

太陽光発電による水流発生と酸素吸入手法を使った 河北潟浄化システムの製作

環境建設工学専攻 井村 友基, 堀畑 奈央
電子機械工学専攻 橘 幸宏, 藪 慎一郎
担当教員 深見 哲男, 上町 俊幸

1 はじめに

河北潟はかつて、「清湖」とよばれるほど美しい潟で、大野川を通じて日本海の海水が入り込む汽水湖であった。しかし、1963年に始まった国営干拓事業により、潟の面積が1/3になったため海水が入りにくくなり、さらに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、河北潟のまわりは都市化が進み、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ったため、かなり河北潟のよごれが進んでいる。生活排水対策重点地域にも指定されている河北潟の水質は、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、環境省の平成15年度湖沼COD濃度全国ワースト100水域 (平成16年12月発表) では16位となっている¹⁾。

以上のことを背景に、本チームでは、「太陽光発電による水流発生と酸素吸入手法を使った河北潟浄化システムの試作」と題して、太陽光発電パネル、ポンプを使用し、河北潟の水を循環させる自立型システムの設計と製作を行った。

2 構想・システム

2.1 水の循環方法について

現在の河北潟は、水の出入りが悪い閉鎖性水域となっている。閉鎖性の強い水域では、水が停滞して酸素の多い表層水と酸素の少ない底層水に分かれた水温成層が形成される。底層では貧酸素あるいは無酸素状態となり、水質の汚濁が進行する²⁾。

そこで本チームでは底層の冷たい水をポンプで汲み上げ、表層に戻す方法を考えた。これにより、水が循環されて暖かい水と冷たい水の境界である水温成層がなくなり、水の浄化が期待できる。さらに、底層から汲み上げられた水は貧酸素状態であるので、一度空气中に触れさせて酸素吸入を期待できるような、ししおどし形の装置を製作した。図1が、その概念図である。

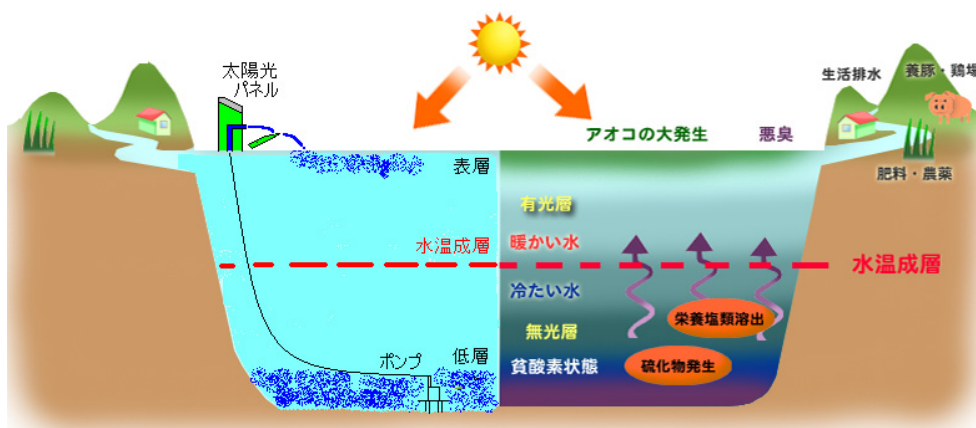


図1 概念図および閉鎖性水域の水質

2.2 使用機器の特性調査実験

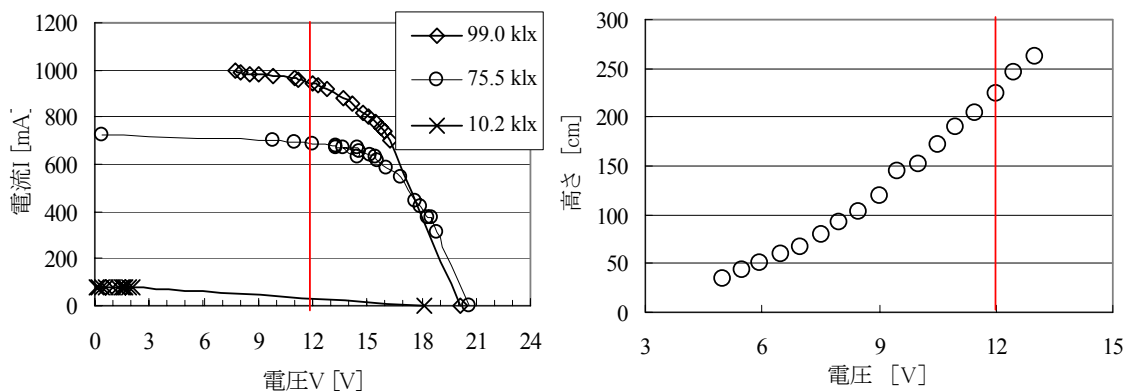
ししおどしを製作するために使用する機器の特性調査を行った。使用する機器は 12 V、12 W の太陽電池と 12 V、19.2 W のポンプである。まず、太陽電池の性能を把握するため、太陽からの照射量を一定にした状態で、電流-電圧特性を測定した。この実験より、太陽電池の必要枚数とバッテリーの必要性とその容量を決定することができた。次に、ポンプの電圧を変化させ、汲み上げる水の高さを測定した。さらに、ポンプの流量を測定した。これらの実験から、ポンプが設置できる位置とししおどしを動作させる間隔を決定することができる。

2.3 実験結果

太陽電池の特性を調査した結果を図 2 に示す。太陽電池は、冬場でも晴れた日中であれば、ポンプが定格電圧 12 V まで十分に発電することができることが分かる。しかし、雲により太陽が隠れて影になると発電することができないため、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た。

ポンプの特性を調査した結果を図 3 に示す。ポンプが汲み上げる高さが定格電圧 12 V で 2 m を越えているため、十分にポンプが汲み上げる高さがあることが分かる。また、ポンプの流量を測定すると、196 ml/s の水を循環させることができる。

以上の実験から、必要な設計条件を満たしていると判ったこの太陽電池とポンプを使用して製作する。



3 設計・製作

3.1 ししおどしの設計

ししおどしを製作するには、水を受ける部分と、バッテリーや回路、ポンプから伸びるホースを収めるための箱、太陽電池を設置する支持台が必要である。そこでこの箱を竹で覆い、ししおどしと太陽電池を一体化させることにした。今回は試作ということで、高専の玄関前にある池に設置することを考えて箱の大きさやししおどしの高さや大きさなどを決めた。

ししおどしは水を受ける部分が常時上にある。水が溜まってくると重心が変化してその部分が傾き、水が池に落ちる仕組みである。そのため、稼働軸となる点をどこに取るかが重要である。竹は節があるため、重心を正確に見つけるのが困難である。また、水を受ける部分の容量も確保しなければならない。そこで、まずは竹を1本の筒と看做す。そして

軸にする点を中心より少し水を受けない方にずらし、水を受ける部分は竹を斜めに切り少し軽くして、左右のバランスをとった。

箱の大きさは中に格納するバッテリーの大きさに合わせて約 300 mm×550 mm とし、箱の高さはししおどしの大きさと設置する時の高さ、水の流れ出す筧の高さに合わせて、図 4 のように約 800 mm とした。また、屋根部分に太陽電池を設置することを考え、屋根には片流れの傾斜をつけた。外装に使用した竹は自然に生えているものを使用するため、節の間隔や円の径の大きさが不揃いであり、実際に物を作りながらの設計となった。

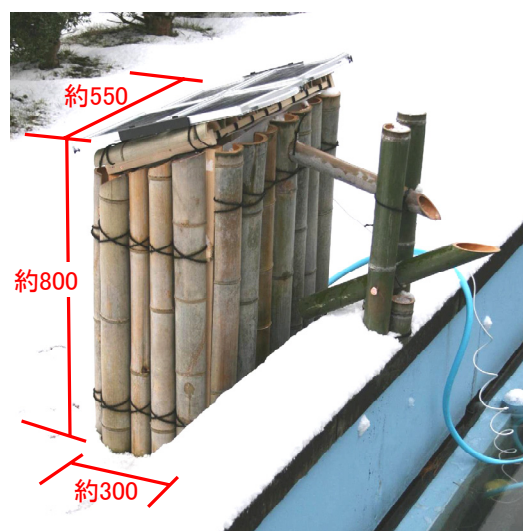


図 4 ししおどしの外観と概寸

3.2 ししおどしの製作

製作の手順は軸組み、外装、プラスチックダンボール取り付け、ししおどしの作製の順に行った。まず、主となる軸組みには柱部に 40 mm×40 mm、横材となる胴縁部に 10 mm×30 mm の木材を使用して四角い柵状のものを作製し、筋かい（斜め材）を入れて補強を行った。外装の竹を取り付ける際に、釘やねじを使用すると繊維方向にひび割れが起こる可能性が非常に大きいため、紐を使用して木の横材に括りつける方法をとった。最後にししおどし部分の製作を行った。予定していた大きさの竹の片方を斜めに切り落とし、ドリルで軸になる部分の穴をあける。また、稼動する竹を支え柱となる竹にも同様に穴をあけ、一本の金具で繋いだ。

3.3 制御回路の製作

水の循環は、植物による光合成がなされず酸素の消費の多い夜間に行うのが効率的である。また、本システムで使用する鉛蓄電池は充電量が低下すると使用できなくなってしまうので、充電量が十分な状態で動作させる。この条件での回路の動作は表 1 のようにすればよい。しかし、今回は学校敷地内の池で動作させるため、夜間の騒音を考慮して昼間に動作させることにする。この場合の動作は表 2 のようになる。ここで、照度によるスイッチングは 5000–10000 lx（薄日）程度で行い、バッテリー電圧によるスイッチングは 10–12 V 程度で行う事にする。

表 1 夜間動作させる場合の回路の動作

	バッテリー充電状態	バッテリー過放電
明	太陽電池およびバッテリーでポンプを動作	太陽電池の出力でバッテリーを充電
暗	バッテリーでポンプを動作	停止

表 2 昼間動作させる場合の回路の動作

	バッテリー充電状態	バッテリー過放電
明	太陽電池およびバッテリーでポンプを動作	太陽電池の出力でバッテリーを充電
暗	停止	停止

実際に製作した回路を図5に示す。抵抗器にはCdS素子の取り付け位置や角度により抵抗が変化しても調整できるよう、可変抵抗器を用いた。

4 システムの評価

4.1 安全性

ししおどしは竹と木を主に使用して製作してあり、複雑な機構ではないので安全に使用することができる。しかし、主に水を使用しているため、バッテリー、回路、太陽電池、CdSセルなどの電子・電気回路部分を防水する必要がある。これは、ししおどしの設計段階ですでに考慮して設計してあるので、問題なく安心して使用することができる。

4.2 コスト・経済性

この作品では自然にあるがままの竹を使用したため、主たるコストはポンプと太陽電池、バッテリー、軸組みとなる木材であった。特に太陽電池はコストの大半を占めているが、取替えの必要性が無いため、ライフサイクルコストでみると非常によいといえる。

4.3 水の循環量について

筧から流れ出る流量は12 V、1.16 Aの時、毎秒196 mlであった。これは毎分にすると11.7 lの水が汲み上げられる計算になり、十分水の循環が行われているといえる。

4.4 動作

作成したシステムを実際に設置し、動作の確認を行った。電力に関しては、冬(2月)でも直射日光が当たればししおどしを動作させるのに十分であることがわかった(図6)。しかし、バッテリーと太陽電池を合わせた電力が不足してくるとスイッチング動作が不安定となってしまう、改善の余地がある。また電力が十分な場合では、水勢が強すぎたり、ししおどしの駆動部のバランスに問題があったりして、ししおどしの動作に問題がある。この点も改善を図っていきたい。

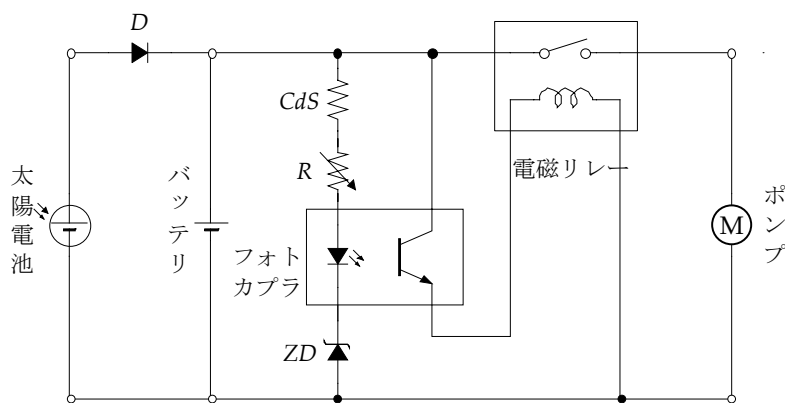


図5 実際に製作した制御回路



図6 太陽電池による動作

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) 浄化のしくみ, <http://www.i-kk.co.jp/03/HTML/page009.html>.