

## 第 2 回 Argo 将来構想検討会 議事概要

2010 年 11 月 19 日 東京大学大気海洋研究所 2 階会議室（柏キャンパス） 13:30-17:30

「日本の Argo 計画が危機的な状況にある。海洋コミュニティとして、Argo 観測網の重要性と、Argo 計画の存続と発展のためにすべきことを本検討会で議論する。」

### 1. 日本の Argo 計画の現状

国際 Argo 計画では、展開されるフロートについて、コア Argo に属するフロートとそれ以外のフロートとを分別し、外洋域の全球観測網に必要なフロート密度と数を明確にしている。コア Argo とは、「60S-60N の外洋域で、3 度間隔、10 日毎に 2000m から海面までの水温・塩分観測を行い、そのデータは、即時品質管理（rQC）を実施後 24 時間以内に公開し、さらに遅延モード品質管理（dQC）を施した高精度データも 1 年以内に公開するもの」、という定義である。その定義によると、3200 台程度の必要数に対し、現時点でコア Argo に該当するフロート運用数は約 2600 台である。その完成を最優先に目指しつつ、Argo 計画を拡張させることが国際的なコンセンサスである。

日本の Argo 計画は、2000～2004 年にはミレニアムプロジェクトの下で、いわゆるコア Argo への貢献を目的として開始されたが、その後のコア Argo への貢献は、海洋研究開発機構（以下 JAMSTEC）における特定の研究や観測システムの高度化を目的とし、そのために必要な基盤として継続してきた。現在の JAMSTEC 戦略的海洋監視研究チームによる、コア Argo のためのフロート展開と、より高度な観測網を構築するための実験的展開という活動は、OceanObs'09 で提言された、極域や深海、生態系観測への拡張に関する国際 Argo 計画の課題とよく対応している。今後、それら発展的観測を統合した全球統合海洋観測網の構築には、コア Argo は核となる観測システムとなる。将来へ向け、日本としてコア Argo への貢献の必要性やその規模、根拠、あるいはコア Argo を含めた統合的な観測システム構築に向けた将来構想を明確に提示すべき時である。

### 2. 話題提供

#### （1）Argo 観測網と温暖化

Argo 観測網の出現によって、温暖化に伴う全球貯熱量変動評価の誤差は半減し、塩分のデータカバレッジ率も劇的に改善した。この現実を考えると、温暖化解析と予測にとって Argo 観測網等による海洋物理場の定常的長期的監視が必要不可欠である。それと同時に、モデルの改良と高度化も必須であり、モデル分野等からも Argo 計画への貢献を得つつ、グライダー等などを利用した Argo 観測網強化を図るために、新たな研究テーマの策定を進め

るべきである。また、氷床融解による海面高度変動などのローカルな海洋変動の監視のためにも Argo 観測網維持が必要になるため、この分野でも Argo フロートによる極域の観測を充実し、モデル分野と連携しつつモデルの開発・改善を進展させるべきである。

### (2) データ同化の立場からみた Argo 観測網の重要性

Argo 観測網のインパクト評価等から、おおよそ全球にフロート展開がなされた 2006 年にはそれ以前に比べデータ同化による海洋環境再現に明確な精度の向上がみられ、例えば冬季北太平洋亜寒帯域等これまで船舶観測が困難だった海域の海洋環境再現性が向上した。また、4 DVAR を使った例では、Argo データを同化することによって Argo フロートで観測される水温、塩分以外の物理量（流速、海面フラックス、風応力場）にも、モデル力学に準じた解析値の修正がなされ、結果として西岸境界流量の改善等もみられた。時空間的に均一な Argo データは、time trajectory を修正する同化手法には大変効果的である。データ同化による全球的な海洋環境再現が向上した状態を維持するためには、現状程度のフロート展開数が最低限必要である。特に、北太平洋におけるモニタリングは海盆(global)規模ではエルニーニョや Pacific Decadal Oscillation 現象など、海域(regional)規模では黒潮や、黒潮続流変動等と関連し、日本の気候変動解明に大きな役割を果たすと示唆されており、今後も現状の年間 100 本程度の投入が望まれる。GODAE(全球海洋データ同化実験)では、全世界で行われている気候変動研究のために、全球均質な Argo 観測網が重要と認識しており、後継の GODAE Ocean View でも OSSE(Observing System Simulations Experiment)等のタスクチームによりその実用性の検証を進める予定である。さらに、同化モデルのコミュニティとして、大深度フロート、生態系同化システムへのデータ提供、生態系観測用 Argo フロートの開発・展開等に期待している。

### (3) 沿岸海洋研究における Argo 計画への期待

豊後水道で起こる急潮を例に、具体的な活用例が紹介された。急潮は、養殖などへの負の影響が大きい反面、高級魚の出現という正の影響ももたらされるため、その予測が熱望されていた。そこで、黒潮の前線波動によって暖水舌が発達して起こる急潮をターゲットとし、Argo データが同化された JCOPE2(数値海況予測システム)のデータを外部条件に利用して、その予測システムの構築を行った。急潮と強い関連がある前線波動の活動は、暖水渦が黒潮へ接近する現象と連動しているため、JCOPE2 の外洋域でのデータの品質向上は非常に重要である。構築された予測システムは比較的水温変動の再現性がよく、3 か月後までの予測の情報提供を行うことで漁業への貢献が可能となる。北西太平洋に Argo フロートを 100 km 以下の間隔で高密度に展開できれば、傾圧不安定や前線波動に影響を及ぼす物理過程をさらに良く再現でき、予測の精度が向上すると考えられる。OceanObs'09 では、外洋域での海洋観測システムを社会貢献に繋ぐために、沿岸海洋研究との連携や漁業分野への貢献も重要視しており、その観点から、世界に先駆けた取り組みを行っているといえ

る。日本はロスビー波の西方伝播によって東の沖合から海洋変動の情報が伝わる場所に位置し、このような活用例の情報発信には有利な場所といえる。

#### (4) 海洋炭素循環研究における Argo データの活用可能性

Argo データによる水塊形成と輸送の情報は、二酸化炭素（以下 CO<sub>2</sub>）輸送量の評価に結び付けることができる。より精度の高い評価のためには溶存酸素測定センサー（以下 DO センサー；精度（±1microMol/kg）保障が前提）による溶存酸素情報が必要である。CO<sub>2</sub> の直接測定には船舶観測のような厳しい精度が要求されるが、CO<sub>2</sub> センサーフロートの開発が実現すれば、CO<sub>2</sub> の増加速度の長期的な変動を計算することができ、さらに Argo データによる水の沈み込み速度等の情報と組み合わせて、海中の CO<sub>2</sub> 輸送量を見積もることが可能となる。将来的には、全球を網羅する高精度の DO、CO<sub>2</sub> 観測を実施することが重要であり、Argo 観測網を補完する形で沿岸域にグライダーを利用した観測を実施することが理想である。また、Seagliders（グライダー）には、現在フロートに取り付け可能な DO センサーより応答速度の速い国産のセンサー“RINKO”がつけられ、これと船舶のデータを併用すれば、1 microMol/kg の精度が出せるはずである。将来的に RINKO の Argo フロートへの応用が望まれる。

#### (5) 生物地球化学からの Argo 計画への期待

西部北太平洋や南太平洋を対象に「海の基本台帳」を作成し、海水循環とその中で生じる物質循環や生物活動を包括的に把握する必要がある。海の基本台帳は海洋基本法の理念に則った重要な課題であり、日本が世界に先駆けて、太平洋をモデルケースとして行い、全世界にその手法を拡大させることが可能である。作成にあたり、DO、クロロフィル、pH、濁度、炭酸カルシウム、pCO<sub>2</sub>（二酸化炭素分圧）、硝酸塩、ケイ酸、リン酸、FRRF（高速フラッシュ励起蛍光光度計）、DOC（溶存有機炭素）のセンサーを搭載した Argo フロートの展開が望まれる。Argo フロート以外にも、係留系や研究船を含めた観測網による、研究面だけでなく環境問題や海洋保全までの課題を網羅できる、総合的な観測ネットワークを作っていくことが重要である。これを実現するために、海洋に関して統合的に長期展望を持って行うことの出来る機関を国内に作るべきである。

### 3. フリーディスカッション

#### (1) 日本のコア Argo の実施体制と経緯について

- ・ コア Argo は必要不可欠で継続すべきである。Argo 計画を実施するにあたり、オペレーションと研究モードと分けて考えることは困難であるため、オペレーションか、研究かに色分けされている既存の単一機関のみで継続することは困難である。
- ・ Argo 計画の実施には、データの品質管理方法などの研究要素が含まれるが、将来的

には安定した形にすることが理想的かもしれない。

- 日本では、現在 JAMSTEC がコア Argo としてのフロート投入と dQC を行っている。気象庁は日本近海の海況把握を主目的としたフロート投入と rQC を行っている。
- 観測システムの円滑な運用のために、オペレーションと研究が隣接する方が良いという認識が国際的にも浸透しつつある。Argo フロート観測による rQC データはオペレーショナルな利用に、dQC の高品質データは研究に利用されているが、両者は互いにフィードバックしあうことでデータの質を高める関係にあり、両輪となって進められるべきである。
- 北太平洋西部での展開は日本が主体となっている。日本が展開をやめると、他国が補完する可能性は現実的に低く、様々な国や分野へ大きく影響する。

## (2) 国際動向と枠組み

- OceanObs'09 で観測や研究等の様々な分野を代表するコミュニティーがそれぞれ Community White Paper (レビュー有) を提出したが、特定の領域にフロートを集中展開することが必要という提言もあった。ただし、Community White Paper の提言がまだ具体的な国際的実施計画に結びついておらず、各国や各コミュニティーが個別に努力している段階である。日本は OceanObs'09 の提言に近い取り組みをしており、これを成功例として積極的に示して、世界をリードすることも可能であろう。
- OceanObs'09 のタスクチームから、研究や社会貢献などの様々な課題に対処するために、課題毎に必要な観測要素を明記したテーブルを作り、観測要素間の連携と各要素の準備状況を明確にし、統合海洋観測システムを効率的に構築・運用すべきという提言がなされる予定である。
- Argo 計画は、各国の実施体制の違いから、現在はオペレーショナルな観測の国際的枠組みである JCOMM (WMO/IOC 合同海洋・海上気象専門委員会) の傘下には入らず、JCOMM 関連プログラムとして位置づけられている。
- Argo 計画の体制は、国際的には Argo Steering Team (国際 Argo 運営チーム)、Argo Data Management Team (国際 Argo データ管理チーム)、Argo Regional Center (Argo 領域センター)、Argo Information Center (国際 Argo 情報センター) 等の機関からなり、確固たる体制といえる。

## (3) 次へ向けた戦略・戦術

- 研究者コミュニティーからという形で、大型施設計画として研究船と Argo 観測網を含めた「全球統合海洋観測システム構築に向けた日本の将来構想」を、日本学術会議へ大型研究マスタープラン追加意見として提出した。
- 全球統合海洋観測システムの構築には、強力な国際的枠組みよりむしろ Community White Paper の提言にある領域的な観測展開を積み上げの方が適切かもしれない、でき

るところからはじめる「Argo 型」がモデルとして利用可能かもしれない。

- マスタープランの内容を踏まえ、同化、モデル、他の観測との連携を考え、Argo 観測網と研究とのリンクが見えるような大型計画という形で進めるべきではないか。既存の省庁間の壁を越えた機関を作って Argo 計画を実施する方法も検討の価値がある。
- 同化モデルなどで、Argo 観測網のインパクトについて具体的評価をさらに進めるべきである。
- コア Argo と他の分野との連携研究などを成功させ、Argo 観測網の重要性を示す必要があり、コミュニティからの声も重要な要素である。
- Argo 計画の中・長期的な戦略を考える際、予測、防災・生活・経済とのつながりを考慮すべきで、それらを実施する方法を考える必要がある。また、社会にどのように貢献するか、系統的かつ客観的に発信する必要がある。そして、短期的な戦略も含め、現在 Argo 計画を実施しているグループが自ら具体的な打開策や行動方針を提示していくことが、次へのステップとして重要なのではないか。