

比較可能性がとれた海水中栄養塩濃度の全球分布 及び総量に関する研究

A study on inventory and distribution of nutrient in seawater together with higher comparability

青山 道夫 (AOYAMA MICHIO)

気象庁気象研究所・地球化学研究部・主任研究官



研究の概要

測点間の比較可能性が確保されている海盆規模の6航海を行う。

比較可能性が確保された全球の栄養塩データベースを構築し、格子点データセットを作成する。

海洋での栄養塩のより正確な空間分布と総量を明らかにする。

海洋内部での人為起源のCO₂蓄積量を正確に見積もる。

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：①化学海洋 ②環境計測 ③地球温暖化

1. 研究開始当初の背景

海水中の栄養塩についてその測定結果のコンパラビリティ（比較可能性）を確保することは、海洋学や地球温暖化の研究にとって基礎的基盤的な事項である。それを担保するための栄養塩標準についての開発の必要性はすでに国際的な規模でたびたび指摘されてきた（IOC-IAEA-UNEP, 1995等）が実現できず、IPCC2007でも指摘されたように過去の栄養塩データのコンパラビリティ（比較可能性）を確保することは困難であった。従って、過去の栄養塩データに基づく栄養塩の分布や窒素やリンの海水中総量の見積もりには大きな不確かさがあるといわざるを得ない。それは、現在の気候予測モデルの初期値として使用されている栄養塩濃度の分布についてのデータセットには過去の観測の比較可能性が低いことに起因する大きな不確かさを含んでいるということの意味している。

2. 研究の目的

本研究では上記の問題を解決し、海洋環境における地球化学研究や地球温暖化研究の根幹をなす海水中の炭酸系物質濃度、栄養塩濃度、溶存酸素量の測定の国際的なコンパラビリティ（比較可能性）を確保し、コンパラビリティがとれた海水中栄養塩濃度の全球観測および国際栄養塩スケールの確立をおこなうことで、海洋内部での栄養塩総量とその分布の正確な見積もりを行うことを目的とする。

3. 研究の方法

海洋での栄養塩の正確な空間分布を明らかにするために、栄養塩標準を使用していない過去の30航海以上のデータを、栄養塩標準を使用したCLIVAR計画10航海および本課題により栄養塩標準を使用し行うCLIVAR計画6航海との交点から評価し補正することにより、全海洋で比較可能性が確保された栄養塩データセットを作成する。それをベースに緯度経度各0.5度、深度方向136層の格子点データセットを作成し、3%程度の不確かさを持つ空間分布の作成をめざす。さらに、過去には深度面でのデータセットしか作成されていなかったが、本課題では深度面と整合性のある密度面でのデータセット作成も行う。上記で作成された栄養塩データセットから海洋での窒素、リン、けい素の不確かさを持つ総量の推定と窒素リン比の正確な空間分布の作成を行う。

4. これまでの成果

データセット作成のために、栄養塩標準を用い一部の航海を除き分析の不確かさが0.2%より小さく、測点間の比較可能性が確保されている航海を6航海（北極海1航海、北大西洋2航海、北太平洋2航海、南大洋1航海）を本研究課題として行った。すでに行われていた、栄養塩標準を用い比較可能性が明示的に確保された複数の航海と合わせて、世界の海洋のかなりの部分を観測でカバーすることができた。これらの航海では別なプロジェクトにより、比較可能性が明示的に確保

された炭酸系データも取得されている。これらは、WOCE プロジェクトで今後の海洋内部の変化を知るための基準データを得るとしながら、水温、塩分および炭酸系ではそれが実現できたが、栄養塩については標準がなかったために実現できなかった「今後の海洋内部の変化を知るための栄養塩の基準データ」が取得できたことになる。これらの栄養塩標準を使用し比較可能性が明示的に確保されている航海を基準として、全球 243 点で交点での解析をおこない、各パラメーター毎に得られている栄養塩濃度を補正し、比較可能性を明示的に確保された値とするためのファクターを過去データについて計算する。得られたファクターはほぼ 1.00 ± 0.12 (硝酸塩の場合) となり、陸上での栄養塩標準の国際共同実験で評価された比較可能性の程度と一致した。この得られたファクターを使用し、データベース上で栄養塩濃度を補正した後に、深度面および密度面での整合性のある 0.5 度メッシュ、平均 50m 厚み 136 層の格子点データセット (Global Nutrient Dataset 2010, GND10 と称する) を作成する作業を行った。予備的なデータ解析から特徴的なことは、海洋中総量としては硝酸塩が小さく見積もられ、リン酸塩が大きく見積もられている。また、硝酸塩の量について過去の文献値である 541PgN (Sarmiento and Gruber, 2009) や 570 PgN (Wada and Hattori, 1991) と比べると大きな値である 589PgN となっている。また 2000m 以深での N/P 比 (モル比) の分布は、WOA05 が 14.6 に中央値を示していたのに対し、GND10 では 14.3 に中央値を示すとともに尖度が大きくなっている。このことは過去の格子点データセットは比較可能性が低いデータセットから生成されたのに対し、GND10 は比較可能性が確保されたデータセットから生成され、より現実に近い格子点データセットとなったことを示唆している。さらに、硝酸塩等の 3 次元分布の特徴を過去の格子点データセットと比較する作業を行っている。海洋表面から海洋内部に入り海洋循環によって内部輸送された CO₂ の量を精度よく把握することが、地球温暖化予測にとっては重要な課題となっている。しかしながら、海洋内部での人為起源の炭酸物質濃度 (CO₂ 濃度変化) を知るには、生物活動によって引き起こされている非人為起源の CO₂ 濃度変動を分離する必要がある。そのためには海水中の CO₂ 濃度の高精度観測と共に、非人為起源の CO₂ 濃度の変動を引き起こしている生物活動の大きさに比例している海水中の栄養塩濃度および溶存酸素量の高精度データが必要である。海洋内部での人為起源の CO₂ 蓄積量を正確に見積もるための準備を開始している。すでに炭酸系物質の測定では事実上の世界標準があり、全炭酸とアルカリ度についてはすでに国際的なコンパラビリティ (比較可能

性) がとれたデータが存在しているので、今回得られている比較可能性が確保され補正された栄養塩濃度のデータセットに対して、全炭酸とアルカリ度を統合し、解析のための予備的データセットの作成も完了している。これにより、海洋内部での人為起源の炭酸物質濃度 (CO₂ 濃度変化) をより正確に推定することができるようになった。

5. 今後の計画

データ収集が完了するとともに格子点データ作成のためのすべてのツールも完成している。また、比較可能性がとれたデータセットが平成 25 年 3 月末に出来上がっている。従って、平成 25 年度は当初の研究目標である深度面および密度面での整合性のある 0.5 度メッシュ、平均 50m 厚み 136 層の格子点データセットを作成する。また、海洋での窒素、りん、けい素の総量の計算を行い、総量の検討を行う。さらに得られた硝酸塩とリン酸塩の濃度から N/P 比を計算し、N/P 比について現実的な空間分布を作成する。これらのデータはデータベースの集合としてどのようにして作成したかのドキュメントもつけて論文として投稿する計画である。

さらに、海洋内部での人為起源の CO₂ 蓄積量を正確に見積もるという本研究の課題については、今回得られようとしている比較可能性が確保された補正された栄養塩濃度のデータセットに対して、全炭酸とアルカリ度のデータを統合したデータセットを作成する。すでに炭酸系物質の測定では事実上の世界標準があり、全炭酸とアルカリ度についてはすでに国際的に同化作業が GLODAP, CARINA, PACIFICA 等のプロジェクトで行われ、比較可能性を高めるための補正值が決められつつある。栄養塩データと統合する際には、これら炭酸系の測定値に対する補正值を組み込み、世界で最も比較可能性が確保された栄養塩—炭酸系データセットを作成する。これをベースに海洋内部での人為起源の CO₂ 蓄積量のより正確な見積もりを行う。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)
Aoyama, M., H. Ota, M. Kimura, T. Kitao, H. Mitsuda, A. Murata and K. Sato (2012): Current Status of Homogeneity and Stability of the Reference Materials for Nutrients in Seawater, *Analytical Sciences*, 28, 911-916.

ホームページ等

http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/kakenhi_nut-sjis.html

http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/ge_report/INSS_sjis.html