

# 再生可能エネルギー駆動型環境モニタリングの研究

## —太陽電池駆動による位置計測実験—

○荒川宗久\*, 齋藤健太\*, 遠藤央\*, 柿崎隆夫\*

○Munehisa Arakawa\*, Kenta Saito\*, Mitsuru Endo\*, Takao Kakizaki\*

\*日本大学工学部

\*College of Engineering, Nihon University

**キーワード** : 環境モニタリング (environmental monitoring), センシング (sensing), 再生可能エネルギー (renewable energy), GPS(Global Positioning System), スマートフォン (smartphone).

**連絡先** : 〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1  
日本大学 工学部 機械工学科 サステナブルシステム研究室 荒川宗久  
Tel. : (024)956-8784, Fax. : (024)956-8784. E-mail: munehisa.arakawa.d.lab@gmail.com

## 1. はじめに

近年問題となっている湖沼の水質汚濁の原因の一つとして、生活排水および産業・農業系排水が挙げられている。湖沼への排水流入により窒素およびリンなどの有機物の濃度が上昇するため、有機物を栄養源とする細菌が増殖する。また、富栄養状態の湖沼では藻類やプランクトンなどが大量に増殖し、死滅した後は酸化的分解によりヘドロとなり水質を悪化させる。

福島県の猪苗代湖は過去に4年連続水質日本一という歴史を持つきわめて清明な湖であった。しかし近年北部水域の水質汚濁が進行し、湖水が中性化するという大きな問題を抱えている。このため、環境モニタリングによりその実態を正確に把握し、清浄化のための具体的な方策を取ることが急務である。

そこで本研究では、再生可能エネルギーで駆動される環境モニタリングシステムを提案する。システムは、北部水域での水質汚濁メカニズム

解明に必須とされる水質<sup>1)</sup>および湖水の流動<sup>2)</sup>を観測するとともに、太陽電池により自立的にデータの処理および送信を実現することで、長時間人為的介入無しで継続的な調査を可能とすることをねらう。

## 2. 環境モニタリングシステム

猪苗代湖全体での中性化現象は北部水域の水質汚濁が原因とされている<sup>1)</sup>。水質汚濁は水温が上昇する夏場に進行する。まず日中の日射量の増加により表層の水温が上昇し水温躍層が発達する。これにより、表層と深層では異なった環境となる。同時に浅瀬の湖底堆積物が風により巻上げられ、様々な原因による湖水流動現象によって湖内で輸送される。夏場発達した水温躍層はやがて消滅して全層循環期に移行し、結果として浮遊物が湖内全域に輸送されると考えられている。湖水の流動特性解明のためコンピュータシミュレーションも行われているが、実験デー

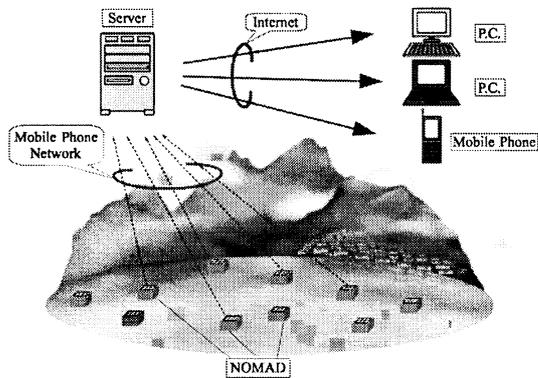


Fig. 1 Schematic Concept of Environmental Monitoring System

タが十分ではないためその評価も簡単ではない。

猪苗代湖の水環境については、中村<sup>2)</sup>、藤田<sup>2)</sup>、長林<sup>2)</sup>らによって精力的な研究がなされてきている。藤田ら<sup>1)</sup>はフィールドでの定期的な採水調査研究を継続しているが、フィールドへ赴いての水質調査には多くの時間と多くの人員が必要となることから、より効率のよい調査計測方法が必須と指摘している。若林ら<sup>3)</sup>は衛星リモートセンシングを用いた環境モニタリングを実施している。しかし高度800[km]を周回する衛星からの観測では、雲をはじめ大気の影響が不可避であり、観測対象によってはその観測精度には限界がある。

上記の方法ではカバーしきれない観測ドメインを対象とした環境モニタリングシステムとして、浮遊ブイ型の観測システムがある。環境モニタリング目的に限らず、ブイやロボットなどによる水中での動作機器はこれまで数多く開発され実用に供されている。灘岡ら<sup>4)</sup>は、珊瑚の産卵調査を目的に、入江ら<sup>5)</sup>は、潮流調査のための浮遊ブイを開発している。いずれも限られた期間内にバッテリーで駆動させる方式である。Blidbergら<sup>6)</sup>は太陽電池で駆動される水中ロボット(以下SAUV)を開発し、欧米研究機関での研究プロジェクトに導入されている。SAUVは太陽エネルギーによって駆動される推進装置を

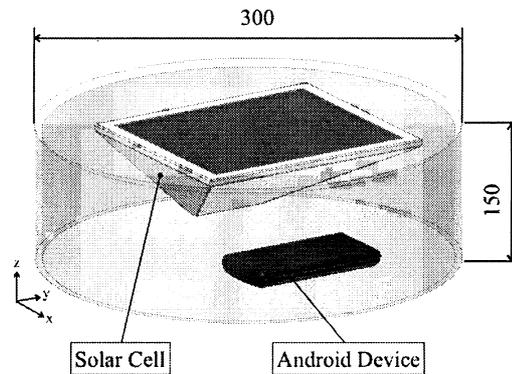


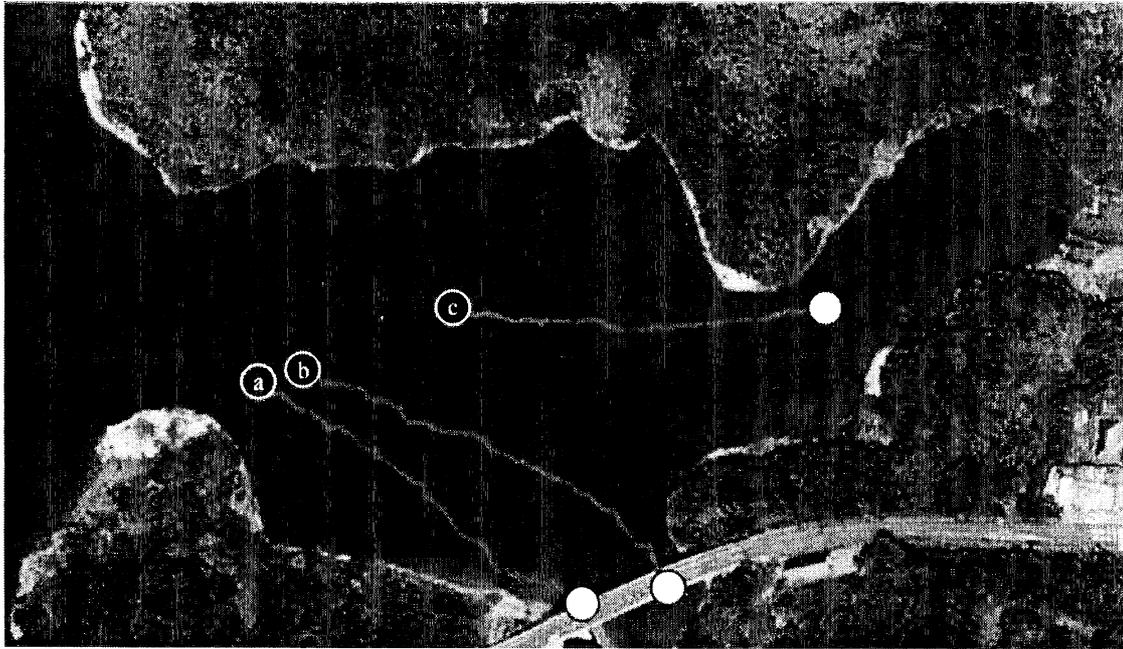
Fig. 2 Experimental System

持ち、水中を移動するものだが、システムは高価で手軽に導入することは難しい。

本研究では、1) 猪苗代湖の北部水域で重要となる水温と水流を高精度に観測できること、2) エネルギー自立で運用が簡単であること、3) 将来的には多数の装置を同時に投入しての観測を可能とするため小型で安価な装置であること、これらのポイントを重視して開発目標を定めた。Fig.1に開発するモニタリングブイであるNOMAD (NOMAD: Network Oriented Multimedia Atmosphere Detector)を含むシステムコンセプトを示す。本システムは移動機構を持たない観測用浮遊ブイを湖沼に漂流させ水温、水質および流動のデータを取得し、取得したデータをWebサーバに送信する。そして、インターネットを介して猪苗代湖の状態を確認できるシステムを目指す

### 3. NOMADの概要

NOMADはセンサおよび通信システムを搭載するとともに、その駆動エネルギー自立のため太陽電池を搭載する。推進装置を持たず、湖沼を漂流させることでデバイスのGPS位置情報から水の流れを推定する。センサでは水温、pH値、要酸素量を計測する。さらに小型で安価なカメラにより水中の画像を取得する。取得した画像



● : Release Point ○ : Pick up Point

Fig. 3 Experimental Results

Table 1 Resultant Value

	Migration length[m]	Time [s]	Velocity [m/s]
(a)	247.1	1470	0.1681
(b)	227.7	1530	0.1488
(c)	176.8	1730	0.1022

からは透明度および水生植物の様子など、従来フィールドワークから得ていた情報を取得する。

#### 4. 位置計測実験

Fig.2 に本稿で用いた実験装置の概略を示す。実験装置は Android 端末および太陽電池、外装から構成される。本稿では Android 端末により GPS 情報を取得する。これにより、推進力を持たない計測システムによる水の流れの計測の有効性を検討する。このときのサンプリング周波数 0.1[Hz] とした。また、太陽電池は USB ケーブルを介して Android 端末に接続する。ここで、

発電した電気は太陽電池に内蔵されているリチウムイオン電池に一時的に蓄えられ、Android 端末に電力を供給する。

#### 4.1 実験方法

上記の実験装置を複数台を用いて、太陽電池駆動による位置計測実験を行なった。実験は福島県田村郡三春町のさくら湖で行った。Android 端末上で位置計測をするアプリケーションを実行し、実験装置を湖上に放流した。今回の実験場所では実験装置が浅瀬に移動してしまうと回収が困難になるため、岸に近づいた時点で実験装置を回収した。

#### 4.2 実験結果

Fig.3 に実験結果を示す。図中の Release Point は実験装置を放流した地点、Pick Up Point は実験装置を回収した地点である。実験装置は北東の方角から東南東の方角へ移動したことが確

認できる。Table1に実験結果より算出した実験装置の移動距離および平均速度を示す。

実験装置の一つは東の方角へ移動し、残りの二つは東南東の方角に移動した。a地点から放流した実験装置は南東に流れ、最後は岸にそって移動して、岸付近を起動しているときは蛇行して移動している。a地点から比較的近いb地点から放流した実験装置は東南東へ移動しa地点から放流した実験装置同様に岸に沿って移動している。c地点から放流した実験装置は東の方角へ移動している。実験結果より算出した平均速度をみると3つの実験装置とも0.14[m/s]前後の速度で移動したことがわかる。これによりAndroid端末のGPS機能を用いて位置計測が可能であることが確認できた。

南東の方角から川が流れ込んでおり、その流れにより北西の方角に実験装置が移動すると予想された。しかし、予想とは異なり実験装置は東南東の方角に移動する結果が得られた。これは、実験当日は北西の風が吹いていたためだと考えられる。本システムでは湖水の流動を調査することをコンセプトとしているため、風の影響を受けると正確な流動のデータを得ることはできない。正確な流動のデータを取得するためには、水の流れを効率よく受けるドロークを搭載することが有効であると考えられる。

また、搭載されている太陽電池が発電されていることは確認することはできなかった。十分な日射量を確保できず発電されていなかったと考えられる。

## 5. おわりに

提案する再生可能エネルギー駆動型環境モニタリングシステムの研究について述べた。本稿ではNOMAD実験機による太陽電池駆動による位置計測実験について述べた。Android端末のGPS機能を用いた位置計測からNOMADの位置、移動距離、速度を算出できる見通しを得た。また

今回の実験により実験装置がうける風の影響が大きいことが確認できた。今後はAndroid端末により取得した位置情報の精度を検討するとともに、実験により得られた知見を基にNOMADのハードウェアの改良、計測システムの構築を行なう予定である。

## 参考文献

- 1) 藤田: 猪苗代湖の全水域における水質観測とその検討, みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム, 13/16 (2009)
- 2) 藤田 他: 猪苗代湖の流動調査結果とシミュレーション結果の比較, みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム, 17/20(2009)
- 3) 若林: 猪苗代湖衛星観測結果について, みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム, 9/12(2009)
- 4) 灘岡 他: 小型漂流ブイ観測および幼生定着実験によるリーフ間広域サンゴ幼生供給過程の解明, 海岸工学論文集, 49-1, 366/370(2002)
- 5) 入江 他: GPS搭載漂流ブイを用いた八代海の潮流観測システムと数値解析, 電子情報通信学会技術研究報告, 106-471, 69/74(2007)
- 6) J.Jalbert et al.: Solar-powered autonomous underwater vehicle development. Proc. of the 13th Int. Symp. on Unmanned Untethered Submersible Technology, (2003)