った。喫水面からの高さを固定して風量を変化させた時の移動水量とその時の溶存酸素値をリフト管径を 4 段階順次変えてそれぞれのデータを得た（図 7）。同じ水を繰り返し使用するために、溶存酸素濃度を下げる時に少量の亜硫酸ナトリウムと塩化コバルトを用いた。また、酸素

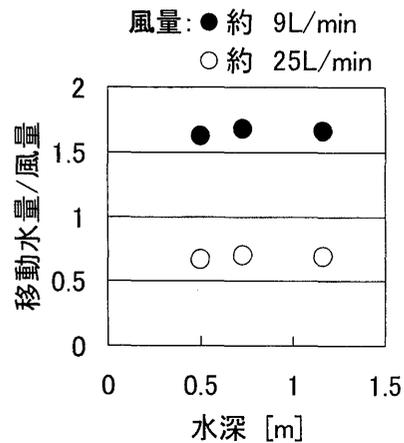


図 3 移動水量と水深の関係

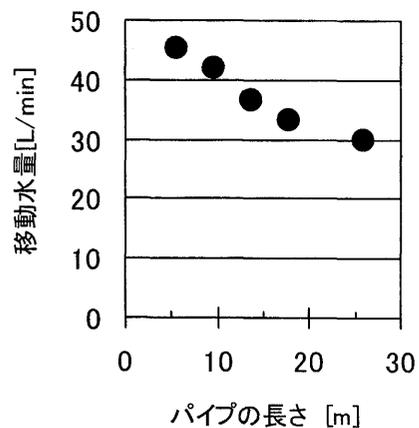


図 4 パイプ長さとの移動水量

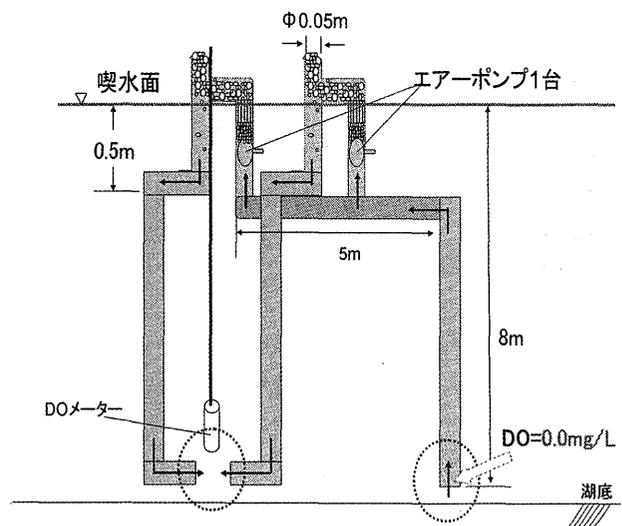


図 5 ときわ湖の省エネ型酸素供給実験装置概略

濃度は実験直後に速やかに測定する必要があるため、水溶液中の溶存酸素を固定する方法としてウインクラ・アジ化ナトリウム変法を用いた。

3. 考察

実験①のプールでは、φ50mm 塩ビパイプを横方向 (長さ 4m~25m) に連結して、パイプ長さに対する移動水量のデータを得た結果、水深に対する移動水量はほとんど変化がないが(図3)、パイプ長さに対する移動水量はやや減少 (44L/min. →30L/min.) した(図4)のは、水の流動距離に対する抵抗である。実験②のときわ湖の実験で、水深下 8mから吸水して得られた移動水量 32L/min. の値でも裏付けられている。

実験③で、図7のグラフにおいてリフト管径 50mmはリフト管がないことを意味しており、このリフト管径 50mmのデータを除けば、風量約 17L~18L/min. のところで溶存酸素量が最高になっている。これも実験①の図3で、装置 1 台の適正な風量を推察したことが裏付けられたことになる。実際に、実験②のときわ湖の実験に使用したリフト管は 13mmを使用しており、風量 40Lで装置 2 基を稼働させたことが、予測どおりに正しいことがわかった。

(図8)では、図7で得られた最も効率のよいと思われる風量 17~18L/min. に固定して、液薄膜が形成される喫水面からの高さ位置と単位面積当たりの酸素供給速度の関係が考察できる。エアリフト管径が小さいほど酸素供給速度が大きくなっており、また図7と同様に、エアリフト管がなければいくら液薄膜が形成されても効率が上がらないことを示している。効率の良い高さは水面から 30mm ぐらいである。しかしながら、エアリフト管の口径はあまり小さいと水中の浮遊性の微細粒子の目詰まりを考えられ φ9mm~13mm のリフト管が適当であろう。液薄膜の形成が酸素供給速度を大きくすることのメカニズムを考察中であるが、少なくとも膜への酸素移動だけでなく、逆方向の膜の内から大気へのガス移動、すなわち放散を考慮せねばならない。

4. 今後の課題

1. 水耕栽培へ利用して液肥の検討を行う。
2. 湖沼への利用で植物プランクトンのクロロフィルaの減少をみる
3. 湖沼における無酸素水に含まれるガス成分の分析

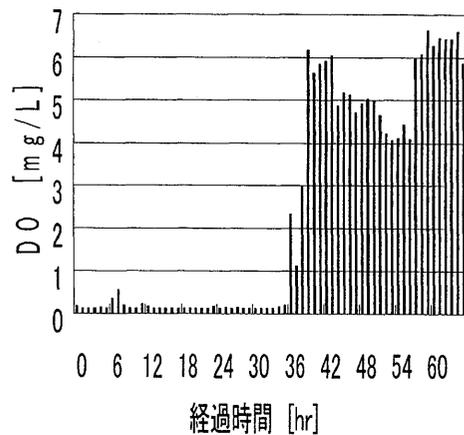


図6 ときわ湖の水深 6.5m における DO の経時変化

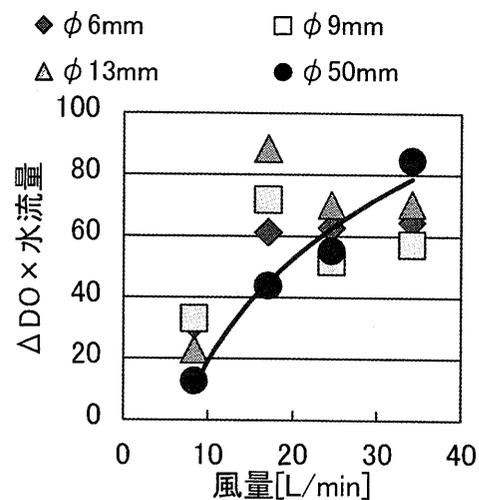


図7 リフト管径とΔDO 溶解速度×水流量との関係

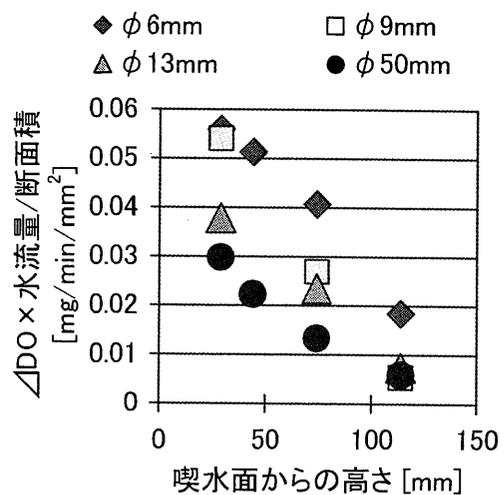


図8 風量 17.1L/min の喫水面からの高さ と 酸素供給速度の関係