

# 海水、海洋生物和沉积物中<sup>137</sup>Cs的测定\*

杨 嘉 东

(国家海洋局第三海洋研究所)

关于海水中<sup>137</sup>Cs的测定,在日本海洋调查规范中所规定的方法之一是,先用磷钼酸铵(简称AMP)来富集经铯分离后的海水中的微量铯,然后用氨水溶解AMP,并加入蒸馏水至200—250毫升,再加热蒸煮浓缩至100毫升左右,最后在微酸性介质中用氯铂酸把铯沉淀出来。通过铯分离的化学回收率和对β的测量求出海水中<sup>137</sup>Cs的含量。整个过程颇为简单,但在对海水进行测定时,尚存在一些问题,主要是富集铯的时间长,调节经铯分离后的海水至酸性时的耗酸量大,蒸煮浓缩赶氨过程中的暴沸现象难以控制。我们在对东海海水、海洋生物和沉积物中的<sup>137</sup>Cs进行测定时,曾将此方法作了适当调整。即在海水样品分析程序中是直接将从海上取回的酸化海水分成几桶,同时用AMP富集海水中的微量铯。测定表明,可以大大缩短收集AMP的时间和节约大量浓硝酸。安全、快速、精确度良好。

## 一、实验方法

### (一) 主要试剂和仪器

#### 1. 试剂

铯载体溶液,浓度为10.0毫克/毫升。AMP粉末。10%氯铂酸。

#### 2. 仪器

FH-408型自动定标器和GM计数管。

### (二) 样品分析程序

#### 1. 海水

取经酸化的海水60—80升,分盛于30—40升塑料桶内,分别加入1.50毫升铯载体溶液,用6N NaOH和6N HCl调pH至2.5,各加入10克AMP粉末,搅拌10分钟,静置过夜,吸去上层清液,用此清液把桶内沉淀转移至1000毫升烧杯内,用布氏漏斗滤去海水,收集AMP

沉淀;AMP用6N NaOH溶解,溶液过滤于100毫升烧杯中,残渣用蒸馏水洗涤3—4次,滤液控制在80毫升左右;用6N HCl调节滤液至微酸性,加入1毫升10%氯铂酸,搅拌并摩擦烧杯壁以促进沉淀生成,静置2—3小时;用可拆卸漏斗把沉淀过滤于已称重的滤纸上,先后以蒸馏水、无水乙醇洗涤一次,将载有氯铂酸铯沉淀的滤纸置于110℃下烘干15分钟,冷却后称重,由此求出铯的化学回收率,用FH-408型自动定标器和GM计数管测量其β射线强度。

#### 2. 生物样品

称取生物样品灰10—15克置于250毫升烧杯内,加入铯载体溶液3.00毫升,按每克样品灰加入4毫升6N HCl,在水浴上加热浸取1小时;滤液用蒸馏水冲稀至250毫升,调节pH至2.5,加入2克AMP粉末,搅拌10分钟,静置待澄清后吸去上层清液,以下步骤同海水“分析程序(3)—(6)”。

#### 3. 沉积物

称取沉积物样品150—200克于1000毫升烧杯中,加入3.00毫升铯载体溶液和600毫升6N HCl,在电炉上加热浸取1小时;浸取液用6N NaOH调节pH至2.5,加入2克AMP粉末,搅拌10分钟,静置待澄清后吸去上层清液,以下步骤同海水“分析程序(3)—(6)”。

## 二、结果与讨论

### (一) 几个有关的条件实验

1. 用NaOH、氨水溶解AMP时对铯回收率的影响

\* 所有样品均由国家海洋局放射性本底调查队提供;国家海洋局第一海洋研究所徐明德和王桂云同志参加样品分析工作,在此一并致谢。

取酸化海水和经铯分离后的海水各1升, 调pH至2, 加入3.00毫升铯载体溶液和1克AMP, 搅拌10分钟, 静置澄清后去清液, AMP用6N NaOH和1:1氨水溶解。用1:1氨水溶解时必须加蒸馏水至150毫升后再蒸煮浓缩至60毫升左右, 以下步骤按样品分析程序进行。由实验结果(见表1)得知, 用酸化海水与经铯分离后的海水作实验, 铯的化学回收率基本一

致, 用6N NaOH和1:1氨水来溶解AMP时, 铯的化学回收率基本上也是一致的。须指出, 用1:1氨水来溶解AMP时, 加蒸馏水冲稀后蒸煮浓缩赶氨这一步很重要, 但在蒸煮浓缩过程中有暴沸现象, 难以控制。为使实验更快更安全地进行, 以后就改用6N NaOH来溶解AMP沉淀。

## 2. 海水pH对AMP吸附铯的影响

表1 AMP用NaOH溶液和氨水溶解时对铯的化学回收率的比较

样品来源	海上取回的酸化海水				经铯分离后的海水					
	6N NaOH		1:1 氨水		6N NaOH		1:1 氨水			
序号	1	2	3 <sup>1)</sup>	4 <sup>2)</sup>	5	6	7	8	9 <sup>3)</sup>	10 <sup>4)</sup>
化学回收率(%)	81.3	84.1	173	169	78.9	83.6	83.6	83.0	117	135

1), 2) 未经蒸馏水冲稀和蒸煮浓缩; 3), 4) 未用蒸馏水冲稀, 但AMP用氨水溶解后有煮沸。

移取海水各一升, 调节pH分别为1.0, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0和7.0。其他步骤同上。实验结果表明(图1), 用AMP来富集海水中微量铯, 海水pH为2—4时具有较高富集的集效率。我们选择pH为2.5。

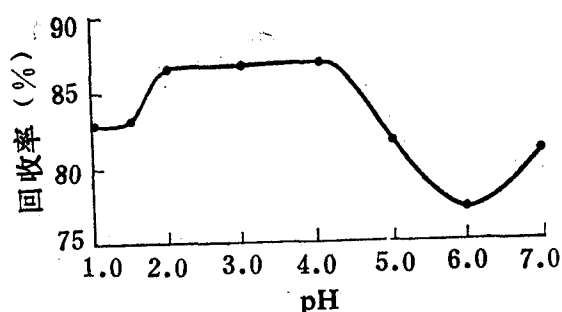


图1 海水酸度对铯回收率的影响

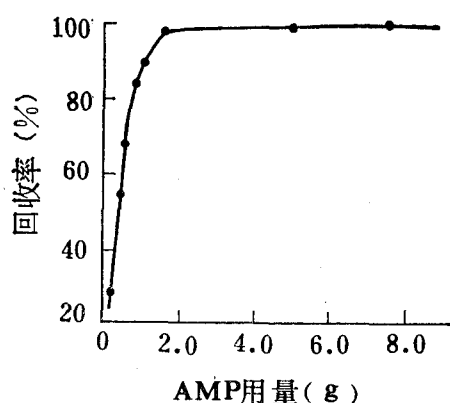


图2 AMP用量对铯回收率的影响

## 3. AMP用量对铯化学回收率的影响

实验结果表明, 对于一升海水, 当铯载体用量为3.00毫升时, AMP的用量不能少于1.5克, 见图2。

## 4. 搅拌时间对AMP富集铯的影响

实验结果表明, 加入AMP后只要搅拌均匀, 就能得到满意的结果。

## 5. 氯铂酸的用量对铯回收率的影响

实验结果证实, 1毫升10%氯铂酸能够把3.00毫升铯载体定量地沉淀下来。

## 6. 方法的精确度

移取酸化海水和经铯分离后的海水各1升, 调pH至2.5, 分别加入3.00毫升铯载体, 搅匀后加入7.5AMP粉末, 以下步骤同上。由实验结果(见表2)得知, 用AMP和氯铂酸法来测定海水中的微量铯时, 只要AMP用量足够, 本方法测定的精密度良好。

## (二) 海水、海洋生物和沉积物中<sup>137</sup>Cs的测定结果

### 1. 海水中<sup>137</sup>Cs的含量变化情况

1973年5月至1974年4月我国东海中部海域(东经124°以西、北纬29—30°之间)海水中<sup>137</sup>Cs的测定结果概括于表3。由表3可以看出, 我国东海外海海水中<sup>137</sup>Cs的含量比近岸海水高, 但又比日本1964—1971年测得日本

表2 AMP富集与钼铂酸沉淀法的精确度

海水	酸化海水						经铯分离后的海水						
	测定序号	1	2	3	4	平均值	标准偏差 (%)	1	2	3	4	平均值	标准偏差 (%)
加入铯量 (毫克)	30.0	30.0	30.0	30.0				30.0	30.0	30.0	30.0		
测得值 (毫克)	29.0	29.2	29.0	28.9	29.0	±0.1	29.7	30.1	29.5	29.3	29.7	±0.3	
化学回收率 (%)	96.7	97.3	96.7	96.3	96.8		99.0	100.3	98.3	97.6	98.8		

近海和港湾内<sup>137</sup>Cs的年平均含量低(见表4), 这可能是由以下几个原因造成的。

(1) 该海区有长江、钱塘江、甌江和涌江等河流注入。据报道, 1961年日本曾测得日本河水中<sup>137</sup>Cs的含量为0.074 微微居里/升, 帕克(Park, 1965)测得海水中的<sup>137</sup>Cs含量大致与盐度成比例, 即盐度低, <sup>137</sup>Cs的含量也低; 盐度越高, <sup>137</sup>Cs含量也越高。因此可以认为<sup>137</sup>Cs含量比较低的大陆河水对本海区<sup>137</sup>Cs的含量起着稀释的作用。

(2) 近岸海水中悬浮物比外海水高得多, <sup>137</sup>Cs有可能被吸附在悬浮颗粒之上, 而后由于地心引力沉降于海底, 从而降低了近岸海水中<sup>137</sup>Cs的含量。例如, 1968年英国温茨凯原子能工厂排污道的出口处附近, 水中的<sup>137</sup>Cs含量在14—120微微居里/升之间, 而沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量为4—29×10<sup>3</sup> 微微居里/公斤, 沉积物中的<sup>137</sup>Cs含量比海水高200—300倍。

(3) 由于河流给本海区带来了大量的营养盐, 因而适于海洋生物的大量繁殖。而大多数海洋生物对<sup>137</sup>Cs都有浓集的能力, 尤其是瓣鳃类、甲壳类动物和浮游生物对<sup>137</sup>Cs的浓集能力很强, 其中锯缘青蟹和泥蚶对<sup>137</sup>Cs的浓缩系数可高达10<sup>4</sup>—10<sup>5</sup>, 所以海洋生物对<sup>137</sup>Cs的浓集也是近岸海水中<sup>137</sup>Cs较低的一个可能的原因。

(4) 海洋的放射性污染, 主要是美国和苏联这两个核大国在大气层中进行了大量的核

表3 东海海水中<sup>137</sup>Cs的含量(微微居里/升)

区段	近岸区	外海区 (水深大于70米)	全区
变化范围	0.13—0.18	0.17—0.23	0.13—0.23
年平均含量	0.16	0.19	0.18

表4 日本测得日本近海和港湾海水中<sup>137</sup>Cs年平均含量

年份	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971
年平均含量 (微微居里/升)	0.49	0.45	0.38	0.41	0.60	0.24	0.25	0.20

试验造成的。从1963年起, 这两个核大国开始转入地下核试验, 因此目前海洋被人工放射性污染的情况, 除局部海区外, 海洋表层水中的放射性浓度有逐年降低的趋势(见表4)。我们测得1973—1974年东海海水中<sup>137</sup>Cs的年平均含量为0.18微微居里/升, 比1971年日本近海的年平均含量低, 这与放射性浓度逐年降低的趋势相吻合。

## 2. 几种主要的海洋经济生物对<sup>137</sup>Cs的浓集

从该区取回的主要的海洋经济生物是马鲛、舌鳎、带鱼、银鲳、大黄鱼、乌贼和海带。在测定它们体内<sup>137</sup>Cs的含量之后, 按下式计算每种生物对<sup>137</sup>Cs的浓缩系数(CF):

$$CF = \frac{\text{生物体内}^{137}\text{Cs的含量 (微微居里/公斤} \cdot \text{鲜重)}}{\text{海水中}^{137}\text{Cs的年平均含量 (微微居里/升)}}$$

测定结果列于表5。由表5可以看出, 我国东海这几种主要的海洋经济生物对<sup>137</sup>Cs的浓集

表5 几种海洋生物中<sup>137</sup>Cs含量及其浓缩系数

生物名称	马 鲛	舌 鳎	带 鱼	银 鲳	大黄鱼	乌 贼	海 带
取样日期 (年 月)	1974.5	1973.11 1974.5	1973.11 1974.5	1974.5	1973.11 1974.5	1974.5	1974.5
<sup>137</sup> Cs平均含量 (微微居里/公斤·鲜重)	15.4	9.4	8.4	7.2	4.6	0.83	13.5
CF	87	52	48	40	25	4.6	75

能力都不大。其大小顺序如下：

马鲛>海带>舌鳎>带鱼>银鲳>大黄鱼>乌贼

据已有的资料来看，大多数海洋生物对<sup>137</sup>Cs均有一定的浓集能力，但悬殊很大。例如甲壳类动物对<sup>137</sup>Cs的浓缩系数可高达10<sup>5</sup>；软体动物的浓缩系数也很高，但鱼类和海藻对<sup>137</sup>Cs的浓缩系数不大，一般在5—100之间。我们的测定结果与文献报道的一致。

### 3. 东海沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量

从水深在25米以内的沿海几个站取来的沉积物。其<sup>137</sup>Cs的含量列于表6。由表6得知我国东海近岸海区沉积物中<sup>137</sup>Cs含量在35—

表6 东海沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量  
(微微居里/公斤·干重)

样品编号	A <sub>1</sub>	A <sub>4</sub>	A <sub>11</sub>	A <sub>12</sub>	A <sub>13</sub>	A <sub>28</sub>
水深(米)	10	8.5	25	12	9	16
<sup>137</sup> Cs含量	65	35	65	55	90	55
沉积物	361	194	361	305	500	305
海水						

90微微居里/公斤·干重之间，比海水高200—500倍。1975年，Nakamura测得日本东京湾等沿岸沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量是5.3—220微微居里/公斤·干重。说明东海沿岸沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量也是比较低的。

## 三、结 论

1. 改进后的“海水中<sup>137</sup>Cs的测定方法”具有简便、快速、安全等特点，适用于大批样品的分析测定，在海洋放射性污染调查工作中是个可取的方法。

2. 本文拟定的海水、海洋生物和沉积物中<sup>137</sup>Cs测定的分析程序，用来测定我国东海海洋环境样品中的<sup>137</sup>Cs，测得海水中<sup>137</sup>Cs的年平均含量为0.18微微居里/升；几种主要的海洋经济生物中<sup>137</sup>Cs的含量为0.83—15.4微微居里/公斤·鲜重；沉积物中<sup>137</sup>Cs的含量介在35—90微微居里/公斤·干重之间，它们对<sup>137</sup>Cs的浓缩系数介在5—100之间。所得结果基本上与文献报道一致。这说明我国东海海洋环境中<sup>137</sup>Cs的含量处于正常的范围之内。

## DETERMINATION OF Cs-137 IN SEAWATER, MARINE ORGANISMS AND SEDIMENTS

Yang Jiadong

(Third Institute of Oceanography, National Bureau of Oceanography)

### Abstract

Cesium in marine environmental samples is concentrated and separated with AMP and chloro-platinic acid precipitation method, and the radioactivity of Cs-137 is calculated from the chemical recovery of the separated cesium and the measurement of  $\beta$ -ray. The chemical recovery of cesium is about 70% for 60—80 liter seawater, 98% for 1 liter seawater. The results are consistent with that of the coastal area and bay of Japan.