

我国近海表层海水 ^{90}Sr 和总 β 放射性的测定*

李培泉 李金岭
(中国科学院海洋研究所)

自1954年美国在太平洋比基尼岛进行核武器试验以来,不少国家开始了海洋放射性污染的研究:1954—1956年,日本对太平洋海域进行了两次放射性调查;其间,美国原子能委员会所属组织对比基尼岛海域进行了调查;日、美、加拿大等国对大西洋海域进行了调查;日、美、法等国对太平洋赤道海域进行了调查。在这些专业性调查中,日本的两次调查最为全面,获得了太平洋海水、海洋生物等各种物质污染的资料,并发现了一些重要规律^[2,3]。从那时起,日本建立了许多专业组织从事海洋放射性研究。

五十年代后期,苏联开始对太平洋、大西洋和印度洋等海域进行了调查,获得了一些重要核素在世界水域中分布的资料^[5,6]。

与此同时,美国也相继开展了海洋放射性的研究,除获得了一些重要核素(如 ^{90}Sr , ^3H , ^{14}C , ^{239}Pu 等)的分布资料外,还对许多核素在海水、海洋生物和海洋沉积物中的扩散、转移、沉积和富集过程进行了探讨。所得结果对核海洋环境学研究起了重要的推动作用^[4]。

1963—1964年,我们对东海海水(包括黄海和渤海部分海域)中 ^{90}Sr 和总 β 放射性强度进行了测定。除表层海水以外,在个别站位对上、中、下三层海水作了总 β 强度测定。所得资料反映了当时我国近海海水放射性污染的大致水平。

一、实验方法

海水 ^{90}Sr 实验方法

实验采用碳酸盐沉淀法。大体步骤是:取海水35升,放入塑料桶中,加入铯载体175毫克(以铯为标准),加入氯化铵52.5克,搅拌,使其溶解。再加入无水碳酸钠105克,连续搅拌2小时,放置24小时,将其上层清液倾出。在船上可用虹吸法吸出。将剩余的少量液体和沉淀过滤,沉淀带回实验室后用6N盐酸溶解,再加入少量蒸馏水,加热至沸腾,然后冷却、过滤,充分洗涤不溶物。不溶物和滤纸用少量6N盐酸溶解,加热,冷却,过滤,洗涤。将两次过滤液合并,此时,附加一次铬酸钡的净化程序,之后,加入三氯化铁溶液使铁离子量为30毫克,用6N氢氧化铵调pH为8—10,微热几分钟,过滤,用热水洗涤。沉淀后再用6N盐酸溶解,调pH为8—10,过滤,洗涤。合并两次滤液。将其滤液用盐酸酸化,放置14天,使 ^{90}Sr 与其子体 ^{90}Y 达到平衡。然后,向此溶液中加入三氯化铁

* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第622号。
本刊编辑部收到稿件日期:1980年4月11日。
文中插图由任广法同志绘制,特此致谢。

溶液,使铁离子量为 30 毫克,用氢氧化铵调 pH 为 8—10,加热 5—8 分钟,过滤,洗涤。将沉淀放入坩埚内,在烘箱内烘干。然后,将坩埚放入灰化炉中,在 600°C 下灰化 1—2 小时。将样品转移至铝盘上进行 ^{90}Y 的 β 射线测定。所用方法,效率达 80% 左右。

海水总 β 实验方法

取海水 1—2 升,加氯化钡-硫酸铁铵,调 pH 7—8,加热形成沉淀,过滤,灰化,进行放射性测定,效率在 80—90% 之间^[4]。

二、实验结果

用以上方法测定结果,列入表 1—3。

表 1 1963—1964 年黄海、渤海和东海表层海水总 β 放射性测定结果

测定结果 取样位置		采样时间		1963 年						1964 年	
				5 月		8 月		11 月		5 月	
		站 位	经纬度	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟
0107	28°00.0'N 123°30.0'E			2.84	630						
0106	28°00.0'N 123°00.0'E					0.45	100				
0304	30°00.0'N 123°30.0E			1.62	360	2.48	551				
0404	31°00.0'N 123°30.0'E			1.18	262	0.64	142				
0604	33°00.0'N 123°30.0'E			1.57	349	2.12	471				
0806	35°45.0'N 123°00.0E			4.58	1017	3.09	686	3.45	766		
1007	38°12.0'N 122°58.0'E	2.25	500	5.87	1303	4.03	895	0.92	204		
1304	38°51.5'N 119°58.0'E	1.54	342	2.75	611			1.40	313		
季度平均值		1.90	421	2.92	647	2.14	474	1.92	428		
平均值		2.32						1.92			

表 2 1963—1964 年 1007 站 (38°12.0'N, 122°58.0'E) 上、中、下三层海水总 β 放射性测定结果

海水层次	采样时间 测定结果	1963 年 11 月		1964 年 5 月	
		微微居里/升	衰变数/100升·分钟	微微居里/升	衰变数/100升·分钟
表层 (0 米)		4.03	895	0.92	204
中层 (29 米)		2.54	564	1.34	297
下层 (58 米)		2.33	517	1.91	424
平均		2.96		1.39	

表 3 1963—1964 年黄海、渤海和东海表层海水 ^{90}Sr 的测定结果

测定结果 取样位置		采样 时间	1963 年				1964 年			
			8 月		11 月		5 月		8 月	
站位	经纬度	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	微微居里 升	衰变数 100升·分钟	
0107	28°00.0'N	0.16	36					0.07	16	
	123°30.0'E	0.15	33							
0106	28°00.0'N			0.16	36					
	123°00.0'E			0.15	33					
0304	30°00.0'N	0.14	31	0.50	33			0.04	9	
	123°30.0'E	0.15	33	0.40	31					
0404	31°00.0'N	0.12	27	0.12	27			0.05	11	
	123°30.0'E	0.14	31	0.12	27					
0604	33°00.0'N			0.26	58	0.05	11			
	123°30.0'E	0.26	58	0.26	58					
0806	35°45.0'N	0.21	47	0.26	58			0.08	8	
	123°00.0'E	0.22	49	0.29	64					
1007	38°12.0'N					0.27	60	0.06	13	
	122°58.0'E	0.32	71							
1304	38°51.5'N					0.06	13	0.10	22	
	119°58.0'E	0.74	164							
平均值		0.28	62	0.25	43	0.13	28	0.07	13	

三、结果讨论

1. 黄海、渤海和东海表层海水 ^{90}Sr 的水平分布

根据资料的完整程度,我们以 1963 年 8 月为例讨论了黄海、渤海和东海表层海水 ^{90}Sr 的水平分布,如图 1 所示。

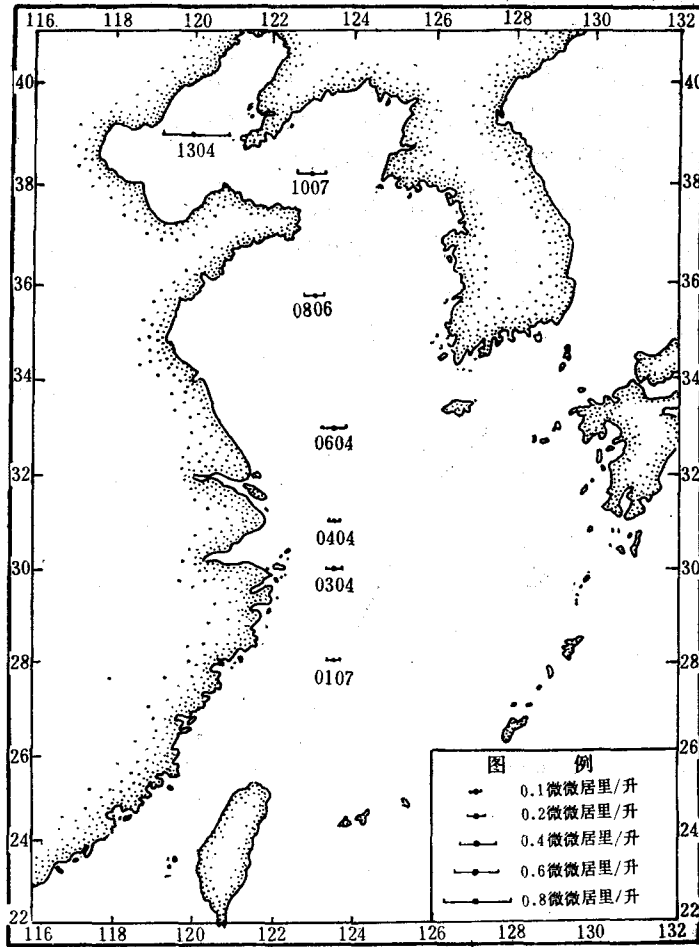


图 1 1963 年 8 月, 黄海、渤海与东海表层海水 ^{90}Sr 的水平分布

从图 1 看出: 1963 年 8 月, 我国近海表层海水的 ^{90}Sr 浓度波动在 0.1—0.7 微微居里/升之间, 最高值出现在渤海、黄海一带, 最低值出现在长江口以外的海域。根据图 1 分布情况, 可以将其分成两部分: 一是长江口以南; 一是长江口以北。前者的特点是 ^{90}Sr 浓度低, 而且从北向南略有升高。后者的特点是 ^{90}Sr 浓度高, 并且从南向北逐步升高。长江口作为分界线并且 ^{90}Sr 浓度最低。根据水体运动的情况得知, 长江口及其以南的海域既受长江冲淡水的影响 (在夏季, 长江水可以达到 123°E 附近或更远处) 也受黑潮水的影响。因此, 此海区水体的交换能力较大, 污染物质的稀释也较快。从南向北, 愈接近长江口, 稀释作用愈显著, 故 ^{90}Sr 浓度从南向北逐渐减少。

在长江口以北,长江水和黑潮水的影响已大大减弱,水体的稀释扩散作用便低于长江口以南。因此,此海区的 ^{90}Sr 浓度都比较高,而且愈向北愈高。

上述分析是以大气沉降的均一性为基础作出的。事实上,在 28° — 38°N 的广阔范围内,大气沉降可能是不均匀的。因此,在考虑 ^{90}Sr 分布时,需要注意到这个核素有从北向南(38° — 28°N)逐步减弱的可能性,正如图1所表示的那样。但是,这一因素在解释长江口以南的分布时遇到了困难,在那里 ^{90}Sr 从北向南由低变高,为此我们需要把稀释作用作为重要因素之一考虑进去。长江口 ^{90}Sr 浓度之所以最低,除上述因素外,海水中悬浮物质的存在也可能对其分布会产生重要影响。悬浮物质愈多,放射性强度就愈低。在江水与海水混合区,许多同位素有可能随着大量物质的凝聚而沉入海底。

2. 黄海、渤海和东海 ^{90}Sr 浓度变化与时间的关系

表3列出了1963—1964年黄海、渤海和东海表层海水四个季度的 ^{90}Sr 浓度,其值波动在0.04—0.74微微居里/升,1963年平均为0.27微微居里/升,1964年平均为0.10微微居里/升。

图2表示各个站位 ^{90}Sr 平均值与时间的关系。

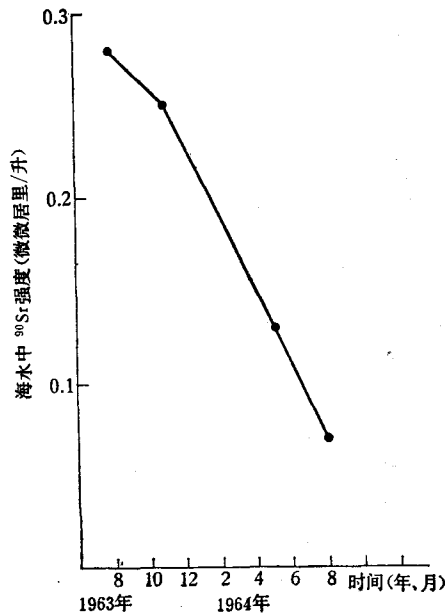


图2 1963—1964年黄海、渤海和东海表层海水 ^{90}Sr 浓度与时间的关系

从图2中看出,自1963年8月开始到1964年8月, ^{90}Sr 浓度一直有下降的趋势,1964年8月仅为1963年8月的1/4。这种变化是核武器试验减少和大气沉降逐步减弱的必然反映。

3. 黄海、渤海和东海表层海水总 β 的水平分布

从表1看出,1963—1964年黄海、渤海和东海海水的总 β 强度波动在0.45—5.87微微居里/升之间(约为0—6微微居里/升),1963年所测数据平均为2.32微微居里/升;1964年5月份平均为1.92微微居里/升。

图 3 是 1963 年 8 月黄海、渤海和东海海水总 β 的水平分布(此期资料最完整)。

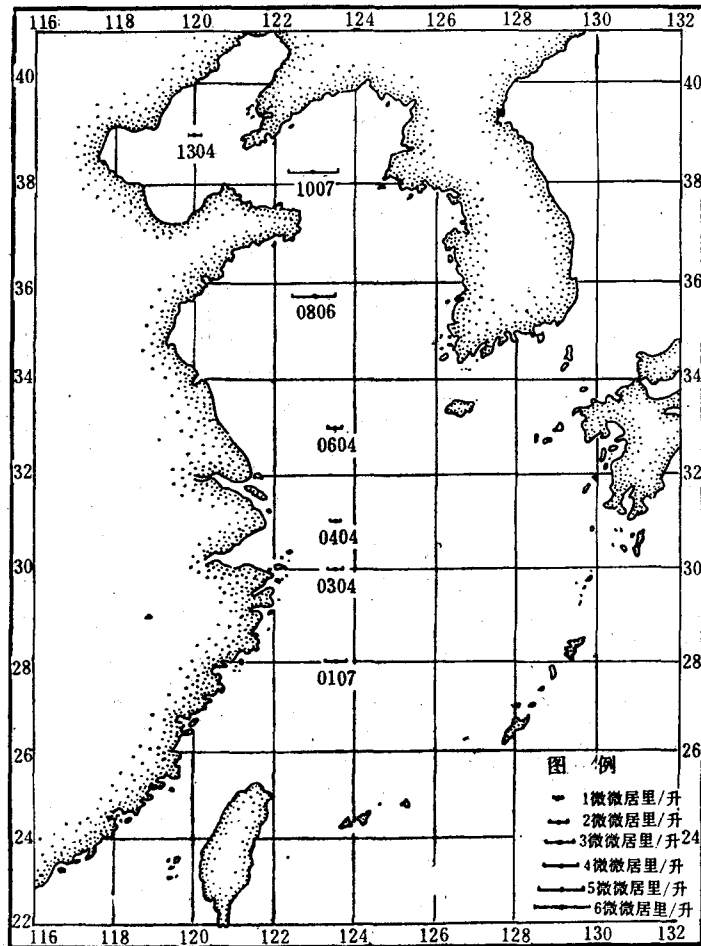


图 3 1963 年 8 月黄海、渤海和东海海水总 β 的水平分布

图 3 说明了在长江口以南,总 β 强度从北向南逐步升高;在长江口以北,总 β 强度从南向北逐步升高。长江口是一个分界限,此处强度最低。这种分布的规律与 ^{90}Sr 基本一致,其原因也与 ^{90}Sr 相同。

4. 总 β 在海水中的垂直分布

我们在 1007 站分三层测定了总 β 强度的垂直变化。如图 4 所示。

曲线 1, 2 分别代表 1963 年第三季度和 1964 年第一季度 1007 站海水总 β 强度的垂直变化。曲线 1 代表了一种新大气污染源注入后的情况,随后,由于水体的涡动扩散而使污染物质浓度逐步下降。

曲线 2 代表了一种没有新污染源注入或有非污染水冲稀的情况。表层其放射性强度很低,中、底层相近或略有增加。实际上,表层以下海水的总 β 是表层海水污染物质下沉或其它污染源进入该区引起的。

从图 4 中两条曲线不仅可看出 1963 年 11 月的大气沉降高于 1964 年(5月),同时也

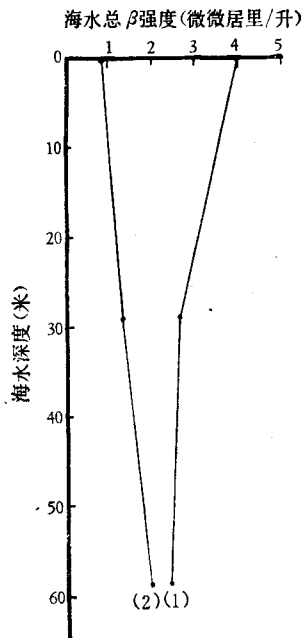


图4 1963—1964年, 1007站海水总 β 强度的垂直变化

说明在几十米深的海水中, 不同深度的总 β 强度也可能不同。不能简单的认为在浅水区总 β 的分布都是均一的, 尤其是在有新的污染源不断注入的情况下更是如此。

5. 海水总 β 强度随时间的变化

图5表示了1963—1964年黄海、渤海和东海表层海水总 β 强度随时间的变化。

由于海水取样和其它条件的变化, 致使一些站位未能得到系统的测定资料, 有一些季度测定值实际上也只是几个站位的平均值。因此图5(1)曲线只能代表整个海区的大体变化趋势。尽管如此, 曲线(1)反映的规律还是有一定代表性的。为了更准确地说明总 β 强度与时间的关系, 我们又对资料完整的1007站绘制了总 β 变化曲线(2)。图5(2)说明, 从1963年第二季度到第三季度海水表层出现了一个较明显的污染。第三季度以后, 污染逐步下降, 到1964年5月总 β 强度仅为最高值的1/6。因为1007站位于北纬 38° , 东经 122° , 因此来自大洋水的影响和从外海流入污染物质的可能性都很小。由此可以推断1963年出现的高值是大气沉降造成的。

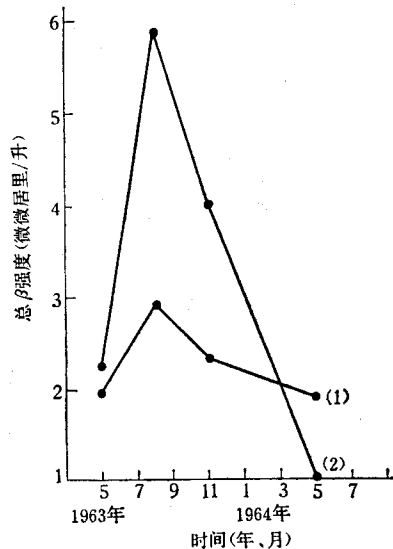


图5 1963—1964年表层海水总 β 强度随时间的变化

(1) 黄海、渤海和东海表层海水的季节平均值; (2) 1007站的表层海水总 β 变化。

6. 中国近海放射性与太平洋中部海水放射性的差异

为了进一步了解六十年代初期我国近海的放射性(以 ^{90}Sr 为例)浓度与太平洋其它海

区的差异,我们对比了国外同一时期的部分调查资料,通过对比发现:北太平洋中部与我国近海(包括太平洋西部和西北部)表层海水的 ^{90}Sr 强度是略有不同的。总的看来,北太平洋中部表层海水的 ^{90}Sr 浓度普遍偏高于我国近海(包括太平洋西部和西北部)的值,例如,1962年在太平洋 $04^{\circ}00' - 39^{\circ}08' \text{N}$, $144^{\circ}09' - 180^{\circ}00' \text{E}$ 海域中表层海水的 ^{90}Sr 浓度平均为 0.33 微微居里/升^[6];在 $00^{\circ}05' - 41^{\circ}20' \text{N}$, $171^{\circ}50' - 176^{\circ}02' \text{W}$ 和 $135^{\circ}40' - 179^{\circ}02' \text{E}$ 海域中表层海水的 ^{90}Sr 浓度平均为 0.37 微微居里/升^[5];1963年在 $40^{\circ}48' \text{N}$, $144^{\circ}36' \text{E}$ 表层海水的 ^{90}Sr 为 0.43 微微居里/升;1964年在 $04^{\circ}00' - 30^{\circ}43' \text{N}$ 和 $130^{\circ}00' - 131^{\circ}45' \text{W}$ 海域中表层海水的 ^{90}Sr 浓度平均为 0.4 微微居里/升,此区,1963年也约为 0.4 微微居里/升^[5]。而在我国近海和北太平洋西部和西北部表层海水的 ^{90}Sr 浓度都较低。1961年在太平洋西部表层海水的 ^{90}Sr 浓度为 0.24 微微居里/升;1962年在南海及邻近海域表层海水的 ^{90}Sr 浓度为 0.25 微微居里/升;1963年东海及黄海、渤海部分海域表层海水的 ^{90}Sr 浓度为 0.26 微微居里/升;1964年在同一海区表层海水的 ^{90}Sr 浓度为 0.10 微微居里/升等。很显然,北太平洋中部 ^{90}Sr 偏高的原因是与邻近太平洋核试验基地有关。虽然污染水体从太平洋核爆试验后历经了若干年的变化,但 ^{90}Sr 仍然由于它的离子特性和较长的半衰期而存在于海水中。在有新的大气沉降的情况下,其放射性必然由于原有的污染而放射水平偏高。另外,太平洋核试验后污染的水体逐步随北赤道流和黑潮流向我国近海与太平洋西部和西北部,在长距离的运动过程中,污染水体逐渐被稀释,放射性强度便逐步下降。因此,在同样有大气均匀沉降的情况下,由于原有污染水平的不同而造成了我国近海和北太平洋中部 ^{90}Sr 分布的一定差别。

从 1961—1964 年,北太平洋中部一直保持着较高和较稳定的 ^{90}Sr 浓度。而 1964 年我国近海的 ^{90}Sr 都明显地下降到平均为 0.1 微微居里/升的水平,这一现象使我们推想中国近海 ^{90}Sr 的来源主要是大气沉降,而不是太平洋污染水团的影响。

四、结 语

六十年代初是世界核试验最频繁的时期。了解这一时期的污染对于研究世界核污染的规律具有重要意义。实验证明我国近海同样受到了核试验散落物的污染。1963年 ^{90}Sr 和总 β 都比较高,1964年普遍表现了下降的趋势。根据水体运动和放射性随时间的变化规律得知,我国近海受太平洋污染水团的影响是很小的,污染的主要来源是大气沉降。 ^{90}Sr 和总 β 在我国近海的分布规律主要与大气沉降的不均匀性和水体的稀释和扩散能力有关。

参 考 文 献

- [1] 李培泉、李金岭, 1978。用氯化钡-铁明矾测定海水总 β 放射性的方法研究。海洋与湖沼 9 (1): 43—48。
- [2] 水产厅调查研究部, 1955。昭和 29 年におけるビキニ海域の放射能影響調査報告 (1, 2集)。
- [3] Katsuka Saruhashi, Yukio Katsuragi et al., 1975. ^{90}Sr and ^{137}Cs in the Pacific water, Records of oceanographic works in Japan. in "Geochemical study of the ocean and the atmosphere" edited by Yasuo Miyake 13 (1): 351—363。
- [4] NAS, 1971. Radioactivity in the marine environment. pp. 1—273。
- [5] Баранов В. И., Хитров Л. М. 1964. Радиоактивная загрязненность морей и океанов. из-во «наука» 1—327。

- [6] Попов Н. И., 1966. Исследования радиоактивной загрязненности вод мирового океана. Труды института океанологии. из-во «наука» Том 82. 1—106.

THE DETERMINATION OF ^{90}Sr AND GROSS BETA IN SURFACE SEAWATER IN CHINESE COASTS*

Li Peiquan and Li Jinling

(*Institute of Oceanology, Academia Sinica*)

ABSTRACT

The concentration of ^{90}Sr and the gross Beta in surface sea-water in East China Sea, Huanghai Sea (Yellow Sea) and Bohai Sea were determined in 1963—1964. The values of ^{90}Sr varied from 0.04 Pci/1 to 0.74 Pci/1 in a period of two years. The mean value was 0.27 and 0.10 Pci/1 in 1963 and 1964 respectively. The values of the gross Beta varied from 0.45 to 5.87 Pci/1 in the same period. The mean value was 2.32 and 1.92 Pci/1 in 1963 and 1964 respectively. The latter value was got in one month only. The fluctuation of these values showed a tendency of decline from 1963 to 1964. It seemed to be correlative with the decrease of nuclear weapon tests. The difference in horizontal distribution of ^{90}Sr and gross Beta in East China Sea, Huanghai Sea and Bohai Sea may also be related to the capability of the dilution and diffusion of fresh and sea waters.

*Contribution No. 622 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.