

GPS 漂流ブイを用いた風蓮湖における表層流観察

Surface current observation in Lake Furen using GPS drifting buoy

濱田誠一・門谷 茂*・木戸和男
Seiichi Hamada, Shigeru Montani and Kazuo Kido

Abstract

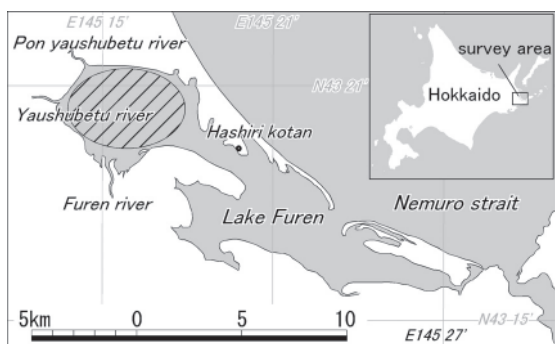
GPS drifting buoys have visualized surface current in Lake Furen. 4 buoys were put in northern part of the lake from 6 a.m. to 6 p.m. in August 8 th , 2010. Flow direction and speed of the buoy was monitored every 5 seconds by GPS. As a result of this survey, the track of the buoy has clarified the flow direction and velocity of surface current on the lake. The flow has changed in accordance with tidal movement.

キーワード：漂流ブイ, 風蓮湖, 表層流
Key words : drifting buoy, Lake Furen, surface current

I はじめに

地質研究所では, 流出油の挙動調査を目的とした漂流ブイを作成した(濱田・木戸, 2009). これはブイに内蔵したGPSの時間と位置データからブイの漂流軌跡を求め, ブイ周囲の流れを把握するものであり, 近年安価になったGPSを活用することで, 比較的容易かつ安価に表層流の傾向を把握することができる. そのため流出油以外の様々な調査対象に転用することも可能と考えられる.

本報告は, 北海道東部の風蓮湖北域(第1図)において実施された表層流調査の結果を示したものである.

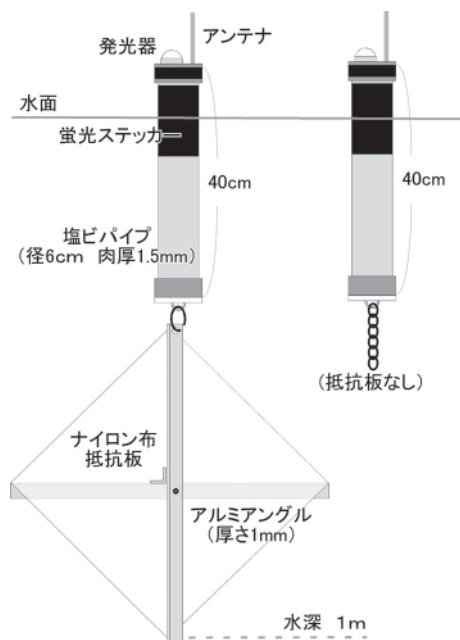


第1図 調査位置図
Fig. 1 Location map of survey area.

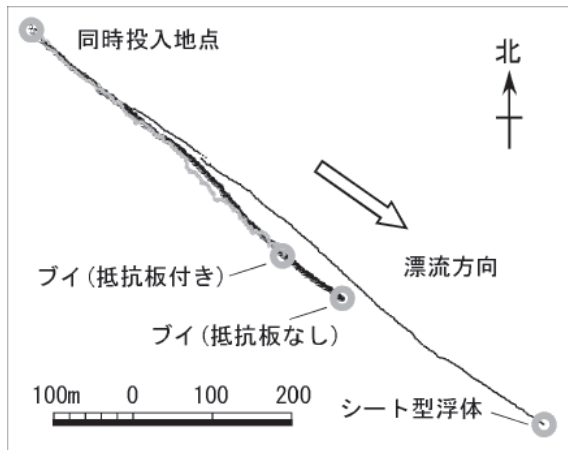
II 使用機材

漂流ブイの概要は, 濱田・木戸(2009)に示したが, 本調査は特にアマモの多い風蓮湖内の調査であるため, ブイにアマモが絡みつく恐れがあることから, 抵抗板を取り外した状態で漂流させた(第2図右).

抵抗板が無い場合, ブイは風および水面表層の流れをより受けやすくなることが予想される. 静穏な小樽



第2図 ブイの概要と抵抗板の違い
(左：抵抗板有 右：抵抗板無し)
Fig. 2 Outline of buoys and difference of drogues.



第3図 抵抗板の有無による漂流速度の違い
 Fig. 3 Difference in drifting speed of buoys.

第1表 抵抗板の有無による漂流速度の違い
 Table 1 Difference in drifting speed of buoys.

| 浮体 | 漂流距離 (m) | 漂流時間 (秒) | 平均速度 (m/s) | 速度差 (m/s) |
|--------|----------|----------|------------|-----------|
| 抵抗板付き | 426 | 2760 | 0.154 | - |
| 抵抗板なし | 523 | 2760 | 0.189 | + 0.035 |
| シート型ブイ | 794 | 2635 | 0.301 | + 0.147 |

港外の海上において、抵抗板の有無に違いのあるブイ（第2図）を同時に投入し、約45分間漂流速度を比較したところ、抵抗板なしのブイは、海面上の風を受けて漂流速度が増加した（第3図）。調査時の風速は概ね北西の風3m/sであったことから、抵抗板なしのブイは抵抗板付きブイと比較し、風速の約1%の影響を受けて漂流したと考えられる（第1表）。参考までに、水面表層に浮かべた「シート型」のブイでは、さらに風の影響を受けやすくなり、風速の5%程度の影響を受けて漂流した。

調査当日の風蓮湖周辺におけるアメダスデータによると、風は北東から東北東の風1~2m/sであったことから、水深1mに抵抗板を付けて漂流させた場合と比較し、風の影響を1~2cm/s程度受けたことが予想される。

使用したブイは、漂流位置情報を発信する機能を有するものと有していないものを使用した。発信機能による電波到達距離は1km弱で、電源持続時間は概ね8~10時間程度であった。気温や水温の低下により、電力の低下が予想される。いずれのブイも内蔵のGPSにより、5秒おきに位置と時間が記録されることから、このデータをもとに漂流の方向と速度を把握した。

発信器付きブイの重量は、本体680g、乾電池6本150g、底部のチェーンバラスト110gの合計940gであり、同型の発信器無しブイの重量305gには、浮体内部に乾燥した砂のバラストを加え、同様の重量バランスに

調整した。

III 観測方法

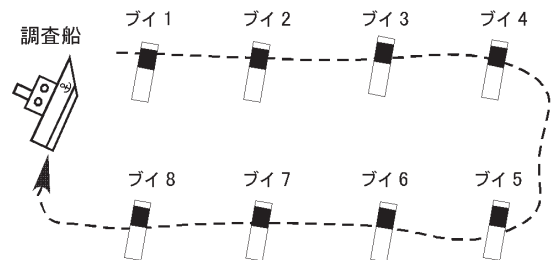
本調査は2010年の8月8日に行われた。6時から18時までの12時間観測を目指し、4個の発信器付きブイが投入された。風蓮湖に流入するポンヤウシュベツ川河口 (st.8)、ヤウシュベツ川河口 (st.3)、風蓮川河口 (st.11)、および風蓮湖内の仮設観測ステーション周辺 (st.41) にブイを投入した。ヤウシュベツ川河口に投入したブイについては、18時に回収した地点に同じブイが再投入され、18時から翌朝6時までさらに12時間の観測を行った。

各地点における発信器付きブイの投入後、ブイの位置信号を調査船で受信し、ブイの漂流位置をモニターした。情報伝達距離が約1kmと限られたため、全域のブイを同時にモニターすることはできなかったが、漂流位置の想定域1km以内にブイがあれば、電波を調査船で受信することにより、船からブイまでの方角と距離を知ることができた。これにより、発信器無しのブイよりも、比較的容易にブイの発見が可能となり、漂流データをより確実に回収することができた。

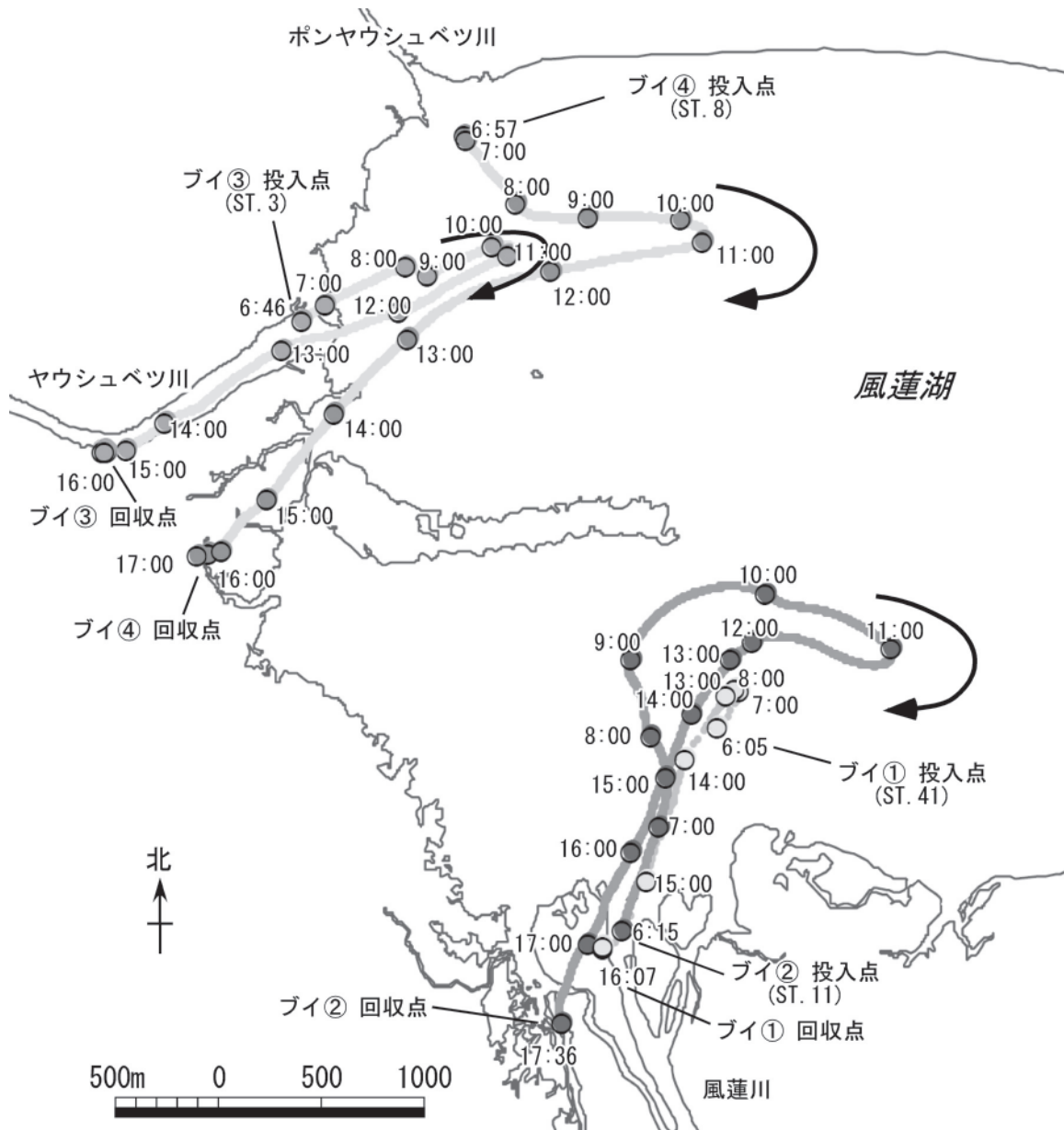
GPSロガーを内蔵した「発信器無し」のブイを複数同時に投入することで、面的に調査対象域の流れを把握することも可能である。しかしこの場合、投入したブイを肉眼のみで発見しなければならず、発見できずにデータおよび機材を失う可能性が高い。

発信器無しのブイを用いる場合、調査船では地図機能付きのGPSを使用し、予め調査側線および投入地点をマークし、投入後のブイ捜索時に、ブイの投入点を把握できるようにしておくことが望ましい。

本調査ではブイを8本使用し、ブイ1から8まで1周しながら投入後（第4図）、ブイ1の投入地点に戻り、ブイ1から8を肉眼で捜索して回収した。各ブイは投入から回収まで、10分程度漂流させ、そのうち5分間のGPSログデータから、各ブイの移動した早さと方向を求めた。



第4図 ブイの投入および回収方法
 Fig. 4 Method of dropping in and recovery.



第5図 風蓮湖における12時間の漂流ブイの軌跡
 Fig. 5 Tracks of drifters during 12 hours in Lake Furen.

IV 調査結果

IV.1 12時間のブイ漂流軌跡

投入した4個のブイの漂流軌跡 (第5図) および各ブイの漂流中の速度と方向について, 正時から2分間の平均 (第2表) を示す。

各ブイは6時の投入後, 11時頃の最干潮時まで湖口方向へ移動した。しかしブイ1は, アマモの群生域に入ったため動きが停滞し, 上げ潮に変化した後の13時頃まで, 顕著な移動が見られなかった。これ以外のブイは, 概ね10cm ~ 20cm / 秒の速度で移動した。

11時頃まで湖口方面に移動した各ブイは, 上げ潮への変化に応じて右回転して移動方向を反転させ, いずれのブイもヤウシュベツ川または風蓮川河口部の三角州地帯に向けて移動した。ただしブイ1については, アマモ群生域に停滞していたままであったため反転時の挙動が不明確である。

上げ潮時のブイの移動速度も下げ潮時と同様, 概ね10cm ~ 20cm / 秒の速度を示していた。特にブイ3は, 13時から14時の地点において, ヤウシュベツ川の河口部を遡上しているにもかかわらず, 湖水域における移動速度と同様の速度で移動し遡上し続けた。

第2表 各ブイの漂流速度と方向
Table2 Drifting speed and direction of each buoy.

| 時間 | B1 (st.41) | | B2 (st.11) | | B3 (st.3) | | B4 (st.8) | |
|-------|------------|-----|------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|
| | 速度 | 方向 | 速度 | 方向 | 速度 | 方向 | 速度 | 方向 |
| 7:00 | 0.01 | 76 | 0.12 | 357 | 0.12 | 69 | 0.11 | 146 |
| 8:00 | 0.03 | 151 | 0.10 | 348 | 0.03 | 120 | 0.11 | 156 |
| 9:00 | - | - | 0.20 | 68 | 0.10 | 69 | 0.16 | 80 |
| 10:00 | - | - | 0.18 | 116 | 0.02 | 123 | 0.12 | 106 |
| 11:00 | - | - | 0.19 | 275 | 0.16 | 246 | 0.07 | 234 |
| 12:00 | - | - | 0.07 | 236 | 0.16 | 264 | 0.25 | 265 |
| 13:00 | 0.09 | 219 | 0.09 | 221 | 0.18 | 242 | 0.18 | 239 |
| 14:00 | 0.15 | 205 | 0.09 | 206 | 0.06 | 239 | 0.12 | 224 |
| 15:00 | 0.19 | 200 | 0.11 | 208 | 0.03 | 268 | 0.11 | 228 |
| 16:00 | 0.05 | 192 | 0.13 | 210 | 0.00 | 284 | 0.08 | 249 |
| 17:00 | - | - | 0.25 | 226 | 0.03 | 81 | 0.01 | 319 |

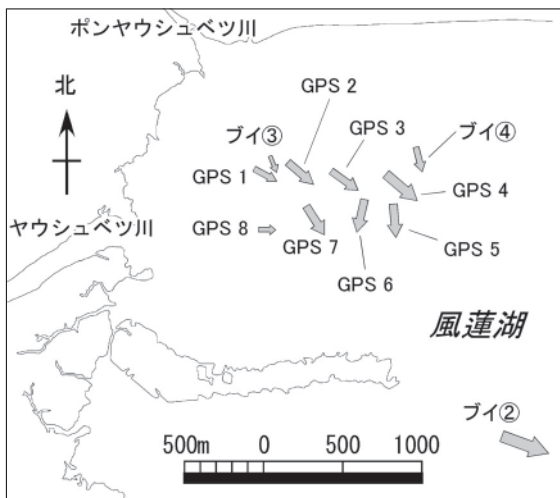
※速度はm/s、方向は真北を0度とする時計回り角度

また、ブイ2やブイ4も、地形図上に三角州として表現されている場所を湖水域と同様の速い速度で、横切る様子が見られ、ブイ2は17時前後、ブイ4は15時前後にその様子が確認できた。

16時から17時にかけて、各ブイは三角州地帯の岸辺やヨシ群落に接触し、移動速度が急速に低下した。岸辺やヨシにトラップされ再移動がほぼ困難と思われたブイについては、18時前に回収した。

IV.2 面的に投入したブイの挙動

GPSのみを内蔵したブイを面的に投入し、各ブイの動きにより表層水の動き調査した(第6図 第3表)。調査の結果、10時半頃に風蓮湖内において流れが反転し始める状況を可視化することができた。今回の調査では、8個のGPSを投入し、その投入から発見・回収まで概ね20分弱を要した。一定の流れが長時間継続する水域の調査であれば、この投入・回収を再度隣接する水域などにおいて繰り返すことで、さらに広範囲



第6図 風蓮湖に投入した11本のブイの動き
Fig. 6 Directions of 11 drifters in Lake Furen.

第3表 各ブイの漂流速度と方向
Table3 Drifting speed and direction of each buoy.

| 浮体 | 開始 | 終了 | 速度 | 方向 |
|-------|---------------|----------|-------|-----|
| GPS 1 | 10:22:41 | 10:27:41 | 0.037 | 118 |
| GPS 2 | 10:23:48 | 10:28:48 | 0.057 | 129 |
| GPS 3 | 10:20:01 | 10:25:01 | 0.058 | 126 |
| GPS 4 | 10:21:26 | 10:26:26 | 0.117 | 130 |
| GPS 5 | 10:23:00 | 10:28:00 | 0.055 | 174 |
| GPS 6 | 10:24:32 | 10:29:32 | 0.048 | 195 |
| GPS 7 | 10:26:02 | 10:31:02 | 0.056 | 147 |
| GPS 8 | 10:33:12 | 10:38:12 | 0.019 | 91 |
| ブイ① | ※アマモ群生域において滞留 | | | |
| ブイ② | 10:26:03 | 10:31:03 | 0.217 | 110 |
| ブイ③ | 10:26:00 | 10:31:00 | 0.028 | 157 |
| ブイ④ | 10:26:03 | 10:31:03 | 0.041 | 165 |

※速度はm/s、方向は真北を0度とする時計回り角度

の流れを可視化することが可能である。

V まとめ

GPSを内蔵した漂流ブイを用いて、風蓮湖内における水の流れの可視化を試みた。

本調査では流速計の設置が困難な藻場の多い風蓮湖において、下げ潮時から上げ潮にかけて、風蓮湖内の水が反転し、河口部の三角州に向かって遡上する実際の流れを可視化することができた。

特にヤウシュベツ川河口部の三角州では、ブイが湖水域の流速と同様の速度で容易に河川を遡上してゆく様子や、ブイが三角州の浅瀬を湖水域と同様の速度で横切る様子が確認できた。また風蓮川河口部の三角州においても、ブイが浅瀬を湖水域と同様の速度で横切り遡上して行く状況が確認され、これらの河口部の三角州地帯は、上げ潮時には水位の上昇に伴い容易に湖水が進入し、湖水の影響を極めて強く受けるエリアであることがブイの動きから推察された。

一方、調査対象とする実際の水の動きと、ブイの動きの間には厳密には差異があり、水深による流速の違いや、ヨシ原付近の水の動きにブイが追従できないなど、課題も明らかとなった。

風蓮湖における現地調査は、科研費(22380102)の助成を受けて実施された。また小樽沖における漂流ブイの漂流特性調査は、科研費(21310111)の助成を受けたものである。

文 献

濱田誠一・木戸和男(2009):GPS漂流ブイを用いた表層流観察,北海道立地質研究所報告,80,111-114.