

海溝域に於ける有機物の水平輸送について

半田暢彦、原田尚実、中塚 武、杉本多津広

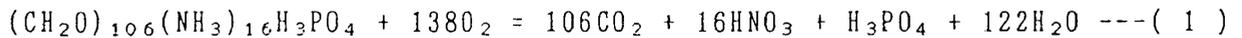
名古屋大学水圏科学研究所

464-01名古屋市千種区不老町

はじめに

海洋の表層では、植物プランクトンの光合成により二酸化炭素を材料として有機物が合成されている。この有機物は、植物プランクトン粒子の沈降にともない深層水に移行し、微生物の作用により溶存酸素を消費しながら分解される。この際、再生される二酸化炭素は深層水の上昇にともない海洋表層に戻り、海洋に於ける炭素循環が閉じる。

深層水に於ける有機物の分解速度は、次式により溶存酸素の消費速度から見積もられる。



北太平洋の深層水（1km以深）に於ける有機物分解速度は $5\text{--}30\text{mgC m}^{-2} \text{日}^{-1}$ の範囲である（Handa 1991）。これに対して、セヂメントトラップ実験による1km深を越えて深層に輸送される有機炭素フラックスは $2\text{--}20\text{mgC m}^{-2} \text{日}^{-1}$ の範囲で測定されており（Handa, 1991）、溶存酸素の鉛直分布から見積もられる有機物消費量に比して、表層水から深層水に直接輸送される有機物量が少ないという結果が示されてきた。このため、基礎生産量の高い沿岸域から外洋深層に向かっての有機物の負荷過程の存在が示唆されてきた（Honjo, 1991）。しかし、このような有機物の負荷過程の実測に関しては、今までの所ほとんどその例がない。

本研究に於いては、相模舟状海盆および日高舟状海盆を対象にして、沿岸域から海溝域に向かっての有機物の移動を把握する目的で、海溝域にセヂメントトラップを設置し、一年間にわたって、沈降粒子フラックスの時間的変動を観測すると共に、海盆底堆積物の採集を行った。これらの試料に付いて、有機炭素フラックス、有機炭素濃度とともに有機物の ^{14}C 年令の計測を行なった。この研究で得られた結果は、相互に比較検討する事により、沿岸域から外洋深層への有機物の水平輸送の存在を示唆するものであった。

材料と方法

伊豆小笠原海溝最北端の三重点付近（JT-06; $34^\circ 10.0' \text{N}$, $142^\circ 00.4' \text{E}$; 水深、8,930m）、と日本海溝北端の観測点（NNWP-01; $40^\circ 55.33' \text{N}$, $144^\circ 12.75' \text{E}$; 水深、5,369m）に時系列型セヂメントトラップを設置し、沈降粒子の採集を行った。この際、5%のホルマリンを含む海水中に沈降粒子を捕集し、試料採集中に於ける有機物の分解を防止した。海底堆積物の採集はボックスコーラーによった。本研究では、この堆積物柱状試料のうち、表層から5cm深までの混合試料を化学分析に供した。

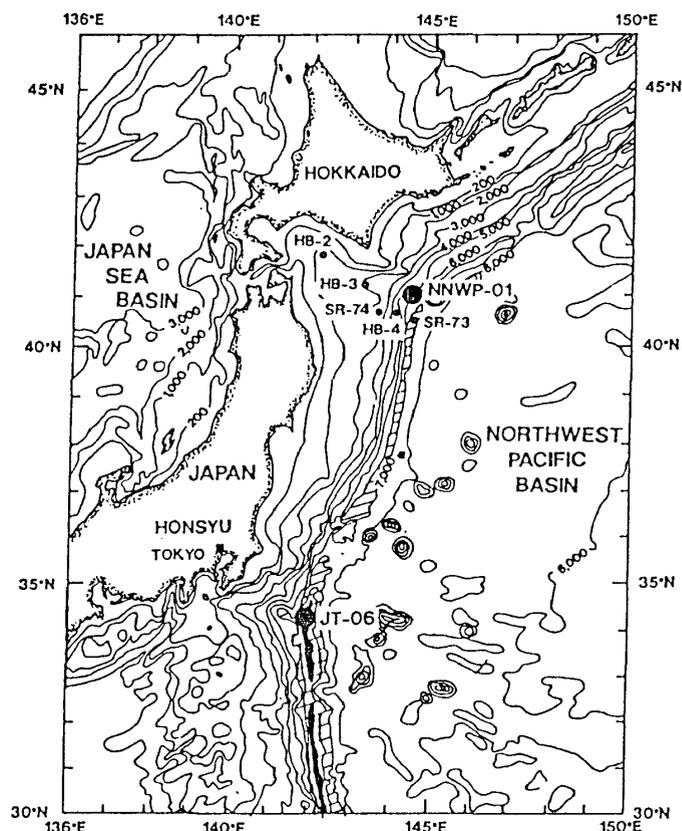


Fig. 1 Sediment trap sites in the Japan Trench and Izu-Ogasawara Trench

沈降粒子および堆積物試料の有機炭素及び窒素の測定は、炭素水素窒素分析装置によった。また、安定及び放射性炭素同位体の分析に当たっては、それぞれMinagawa and Wada(1984)および北川他(1991)によった。数十mgの沈降粒子及び堆積物試料を取り、1M HClで処理して炭酸塩を除去し、脱塩乾燥後、真空乾燥中、酸化銅の存在の下で加熱(850°C、4時間)して有機物を酸化分解する。生ずる二酸化炭素を精製分離し、一部を炭素安定同位体比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)の測定に供し、他を放射性炭素同位体比($^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$)の測定に用いた。放射性炭素同位体比の測定に当たっては、二酸化炭素と計算量の水素ガスとを、予め添加した微小鉄粒子を含むガラス管にとり、封管後、加熱(650°C、4.5時間)還元し、二酸化炭素を結晶性炭素として微小鉄粒子の上に集める。これを、測定用ターゲットに詰め、加速器質量分析装置で $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$ を測定した。

結果と考察

1) 伊豆小笠原海溝最北端域 (JT-06)

本観測点は、相模舟状海盆が伊豆小笠原海溝と接する点に位置し、水深9,200mで、この海溝の中でも最も水深が大きい (Fig. 1)。この海域の4,519m及び8,519m深に、1990

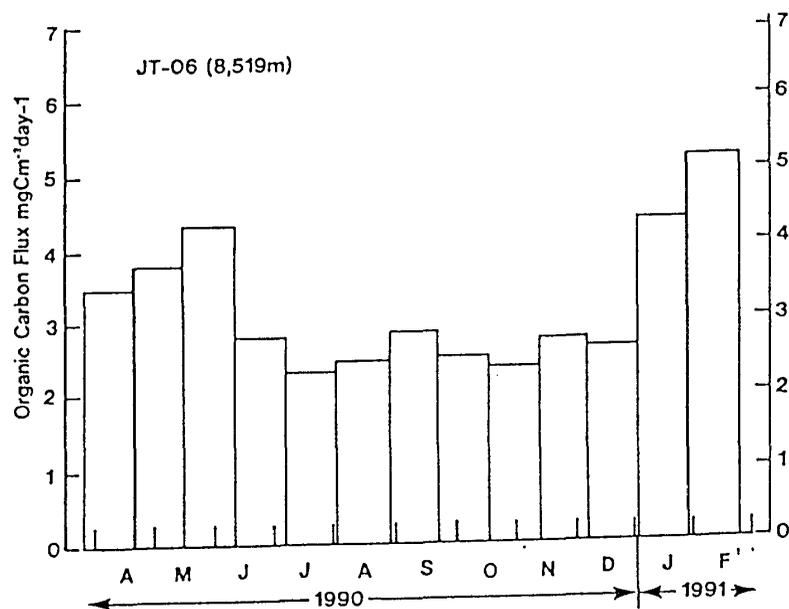
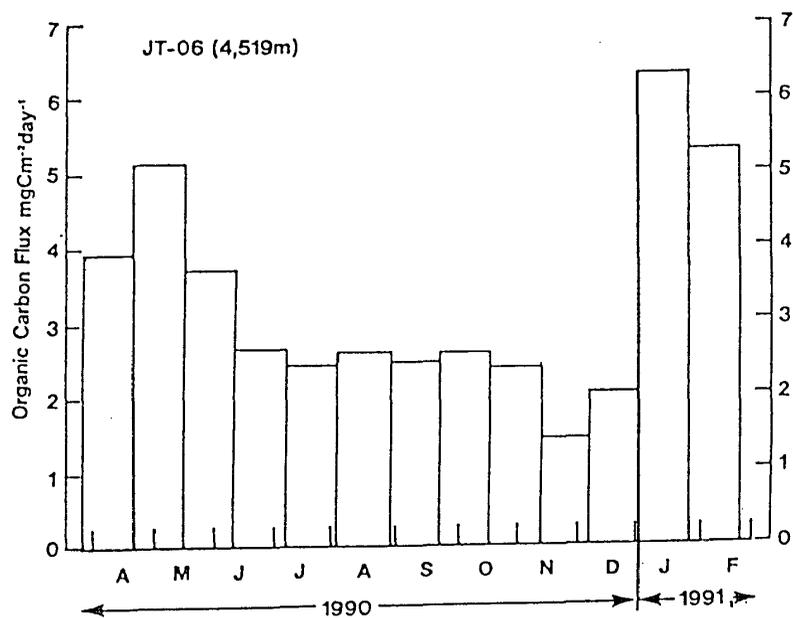


Fig. 2 Vertical flux of organic carbon in the Izu-Ogasawara Trench

年3月25日から1991年2月25日まで、それぞれ各一基の時系列型セヂメントトラップを設置し、25.5日毎に捕集ビンを変えて沈降粒子を採集した。有機炭素フラックスの時間的変動をFig. 2に示す。4,519m深に於ける有機炭素フラックスは冬季及び春季に高く、夏季から秋季にかけては比較的低い値を示した。また、時間的にもその変動が少ない傾向を示した。一方、8,519m深に於いても有機炭素フラックスの時間的変動は4,519m深の場合と同様であったが、有機炭素フラックスが予想より高い値を示した。一般に、北太平洋域の深層水に於ける有機炭素フラックスと沈降粒子試料の採集深度との関係は、経験

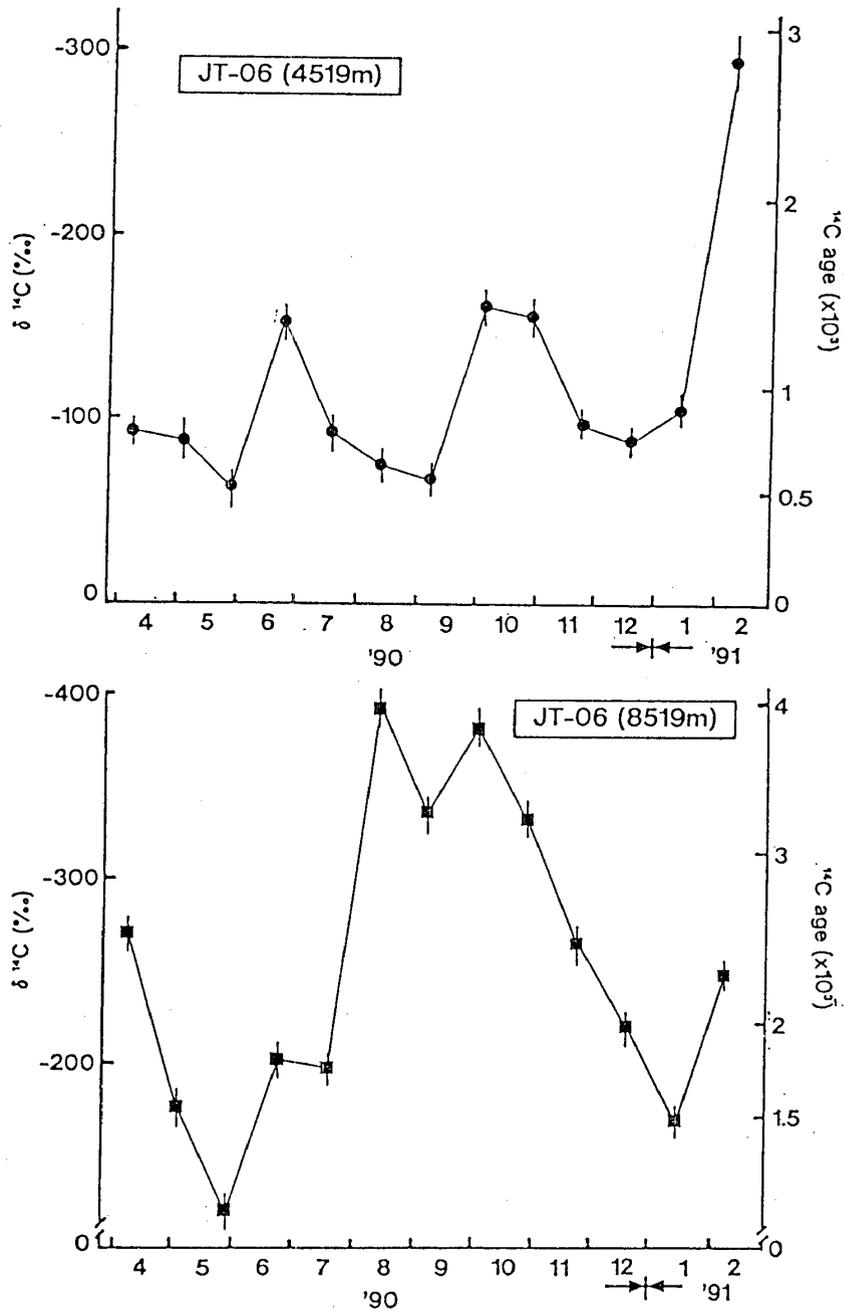


Fig. 3 Change in $\delta^{14}\text{C}$ of the sinking particles from Izu-Ogasawara

的に次式で示される (半田、松枝、1985)。

$$\ln C = \ln C_0 - 0.34 D \text{ ----- (2)}$$

ここで、Dは深さ(km)、 C_0 及びCはそれぞれ1 km深及び取り扱う試料の深さ(km)に於ける有機炭素フラックスである。

海溝深層水に於いても溶存酸素濃度は外洋深層水と殆ど変わらない事は既に示されている。従って、海溝深層水に於いて有機物の分解は充分速く進行するものと判断される。

本研究で観測されたように、海溝深部に向かって有機炭素フラックスの減少が顕著でないという事実は、むしろ海溝深部に向かって有機物の集積が起こっている事を示唆するものとして重要である。

JT-06の沈降粒子有機物に於ける $\delta^{14}\text{C}$ をFig. 3に示す。4,519m及び8,519m深に於ける $\delta^{14}\text{C}$ はそれぞれ $-62.5 \pm 11 \sim -295.9 \pm 14\%$ 、 $-118.6 \pm 11 \sim -380.5 \pm 11\%$ の範囲で測定された。この結果は、中部北太平洋の外洋域から採集された懸濁粒子及び沈降粒子有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ がそれぞれ $+43 \pm 28 \sim +139 \pm 9\%$ 及び $+99 \pm 12 \sim 136 \pm 14\%$ (Druffel et al., 1986; Druffel and Williams, 1990)であるのに比べてきわめて低い。この事実は、海溝域に於ける有機物の輸送が、単に表層水からの現世植物プランクトン粒子の沈降によるばかりでなく、大陸棚及びその斜面域からの堆積物粒子の再懸濁と、これに引きつづいて起こる粒子の水平方向の輸送と沈降に依っても引き起こされている事を示している。さらに、8,519m深に於ける沈降粒子有機物の $\delta^{14}\text{C}$ が4,519m深のそれに比べてより小さい値を示す事は、海溝域の深部ほど大陸棚及びその斜面域からの再懸濁堆積物粒子の影響をより強く受けているものと理解され、沿岸から外洋域に向かっての物質輸送を解析する上でたいへん重要である。ただし、両深度に於ける $\delta^{14}\text{C}$ の変動には明確な相関関係は見ら

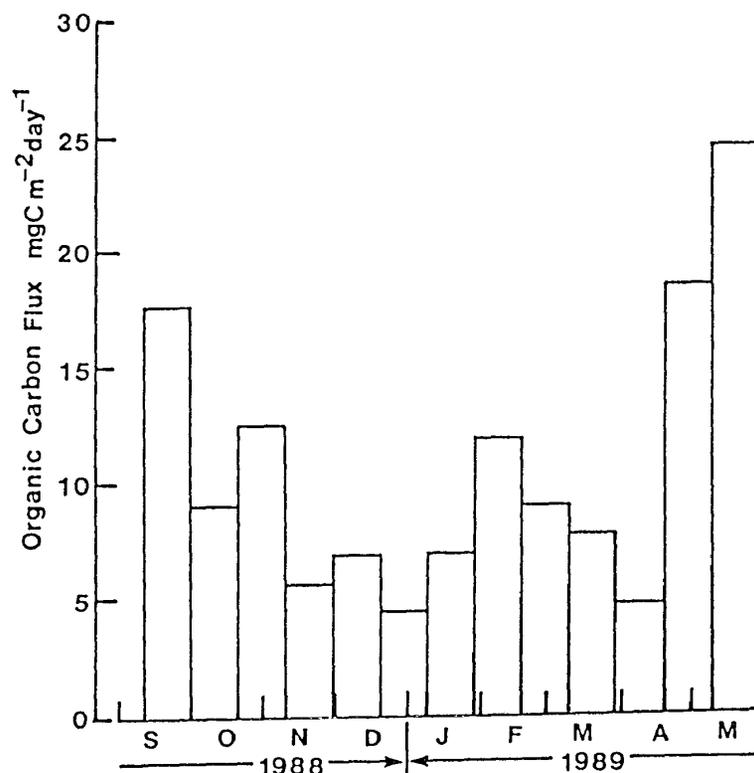


Fig. 4 Vertical flux of organic carbon in the Japan Trench

れなかった。この事は、沿岸域からのこれらの層への物質輸送には複雑な過程が関与しているものと思われる。この点に関しては有機物の組成変動の評価を通して、現在解析中である。

2) 日高舟状海盆 (NNWP-01)

1988年8月31日から1989年5月30日にわたり日高舟状海盆の水深5,369mの海域に時系列型セヂメントトラップを設置し、沈降粒子を採集した。有機炭素フラックスの時間的変動をFig. 4に示す。有機炭素フラックスは1988年秋季と1989年春季に極大値を取った。これらは、沈降粒子有機物の $\delta^{13}\text{C}$ 及び脂肪酸などの有機物組成から表層水に於ける植物プランクトンのブルームに大きく依存している事を示した。しかし、1989年冬季に於ける有機炭素フラックスの極大は植物プランクトンの特別な増殖には関係ない事を示した。したがって、大陸棚及びその斜面からの堆積物粒子の負荷を検討するため、沈降粒子有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ を測定した (Fig. 5)。この海域に於ける沈降粒子有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ は、植物プランクトンブルームが発生している時期 (1988年9~10月、1989年4~5月) には比較的高い値を示し、また1989年2~3月には特に低い値が観測された。この事実は、1989年冬季に於ける有機炭素フラックスの増加が、主として大陸棚及びその斜面域からの堆積物粒子の再懸濁、再堆積過程の影響を強く受けているものと判断される。

しかし、この海域に於いても沈降粒子有機物の $\Delta^{14}\text{C}$ は、中部北太平洋域に於いて採集

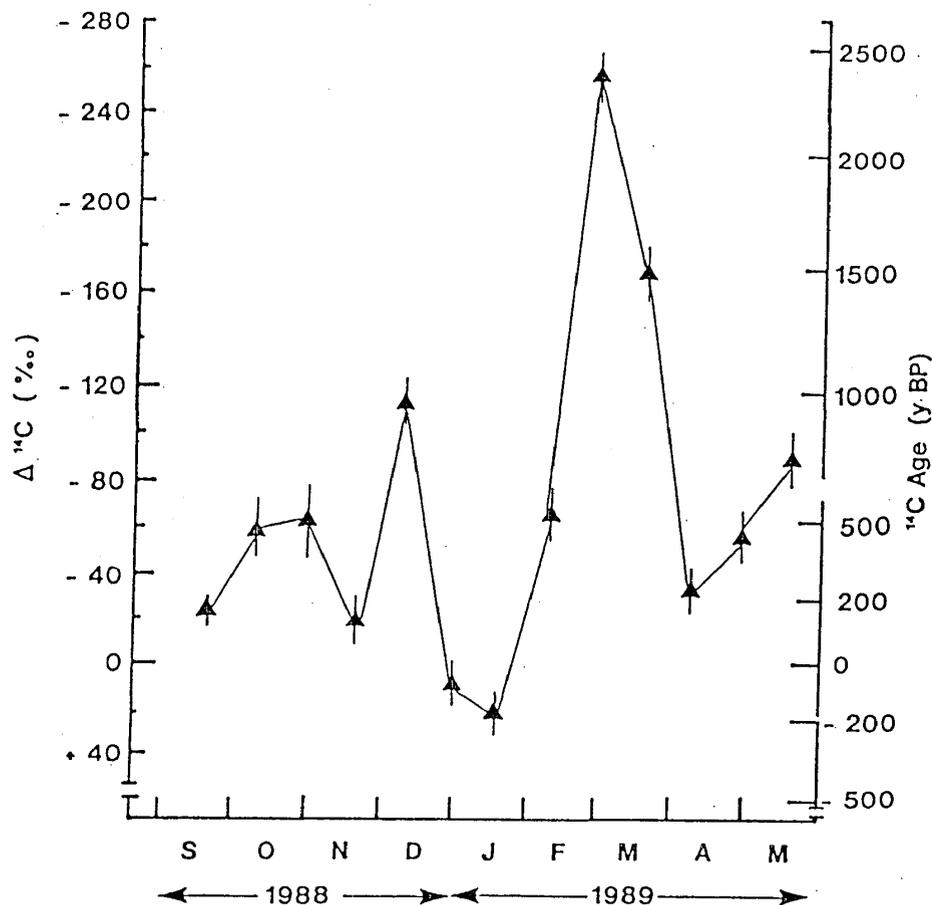


Fig. 5 Change in $\Delta^{14}\text{C}$ of the sinking particle from Japan Trench

された沈降粒子有機物のそれに比べて小さい値である。この事は、本海域に於いても、常時堆積物粒子が再懸濁し、大陸棚斜面を通して海溝底に輸送されているものと推定される。

3) 日高舟状海盆に於ける堆積物の¹⁴C年令

海溝域に於ける沈降粒子の起源物質として、大陸棚及びその斜面域の堆積物を考えてきた。それを確認するため、日高舟状海盆を例にとり、堆積物有機物の¹⁴C年令を測定した (Table 1)。この舟状海盆に於ける堆積物有機物の¹⁴C年令は水深と共に増加してい

Table 1 ¹⁴C age of the surface sediments from Hidaka Trough

Samples	¹⁴ C age (yr BP)
HB-2	477 ± 66
HB-4	979 ± 69
SR-73	1,996 ± 87

た。しかし、セジメントトラップ設置深度とほぼ等しいHR 4では表層堆積物の¹⁴C年令が979+69yrBPであり、1989年冬季の¹⁴C年令の極大値には遠く及ばない。特に、有機物の $\delta^{13}\text{C}$ が海底堆積物 (-20.85~-21.44%) と冬季1~3月に採集された沈降粒子 (-22.26~-22.89%) とでは大きく異なっている。この事は、大陸棚及びその斜面の堆積物が、単に再懸濁したのち、堆積しているとは考えられない。むしろ、再懸濁したのち、分級され、小型粒子がより遠くへ移動して堆積するものと考えられる。この点に付いての詳細な検討は今後の問題とする。

まとめ

沿岸域から外洋への有機物の水平輸送の存在を検討するため、日本列島の太平洋側に発達する日本海溝及び伊豆小笠原海溝域を対象にしてセヂメントトラップ実験を実施した。得られた沈降粒子有機物の¹⁴C/¹³Cを測定し、 $\delta^{14}\text{C}$ 或いは $\Delta^{14}\text{C}$ を算定した。その結果、東部北太平洋深層水の懸濁粒子及び沈降粒子有機物の¹⁴Cは核実験の影響で見かけ上現在よりも $n \times 10^1$ 年のオーダーで若いのに対して、本研究で取り扱った沈降粒子試料ではそれが現在よりも $n \times 10^2 \sim 10^3$ 年も古い物であった。この結果、海溝域に於ける有機物の輸送に関しては、海洋表層からの植物プランクトン粒子の沈降 (有機物の鉛直輸送) とともに、大陸棚及びその斜面に於ける堆積物の再懸濁と再堆積 (有機物の水平輸送) が重要である事の可能性が示唆された。

また、日高舟状海盆の種々の水深から採集された海底堆積物表面泥試料の¹⁴C年令と本

沈降試料中の有機物のそれと比較検討した結果、海底堆積物はセヂメントトラップに到達するまでに、大きく粒度の差異による分級を受けているものと予想される。

参考文献

Druffel, E. R. M., Honjo, S., Griffin, S. and Wong, C. S. (1986) Radiocarbon
28(2A), 397-407

Druffel, E. R. M. and Williams, P. M. (1990) Nature, London, 347, 172-174

Handa, N. (1991) J. Oceanogr. Soc. Japan 47(2), 49-62

半田暢彦、松枝秀和 (1985) 海洋の動態 恒星社厚生閣 (東京)、310-355p

Honjo, S. (1991) Deep-Sea Res. (Submitted)

北川浩之、増沢敏之、松本英二、山口和典、中村俊男 (1991) 名古屋大学加速器質量分
析計(II), 113-121

Minagawa, M. and Wada, E. (1984) Geochim. Cosmochim. Acta 48, 1135-1140

Horizontal transport of organic matter in the trench environment

Handa, N., Harada, N., Nakatsuka, T. and Sugimoto, T.

Water Research Institute, Nagoya University,

Chikusa-ku, Nagoya 464-01, Japan

Abstract

Collection of sinking particles by sediment trap experiment was conducted in the Japan and Izu-Ogasawara Trenches to assess the significance of the horizontal transport of organic matter across the interface between the coastal and open ocean areas as well as the vertical transport of chemical materials as often observed in the open ocean. Organic materials of the sinking particles collected from these trench areas was analyzed for $\delta^{14}\text{C}$ and/or ^{14}C to determine their ^{14}C ages. We found that the organic materials of the sinking particles from these trench areas were much older than those of the sinking particles collected from the open ocean of the eastern and central North Pacific, indicating that sediment once settled in the continental shelf and its slope are most likely source materials of the sinking particles in the trench environment as well as the organic materials produced in the surface water by phytoplankton photosynthesis.

We also found that ^{14}C age of the surface sediment in the Hidaka Trough tended to become older toward the center of the Japan Trench, however organic matter of the sinking particles was sometimes determined to be much older than that of the

sedimentary organic matter from same depth. This clearly indicates that the sinking particle must be much affected by a particle consisting of organic materials with extremely old age.