

自立可動式マイクロバブル発生装置によるサロマ湖の 溶存酸素量の改善に関する研究

第1報—太陽・風力エネルギーによるマイクロバブルの発生

An improvement of the small amount of dissolved oxygen in Lake Saroma
using energy saving and movable apparatus for micro-bubble generation
-Micro-bubble generating by solar and wind power energy -

(株)橋崎製作所	清野勝博(Katuhiko Seino)
北海道富士電機(株)	能登生万(Ikuma Noto)
北海道富士電機(株)	本前秀樹(Hideki Motomai)
日栄商工(株)	佐々木博文(Hirohumi Sasaki)
北見工業大学 ○正会員	中尾隆志(Takashi Nakao)
北見工業大学 フェロー	佐渡公明(Kimiteru Sado)
北見工業大学 正会員	吉川泰弘(Yasuhiro Yoshikawa)

1. はじめに

サロマ湖はオホーツク海に面した汽水湖であり、周囲約 92km、面積 150km²の北海道で最大、全国でも琵琶湖・霞ヶ浦に続く3番目に大きな湖である。この広大な水域を利用し、ホタテ・カキの養殖水産が盛んに行われ、平成 11 年の両者の陸揚げ量は全陸揚げ量 9,348 t の約 84%に当たる 7,811 t にもおよんでいる。また、網走国定公園に指定されており、観光産業の面からも広く道外から多くの観光客が訪れている。しかし、ここ数十年來、湖内の水質悪化が指摘されており、溶存酸素については水温の高温期である 8~9 月には湖底付近では溶存酸素量の飽和度が 20%を下回る貧酸素状態が続き¹⁾、養殖漁業に深刻な問題を投げかけている。大成ら²⁾はサロマ湖と同様に貧酸素化が進んでいる広島湾のカキの養殖施設に対してマイクロバブルによる水質浄化の実験を試み、貧酸素域の改善に有効であることを示した。しかし、彼らの採用したマイクロバブル発生装置は発電機を搭載した繋留船で現地へ赴かなければならず、人的面からもかなりの負担を強いることとなる。著者らは動作電源として太陽・風力発電のみでマイクロバブルが発生する装置を試作し、サロマ湖でマイクロバブル発生稼働時間の測定を行ったので報告する。本システムの最大の特徴は太陽・風力のみで自然エネルギーを用いている点にあり、環境の面からもクリーンなシステムといえる。

一より電源を供給している。これらの機器類は図-1に示すような 4m×4mのフロート付きの筏上にコンパクトに設置され、搬送船で目的地まで牽引できるので本システムを用いて曝気地点への移動が容易になっている。

表-1 本システムの機器構成

装置名	型番等	発電量または消費電流	台数
太陽電池モジュール	ゼファー製 SM55H	最大出力 55W	8 枚
風力発電機	ゼファー製 Z-500i	最大出力 600W	2 基
ハイブリッドコントローラー	ゼファー製 CP-7	—	2 基
バッテリー	ゼファー製 GPL-8D	255A/h	2 台
インバータ	ゼファー製 PROwatt800	2.04A (12V 時)	1 台
制御回路	自己製作	4.14A (12V 時)	1 台
高圧微細気泡発生ポンプ	250W (100V 時)	27.00A (12V 時)	1 台
コンプレッサー	90W (100V 時)	14.22A (12V 時)	1 台

2. 太陽・風力エネルギー発生装置

2.1 湖上における本システムの概要

本システムは表-1に示すような機器で構成されている。太陽電池モジュール(以下、ソーラーパネルと称する)と風力発電機で作られた電力はハイブリッドコントローラーを介してバッテリーに充電される。その後、インバータで交流変換された電気はマイクロバブル発生装置の送気用コンプレッサーの動力が制御回路を経由してマイクロバブル発生装置の制御に使用されている。しかし、マイクロバブル発生用高圧ポンプのみは、駆動時の消費電流が大きいため、インバータを介さず、直接バッテリ

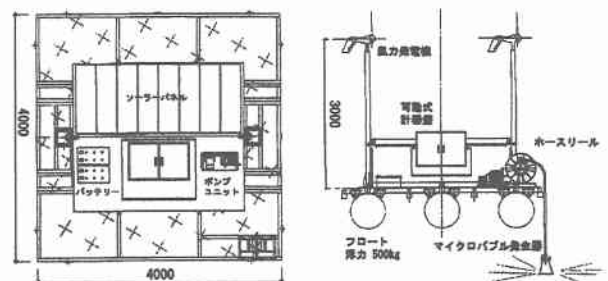


図-1 本システムの概要



図-2 観測機器設置地点

本システムの曝気性能を検討するため図-2 に示した St.1 地点(N44° 07.493', E143° 47.987')にソーラーパネルが真南になるよう筏を4本のアンカーで固定した。

2.2 本システムの発電特性

全天日射量 I (kW/m²) からソーラーパネルによる1時間当たりの発電量 E_L (kWh/h) の推定は次式によった。

$$E_L = \varepsilon \frac{P_{AS} K}{D} I \quad (1)$$

ここに、 ε : ソーラーパネルの真南への傾斜角の補正値 (本システムでは真南に 30° 傾斜させているので $\varepsilon = 1.214$)、 P_{AS} : 全ソーラーパネルの最大出力ワット数、 K : 総合係数 (メーカー指定値により 0.612)、 D : 依存率 (0.8)

一方、風力発電機は図-3 で示すような風車特性がある。図中、風速 21m/s 以上では発電量が 0W となっているが、これは強風による風車の破損等を防ぐため、これ以上の風速では風車の回転が自動的に減速し、発電を止めるようハイブリッドコントローラーが風力発電機を制御するからである。図から明らかなように風速に対する発電量は非線形であるため、予め 1m/s 毎の発電量を求めておき、この間の発電量は比例するとして発電量 (E_0) を推定した。

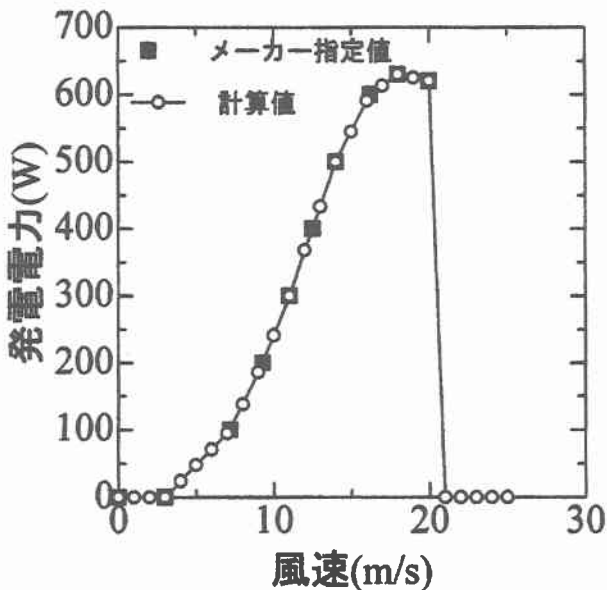


図-3 風車特性

2.3 風速・水平面全天日射量の観測データ

本システムの太陽・風力発電量を推定するために図-2 に示した St.2 の地点において7月23日~9月30日まで全天日射量および風向・風速の連続測定を行った。観測方法は表-2 に示すようにサロマ湖養殖漁業調査研究センターの屋上 (N43° 7'2.1", E143° 58'25.5") に足場を組み、そこに全天日射計、風速計、風向計を固定しデータロガーを介し、ノートパソコンに収録した。また、ノートパソコンにはラップリンクソフトおよび携帯電話が接続されており、本学から必要に応じて電話を掛けることによりリアルタイムで現地のデータを見ることができ、定期的に現地観測データの本学への転送を行った。

表-2 気象測器の設置条件

測定項目	測定機器	設置高さ	測定方法
全天日射量	ネオ日射計	地表面より 8.40m	6秒毎のスキャン間隔で10分間平均値として出力
風速	三杯型風速計	地表面より 8.54m	風速変換器を通し、10分移動平均値として出力
風向	ポテンション式風向計	地表面より 8.59m	風速変換器を通し、10分平均値として方位角で出力

図-4, 5 に本観測期間中得られた全天日射量と風速・風向の1時間平均値の変化を示す。ここで、得られた1時間平均値は全天日射量、風速については10分毎のデータロガー出力値6個の単純平均であり、風向については10分毎の出力値の最頻値である。観測期間中1日の風速のピークは夜間または13時~16時に集中しており、日の出後~午前中は比較的風速が小さくなる傾向が見られた。さらに、強風時の風向は北または南よりの風となり、東、西よりの風の場合、風速が小さくなる傾向が見られた。

3. 観測結果

3.1 発電量の予測値と実測値の比較

前章で用いたソーラーパネル・風力発電機の発電量の予測値と比較するため9月28日11時~30日10時まで1時間毎の各発電機発電量の実測値を測定し予測値と比較を行った。先に示したように、風力発電機は風速 3m/s 以下では発電量は 0W となる。従って、風速の1時間平均値が 3m/s 以下の場合、風力発電量の予測値は全て 0W となってしまう。しかし、この1時間内に一瞬でも 3m/s 以上の風速が生じると、風力発電機は発電することになる。そこで、10分毎に得られた風速値6個と単に1時間平均値として得られた風速値で風力発電機の発電量にどのような違いが見られるのか上記検証期間について風力発電機の発電量の算定を行った。結果を上記検証期間中得られた実測値とともに図-6 に示す。両者を比較したところ当然ながら発電量が 0W 以外では10分平均を用いた方が僅かに大きな発電量となっている。最も大きな差が出てきたのは9月29日15時でその差は 0.013W/h であった。しかし、以後計算処理を簡便化するため、風力発電の予測値として1時間平均風速を用いることとする。予

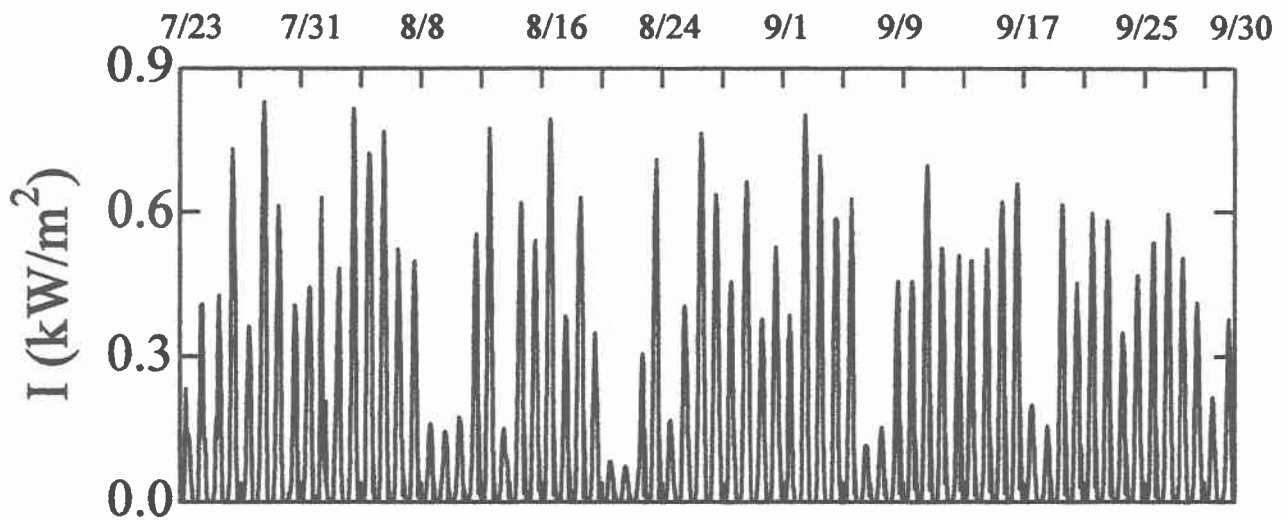


図-4 全観測期間中の全天日射量の1時間変化

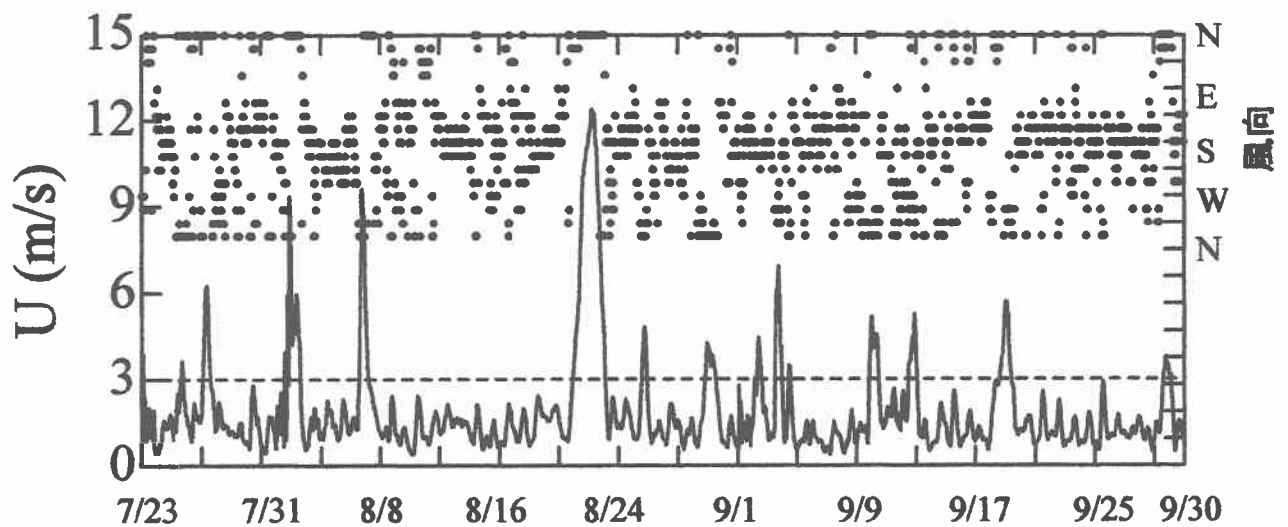


図-5 全観測期間中の風向・風速の1時間変化

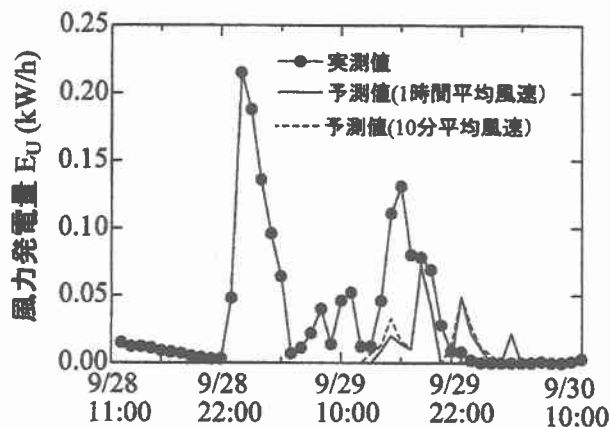


図-6 風力発電量の実測値と予測値の比較

測値と実測値では大きな差が見られた。特に、9月28日の23時～29日の13時までには予測値は発電量が0Wとなっているが、実測値ではかなり大きな発電量を検出して

いる。特に、9月29日0時の発電量は実測値を収集した2日間で最大の風力発電量0.215kW/hとなっている。この発電量を風速に逆算して求めたところ風速7.5m/sに相当し、この時の観測された風速は0.943m/sであった。この両者の違いの原因として、本システムが何も障害物がない湖上に設置されており、他方、風速計の設置位置はSt.1から約14km離れたSt.2にあり、また周囲に防風林がありこの影響も受け、風速が弱まったと思われる。

図-7にソーラーパネルの実測値と予測値の比較を示す。ソーラーパネルによる発電量の予測値は実測値に比べ大きめに出る傾向が見られる。この原因として式(1)における総合係数Kによる影響が考えられる。今回の計算では $K=0.612$ 一定として計算を行ったが、総合係数を決定するファクターはパネル内部と外気温の差やパネル表面の汚れ等が含まれ、これによりKは大きく変化してくる。これらの影響を考慮するには、より詳細なデータを長期間収集し、適切なKを決定する必要がある。

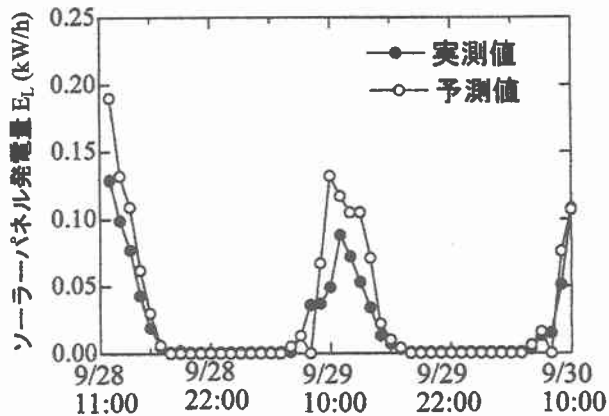


図-7 太陽発電量の実測値と予測値の比較

3.2 観測期間のシステム稼働時間

前節で指摘したように、2 日間の実測値と予測値の比較では差異が見られたが、2.2 で述べた手法により気象観測データのある 7 月 23 日～9 月 30 日までの 70 日間の本システムによる総発電量の算定を試みた。表・1 に示したように、本システムの直流 12V 電圧時の消費電流量

が判っているので、バッテリーがフル充電で維持しているものと仮定すると、次式により 1 時間当たりの曝気可能時間 (T) が計算できる。ただし、総発電量が 74.16W 以下の時にはシステムを制御するためにバッテリーから電源を供給することになる。

$$T = 60 \frac{E_T}{12C_{TL}} \quad (2)$$

ここに、T: 1 時間当たりのシステム稼働時間(min/h), E_T : 1 時間当たりの総発電量(W/h), C_{TL} : 直流 12V 時の本システムの消費電流量(=47.40A)

図-8 は式 (2) から求められた全観測期間内の稼働時間の変化を示しており、平均値 $\bar{T}=8.32\text{min}$ 、標準偏差 $\sigma_T=13.08\text{min}$ となった。

本システムにおいて 60 分間曝気に必要な発電量を求めると、式(2)で $T=60$ として、 $E_T=568.8\text{W/h}$ となる。

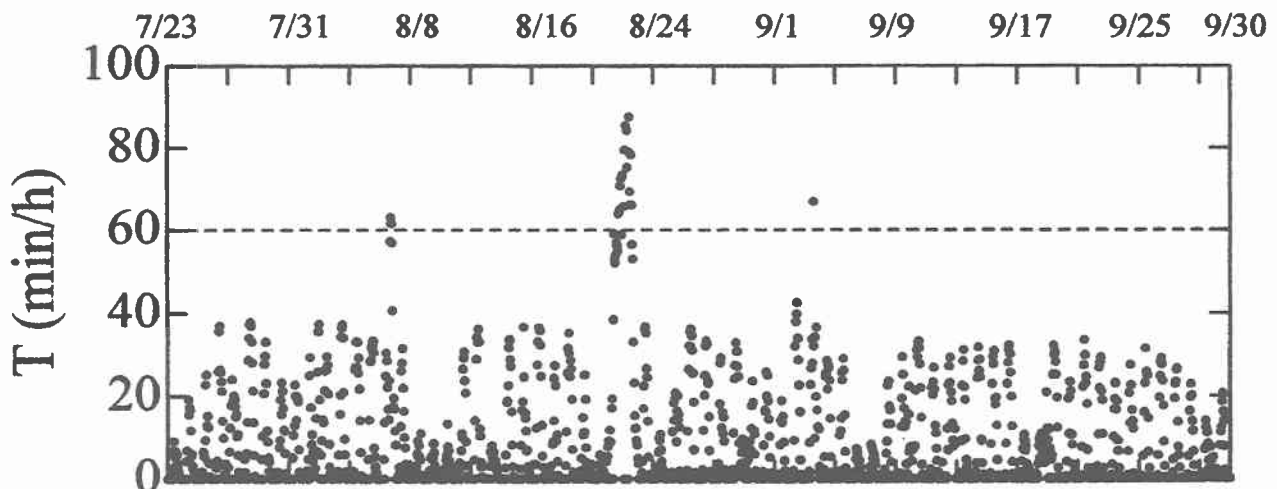


図-8 全観測期間中の本システムの稼働時間

4. 結論

本システムを夏季の期間、現地に設置して、以下の点を明らかにした。

- 1) サロマ湖の風向・風速の特徴は比較的風が強いときの主風向は北または南よりの風であり、特に強風時には北よりの風が多かった。
- 2) 上記強風時の発生時刻は概ね 13 時～16 時または夜間に集中しており日の出後から午前中に掛けて比較的風速が弱かった。
- 3) 湖上での風速と観測地点の風速ではかなりの違いが見られる。このため、風力発電量を予測するためには湖上で風速を観測する必要がある。
- 4) ソーラーパネルの発電量予測値は実測値との比較の結果ほぼ同様の傾向が見られたが予測値が実測値を上まわった。この原因として全天日射量から発電量の変換時に必要な総合係数 K の設定に問題があると考

えられる。

- 5) 全観測期間中の稼働時間の 1 時間当たり平均値は 8.32 分であった。1 時間当たりの稼働時間が平均値で 8.32 分とはいえ、夏期に稼働することで低酸素域を改善することができると思われる。

謝辞: 本研究は北海道の平成 14 年度地域産業集積活性化計画支援事業費補助金の助成により行われた。また、本実験の遂行に当たり、筏の設置、気象観測に際し、サロマ湖養殖漁業協同組合に大変お世話になった。ここに記して感謝の意を示す。

参考文献

- 1) サロマ湖養殖漁業協同組合: サロマ湖のこれまでの現状把握既往資料の概要, p.1, 2001.
- 2) 大成博文, 前田邦男, 松尾克美, 山原康嗣, 渡邊勝利, 石川並木: マイクロバブル技術によるカキ養殖効果, 水工学論文集, 第 46 巻, pp.1163-1168, 2002.