

東部北太平洋及びインド洋表面海水中の人工放射能

柴山信行*・宮本哲司*

SURFACE DISTRIBUTIONS OF ARTIFICIAL RADIOACTIVITIES IN THE EASTERN NORTH PACIFIC AND INDIAN OCEAN

Nobuyuki Shibayama* and Tetsuji Miyamoto*

Received 1981 September 24

Abstract

The concentrations of artificial radionuclides, that is, ^{90}Sr , ^{137}Cs , ^{144}Ce , and ^{106}Ru , in the surface sea waters in the Eastern North Pacific in 1980, and in the Indian Ocean during 1979 to 1981 were measured by radiochemical analysis.

The concentrations of these radionuclides in the surface sea waters in the Eastern North Pacific are about the same as those in the Western North Pacific, while the concentrations in the Indian Ocean are about half of them. Concentrations of ^{106}Ru and ^{144}Ce are generally low over both oceans, and no significant tendency is found in their latitudinal distributions. On the other hand, the concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs show similar latitudinal changes. Namely, in the Eastern North Pacific, they have a maximum in the latitudes of 30° – 33°N , and decrease in both directions to the north and south. While in the Indian Ocean they have a maximum in the latitude of about 20°S , they decrease abruptly from 35°S to 45°S and are extremely low levels south of 45°S . The latitudinal distributions of concentrations of ^{90}Sr and ^{137}Cs are not in agreement with that of ^{90}Sr deposition. This suggests the influence of the advection and diffusion of fallout in the sea.

1. はじめに

北太平洋、南太平洋及びインド洋表面海水中の人工放射能濃度について多くの調査が行われており、最近では、Saruhashi *et al.* (1975), Nagaya・Nakamura (1976), 猿橋ら (1977) の報告がある。これらの報告によると、表面海水中の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の大部分は、大気圏内核実験によって生成し大気上層に投入されたものが、時間の経過とともに降下してきたものであり、それらの東西方向の分布は比較的一様であるのに対し、南北方向の分布は、南半球の中緯度帯に最大値を持つ ^{90}Sr の沈積密度（単位面積あたりの累積降下量）の分布に類似していることが指摘されている。

^{144}Ce , ^{106}Ru については、半減期が短いために広範囲の分布について調査されることはまれであるが、Shiozaki *et al.* (1972) により、インド洋において中緯度で最大値を持つ緯度分布が示されている。

また、柴山・二ツ町 (1981) は、1978年の調査から、北太平洋表面海水中の ^{137}Cs の緯度分布は 30°N – 35°N で最大濃度を示すのに対して、 ^{106}Ru 及び ^{144}Ce は緯度が高くなるにつれて濃度が増し、最大濃度を示す緯度帯は、 21°N – 37°N の調査範囲内では見られないという知見を得た。

著者のうち宮本は、巡視船「こじま」による昭和55年度海上保安大学校遠洋訓練航海 (1980年5月～7月) に

* 海象課海洋汚染調査室 Marine pollution research laboratory, Oceanographic Division

参加する機会を得、その際、ハワイ諸島からサンフランシスコへの航海の途中、柴山・二ツ町 (1781) の知見を追試するとともに、その後の分布傾向を把握するために、放射能測定のための表面海水の採水を実施した。

本報告は、1980年の東部北太平洋における調査結果、並びに1979年～1981年の南極観測 (第20次～第22次) の際に採取されたインド洋表面海水の調査結果をとりまとめたものである。

2. 試料及び分析法

(1) 試料

海水はプラスチック製採水器を用いて採取し、20 l ポリエチレン製容器に入れ、ただちに塩酸 (2 ml/l-海水) を添加して保存した。試料量は、東部北太平洋海水は約20 l、インド洋海水は約100 lである。Figure 1, 2に試料の採取位置と試料番号を示す。

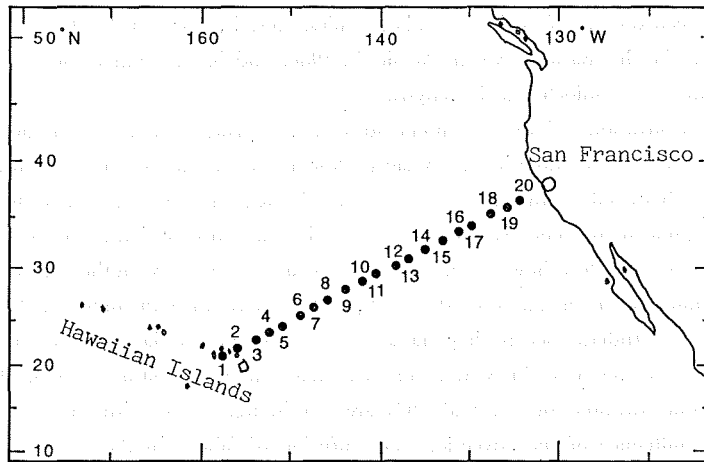


Figure 1 Sampling Points and Sample Numbers in the North Pacific

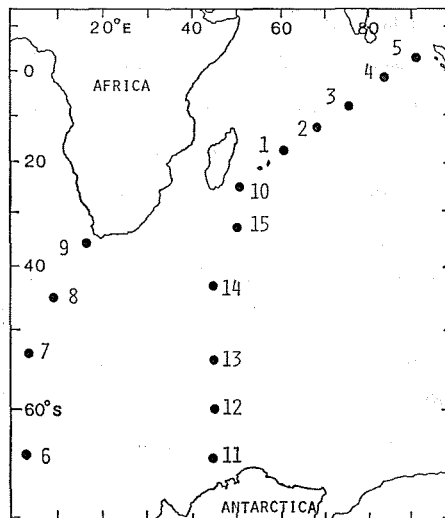


Figure 2 Sampling Points and Sample Numbers in the Indian Ocean

(2) 分析法

北太平洋海水の ^{137}Cs ・ ^{90}Sr ・ ^{106}Ru 及び ^{144}Ce の分析法は柴山・ニツ町 (1981) の方法と同じである。

インド洋海水の ^{137}Cs ・ ^{90}Sr 及び ^{144}Ce の分析法は以下のとおりである。セシウム (Cs) はリンモリブデン酸アンモニウムに吸着させ海水から分離した。ストロンチウム (Sr) 及びセリウム (Ce) は、Cs を分離した海水から、中和後、炭酸ナトリウム水溶液を加えて沈澱を生成させ分離した。さらに、沈澱を硝酸で溶解し、加熱煮沸後、水酸化ナトリウム水溶液で中和し、Ce を水酸化物として沈澱させ分離した。この時の濾液は硝酸酸性とし2週間以上放置して、イットリウム (Y) の分析に用いた。以上の分離操作後の Cs, Y 及び Ce の分析法は、柴山・ニツ町 (1981) と同じである。なお、Sr の回収率は原子吸光光度法で求めた。また、1979年の試料については、Sr 及び Ce を分離した後、Cs の分離を行った。

(3) 放射能測定

海水から分離・濃縮・精製した各核種計測試料から放出されるベータ線を低バックグランドガスフロー型 GM 管式測定装置 (Aloka 製 LBC-451 型, LBC-3 型・富士電気製 PBS-1 型) を用いて計測した。

3. 結果及び考察

東部北太平洋及びインド洋表面海水中の ^{137}Cs ・ ^{90}Sr ・ ^{106}Ru 及び ^{144}Ce の濃度の測定結果を、水温及び塩分の測定値とともに Table 1 に示す。表中で放射能濃度に付記した値は計数誤差である。

(1) 東部北太平洋

各核種の濃度 (p Ci/l) 範囲は、 ^{137}Cs : 0.12~0.23 (平均 0.18), ^{90}Sr : 0.009~0.13 (平均 0.11), ^{106}Ru : 0~0.036 (平均 0.015), ^{144}Ce : 0.006~0.078 (平均 0.028) であり、同時期の日本近海の表面海水 (柴山ら, 1981 a) と同程度の値で、北太平洋の東西で濃度の差は見られない。また、同海域の 1978 年の濃度 (柴山・ニツ町, 1981) と比較すると、 ^{137}Cs は同じレベルであり、 ^{90}Sr はやや減少している一方、 ^{106}Ru 及び ^{144}Ce は $\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{6}$ と大幅に減少している。これは、1978 年 12 月以来、本調査時点まで大気圏内核実験が行われておらず、これらの核種の大気中への新たな投入がなく、物理的半減期の短い ^{106}Ru 及び ^{144}Ce が壊変により減衰したためであろう。

Figure 3 に水温と塩分の、Figure 4 に各核種の緯度分布を示す。これによると、 ^{137}Cs は ^{90}Sr と比較して濃度も高く、その変化の度合も大きい、相似した緯度分布が見られる。両核種とも細かく見れば、1978 年 ^{90}Sr で 33°N 付近に見られたほど顕著ではないが不連続点があり、いくつかの性質の異なった水塊が存在するように見えるが、全体の傾向としては、南から緯度が高くなるにつれて濃度が増し、 30°N ~ 33°N で最大となり、それより北では、またやや減少している。Figure 5 に ^{90}Sr の 1978 年 1 月から 1980 年 6 月までの沈積密度の緯度分布 (Toonkel 1981) を示す。これによると、北半球における沈積密度の分布は 40°N ~ 50°N で最大となっているのに比べ、表面海水中の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度が最大を示す緯度帯は、若干、南に偏っているようである。Folsom (1980) は、カリフォルニアの西方で ^{137}Cs が高くなるのは、 ^{90}Sr と ^{137}Cs の降水量は一定の割合と考え、 ^{90}Sr の沈積密度が最大となる 40°N 帯を、放射性降下物を表層に蓄積しながら西から東へ流れるカリフォルニア海流が、カリフォルニア沖で移送速度を落とし、陸沿いに南下するためであるとしている。今回の著者らの調査は、ハワイ諸島からサンフランシスコまでの線上に限定され、また 37°N 北上のデータが無いので十分なものではないが、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の緯度分布には Folsom がいうように、カリフォルニア海流の影響が出ているものと思われる。

^{144}Ce は濃度が低く、しかもばらつきの大きな分布を示しており、一定の傾向は見られない。

Table 1 Concentrations of ^{137}Cs , ^{90}Sr , ^{106}Ru and ^{144}Ce in the Surface Sea Waters in the Eastern North Pacific and in the Indian Ocean

Sample No.	Sampling Position		Sampling Date	Water Temp. °C	Salinity ‰	Radioactivity (pCi / l ± 1σ Counting Errors)			
	Lat.	Long.				^{137}Cs	^{90}Sr	^{106}Ru	^{144}Ce
Eastern North Pacific Ocean									
1	21-15N	157-32W	1980. 5.28	25.4	34.880	0.135±0.014	0.095±0.002	-0.003±0.010	0.021±0.006
2	22-02N	155-56W	1980. 5.29	24.5	35.068	0.130±0.017	0.096±0.002	0.028±0.010	0.049±0.007
3	23-02N	153-59W	1980. 5.29	24.8	34.666	0.145±0.013	0.088±0.003	0.017±0.010	0.024±0.006
4	23-51N	152-36W	1980. 5.29	24.8	34.778	0.161±0.015	0.090±0.002	0.005±0.010	0.015±0.006
5	24-37N	151-01W	1980. 5.30	23.9	34.983	0.141±0.012	0.091±0.002	0.016±0.010	0.078±0.007
6	25-31N	149-06W	1980. 5.30	23.2	35.080	0.123±0.014	0.093±0.002	-0.003±0.008	0.045±0.006
7	26-21N	147-37W	1980. 5.30	21.8	35.329	0.185±0.014	0.115±0.002	0.023±0.009	0.006±0.006
8	27-00N	146-00W	1980. 5.31	21.2	35.319	0.167±0.015	0.115±0.002	0.019±0.009	0.007±0.006
9	28-04N	143-48W	1980. 5.31	21.0	35.266	0.185±0.014	0.111±0.002	0.015±0.009	0.032±0.006
10	28-55N	142-16W	1980. 5.31	20.4	35.257	0.198±0.016	0.120±0.002	0.010±0.008	0.031±0.006
11	29-41N	140-36W	1980. 6. 1	19.8	35.107	0.211±0.013	0.129±0.002	0.005±0.009	0.016±0.006
12	30-35N	138-34W	1980. 6. 1	19.4	35.109	0.197±0.013	0.127±0.002	0.015±0.009	0.009±0.005
13	31-16N	136-57W	1980. 6. 1	18.2	34.621	0.199±0.013	0.127±0.002	0.010±0.009	0.031±0.006
14	32-04N	135-16W	1980. 6. 2	17.5	34.287	0.179±0.015	0.118±0.002	0.016±0.008	0.051±0.006
15	33-05N	133-08W	1980. 6. 2	17.4	34.303	0.231±0.014	0.126±0.002	0.016±0.009	0.014±0.006
16	33-48N	131-29W	1980. 6. 2	17.1	34.767	0.179±0.013	0.123±0.002	0.020±0.009	0.007±0.005
17	34-27N	130-05W	1980. 6. 3	16.3	33.655	0.210±0.012	0.121±0.002	0.027±0.009	0.046±0.006
18	35-28N	127-48W	1980. 6. 3	15.6	33.516	0.173±0.012	0.110±0.002	0.010±0.009	0.047±0.006
19	36-12N	126-08W	1980. 6. 3	14.9	33.255	0.195±0.014	0.116±0.002	0.036±0.010	0.008±0.005
20	36-58N	124-28W	1980. 6. 4	13.8	33.094	0.173±0.015	0.102±0.002	0.027±0.010	0.015±0.005
Indian Ocean									
1	17-45S	60-58E	1979. 3.17	27.9	34.987	0.102±0.004	0.069±0.005		0.011±0.007
2	12-40S	68-12E	1979. 3.19	28.9	33.938	0.092±0.005	0.053±0.005		0.010±0.003
3	7-21S	75-34E	1979. 3.21	28.6	33.807	0.080±0.005	0.053±0.005		0.015±0.004
4	1-50S	83-30E	1979. 3.23	29.5	34.450	0.093±0.005	0.062±0.006		0.014±0.004
5	3-39N	90-51E	1979. 3.25	30.2	34.638	0.067±0.004	0.048±0.005		0.013±0.004
6	64-42S	2-58E	1980. 2.14	1.5	34.137	0.004±0.001	0.002±0.001		
7	53-30S	3-13E	1980. 2.16	1.4	33.862	0.004±0.001	0.003±0.001		
8	45-03S	9-14E	1980. 2.18	8.8	33.920	0.017±0.001	0.011±0.001		0.007±0.003
9	36-08S	16-36E	1980. 2.20	20.8	35.599	0.089±0.002	0.055±0.001		0.003±0.003
10	24-59S	50-56E	1980. 3. 7	26.6	35.054	0.094±0.002	0.059±0.001		0.001±0.003
11	65-00S	44-55E	1981. 2.20	0.4	33.924	0.004±0.001	0.003±0.001		0.001±0.001
12	59-58S	45-03E	1981. 2.28	1.9	33.939	0.005±0.001	0.003±0.001		0.004±0.001
13	54-06S	45-00E	1981. 3. 2	2.8	33.968	0.005±0.001	0.003±0.001		0.005±0.001
14	43-18S	44-57E	1981. 3. 5	8.2	33.800	0.013±0.002	0.007±0.001		0.004±0.001
15	33-13S	50-18E	1981. 3. 7	22.7	35.423	0.085±0.002	0.049±0.001		0.003±0.001

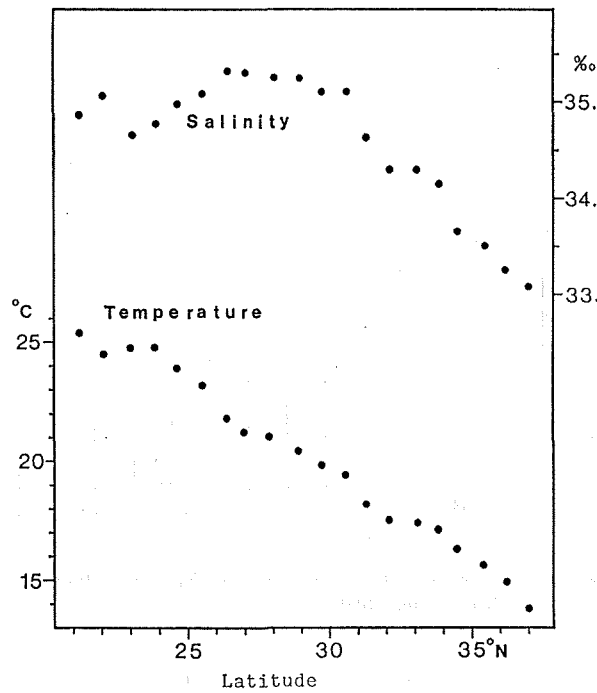


Figure 3 Latitudinal Distributions of Salinity and Temperature in the Eastern North Pacific

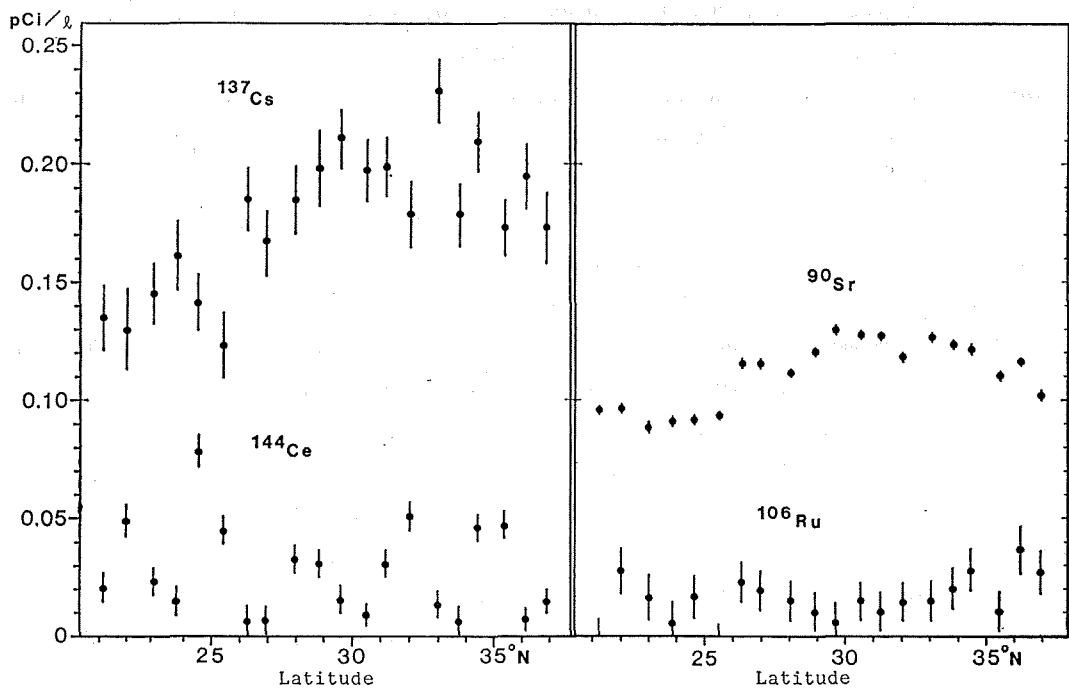


Figure 4 Latitudinal Distributions of ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr, ¹⁰⁶Ru and ¹⁴⁴Ce Concentrations in the Eastern North Pacific

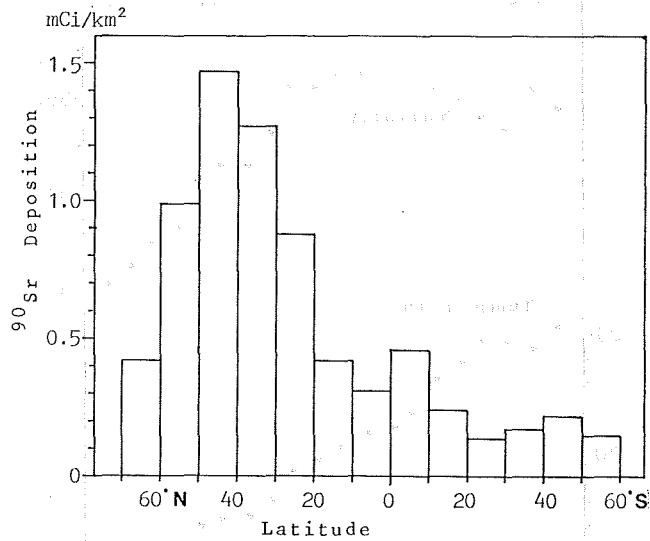


Figure 5 Latitudinal Distribution of ^{90}Sr Deposition from Jan. 1979 to Jun. 1980

^{106}Ru の緯度分布は全体としてレベルが低いにもかかわらず、 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr と異なった分布型を示すようにも見えるが、その分布を決める要因は不明である。

(2) インド洋

各核種の濃度 (pCi/l) 範囲は、 ^{137}Cs : 0.004~0.10, ^{90}Sr : 0.002~0.069, ^{144}Ce : 0.001~0.015 であり、濃度の激減する 35°S 以南を除く海域における濃度は、北太平洋の濃度のおよそ半分である。これは大気圏内核実験が主として北半球で行われた結果、北半球に比べ南半球の降下量が少ないためであり、1978年1月から1980年6月までの ^{90}Sr の降下量 (Toonkel 1981) の総量が、南半球は北半球の約 $1/3.5$ という見積りと、傾向のうえで一致する。

Figure 6 に各核種の濃度の緯度分布を年別に示す。 ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度は 45°S より南では、北西太平洋の 1000 m ~ 2000 m の深層水のレベル (柴山ら 1981b) と同程度であるが、 45°S から 35°S にかけて濃度は著しい増加を見せている。 35°S ~ 3°N においては、 20°S 付近に最大濃度を示し、その南北で漸減している。これらの分布は、Shiozaki *et al.* (1972) による、インド洋における1960年と1965年の ^{90}Sr の調査結果と共通しており、また、猿橋、金沢 (1980) による東部インド洋における ^{137}Cs の調査結果は、 45°S ~ 35°S で本調査に見られたほどの濃度の著しい変化は示さない点では異なるが、ほぼ同様であることから、これらはインド洋における典型的な分布傾向と思われる。Figure 5 に示すとおり、 ^{90}Sr の南半球の沈積密度は北半球と同様 40°S ~ 50°S の中緯度帯で最大であり、表面海水中の ^{90}Sr 及び ^{137}Cs の濃度分布とは一致しない。これは 35°S ~ 45°S 以南では南極海における盛んな沈降・湧昇の影響で上下混合が速く起こり、濃度の低い深層水により表面海水が稀釈されていることなどがその原因と思われる。

^{144}Ce は濃度が低いため必ずしも明白ではないが、 ^{90}Sr 及び ^{137}Cs のような、 45°S ~ 35°S で濃度が著しく変化する傾向は見られないようである。

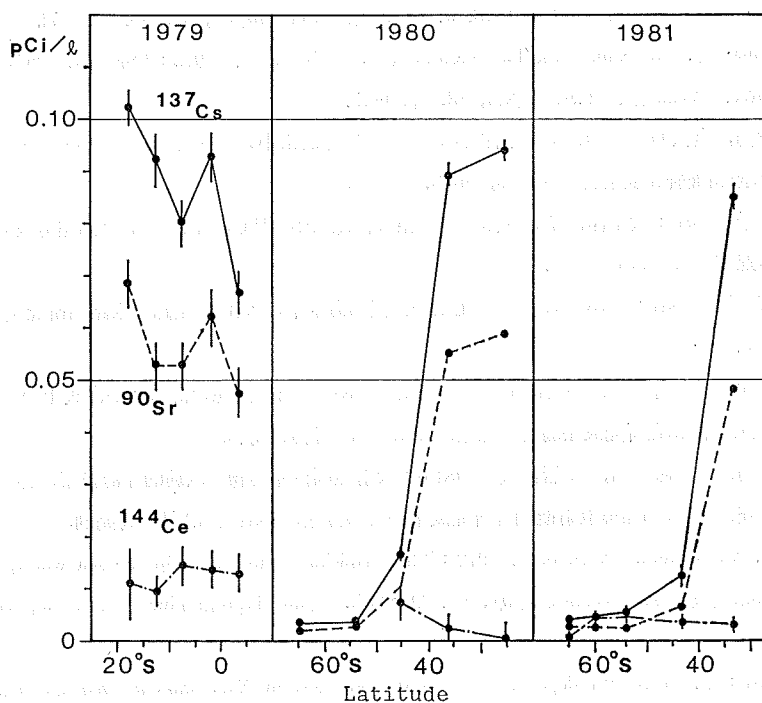


Figure 6 Latitudinal Distributions of ^{137}Cs , ^{90}Sr and ^{144}Ce Concentrations in the Indian Ocean

4. おわりに

東部北太平洋表面海水中の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度は、日本周辺海域と同じレベルであり、北太平洋の東西方向で大きな差はない。また濃度の緯度分布には、いくつかの不連続点があり、性質の異なる水塊の存在が示唆されるが、全体的な傾向としては、 $30^\circ\text{N}\sim 33^\circ\text{N}$ で最大となる分布を示している。またインド洋の表面海水では、 $35^\circ\text{S}\sim 45^\circ\text{S}$ 以南で濃度が著しく低下し深層水のレベルとなり、それより北では、北太平洋表面海水の約半分の濃度であった。 ^{90}Sr の沈積密度と表面海水の ^{137}Cs 及び ^{90}Sr の濃度の緯度分布が一致しないのは、移流・拡散が原因と考えられるが、更に理解を深めるためには、水平方向と同時に鉛直方向の濃度分布を把握することが必要であろう。

おわりに、試料の採取に当たり、御支援をいただいた寺田船長以下「こじま」乗組員及び実習生諸氏、並びに、南極観測の際、試料を採取していただいた鈴木元之・蔵野隆夫・峯正之・倉本茂樹各南極観測隊員、また、本稿を草するにあたり終始御指導下さった塩崎愈海洋汚染調査室長、菱田昌孝主任海象調査官に感謝の意を表したい。

参考文献

- Folsom, T.R. 1980: Some measurements of global fallout suggesting characteristics of the North Pacific controlling dispersal rates of certain surface pollutants. in *Isotope Marine Chemistry*, Ed. E.D. Goldberg, Y. Horibe, K. Saruhashi, Uchida Rokakuho Pub. Co., LTD. Tokyo, pp. 51-117.
- Nagaya, Y., Nakamura, K. 1976. ^{90}Sr and ^{137}Cs contents in the surface waters of adjacent seas of Japan and

- the North Pacific during 1969 to 1973. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **32**, pp. 228-234.
- Saruhashi, K., Katsuragi, Y., Kanazawa, T., Sugimura, Y., Miyake, Y. 1975: ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Pacific waters, *Rec. Oceanogr. Wks. Japan*, **13**, pp. 1-15.
- 猿橋勝子, 杉村行勇, 金沢照子 1977: 太平洋およびインド洋海水中のプルトニウムとセシウム-137含量. 第19回放射能調査研究成果論文抄録集, 86-87ページ.
- 猿橋勝子, 金沢照子 1980: 太平洋, インド洋および南大洋海水中の ^{137}Cs 含量. 第22回環境放射能調査研究成果論文抄録集, 114-115ページ.
- 柴山信行, ニッ町 悟 1981: 1978年における北太平洋表面海水中の人工放射能. 水路部研究室報告, 16, 95-101ページ.
- 柴山信行, 宮本哲司, ニッ町 悟, 平岩恒廣, 三宅武治 1981 a: 日本近海の海水及び海底土の放射能調査, 第23回環境放射能調査研究成果論文抄録集, 1981年12月初旬発刊.
- 柴山信行, 宮本哲司, ニッ町 悟, 平岩恒廣 1981 b: 放射性固体廃棄物の試験的深海投棄に伴う海水・海底土放射能調査, 第23回環境放射能調査研究成果論文抄録集, 1981年12月初旬発刊.
- Shiozaki, M., Oda, K., Kimura, T., Seto, Y. 1972: The artificial radioactivity in the sea water, in *Researches in Hydrography and Oceanography*, Ed. D. Shoji, Japan Hydrographic Association, Tokyo, pp. 203-249.
- Toonkel, L.E. 1981: Quarterly ^{90}Sr deposition at world land sites, in *Environment Measurements Laboratory Environmental Report EML-390*, Appendix 1-78.