

北部北太平洋・ベーリング海における懸濁粒子の脂質成分 ・安定炭素同位体比の鉛直分布

誌名	日本プランクトン学会報
ISSN	03878961
著者名	河村,公隆 加治,貴 大河内,直彦 中塚,武 池原,実
発行元	日本プランクトン学会
巻/号	47巻2号
巻号補足	
掲載ページ	p. 140-143
発行年月	2000年8月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



北部北太平洋・ベーリング海における懸濁粒子の脂質成分・安定炭素同位体比の鉛直分布

河村 公隆・加治 貴・大河内 直彦・中塚 武・池原 実

北海道大学低温科学研究所 〒060-0819 札幌市北区北19条西8丁目

Vertical profiles of lipids, total organic carbon, total nitrogen and stable carbon isotopic ratios in the suspended particles in the northern North Pacific and Bering Sea

KIMITAKA KAWAMURA, TAKASHI KAJI, NAOHIKO OHKOUCHI, TAKESHI NAKATSUKA AND MINORU IKEHARA

Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, N19 W8, Kita-ku, Sapporo 060-0819, Japan

Abstract Samples of suspended particles were collected in the water columns of the northern North Pacific and Bering Sea and were analyzed for lipid class compounds as well as total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN) and stable carbon isotopic ratios. Vertical distributions of TOC, TN and fatty acids in both sites generally showed a decrease with water depth in the surface layers (0-100 m). However, in the mesopelagic layers (200-400 m), we discovered an increased concentration of TOC and fatty acids. This increase was consistent with the decreased C/N ratios and increased $\delta^{13}\text{C}$ values in the 200-400 m layers. Lipids in the mesopelagic layers showed an abundant presence of polyunsaturated fatty acids and β -hydroxy acids. The present study suggests that the suspended particles are in part synthesized by zooplankton and/or bacterial activities in the mesopelagic layers.

Key words: suspended particles, lipids, biomarkers, stable carbon isotopic ratios, vertical profiles, northern North Pacific, Bering Sea

1. はじめに

海水中に存在する懸濁態の有機物は、主としてタンパク質、糖、脂質などからなっており、その組成は、有光層における植物プランクトンによる一次生産とともに、動物プランクトンによる捕食やバクテリアによる分解などの生物学的諸過程に大きく影響されている。懸濁有機物のうちで脂質成分は、生体内でのエネルギーの貯蔵や細胞膜の機能や調節などに重要な役割を果たしており、その分子組成は生物種やその環境条件に大きく依存することが知られている。そのため、脂質成分は有機物の起源、変質過程を議論する上での有用なバイオマーカーとしてこれまで有機地球化学・海洋化学の分野で使われてきた (Cranwell 1982, Kawamura et al. 1987, Wakeham & Canuel 1988)。例えば、 β -ヒドロキシ酸はバクテリアの細胞壁に特有な脂質成分であり、懸濁物や堆積物中のバクテリアの活動を評価するためのバイオマーカーとして用いられてきた (Kawamura & Ishiwatari 1982, Kawamura et al. 1987, Wakeham 1999)。このような情報を持つ脂質を懸濁粒子中に分子レベルで解析することにより、海洋懸濁粒子の起源や変質についての豊富な情報を得ることが可能である。一方、懸濁粒子の安定炭素同位体比は、その起源や生成環境、分解過程を反映し、海洋で起こる生物地球化学過程の全体像を把握する上で

有力な情報を提供する (中塚, 1997)。

本研究では、東大海洋研白鳳丸のKH97-2次航海において、1997年7月に北部北太平洋及びベーリング海で懸濁粒子を採取し、その脂質の構成成分を分析するとともに全有機態炭素の安定同位体比の測定を行った。本論文では、水深800 mまでにおける懸濁態の脂肪酸およびヒドロキシ酸、全有機態炭素、全窒素の鉛直分布とその特徴を報告する。また、安定炭素同位体比の鉛直分布についても報告し、懸濁粒子の起源について考察する。

2. 試料と分析法

分析に用いた懸濁物試料は、1997年7月に北部北太平洋のSt.4 (47° N, 165° E) 及びベーリング海のSt.9 (57° N, 179° E) で採取した。試料の採水深度はSt.4で水深0 mから5,800 mにかけて27層、St.9で水深0 mから3,700 mにかけて19層であった。CTDによる採水の後、約20Lの海水を船上にてWhatman GF/Fフィルターを用いて濾過し懸濁物粒子を分離した。懸濁物はフィルターと共にガラスバイアルに入れ、テフロンライナー付きの蓋で密封した後、船上で-5℃で冷凍保存し、研究室に持ち帰った。また、分析までは-20℃で保存した。

脂質の抽出は、フィルター試料 (1/2又は1/4) を0.5M KOH/

CH₃OHで超音波で懸濁させた後、丸底フラスコ中で環流によりケン化をすることによって行った。抽出物を濾過した後、液液抽出によって中性成分を分離し、次に、溶液を塩酸で酸性にしたのち酸性成分を分離した。中性成分をシリカゲルカラムクロマトグラフィーを用いて、4つの画分(N1: 炭化水素, N2: 多環芳香族炭化水素, N3: ケトン・アルデヒド, N4: アルコール)に分画した。酸性成分は14% BF₃/CH₃OHによりメチルエステルに誘導体化した後、3つの画分(A1: モノカルボン酸メチルエステル, A2: ジカルボン酸メチルエステル, A3: ヒドロキシ酸メチルエステル)に分画した。N4およびA3画分はBSTFA試薬によりアルコール性の水酸基をTMS化した。それぞれの画分の測定には、ガスクロマトグラフ(GC)及びGC/質量分析計(GC/MS)を用いた。脂肪酸分析における誤差は8%であった。有機物の抽出、分離および測定法の詳細についてはKawamura (1995)を参照されたい。

TOCおよびTNの測定、また、炭素安定同位体比測定にはフィルター試料の1/4を用いた。シャーレ上でフィルター試料に20%塩酸を滴下することにより炭酸カルシウムを溶解した。炭酸塩処理した試料は、粒状水酸化ナトリウムと粉状五酸化二リンを入れたデシケーター中に3日間静置し、水と過剰の塩酸を取り除いた。その後、試料をアセトンで洗浄した錫カップに入れ、元素分析計にてTOCおよびTNを測定した。又、元素分析を行った後の炭素(CO₂として)は、Con Flo II インターフェイスを通して同位体比質量分析計に導入し、 $\delta^{13}\text{C}$ を測定した(Narukawa et al. 1999)。安定炭素同位体比測定における誤差は0.6‰であった。

3. 結果と考察

懸濁物中に検出された脂肪酸類の分布の特徴を以下に簡単に述べる。A1画分中に、直鎖飽和モノカルボン酸(C₈からC₂₈)、

一不飽和脂肪酸(C₁₄-C₂₄, 偶数炭素数のみ)、多不飽和脂肪酸(C_{18:2}, C_{20:5}, C_{22:5}, C_{22:6})、及びイソ(iso-)又はアンテイソ(anteiso)脂肪酸(C₁₃-C₁₆)が検出された。飽和脂肪酸ではC_{14:0}, C_{16:0}, C_{18:0}が優位を示した。一方、不飽和脂肪酸では、C_{18:2}, C_{18:1}, C_{20:5}, C_{22:6}が豊富に存在することがわかった。これら脂肪酸の分布は、植物プランクトン又は動物プランクトンの脂質組成に似ている。また、A3画分に、C₁₀-C₂₀の範囲で β -ヒドロキシ酸を検出した。一般に、直鎖のC₁₆ β -ヒドロキシ酸が優位であったが、iso/ anteiso C₁₅及びC₁₇の β -ヒドロキシ酸も検出された。これらの分布の特徴は、堆積物中のそれとは必ずしも一致していないが(Kawamura & Ishiwatari 1982)、主要なソースはバクテリアであると考えられる。

Fig. 1に、全有機態炭素(TOC)と全窒素(TN)の濃度、及び、C/N比の深度分布を示す。TOCとTNは、有光層で高くそれ以深では深さとともに急激に減少する。しかし、水深200 mから400 mにかけTOCとTN濃度の増加が見られ、また、そこでの懸濁粒子のC/N比は3~5と他の深度(C/N比は6~8)に比較しても極めて低い値を示した(Fig. 3c)。こうした傾向は北部北太平洋とベーリング海という二つの地点で共に認められた。これら有機物の深度分布の特徴は、高緯度海域の中層において有機物の濃度分布とその組成を大きく変化させるプロセスが存在することを示唆している。

懸濁物中の炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)は、一般に、有光層から下層へと深くなるにつれて急激な低下を示す事が多いが、本海域では、Fig. 2に示すように、水深200 mから400 mにかけて極めて高い値を示した。この $\delta^{13}\text{C}$ の変化は、C/N比の減少に対応しており、中層において大きな有機物の組成変化が起こっていることを示している。Sasaki et al. (1988), Hattori (1989)は西部北太平洋においてカイアシ類が表層(0-60 m)と中層(200-300 m)に高い密度で分布することを報告している。

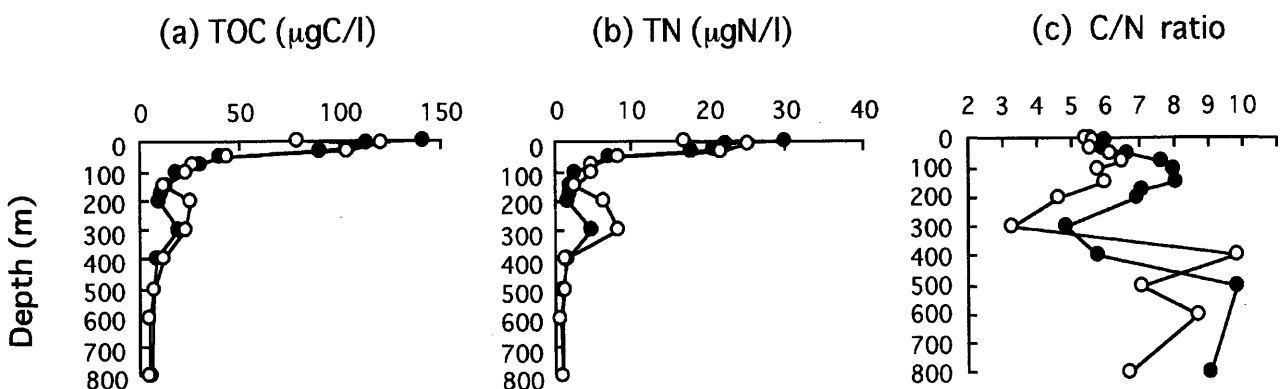


Fig. 1 Vertical profiles of (a) total organic carbon, (b) total nitrogen and (c) C/N ratios in suspended particles collected in the northern North Pacific (closed circles) and Bering Sea (open circles).

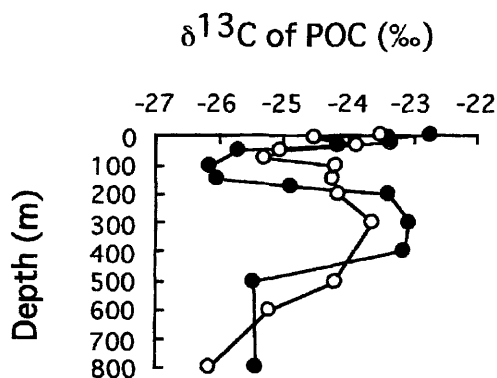


Fig. 2 Vertical profiles of stable carbon isotopic ratios ($\delta^{13}\text{C}$, PDB) of particulate organic carbon (POC) collected in the northern North Pacific (closed circles) and Bering Sea (open circles).

本研究で見いだされた懸濁粒子の低いC/N比と高い安定炭素同位体比は、それらが動物プランクトンやバクテリアの活動を反映した結果である可能性が高いことを示している。

有光層において直鎖飽和脂肪酸 ($\text{C}_{14:0}$, $\text{C}_{16:0}$, $\text{C}_{18:0}$) が高い濃度で検出され、その炭素鎖分布は強い偶数炭素の優位性を示した。また、植物プランクトン起源の一不飽和脂肪酸 ($\text{C}_{14:1}$, $\text{C}_{16:1}$, $\text{C}_{18:1}$)、多不飽和脂肪酸 ($\text{C}_{18:n}$, $\text{C}_{20:n}$, $\text{C}_{22:n}$, $n=2-6$)、バクテリア起源の分枝脂肪酸 ($\text{C}_{14}-\text{C}_{18}$) 及び β -ヒドロキシ脂肪酸 ($\text{C}_{12}-\text{C}_{18}$) も懸濁粒子中に検出された。これらの濃度は深さとともに減少する傾向を示したが、水深200 mから400 mの中層では、再び濃度の増加が認められた。化学的には不安定と考えられている一不飽和脂肪酸や多不飽和脂肪酸が中層において濃度の増加を示したことは興味深いことである (Fig. 3a,b)。

こうした結果から、深さ200-400 mの北部北太平洋及びベーリング海の中層水には、懸濁物の中に新鮮な有機物が多量に存

在していることが明らかとなった。この結果は、西部北太平洋で報告されている動物プランクトンの高い個数密度と一致しており (Sasaki et al. 1988, Hattori 1989)、中層水中で動物プランクトン起源の有機物が新たに生産されている、もしくは動物プランクトンによってこの水深に表層由来の新鮮な有機物が持ち込まれていることを示唆している (Kobari & Ikeda 1999, Tsuda et al. 1999)。

一方、バクテリア由来の β -ヒドロキシ酸の濃度も中層水中で増加する (Fig. 3c)。このことは、この深さでは単に動物プランクトンの活動が活発であるだけでなく、バクテリアによる有機物の分解と再合成も同時に起こっていることを意味している。

4. まとめ

これまで海洋懸濁粒子中の脂質の研究は行われてきたが、中層での脂質成分の濃度増加は報告されていない (Wakeham & Canuel 1988)。その理由として、深さ方向のサンプリングの頻度が極めて限られており中層での濃度増加を捕まえていなかった可能性がある。今回、比較的高い深度分解能で観測を行った結果、高緯度海域の中層水において懸濁有機物の濃度増加の存在が初めて確認された。本研究で得られた結果は高緯度海域に特有な高い生物生産に関係した現象であると考えられ、今後、関連する海域での試料採取と有機物組成の解析とともに、その生理・生態学的解析を行っていく必要があるであろう。

謝 辞

試料の採取に際して、東京大学海洋研究所白鳳丸 (KH97-2 次航海) の乗組員一同および主席研究員の川口弘一教授にお世話をいただきました。ここに感謝の意を表明します。本研究で用いた同位体比質量分析計は、文部省科学研究費補助金 (09304054) によって購入したものである。

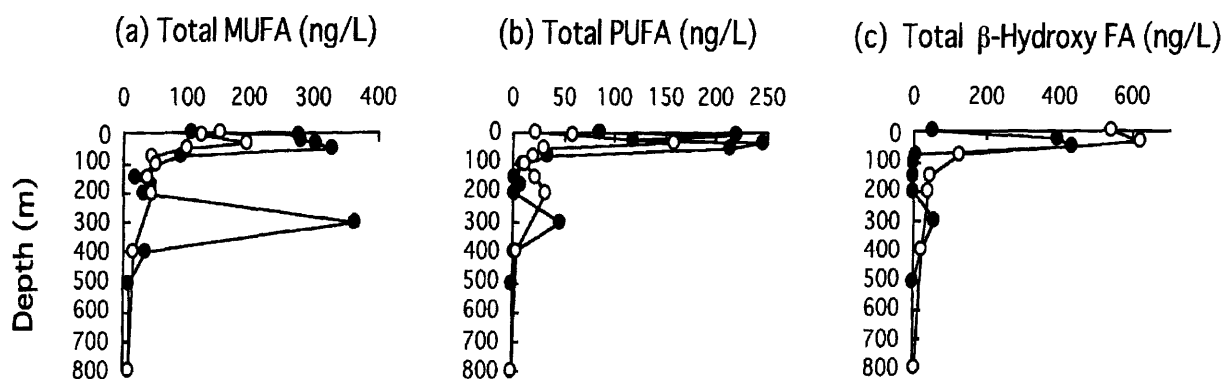


Fig. 3 Vertical profiles of (a) total monounsaturated fatty acids (MUFA), (b) total polyunsaturated fatty acids (PUFA), and (c) total β -hydroxy fatty acids in the suspended particles collected in the northern North Pacific (closed circles) and Bering Sea (open circles).

引用文献

- Cranwell, P. A. 1982. Lipids of aquatic sediments and sedimenting particulates. *Prog. Lipid Res.* **21**: 271-308.
- Hattori, H. 1989. Bimodal vertical distribution and diel migration of the copepods *Metridia pacifica*, *M. okhotensis* and *Pleuromamma scutellata* in the western North Pacific Ocean. *Mar. Biol.* **103**: 39-50.
- Kawamura, K. 1995. Land-derived lipid class compounds in the deep-sea sediments and marine aerosols from North Pacific, pp.31-51. In *Biogeochemical Processes of Ocean Flux in the Western Pacific* (ed. H. Sakai & Y. Nozaki). Terra Scientific Publishing Co., Tokyo.
- Kawamura, K. & R. Ishiwatari 1982. Tightly bound β -hydroxy acids in a recent sediment. *Nature* **297**: 144-145.
- Kawamura, K., K. Ogura & R. Ishiwatari 1987. Early diagenesis of organic matter in the water column and sediments: microbial degradation and resynthesis of lipids in Lake Haruna. *Org. Geochem.* **11**: 251-264.
- Kobari, T. & T. Ikeda 1999. Vertical distribution, population structure and life cycle of *Neocalanus cristatus* (Crustacea: Copepoda) in the Oyashio region, with notes on its regional variations. *Mar. Biol.* **134**: 683-696.
- 中塚武 1997. 海洋堆積物の窒素同位体比に関する研究—窒素同位体比による海洋表層環境の復元—. 海の研究 **6**: 383-397.
- Narukawa, M., K. Kawamura, N. Takeuchi and T. Nakajima 1999. Distribution of dicarboxylic acids and carbon isotopic compositions in aerosols from 1997 Indonesian forest fires. *Geophys. Res. Lett.* **26**: 3101-3104.
- Sasaki, H., H. Hattori & S. Nishizawa 1988. Downward flux of particulate organic matter and vertical distribution of calanoid copepods in the Oyashio Water in summer. *Deep-Sea Res.* **35**: 505-515.
- Tsuda, A., H. Saito & H. Kasai 1999. Life histories of *Neocalanus flemingeri* and *Neocalanus plumchrus* (Calanoida: Copepoda) in the western subarctic Pacific. *Mar. Biol.* **135**: 533-544.
- Wakeham, S. G. 1999. Monocarboxylic, dicarboxylic and hydroxy acids released by sequential treatments of suspended particles and sediments of the Black Sea. *Org. Geochem.* **30**: 1059-1074.
- Wakeham, S. G. & E. A. Canuel 1988. Organic geochemistry of particulate matter in the eastern tropical North Pacific Ocean: Implications for particle dynamics. *J. Mar. Res.* **46**: 183-213.

2000年5月30日受付, 2000年6月15日受理