

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月28日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22710025

研究課題名（和文）

放射性核種を用いた海洋中層における有機炭素粒子沈降量の見積り

研究課題名（英文）

POC fluxes estimated from the radioisotopes in the mesopelagic ocean.

研究代表者

川上 創 (KAWAKAMI HAJIME)

独立行政法人海洋研究開発機構・むつ研究所・技術研究主任

研究者番号：20415988

研究成果の概要（和文）：西部北太平洋の亜寒帯循環域及び亜熱帯循環域において、天然放射性核種 ^{210}Po をトレーサーとして用い、海洋中層における各季節の有機炭素粒子沈降量を見積もった。その結果、亜寒帯循環域の方が亜熱帯循環域より年平均の有機炭素粒子沈降量が多く、また季節変動も大きいことが判った。このことから、亜寒帯循環域の方が生物による炭素吸収能力が高いことが推測された。

研究成果の概要（英文）：The sinking fluxes of particulate organic carbon (POC) in the mesopelagic layer were estimated from the natural radioisotope, ^{210}Po in the several seasons in the subarctic and subtropical gyres of the western North Pacific Ocean. The annual mean and seasonal variation of POC fluxes in the subarctic gyre were larger than those in the subtropical gyre. It was considered that the biological sinking capacity of carbon in the subarctic gyre was larger than that in the subtropical gyre.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

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：海洋炭素循環，天然放射性核種

1. 研究開始当初の背景

(1) 海洋における生物ポンプ能力評価の重要性

大気中の二酸化炭素などの温室効果ガス濃度の上昇によって起きている地球温暖化現象が、世界的な懸案事項となっている。また、ここ十数年、大気-海洋間の二酸化炭素のバランスを明らかにするため、海洋における炭素循環に関する研究が盛んに行われて来ている。海洋は、二酸化炭素の吸収源としての

働きをしており、特に、溶け込んだ二酸化炭素が海洋表層付近に存在する植物プランクトンの光合成の働きによって有機炭素粒子(POC)に固定され、それが深海へ沈降する、いわゆる「生物ポンプ」と呼ばれる過程 (11 PgC y^{-1} ; Sarmiento & Gruber, 2002) が重要である。

(2) 海洋における POC 沈降量の代表的な測定方法

海洋表層(約 100 m)からの POC 沈降量は、天然放射性核種 ^{238}U と ^{234}Th をトレーサーとして用いて見積もるのが代表的な測定方法である(例えば Buesseler, 1998)。また、深層(1000 m 以深)における POC 沈降量の測定は、セジメントトラップを用いるのが一般的である(例えば Honda et al., 2002)。これらの方法による POC 沈降量の見積りが多くの海域で実施され、全海洋における生物ポンプ能力の評価が行えるようになった。

一方、表層を通過した POC は、1000 m に達するまでにバクテリアによる分解作用等により、沈降量が深度増加に対して累乗関数的に減少すると言われていた(例えば Martin et al., 1987)。よって、この中層(100–1000 m)における POC 沈降量の減少率を定量的に把握しなければ、海洋全体としての炭素循環を解明したことになる。しかしながら ^{234}Th は、100 m 以深で ^{238}U と放射平衡に達しているため(例えば Kawakami & Honda, 2007)、 ^{234}Th を用いる方法では、中層の POC 沈降量を測定することは困難である。また、セジメントトラップを用いる方法でも、設置の困難さから中層での観測は、ほとんど行われていない。

(3) 海洋中層における POC 沈降量に関する研究

Buesseler et al. (2007)は、中性浮力型セジメントトラップ(NBST)を用いて、北太平洋の亜熱帯循環域及び西部亜寒帯循環域における中層の POC 沈降量を測定した。その結果、中層における POC 沈降量の鉛直変化率は、海域によって異なることが判った。しかしながら、セジメントトラップを用いた方法では、沈降してくる粒子を 100%捉えているとは限らないという、いわゆる「捕集効率」の問題が存在する。従ってこの方法では、定量的な部分で若干の弱点が存在する。またこの研究では、各海域で単発的な観測を行っただけであるため、季節変動を網羅した中層における POC 沈降量を把握してはいない。

2. 研究の目的

(1) 北太平洋西部亜寒帯循環域の中層における生物ポンプ能力

これまで本研究代表者は、生物ポンプ能力が高いと言われていた北太平洋西部亜寒帯循環域(例えば Takahashi et al., 2002)において、 ^{234}Th を用いて表層での POC 沈降量を見積もって来た(例えば Kawakami & Honda, 2007)。これらの結果から、同海域では、POC 沈降量が大きな季節変動を示し、また、生成された POC が効率良く表層から中深層へ輸送されていることが明らかとなった。そこで

本研究では、 ^{210}Po 及び ^{210}Pb をトレーサーとして用い、中層における POC 沈降量を見積もることにより、POC が分解の作用を受けることによって起こる中層での鉛直変化を把握することを目的としている。さらに、中層における POC 沈降量の季節変動を定量的に捉える。これらの結果から、北太平洋西部亜寒帯循環域の表層から中深層までの全体としての生物ポンプ能力を評価することが可能になる。

(2) ^{210}Po 及び ^{210}Pb をトレーサーとして用いた海洋中層における POC 沈降量の見積り

^{210}Po と ^{210}Pb の組合せは、 ^{238}U と ^{234}Th の組合せと同様に、粒子の沈降量を測定する上で有効なトレーサーである(例えば Kawakami, 2009)。海水中に天然に存在する ^{210}Po (半減期 138 日)は、親核種である ^{210}Pb (半減期 22.3 年)の放射壊変によって生まれる。そして、両者の半減期に大きな差があることから、理論上、放射平衡が成り立つ。 ^{210}Po の吸着性が ^{210}Pb よりも大きいことにより、 ^{210}Po の ^{210}Pb に対する減り分(非平衡分)から粒子の沈降量を見積もることが出来る。また ^{210}Po は、 ^{234}Th と異なり中層(100–1000 m)においても ^{210}Pb に対して非平衡に存在するため、中層における POC 沈降量を見積もる上で、非常に有効な手段である(Kawakami et al., 2009)。よって、 ^{210}Po を用いて北太平洋西部亜寒帯循環域の中層における POC 沈降量を見積もり、表層から中層までの全体としての生物ポンプ能力を評価することが本研究の目的である。

(3) 北太平洋西部亜熱帯循環域の中層における生物ポンプ能力

本研究の計画当初には予定していなかったが、北太平洋西部亜熱帯循環域においても西部亜寒帯循環域と同様な観測を行った。これにより、栄養塩濃度などの化学環境が異なる南北の海域の比較研究を行う事ができ、両海域における生物ポンプ能力の季節変動の南北の違いも検証することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 試料採取

観測は、海洋地球研究船「みらい」にて行われた、2010 年 10–11 月、2011 年 2–3 月、4–5 月、6–7 月の計 4 回の研究航海において、北太平洋西部亜寒帯循環域及び西部亜熱帯循環域の観測点 K2 (47°N, 160°E)及び S1 (30°N, 145°E)で時系列的に実施した。各観測では、表層 10 m から 1000 m までの 16 層において試料採取を行った。溶存態 ^{210}Po や ^{210}Pb を測定するための海水試料は、12 L ニ

スキン採水器で採取した。また、中層において微量に存在する粒状態 ^{210}Po や POC を測定するために現場ろ過器を用いた試料採取も行った。

(2) 分析及び解析方法

溶存態 ^{210}Po 測定用の海水試料は、採水後直ちにろ過を行い、 ^{210}Po を鉄と共沈させた。粒状態 ^{210}Po 試料は、酸分解を行った。前処理後、 ^{210}Po を約 1 mol L^{-1} の塩酸溶液中で、加熱しながら電気的に銀円盤に吸着させた。銀円盤上の ^{210}Po の放射線量を α 線測定装置にて測定した。POC は、元素分析計を用いて有機炭素量を測定した。 ^{210}Pb 測定用の海水試料は、 ^{210}Pb の放射線量から生成した ^{210}Po が ^{210}Pb と放射平衡になるまで約 14 ヶ月保管した。保管後、平衡になった ^{210}Po を上記と同様の方法で測定した。

^{210}Po の ^{210}Pb に対する減り分から ^{210}Po の沈降量を見積もった。この ^{210}Po 沈降量に粒子中の POC/ ^{210}Po 比をかけることによって POC 沈降量を算出した。

4. 研究成果

(1) ^{210}Po 、 ^{210}Pb 及び POC 濃度の鉛直分布

全ての観測において ^{210}Po は、表層から 1000 m まで親核種 ^{210}Pb より低い濃度を示し、非平衡に存在していた。この非平衡分は、沈降粒子に吸着除去されたものと考えられる。また、100 から 1000 m における ^{210}Pb に対する ^{210}Po の非平衡分は、どの季節でも K2 の方が S1 より大きかった。

全ての観測において POC 濃度は、表層 100 m 以浅で高く、深度とともに減少する傾向を示した。また POC 濃度の季節変動は、100 m 以浅で明確に見られたが、100 m 以深では、ほとんど変動していなかった。観測点 K2 における 100 m 以浅の POC 濃度は、夏季に高く冬季に低い傾向を示した。それに対し観測点 S1 では、冬季に高く夏季と秋季に低くなる傾向を示した。また、表層における POC 濃度の季節変動幅は、観測点 K2 の方が S1 より 2 倍ほど大きかった。

(2) POC 現存量の季節変動

各観測における 100 m 以浅の POC 濃度を水柱積算して、POC 現存量を求めた。観測点 K2 における 100 m 以浅の POC 現存量は、明らかな季節変動を示し ($2.9\text{--}4.8 \text{ gC m}^{-2}$)、夏季に高い傾向を示した (図 1)。また、この観測点 K2 における季節変動は、過去の結果とも一致していた。観測点 S1 においても POC 現存量に季節変動が見られ ($1.6\text{--}3.8 \text{ gC m}^{-2}$)、冬季に高い傾向が見られた。なお、年平均の

POC 現存量は、観測点 K2 (3.8 gC m^{-2}) の方が S1 (2.5 gC m^{-2}) より 1.5 倍ほど高かった。

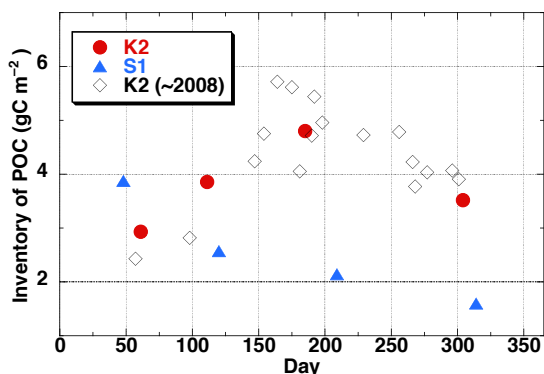


図 1 観測点 K2 及び S1 における 100 m 以浅の POC 現存量 (Inventory) の季節変動。年の違いを無視して 1 月から 12 月へ向けて日の単位で表示している。◇は、先行研究にて 2008 年までに得られた観測点 K2 における POC 現存量の季節変動。

(3) 中層における POC 沈降量の季節変動

各観測における ^{210}Pb に対する ^{210}Po の未飽和分と POC 濃度から、中層 400 m における POC 沈降量を見積もった。観測点 K2 における 400 m での POC 沈降量は、 $33\text{--}80 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ であり、夏季と秋季で高い傾向を示した (図 2)。観測点 S1 での POC 沈降量は、 $23\text{--}42 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ であり、明確な季節変動を示さなかった。なお、年平均の POC 沈降量は、観測点 K2 ($57 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) の方が S1 ($36 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$) より 1.6 倍ほど高かった。

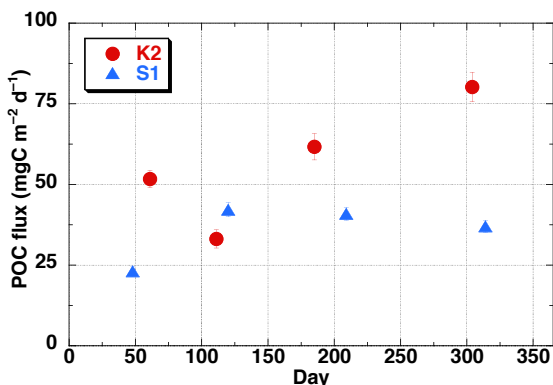


図 2 観測点 K2 及び S1 の 400 m における POC 沈降量 (flux) の季節変動。年の違いを無視して 1 月から 12 月へ向けて日の単位で表示している。

一方、有光層における年平均の基礎生産力は、観測点 K2 で $290 \text{ mgC m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ 、S1 で 270

mgC m⁻² d⁻¹ とほぼ等しい (松本ら, 2013)。400 m での POC 沈降量を基礎生産力で割って沈降効率(e-ratio)を算出すると、観測点 K2 (20%)の方が S1 (13%)より 1.5 倍大きい。このことから、表層で植物プランクトンの光合成によって作られた有機炭素粒子が、亜熱帯循環域より亜寒帯循環域で効率良く中層まで沈降していると考えられる。

観測点 K2 の表層 100 m における年平均 POC 沈降量は、過去の ²³⁴Th を用いた研究により 85 mgC m⁻² d⁻¹ と見積もられている (Kawakami & Honda, 2007)。よって、水深 100 から 400 m までの間に、沈降粒子の 33%が微生物による分解や動物プランクトンの摂餌などの作用によって減少したと考えられる。

(4) まとめ

本研究では、西部北太平洋のうち、これまで研究を行って来た亜寒帯循環域に加え、亜熱帯循環域でも観測を行った。このことにより、西部北太平洋における生物ポンプ能力の南北比較を行う事ができ、北高南低であることが判った。また今回、²¹⁰Po をトレーサーとして用いることにより、中層における有機炭素粒子沈降量に関して定量的な知見を得る事が出来た。今後、本研究の成果に加えて、表層における群集生産量、微生物による分解能力、動物プランクトンによる炭素要求量などの知見を合わせて解析して行くことにより、本研究海域における物質循環像をより明確に把握することが可能となる。このことにより、気候変動に対する海洋の物質循環と生態系の応答とフィードバックを推定し、気候変動の予測に大いに貢献出来ると考えている。

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 1 件)

- (1) 川上 創 / 生物による CO₂ 吸収能力が弱くなっている? / Blue Earth 109 2010 8-9. (査読無し)

[学会発表] (計 5 件)

- (1) 川上 創 / 天然放射性核種測定から解析した K2, S1 の沈降粒子特性 / 日本海洋学会春季大会 / 東京 / 2013 年 3 月 21 日
- (2) 川上 創 / 気候変動に対する海洋の応答 / 第 8 回むつ海洋・環境科学シンポジウム / むつ / 2012 年 11 月 22 日
- (3) 脇田 昌英, 川上 創, 松本 和彦, 三野 善尚, 藤木 徹一, 喜多村 稔, 本多 牧生, 渡邊 修一, 才野 敏郎 / 西部北太平洋亜寒帯域および亜熱帯域における表面混合層中の溶存無機・有機炭素の季節変動の比較

/ 日本海洋学会春季大会 / つくば / 2012 年 3 月 29 日

- (4) 川上 創, 本多 牧生, 渡邊 修一 / 北西部北太平洋における POC フラックスの見積り / 日本海洋学会秋季大会 / 春日 / 2011 年 9 月 27 日
- (5) 川上 創 / 海洋における物質 (炭素) 循環 - 天然放射性核種から物質の鉛直輸送を考える - / 第 6 回海洋と地球の学校 / むつ / 2011 年 8 月 30 日

[その他]

ホームページ (データベース)

<http://ebcrpa.jamstec.go.jp/k2s1/210po.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

川上 創 (KAWAKAMI HAJIME)

独立行政法人海洋研究開発機構・むつ研究所・技術研究主任

研究者番号 : 20415988