

河北潟の浄化を目的とした 自然エネルギー発電式酸素吸入装置の試作

電子機械工学専攻 2年 油谷 祥太 杉本 憲之
竹田 佳史 松本 大
環境建設工学専攻 2年 大友真由美 平岡 広海
指導教員 上町 俊幸

1. はじめに

河北潟は石川県で最も大きな面積を誇る潟で、金沢市の北側に位置する海跡湖である。かつては大野川を通じて日本海の海水が入り込む汽水湖だったが、1963年に始まった国営干拓事業により潟の面積が1/3になったため海水の流入が困難となり、1980年には大根布防潮水門が設置されたために、潟は完全に淡水になった。また河北潟周辺の都市化が進み、20近くの河川や排水路から生活排水などが流れこむようになり、潟の汚染が進んだため、1995年3月、河北潟流域が生活排水対策重点地域に指定された。しかし現在も河北潟の水質はCOD（生物化学的酸素要求量）、窒素、リンの各濃度が環境基準を大きく超えており（図1）、環境省の平成15年度湖沼COD濃度全国ワースト100水域では16位となっている。



図1：主要河川、湖沼のBOD(COD)

そこで本チームでは「河北潟の浄化を目的とした自然エネルギー発電式酸素吸入装置の試作」と題し、太陽電池、風力発電、ポンプ等を使用した河北潟へ酸素吸入の機能を持つ2種類の自立型システムを設計、製作する。

2. 概要

2.1 課題の理解

2.1.1 水質汚濁の原因

河北潟は水の流出が少ない閉鎖性水域である。一般的に水質汚濁が進行しやすいとされる閉鎖性水域の富栄養化に基づく汚濁の典型的な形態は、高水温期に水が成層して底層が停滞し、堆積した有機物の分解に大量の酸素が消費された結果、低層水が貧酸素あるいは無酸素状態となって停滞性の貧酸素水塊を形成するというものである。これが長期化すると底層は嫌気性、つまり酸素のない環境となって底泥が還元性分解を伴うようになり、硫化物を生じて黒色化し、硫化水素の悪臭を放つこともある。

2.1.2 河北潟見学

河北潟の現状を知るために視察に行った。河北潟は底が見えないほど濁っており、想像以上に汚れていた。また太陽光や風を遮る障害物がないため、自然エネルギーでの発電に

適した環境であった。図 2 に河北潟見学の様子を示す。内灘町役場に設置されている実験池においては、酸素吸入や水の循環による水質改善の効果が見られ、酸素吸入が有効であることを実際に目にすることができた(図 3)。

2.1.3 改善策の提案

閉鎖性水域による汚濁を改善するためには、貧酸素状態となっている底層水に空気を送り込み、酸素を供給する必要がある。今回はマイクロバブル(微小の空気の泡)を用いて底層水へ空気を送り込むこととした。マイクロバブルは通常の空気の泡よりも表面積を増やすため、効率的に底層水の酸素濃度を上昇させることができる。また、マイクロバブルには酸素を供給するだけでなく、汚濁堆積物を付着して水質を浄化する作用がある。

2.2 手法の考案及び作業の細分化

本チームでは、河北潟の浄化を目的とした自然エネルギー発電式酸素吸入装置として、大きな電力を確保することができる固定型と、水上に浮かせることで任意の場所に設置することができる移動型の 2 つの手法を考案した。2 つの手法による酸素吸入装置の開発にあたって、作業を 3 つに分割しそれぞれの作業に各々の専門分野が生かせるよう 2 名を担当させて作業の効率化を図った。作業の分担と担当者について表 1 に示す。

3. 基礎データの収集

3.1 太陽電池の特性実験

太陽電池の特性を調査するために、太陽からの照射を一定にした状態で接続した抵抗値を変化させ、電流－電圧特性を測定した。照度による特性を調べるため、太陽電池に角度をつけ繰り返し実験を行った。図 4 は測定の結果をグラフにしたものである。照度が最大(95,300 lx)となる、太陽の照射に対して垂直に太陽電池を設置した状態では約 60 W の電力が供給可能だと分かった。日影では照度が 12,500 lx であり、5 W 程度の出力となった。この結果から冬場でも晴れた日中であれば、使用する 2 つのポンプ(33 W、37 W)を十分に



図 2 : 河北潟見学



図 3 : 内灘町役場実験池

表 1 : 作業の分担と担当者

作業内容		担当者
固定式	制御回路の設計	油谷、竹田
	ポンプおよび回路を格納する箱の製作	杉本、松本
移動式	イカダの製作	大友、平岡

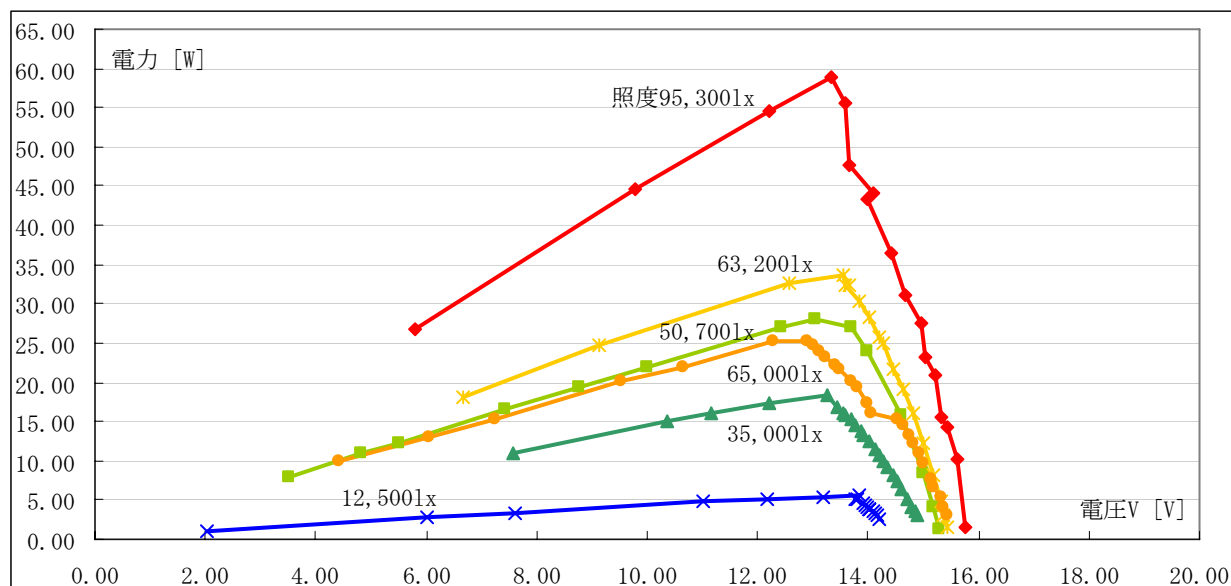


図 4：電力－電圧特性

動作することができる。しかし、雲により太陽が隠れると発電することができないため、天候に左右されずポンプを稼働させるためにはバッテリーが必要になると考えられる。

3.2 風車の特性

風力発電には風の持つエネルギーを最も効率よく取り出せるプロペラ型風車を用いた。風車は 3 枚翼プロペラ型で定格出力 400 W(風速 12.5 m/s)、最大出力 450 W である。

3.3 ポンプの特性

固定型酸素吸入装置では、レイシー社の REI-SEA エアポンプ APN110R 型(最大風力 10/12/min、37 W、最大圧力 0.1 MPa)を用いた。このポンプは耐久性に優れ、小型・軽量で、今回使用する発電システムの出力電力に合うものであったため選択した。移動型酸素吸入装置では、工進のポンプ KP-35(33 W)を用いる。マイクロバブル発生装置としては有限会社バブルタンク社の液胞バブル発生器 F.BT-50 を使用した。

4. 固定型酸素吸入装置

4.1 概要

本装置は、河北潟岸に発電装置及びポンプや制御用回路を固定して酸素吸入を行う。使用するポンプは REI-SEA エアポンプである。微小の穴を開けたホースにポンプから空気を送り込むことで、底層水に酸素を吸入する。装置を固定することによって、風力発電と太陽光発電双方の利用を図る。また、大容量バッテリーを使用することもできるため、電力を大きくとれる利点を持つ。今回は回路によって稼働時間を制御し、夜間のみ酸素吸入装置を稼働させることとした。

ポンプ及び回路は河北潟岸に設置するため、箱に入れて風雨を防ぐ必要がある。プラスチックなどの人工素材は腐敗しないなどの利点を持つが、設置をする河北潟のような自然の中では景観を損なってしまう。そこでポンプ及び回路を格納する箱を木材で作成し、防腐剤を塗ることで腐敗を防ぐ工夫をした。固定型の酸素吸入装置の概要を図 5 に示す。

4.2 回路による稼働時間制御

4.2.1 回路の設計

今回ポンプを効率よく利用するにあたり、制御条件を表2のように考え回路の設計および製作を行った。図6にポンプ起動システム全体図を示す。

4.2.2 コンパレータ回路の設計と動作確認

ポンプ起動条件を表2のように設定したが、バッテリー電圧などを監視する必要があるため、コンパレータとリレーなどを用いて電圧の判定を行う。図7に製作したコンパレータ回路を示す。完成した回路を直流安定化電源でバッテリー電圧と太陽光発電パネルを模擬し、動作を検証し、確認できた。

4.3 回路を収める箱の設計製作

ポンプ(APN110R型)とリレー回路を入れるための箱を設計製作する。箱作りをする上で、湿気や熱に対する対策や外観に対する考慮を行う。ポンプのサイズ(137×86×269)+リレー回路のサイズ(190×150)のため、箱のサイズを(350×200×400)の直方体の箱とすることとした(図8)。

箱の設計をする際、以下のことに留意した。

- ・熱対策 側面に取り付ける板は隙間ができるように取り付けた。

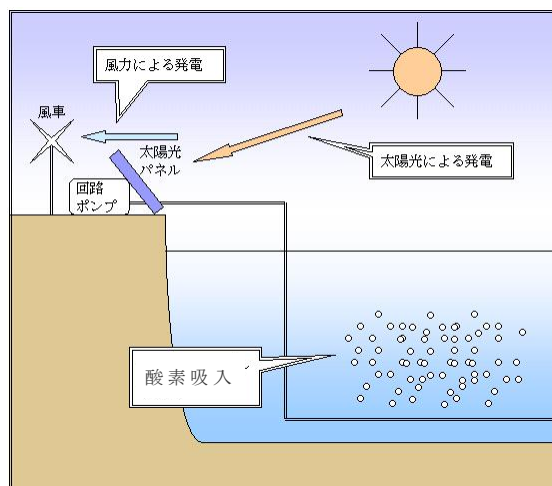


図5：固定型酸素吸入装置の概要

表2：制御条件

太陽光が出ているとき	太陽光が出ていないとき
<ul style="list-style-type: none"> ・ 酸素が供給されるため、基本的にポンプは起動させない。 ・ 過充電されないよう、太陽光が出ている場合でもバッテリー電圧が14V以上になるとポンプを起動する。ただし、本来太陽光が出ていないときに起動させたいので、バッテリー電圧が13Vになるまで使用した後ポンプを停止する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 酸素が供給されないため、基本的にポンプを起動させる。 ・ 過放電されないよう、太陽光が出ていない場合でもバッテリー電圧が11V以下になるとポンプを停止する。 ・ バッテリー電圧が13Vになるとポンプを起動させる。

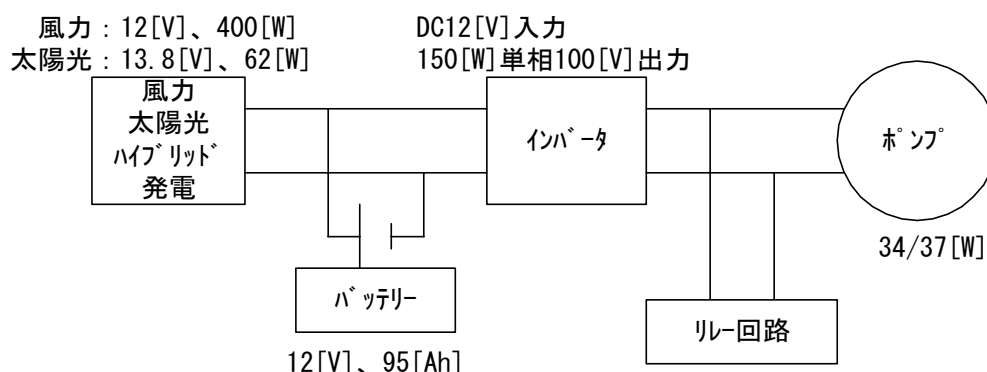


図6：ポンプ起動システム全体図

- ・湿気対策 箱の表面と内側部分に防虫・防腐塗料を塗った。
- ・外観考慮 屋外に設置するので、あまりにも不自然なものにならないよう工夫した。

設計した箱をもとに製作を行った。ポンプ及びリレー回路を収めた状態の箱を図9に示す。20×20の角材を枠組みとし、厚さ2mmの表面が加工されている板を枠組みにつけることによって箱とした。

5. 移動型マイクロバブル発生装置

5.1 概要

移動型の酸素吸入装置は、イカダに発電装置及びポンプを乗せることで河北潟沖に酸素吸入を行う手法である。ポンプは工進 KP-35 を用いる。陸地からの電源供給が不要で装置全体を水上に設置できるため、河北潟岸に比べて水質汚濁が著しい沖に酸素吸入装置を設置することができる利点を持つ。イカダの上に乗せた太陽光発電によって水中に沈めたポンプ及びマイクロバブル発生装置を稼働させ、底層水に酸素を吸入する(図10)。

5.2 イカダの設計と製作

イカダは河北潟に浮かべても違和感のないよう上部を木で作り、その下に浮きを入れて浮かせることにした。図11は木組み部分の図面である。太陽電池が十分に乗る大きさに設計した。なるべく簡単に作れ、かつ軽いものとなるよう松材と桐のスノコを組み合わせた。接合部分は外れにくくするために、木の組み合わせ方、ネジ釘の使い方を工夫した。

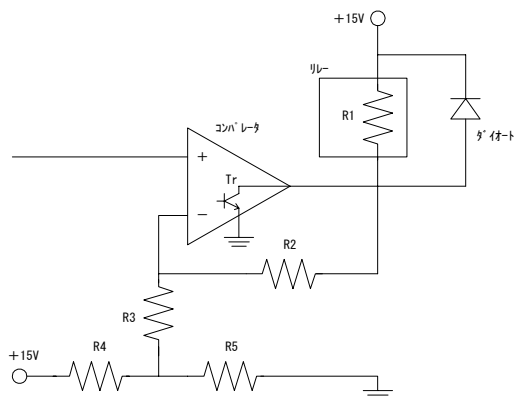


図7：コンパレータ回路

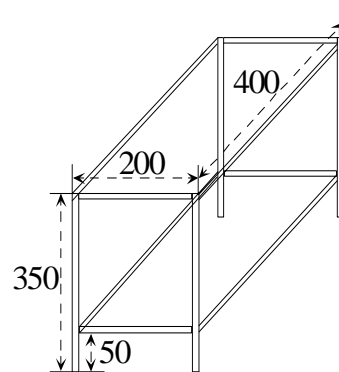


図8：箱設計図

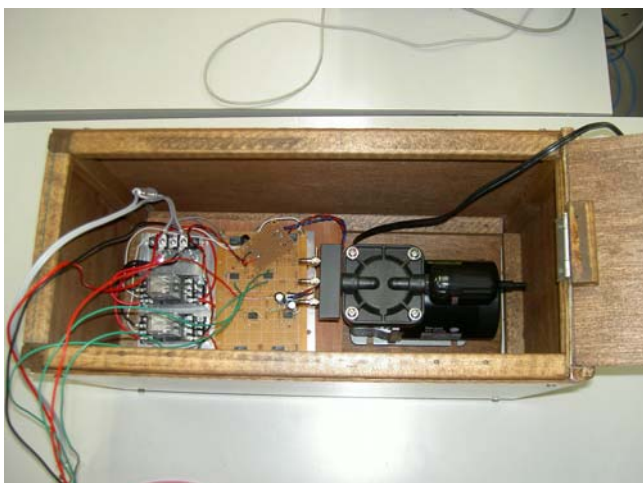


図9：設計・製作した箱

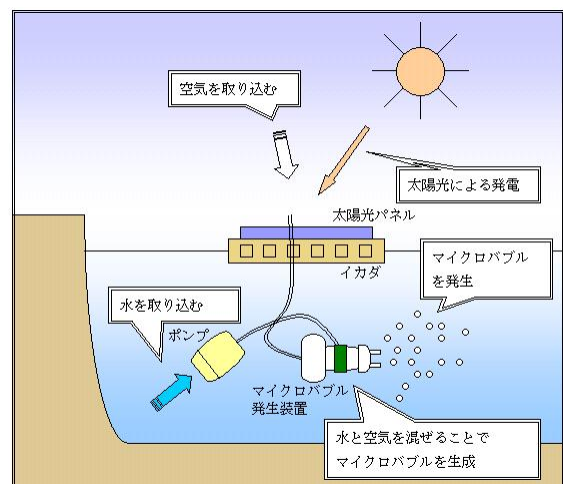


図10：移動型酸素吸入装置の概要

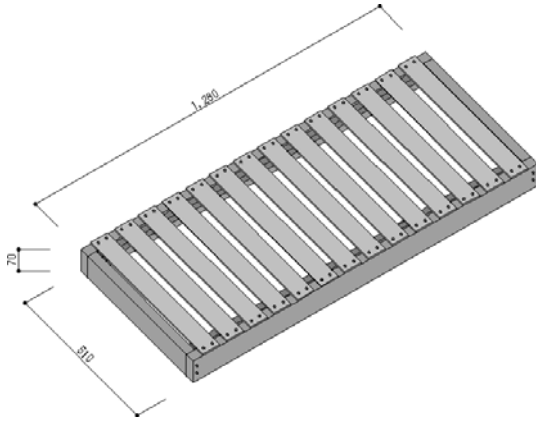


図 1 1 : イカダの図面

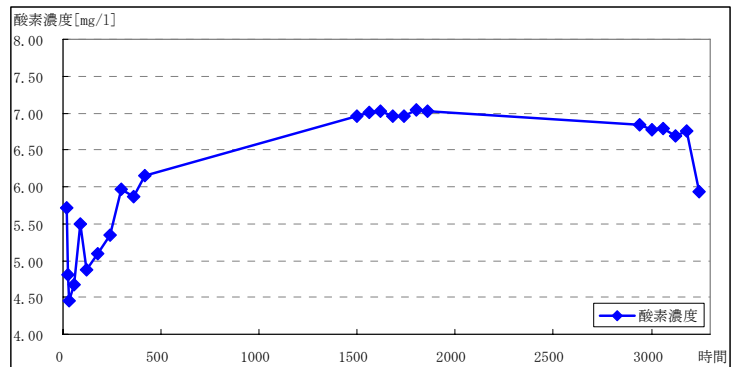


図 1 2 : 酸素濃度の測定結果

表面にはやすりをかけ、防腐剤を塗ってある。木組みの下にはコンテナを入れ、中に浮きとして 2L の空きペットボトルを固定した。空きペットボトルを利用することでゴミの再利用、低コストにもなり、環境にもやさしい設計になると考えている。

5.3 酸素濃度の測定

完成した移動型マイクロバブル発生装置の性能を調べるために限られた水中で測定を行った。35 L ほどの水を満たした水槽に太陽電池をつないだポンプ(KP-35)を入れ、マイクロバブル発生器(F.BT-50)を接続して水中の酸素濃度変化を調べた。測定結果のグラフを図 1 2 に示す。グラフからも分かるように、全体を通して酸素濃度が上昇していることが分かる。最大で 2.60 mg/L の酸素が増えた。ただし、測定期間中、天候や発電に必要な日射量の関係から気泡がうまくマイクロバブルにならないこともあるなど問題もあった。

5.4 結果

以上のように、自立型のマイクロバブル発生装置としてイカダの設計をした。また、装置の性能を確認するために酸素濃度の測定も行った。イカダは使う材料を極力減らしたが、しっかりしたものになったと考えている。完成したイカダを進水した結果、浮きの量に問題はなく、うまく浮かんだ。しかし安定感が少なく、風の強い日などはイカダごと横転してしまう危険性もある。実用化するためには、より安全なイカダとする必要があるだろう。

6. おわりに

本チームでは河北潟の汚濁の原因となっている無酸素状態の底層水に、酸素を送るような 2 種類の装置を設計製作した。実験では水中酸素濃度の上昇が確認され、装置の実用性を見出すことができた。しかしどちらの装置にも改善の余地があり、特にエネルギーの面では効率化が図れるだろう。今後実用化の際には箱やイカダの安定化を含め、よりよい装置としていただきたい。

参考文献

- 1) 石川県環境安全部, http://www.pref.ishikawa.jp/mizukankyo/shiryo/heisa/P001_2.pdf
- 2) 河北潟って?, <http://iida.yupapa.net/kihon.htm>
- 3) EIC ネット, <http://www.eic.or.jp/ecoterm/?act=view&serial=2382>
- 4) ミクロバブルを用いた湖沼や養殖場の水質浄化, バブルタンク社