

# 冲绳海槽沉积物中 U, Ra, Th, <sup>40</sup>K 的 地球化学研究\*

李培泉 刘志和\*\* 卢光山 苏协铭\*\*

(中国科学院海洋研究所)

U, Ra, Th 和 <sup>40</sup>K 是广泛分布于自然界中的天然放射性元素,研究其形态、含量、分布和转移规律是地球化学的重要内容。海洋沉积物是一个非常复杂的体系,除自身包括许多同位素以外,还可以从海水中吸附和交换一些同位素。海洋沉积物中的同位素含量很不一致,与沉积物的组成和类型及同位素的物理化学性质密切相关;同时还受到沉积物的氧化还原状态、生物活动等因素的影响。本文试根据 1981 年冲绳海槽沉积物四种同位素的测定资料讨论其分布的规律以及影响这些规律的有关因素,同时也对冲绳海槽与陆架的关系进行了一些讨论。

## 一、实验仪器和方法

使用的仪器为美国 Canberra 公司的 8180-4K 多道分析器和 126cm<sup>3</sup> 的同轴 Ge(Li) $\gamma$  探测器。该设备对 <sup>60</sup>Co 1.33 MeV 能峰半宽度为 1.94 KeV, 相对效率为 25%, 峰康比为 49.5:1。探测器放在自制的铅室中。用称量法将 U, U-Ra, Th 标准矿粉, 固体 KCl 和 <sup>137</sup>Cs 标准液体分别与模拟土制成 450ml 540g 的环形标准源。其比度为 U:  $2.94 \times 10^{-5}$  (g/g); U-Ra:  $1.72 \times 10^{-5}$  (g/g) (U) 和  $5.56 \times 10^{-12}$  (g/g) (Ra); Th:  $1.75 \times 10^{-5}$  (g/g); KCl:  $3.89 \times 10^{-2}$  (g/g); <sup>137</sup>Cs:  $3.33 \times 10^{-11}$  Ci/g。测定样品经 110°C 烘干, 研碎, 过筛 (63 目), 称重, 然后装入样品杯中, 测定时间为 10<sup>4</sup> 秒, 测定条件同标准源。

在实际定量测定中, 其 U, Ra, Th, <sup>137</sup>Cs 和 <sup>40</sup>K 的特征峰分别采用 93KeV(U<sub>X1</sub>), 352 KeV(RaB), 238.6 KeV(ThB), 662 KeV, 1460.8 KeV。用全能峰面积法计算峰面积。由于 Th 的存在对 U 的测定造成干扰, 因此在计算 U 的 93 KeV 峰面积时必须减去 Th 的贡献, 或者将未知谱中 238.6 KeV 峰面积计算出来之后, 再将未知谱剥去 Th 的贡献, 而后计算 93 KeV 的峰面积, 详细方法见有关文献<sup>[2]</sup>。由于 <sup>137</sup>Cs 属人工污染同位素, 所测结果将另行报道。

## 二、实验结果与讨论

1981 年 7—8 月, 我们乘“科学一号”调查船在 125—129°E, 26—32°N 范围的海区内进行了表层沉积物采样, 调查站位 13 个(图 1)。在海槽以西, 水深为 200m 以内的视为槽

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第 1037 号。本文绘图由任广法同志完成, 在此表示感谢。

\*\* 山东省医学科学研究所。

收稿日期: 1982 年 6 月 4 日。

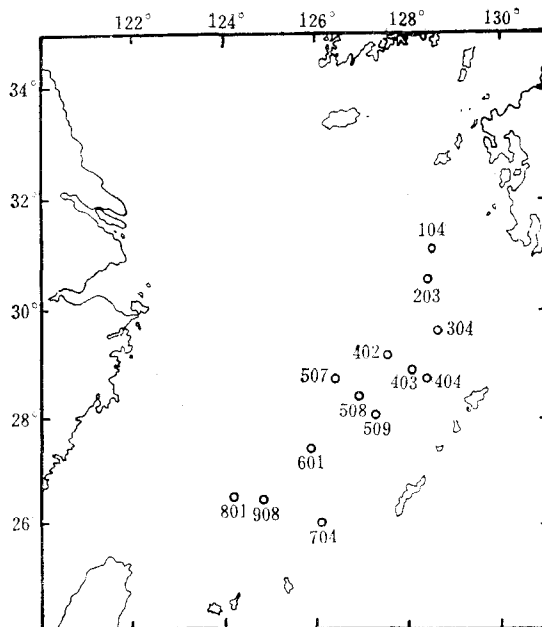


图1 冲绳海槽沉积物采样站位

边;在槽边以东,水深大于500m直到1630m的区域视为槽心区。

### (一) 冲绳海槽表层沉积物的U含量及其分布

在冲绳海槽沉积物中U的含量波动在  $(0.85-4.01) \times 10^{-6} \text{g/g} \cdot \text{干重}$  之间,平均为  $2.18 \times 10^{-6} \text{g/g} \cdot \text{干重}$ 。在海洋沉积物中U的含量波动范围较大,极限值为  $(0.4-80) \times 10^{-6} \text{g/g} \cdot \text{干重}$ 。但一般公认值为  $2 \times 10^{-6} \text{g/g} \cdot \text{干重}$ <sup>[3,12]</sup>。

据 Burton<sup>[4]</sup> 报道,海洋沉积物中U的平均值为2—3ppm; Bertine<sup>[13]</sup> 认为在氧化环境的沉积物中,U值为2ppm; Mo等<sup>[17]</sup>指出:在大洋沉积物中,U值为1.6ppm,而在近岸则为3ppm,其分布规律是离岸愈远,浓度愈低。从上述资料看来,我们在冲绳海槽测得的U值与国外测值基本是一致的。

冲绳海槽沉积物中U的分布如图2所示。

从图2看出:在海槽的中心部分,U的分布是从海槽的东北向西南方向(海槽的走向)逐步变小,而在其西部的斜坡处呈现了从槽边向槽心方向逐步增高的趋势。这种现象可用下述理由解释:

#### 1. 氧化还原环境的不同

已经发现,在黑潮与对马海流的分支处(28°N, 126—128°E)及其以北,由于流速大大降低(从80 cm/s降为10 cm/s)和厌氧细菌的增加而形成了还原区或弱还原区;在该区以南和西南槽区为氧化区或弱氧化区<sup>[4]</sup>。在还原环境中,海水或间隙水中以  $\text{UO}_2(\text{CO}_3)_2^{2-}$  络阴离子形式存在的U就可能获得电子而从六价变为四价,从而固定在沉积物中。根据pE/pH平衡图得知<sup>[4]</sup>,在海槽的北区(28°30'N以北),pE在-1—1之间,pS<sup>2-</sup>将发生显著变化,pS<sup>2-</sup>/pE成线性关系。由于S<sup>2-</sup>和S<sup>0</sup>较易生成S<sub>2</sub><sup>2-</sup>,因此,可以认为海槽中北部表

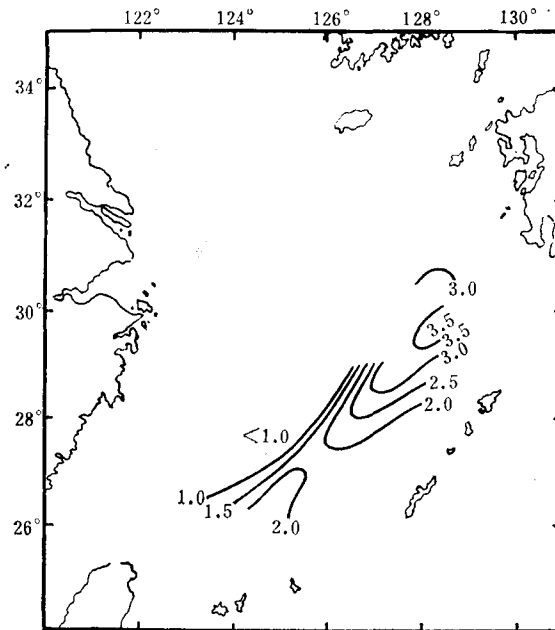
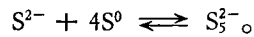
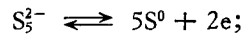


图2 冲绳海槽沉积物中U的分布(ppm)

层沉积物的氧化还原电位主要由以下可逆反应式所控制,并造成了较高U区



因此,海水或间隙水中的U发生如下的价态变化,即  $\text{U}^{6+} + \text{S}_2^{2-} \rightleftharpoons \text{U}^{4+} + 5\text{S}^0$ 。

由于海槽东南方向为火山活动区,沉积物受火山喷发物质(铁、锰氧化物)的影响而在海槽西南方向为氧化区或弱氧化区,从而不利于U的固定。因此,在该区U浓度较低。可以认为海槽底部的氧化还原性质是影响海槽U分布的因素之一。

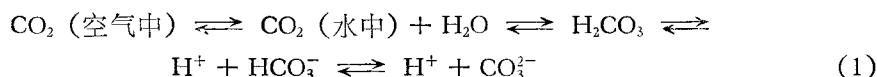
需要指出的是沉积物中的 Th/U 比值与环境的氧化还原性质存在着较为密切的关系。从表1看出:在还原环境中, Th/U 比值都低于4,在氧化环境中, Th/U 比值高于4,而在中性环境中,比值大都接近4。表1列出了在氧化还原环境中 Th/U 比值的变化。

表1 冲绳海槽沉积物中 Th/U 比值的变化

站 位	Th/U 比值	站 位	Th/U 比值
203	2.4	507	8.8
304	2.2	704	7.8
402	2.8	903	10.8(槽外区)
403	2.6	801	5.9
104	3.9		
508	4.0		
509	4.4		

## 2. 钙质生物和碳酸盐的形成

海水中的  $\text{CO}_2$  可以形成  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{CO}_3^{2-}$ , 其反应为



其中影响  $\text{CaCO}_3$  沉淀和溶解的反应式为



由(2)式看出:  $\text{CO}_3^{2-}$  离子含量增加, 形成  $\text{CaCO}_3$  的可能性就越大, 而升温 and 生物活动(光合作用及呼吸作用)都会加速反应式(2)向左移动从而使  $\text{CO}_3^{2-}$  离子增多。由于U和Ca某些行为的相似性, 而  $\text{CaCO}_3$  除去海水中的U又是海洋中发生的化学物理过程之一, 故在形成  $\text{CaCO}_3$  沉淀的过程中, 使U也得到了-定的富集。调查得知<sup>[7]</sup>, 冲绳海槽的北区生物量和生物沉积量都高于南区(大体以  $28^\circ 30' \text{N}$  为界)。这是由于在北区上升流的产生为生物提供了丰富的营养所致。冲绳海槽U的分布与生物的分布规律非常吻合, 因此, 钙质生物的生长及  $\text{CaCO}_3$  的形成和下沉可能是影响U分布的另一原因。

## 3. 含硅软泥的存在

据调查发现, 在U的高含量区,  $\text{SiO}_2\text{-Si}$  的含量也很高, 它们之间的关系如表2所示。

表2 冲绳海槽沉积物含U量与含Si量的关系

站 位	U含量 (ppm)	$\text{SiO}_2\text{-Si}^*(\text{mg}/\text{m}^3)$
104	2.26	7840
203	3.09	5544
304	4.01	12,208
402	3.06	15,129
403	3.02	10,640
509	2.04	4144
704	1.24	4200
507	0.85	1624

\* 引自沈志良测定数据。

从表2看出, 在冲绳海槽区沉积物中的U含量与其中  $\text{SiO}_2\text{-Si}$  含量有直观的密切关系。可以推想, 含Si软泥中必然存在着影响U分布的本质因素。进一步对样品分析之后发现, 这些高Si区的磷酸盐( $\text{PO}_4\text{-P}$ )含量也均高, 低Si区的磷酸盐含量也均低(高值在  $200\text{--}250\text{mg}/\text{m}^3$  之间, 低值在  $200\text{mg}/\text{m}^3$  以下)。因此, 我们可以认为沉积物中的磷酸盐含量可能是影响该区U分布的本质性因素。

## 4. 沉积物组成的影响

从海槽斜坡向槽心延伸, U含量有增高的趋势, 这与沉积物组成有关, 在槽边区多为细砂和粉砂, 槽心多为软泥。U和其它微量元素的分布一样, 也从属于沉积物的粒度分布规律, 其中起关键作用的是粘土粒级的含量, U的含量也与粘土含量呈正相关。例如, 507站, 水深为125m, 砂质沉积物, 其U含量为  $0.85 \times 10^{-6} \text{g}/\text{g}$ 。而在槽心区的509站, 水深1000m, 沉积物为粉砂粘土, 其U含量为  $2.04 \times 10^{-6} \text{g}/\text{g}$ 。

以上是影响海槽沉积物中U分布的几个可能因素, 但它们各占多大比重尚需深入

研究。

## (二) Th 含量及其分布

Th 是广泛分布在地壳上层的同位素,最重要的有  $^{232}\text{Th}$  和  $^{230}\text{Th}$ 。Th 在地壳中的分布也不均匀,平均含量为  $8 \times 10^{-4}\%$ 。据报道<sup>[10,11]</sup>: 大陆壳中 Th 的平均含量在 6—10 ppm 范围之内,页岩中 Th 的含量为 8.8—12.0 ppm,陆地上各地页岩的平均含 Th 量为  $12 \pm 1$  ppm。我们在冲绳海槽沉积物中测得的 Th 含量为 7.0—13.1 ppm 之间,平均为 8.76 ppm,其分布如图 3 所示。

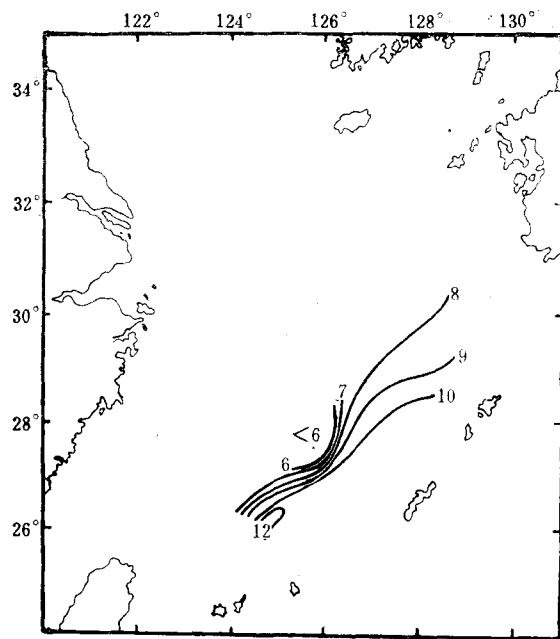


图 3 冲绳海槽沉积物中 Th 的分布 (ppm)

从图 3 可看出: 从槽坡向槽心方向延伸, Th 含量呈逐步增加的趋势,这与沉积物的粒度由粗变细、粘土性成分逐步增加紧密相关。自然界中的 Th 主要呈四价状态, Th 的溶解度一般是通过  $\text{Th}(\text{OH})_4$  的溶度积来表示的,近似于  $10^{-42}$ 。Th 在天然水(包括海水和淡水)中的含量在  $10^{-5}$ — $10^{-6}$  ppm ( $10^{-2}$ — $10^{-3}$  ppb) 范围内<sup>[10]</sup>。因此,可以确认 Th 在海水中主要以颗粒状形式存在,并且很容易与海水中的悬浮体(包括有机和无机悬浮体)结合,或者被  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  和  $\text{Al}(\text{OH})_3$  的沉淀吸附而下沉海底。根据 Li<sup>[16,18,19]</sup> 报道: 在纽约湾斜坡向岸边过渡的过程中,海水中的 Th 逐步减少,而且在海水中消失的所谓半除期(half removal time——即海水中的 Th 量减少一半所需要的时间)从 70 天降为 20 天,这与悬浮体从纽约湾斜坡向岸边逐渐增加密切相关。Li<sup>[19]</sup> 认为在外海 Th 的下沉主要通过浮游动植物的残屑和排泄物的吸附和携带来实现的。

## (三) K 和 $^{40}\text{K}$ 的含量和分布

在冲绳海槽沉积物中, K 的含量波动在  $(1.45-2.22) \times 10^{-2} \text{g/g}$  · 干重之间,平均值

为  $1.85 \times 10^{-2} \text{g/g} \cdot \text{干重}$ 。 $^{40}\text{K}$  的放射性波动在  $12.18\text{--}18.65 \text{pCi/g}$  之间, 平均值为  $15.54 \text{pCi/g}$ ,  $^{40}\text{K}$  在海槽区的分布如图 4 所示。

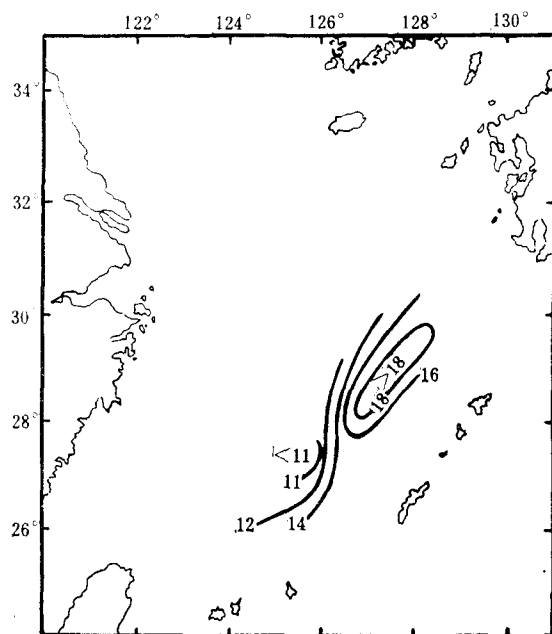


图 4 冲绳海槽沉积物中  $^{40}\text{K}$  的分布 ( $\text{pCi/g}$ )

从图 4 看出:  $^{40}\text{K}$  的分布随着从槽边向槽心延伸呈增加的趋势。例如 507 站 (水深 125m, 槽边)  $^{40}\text{K}$  为  $12 \text{pCi/g}$ , 而 508 站 (水深 550m, 延伸向槽心) 为  $19 \text{pCi/g}$ 。

K 与 Na 一样, 化学性质非常活泼, 但在海水中又是非常保守的元素, 在间隙水中 K, Na (包括 Mg) 不像受氧化还原条件影响的硫酸盐、碱度和钙含量那样发生很大的变化。在  $\text{Cl}\% = 19\%$ ,  $\rho_{20} = 1.0243$  的情况下, 海水中的 K 占  $0.3800\%$ , 氯度比值为 0.0200, 相当于  $9.7 \text{mN/kg}$ 。对比看出, 在间隙水中的 K 量略比海水低, 而在沉积物中的 K 量最高, 在冲绳海槽沉积物中为  $460 \text{mN/kg}$  (当然沉积物也包括了部分间隙水中的 K), 这个 K 量要比海水高 47 倍, 比间隙水 ( $6.65 \text{mN/kg}$ ) 高 69 倍。这种现象说明间隙水中的 K 可能与沉积物发生阳离子交换, 广泛存在于海底的粘土能够容易的吸附那些高电荷、大半径的离子, 例如, 随着 Na, K, Rb, Cs 的离子半径依次增大, 而来自大陆岩石的上述元素存留于海水中的总量分别依次降低为 65%, 2.5%, 0.15% 和 0.025%。这种现象可以用伊利石粘土沉积物把 K 固定为非交换或难以交换的晶格中来解释。如果这种机制符合实际情况, 则冲绳海槽沉积物中 K 的分布变化规律即可以用沉积物中的粘土性物质随着从槽边向槽心延伸而逐渐增加来说明。这与实际测定的沉积类型由粗变细、从砂变泥是完全一致的。

#### (四) Ra 含量及其分布

在冲绳海槽沉积物中, Ra 的含量波动在  $(3.97\text{--}22.68) \times 10^{-13} \text{g/g}$ , 平均为  $9.58 \times 10^{-13} \text{g/g}$ , 其分布如图 5 所示。

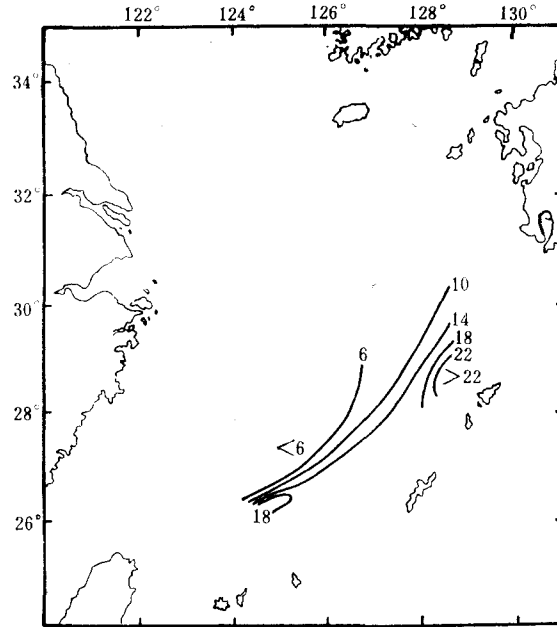


图 5 冲绳海槽沉积物中 Ra 的分布 ( $\times 10^{-13} \text{g/g}$ )

从图 5 看出: Ra 和其它几个同位素一样,其分布也表现了从槽边向槽心逐步增加的趋势。这种现象可主要用沉积物的类型和粒度不同来解释。在槽边多为砂质沉积物,粒度较大,不易吸附 Ra,故 Ra 值较低,如槽边的 507 站和 601 站(水深分别为 125m 和 140 m), Ra 含量分别为  $5 \times 10^{-13} \text{g/g}$  和  $4 \times 10^{-13} \text{g/g}$ ;而随着向槽心延伸,沉积物多为泥质,粒度较细,故 Ra 值较高。如 404 站(水深 1150m) Ra 含量为  $23 \times 10^{-13} \text{g/g}$ 。

Ra 是 U 的子体, U 与 Ra 比较, U 的离子电位较高,故 U 比 Ra 更容易保持在海水中, Ra 却较易被吸附下沉至海底。在平衡的矿物中, U/Ra 比值等于  $2.94 \times 10^6$ <sup>[6]</sup>, 我们可以根据这一比值判断沉积物中 U 和 Ra 富集的情况。

在冲绳海槽沉积物中, U/Ra 比值的平均值为  $2.32 \times 10^6$ , 其计算式为:

$$\frac{U}{Ra} = \frac{2.18 \times 10^{-6}}{9.38 \times 10^{-13}} = 2.32 \times 10^6。$$

表 3 某些现代深水沉积物中 Ra 的含量

沉积物类型	Ra 含量 ( $\times 10^{-12} \text{g/g}$ )
深海沉积红粘土	11.33
放射虫软泥	13.1—50.3
抱球虫软泥	3.3—8
石灰质软泥	22.2
青泥	1.3—3.1
铁锰质结核(矿石类)	21.0—24.0
巴伦支海软泥	21.0—24.0
红粘土	9.5
锰结核	50.0—135

这一比值表明,在该区沉积物中 U/Ra 比值不处于平衡状态, Ra 比 U 更易在沉积物中富集。Ra 在海洋深水沉积物中的含量如表 3 所示<sup>[1,9]</sup>。

从表 3 看出,在现代深海沉积物中的 Ra 含量均高于近海区,目前一般认为大洋沉积物中的 Ra 值为  $4.0 \times 10^{-13} \text{g/g}$ <sup>[12,14]</sup>。我们在渤海、东海、黄海以及冲绳海槽测定的沉积物 Ra 值波动在  $(5-23) \times 10^{-13} \text{g/g}$  之间,这符合 Ra 的一般分布规律。已知在海洋沉积物中, Ra 的分布随埋藏深度、离岸距离、粒度减小而增加,随沉积速度的加大而减少。我们的实验也发现有这种趋势,如在渤海区为  $5.87 \times 10^{-13} \text{g/g}$ ,在冲绳海槽区为  $9.58 \times 10^{-13} \text{g/g}$ 。

### (五) 冲绳海槽与我国大陆和东海大陆架之间的关系

探讨冲绳海槽与陆架和大陆之间的关系以及形成的历史乃是近年来引人注目的问题。由于 U 和 Th 具有亲氧性和离子半径较大的特点,所以它们容易伴随中性、酸性岩浆活动并与 Si, Al, K, Na 等轻元素一起富集在地壳的表层。实验证明,这两个同位素经历着相似的地球化学过程,并在大陆地壳中保持比较稳定的比值和含量。这些大陆物质经风化、川河搬运等过程而成为沉积物的主要组成。虽然由于介质的改变和化学性质的不同而会发生某些分异,但陆源物质形成的沉积物中的 U, Th 含量和比值仍然会保留原

表 4 我国大陆、海洋和世界大洋表层物质的 U, Th 含量和 Th/U 比值<sup>[10]</sup>

海域和沉积物类型	U(ppm)	Th(ppm)	Th/U 比值
渤海沉积物	1.87	10.89	5.82
黄海(冷窝)沉积物	1.70	10.71	6.30
冲绳海槽沉积物	2.18	8.76	4.0
大陆物质	2	8	4.0
页岩+粘土	3.2	11	3.4
太平洋沉积物:			
1. 砂	3	1.2	0.4
2. 海泥	2.3	2.7	1.2
3. 粘土质海泥	2.7	4.8	1.8
4. 硅质和硅藻海泥及粘土质海泥	3.6	2.2	低 0.61
5. 远海粘土	4.0	6.8	1.7
6. 远海粘土	1.5-2.5	3.1-8.5	2-3.4
7. 锰结核		24-124	
印度洋沉积物: 各种海泥	0.35-0.44	1-2	3-4.5
大西洋沉积物:			
1. 远海粘土		30	
2. 抱球虫软泥	0.52	5.1	9.9
黑海沉积物: 1. 海泥	2.2	7.3	3.3



有的特色。根据这一特性, 我们可以通过对比的方法研究海槽与陆架和我国大陆之间的关系。表 4 列出了陆地、海洋沉积物和世界大洋沉积物中的 U, Th 含量和 Th/U 比值。

从表 4 看出: 冲绳海槽的 U, Th 值及 Th/U 比值与大陆和页岩的数值相似, 同时也与渤海、黄海等沉积物中的数值相对应, 这非常明显地表现了它的亲陆性和连续性。然而, 与世界大洋沉积物相比, 其数值却有很大的差别。这种现象说明大洋沉积物已不具有陆架和大陆地壳所特有的同位素组成。由此可以推断冲绳海槽沉积物, 仍然主要受东海大陆架和我国大陆的影响, 至少在我们的调查区是这样。

为了进一步说明冲绳海槽与大陆和东海沉积物的关系, 我们再举出 Ra/U 之间的比值变化。由于在大陆物质中  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  (或 Ra/U) 的比值一般是处于平衡状态的, 其值为  $3.4 \times 10^{-7}$ 。在冲绳海槽为  $4.4 \times 10^{-7}$ , 两者相异但相近。我们知道, U 和 Ra 因化学性质和来源不同, 其 Ra/U 比值必然发生一定的变化(大洋中  $^{230}\text{Th}$  的下沉是重要的富 Ra 方式之一)。它们变化的程度随海区不同(尤其在大洋中)而异。但对于陆源性沉积物来说, 其比值虽有变化, 但不甚明显, 仍具有陆源物质的一些特征。表 5 列出了一些物质的  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  比值。

表 5 大陆岩石、陆源物质及部分大洋沉积物中  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  比值

物 质	$^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$ 比值 $\times 10^{-7}$
大陆岩石 <sup>[7]</sup>	3.4
南极洲陆棚物质 <sup>[20]</sup>	4.5
非洲南部的陆棚物质 <sup>[20]</sup>	4.0
渤海沉积物	3.7
黄海冷窝区沉积物	3.5
冲绳海槽区沉积物	4.4
太平洋有孔虫软泥 <sup>[20]</sup>	7.8
大洋硅藻软泥 <sup>[20]</sup>	37.5
印度洋深水红粘土型 <sup>[20]</sup>	96.4—328.7

从表 5 看出: 冲绳海槽沉积物同样表现出明显的亲陆性和连续性。至于冲绳海槽略比渤海、黄海冷窝区增高的趋势是与沉积物中的 Ra 量随着离岸的距离加大而增高的规律相一致的。 $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  比值在大洋中的变化很大, 而且普遍增高, 正像表 5 下部分的数据所表明的那样。这是由于深海沉积物中的 Ra 量大量增加, U 量不变或减少造成的。根据已得资料可以大体认为  $^{226}\text{Ra}/^{238}\text{U}$  比值在  $(3-5) \times 10^{-7}$  为陆源特征, 高于  $5 \times 10^{-7}$  以上为大洋特征。冲绳海槽沉积物具有陆源特征。

### 三、结 语

1. 冲绳海槽沉积物的 U, Th, Ra,  $^{40}\text{K}$  平均含量和强度分别为 2.18 ppm, 8.76 ppm,  $9.58 \times 10^{-13}$  g/g 和 15.53 pCi/g, 其中 U, Th, Ra 的含量和相关比值与大陆地壳、渤海、黄海沉积物和大陆架表层物质相似, 表明冲绳海槽仍然具有明显的亲陆性和连续性。

2. U, Th, Ra,  $^{40}\text{K}$  的分布与其本身的物理化学性质有关, 也与氧化还原环境、生物活动和沉积物组成及粒度有关。其中 U 受氧化还原条件的影响比较大, 可在厌氧还原条件下发生价态变化, 从而容易固定在沉积物中; 在还原环境中, Th/U 比值小于 4, 在氧化

环境中, Th/U 比值大于 4 (在测定区是如此)。在冲绳海槽区, Th, Ra 和  $^{40}\text{K}$  的含量都随着沉积物的粘土成分的增加和粒度的减小而表现出从槽边向槽心方向逐渐增加的趋势。

### 参 考 文 献

- [1] 长春地质学院编, 1963. 放射性元素矿物学和地球化学。中国工业出版社, 20—29 页。
- [2] 李培泉、刘志和、卢光山、苏协铭、袁毅, 1983. 渤海近岸区沉积物中 U, Ra, Th,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  的 Ge(Li) $\gamma$  谱仪测定及地球化学研究。海洋与湖沼 14(4): 333—341。
- [3] 李培泉, 1981. 海洋中的铀含量、存在形态及  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  比值。海洋湖沼通报 2: 51—56。
- [4] 李 延、王庆璋, 1981. 东海沉积物的氧化还原平衡分布。海洋与湖沼论文集。科学出版社, 79—91 页。
- [5] 杨振周, 1978. 矿石岩石中的铀钍化学分析。原子能出版社, 1—335 页。
- [6] 郭承基, 1959. 放射性元素矿物化学。科学出版社, 1—303 页。
- [7] 睦良仁, 1981. 冲绳海槽的几个沉积特征。海洋地质研究 1(1): 69—74。
- [8] 管秉贤, 1978. 东海海流系统概述。东海大陆架论文集。科学出版社, 126—133 页。
- [9] 奎年, Ph. H. (梁元博译), 1963. 海洋地质学。中国工业出版社, 244—245 页。
- [10] 罗杰斯, J. J. W., J. A. S. 亚当斯(肖学军等译), 1976. 钍铀地球化学手册。原子能出版社, 1—106 页。
- [11] 柴田雄次, 木村健二郎监修, 1974. 无机化学全书 XVII-3, 放射性元素, 丸善株式会社, 1—54。
- [12] 堀部纯男, 1975. 海洋无机化学。海洋学讲座6。东京大学出版社, 1—195。
- [13] Bertine, K. K., L. H. Chan and K. K. Turekian, 1970. Uranium determination in deep-sea sediments and natural waters using fission tracks. *Geochim. cosmochim. Acta.* 34: 641—648.
- [14] Burton, J. D., 1975. Radioactive nuclides in the marine environment. In "Chemical Oceanography," Academic Press, 3: 97—113.
- [15] IAEA., 1976. Effects of ionizing radiation on aquatic organisms and ecosystems, TRS 172: 1—128.
- [16] Kaufman, A, Y. H. Li. and K. K. Turekian, 1981. The removal rates of  $^{234}\text{Th}$  and  $^{228}\text{Th}$  from waters of the New York Bight, *Earth and Planetary Science Letters* 54: 385—392.
- [17] Mo, T., A. D. Suttle and W. M. Sackett, 1973. Uranium concentration in marine sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 37: 35—51.
- [18] Li, Y. H., H. W. Feely and P. H. Santschi, 1978.  $^{228}\text{Th}$ - $^{228}\text{Ra}$  radioactive disequilibrium in the New York Bight and its implications for coastal pollution. *Earth and planetary Science letters* 42: 13—26
- [19] Li, Y. H., P. H. Santschi, A. Kaufman, L. R. Benninger and H. W. Feely. 1981. Natural radionuclides in waters of the New York Bight. *ibid.* 55: 217—228.
- [20] Кузнецов. Ю. В., 1976. Радиохронология океана. атомиздат. 1—300.

## THE GEOCHEMICAL STUDIES OF U, Th, Ra, K ( $^{40}\text{K}$ ) IN SEDIMENTS OF OKINAWA TROUGH\*

Li Peiquan, Liu Zhihe\*, Lu Guangshan and Su Xieming\*\*  
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

### ABSTRACT

The determinations and geochemical studies of U, Th, Ra, K ( $^{40}\text{K}$ ) in sediments of Okinawa Trough were carried out with 8180-4K multichannel Ge (Li)  $\gamma$  spectrometer in 1981. The region of the investigation is located in the 124—129°E and 26—31°N. The mean concentrations of U, Th, Ra, K ( $^{40}\text{K}$ ) are 2.18 ppm, 8.76 ppm,  $9.58 \times 10^{-13}$  g/g and  $1.85 \times 10^{-2}$  g/g (or 15.53 pCi/g) respectively. The concentrations and ratio of uranium and thorium in sediments of Okinawa Trough are similar to those in the sediments of Huanghai Sea (Yellow Sea), Bohai Bay, the continental shelf in the East China Sea, as well as the terrestrial materials in China. This shows that there are close relationships between the Okinawa Trough and shelf of the East China Sea.

The distributions of U, Th, Ra, K ( $^{40}\text{K}$ ) are related to their physical-chemical property, redox state, biotic activation and the deposition of the biotic debris and grain size of the sediments in the Okinawa Trough.

The distribution of Uranium is remarkably affected by redox state in this region. The changing of its valence from six to four and deposition from seawater to sediment would be taken place in above environment.

The contents of Th, K, Ra increased gradually from the outer to inner region of the Okinawa Trough with the increase of clay component and the decrease of grain size.

\* Contribution No. 1037 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.

\*\* Shandong Institute of Medical Science, Jinan.