

Argoフロートの回収は可能か？

岡 英太郎^{*1} 伊澤 堅志^{*2} 井上亜沙子^{*3} 安藤健太郎^{*2}
四竈 信行^{*1} 水野 恵介^{*2} 末広 孝吉^{*4} 竹内 謙介^{*1}

Argoフロートの塩分センサーの安定度を調べるため、また観測終了後のフロートの回収可能性を検討するため、稼働中のフロートの回収を2001年11月および2002年3、6月の3回試みた。10日に1度浮上し、約半日間海面を漂流するフロートの探索は、まずARGOSシステムにより得られる浮上位置に行き、そこからはフロートの発信するARGOS電波を方向探知するという方法で行われた。回収は3回とも成功し、その結果フロートの塩分センサーのドリフトは無視できる程度に小さいことが明らかとなった。また、フロートの回収は海況さえよければかなりの高確率で成功するであろうこと、よって観測を終了したフロートが最終的に海面において漂流状態に入るようプログラムすることにより、これらを回収して環境に対する負荷を軽減することが可能であること、ただしフロートの海面漂流には約半年という時間的限度が存在することが明らかとなった。

キーワード：Argo計画, フロート回収, 塩分センサー

Is retrieve of Argo floats possible ?

Eitarou OKA^{*5} Kenji IZAWA^{*6} Asako INOUE^{*7} Kentaro ANDO^{*6}
Nobuyuki SHIKAMA^{*5} Keisuke MIZUNO^{*6} Kokichi SUEHIRO^{*8} Kensuke TAKEUCHI^{*5}

In order to examine long-term stability of the salinity sensor of Argo floats and to investigate how to retrieve floats after termination of their missions, retrieve of an observing float was tried three times i.e. in November 2001 and March and June 2002. Argo floats surface every ten days and drift at the sea surface for about half a day. They were searched in a way that a R/V rushed to the surfacing point fixed by the ARGOS system and then detected the float using an ARGOS direction finder. The retrieve was successful all the three times, resulting in the following facts clarified.

- Drift of the salinity sensor is negligible.
- Retrieve of floats is practicable under a good sea condition.
- Therefore, it is possible to retrieve floats after termination of their missions for reducing an environmental load by programming them to terminate at the sea surface, although the period of their drift at the sea surface is limited to about half a year.

Keywords : Argo project, retrieve of float, salinity sensor

*1 地球観測フロンティア研究システム 気候変動観測研究領域

*2 海洋観測研究部

*3 (株)マリン・ワーク・ジャパン 海洋科学部

*4 海上保安庁 海洋情報部 環境調査課

*5 Climate Variations Observational Research Program, Frontier Observational Research System for Global Change

*6 Ocean Observation and Research Department

*7 Department of Marine Science, Marine Works Japan LTD

*8 Environmental and Oceanographic Research Division, Hydrographic and Oceanographic Department, Japan Coast Guard

1. はじめに

全世界の海洋に3000個のプロファイリングフロートを展開し、海洋表層・中層の水温・塩分のリアルタイム監視網を構築するArgo計画が2000年から始まっている(例えば、水野, 2000; Roemmich and Owens, 2000; 佐伯, 2000)。2002年7月現在、約500個のArgoフロートが稼動中である。今後は年間800個程度が投入され、2004~2005年には目標数のフロートが展開される見込みである。

Argoフロートは所定の滞在深度(通常2000m)にて漂流し、10日に1度CTDセンサーで水温・塩分・圧力を測定しながら約6時間かけて海面まで浮上する。海面には約半日間滞在し、そこからARGOSシステムを通じて測定データを地上に送信する。その後は再び滞在深度に戻る。フロートは150回以上の観測を行うバッテリー能力を有し、稼動期間は約4年である。現在市販されているArgoフロートには、Webb社のAPEX型とMet Ocean社のPROVOR型の2種類がある。

日本では、国際Argo計画に対応して文部科学省と国土交通省が連携し、政府のミレニアム・プロジェクト「高度海洋監視システムの構築」(以下、日本のARGO計画と呼ぶ)が2000年度から始まった。実施機関は海洋科学技術センター、気象庁、および海上保安庁である。日本は2000年度からの5年間で約420個のフロートを西部北太平洋および東部熱帯インド洋に投入することになっており、2002年7月までに約80個を投入した。今後は年間100個程度を投入する予定である。

日本のARGO計画では、海洋科学技術センターの海洋観測研究部と地球観測フロンティア研究システム 気候変動観測研究領域 亜表層・中層グループの共同チーム(以下、JAMSTEC/FORSGC)がフロートによる観測の主体となり、フロートの購入、調整(浮力調整、センサーの事前検定)、および投入を行っている。さらに最近では、フロートの回収を試みている。実海域で稼動中のフロートの回収は以下に述べる2つの理由により、Argo計画を進める上で重要な意味を持つ。

1つ目の理由は、塩分センサーの安定度に関するものである。係留ブイやプロファイリングフロートのような長期間にわたるCTDの連続測定では、一般に水温・圧力センサーが比較的安定しているのに対し、塩分センサーは経時変化を示す。しかも、プロファイリングフロートの場合、係留ブイと異なりセンサーの事後検定が通常なされないため、個々の塩分測定値に含まれるドリフトの大きさを見積もることができない。このことは測定データの品質管理上、大きな問題となる。一定期間海中で観測を行ったフロートを回収して塩分センサーの事後検定を行い、ドリフトの大きさを測定することができれば、データの品質管理上非常に有益な情報となる。

2つ目の理由は、観測終了後のフロートが環境に与える影響に関するものである。Argo計画が軌道に乗ると、年間約1000個のフロートが投入されるようになる。これは、年間約1000個のフロートが観測を終了し、海面ないしは海中にて漂流状態になることを意味する。海面を漂流するフロートの一部は、海岸に漂着したり海上で拾得されるなどして回収されるが、残りはやがて生物付着等のために水没し、海中を漂流するフロートと共にいずれは海底に沈んでいく。法律的には、観測終了後のフロートが

海底に沈んでも廃棄物とはならず、問題にはならない(水野, 2002)。しかし、環境に対する負荷を軽減する意味から、観測終了後のフロートはできるだけ海面で回収することが望ましい。

フロートの回収には、漂着・拾得を待つ消極的回収と、探索を行い回収する積極的回収の2パターンがある。「消極的」に回収されるフロートの割合は、フロートが海面を1年間漂流した場合で約25%と見積もられている(水野, 2002)。積極的回収を試みた場合、その成功確率はどの程度であろうか? 積極的回収のこれまでの成功例としては、ワシントン大学のRiserらが2000年8月に、西部北大西洋で3年間観測を続けていたPALACE型フロート(APEX型の前身)を回収した例がある(Riser and Swift, 2002)が、日本国内では未だ成功例は報告されていない。実海域で稼動中のフロート回収を試みることで、回収がどの程度可能なものであるか見積もることができる。

以上のような理由により、JAMSTEC/FORSGCでは2001年11月に東京大学海洋研究所・淡青丸、2002年3月に「みらい」、6月に海上保安庁・拓洋を用いて稼動中のArgoフロートの回収を試みた。結果はいずれも成功であった。ここでは、フロート探索・回収の方法と3回の回収事例の詳細について述べる。さらに、フロート回収により得られた、センサーの安定度や積極的回収の可能性に関する新たな知見について述べる。

2. フロート探索・回収の方法

2.1. 手順概要

Argoフロートは約半日間の海面滞在中、数10秒間隔でARGOS電波を発信し、これをフロート上空を延べ5~10回程度通過するARGOS衛星が受信する。その際、電波のドップラーシフトからフロートの位置が決定される。この位置データは観測データと共に衛星からARGOS受信局に送られ、デコードされたのち陸上の研究者に電子メールで届けられる。

回収を行う船は、まずフロートの10日前の沈降地点にて待機する。フロートが海面に浮上し、最初の位置データが陸上の研究者から伝えられたら、その位置に急行する。到着後はフロートが発信するARGOS電波を頼りに方向探知器を用いて探索する。以上の手順を模式図に示す(図1)。

2.2. 事前準備

フロートの海面滞在中、6基あるARGOS衛星のうちどの衛星がいつ上空を通過するかは、予め計算可能である(中島ほか, 2001; 高槻ほか, 2001)。通常、この通過時間から30分~数時間程度遅れて、陸上の研究者に観測データと位置データが届く。このタイムラグは、衛星がフロート電波を受信してから20数ヶ所あるARGOS受信局の1つを見つけるまでの時間、およびデータのデコード時間に相当する。フロートが日本近海にいる場合、海洋科学技術センターに受信局があるため、前者はほぼゼロとなり、タイムラグはデータのデコード時間(約30分)のみとなる。

よって、日本近海でフロート回収を行う場合、当日いつ頃船に位置データが届くかは、30分程度の単位で予測可能である。ただし、衛星がフロート電波を受信する際にフロート位置が決定されない場合や、上記タイムラグが大幅に伸びる場合があるので、予測した時間に必ず位置データが届くとは限らない。

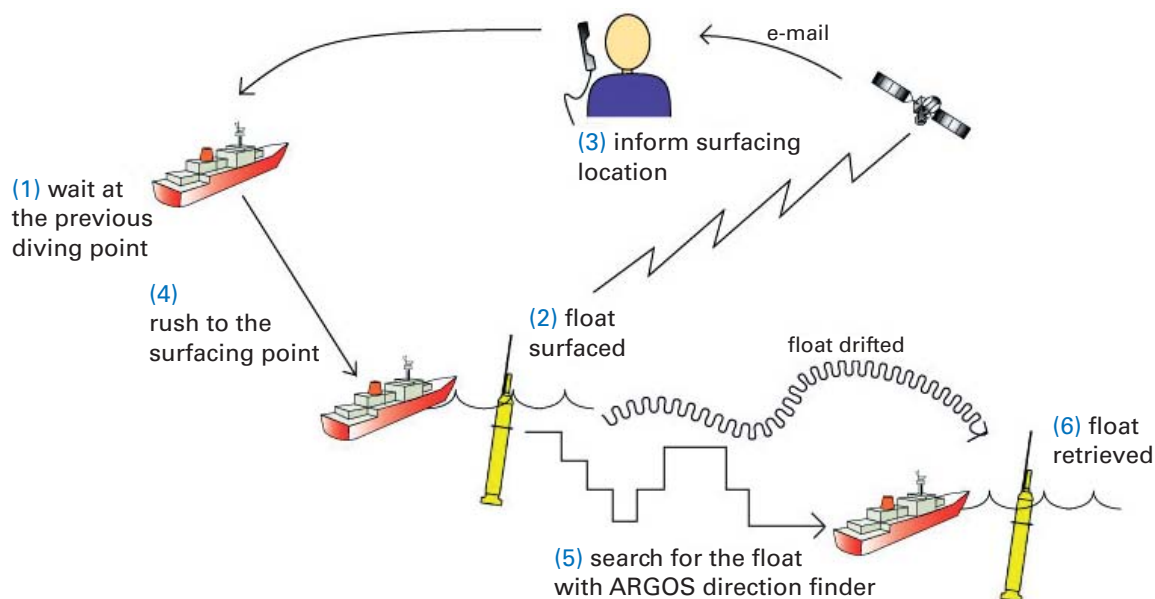


図1 Argoフロート探索の手順。

Fig. 1 Procedure for searching an Argo float.



写真1 ARGOS方向探知器GONIO 400。本体(左)とアンテナ部(右)。
Photo 1 ARGOS direction finder GONIO 400. The main body (left) and the antenna (right).



写真2 八木アンテナ。「みらい」のコンパスデッキ右舷側に設置したところ。
Photo 2 Yagi antenna set up on the starboard side of the compass deck of R/V Mirai.

2.3. フロートの探索・回収

船はフロートの10日前の沈没地点にて待機する。陸上の研究者は最初の位置データを受け取ったら船にFAXで伝え、船はその位置に急行する。位置データの精度は3つのClassで表され、位置の誤差はClass 3が150m以内、Class 2が150～350m、Class 1が350～1000mである。

浮上位置到着後のフロート探索には、SERPE-IESM社のARGOS方向探知器GONIO 400(写真1)や手製の八木アンテナ(写真2)を用いる。GONIO 400はARGOS電波を受信すると、その方向(1度単位)と受信レベルを表示する。方向探知の精度は15度である。八木アンテナは4本用意し、船首、船尾、右舷、左舷の4方向に向ける。各方向からの受信強度を、アンテナに接続したSERPE-IESM社のARGOS簡易レシーバーR.M.D 02(写真3)で調べ、それらを比較することにより電波の方向を推定する。これら方向探知器のアンテナは



写真3 ARGOS簡易レシーバーR.M.D 02。
Photo 3 ARGOS receiver R.M.D 02.

障害物による反射の影響を最小限にするために、アッパーデッキのできるだけ見通しの良い場所に設置する(写真2)。

フロート発見後は、波浪等の海象やフロートの漂流状態、収容作業の様子などをデジタルカメラ等を用いて記録する。収容作業およびその方法については乗組員に任せることが多い。

2.4. 回収フロートの処理

フロートの様子、特にセンサー部の状態や生物付着の状況を確認し、記録する。付着生物のある場合は、可能であれば採取する。その後フロート全体を清水で流し、特にセンサー部をよく洗う。センサーの伝導度セル内部に清水を流した後、蒸留水を満たしてセンサーキャップを装着し、センサーを保護する。フロートは、浮上時の観測データを確実に送信させるため、約半日間露天部に置く。その後乾燥させて木箱に収納する。

3. これまでのフロート回収事例

3.1. 淡青丸による回収

対象フロート(WMO番号29050)はAPEX型でSea-Bird Electronics(SBE)社のSBE-41型センサーを備えている(表1)。滞在深度は2000db、浮上間隔は10日、海面滞在時間は約8時間、ARGOS電波送信間隔は44秒である。フロートは2001年2月17日(日本時間、以下全て同じ)に「みらい」MR01-K01航海で31.997°N・146.091°Eに投入され、以後9ヶ月間順調に観測を続けていた(図2)。

このフロートを、塩分センサーの安定度を調べるため、東京大学海洋研究所・淡青丸のKT-01-16航海(2001年11月22

日～12月1日)で回収した。フロートの浮上時刻は11月24日03:30頃であり、11月14日のフロート沈降地点(32.010°N・144.416°E)にて待機した。03:55に最初の位置データ(32.118°N・144.538°E, Class 1, 03:31)が陸上から伝えられ、この浮上位置に向かった。約9マイルの距離だったため、05時前に到着した。夜明けを待ち、06時頃探索を開始した。この日は波高1メートル程度で、海況は非常に穏やかであった。

探索にはGONIO 400および八木アンテナを用いた。GONIOが比較的安定した方向を指したので、主にこれを用いて操船し、約1時間でフロートを発見した。GONIOによるフロート電波の受信レベルは探索開始時が85、途中80まで落ち、発見直前は90であった。フロートは07:15に収容された。収容は、ロープで輪を作り、これをフロートの安定板に掛けて締める方法で行った(写真4)。

回収されたフロートは、本体にカビのような黒い小さな生物が多数付着していた。それ以外には目立った汚れはなく、特にセンサー部は非常にきれいな状態であった(写真5)。

3.2. みらいによる回収

対象フロート(WMO番号なし、ARGOS ID 23816)はPROVOR型でSBE社のSBE-41CP型センサーを備えている(表1)。滞在深度は2000db、浮上間隔は試験投入のため3日、海面滞在時間は約12時間、ARGOS電波送信間隔は30

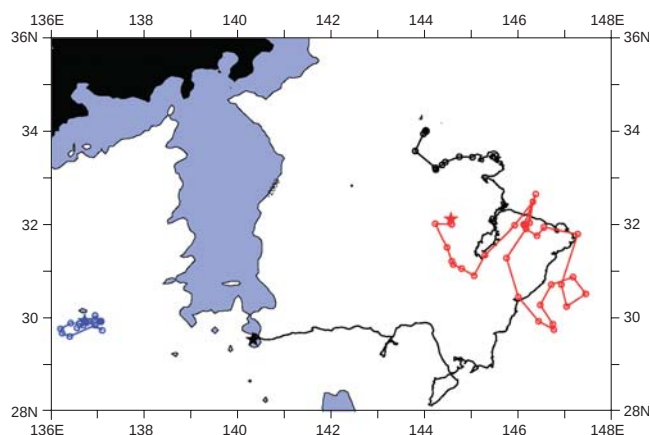


図2 WMO番号29050(赤), ARGOS ID 23816(黒), WMO番号Q2900186(青)の各Argoフロートの軌跡。中塗りの丸は投入点, 中抜きの丸は浮上・観測点, 星印は最終浮上・回収点を表す。紫色の領域は2000m以浅の海域を示す。

Fig. 2 Trajectories of Argo floats with WMO No. 29050 (red), ARGOS ID 23816 (black), and WMO No. Q2900186 (blue). Closed circles, open circles, and stars show positions of launch, ascent and observation, and the final ascent and retrieve, respectively. Purple regions indicate areas shallower than 2000m.

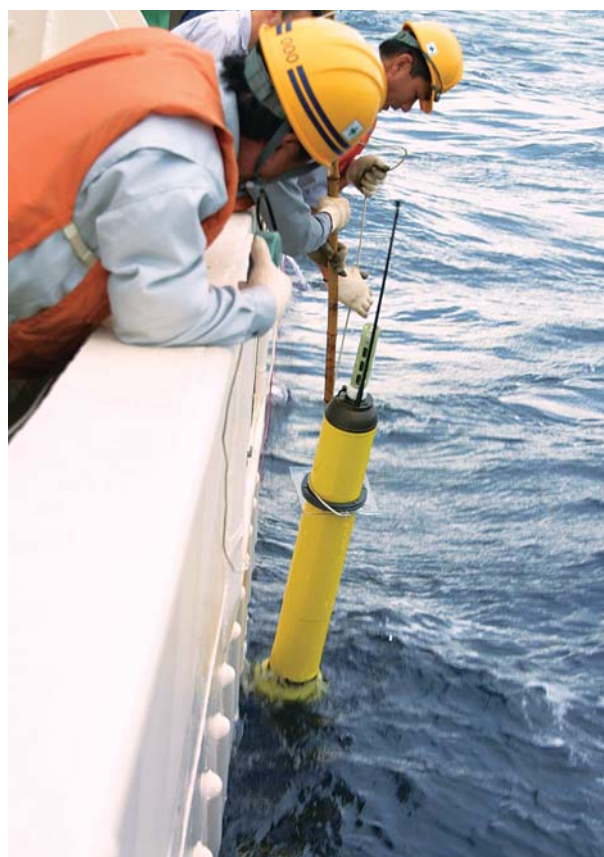


写真4 フロート29050の収容作業。

Photo 4 Pickup of Argo float 29050.



写真5 回収されたフロート29050のセンサー部。
Photo 5 CTD sensor of Argo float 29050 retrieved.

秒である。フロートは2001年10月13日に「かいよう」KY01-08航海で33.997°N・143.996°Eに投入された。11月3日に8回目の浮上を行った後、浮上・沈降を行わなくなり、以後5ヶ月間海面を漂流していた(図2)。

このフロートを「みらい」MR02-K02航海のレグ2(2002年2月21日～3月31日)で回収した。3月27日22時にフロートの漂流海域に到着し、直ちにGONIOおよび八木アンテナによる方位探知を開始した。これは、船の運航スケジュールにより回収作業が翌28日の08時までと限られており、探索

時間が日の出(05:29)から最大2.5時間しか取れなかったためである。

この日はGONIOの示す方向が定まらず、GONIOの受信レベルと八木アンテナから推定される方向をもとに操船した。28日02:40まで船の針路を「の」字、逆「の」字にとり方位探知を行ったところ、01:45にGONIOの受信レベルが最高の87となった。この最高レベルの位置に04:55に戻り、ここでADCPの流向からフロートの漂流方向を予測し、その方角に向かった。05:30に陸上より04:04と05:07の位置データが伝えられた。この位置が船の進行方向にあったため、同じ方向に進み続けたところ、05:59フロートを発見した。06:30に多関節クレーンとネットの準備が終了し、06:44にネットでフロートをすくい上げた(写真6)。この日は波高4.5mでうねり、風波共に大きかった。

フロートは発見時、喫水が通常より深くなっており、センサー部がようやく海面に出る程度であった。引き揚げしてみると、魚網やおびただしい数のエボシガイ(*Lepas anatifera* Linnaeus)が付着していた(写真7)。後日、この時の喫水をもとに、このフロートに回収時どれだけの重さの生物が付着していたか、また、あとどれだけの重さが加わると水没していたかを海洋科学技術センターの水槽を用いて計測したところ、それぞれ1186g、118gとなった。このフロートはあと0.5ヶ月、すなわち海面漂流開始後5.5ヶ月で水没、通信途絶していたであろうと推定された(水野, 2002)。

表1 回収された3本のArgoフロートのパラメタ設定および履歴。ARGOS ID 23816のフロートは投入24日目に浮上・沈降を止め、それ以降海面を漂流していたため、このフロートに関しては最終浮上日・位置の代わりに回収日・位置を示す。

Table 1 Parameters and histories of three Argo floats retrieved. Date and position of retrieve are shown instead of those of the final ascent for the float with ARGOS ID 23816, which stopped ascending and descending 24 days after launch and had drifted at the sea surface since then.

WMO NO.	29050	—	Q2900186
ARGOS ID	06504	23816	19249
float type	APEX	PROVOR	PROVOR
CTD sensor	SBE-41	SBE-41CP	SBE-41CP
parking depth	2000 db	2000 db	2000 db
observational cycle	10 days	3 days	10 days
period at sea surface	approx. 8 hours	approx. 12 hours	approx. 12 hours
ARGOS transmission cycle	44 sec.	30 sec.	30 sec.
date of launch (JST)	Feb 17, 2001	Oct. 13, 2001	Jan 30, 2002
position of launch	31.997°N, 146.091°E	33.997°N, 143.996°E	29.939°N, 137.066°E
R/V used for launch	Mirai	Kaiyo	Ryofu-maru
date of final ascent (JST)	Nov. 24, 2001	Mar. 28, 2002	Jun. 9, 2002
position of final ascent	32.118°N, 144.538°E	29.544°N, 140.305°E	29.959°N, 136.722°E
R/V used for retrieve	Tansei-maru	Mirai	Takuyo
observational period before retrieve	280 days	166 days	130 days



写真6 フロート23816の収容作業。
Photo 6 Pickup of Argo float 23816.

(a)



(b)



写真7 回収されたフロート23816の全景 (a) およびセンサー部 (b)。
Photo 7 A complete view (a) and CTD sensor (b) of Argo float 23816 retrieved.

3.3. 拓洋による回収

対象フロート(WMO番号Q2900186)はPROVOR型でSBE-41CP型センサーを備えている(表1)。滞在深度は2000db, 浮上間隔は10日, 海面滞在時間は約12時間, ARGOS電波送信間隔は30秒である。フロートは2002年1月30日に気象庁・凌風丸02-01航海で29.939°N・137.066°Eに投入されたが(図2), 投入直後より, 投入時のCTD観測データや気候値データに比べて約0.02低い塩分値を示し続けていた。

このフロートを, 海上保安庁・拓洋のArgoフロートデータ検証観測航海(2002年6月6日~12日)で回収した。フロートの海面浮上時刻は6月9日06:30頃であり, 5月30日のフロート沈降地点(29.820°N・137.034°E)にて待機した。08:11に最初の位置データ(29.959°N・136.722°E, Class 2, 07:40)が陸上から伝えられた。浮上位置は待機位置より約18マイルの距離であった。

探索にはGONIO 400を用いた。待機地点を出発した時からGONIOによる探知を開始したところ, フロートから約8マイルの位置で受信レベル35の電波を船首方向に捉えた。方向が船首方向で変わらぬまま受信レベルが80まで上がっていき, 09:47フロートを発見した。発見位置は29.948°N・136.727°Eで, 浮上位置より約0.7マイルの距離であった。波高1メートル程度で海況が非常に穏やかだったため, ゴムボートを下ろし, 10:35に素手によりフロートを収容した(写真8)。

回収されたフロートは本体および安定板に, 黒い小さな生物が多数付着していた(写真9a)。それ以外に目立った汚れはなく, 特にセンサー部はきれいな状態であった(写真9b)。

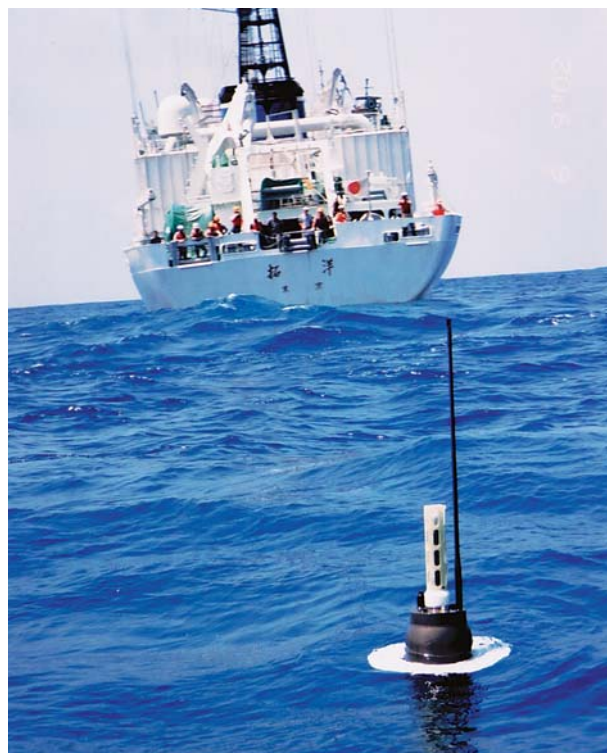


写真8 収容直前のフロートQ2900186。
Photo 8 Argo float Q2900186 just before pickup.

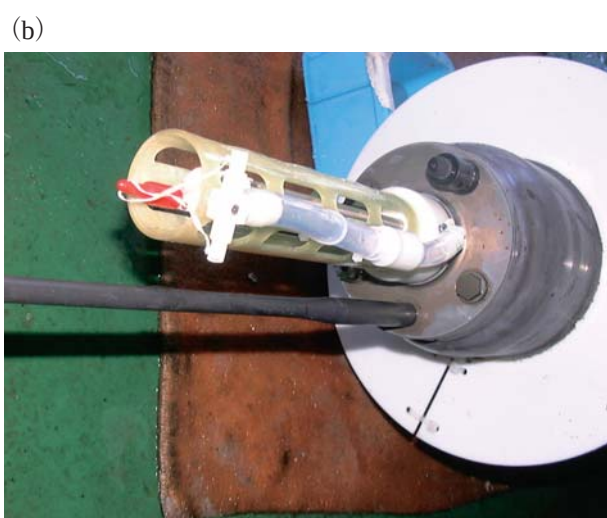


写真9 回収されたフロートQ2900186の安定板(a)およびセンサー部(b)。
Photo 9 Stability disk (a) and CTD sensor (b) of Argo float Q2900186 retrieved.

4. 回収フロートセンサーの事後検定結果

4.1. 淡青丸の回収フロート

事後検定は2001年12月12日に海洋科学技術センターの水温・電気伝導度用校正バスを用いて行われた。この校正バスは、同一濃度の人工海水を用いて約32℃から1℃の間の数点で温度を安定させ、32℃から1℃までの温度および約6S/mから3S/mまでの電気伝導度の検定を同時に行うものである(井上ら, 2001; 松本ら, 2001)。事後検定により求められた電気伝導度の真値からの差(ドリフト)を図3に青色の線で示す。

塩分ドリフトは、電気伝導度6S/m(水温30℃)付近で最大となり、+0.003psu相当であった。これはArgo計画における塩分の目標観測精度0.01psuと比べて十分小さい値である。フロートは9ヶ月間稼動していたので、ドリフトが時間に比例して増大すると仮定すると、3年後のドリフトは+0.012psuとなる。この値は、Riserらが回収したSBE-41型センサー付きPALACE型フロートの3年間で0.005~0.006psuというドリフト

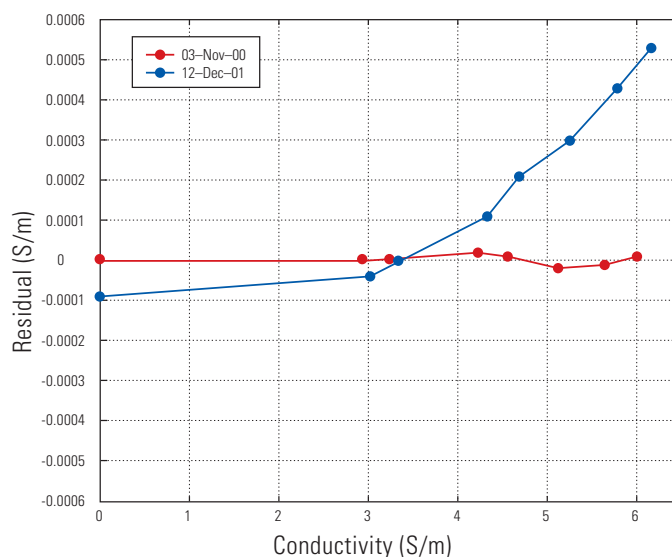


図3 フロート29050の出荷前(赤)および回収後(青)の電気伝導度センサー検定結果。検定により求められた電気伝導度の真値からの差を、真値の関数として示す。ここでの真値とは校正バスの基準器が示した値を、検定により求められた電気伝導度とはSea-Bird Electronics (SBE) 社の出荷前検定で決められた検定係数によるセンサーの指示値を意味する。出荷前検定は2000年11月3日にSBE社で、回収後の検定は2001年12月12日に海洋科学技術センターで行われた。

Fig. 3 Calibration results for Argo float 29050 performed at Sea-Bird Electronics, Inc. before shipment on November 3, 2000 (red) and at the JAMSTEC after retrieve on December 12, 2001 (blue). The difference in conductivity between the calibration and the reference conductivity is shown as a function of the reference conductivity.

(Riser and Swift, 2002)に比べるとやや大きい、それでも目標精度と同程度の大きさである。事後検定の結果は、ArgoフロートのCTDセンサーの塩分ドリフトが無視できる程度に小さいことを示している。

4.2. 「みらい」の回収フロート

回収フロートはSBE社に送られ、センサーの事後検定が行われた。その結果、塩分ドリフトは-0.003psuであるとの報告があった。この値は、5ヶ月間海面を漂流したフロートのものとしては、極めて小さい。

4.3. 拓洋の回収フロート

事後検定は2002年6月20日および21日に、海洋科学技術センターむつ研究所に移転した水温・電気伝導度用校正バスで行われた。2回の検定結果(図4の青色と赤色)はよく一致している。これらから塩分ドリフトを見積もると、3~6S/mの

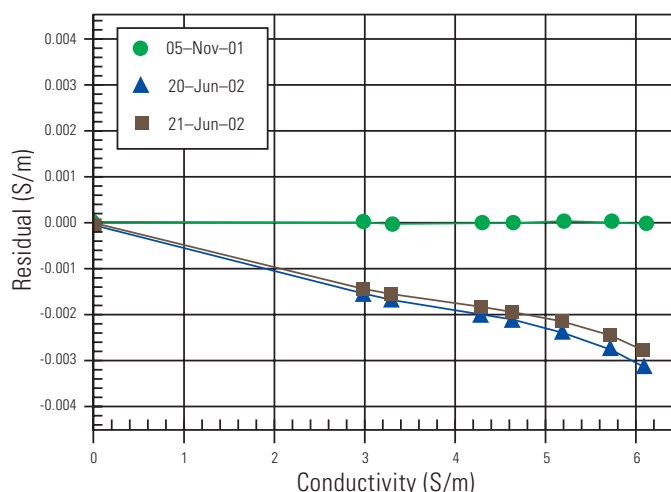


図4 図3と同様。但し、フロートQ2900186の出荷前(緑)および回収後(青、赤)の検定結果。出荷前検定は2001年11月5日にSBE社で、回収後の検定は2002年6月20日および21日に海洋科学技術センターむつ研究所で行われた。

Fig. 4 Same as Fig.3 but for Argo float Q2900186 at Sea-Bird Electronics, Inc. before shipment on November 5, 2001 (green) and at the Mutsu Institute for Oceanography of the JAMSTEC after retrieve on June 20 (blue) and 21 (red), 2001.

電気伝導度レンジにおいてほぼ一定となり、-0.018psu相当であった。

このフロートは投入直後から、投入時のCTD観測データや気候値データに比べて約0.02低い塩分値を示し続けていた。よって検定結果は観測事実と合致している。このことは事後検定の有効性、および気候値によるデータ品質管理手法(小林ら, 2001)の正当性を示している。この塩分ドリフトの原因は現在、CTDセンサーの電気伝導度測定用ポンプが海面付近で動作することにより汚れを吸い込んだためと推測されている。

5. フロートの積極的回収の可能性

淡青丸、拓洋の航海ではいずれも、通常観測中のArgoフロートが海面浮上後3時間程度で発見され、4時間程度で回収された。これらの事例は、Argoフロートの積極的回収は条件が揃えば十分可能であることを示している。条件とは、海況が穏やかであること、そしてフロートが10日前の沈降地点からあまり遠くない位置に浮上することである。後者の条件は、船がフロートの浮上地点に辿り着くまでに時間がかかり、探索開始前あるいは探索中にフロートが沈降してしまう可能性を考慮したものであるが、この条件はフロートが強い流れの中にある場合を除けばそれほど問題とはならない。「みらい」の回収フロートのように海面を漂流するフロートの場合は、そもそもフロートが沈降する心配がないので、この条件は不要である。

よって、フロートの回収は海況さえよければかなりの高確率で成功するであろう。なお、「みらい」の航海では波高

4.5mの海況で回収に成功しているが、これは「みらい」の大きさ(総トン数8687トン)によるところが大きい。同じ状況で604トンの淡青丸により探索が行われていたならば、フロートの発見および回収は困難であったろう。

結論として、観測を終了したフロートが最終的に海面において漂流状態に入るようプログラムすることにより、これらをシップタイムの許す範囲で回収し、環境に対する負荷を軽減することが可能である。ただし、「みらい」の回収フロートが示すように、フロートの海面漂流には約半年という時間的限度が存在する(水野, 2002)。

6. まとめ

2001年11月の東京大学海洋研究所・淡青丸、2002年3月の「みらい」、6月の海上保安庁・拓洋の各航海を用いて稼働中のArgoフロートの回収を試みた。10日に1度浮上し、約半日間海面を漂流するフロートの探索は、まずARGOSシステムにより得られる浮上位置に行き、そこからはフロートの発信するARGOS電波を方向探知するという方法で行われた。回収は3回の航海とも成功し、以下に挙げる知見が新たに得られた。

- ・フロートのCTDセンサーの塩分ドリフトは9ヶ月間で+0.003psuと、無視できる程度に小さい
- ・フロートの回収は、海況さえよければかなりの高確率で成功すると考えられる
- ・故に、観測を終了したフロートが最終的に海面において漂流状態に入るようプログラムすることにより、これらを回収して環境に対する負荷を軽減することが可能である。ただし、フロートの海面漂流には約半年という時間的限度が存在する

謝辞

フロートの投入および回収にご協力頂きました、淡青丸、拓洋、凌風丸、みらい、かいようの乗組員および研究者の方々に深く感謝いたします。写真1は(株)キュービック・アイよりご提供頂きました。

参考文献

- 井上亜沙子, 宮崎基, 伊澤堅志, 安藤健太郎, 高槻靖, 水野恵介, "中層フロート温度・電気伝導度センサー用校正バスの温度特性及び校正試験結果", 海洋科学技術センター試験研究報告, 44, 1-8 (2001)。
- 小林大洋, 市川泰子, 高槻靖, 須賀利雄, 岩坂直人, 安藤健太郎, 水野恵介, 四竈信行, 竹内謙介, "高品質気候学データセット(HydroBase)を用いたアルゴデータの品質管理", 海洋科学技術センター試験研究報告, 44, 101-114 (2001)。
- 松本健寛, 長濱徹哉, 安藤健太郎, 植木巖, 黒田芳史, 高槻靖, "トライトンパイの水温・塩分(電気伝導度)センサーの経時変化と補正", 海洋科学技術センター試験研究報告, 44, 139-151 (2001)。
- 水野恵介, "高度海洋監視システム(ARGO計画)構想について

て", 日本造船学会誌, 854, 485-490 (2000)。
水野恵介, "アルゴフロートのターミネーション方法について",
海の研究 (2002, submitted)。
中島宏幸, 高槻靖, 水野恵介, 竹内謙介, 四竈信行, "アルゴ
フロートの通信状況", 海洋科学技術センター試験研究
報告, 44, 153-161 (2001)。
Riser, S. and D. Swift, "Long-term measurements of salinity
from profiling floats", J. Atmos. Ocean. Tech. (2002, sub-
mitted).

Roemmich, D. and W. B. Owens, "The Argo project: global
ocean observations for understanding and prediction of
climate variability", Oceanography, 13, 45-50 (2000).
佐伯理郎, "ARGO (アルゴ) 計画", 気象, 44 (7), 4-8 (2000)。
高槻靖, 市川泰子, 小林大洋, 水野恵介, 竹内謙介, "フロー
トデータ自動処理・品質管理システムの構築", 海洋科学
技術センター試験研究報告, 44, 17-25 (2001)。

(原稿受理: 2002年7月31日)