



3 測定技術・応用研究 (I)

3-1 西部北太平洋における $\Delta^{14}\text{C}$ の分布と人為起源炭素の追跡

○ 荒巻能史(原研むつ), 渡邊修一, 角皆静男(北大院地球環境)
久慈智幸(日本海洋科学振興財団), 水島俊彦, 外川織彦(原研むつ)

北西部北太平洋では、冬季の活発なガス交換によって人為起源の二酸化炭素が、そこで形成される北太平洋中層水に大量に溶け込み、北太平洋全域へ運ばれているとの報告がある(Tsunogai et al. 1993 他). 海水の溶存無機炭酸中の ^{14}C は、この中層水の動態を明らかにする上で重要な化学トレーサーとしての役割をもつ。さらに近年 Broecker et al. (1995)によって報告された海洋中の核実験以前の $\Delta^{14}\text{C}$ 値の再現法を用いれば、核実験後、約40年間に海洋に積み込まれた大気中二酸化炭素量を推定することが可能となる。そこで著者らは、西部北太平洋における $\Delta^{14}\text{C}$ の分布を明らかにし、北太平洋中層水に積み込まれた核実験起源の ^{14}C 量を推定し、その挙動を明らかにすることを研究目的とした。

方法

東大海洋研白鳳丸 KH91-5 航海及び KH93-2 航海で 165°E に沿った 0°~48°N の 6 観測点(図 1)において、概ね 20 層程度で海水試料 500ml をガラスビンに採取後、飽和水銀溶液を添加し、研究室に持ち帰った。試料は Aramaki et al. (2000)に従い、溶存無機炭酸を二酸化炭素ガスとして抽出し、水素ガスを用いてグラフアイトに還元した後、AMS (加速器質量分析装置, HVEE 4130-AMS)で試料中の $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を計測した。 $\Delta^{14}\text{C}$ 値算出時の $\delta^{13}\text{C}$ 値は、抽出した二酸化炭素ガスを一部分取し、Finnigan DELTA^{plus}を用いて $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比を計測することから算出した。なお、 $\Delta^{14}\text{C}$ 値の測定精度は 1 σ で $\pm 4\text{‰}$ 以下であった。

結果及び考察

図 2 には、等密度面から見た $\Delta^{14}\text{C}$ 値の緯度変化を表現した。ここで単純化のため、密度 26.4 σ_θ は水深 300m 程度の表層水下部、27.2 σ_θ は水深 1000m 以深の深層水上層部と仮定する。全ての密度面において、赤道域及び北緯 40 度付近が高い。また北緯 48 度では、表層付近の値に大きな減少が見られる。なお、北緯 10 度付近での値の減少は、赤道湧昇によって運ばれた深層水の混合(低 $\Delta^{14}\text{C}$ 水)の影響であることが他の化学成分の測定から明らかとなっている。

図 3 では、1973 年にアメリカ合衆国が中心となって観測がなされた GEOSECS での $\Delta^{14}\text{C}$ 値と比較した。表層及び中層(26.8 σ_θ)では本研究(1990 年代)が高い値を示したが、深層では

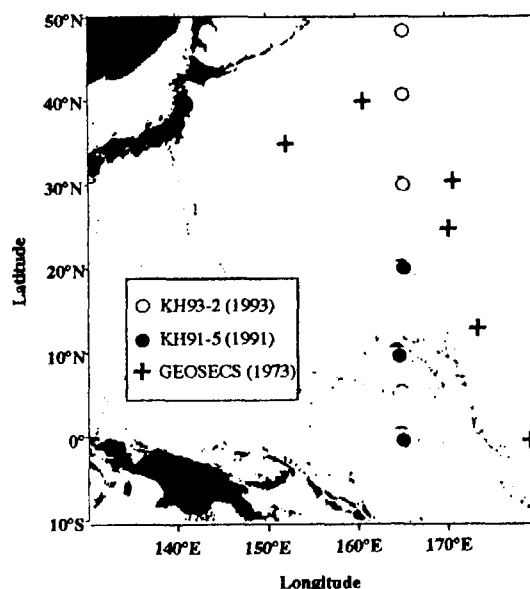


図1 観測点

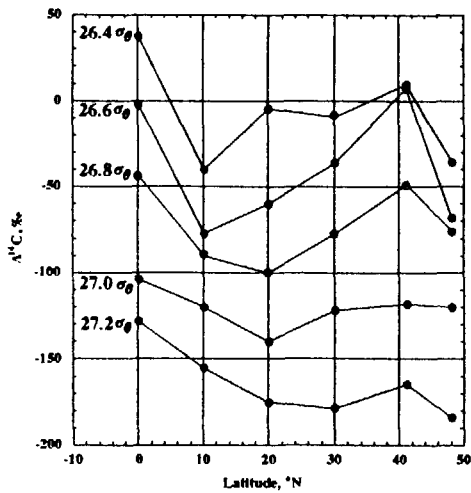


図2 等密度面におけるΔ¹⁴Cの緯度分布

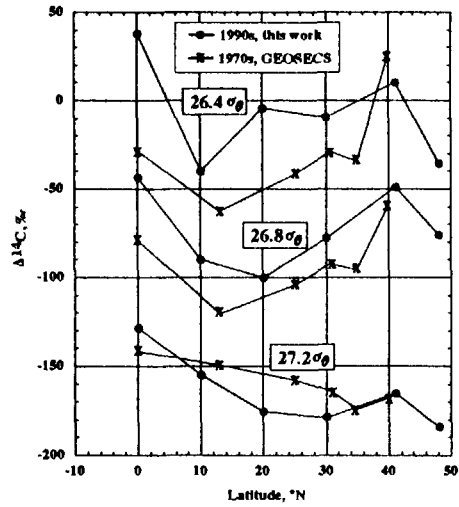


図3 GEOSECSとの比較

同程度であった。これは、この20年間に1950年代後半から始まった核実験起源の¹⁴C(¹⁴Cbomb)が表層及び中層で増加したこと、さらに1000mを越す深層には、その影響が到達していないことを示している。そこで著者らは、¹⁴Cbombを観測緯度ごとに定量的に見積もり、その動態を解析した。

Broecker et al. (1995)は、海水中に溶存するケイ酸塩(Si)と核実験以前の海水中Δ¹⁴C(Δ¹⁴Cpre)の間に次式の直線関係があることを発見した(図4参照)。

$$\Delta^{14}\text{C}_{\text{pre}}(\text{‰}) = -70 + \text{Si}(\mu\text{mol/kg})$$

著者らは、海水中のトリチウム(³H)の濃度が検出限界となる深度(z)を¹⁴Cbombの貫入深度と仮定して、同一航海で得られた、海水の密度26.2σ_θ、26.4σ_θ、26.6σ_θ、26.8σ_θ及び貫入深度におけるケイ酸塩濃度を上式に代入してΔ¹⁴Cpreを見積もった。ここで、表層(0m)のΔ¹⁴Cpreは、-50‰と仮定した(図4参照)。

見積もられたΔ¹⁴Cpreと観測されたΔ¹⁴Cとの差が核実験起源のΔ¹⁴C(Δ¹⁴Cbomb)となり、水深0~z mでのΔ¹⁴Cbombの積分値が¹⁴Cbombの存在量(I bomb)となる。

本研究(1990年代)及びGEOSECS(1970年代)で得られたΔ¹⁴Cから見積もられたI bombを表に示した。表中では、表層(密度σ_θ<26.6)、中層(26.2<σ_θ<27.2)及び深層(σ_θ>27.2)に分けて表現した。全量で比較すると、中緯度域(北緯20~30度)で20年間に約

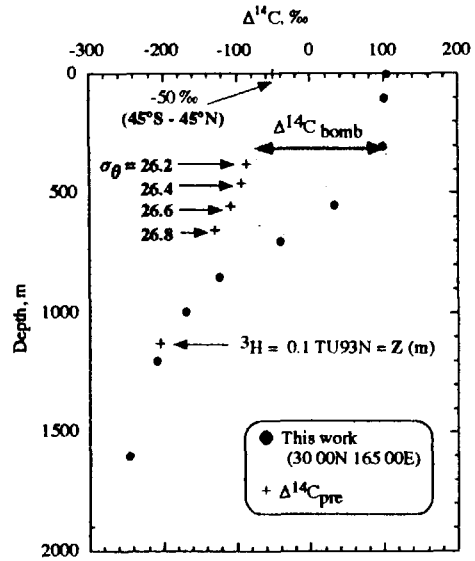


図4 Broecker et al. (1995)によるΔ¹⁴Cpreの再現法

表 $^{14}\text{C}_{\text{bomb}}$ の存在量(本研究と GEOSECS の比較)

1990s							
Latitude(°N)	0	10	20	30	41	48	average
$\sigma_{\theta} < 26.6$	7.8 84.8	4.0 78.4	12.7 90.1	15.8 84.5	2.8 38.3	1.0 31.2	7.4 67.9
$26.6 < \sigma_{\theta} < 27.2$	1.4 15.2	1.1 21.6	1.4 9.9	2.9 15.5	3.7 50.7	1.9 59.4	2.1 28.7
$\sigma_{\theta} > 27.2$	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.8 11.0	0.3 9.4	0.2 3.4
total	9.2 100.0	5.1 100.0	14.1 100.0	18.7 100.0	7.3 100.0	3.2 100.0	9.7 100.0

1970s							
Latitude(°N)	0	13	25	30.5	35	40	average
$\sigma_{\theta} < 26.6$	5.2 94.5	8.6 98.9	10.6 95.5	10.5 86.8	14.3 92.9	3.6 48.0	8.8 87.1
$26.6 < \sigma_{\theta} < 27.2$	0.3 5.5	0.1 1.1	0.5 4.5	1.5 12.4	1.1 7.1	3.7 49.3	1.2 11.9
$\sigma_{\theta} > 27.2$	0.0 0.0	0.0 0.0	0.0 0.0	0.1 0.8	0.0 0.0	0.2 2.7	0.1 1.0
total	5.5 100.0	8.7 100.0	11.1 100.0	12.1 100.0	15.4 100.0	7.5 100.0	10.1 100.0

上段: $^{14}\text{C}_{\text{bomb}}$ 存在量($\times 10^9$ atoms/cm²)

下段: 割合 (%)

20%増加していることが分かる。赤道や北緯40度以北では、逆に減少傾向にある。密度毎に見ると、この20年間で $^{14}\text{C}_{\text{bomb}}$ が中層水へ移行していることが分かる。その傾向は、北緯40度以北の高緯度域で顕著である。これは、高緯度域において北太平洋中層水に溶け込んだ $^{14}\text{C}_{\text{bomb}}$ が中層を南下していることを示唆している。Tsunogai et al. (1993)は、同一海域における全炭酸量の鉛直分布を用いて、北太平洋中層水が大気中の人為起源による過剰二酸化炭素の吸収源としての役割を持つ可能性を示唆した。本研究はその可能性を支持するとともに、高緯度域で北太平洋中層水に溶け込んだ $^{14}\text{C}_{\text{bomb}}$ (二酸化炭素)がわずか20年程度で中緯度域に運ばれていることを明らかにした。

参考文献

- Aramaki, T., T. Mizushima, Y. Mizutani, T. Yamamoto, O. Togawa, S. Kabuto, T. Kuji, A. Gott dang, M. Klein and D.J.W. Mous, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research* (2000) In press.
- Broecker, W.S., S. Sutherland, W. Smethie and T.-H. Peng T.-H., *Global Biogeochemical Cycles* 9:263-288 (1995)
- Tsunogai, S., T. Ono and S. Watanabe, *Journal of Oceanography* 49:305-315 (1993)