

## 最近16年間の世界の海洋の顕著な温暖化を確認

～海洋観測データを最新の手法で解析し「ネイチャー」に発表～

気象庁気象研究所の研究官を含む、日、米、英、独の研究グループは、海洋が最近16年間で顕著な温暖化をしていることを過去の海洋観測データから確認し、英国の国際的な科学誌「ネイチャー」の5月20日号に発表しました。

過去約50年余りの海洋観測データから、世界の海洋が温暖化していることが明らかになってきました。しかし、海洋の温暖化の進行を示す、海洋全体が蓄えている熱量（貯熱量）の変化量の評価には、評価する手法の違いから研究者によって食い違いがありました。

そこで、気象庁気象研究所気候研究部の石井正好主任研究官を含む国際的な研究グループ（気象研究所のほか、米国海洋大気庁（NOAA）、米国航空宇宙局（NASA）、英国気象庁、ドイツのハンブルク大学の研究者で構成）は、これまでに行われた研究結果を統合し、1993年から2008年の16年間における、海洋表層の貯熱量変化のより正確な推定に取り組みました。

その結果、1993年～2008年間の観測結果から、世界の海洋表層は確実に温暖化したことが確認されました（図）。このことは、気候システムを過剰に加熱する原因である地球温暖化が進行していることを裏付けるもので、その加熱は本研究によって  $0.64 \pm 0.11 \text{ W/m}^2$ （注）と、これまでよりも正確に見積られました。同グループはこの成果を、英国の国際的な科学誌である「ネイチャー」の5月20日号に発表しました。

（注）「 $0.64 \text{ W/m}^2$  の加熱」とは、16年間にわたって全人類（約67億人）が一人ずつ100W電球500個を点灯し続けるエネルギーに相当します。

この研究の中で石井主任研究官（気象研究所）は、投下式水温水深計（XBT；参考資料参照）と精度の高い観測船やアルゴフロートによる観測結果を用いて、アルゴフロートの既知の誤差および独自に推定したXBTの誤差を取り除いた上で厳密な解析を行い、海洋貯熱量の変化を客観的に見積もったデータセットを作成して共同研究に貢献しました。

今回の共同研究は、海洋貯熱量の推定精度を向上させたことに加えて、これまで計算されてきた海洋貯熱量の誤差の大きさを、XBT観測データの誤差に起因するものなどの要因別に評価したことで、学術的に高い評価を得ています。

海洋は、大気との間では莫大な熱の交換を通じて、気候変動に大きな影響をもたらすことから、海洋の貯熱量とその変化を正確に見積もることは、地球温暖化の全体像をより正確に理解することにつながります。また、この研究で得られた正確な海洋貯熱量データを地球温暖化予測モデルに取り入れることで、地球温暖化予測の精度をさらに向上できると考えられます。このように、今回の成果は、今後の地球温暖化研究の基礎データとして広く利用されることが期待されます。

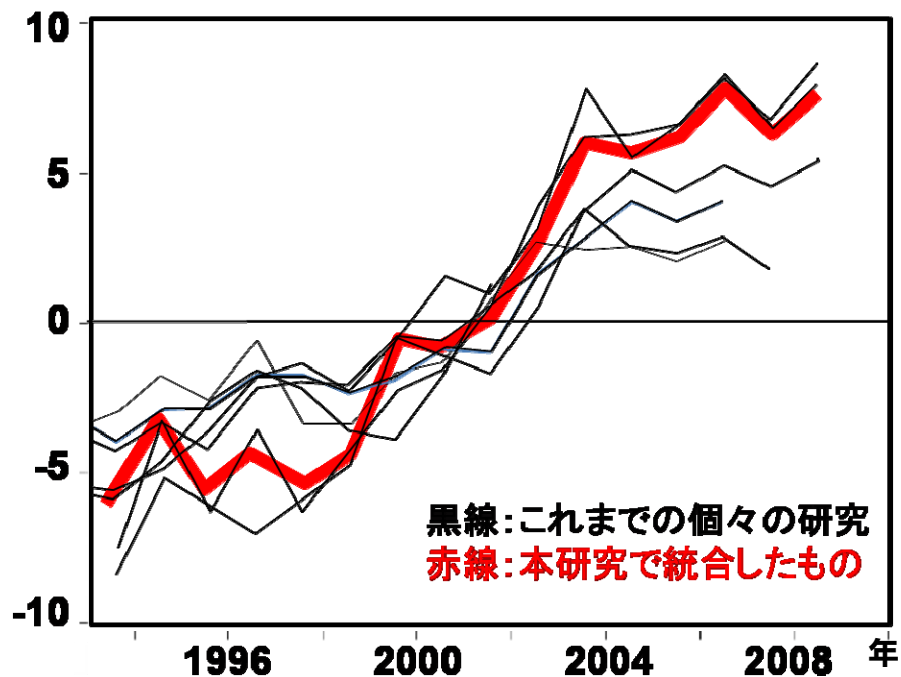


図 海洋表層（水深 0～700m）における貯熱量の偏差の年変化  
縦軸は、この期間内の平均貯熱量からの偏差（単位は  $10^{22}$  ジュール）を示す。

【本件に関する問い合わせ先】

気象研究所企画室

研究評価官 高橋

029-853-8535（直通）

○ネイチャー5月20日号に掲載された論文タイトルと著者

“Robust Warming of the Global Upper Ocean”

John M. Lyman<sup>1</sup>, Simon A. Good<sup>2</sup>, Viktor V. Gouretski<sup>3</sup>, Masayoshi Ishii<sup>4</sup>,

Gregory C. Johnson<sup>1</sup>, Matthew D. Palmer<sup>2</sup>, Doug M. Smith<sup>2</sup>, Josh K. Willis<sup>5</sup>.

1 米国海洋大気庁 (NOAA)

2 英国気象庁

3 ハンブルク大学 (ドイツ)

4 気象庁 気象研究所

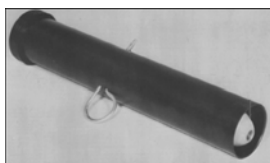
5 米国航空宇宙局 (NASA)

○海洋の温暖化について

- ・海洋は地球上における最大の熱の貯蔵庫であり、地球温暖化に伴って地球に新たに蓄えられる熱量の80~90%が海洋に吸収されていると言われています。
- ・海洋の温暖化は海面上昇の直接的な原因となります。海水温が上昇し海水が熱膨張する効果により、観測されている長期的な海面上昇量のうち、1/3から1/2を説明できると考えられています。
- ・海洋が温暖化しているということは「海洋から大気に放出する熱より、海洋が大気から吸収する熱の方が多い」ことを示しています。
- ・本研究による推定結果は、海面から水深700mまでの海洋観測データに基づいています。今後の課題として、700m 以深における海水温変動を考慮して、温暖化の実態を正確に見積ることが必要と考えられます。

○海洋が蓄えている熱量（貯熱量）の推定について

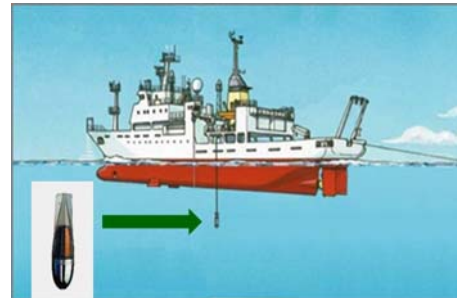
- ・全世界の海洋で水温などを観測した結果をもとに推定しています。2000年に「アルゴ計画」がスタートする以前は、観測船や商船からXBTと呼ばれる観測機器を直接投下して観測する手法が多く用いられていましたが、「アルゴ計画」開始以降はアルゴフロートによる自動観測データが増え、海洋全体の貯熱量について、より正確な推定ができるようになりました。
  - ・XBT (Expendable Bathythermograph, 投下式水温水深計) とは、航走中の船上から手軽に海中の水温を測定できるように開発された機器です。先端にサーミスタ (温度センサー) を備えたプローブと船上記録機で構成されており、水中に投下されたプローブからの水温データは、信号線によって船上記録機に伝えられ、刻々と監視・記録することができます。
- XBT観測では、水温を観測した深度を直接測定しません。代わりに、プローブが着水してからの経過時間から換算して深度が求められます。こうして求めた深度には比較的大きな誤差が混入すると考えられており、現在、歴史的なXBT観測データからこの誤差を取り除くことが一つの課題になっています。



XBT 本体 (筒の右側に白く見えているものがプローブ)  
(NOAA ホームページより)



船上から XBT プローブを投下したところ。



XBT による観測イメージ  
(プローブが水温を観測しながら、海中を降下していく)

#### ○「アルゴ計画」とアルゴフロートについて

- ・「アルゴ計画」は、全世界の海洋変動をリアルタイムで捉えることを目指した大規模な国際プロジェクトで、現在20カ国以上の国々が参加しています。我が国では、外務省、文部科学省、水産庁、国土交通省、気象庁、海上保安庁、(独)海洋研究開発機構、大学等の関係機関が協力してこの計画を推進しています。
- ・「アルゴ計画」の要(かなめ)となるのは、水深2,000mから海面までの間を自動的に浮き沈みして水温・塩分等を測定し、通信衛星を介してデータを送信することができるアルゴフロートと呼ばれる観測機器です。現在は、世界中の海洋で3,200台以上のアルゴフロートが稼働しています。これにより、水深2,000mより深い層を除く海洋の三次元構造をリアルタイムに捉えることが可能になっています。

#### ○英国の科学誌「ネイチャー (Nature)」について

- ・「ネイチャー」誌は、学術論文を掲載する英国の科学誌であり、自然科学の分野では米国の「サイエンス」誌と並び、様々な科学の分野で引用される、世界で最も権威のある科学誌です。