

表層流計測用の漂流ブイの製作について

油布, 圭
九州大学応用力学研究所技術室

<https://doi.org/10.15017/1786642>

出版情報：九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート． 14, pp.59-64, 2013-03. 九州大学応用力学
研究所
バージョン：
権利関係：



表層流計測用の漂流ブイの製作について

油布 圭

要旨

応用力学研究所東アジア海洋大気環境研究センターの海洋力学分野では、対馬海峡沿岸に海洋レーダーを設置して表層流の監視を行っている。最近の研究において、海洋レーダーにより求めた流速（水深 1-2 m）と衛星画像解析により求めた表層の流速において差異があることが確認された。そのため、流速計や水温計を吊り下げた漂流ブイを製作し、航海観測において表層流の計測を行うこととなった。以下に表層流計測用の漂流ブイの製作と観測で使用した際の様子を述べる。

キーワード：漂流ブイ・表層流・航海観測

1. 漂流ブイの概要

今回依頼を受けて製作した表層流計測用の漂流ブイの概要を図 1 に示す。これは、種々の計測器を所定の水深に吊り下げ、1-2 日間程度海を漂流させて流速等のデータを取得するものである。漂流ブイには電磁流向流速計を 2 台、水温計を 2 台、ADCP（超音波ドップラー式多層流向流速計）を 1 台吊り下げ、また、GPS アンテナと通信アンテナを搭載したオープンコムブイを上部に取り付けている。総重量が 20 kg にも及ぶこれらの計測器類を漂流させるには、それに伴う浮力を持った漂流ブイの本体部分が必要である。よって、その本体部分の設計・製作を行った。

2. 計測器類と総重量の見積もり

漂流ブイの設計において、最初に計測器類全体の重量を見積もった。全体の重量を見積もったのは、これにより浮体である本体部分の設計が変わるためである。漂流ブイに取り付ける計測器類とその重量を以下に記す。

図 2 は位置情報を取得するための GPS アンテナと通信アンテナを搭載したゼニライトブイ社製のブイ（以下オープンコムブイと呼ぶ）である。通信にはオープンコム衛星を利用している。直径が 35 cm 程度の球形で、空中重量は 6.5 kg である。本来、このオープンコムブイは単体でも漂流させることが可能であり、その場合はフード部分よりおよそ下半分が水中に浸かる設計となっている。軽量で小型の計測器であれば、これに取り付けても沈むことはないが、今回のように 1 kg 以上ある計測器を複数付ける場合は浮力が全く足りない。

図 3 は ADCP（RD 社製センチネル型）である。今回の観測では表層の流速を計測するため、水深 10 m に上向きに吊り下げる。空中重量は 13 kg（水中重量 4.5 kg）である。ADCP 本体にはシャックル等の取り付け部分がないので、図 2 に示すような ADCP を収納する器具を使用し、

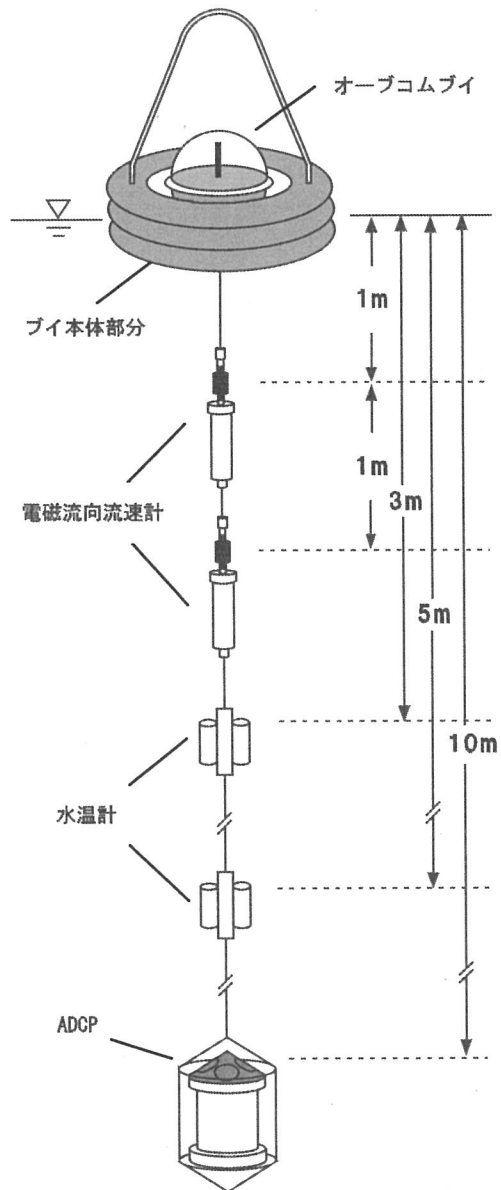


図 1. 漂流ブイの概要

その器具にシャックルを付けワイヤーロープで吊り下げる。この器具の空中重量は4.2 kgである。

図4は電磁流向流速計（JFEアドバンテック社製）である。空中重量は1台あたり1 kg（水中重量0.6 kg）で、今回の計測では2台使用している。また、図に示していないが水温計（JFEアドバンテック社製）も2台取り付け。水温計の大きさは人間の人差し指程度で、空中重量が100 g（水中重量50 g）ほどである。水温計も金属製の容器（空中重量500 g）に収納し、所定の水深に吊り下げる。計測器類とは異なるが、それらを結ぶロープについても記す。ロープは直径4 mmのSUS製のワイヤーロープを用いた。ワイヤーロープよりも軽量の化学繊維製のロープもあるが、強度、水の抵抗、伸縮性を考慮して採用しなかった。シャックル等も含めてブイ本体に加わる計測器類全体の重量を見積もった結果、20 kg程度（水中部分約13 kgとオープンコムブイ 6.5 kg）になることが分かった。最終的には、これに本体部分の重量を加えたものが漂流ブイ全体の重量となる。その重量が加わっても水没しないだけの浮力が、本体部分には必要となる。

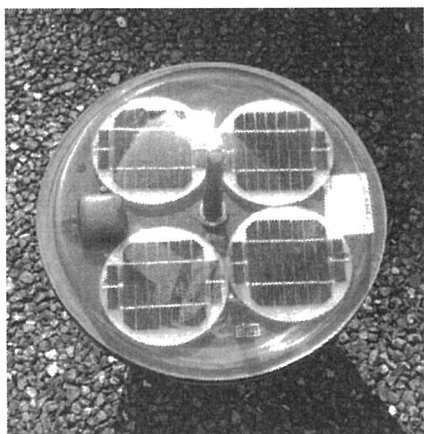


図2. オープンコムブイ

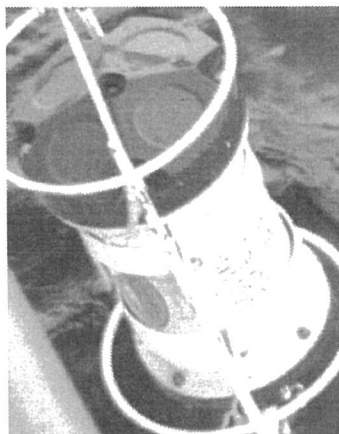


図3. ADCP

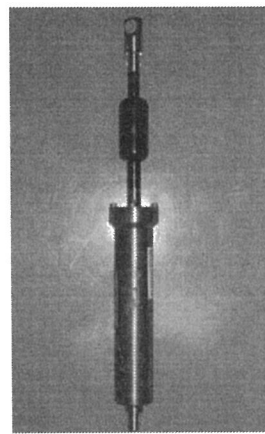


図4. 電磁流向流速計

3. ブイ本体部分の設計と製作

計測器類全体の重量を見積もった後、本体部分の設計に取り掛かった。本体部分に浮力がどの程度必要かということ以外に、今回の設計において注意した点を以下に記す。

- ① 喫水（ブイの底面から水面までの距離）を可能な限り小さくする。
⇒ 喫水を小さくしてブイ本体による流速への影響を軽減させるため。
- ② 標識灯や旗の取り付け位置を可能な限り高くする。
⇒ 他の船舶との衝突などの事故防止のため。また、漂流ブイの追跡や回収において発見を容易にするため。
- ③ クレーンのフック等に掛けられる取っ手部分を設ける。
⇒ ブイの放流や回収作業で必要になるため。
- ④ 複雑な構造にしない。軽くてコンパクトを心掛ける。
⇒ 船上での組み立て作業を簡単にするため。
運搬作業時の効率化と省スペース化のため。

喫水を小さくするには、ブイの底面を平らにして水平方向に大きくする必要がある。当初、ブイの本体部分は球型や俵型のフロートを複数個用いて作製することを考えたが、喫水が大きくなる上に構造も複雑になるため採用しなかった。また、水中のワイヤーロープにフロートを括り付けて浮力を得

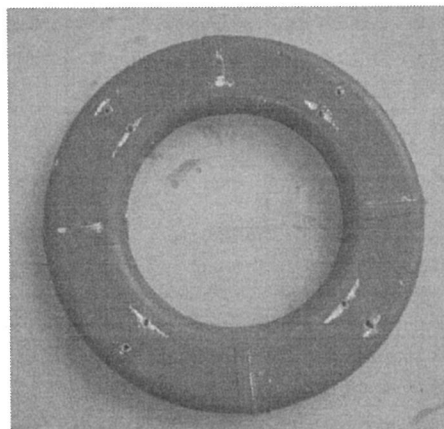


図5. 救命浮環

る方法もあるが、計測への影響が懸念されるため、この方法も採用していない。考えた結果、図5に示すような救命浮環（人命救助等に用いる浮輪）を用いることにした。つくりが簡単で設計しやすいことと平面状で喫水を小さくできるというのが救命浮環を選んだ理由である。また、これらの浮環は元々廃材であり、それを再利用することでコストを抑えられるというの大きな理由である。今回用いた救命浮環は、外径75 cm、内径42 cm、厚さ7.5 cm、重さ1.2 kgである。調べたところ、10 - 15 kgの重さに耐えられる浮力を得られることが分かった。救命浮環1枚だけでは浮力が足りないので、中心部分の開いたスペースに円筒状の発泡材（浮力は10 kg程度）を詰めることにした。この発泡材も元々、計測器を購入した際に入っていた梱包材で、それを再利用している。中央部分には最初から穴が開いていたが、オーブコムブイを収めるのに丁度よかったためそのまま利用した。ただ、浮環1枚と発泡材でも浮力が十分ではないので、最終的に浮環を3枚重ねて、40 - 50 kgの重さでも水没しないように設計した。

図6と図7に、製作した漂流ブイ本体部分を表側と裏側から見た様子を示す。浮環の中にある白い部分が発泡材である。当初、浮環を2枚重ねた設計（2枚だけでも浮力は十分）であったが、安全性を考慮して製作の途中で3枚重ねに変更した。浮環1枚分の重さ1.2 kg重くなるが、喫水はほとんど変わらない（5 mm以内の変化）。この設計・製作段階における喫水の予想は、10 cm程度である。浮環は穴を開けて3枚を8本のネジで固定している。SUS製のアンクルとフラットバーを加工して座金の代わりとし、表側のアンクルには回収用のロープを通すための穴を設けた。ブイの底面側は発泡材の落下防止とワイヤーロープ取り付けのために、浮環の直径と同程度の長さのアンクルを加工して取り付けている。アンクルの角は安全面と軽量化を考慮して落としてある。また、このアンクルにはオーブコムブイを固定するためのネジ穴も中央付近に設けた。

次に標識灯の取り付け部について記す。標識灯の取り付け位置は、高いほど観測船からの発見が容易になるが、重心が高くなると不安定になる。また、標識灯を取り付ける部品自体の重さが増すので、ブイ自体が重くなってしまふ。必要以上に重くなることは避けたいので、クレーン等のフックに掛けるための取っ手の役割と兼ねる設計にした。浮環の対角に逆U字型（高さ1 m前後）になるように、取っ手を取り付けた。材料は直径8 mmのSUS製の丸棒を使用し、U字状に加工している。取っ手部分の両端はフラットバーと溶接して、浮環にネジ止めできる設計とした。標識灯は取っ手の先端部分に二つ、ビニールテープと結束バンドを用いて取り付けることにした。長期間の放流ならばビニールテープは頼りないが、1 - 2日間であれば問題ないと判断した。また、日中でも発見しやすいように橙色の旗もこの取っ手に取り付けている。完成した漂流ブイの本体部分を図8に示す。運搬の際は、この取っ手部分を取り外すことで収納スペースを抑えることができる。

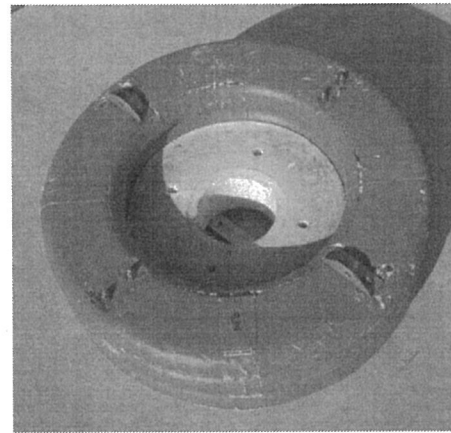


図6. 漂流ブイ本体部分（表）

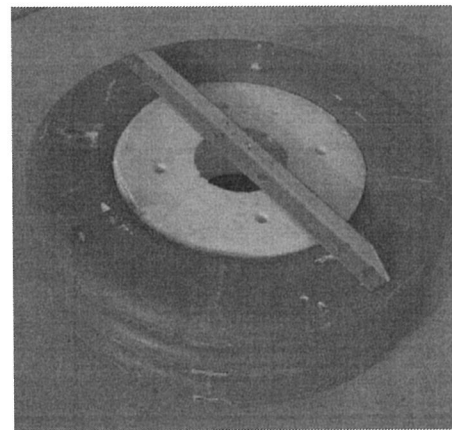


図7. 漂流ブイ本体部分（裏）

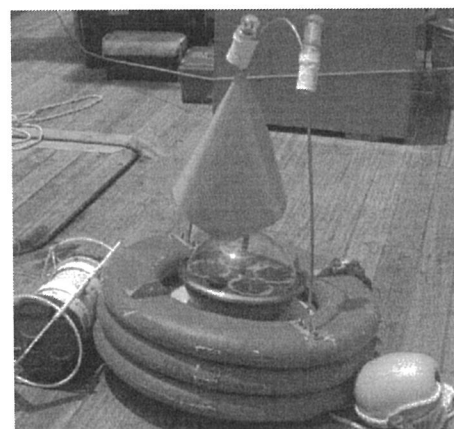


図8. 漂流ブイ本体部分（完成形）

4. オープコムブイの動作テスト

今回漂流ブイに取り付けたオープコムブイ（図 2）は購入から数年が経過しており、この間実践的な使用の機会が少なかった。今回の使用に際して、業者にメンテナンスと動作確認を依頼したが、筆者自身も確認のために動作テストを行った。最も確認したかったのは、通信動作とバッテリーの消耗具合である。ブイは電源を入れると、指定したメールアドレスに定期的に位置情報を送信する。通信間隔は 5 分から 24 時間の間で設定可能であるが、間隔が短いほどバッテリーの消耗が激しい。バッテリーも購入から数年が経過しており交換時期に達しているが、使用回数が少なく著しい電圧の低下がないこと、高価であることを考慮して交換しなかった。バッテリーはソーラーパネルから日中に充電されるので、通信間隔の設定次第では数か月間の継続使用も可能であるが、充電が追いつかないと動作を停止する。理想は通信間隔を最小に設定してデータを取得することであるが、バッテリーとの兼ね合いがある。漂流中にバッテリーが切れた場合、追跡不能になってしまう。

動作テストは、当研究所の屋上にて行った。電源投入後、数 - 数十時間オープコムブイを放置して、指定のメールアドレスに位置情報が問題なく送信されるか確認した。日中や夜間、曇りの日、雨の日など幾つかの条件で試したが、位置情報のメール受信やバッテリーの消耗具合に大きな問題はなかった。しかし、1 点気になることがあった。1 日のうち数回程度、数時間メールの受信が途切れることである。確認したところ、オープコム衛星による通信の場合、衛星位置により通信が切れるということであった。そのような場合は、数時間後に通信が途切れた間のメールが少しずつ送られてくる。通信間隔が短いほど多くのデータがブイの中に溜まり、すべて排出し終えるのに更なる時間を要することが分かった。ブイ漂流中は、観測船においてメールに記載された位置情報を確認しながら追跡を行う。メール記載の位置情報が過去のものほど回収が困難になるとの予想から、通信間隔を最小の 5 分ではなく 10 分とすることに決めた。因みに、船上から漂流中のブイに対して通信間隔を変更することも可能であるが、衛星位置により成功しない場合もある。

5. 航海観測における漂流ブイの使用

今回作製した漂流ブイは、黒潮域における淡青丸の航海観測と対馬・五島周辺における長崎丸の航海観測において使用した。航海前に津屋崎沖で試験的に数時間放流したが、水没や通信不良等の問題は起きていない。長崎丸の航海観測における漂流ブイ放流の様子を図 9 と図 10 に示す。津屋崎沖の試験においても確認したが、図 10 において確認できるように喫水は 7 cm 前後であった。3 枚重ねた浮環の 1 枚（厚さ 7.5 cm）が水面下に沈む程度であり、設計時の予想より大きく沈まなかったことに安心した。淡青丸での観測においては約 1 日半の間、長崎丸での観測においては約 2 日間（1 日間の放流を 2 回）ブイを漂流させた。淡青丸観測では雨や時化のため、回収時に一時見失ってしまったが、最終的に無事回収することができた。通信に関しても一時的に数時間程度途切れることはあったが、回収や追跡に大きな問題は生じなかった。長崎丸観測



図 9. ブイ放流時の様子

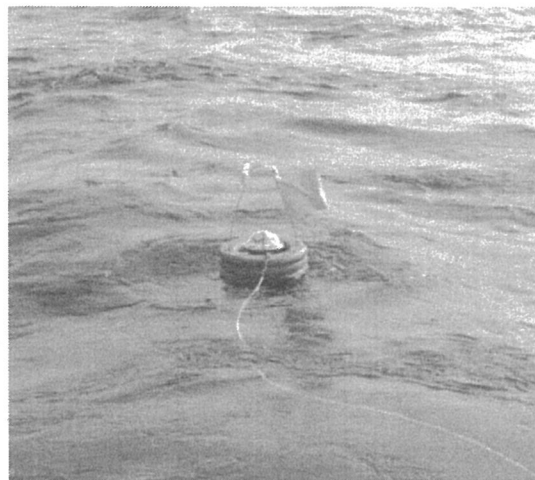


図 10. 放流直後のブイ



図 11. ブイ回収時の様子



図 12. 回収直後のブイ

における回収時の様子を図 11 と図 12 に示す。回収後にブイを確認したが、特段の損傷は見られなかった。問題点として、長崎丸観測で 2 回目の漂流ブイ回収時に回収用のロープが下のワイヤーロープと計測器部分に巻き付いていたことが挙げられる。図 10 から分かるように、ブイ放流直後は問題なかったため、漂流中にブイが回転して巻き付いたと思われる。そのような状況为了避免するために水に浮くロープを使用していたが、防ぎきれなかった。今後同様の漂流ブイ計測を行う場合は、新たな対策を考えなければならない。

また、観測において標識灯の位置が高いほど漂流ブイを発見しやすいことも実感した。特に黒潮域での淡青丸観測では夜間にブイを回収したが、時化の影響もあって離れた位置からだとブイ全体が波に隠れてしまい発見に時間を要した。また、今回波高等を計測可能な既製品の漂流ブイ（以下波浪ブイと呼ぶ。（図 13））も同時に使用したが、淡青丸観測時においてこのブイには海面付近の高さに標識灯（フードの中）を一つしか設けておらず、旗も付けていなかった。そのため、回収時の捜索にかなりの時間を要した。特に日中は標識灯も点滅しないので、目視で見つけるのは困難であった。その反省もあり、次の長崎丸観測では波浪ブイに図 13 に示すような標識灯付きのブイを作製し、回収用ロープの先に取り付けた。海面から先端までの長さは約 1.9 m で、先端に旗と 0.3 m, 1 m の高さに色の異なる標識灯も取り付けた。これにより、長崎丸の観測では波浪ブイが船からある程度離れても、位置を容易に確認することができた。勿論、海が時化していなかったことも発見が容易であった大きな理由であると思う。今回作製した漂流ブイにおいても、強流域等における観測で再び使用する際には、同様に標識灯付きのブイを付けることで捜索時の効率化を図れると思う。

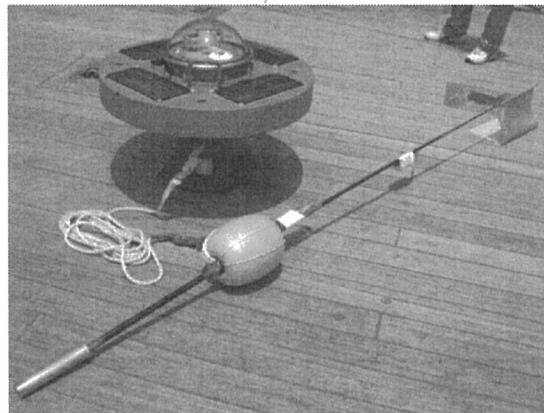


図 13. 波浪ブイ（既製品）と
標識灯付きのブイ

6. おわりに

観測用の器材作製と航海観測は、初めての経験であった。観測中は作製した漂流ブイを、計画通り無事に回収できるか心配であった。淡青丸観測において、船員の方から捜索中にブイを見失ったと連絡を受けたときは、漂流途中でブイが崩壊したと思い落胆したが、最終的に無事回収できて安心した。漂流ブイの設計・製作時においては、標識灯をできるだけ高い位置に取り付ける意味や取っ手部分の必要性を理解しきれてい

なかったが、実際に観測を行ったことでその重要性を確認できた。今後、同様の観測器材の設計・製作に活かしていきたい。

参考文献

- [1] 丸林賢次、安永誠、石橋道芳：表層流計測ブイの試作について、九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート、vol.7 p.64-71(2006)
- [2] 丸林賢次、安永誠、稲田勝、石橋道芳：強流域での係留ブイ式による測流、九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート、vol.7 p.72-77(2006)
- [3] 丸林賢次、石橋道芳：海洋計測における水平機構について、九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート、vol.8 p.137-141 (2007)

謝辞

東アジア大気海洋環境研究センター海洋力学分野の増田章教授と吉川裕准教授には、漂流ブイ製作の機会を与えて頂いたこと、レポート作成を快諾して頂いたことに感謝致します。また、製作に関して多くの助言を頂いた丸林賢次氏、石橋道芳氏にお礼申し上げます