

北太平洋西部和印度洋东部及其邻近 海域表层水体中 ^{137}Cs 的分布

王中良^{1,2}, 刘丛强¹, 朱兆洲¹, 宋柳霆¹, 梁莉莉¹

(1. 中国科学院地球化学研究所, 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 2. Nakaminato Laboratory for Marine Radioecology, National Institute of Radiological Sciences, Isozaki 3609, Hitachinaka, Ibaraki 311-1202, Japan)

摘 要: 对北太平洋西部海域、苏禄海及印尼海、中国南海、印度洋东部海域、孟加拉湾及安达曼海等表层水体中放射性核素 ^{137}Cs 的活度进行了测定。结果表明, 上述海域表层水体中 ^{137}Cs 活度显示了较大的变化范围, 最低值出现在南极附近的南大洋 (1.1 Bq m^{-3}), 较高的活度值则出现在北太平洋西部海域及中国南海 (3 Bq m^{-3})。在所研究水域范围内, ^{137}Cs 活度的纬度分布特征并没有完全有效地反映出 ^{137}Cs 的全球理论大气沉降趋势及其纬度效应。综合本研究及 Miyake 等人 (1988) 的测定结果, 我们计算出 ^{137}Cs 自表层海水中的析出速率在苏禄海及印尼海约为 0.016 /a , 在孟加拉湾及安达曼海约为 0.033 /a , 在中国南海约为 0.029 /a , 这一结果明显低于西北太平洋日本沿海表层水体中 ^{137}Cs 的析出速率。这可能是因为在这些海域, 横向及纵向的水体混合过程相对都较慢, 而且颗粒物对 ^{137}Cs 的吸附析出过程也比较弱所致。

关键词: ^{137}Cs ; 表层海水; 北太平洋西部海域; 印度洋东部海域

中图分类号: P734.24 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6392(2006)06-0085-06

受大气核爆试验的影响, 人工放射性核素 ^{137}Cs (半衰期 30.07 a) 被广泛地散落在包括海洋在内的地球表层^[1]。据 Aarkrog (2003)^[2] 估算, 被释放入全球海洋的 ^{137}Cs 总量约为 659 PBq, 其中核爆试验沉降约为 604 PBq, 核工业废液及其处理过程释放约 40 PBq, 前苏联切尔诺贝利核事故释放约 16 PBq。核爆试验释放并沉降在地球表层的约 604 PBq ^{137}Cs 中又有约 100 PBq 来自北太平洋马绍尔群岛美国核试验基地的区域大气沉降^[3]。目前为止, Miyake 等 (1988)^[4]、Povenic 等 (2003)^[5] 和 Bourlat 等 (1996)^[6] 分别对印度洋东部及其邻近海域、印度洋剖面及西南印度洋和西太平洋等表层水体中 ^{137}Cs 的活度及其分布特征发表过少量数据。本研究的基本目的是通过测定北太平洋西部及印度洋东部海域及其邻近海洋表层水体中 ^{137}Cs 的活度, 综合讨论 ^{137}Cs 的纬度分布特征及其可能受到的区域地理因素和区域地球化学过程的影响。并结合 Miyake 等、Povenic 等和 Bourlat 等的研究结果, 系统讨论所研究海域表层海水中 ^{137}Cs 的活度随时间的演变特征, 并在此基础上粗略计算 ^{137}Cs 自表层海水向深层海水的析出迁移速率。另外, 从环境放射监测角度来说, 本研究提供的数据对补充和完善全球海洋放射核素数据库也有一定的意义。

1 样品采集与测试

表层海水样品采集于 1996 年 12 月至 1997 年 2 月, 由日本 R/V Hakuho-Maru 号海洋考

收稿日期: 2005-08-25; 收修改稿日期: 2006-01-24

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (40573005) 和日本文部省科技振兴基金 (MASFLEX 和 GCMAPS) 联合赞助

察船的 *Piscis-Austrinus-Expedition* (KH-96-5) 探测航次完成。航程自日本东京起, 途经北太平洋西部海域、苏禄海及印度尼西亚海、印度洋东部海域、孟加拉湾、安达曼海、中国南海及南极附近的南大洋(图 1)。详细的采样站位(经度和纬度)、采样日期、以及盐度和温度等数据见表 1。每个海水样品采集约 250 L, 通过船上水泵系统自海面以下 5~6 m 深度汲取, 用 HNO_3 酸化到 pH 值约 1~2 并加入 40 mg 稳定同位素 Cs^+ 离子作内标。然后用 100 g 磷钼酸氨(AMP), 采用共沉淀法将 Cs 自大体积海水中析出并带回岸上实验室作进一步处理和测定^[7]。最后用低本底高纯锗(HPGe)探测器(EGPC-60-210-R, Eurisy Mesures) γ 能谱仪对 AMP 中 ^{137}Cs 的活度进行测定。谱仪对 60 Co 点源 1.33 MeV 的 γ 射线峰分辨率(FWHM)和相对效率分别为 1.80 keV 和 64.5%。样品处理过程中 ^{137}Cs 的化学回收率按下面方法进行: 称取一定量的 AMP 溶解于 NaOH 溶液中, 经适当稀释后用四极杆型 ICP-MS (HP-4500, Yokogawa Analytical Systems) 对内标 Cs 离子浓度进行测定。根据所加 Cs^+ 的测定结果, 计算出 ^{137}Cs 的回收率在 68%~93% 之间, 平均为 84%~93%。

2 结果与讨论

^{137}Cs 活度测定结果见表 1。

结果显示, 所研究海域表层水体中 ^{137}Cs 显示了较大的活度变化范围, 南极附近南大洋海域为 1.1 Bq m^{-3} , 而北太平洋西部海域及中国南海则高达 3 Bq m^{-3} (表 1 及图 2)。 ^{137}Cs 活度平均值由大到小依次为: 北太平洋西部海域及中国南海苏禄海及印尼海印度洋东部海域孟加拉湾及安达曼海南大洋(表 2 和图 2)。最低值 ($1.11 \pm 0.05 \text{ Bq m}^{-3}$) 出现在本航次最南端的位于南极附近的南大洋的 PAS12 站点 ($42^\circ 18.52' \text{ S}$)。Povenic 等 (2003)^[5] 曾经报道过印度洋 1998 年所研究剖面表层水体中 ^{137}Cs 的活度分布在 $1.45 \sim 2.51 \text{ Bq m}^{-3}$ 之间, 与本次测定的印度洋东部海域的活度结果基本相当。在摩纳哥的国际原子能机构所属的海洋环境实验室 (IAEA-MEL) 于 2000 年进一步发布并完善了关于海水、海洋沉积物及海洋生物物质的全球海洋放射核素数据库 (GLOMARD)^[8]。在 GLOMARD 数据库中, 关于印度洋及南大洋海域的人工核素 ^{137}Cs 的活度只有很少的一些数据^[9]。而在 20 世纪 70 年代^[4] 和 1994 年^[6] 也仅有少量相关数据发表。所以, 本研究中提供的关于北太平洋西部和印度洋东部及其邻近海域表层水体中 ^{137}Cs 的活度数据, 对某些海域来说, 基本是其 20 世纪 90 年代的首批数据。本研究数据结合以前测定的 ^{137}Cs 活度数据, 为研究 ^{137}Cs 在海洋中的分布及迁移规律、以及随时间的演化规律提供了可能。

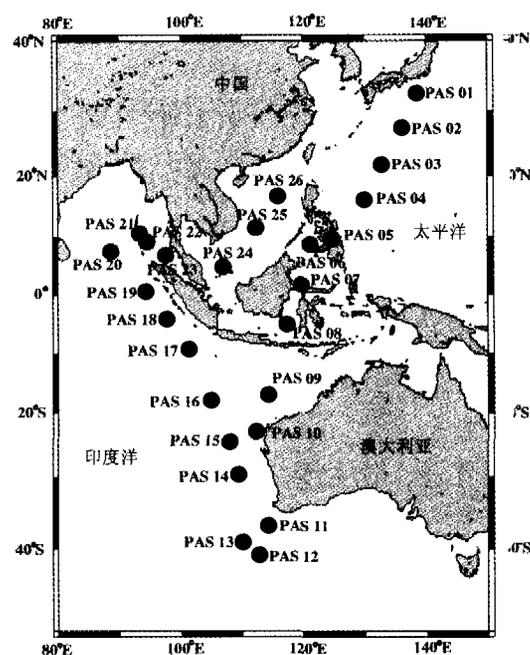


图 1 采样站点位置图

Fig. 1 The station locations occupied for collecting surface waters

表 1 北太平洋西部和印度洋东部及其邻近海域表层水体中¹³⁷Cs 的活度
(¹³⁷Cs 活度已经与采样时间的校正)

Tab.1 ¹³⁷Cs activities in the surface waters of the western North Pacific Ocean, eastern Indian Ocean
and their adjacent seas (The ¹³⁷Cs activities are corrected for decay to the date of collection)

样品号	纬度	经度	采样日期	盐度	水温 / ° C	所属海域	¹³⁷ Cs / Bq m ⁻³
PAS 01	31° 15.45' N	137° 50.85' E	1996-12-20	34.69	20.40	北太平洋西部海域	2.99 ± 0.09
PAS 02	25° 42.41' N	134° 33.94' E	1996-12-21	34.71	22.80	北太平洋西部海域	2.55 ± 0.08
PAS 03	20° 03.80' N	131° 18.24' E	1996-12-22	34.51	25.60	北太平洋西部海域	2.37 ± 0.08
PAS 04	14° 32.25' N	128° 13.36' E	1996-12-23	34.04	27.83	北太平洋西部海域	2.91 ± 0.09
PAS 05	9° 19.14' N	124° 24.93' E	1996-12-24	33.64	27.33	苏禄海及印尼海	2.40 ± 0.08
PAS 06	8° 50.28' N	121° 48.21' E	1996-12-25	33.50	27.99	苏禄海及印尼海	2.26 ± 0.08
PAS 07	1° 08.77' N	119° 20.91' E	1996-12-27	32.34	29.06	苏禄海及印尼海	2.41 ± 0.08
PAS 08	4° 24.77' S	117° 46.94' E	1996-12-28	33.05	28.99	苏禄海及印尼海	2.60 ± 0.08
PAS 09	18° 29.75' S	114° 23.63' E	1997-01-02	34.65	27.73	印度洋东部海域	2.31 ± 0.08
PAS 10	23° 03.98' S	112° 33.10' E	1997-01-03	34.98	26.46	印度洋东部海域	2.60 ± 0.09
PAS 11	37° 41.46' S	113° 31.69' E	1997-01-12	35.21	17.61	南大洋	1.30 ± 0.06
PAS 12	42° 18.52' S	112° 08.75' E	1997-01-13	34.61	14.06	南大洋	1.11 ± 0.05
PAS 13	40° 00.30' S	110° 00.07' E	1997-01-14	34.98	16.09	南大洋	1.28 ± 0.07
PAS 14	29° 59.24' S	110° 00.18' E	1997-01-17	35.73	21.72	印度洋东部海域	2.25 ± 0.08
PAS 15	23° 58.87' S	108° 22.67' E	1997-01-20	35.06	25.63	印度洋东部海域	2.08 ± 0.08
PAS 16	18° 17.46' S	105° 00.10' E	1997-01-21	34.59	27.16	印度洋东部海域	2.13 ± 0.08
PAS 17	9° 59.83' S	101° 59.44' E	1997-01-22	33.94	28.89	印度洋东部海域	2.15 ± 0.08
PAS 18	4° 01.72' S	96° 35.74' E	1997-01-25	34.32	28.59	印度洋东部海域	1.70 ± 0.08
PAS 19	0° 00.47' S	92° 58.98' E	1997-01-26	34.01	28.85	印度洋东部海域	1.73 ± 0.09
PAS 20	7° 59.81' N	88° 59.94' E	1997-01-28	33.40	28.27	孟加拉湾及安达曼海	1.56 ± 0.08
PAS 21	11° 42.14' N	92° 48.58' E	1997-01-30	32.80	27.85	孟加拉湾及安达曼海	1.32 ± 0.07
PAS 22	9° 51.68' N	94° 03.33' E	1997-01-30	32.82	28.06	孟加拉湾及安达曼海	1.59 ± 0.08
PAS 23	7° 34.26' N	97° 30.03' E	1997-02-02	32.48	28.60	孟加拉湾及安达曼海	1.43 ± 0.07
PAS 24	5° 14.96' N	106° 42.64' E	1997-02-09	33.20	27.26	中国南海	2.83 ± 0.08
PAS 25	10° 42.40' N	111° 17.98' E	1997-02-10	32.81	27.32	中国南海	2.69 ± 0.08
PAS 26	15° 22.61' N	115° 16.72' E	1997-02-11	32.92	27.09	中国南海	2.59 ± 0.09

¹³⁷Cs 活度值在纬度 40° S 至 40° N 之间的变化特征及其规律见图 3, Povenic 等 (2003)^[51] 的相关数据也绘于同一图中。自 40° S 至 30° S, ¹³⁷Cs 活度从 1.2 Bq m⁻³ 增加到 2.2 Bq m⁻³, 增加了将近一倍。自 30° S 至 10° S, ¹³⁷Cs 活度相对一致, 而且没有显示东印度洋 (本研究) 和中印度洋 (Povenic 等, 2003) 之间的明显差异^[51]。自 10° S 至 25° N, ¹³⁷Cs 在苏禄海、印尼海和中国南海表层水体中的活度明显高于大致处于同样纬度的印度洋东部海域、孟加拉湾和安达曼海。产生这一现象的原因很可能是, 印度洋东部海域及孟加拉湾和安达曼海较快的海洋物质生产力加速了其表层水体中¹³⁷Cs 的析出过程。虽然有研究显示美国北太平洋核试验基地的¹³⁷Cs 会有部分随北赤道太平洋环流进入苏禄海、印尼海和中国南海^[10-13], 但其比例有限。中国大陆南部沿海的核电站也基本不释放放射性核素进入中国南海^[14, 15]。北印度洋东部海区 (孟加拉湾和安达曼海, 本研究) 和北印度洋西部海域 (索马里海盆和亚丁湾, Povinec 等, 2003) 的¹³⁷Cs 活度基本相同^[51], 说明其既处于同样的纬度, 也具有大致相同并且都相对较高的海洋物质生产力。总之, 在所研究海域内, 表层水体中¹³⁷Cs 的活度在纬度

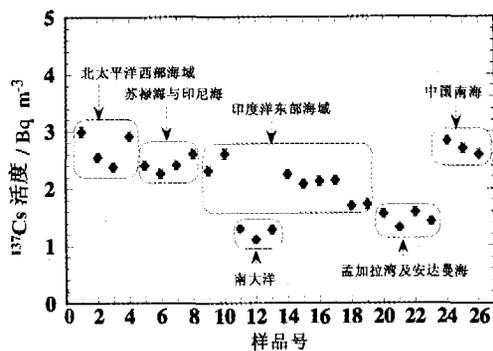


图2 各海域表层水体中¹³⁷Cs的活度分布

Fig. 2 The distributions in the surface waters of ¹³⁷Cs activity in different oceans or seas

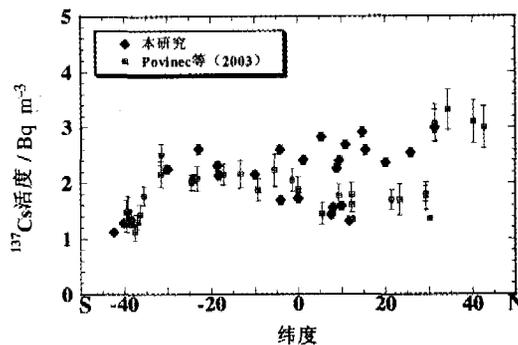


图3 表层水体中¹³⁷Cs活度的纬度分布

Fig. 3 The latitudinal distributions of the ¹³⁷Cs activity in surface waters

剖面上的分布虽然显示了北半球高于南半球、中高纬度高于低纬度的基本趋势^[16]，但并没有完全真实地反映出¹³⁷Cs的全球理论大气沉降量及其纬度分布规律^[11]，这一现象 Povenic 等(2003)也指出过^[51]。

¹³⁷Cs 活度在表层海水中的时间变化趋势可以用下列方程来表示和描述：

$$dC/dt = -kC - C \quad (1)$$

这里 C 代表表层水中¹³⁷Cs 的活度； t 是指时间； k 是¹³⁷Cs 的海水析出速率；是¹³⁷Cs 的衰变系数。在固定态溶液中，¹³⁷Cs 活度呈指数速率衰减：

$$C = C_0 e^{-(k+t)t} \quad (2)$$

这里 C_0 代表¹³⁷Cs 活度的初始值（也可以指两个时间点之间前一时间点的¹³⁷Cs 活度值）。这样，在知道 C , C_0 , t 和的情况下，就可以计算出¹³⁷Cs 的海水析出速率 k 。这里，引用本次研究和 Miyake 等(1988)两个时间点在同一地区表层水体中¹³⁷Cs 的活度值^[4]，就可以计算出¹³⁷Cs 在所研究海域表层海水中的析出速率。在苏禄海及印尼海、孟加拉湾和安达曼海以及中国南海¹³⁷Cs 的析出速率分别为：0.016, 0.033 和 0.029 /a (表 3)。这些析出速率明显小于西北太平洋西部的日本茨城县沿岸海域表层水体中¹³⁷Cs 的析出速率^[17]。这可能是因为这些海区较低的颗粒物析出能力，以及较弱的横向和纵向的水体混合过程所致，这些过程是决定¹³⁷Cs 水体析出速率的主要因素。在包括海洋在内的表生水体中，¹³⁷Cs 属于易被水体颗粒物吸附核素，其行为也就显著受到水体颗粒物行为的控制。而水体颗粒物质的量在更大程度上反映了该海域的物质生产力水平。所以，生产力较快的海域水体中¹³⁷Cs 的被清除速率快于生产力相对较慢的海域。另一方面，水体横向和纵向的混合速率，也是控制海域生产物质驻留时间和迁移速率的主要因素，同样

表2 北太平洋西部海域、苏禄海及印尼海、印度洋东部海域、南大洋、孟加拉湾及安达曼海、中国南海表层水体中¹³⁷Cs 活度平均值

Tab.2 Average ¹³⁷Cs activities in the surface waters of the western North Pacific, Sulu and Indonesian Seas, eastern Indian Ocean, Southern Ocean, Bay of Bengal and Andaman Sea, and South China Sea

海域	样品数	¹³⁷ Cs 活度平均值 / Bq m ⁻³
北太平洋西部海域	4	2.70 ± 0.25
苏禄海及印尼海	4	2.42 ± 0.12
印度洋东部海域	8	2.12 ± 0.19
南大洋	3	1.23 ± 0.09
孟加拉湾及安达曼海	4	1.47 ± 0.10
中国南海	3	2.70 ± 0.11

表3 苏禄海及印尼海、孟加拉湾及安达曼海、以及中国南海表层水体中¹³⁷Cs的析出率.
Tab.3 The removal rate of ¹³⁷Cs activity in the Sulu and Indonesian Seas, Bay of Bengal and Andaman Sea, and South China Sea.

海域	¹³⁷ Cs活度 / Bq m ⁻³ (Miyake等, 1988)	采集年份	¹³⁷ Cs活度 / Bq m ⁻³ (本研究)	采集年份	¹³⁷ Cs析出率 / yr ⁻¹
苏禄海及印尼海	5.4±0.5	1976	2.42±0.12	1996	0.016
孟加拉湾及安达曼海	4.3±1.3	1977	1.47±0.10	1996	0.033
中国南海	7.4±0.0	1977	2.70±0.11	1997	0.029

也会对¹³⁷Cs的水体转化与迁移速率起到显著的控制作用。对中国南海靠近中国大陆的海域不同介质中¹³⁷Cs的研究结果也显示,沉积物中¹³⁷Cs的总蓄积量自陆地向海洋方向呈现逐渐降低趋势^[18],这一方面与水深有关,另一方面也充分说明沿海海域较快的颗粒物质析出过程及水体混合过程加速了¹³⁷Cs自表层水体向深层水体的析出迁移速率。

3 结 论

北太平洋西部和印度洋东部及其邻近海域表层水体中人工放射性核素¹³⁷Cs的活度处于1.1~3 Bq m⁻³之间。综合本研究及前人(Miyake等, 1988)^[4]研究两个不同时间点之间的测定结果,粗略的计算出¹³⁷Cs自表层海水的析出速率在苏禄海和印尼海、孟加拉湾和安达曼海、以及中国南海分别为0.016, 0.033和0.029/a。这一结果明显比文献中发表的一些邻陆边缘海表层水体¹³⁷Cs的析出速率低很多^[10,17,18],显示在本次所研究海域,横向及纵向的水体混合过程以及颗粒物吸附析出过程都相对较弱。

致谢: 特别感谢张劲博士和青野辰雄博士在采样过程中给予的帮助。作者王中良衷心感谢日本学术振兴会(JSPS)给予的博士后工作支持。

参考文献:

- [1] UNSCEAR, 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation [R]. United Nations, New York.
- [2] Aarkrog A, 2003. Input of anthropogenic radionuclides into the World Ocean [J]. Deep-Sea Res II, 50: 2 597-2 606.
- [3] Bowen V T, Noshkin V E, Livingston H D, et al, 1980. Fallout radionuclides in the Pacific Ocean; vertical and horizontal distributions, largely from GEOSECS Stations [J]. Earth Planet Sci Lett, 49: 411-434.
- [4] Miyake Y, Saruhashi K, Sugimura Y, et al, 1988. Contents of ¹³⁷Cs, plutonium and americium isotopes in the Southern Ocean waters [J]. Pap Meteorol Geophys, 39: 95-113.
- [5] Povinec P P, Delfanti R, Gastaud J, et al, 2003. Anthropogenic radionuclides in Indian Ocean surface waters-the Indian Ocean transect 1998 [J]. Deep-Sea Res II, 50: 2 751-2 760.
- [6] Bourlat Y, Milliès-Lacroix J C, Le Petit G, et al, 1996. ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs and ^{239,240}Pu in world ocean water samples collected from 1992 to 1994 [M]. In: Guguèniat P, Germain P, Mètivier H, editors. Radionuclides in the Oceans: Inputs and Inventories. Les Editions de Physique, Les Ulis, pp. 75-93.
- [7] Nagaya Y, Nakamura K, 1981. Artificial radionuclides in the western Northwest Pacific (I): ⁹⁰Sr and ¹³⁷Cs in the deep waters [J]. J Oceanogr Soc Japan, 37: 135-144.
- [8] International Atomic Energy Agency, 2000. Global marine radioactivity database (GLOMARD) [R]. IAEA-TECDOC-1146. IAEA, Vienna, 51 pp.
- [9] Povinec P P, Hirose K, Honda T, et al, 2004. Spatial distribution of ^{3H}, ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs and ^{239,240}Pu in surface waters of the Pacific

- and Indian Oceans-GLOMARD database [J]. *J Environ Radioactivity*, 76: 113-137.
- [10] Lee S Y, Huh C A, Su C C, et al. 2004. Sedimentation in the Southern Okinawa Trough: enhanced particle scavenging and teleconnection between the equatorial Pacific and western Pacific margins [J]. *Deep-Sea Res I*, 51: 1 769-1 780.
- [11] Lukas R, 2001. Pacific Ocean Equatorial Currents [M]. In: Steele J H, Turekian K K, Thorpe S A, editors. *Encyclopedia of Ocean Sciences*, 4. Academic Press, San Diego, pp. 2 069-2 076.
- [12] Nagaya Y, Nakamura K, 1984. $^{239,240}\text{Pu}$, ^{137}Cs and ^{90}Sr in the central North Pacific [J]. *J Oceanogr Soc Japan*, 40: 416-424.
- [13] Nagaya Y, Nakamura K, 1993. Distributions and mass-balance of $^{239,240}\text{Pu}$ and ^{137}Cs in the northern North Pacific [M]. In: Teramoto T, editor. *Deep Ocean Circulation, Physical and Chemical Aspects*. Elsevier Oceanography Series 59. Elsevier, Amsterdam, pp. 157-167.
- [14] 刘广山, 周彩芸. 1998. 核电站运行前后大亚湾海洋生物、海水和沉积物 ^{137}Cs 含量[J]. *海洋环境科学*, 17(4): 7-10.
- [15] 张俊丽, 陈家军, 李源新, 等. 2003. ^{137}Cs 在大鹏澳中迁移分布的数值模拟与预测[J]. *中国环境科学*, 23(1): 95-99.
- [16] 霍湘娟. 2000. 南极普里兹湾与太平洋、印度洋海水中 ^{90}Sr 和 ^{137}Cs 的研究[J]. *海洋环境科学*, 19(3): 52-54.
- [17] Yamada M, Nagaya Y, 1998. Temporal variations of ^{137}Cs concentrations in the surface seawater and marine organisms collected from the Japanese coast during the 1980s [J]. *J Radioanal Nucl Chem*, 230: 111-114.
- [18] 刘广山, 黄奕普, 陈敏, 等. 2001. 南海东北部表层沉积物天然放射性核素与 ^{137}Cs [J]. *海洋学报*, 23(6): 76-84.

作者简介: 王中良(1970—), 男, 博士后, 研究员。主要从事表生水体地球化学过程动力学及其环境效应研究, 2000 年获中科院刘永龄奖学金一等奖。目前共发表论文 30 余篇。电子邮箱: wangzhongliang@vip.skleg.cn 或 zhongliang_wang@163.com

^{137}Cs distribution in the surface waters of the Western North Pacific Ocean and eastern Indian Ocean and their adjacent seas

WANG ZhongLiang^{1,2}, LIU Congqiang¹, ZHU Zhaozhou¹, SONG Liuting¹, LIANG Lili¹

(1. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Nakaminato Laboratory for Marine Radioecology, National Institute of Radiological Sciences, Isozaki 3609, Hitachinaka, Ibaraki 311-1202, Japan)

Abstract: The ^{137}Cs activities were determined for the surface waters in the western North Pacific Ocean, the Sulu and Indonesian Seas, the eastern Indian Ocean, the Bay of Bengal, the Andaman Sea, and the South China Sea. The ^{137}Cs activities showed a wide range of variation with values ranging from 1.1 Bq m^{-3} in the Antarctic Circumpolar Region of the Southern Ocean to 3 Bq m^{-3} in the western North Pacific Ocean and the South China Sea. The latitudinal distributions of ^{137}Cs activity were not reflective of that of the integrated deposition density of atmospheric global fallout. The removal rates of ^{137}Cs from the surface waters were roughly estimated from the two data sets of Miyake et al. (1988) and this study to be 0.016 yr^{-1} in the Sulu and Indonesian Seas, 0.033 yr^{-1} in the Bay of Bengal and Andaman Sea, and 0.029 yr^{-1} in the South China Sea. These values were much lower than that in the coastal surface water of the western Northwest Pacific Ocean. This was likely due to the less horizontal and vertical mixing of water masses and less scavenging.

Keywords: ^{137}Cs ; Surface seawaters; Western North Pacific Ocean; Eastern Indian Ocean