

# 太陽電池駆動による連続的な湖水モニタリングに関する 実験的検討

## Experimental verification of continuous lake monitoring by PV driven sensing systems

○澤田卓也\*, 遠藤 央\*, 柿崎隆夫\*

○Takuya Sawada\*, 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), スマートフォン (smartphone)

**連絡先** : 〒 963-8642 福島県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デザイン研究室

澤田卓也, Tel.: (024)956-8784, Fax.: (024)956-8784, E-mail: takuya.sawada.ss.lab@gmail.com

### 1. はじめに

湖水の水質汚濁の原因の一つに生活排水および産業・農業系排水が挙げられる。排水が湖沼へ流入することにより窒素およびリンなどの有機物の濃度が上昇し、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増殖し、死滅後はヘドロとなり水質を悪化させている。

福島県にある猪苗代湖は、かつては酸性湖としてその水質は7年連続で日本一になる清明さを保っていた。しかし2005年前後から水質の中性化が進み、現在では重要な水質指標の一つである大腸菌群数が環境基準値の5倍に到達している。このメカニズムの解明と水質改善のため、これまで日本大学工学部の研究者を中心に精力的な調査研究が行われてきた。しかし、現

地に赴いての水質調査は多くの時間と人員が必要になることから、より効率の良い調査計測方法が必要とされており、継続的かつ連続的な計測をいかに表現するかが重要となっている。

著者らは、複数のセンサブイによる水質調査

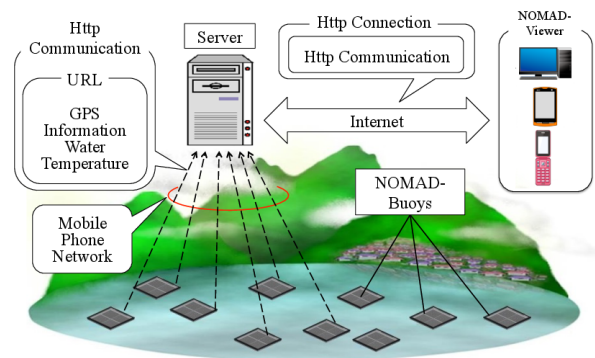


Fig. 1 Schematic concept of an environmental monitoring system

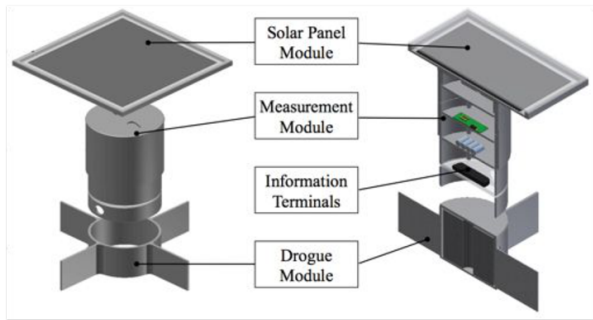


Fig. 2 The view of NOMAD-Buoy

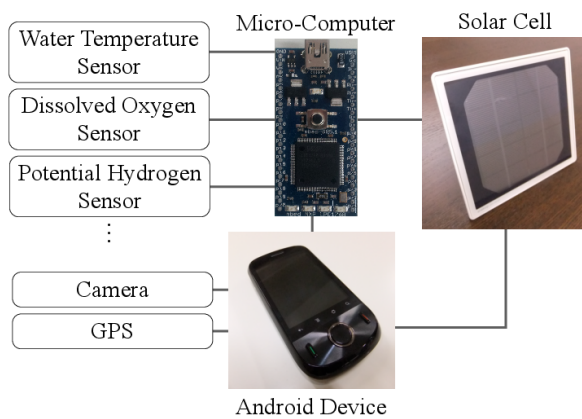


Fig. 3 Hardware configuration of the NOMAD-Buoy

する湖沼環境モニタリングシステムを提案してきた。前報ではセンサブイによる計測の持続可能性について検討した<sup>1)</sup>。本稿ではセンサブイと同一の構成の実験装置を用い、前報の持続可能性の見積りの妥当さを検証した。

## 2. 湖沼環境モニタリングシステム

Fig.1に本研究で提案するシステムのコンセプト図を示す。このシステムは環境モニタリング装置 NOMAD (Network Oriented Multimedia Atmosphere Detector), 湖水情報集積サーバ, 湖水情報閲覧システムにより構成される。複数の NOMAD にて取得した湖水情報は湖水情報集積サーバに保存される。集積された情報は湖水情報閲覧システムにより PC や携帯端末からウエ

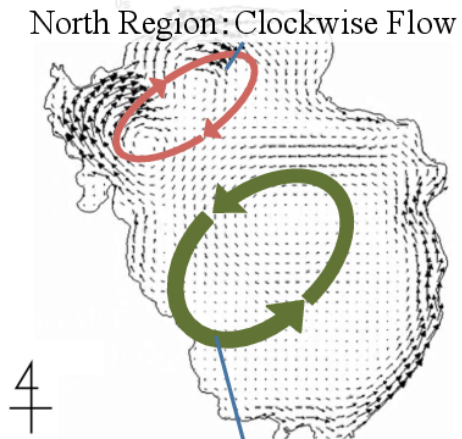


Fig. 4 Flow simulation of Lake Inawashiro

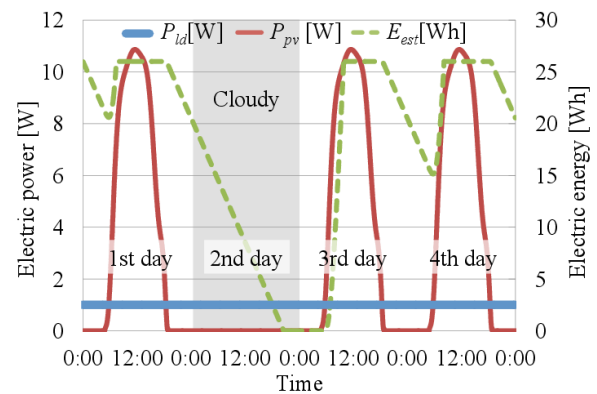


Fig. 5 Simulation of battery residual characteristics

ブ上にて閲覧可能となる<sup>2)</sup>。Fig.2に NOMAD の概観を示し, Fig.3に NOMAD のハードウェア構成を示す。NOMAD は太陽電池パネルを搭載するソーラーモジュール, 計測制御装置や二次電池および Android 端末を搭載する制御モジュール, 任意水深の水流を捉えるドログモジュールから構成される。NOMAD は所定の期間人為的介入無しでの計測を目指しているため, その駆動には太陽電池パネルから発電される電力を利用することとしている。

Table 1 Description of experimental equipment

	Supplier	Product Number	Specification		Q'ty
Solar Cell	Panasonic	N-SC1AS	Nominal Power[W]	2.4	5
Li-ion Rechargeable Battery	Panasonic	N-SC1AS	Rated Battery Capacity[mAh]	6900	2
			Output Voltage[V]	DC5.0	
			Output Current[mA]	500	
Android Device	EMOBILE	BM-SWU300	GPS	Built-in	1
Micro- Computer	ARM	mbed NXP LPC1768	Input Voltage Range[V]	DC4.5-9	1
			Current Consumption[mA]	135	
Water Temperature Sensor	National Semiconductor Corporation	LM35DZ	Temperature Ranges[°C]	0-100	1
			Accuracy[°C]	± 1	
SOLAR POWER METER	SATO SHOUJI INC	TM-207	Insolation [W/m <sup>2</sup> ]	0.0-2000	1

### 3. 太陽電池による連続駆動

宮村らは Fig.4 に示す吹送流や河川の流出入を考慮した猪苗代湖の流体シミュレーションをしている<sup>3)</sup>。このシミュレーションにより我々が特に注目する猪苗代湖北部水域の水流(時計回り)は6日間で1周すると推定できる。そこで本システムにおいて NOMAD には約6日間持続的に駆動することが必要と想定した。持続的な駆動を目指すため、NOMAD ではバッテリーのほか、太陽電池で発充電しつつ持続駆動することとしている。

Fig.5 に太陽電池バッテリー残量の見積り例を示す。ここで、バッテリー1台あたりの容量は26Wh、ブイ内機器の総消費電力は1Wで一定と予備実験から仮定した。太陽電池パネルの発電量  $P_{pv}$  および内部機器の消費電力量  $P_{ld}$  は実験データを用いて次式より算出する。 $t$  を単位時間とすると、

$$P(t) = \frac{\sum_{t=1}^n E(t) \cdot \sum_{t=1}^n I(t)}{n} \quad (1)$$

ここで  $P$ [Wh] は電力量、 $E$ [V] は電圧、 $I$ [A] は電流である。太陽電池の発電量を  $P_{pv}$  および内部機器の消費電力量を  $P_{ld}$  としたとき、バッテリーへの蓄電量  $P_{bat}$  は次式となる。

$$P_{bat}(t) = P_{pv}(t) - P_{ld}(t) \quad (2)$$

バッテリー残量  $E_{res}$  は次式となる。

$$E_{res}(t) = E_{res}(t-1) + P_{bat}(t) \quad (3)$$

Fig.5 は4日間のエネルギー収支を示している。2日目の曇天により充電量が急激に低下し、0Whとなる。この結果3日目の午前には計測ができなくなると予想される。このことから NOMAD に搭載している PV の能力では、安定的な連続計測は難しいと言える。

### 4. バッテリー増加による連続計測

前章の結果を受け、バッテリーを増設して NOMAD の連続計測性能を実験的に調べ、見積り妥当性を検証することとした。実験装置の構成

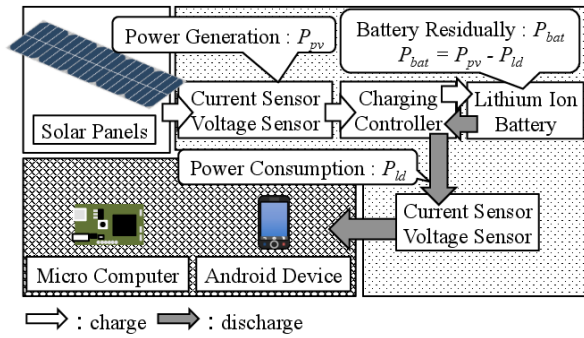


Fig. 6 Block diagram of the experiment system

部品はNOMADに用いている部品 (Table 1) と同一構成とし、バッテリーは並列に2個接続した。

Fig.6に実験系のブロック図を示す。太陽電池パネルからバッテリー間、バッテリーから各NOMAD構成部品間に電流センサおよび電圧センサを設け、約1sec毎に充電時の電圧と電流を、同時に日射データを10分ごとに計測した。実験の期間は2014/09/20~23の約3日間である。

Fig.7にエネルギー収支の計測結果を示す。ここで、 $E_{est}$ は推計したバッテリー残量、 $E_{res}$ は計測したバッテリー残量、 $Q_a$ は日射量を示す。 $E_{est}$ とは異なり、 $E_{res}$ は2日目、3日目共に100%充電できずに実験開始から約66時間で0Whとなった。この $E_{est}$ と $E_{res}$ の違いとして、充放電コントローラによるバッテリーへの供給制御機能による太陽電池の出力変化を考慮せずに推計したことによると考えられる。また全計測期間を通じた電力量算出の結果、バッテリー容量は1/6程度に減少していることが確認できた。これはバッテリー劣化による容量減が主な原因と考えられる<sup>4)</sup>。以上の結果から、充放電コントローラを適切に設け、バッテリーが本来の容量であればNOMADは6日程度の連続観測は可能とみるが、この確証を得るにはさらに実験を要する。

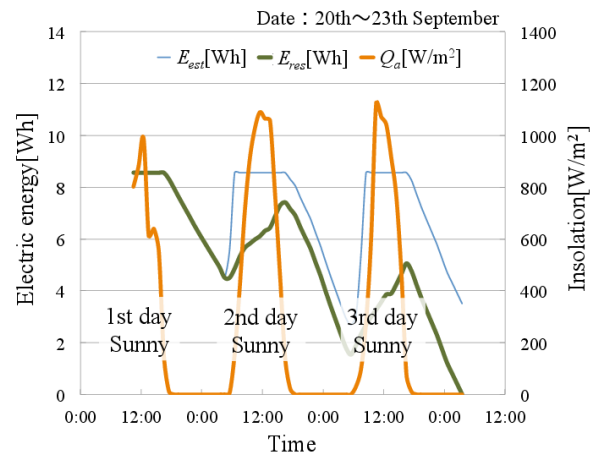


Fig. 7 Experimental result

## 5. おわりに

センサブイと同一の構成の実験装置を用い、前報の持続可能性の見積りの妥当さについて検証した。6日間程度の連続計測が可能と考えたが、実験からは3日程度となった。この差異は充放電コントローラの充電制御機能およびバッテリー劣化による容量減の影響によるものと考えられる。今後はこの部分を明らかにし、所定の連続的計測性能の確保を目指す。

## 参考文献

- 1) Endo.M, et al: Development of a renewable-energy-driven lake monitoring system, Grand Renewable Energy 2014, O-Sh-3-4 (2014)
- 2) 澤田卓也ほか: 再生可能エネルギー駆動型湖沼環境モニタリングシステムに関する研究 -センサブイ計測情報の集約と表示-, 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門講演会 SI2013, 2F1-1, (2013)
- 3) 宮村倫司: ホームページ, <http://cs.ce.nihon-u.ac.jp/~miyamura/index-j.html>, (参照日: 2014/11/29)
- 4) SANYO Soft Energy Company: Sanyo Lithium ion 技術資料, <http://www.orient-technology.com/Sanyo/technote/lion-J.pdf>