

平成21年4月17日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18310017
 研究課題名(和文) マルチトレーサーデータセットと海洋大循環モデルの結合による海洋物質循環変動の研究
 研究課題名(英文) A study on biogeochemical cycle in the marine environment using multi tracer dataset and general ocean circulation model

研究代表者
 廣瀬 勝己 (Hirose Katsumi)
 気象庁気象研究所・地球化学研究部・部長
 研究者番号：70343895

研究成果の概要：

海洋研究開発機構 海洋地球研究船「みらい」が2003年から2004年に実施した南太平洋を含む世界一周航海ですでに得られたデータを組み込んだ、海洋のマルチトレーサーデータベースを完成させることができた。放射性セシウムの新しいソースタームと解像度を上げた海洋大循環モデルによる再現計算を行った。データベースを利用して解析したところ、 $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比が、表層から水深約1000mまで指数関数的に増加していることを見出した。世界で始めて、南太平洋、南大西洋およびインド洋の薄明領域(水深100m-1000m)の粒子状配位子の分布を求めることができた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	5,000,000	0	5,000,000
2007年度	6,100,000	0	6,100,000
2008年度	4,200,000	0	4,200,000
総計	15,300,000	0	15,300,000

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) 環境組成標準	(2) 標準溶液	(3) 環境化学	(4) 物質循環
(5) 環境分析	(6) 全炭酸	(7) 栄養塩	(8) 海水

1. 研究開始当初の背景

(1) 気候変動に関わる環境変化の検出は世界の研究者の関心を集めている。事実、気候変動に伴い海水温の上昇で、サンゴの死滅など海洋生態系への影響が報告されている。研究資源関連もあり、海洋分野で日本の研究者は日本周辺海域及び亜寒帯域等の変動に集中している。しかし、グローバルな視点から

環境変動を捉えた場合、その変動が先行すると考えられる南太平洋の海洋変動の解析は重要であり、世界的にも注目を集めている。

(2) 個別のトレーサーについてはモデルを使った再現実験等が行われているが、 ^{137}Cs を含むマルチトレーサーを同時に入れて検討している例はない。

(3) ^{137}Cs の再現計算においては、欧州で黒海や北海などを対象に領域モデルでの検討が行われていた。これは ^{137}Cs の降下量の分布に対するデータがなかったからである。過去のデータから作り出された降下量の分布のデータベースが新たに提案された。

2. 研究の目的

(1) 海洋研究開発機構 海洋地球研究船「みらい」が 2003 年から 2004 年に実施した南太平洋を含む世界一周航海ですでに得られている水温・塩分・酸素量・栄養塩や炭酸物質のデータと、航海で得られた海水試料の分析を陸上で行うことによって得られる ^{137}Cs (放射性セシウム 137)、Pu 同位体 (プルトニウム同位体)、 ^{14}C (放射性炭素) および POL (粒子状物質中の配位子) のデータを組み合わせた、分析精度および空間密度の点で「世界で最高水準の海洋の物理化学成分の包括的なデータセット」を国内外の協力のもとに完成させる。また、過去の全球の海洋中の ^{137}Cs 、Pu 同位体、 ^3H および ^{14}C についての統合されたデータベースを作成する。

(2) これらのデータベースを用いて海洋大循環モデル (Parallel Ocean Program, POP) の物質循環に関する再現性の検討を実施する。特に、北太平洋における ^{137}Cs 濃度観測値では、北太平洋中央モード水にその極大が現れており、その再現を通じて北太平洋中央モード水の形成メカニズムに対しての知見を得ることを目的とする。この結果をもとに、 ^{137}Cs 、 ^{14}C 、Pu などの濃度分布の再現を目的とした海洋大循環モデル間の比較実験プロジェクトを提案する。これまでの海洋大循環モデルの比較実験プロジェクトでは、物質循環の再現に関してはモデルの優劣の議論にまでは至っていない。これまでの CFC などに加え、新たな再現対象となる物質のデータベースは比較実験プロジェクトにおいても有効となる。

(3) また、本研究で得られる「世界で最高水準の海洋の物理化学成分の包括的なデータセット」と既存のデータ (水温、塩分、栄養塩、放射性核種など) を結合することによって、表層から深層に至る海洋の物質循環像を描く。さらに、海洋の栄養塩などの時空間変動の原因について解明するために、海洋における物質循環の実態を明らかにすると共に、気候変動による影響を調査する。

3. 研究の方法

(1) データベースの作成

本研究の土台のひとつである海水試料の分析を行うことによって得られつつある ^{137}Cs 、Pu 同位体、 ^{14}C および有機配位子のデータについて、既存の高精度海洋観測によるデータ (水温、塩分、栄養塩などの) とあわせてデータベース化をはかった。

(2) 海洋大循環モデルによる再現計算

海洋大循環モデルにおいて、 ^{137}Cs の海洋中濃度の計算を行い、データベースとの比較を行った。海洋大循環モデルは、米国大気研究センター (NCAR) の開発した海洋モデル (Parallel Ocean Program) を用いた。また、駆動力データは、1958 年から 2000 年の風応力、淡水フラックスなどの年々変動を考慮したデータセットを用いた。計算時には、 ^{137}Cs に加え、CFC および Ideal age の同時計算を実施した。

(3) 国際協力

データベースと海洋大循環モデル結果の比較のためには、まず分析結果を持ち寄り、相互の一致点および不一致点を議論する。このためには、分析を行っている国内外の本研究参加あるいは海外協力機関の研究者が一同に会して議論をすることが極めて有効と考えられるので 2 回のワークショップを開催した。

(4) 有機配位子の分析

粒子状物質との相互作用が強く、 ^{137}Cs とは大きくことなる鉛直分布を示す Pu 同位体の研究を進めるために、「みらい」の航海で得られた、粒子状物質試料 (フィルター) を用いて、海水中の粒子状物質に含まれる有機配位子を測定した。この測定で得られた情報は、海洋大循環モデルの中で粒子との相互作用が強い Pu 同位体の鉛直輸送過程の計算パラメーターを拘束する条件を与える。

4. 研究成果

(1) 放射性炭素の未公表データを含む全球の database 作成は順調に進み、約 4 万件のデータを収録する database が整備できた。本 database について、論文として公表するための準備を行なっている。

^{137}Cs 、Pu 同位体、 ^{14}C 、および有機配位子についての統合されたデータベースを作成し、既存のデータ (水温、塩分、栄養塩、放射性核種など) と結合したデータベースを作成した。(進行中)

完成させたデータベースはCDなどの電子媒体で研究者に提供される。

(2) 放射性セシウムの新しいソースタームと解像度を上げた海洋大循環モデルによる再現計算を行った。放射性セシウムの新しいソースタームと解像度を上げた海洋大循環モデルによる再現計算の結果を議論した。放射性セシウムとモデルによる再現結果から、太平洋の新しい表層循環像を描くことができた。海洋大循環モデルを使っての ^{137}Cs の再現の結果の検討をおこなった。1945年から2003年までの ^{137}Cs の海洋中分布の再現計算を実施し、約60年スケールの ^{137}Cs の全球海洋での挙動の結果を得た。太平洋における ^{137}Cs インベントリーの計算結果は、観測結果の特徴と一致した。

(3) 平成19年度に決定した論文集(Progress in Oceanography SHOTS 特集号)の内容にしたがい、分担して論文の執筆を行うとともに、査読プロセスを開始した。本報告時点で出版にはいたっていないが、太平洋、大西洋、インド洋での ^{137}Cs や放射性炭素、有機配位子等に関する約10編の論文が査読中である。

(4) データベースを利用して解析したところ、太平洋の多くに海域で $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比が、表層から水深約1000mまで指数関数的に増加していることを見出した。

(5) 太平洋、大西洋、インド洋でのBEAGLE航海で採取した粒子状物質について、含まれる配位子濃度を測定した。その結果、全海洋の測点について100mから1000mの深さまでの粒子状配位子の鉛直分布を求めることができた。多くの海域で粒子状配位子濃度は深度のべき関数で減少する分布を示すことが明らかになることができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

- ① K. Hirose, M. Aoyama, M. Fukasawa, C. S. Kim, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, Plutonium and ^{137}Cs in surface water of the South Pacific Ocean, Science of the Total Environment, 381, 243-255, 2007, 査読有
- ② K. Hirose, M. Aoyama, P. P. Povinec, $^{239,240}\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ ratios in the water column of the North Pacific: a proxy of biogeochemical processes, Journal of Environmental Radioactivity, 100, 1-5,

2009, 査読有

[学会発表] (計20件)

- ① 廣瀬勝己, 青山道夫, 小村和久, 太平洋における ^{137}Cs とプルトニウムの分布について: BEAGLE2003の結果について、日本放射線影響学会第49回大会、2006年9月6日、北海道大学
- ② M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, C. S. Kim, K. Komura, R. F. C. Mantoura, P. P. Povinec and J. A. Sanchez-Cabeza, ^{137}Cs and Pu isotope distribution in the subtropical gyres in the Southern Hemisphere in 2003-2004, 2006 AGU Fall Meeting, 2006年12月13日, San Francisco, CA, USA
- ③ M. Aoyama, K. Hirose, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, D. Tsumune, 太平洋におけるセシウム ^{137}Cs の長期挙動, Blue Earth'07 第10回みらいシンポジウム, 2007年3月9日, パシフィコ横浜 会議センター 5階
- ④ M. Aoyama, K. Hirose, Y. Hamajima, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, Long Term Behaviour of ^{137}Cs in the Pacific Ocean and results of high density observation along P6 line in 2003, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月25日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑤ K. Hirose, C. S. Kim, S. A. Yim, M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, Vertical profiles of plutonium in the central South Pacific, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月25日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑥ P. P. Povinec, M. Aoyama, K. Hirose, J. A. Sanchez-Cabeza, J. Gastaud, M. Jeřkovský, I. Levy-Palomo, I. Sýkora, Preliminary spatial distribution of ^{137}Cs in South Indian Ocean waters, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月25日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑦ K. Hirose, The Vertical Distributions of the Strong Organic Ligand in the South Pacific Particulate Matter, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月26日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑧ D. Tsumune, M. Aoyama, K. Hirose, F. Bryan, K. Lindsay, G. Danabasoglu,

- Simulated ^{137}Cs distributions in the Pacific, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑨ M. Aoyama, K. Hirose, Y. Inomata, J. A. Sanchez-Cabeza, HAM2007 global version, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月26日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑩ Y. Kumamoto, M. Aoyama, K. Hirose, Status report of the HORP (Historical Oceanic Radiocarbon in the Pacific and its marginal seas) database: Part I, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月26日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑪ K. Komura, Ultra low level deep water ^{137}Cs measurements in the South Pacific: An algorithm of peak analysis prepared by summation of two gamma ray spectra measured by different detector, 2007 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies), 2007年6月26日, Marine Environment Laboratory, IAEA
- ⑫ 廣瀬勝己, C. S. Kim, S. A. Kim, 青山道夫, 小村和久, 深澤理郎, 南太平洋の海水中のプルトニウムの鉛直分布について、2007年度日本地球化学会第54回年会、2007年9月19日、岡山大学
- ⑬ 熊本雄一郎, 渡辺修一, 深澤理郎, 青山道夫, 廣瀬勝己, 太平洋及びその縁辺海における海水中炭素 14 のデータベースかの試み、2007年度日本海洋化学会秋季大会、2007年9月26日、琉球大学工学部
- ⑭ P. P. Povinec, M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, K. Komura, J. A. Sanchez-Cabeza, J. Gastaud, M. Jeřkovič, I. Levy-Palomo, I. Sýkora, Profiles of ^{137}Cs in South Indian Ocean water along the 20° S latitude - an evidence for accumulation of pollutants in the subtropical gyre, 2008 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies: Tracer studies using ocean circulation models), 2008年1月30日, 電力中央研究所
- ⑮ D. Tsumune, M. Aoyama, K. Hirose, F. Bryan, K. Lindsay, G. Danabasoglu, ^{137}Cs as a global tracer in the Ocean General Circulation Model, 2008 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies: Tracer studies using ocean circulation models), 2008年1月30日, 電力中央研究所
- ⑯ M. Aoyama, K. Hirose, T. Kawano, 3-D structure of ^{137}Cs in the subtropical gyre in the North Pacific in 2002-2005, 2008 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies: Tracer studies using ocean circulation models), 2008年1月31日, 電力中央研究所
- ⑰ Y. Inomata, M. Aoyama, K. Hirose, Long term behaviour of ^{137}Cs in surface seawater in the global marine environment: HAM global data base results, 2008 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies: Tracer studies using ocean circulation models), 2008年1月31日, 電力中央研究所
- ⑱ K. Misumi, D. Tsumune, T. Yoshimura, J. Nishioka, F. O. Bryan, K. Lindsay, J. K. Moore, S. C. Doney, Effects of two different iron sources on iron cycle in the subarctic North Pacific, 2008 SHOTS Workshop (Southern Hemisphere Ocean Tracer Studies: Tracer studies using ocean circulation models), 2008年1月31日, 電力中央研究所
- ⑲ 廣瀬勝己, 青山道夫, 生物地球化学の指標としての $\text{Pu}/^{137}\text{Cs}$ 比について、2008年度日本海洋学会春季大会、2008年3月28日、東京海洋大学品川キャンパス
- ⑳ K. Hirose, M. Aoyama, M. Fukazawa, Y. Hanajima, C. S. Kim, K. Komura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, S. A. Yim, Anthropogenic radionuclides in the central South Pacific: results of the SHOTS project, South Pacific Environmental Radioactivity Association Conference, 2008年11月24日, University of Canterbury, Christchurch, New Zealand
- [図書] (計3件)
- ① M. Aoyama, M. Fukasawa, K. Hirose, R. F. C. Mantoura, P. P. Povinec, C. S. Kim, K. Komura, Southern Hemisphere Ocean Tracer Study (SHOTS): An overview and preliminary results, in *Radionuclides in the Environment : International Conference on Isotopes in Environmental Studies: Aquatic Forum 2004, 25-29 October, Monaco, Radioactivity in the Environment*, Vol. 8, pp54-66, ISBN-13:

978-0-08-044909-8, ISBN-10:
0-08-044909-3, Elsevier, Amsterdam,
London, 2006, 査読有

- ② M. Aoyama, K. Hirose, K. Komura, R. F. C. Mantoura, P. P. Povinec, J. A. Sanchez-Cabeza, D. Tsumune, Long Term Behaviour of ^{137}Cs in the Global Marine Environment: Observations and Model Simulations, in *Proceeding of the International Symposium on Environmental Modeling and Radioecology*, pp95-100, ISBN 978-4-9980604-9-9 C3040, Institute for Environmental Sciences, Japan, 2006, 査読無
- ③ J. A. Sanchez - Cabeza, M. Eriksson, J. Gastaud, S. H. Lee, I. Levy-Palomo, B. Oregioni, I. Osvath, S. Pezzoug. M. Aoyama, P. Povinec, P. Roos, Marine anthropogenic radiotracers in the Southern Hemisphere: New sampling and analytical strategies, in *International Conference on Environmental Radioactivity: From Measurements and Assessments to Regulation, Book of Extended Synopses*, IAEA-CN-145/017, pp37, IAEA, Vienna, Austria, 2007, 査読無

[その他]

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2006SHOTSworkshop.html>

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2007SHOTSworkshop.html>

<http://www.mri-jma.go.jp/Dep/ge/2008SHOTSworkshop.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

廣瀬 勝己 (Hirose Katsumi)
気象庁気象研究所・地球化学研究部・部長
研究者番号 70343895

(2) 研究分担者

青山 道夫 (Aoyama Michio)
気象研究所・地球化学研究部・主任研究官
研究者番号 80343896

小村 和久 (Komura Kazuhisa)
金沢大学自然計測応用センター・教授
研究者番号 00110601
(H18-H19)

津旨 大輔 (Tsumune Daisuke)
(財)電力中央研究所・環境科学研究所・主任研究員

研究者番号 10371494
(H18-19)

熊本 雄一郎 (Kumamoto Yuichiro)
(独)海洋研究開発機構・研究員
研究者番号 70359157
(H18-19)

(3) 連携研究者