

渤海海洋环境中 ^{90}Sr 分布规律的研究

赵德兴 陈懋 奚永德

(国家海洋局第一海洋研究所)

提要 本文根据1980—1981年间渤海放射性调查获得的资料,探讨了渤海环境中 ^{90}Sr 的含量分布及其变化规律。认为大陆径流以及 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 两核素被土壤吸附和从土壤中解吸的能力差异,是影响渤海环境中 ^{90}Sr 分布及造成 $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ 比值严重反常的主要因素。

随着核工业的发展,通过大气沉降灰、大陆径流和倾废等不同途径进入海洋的放射性物质早已引起人们的关切。我们于1980—1981年间对渤海海水、海洋生物和底质中 ^{90}Sr 的含量分布进行了调查,研究了 ^{90}Sr 在渤海中的分布规律与环境条件的某些关系。

一、调查方法

1. 站位 共设测站30个,见图1。

2. 样品采集 海水分3个航次采集:1980年8月(代表丰水期)、1980年10月(代表平水期)和1981年5月(代表枯水期),各采海水一次。水深不足20m的站位,用船上海水泵只采集表层海水,超过20m的站位,用GCC5-1型大体积采水器(100L³)加采深层海水。将水样盛在25L聚乙烯塑料桶中,每L海水加1ml浓盐酸现场酸化处理。底样在1980年10月用大洋50型采泥器采集,对能成形的泥样,刮取表层5cm以上部分为样品,不能成形的泥样则取全样。海洋生物样品由各地水产部门提供,送样时标明样品采集(捕捞)地点(海区)及时间。

3. 放化提纯方法 用HDEHP萃取法^[2]。

4. 样品的放射性测量 用FJ-332 β 低本底测量装置测量经放化提纯的源。测量时间一般为90分钟,置信水平95%。

二、结果与讨论

(一) 海水中的 ^{90}Sr

表层海水分析测量结果见表1^[3]。图2—4是根据调查资料绘制的渤海表层海水中 ^{90}Sr 的平面分布图。

表1表明,目前渤海表层海水中 ^{90}Sr 浓度属较低水平,就整个渤海而言, ^{90}Sr 分布较均匀。但是,由于各季节河流径流量变化较大,加上渤海地理环境特征影响,渤海各个区域 ^{90}Sr

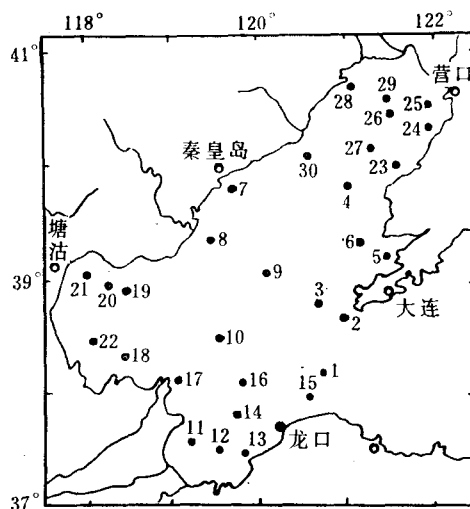


图1 站位示意

Fig. 1 Positions of stations

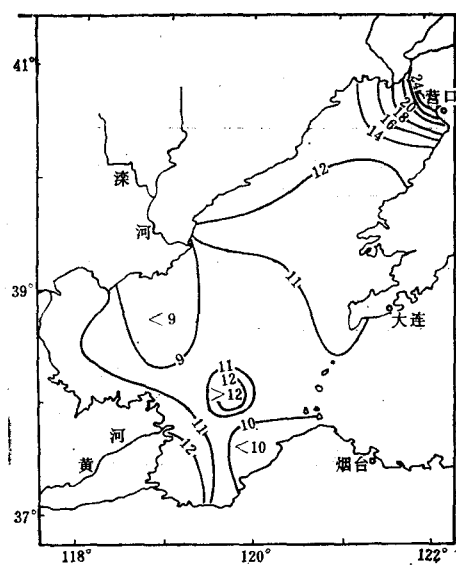


图2 丰水期表层水中 ^{90}Sr 含量平面分布(毫贝可/升)

Fig. 2 Level distribution of ^{90}Sr in surface water in flood season (mBq/L)

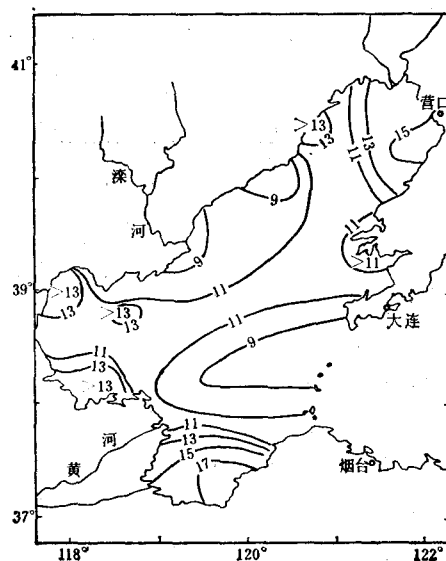


图4 枯水期表层水中 ^{90}Sr 含量平面分布(毫贝可/升)

Fig. 4 Level distribution of ^{90}Sr in surface sea water in dry season (mBq/L)

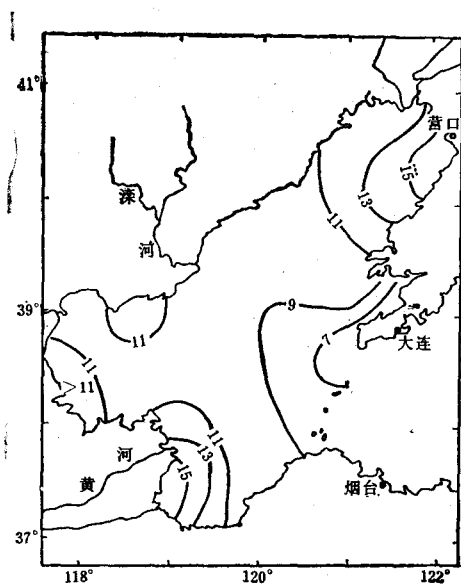


图3 平水期表层水中 ^{90}Sr 含量平面分布(毫贝可/升)

Fig. 3 Level distribution of ^{90}Sr in surface water in flood season (average) (mBq/L)

浓度还是呈现出某些差异。

1. 渤海沿岸 ^{90}Sr 浓度均高于中部 从表层水 ^{90}Sr 平面分布图 2, 3, 4 来看, 沿岸河口地区

随着淡水舌向离岸方向延伸, ^{90}Sr 浓度也逐渐下降, 呈现比较明显的梯度分布。这种情况在辽东湾尤为明显。在莱州湾, 黄河水注入渤海后受渤海环流影响向莱州湾方向移动, 因此莱州湾 ^{90}Sr 的梯度分布是在其西侧表现出来。这种分布状况与苏联 Баграков 等人 1974 年调查得出的在河水影响的海域中的 ^{90}Sr 从河口向外海逐渐降低^[4] 的结论是一致的。在几个海湾中, ^{90}Sr 浓度辽东湾最高, 平水期尤为突出, 是中部区域的 1.5 倍。这就表明, 陆源 ^{90}Sr 的输入是不可忽视的因素。

2. 丰水期的辽东湾 ^{90}Sr 浓度值明显地高于莱州湾和渤海湾 我们认为, 这种分布是由于与渤海地理位置以及径流分布有密切关系所造成的。众所周知, 渤海是一个典型的深入内陆的半封闭浅海。渤海环流由黄海暖流余脉、辽东沿岸流和渤海沿岸流三部分组成。黄海暖流余脉深入渤海后分成二个分支, 一支沿辽东湾西岸北上, 与辽东沿岸流汇合形成顺时针方向流动; 另一支伸入渤海后沿岸南下, 与渤海沿岸流汇合形成逆时针方向流动^[5]。整个渤海沿岸 16

表1 渤海表层水中 ^{90}Sr 含量及盐度值
 Tab. 1 Content of ^{90}Sr and salinity in surface water of BohaiSea

时间		1980年8月		1980年10月		1981年5月	
项目		^{90}Sr (mBq/L)	盐度(‰)	^{90}Sr (mBq/L)	盐度(‰)	^{90}Sr (mBq/L)	盐度(‰)
中 部 区	平均值	11.1	30.98	8.9	31.35	10.4	31.76
	范围	8.5—14.8	30.34—31.29	7.0—10.4	30.40—31.64	8.9—14.4	31.27—32.02
莱 州 湾	平均值	11.5	29.23	11.1	28.76	13.0	30.40
	范围	8.5—14.4	26.03—30.95	8.9—15.2	24.62—31.30	9.6—21.2	29.40—31.98
渤 海 湾	平均值	11.1	30.63	10.7	30.95	12.6	32.02
	范围	8.9—13.0	30.48—30.84	8.9—12.6	30.39—31.17	8.9—14.4	31.75—32.25
辽 东 湾	平均值	15.2	30.65	13.0	31.35	12.6	31.75
	范围	11.1—24.4	29.57—31.00	10.4—15.5	29.62—31.82	8.5—15.5	31.42—32.01

条河流历年统计的资料表明,年平均径流量达718.5亿 m^3 ,渤海水体积约1490.05 km^3 ,注入渤海的径流量占渤海水体积的1/20。如此大量带有陆源污染物质的江河水注入渤海,与渤海环流相汇合无疑对渤海 ^{90}Sr 分布与运移起着巨大的影响。但是,径流中 ^{90}Sr 的浓度并不相同,据统计,渤海湾和莱州湾沿岸河流的径流量是以辽河为主的辽东湾沿岸河流径流量的10—20倍。我们认为过量的淡水反而起到一定的稀释作用,它使注入辽东湾的径流中 ^{90}Sr 浓度远高于注入渤海湾和莱州湾的径流中 ^{90}Sr 的浓度,因而出现不同海湾呈现浓度差异。造成这种差

异的另一因素是渤海湾、莱州湾的海域较宽阔,利于与中部区域海水发生交换并按逆时针方向很快流出渤海。反之,辽东湾口较狭窄,其海水按顺时针方向流动,水的交换情况不如渤海湾和莱州湾(从盐度资料也证实这情况),这就使 ^{90}Sr 在辽东湾内的滞留时间较长,出现 ^{90}Sr 浓度高于其它区域的分布。至于这种分布态势是否与辽东湾沿岸的核工业有关,尚需作进一步的调查研究。

3. 表层海水与底层海水中 ^{90}Sr 的含量没有大的差异 10个深水站的分析测量结果见表2。枯水期更为接近,究其原因在于渤海是个浅

表2 渤海表层水和底层水中 ^{90}Sr 的含量(mBq/L)
 Tab. 2 The content of ^{90}Sr at various depths (mBq/L)

水层	含量及范围	时间		
		1980年8月	1980年10月	1981年5月
表 层 水		10.7(8.5—12.2)	10.0(7.0—13.0)	10.7(8.9—14.4)
底 层 水		9.6(7.4—11.8)	8.9(6.7—11.5)	11.1(7.0—15.5)

海,平均水深仅 26m,在风、浪作用下,垂直混合过程强烈,容易达到均匀状态,一般情况下,不可能出现跃层。

就 ^{90}Sr 污染程度而言,渤海 ^{90}Sr 污染明显呈下降趋势。如渤海核工业设施排污不会大规模增加,可以断言,这种下降趋势还将继续下去。

4. 渤海水中 Cs/Sr 的比值 众多的调查资料认为,大洋水中 Cs/Sr 为 1.45 左右^[4,8]。渤海海水的 Cs/Sr 为 0.64,与大洋调查结果正好相反。渤海除了大气沉降灰外,还受到陆源物质的影响。江河水中 ^{90}Sr 的浓度比较高,Cs/Sr 一般都小于 1。例如,1961 年日本河水中 ^{90}Sr 含量为 7.0 mBq/L,而 ^{137}Cs 浓度为 2.7 mBq/L,Cs/Sr 为 0.39。我国 1972—1977 年长江水中 ^{137}Cs 平均浓度为 5.2mBq/L,同一时期 ^{90}Sr 浓度达 11.5mBq/L,Cs/Sr 值为 0.45。正是这些高浓度 ^{90}Sr 江河水的大量注入改变了渤海水中的 Cs/Sr,使之与大洋水有极大的不同。

值得指出的是 Sr、Cs 这两种元素被土壤吸附以及从土壤解吸的能力有很大差别。实验^[6]得出,对同一种底质, ^{90}Sr 吸附分配系数 $K_d = 1.9 \pm 0.1$,而 ^{137}Cs 吸附分配系数 $K_d = 412 \pm 11$,差别之大显而易见。它们从土壤中解吸出来的能力也很不相同。更换一次新鲜海水, ^{90}Sr 解吸率达 60%左右,而 ^{137}Cs 仅达 2—3%。可见 ^{137}Cs 比 ^{90}Sr 更容易被土壤颗粒吸附,而 ^{90}Sr 则比 ^{137}Cs 更容易从土壤颗粒中被解吸出来,换言之, ^{137}Cs 的亲土壤性远高于 ^{90}Sr 。我们知道,大气沉降灰中 Cs/Sr 为 2.39 左右,雨水中 Cs/Sr 为 2.01,它们到达陆地、海洋之后,在向底质沉降过程中不断与水中颗粒物(包括由于风浪作用而致底泥被搅动上升并不断重新沉降)发生吸附与解吸。其结果是 ^{137}Cs 向着底泥方向被富集到底质中,而 ^{90}Sr 则多数能较长时间地停留在水中(包括江河水与海水),因此,江河水与海水中的 Cs/Sr 也就不断发生变化。这次调查分析的底质样品得出, ^{90}Sr 平均浓度为 3.5Bq/kg,干重,而 ^{137}Cs 浓度为 5.4Bq/kg,干重,证实了底质中 ^{137}Cs 含量

的确高于 ^{90}Sr 。而如上所述,在海水中则相反, ^{90}Sr 含量高于 ^{137}Cs 。这就导致了渤海水中 Cs/Sr 与大洋水中 Cs/Sr 的相反结果。

(二) 海洋生物中的 ^{90}Sr

渤海部分海洋生物骨骼(壳)和全样中 ^{90}Sr 含量分析测量结果见表 4。牙鲆、蓝点马鲛、紫菜和黄古鱼肉中 ^{90}Sr 含量都低于检出限,对虾壳中 ^{90}Sr 含量是全样的两倍,均能检出,可见 ^{90}Sr 的嗜骨性。它与 Ca 的化学性质相似,都容易积聚在骨组织中且不易从体内排出。有人测定了海洋生物对 ^{90}Sr 的浓缩系数,骨骼为 10—109,而肌肉只有 1—24^[9]。表 3 还表明,在梭鱼和鲈鱼中 ^{90}Sr 的含量最高,在梭鱼骨中竟达 1.30Bq/kg,鲜重。这与它们的生活习性有关,它们都喜欢生活在河口地区。中国毛虾、毛蚶和贻贝中 ^{90}Sr 含量大体相当,变动范围在 0.13—0.31Bq/kg,鲜重之间。

表 3 生物样品中 ^{90}Sr 含量¹⁾(Bq/kg,鲜重)

Tab. 3 The content of ^{90}Sr in organisms (Bq/kg,鲜重)

名称	地点	全样中含量	骨(或壳)中含量
中国对虾	大连	0.30±0.04	
中国对虾	锦州	0.23±0.06	0.42±0.14
中国对虾	秦皇岛		0.60±0.11
中国对虾	龙口	0.30±0.12	0.66±0.06
中国毛虾	营口	0.24±0.02	
中国毛虾	塘沽	0.13±0.04	
毛蚶	塘沽	0.13±0.00	
毛蚶	锦州	0.13±0.02	
贻贝	大连	0.31±0.07	
贻贝	蓬莱	0.13±0.08	
牙鲆	大连	未检出	未检出
牙鲆	秦皇岛		未检出
牙鲆	龙口	未检出	未检出
蓝点马鲛	锦州	未检出	未检出
蓝点马鲛	龙口	未检出	未检出
鲈鱼	昌邑	0.40±0.06	0.92±0.13
梭鱼	昌邑	0.46±0.01	1.30±0.12
黄古鱼	昌邑	未检出	0.64±0.11
海带	大连	0.17±0.03	
紫菜	大连	未检出	
紫菜	烟台	未检出	

1) 样品灰化温度为 450℃。

表4 渤海沉积物中 ^{90}Sr 含量 (Bq/kg)
 Tab. 4 The content of ^{90}Sr in sediments
 of BohaiSea (Bq/kg)

采样位置		水深 (m)	沉积物 类型	^{90}Sr 含量 (Bq/kg· 干重)
E	N			
120°43'	38°08'	19	泥质粉砂	2.16±0.31
120°54'	38°37'	61	粗沙	1.35±0.16
120°54'	38°52'	62	粉沙	未检出
120°51'	39°52'	31	泥	15.41±1.00
121°29'	39°11'	75	粉沙	4.30±0.32
121°15'	39°19'	21	粉沙	6.06±0.01
119°43'	39°52'	13	泥质沙	0.98±0.21
119°27'	39°22'	18	细沙	8.96±0.85
120°04'	39°07'	21	泥沙	2.22±0.74
119°19'	38°21'	23	泥	4.00±1.18
119°11'	37°32'	9	泥质沙	1.41±1.33
119°28'	37°29'	11	泥	未检出
119°50'	37°31'	13	沙	0.89±0.15
119°43'	37°50'	16	泥	1.78±0.41
120°42'	37°54'	10	沙质泥	未检出
119°44'	38°66'	19	软泥	未检出
119°03'	38°05'	10	泥质沙	1.81±0.81
118°30'	38°18'	12	软泥	未检出
118°31'	38°51'	30	泥	0.93±0.52
118°14'	38°57'	11	泥质沙	1.04±0.10
118°00'	39°00'	12	泥	未检出
118°00'	38°30'	8.5	泥	3.65(单样)
121°37'	40°01'	21	沙质泥	未检出
121°56'	40°20'	14	粉沙	4.30±2.04
121°55'	40°25'	11	泥质粉沙	3.00±0.63
121°33'	40°34'	8	泥	5.15±0.63
121°13'	40°15'	24	泥	0.85±0.11
121°01'	40°42'	10	沙泥(贝)	0.84±0.09
121°23'	40°43'	7	泥	5.56±0.30
120°36'	40°07'	20	泥	未检出

(三) 渤海沉积物中的 ^{90}Sr

30个表层沉积物样品中 ^{90}Sr 的含量(干重)列于表4(采样日期: 1981年10月15日—22日)。

海洋沉积物对核素的吸附富集是一个相当复杂的问题, 与海水盐度、pH、核素理化特性和沉积物的组份以及所处地理位置等诸因素有关。由调查资料看来, 粉沙中 ^{90}Sr 含量最高(4.89Bq/kg, 干重), 泥次之, 沙中含量最低

(4.03Bq/kg, 干重)。4个不同区域的分布是中部区最高(5.05 Bq/kg, 干重) > 辽东湾 > 渤海湾 > 莱州湾 (1.47 Bq/kg, 干重)。造成这种分布态势的原因相当复杂。大部分天然吸附剂所具有的性质, 也适用于海底沉积物。底质成份不同, 对 ^{90}Sr 吸附的能力也各不相同, 底质形成过程的不同也会导致其中 ^{90}Sr 含量的不同。例如, 莱州湾一带, 以黄河为主的大陆径流挟带大量泥沙流入渤海, 受渤海环流影响向南折入莱州湾, 迅速沉降。所取表层(0—5cm) 沉积物可能只反映最近状况, 60年代大气核试验高峰期产生的大气沉降灰沉降到海底深处, 取样没能达到这个深度。辽东湾水质较好, 泥沙少, 沉积缓慢, 取样时就可能取到或部分取到 ^{90}Sr 沉降较明显的部位。

三、结 语

1. 为期两年的调查揭示了目前渤海水中 ^{90}Sr 污染仍属低水平, 略高于日本近海和东中国海, 且渤海水中 ^{90}Sr 浓度趋下降趋势。近岸、河口地区 ^{90}Sr 浓度高, 中部区域低, 河口地区梯度分布明显, 与盐度之间有一定的负相关变化趋势。大陆径流对渤海 ^{90}Sr 分布状况影响也较明显。

2. 渤海水中的 Cs/Sr 为 0.64, 与大洋水中 Cs/Sr 相差颇大。造成这种差别的主要原因在于土壤对这两个核素的吸附以及雨水、海水对其解吸能力有明显不同。

3. 海洋生物对于 ^{90}Sr 的富集视生物种类、器官部位的不同而异。河口地区生物以及底栖鱼类 ^{90}Sr 浓度较高。就器官而论, 骨(壳)中 ^{90}Sr 含量最高, 表现了 ^{90}Sr 的亲骨性。

4. ^{90}Sr 在底质的分布比较复杂。除与沉积环境有关外还与沉积物组分有关, 一般来说有如下规律: 粉沙 > 泥 > 沙。就区域分布来说则是: 中部区域 > 辽东湾 > 渤海湾 > 莱州湾。

调查说明, 渤海环境 ^{90}Sr 污染水平较低, 尚没有对生态以及环境质量造成不良影响。

主要参考文献

- [1] 李培泉、李金岭, 1981。我国近海表层水 ^{90}Sr 和总 β 放射性的测定。海洋与湖沼 14(4): 332—340。
- [2] 国家海洋局, 1979。海洋污染调查暂行规范。海洋出版社, 372—380。
- [3] 国家海洋局第一海洋研究所环保组, 1982。渤海海域放射性强度调查报告。海洋研究 1: 82—92。
- [4] 李培泉等, 1983 年, 海洋放射性及其污染。科学出版社, 25—38 页。
- [5] 李永琪, 1978。海洋的放射性。海洋出版社, 第 38—48 页。
- [6] 尹毅等, 1978。海洋沉积物对放射性同位素 ^{90}Sr 、 ^{137}Cs 、 ^{60}Co 及 ^{106}Ru 吸附性能的研究。热带海洋 6(2): 88—94。
- [7] 猿橋勝子, 1979, 原子力と海洋, 海洋と大気の地球化学(第二集), 气象研究所, 160—165 页。
- [8] Nelson R. W. P., Ellis K., and J. N. Smith, 1985. Environmental Monitoring Report for the Point Lepreau, N. B., Nuclear Generating Station-1983, Canadian Technical Report of Hydrography and Ocean Sciences 59: 62—78.

THE STUDY OF THE DISTRIBUTION OF ^{90}Sr IN MARINE ENVIRONMENT OF BOHAI SEA

Zhao Dexing, Chen Mao, Xi Yongde
(First Institute of Oceanography, SOA)

Abstract

^{90}Sr is a little bit higher in Bohai Sea than that in Japan sea and East China Sea, ranging from 7.0 to 24.4Bq/L. So far as the local distribution of ^{90}Sr in Bohai seas is concerned, LiaoDong Bay is 1.5 times higher than central area, Bohai Bay and LaiZhou Bay are in the level of average. In estuaries, the activity of ^{90}Sr decreases with the increase of salt sea-ward. In marine, the highest content of ^{90}Sr is in bone, about 1—2 times higher than that elsewhere. The ^{90}Sr content is high in fine sand, relatively low in mud and sand. The correlation of the distribution of ^{90}Sr in salt, fallout, runoff, sediments and marine species are discussed. The reason why the ratio of $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ is different from that in other areas is discussed as well.