

西七島海嶺域の半遠洋性堆積物の ^{14}C 年代

沢田 健、半田 暢彦

名古屋大学大気水圏科学研究所 / 〒464-01 名古屋市千種区不老町

1. はじめに

近年、グリーンランドの氷床コアや北大西洋の海底堆積物の地質学、地球科学的研究から、過去においてダンスガード・オシュガーサイクルのようなドラスティックな地球環境変動があったことが明らかになりつつある (e.g. Bond *et al.*, 1993)。この大西洋に端を発した環境・気候変化が北太平洋、日本近海にどのような、あるいは、どの程度影響をおよぼしたのかということが我々が明かにしたいテーマの1つである。

現在我々は中部日本太平洋沖の海底堆積物に記録された生物地球化学的指標を用いて、最終氷期から現在までの数万年スケールの海洋環境の変動を復元している。日本近海で得られた環境変動と大西洋、あるいは全球規模の環境変化と対比するためにはより精度の高い時間軸の設定が不可欠である。本稿では中部日本太平洋沖の西七島海嶺域から得られた半遠洋性堆積物のAMS ^{14}C 年代の結果を報告し、同じ堆積物試料の生物地球化学指標に記録された急激な環境変化のスパイクの年代と、大西洋の同時期の環境変化との対比について考察するつもりである。

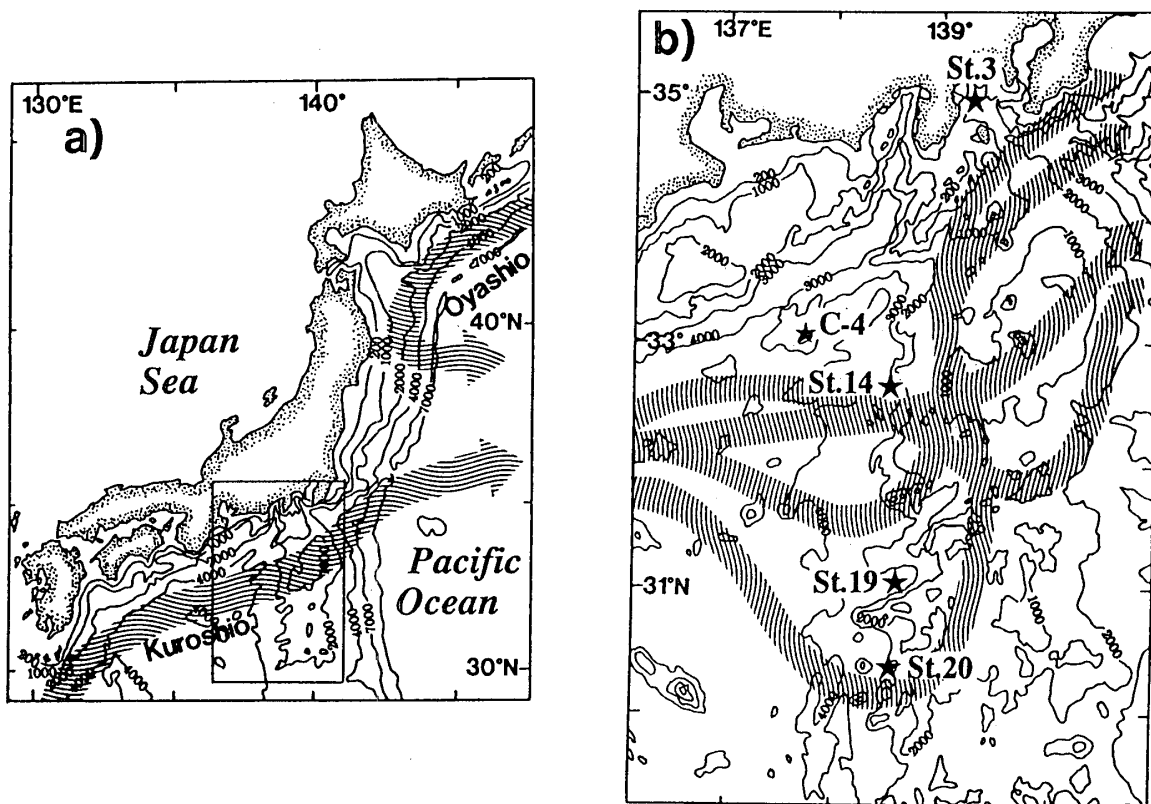


Fig. 1 Sampling locations of sediment cores off Japan, northwestern North Pacific. hatched lines represent the general paths of the Kuroshio and Oyashio Currents in the direction of the arrows based on Nitani (1975) (from Sawada and Handa, *in submitted*).

2. 試料と方法

分析に使用したピストンコア試料は、東京大学海洋研究所の淡青丸KT92-17次航海で西七島海嶺域において採取されたものである (KT92-17 St.14:32°40.1' N, 138°27.3' E; St.19:31°5.7' N, 138°39.9' E; St.20:30°22.6' N, 138°38.9' E, Fig. 1)。St.20は、最上部が欠損しているので、同研究所白鳳丸KH94-3次航海の同海域で採取されたマルチプルコア試料 (LM-4) で補った。

3本のコア試料はいずれもタービダイトや火山灰を挟在する比較的均質なシルト質粘土からなる。KT92-17 St.14、St.20は、ともに広域火山灰である始良丹沢火山灰 (AT:24330±225yr BP; 村山ほか, 1993) が同定されている (村山ほか, 1995; 金松ほか, 1995)。また、全有機炭素(TOC)・窒素(TON)含有量を測定し、その極小値を示す層と岩相記載 (阿波根, 私信) を照らし合わせ、タービダイトあるいは火山灰層と推定することも行った。コアは各々2.4cmごとに切断され、分析に用いられるまで-20°Cで保存された。

¹⁴C年代測定用試料は、村山ほか (1993) の方法を参考にして次のように調製した。堆積物試料を60meshのふるいで水洗し泥質部を除いた後、その中から実体顕微鏡下で浮遊性有孔虫 *Neogloboquadorina dutertrei* を拾い集めた。この種で分析に必要な量が得られない場合には、*Globigerinoides ruber*, *G. bulloides* も加えた。堆積後の有孔虫殻表面で置換されたCO₂を除去するために0.2N 希塩酸で軽く溶解させ、その後、約450°Cで1時間燃焼させて有機炭素を除去した。その試料を850°Cで燃焼してCO₂に気化し精製した後、水素還元法 (Vogel *et al.*, 1987) にしたがって鉄粉約2mgを触媒にしてグラファイト炭素を得た。

このグラファイトから、名古屋大学年代測定資料研究センターのタンデトロン加速器質量分析計を用いてAMS¹⁴C年代を測定した (Nakamura and Nakai, 1989)。

3. 西七島海嶺域のAMS¹⁴C年代

西七島海嶺域の堆積物のAMS¹⁴C年代値をTable 1とFig. 2に示した。¹⁴C年代値はLibbyの半減期 (5570年) を用いて計算した。北西太平洋における大気¹⁴CO₂の海洋にとけ込むまでのラグ (reservoir age) は明かにされていないのでその補正はできず、よって本研究ではカレンダー年代には変換しない。

¹⁴C年代値から推定した堆積速度は、KT92-17 St.14とSt.20では7~17cm/kyrである。ただし、St.20のコアトップは5218±299yr BPである。KT92-17 St.19の堆積速度は、コアトップから311cmまで約8~21cm/kyrであるが、311~422cmでは約55cm/kyrとかなり大きくなる。このSt.19のコアサイトにおいては、たぶん上方の斜面からのスランプ堆積物が比較的大量に供給された可能性がある。

本研究のAMS¹⁴C年代値は、同コアで得られた浮遊性有孔虫の酸素同位体曲線によって推定された年代 (阿波根ほか, 未発表データ) と調和的な結果を示した。

4. 北太平洋と北大西洋の環境記録との対比

KT92-17 St.14, St.19, St.20の3本のコアにおいて我々はアルケノン不飽和指数 (U^k₃₇) を測定し、過去2.5万年の海洋表層水温を復元した (沢田・半田, 1993; 1

Table 1 Radiocarbon ages and marker volcanic ashes of the three cores analyzed.

Core	Radiocarbon datings		Marker volcanic ashes	
	Depth from the top(cm)	Age(yr BP)	Depth from the top(cm)	Volcanic ash
St.14	24.8-27.3	3810±116	285-299.5	AT
	58.4-60.9	6745±209		
	150.6-153.1	14055±143		
	203.4-205.9	16509±264		
St.19	86.4-88.9	8172±205		
	142.2-144.7	12996±262		
	310.1-312.6	20246±241		
	421.0-423.5	22232±844		
St.20	0.0-2.5	5218±299	194.6-211.3	AT
	44.4-46.9	13183±194		
	122.6-125.1	17563±697		
	170.6-173.1	22516±315		
	208.9-213.8	24088±1209		

Marker volcanic ashes were identified by Murayama *et al.* (1994) and Kanematsu *et al.* (1995).

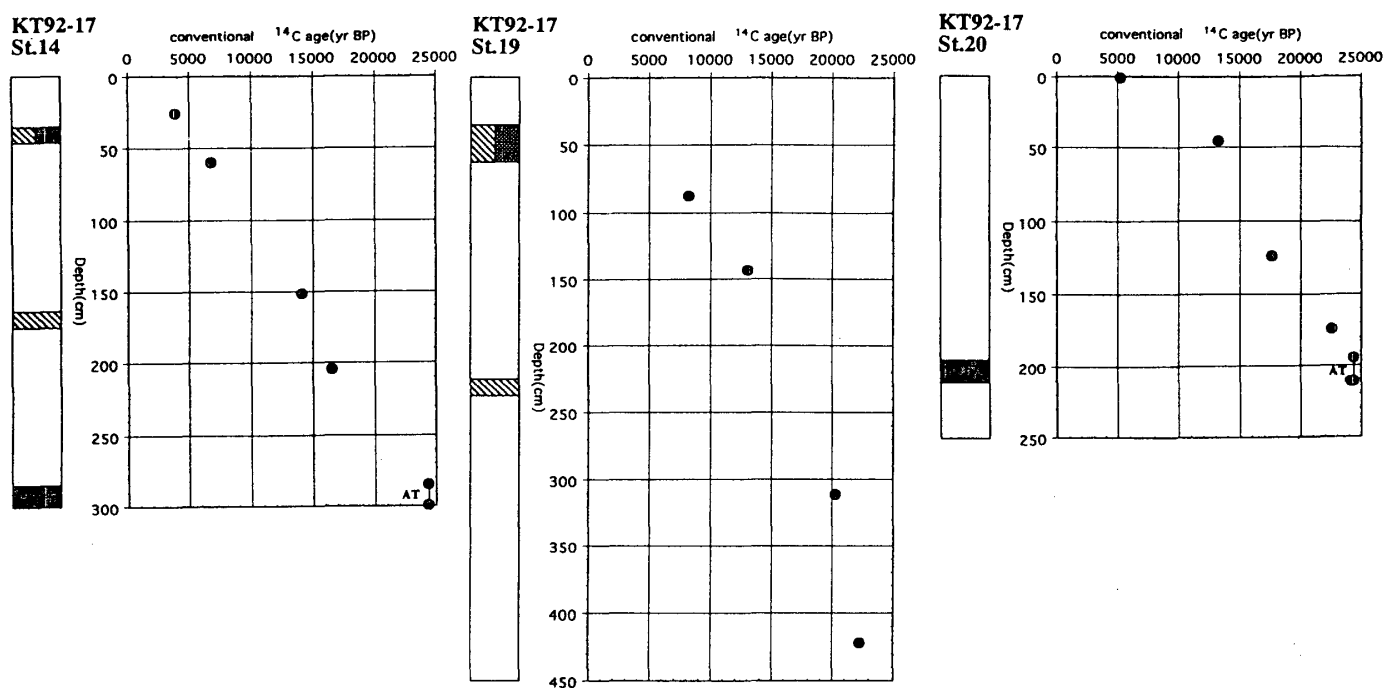


Fig. 2 Vertical profiles of ¹⁴C ages of planktonic foraminiferal tests in the three cores (KT92-17 St.14, St.19, St.20) collected from the Nishishichitou Ridge off central Japan. The column on the left side of each panel indicates the sedimentary facies. The solid and diagonal hatched bars indicate the volcanic ash and turbidite layers, respectively (Ahagon, unpublished data) (from Sawada and Handa, *in submitted*).

994)。U^{k'}₃₇とは *Emiliana huxleyi* などの円石藻が合成する長鎖アルケノンの不飽和化合物の比で次式で計算される (Prahl *et al.*, 1988)。

U^{k'}₃₇ = [37:2]/([37:2]+[37:3]) ([37:x]:炭素数37の2重結合をx個持つアルケノンの濃度)

アルケノン合成する藻類はこの化合物により膜の流動性を調節すると考えられていて (Marlowe *et al.*, 1984)、低温ほど3不飽和アルケノンを増やす性質を持つ。かつ堆積後もその比は変わらないことから (Prahl *et al.*, 1989)、古水温を推定するための有効な指標として広く使われている (e.g. Brassell *et al.*, 1986)。

広く使われているU^{k'}₃₇と水温の関係式 (U^{k'}₃₇ = 0.034T (°C) + 0.039; Prahl *et al.*, 1988) を用いて換算した水温をFig. 3に示した。3本いずれのコアも氷期 (2.5~1.0万年前) から完新世 (1.0万年前~現在) で約1.5~2.5°Cの水温上昇があることがわかった。中部日本沖の氷期における海洋表層の冷却の主な原因として、現在と最終氷期の水温差が平均的な北太平洋のそれ (CLIMAP Project Member, 1976; Moore *et al.*, 1980) と同じであることから、親潮の南下 (Chinzei *et al.*, 1987) や黒潮の蛇行による冷水塊の頻発 (尾田・嶽本, 1992) といった局所的に増幅された冷却というより、北半球中緯度域における日射量の低下などによるグローバルな冷却に原因を求めたほうがよいと考えられる (Sawada and Handa, *in submitted*, 1996)。

しかしながら本論で注目したいのは、St.14やSt.19にみられるいくつかの温暖・寒冷のパルスである。これらは中部日本沖にイベント的に現れた環境変化を示すものと考えられる。St.14, St.19, St.20のコアサイトはいずれも黒潮流域にあたり、海洋表層は黒潮の影響を受ける。黒潮は、中部日本沖において本州に沿って直進する流路と本州から大きく離れ遠州灘沖で大蛇行する流路があり、現在においてはともに準安定の流路である (e.g. Nitani, 1975)。しかし、氷期まで遡った過去においては、黒潮の流軸も地球規模の環境変化の影響を受けて変動してきた可能性がある。

Fig. 4では、St.14, St.19, St.20において同じ年代におけるそれぞれのコアサイトの間での水温差 (ΔT) を示した。この図において、ΔTがマイナスであれば北側 (本州側) のSt.14が温かいことを示し、黒潮流軸は直進路が卓越していた可能性が示唆される。逆にプラスならば、大蛇行が卓越してSt.20あるいはSt.19において温暖であり、大蛇行に伴う冷水塊の影響でSt.14の海域は冷却されたことが示されると考えられる。現在のSt.20とSt.14、St.19とSt.14のΔTは約1.2°Cである (Fig. 4)。ΔTの過去2.5万年間の変動をみると、St.20とSt.14、St.19とSt.14のΔTはともに、約2.1~2.0万年前、1.1~1.0万年前、8~7千年前にマイナス側への顕著なピークがみとめられた。この時期には黒潮流軸が本州に近づいて直進路が卓越していたことが推定される。また、1.6~1.3万年前はややΔTが現在の値より大きいので、比較的蛇行路が卓越してSt.14コアサイトの海洋表層が冷却されていた可能性が考えられる。

この黒潮流軸の変動に現れたスパイクが北大西洋で報告されているイベントと関わるのかどうかを考察するためにそれぞれの年代を比較した (Table 2)。各パルスの年代はAMS¹⁴C年代が決められた層準を基準時間面にして、タービダイトや火山灰層の層厚を差し引いた後に内挿して求めた。ただし、カレンダー年代が得られないので慣例的な¹⁴C年代で比較した。すると西七島海嶺域のΔTのスパイクは、ハインリッヒイ

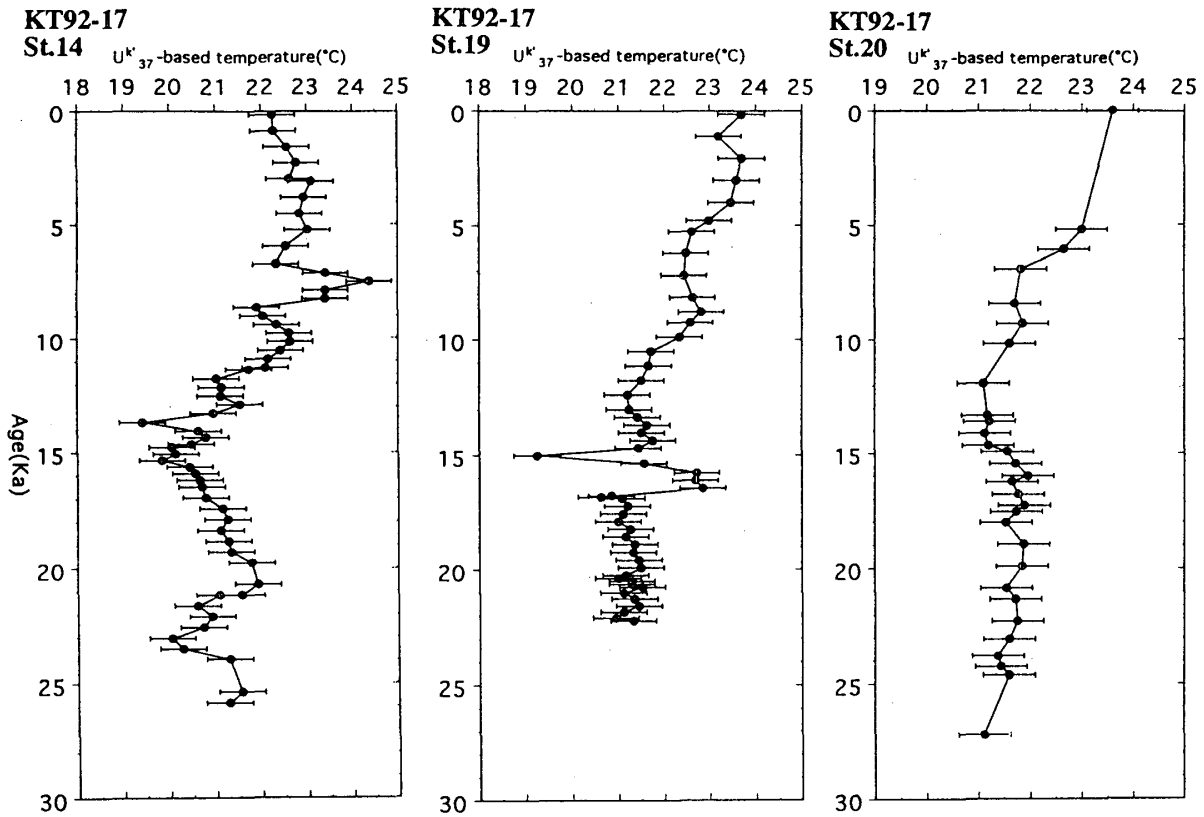


Fig. 3 Variations in U^{k}_{37} -based temperatures ($^{\circ}\text{C}$) in the three cores of the Nishishichitou Ridge over 25 ka (from Sawada and Handa, *in submitted*).

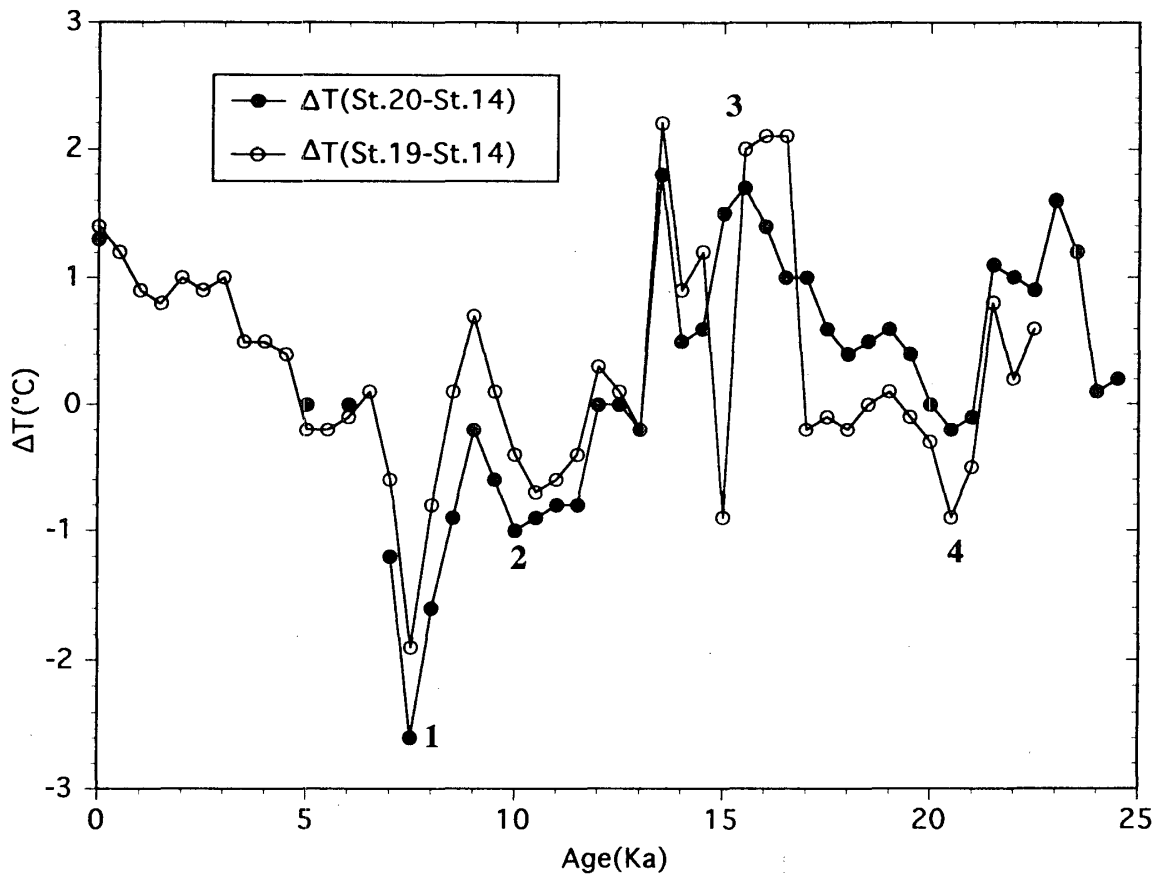


Fig. 4 Variations in the temperature values ($^{\circ}\text{C}$) subtracting U^{k}_{37} -based temperatures of St.14 from those of St.20, or those of St.19 in the same ^{14}C -derived ages.

Table 2 Ages of warm and cold events in the North Atlantic and cold and warm pulses of $U^{K_{37}}$ -based temperatures off central Japan.

events	ice core, layer count	^{14}C age		cold and warm pulses off central Japan	conventional ^{14}C ages
		calender age	conventional age		
Hypsithermal age			8000-6000* ¹	1	8000-7500
Melt water pulse IB		10445* ²	9500* ²		
Younger Dryas event	onset 1300±70* ³		11000* ⁴	2	11500-10000
	end 11640±250* ³	11500±200* ³	10000* ⁴		
Melt water pulse IA		13070* ²	12000* ²		
Heinrich event 1	14000* ⁶	13490±220* ⁵	13890±220* ⁵	3	16000-13000
		13250±90* ⁵	13650±90* ⁵		
		14590±230* ⁵	14990±230* ⁵		
		14680±400* ³			
Heinrich event 2	21300* ⁶	19970±330* ⁵	20370±330* ⁵	4	21000-20000
		20550±260* ⁵	20950±260* ⁵		
		21110±220* ⁵	21510±220* ⁵		
		21370±220* ⁵	21770±220* ⁵		

Data for the ages are reported by *1 Anderson(1985), *2 Fairbanks(1989) *3 Alley et al.(1993),

*4 Ruddiman and McIntyre(1981), *5 Bond et al.(1992), *6 Bond et al.(1993).

イベント1, 2 (H1, H2)、ヤングドライアスイベント (YD)、完新世の高温期 (Hypsithermal age) のそれぞれによく対応する。ただし、H1については期間が約3000年と長く完全に対応しているとはいいいにくい。

これらが直接関わっているのか、そうであるとしたらどのようなメカニズムで黒潮の流軸を直進、蛇行それぞれのモードに偏らせるのか、現在考察、検討しているが、いずれにしても北大西洋の急激な環境変化のイベントと同時期に中部日本沖においてパルスが現れることは興味深いことである。

謝辞 本研究を行うにあたり、名古屋大学年代測定資料研究センターの中村俊夫助教授ならびに池田晃子技官には、加速器質量分析計によるAMS ^{14}C 年代測定に際してご教示して頂き、多くの便宜をはかって頂いた。試料の採取にあたっては、東京大学海洋研究所淡青丸の船員、研究者の方々には多くのご援助を頂いた。北海道大学地球環境科学研究科助手の村山雅史氏ならびに東京大学海洋研究所大学院生の阿波根直一氏には、岩相記載の情報を提供して頂き、また、年代値の解釈について助言を頂いた。以上の方々に対して、ここに謝意を表す。

参考文献

- Anderson, T. W.(1985)in Pollen records of Late Quaternary North American Sediments, edited by Bryant Jr. and Holloway, pp.281-326, Am. Assoc. of Stratigr. Palynologists, Dallas, Tex.
- Alley, R. B., Meese, D. A., Shuman, C. A., Gow, A.J., Taylor, K. C., Grootes, P. M., White, J. W. C., Ram, M., Waddington, E. D., Mayewski, P. A. and Zielinski, G. A.(1993)*Nature*, **362**, 527-529.
- Bond, G., Heinrich, H., Broecker, Laurent, L., S., McManus, Andrew, J., Huon, S., Jantschik, R., Clasen, S., Simet, C., Tedesco, K., Klas, M., Bonani, G. and Ivy, S.(1992) *Nature*, **360**, 245-249.
- Bond, G., Broecker, W., Johnsen, S., McManus, J., Laurent, L., Jouzel, J. and Bonani, G.(1993) *Nature*, **365**, 143-147.
- Brassell, S. C., Eglinton, G., Marlowe, I. T., Pflaumann, U. and Sarnthein, M. (1986) *Nature*, **320**, 129-133.
- Chinzei, K., Fujioka, K., Kitazato, H., Koizumi, I., Oba, T., Oda, M., Okada, H., Sakai, T., Tanimura, Y.(1987) *Mar. Micropaleontol.*, **11**, 273-291.
- CLIMAP Project Members(1976) *Science*, **191**, 1131-1137.
- Fairbanks, R. G.(1989)*Nature*, **342**, 637-642.
- Marlowe, I. T., Green, J. C., Neal, A. C., Brassell, S. C., Eglinton, G. and Course, P. A.(1984) *Br. Phycol. J.*, **19**, 203-216.
- Moore, T., Burckle, L., Geitzenauer, K., Luz, B., Molina-Cruz, A., Robertson, J., Sachs, H., Sancetta, C., Thiede, J., Thompson, P. and Wenkam, C.(1980) *Mar. Micropaleon.*, **5**, 215-247.
- 村山雅史・阿波根直一・玄相民・金松敏也・平朝彦(1994)月刊海洋, 26(7), 434-438.
- 村山雅史・松本英二・中村俊夫・岡村真・安田尚登・平朝彦(1993)地質雑, 99, 787-798.
- Nakamura, T. and Nakai, N.(1989)*Mem. Geol. Soc. Japan*, **29**, 83-106.
- Nitani H. (1975) *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **31**, 154-173.
- 尾田太良・嶽本あゆみ(1992)第四紀研究, 31, 341-357.
- Prahl, F.G., Muehlhausen, L.A., Zahnle D.L.(1988) *Geochim. Cosmochim. Acta.*, **52**, 2303-2310.
- Ruddiman, W. F. and McIntyre, A.(1981)*Science*, **212**, 617-627.
- 沢田健・半田暢彦(1994)月刊海洋, 26(7), 444-448.
- 沢田健・半田暢彦(1995)月刊海洋, 27(8), 502-506.
- Sawada, K. and Handa, N. *Paleoceanography*, in submitted.
- Vogel, J. S., Nelson, D. E. and Southon, J. R.(1987)*Radiocarbon*, **29**, 323-333

^{14}C ages of the hemipelagic sediments in the Nishishichitou Ridge off central Japan in the northwestern North Pacific

Ken Sawada¹ and Nobuhiko Handa¹

1. Institute for Hydrospheric - Atmospheric Sciences, Nagoya University, Chikusa-ku, Nagoya 454-01, Japan

Radiocarbon (^{14}C) determinations of the planktonic foraminiferal calcareous tests in three sediment cores from the Nishishichitou Ridge in the northwest North Pacific, off central Japan, were conducted by an accelerator mass spectrometer (AMS) of the Dating and Materials Research Center, Nagoya University.

Downcore changes in sea surface temperatures (SSTs) were also estimated from the unsaturation ratios of C37 alkenones (U_{37}^k) in three sediment cores from the Nishishichitou Ridge over 25 ka. Historical variations of SSTs in this area showed that some warm and cold peaks were distinctively discernible from ca. 21 to 20 ka, from 11 to 10 and from 8 to 7 ka, and from ca. 16 to 13 ka, respectively. The ages of these pulses were presumed by linear interpolation on the basis of the sedimentary layers which ^{14}C ages were known, after excluding the turbidite and volcanic ash layers and were correlatable with the cold events in North Atlantic Ocean such as Heinrich event and Younger Dryas event, and warm events such as thermal ages during Holocene.