

## 冲绳海槽沉积物地球化学的基本特征\*

赵一阳 何丽娟 张秀莲 李凤业 贾凤梅 夏青  
(中国科学院海洋研究所)

冲绳海槽是介于东海大陆架和西北太平洋之间的一个现代沉积凹地,其特殊的地理位置吸引着众多的中外学者争相研究。近年来我们曾对冲绳海槽进行了一系列的海洋地质调查研究工作,本文即为该海槽沉积物地球化学特征的初步总结(调查站位见图1)。

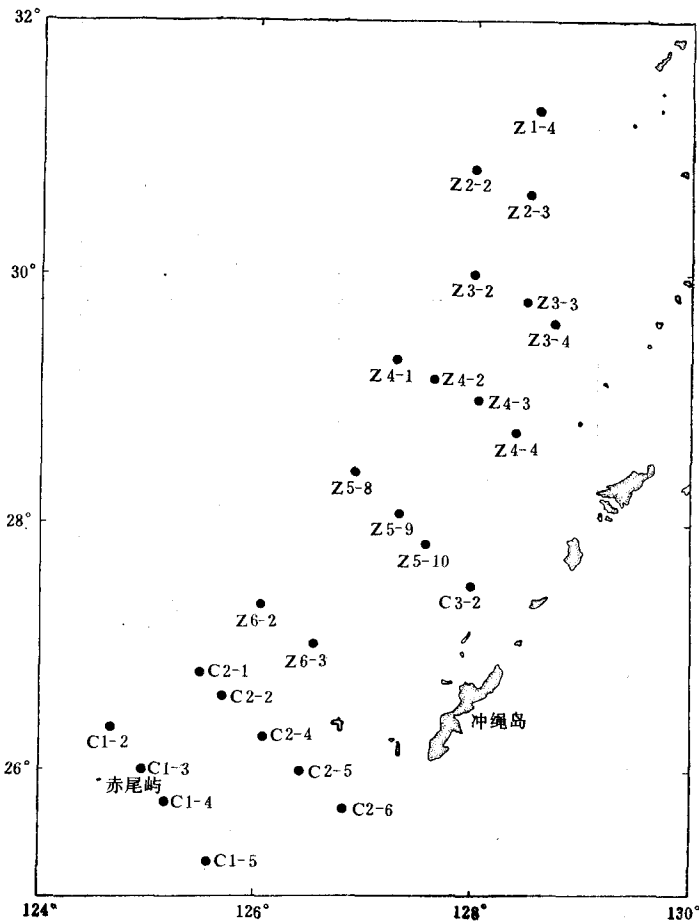


图1 冲绳海槽调查站位分布图

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第1022号。  
参加工作的还有车承惠、杨惠兰同志; C<sub>有机</sub>由栾作峰同志分析; 毛彦平同志协助资料整理; 蒋孟荣等同志绘图, 均此一并致谢。  
收稿日期: 1982年12月14日。

## 一、元素在槽底富集

我们利用经典的重量法测定了冲绳海槽沉积物中的 Si; 用容量法测定了 Al, C<sub>有机</sub> (有机 C); 用比色法测定了 Fe, Mn, Ti, P; 用原子吸收法测定了 Na, Cu, Co, Ni, Zn, Cr; 用 X 射线荧光能谱法测定了 K, Ca, Rb, Sr 和 Pb。所测元素的平均含量见表 1。

表 1 冲绳海槽元素的平均含量

	西 坡	槽 底	东 坡
水深(m)	200—1000	>1000*	<1000
样品数	6	16	3
Si(%)	23.94	19.93	15.71
Al	6.83	8.56	7.61
K	1.56	1.82	0.64
Na	1.39	1.70	—
Ca	10.29	10.68	20.05
Fe	3.06	3.63	3.14
Mn	0.034	0.259	0.114
Ti	0.28	0.30	0.27
P	0.079	0.068	0.063
C <sub>有机</sub>	0.83	1.35	0.50
Cu(ppm)	10	27	—
Co	10	14	10
Ni	21	39	26
Zn	69	84	68
Pb	26	32	28
Cr	38	42	33
Rb	82	100	37
Sr	475	548	683

\* 槽底北部水深 500—1000m; 南部水深 >1000m。

表 1 清楚地表明,槽底大多数元素的丰度高于东、西两坡,如 Al, K, Fe, Mn, Ti, Co, Ni, Zn, Pb, Cr, Rb, C<sub>有机</sub> 等。显然,槽底是大多数元素相对集中的场所。其原因,主要因为槽底是一个较好的深水沉积盆地,这里除了主要为陆源物质供给外,还有相当量的火山物质、生物沉积以及化学沉积物质。根据矿物鉴定<sup>1)</sup>,火山物质有大量的紫苏辉石以及磁铁矿、磷灰石、浮石、火山玻璃等;生物沉积如生物成因的霏石及方解石;化学自生沉积如发现小的锰结核、胶磷矿、黄铁矿等。另外槽底沉积物以细粒的粉砂和粘土为主,这些细粒物质有较强的吸附性能,有浓集元素的作用。

## 二、元素显示大陆与大洋间的“过渡性质”

众所周知,地壳分为陆壳及洋壳两大类,二者具有明显不同的地球化学特征,这首

1) 陈丽蓉等, 1982。冲绳海槽的矿物组合及其分布特征的研究。

先表现在陆壳上的大陆沉积物与洋壳上的大洋沉积物二者在某些元素的丰度上具有明显的差异,像这些具有差异的元素我们称之为大陆与大洋之间的指示元素<sup>[2,3]</sup>。由表 2 可见,冲绳海槽沉积物中指示元素的丰度,几乎一致地介于东海大陆架沉积物和太平洋沉积物的丰度之间,显示“过渡”的性质,而且就三者的丰度比较而论,冲绳海槽的丰度更接近于东海大陆架的丰度,说明它们两者之间的关系更密切些。鉴于化学元素的丰度是所处特定地质背景各种因素综合作用结果的表现,因此这种过渡丰度的出现绝非偶然,而是与冲绳海槽地处陆壳向洋壳过渡的地理位置相一致。至于海槽丰度偏向陆架丰度,则是由于陆源物质通过陆架源源不断地输入海槽,而海槽的东侧与太平洋之间,有琉球群岛作为天然屏障,抑制大洋物质对海槽更大的影响所致。

表 2 指示元素丰度比较<sup>[1,5-7],1)</sup>

指示元素	东海大陆架	冲绳海槽	太平洋
Fe(%)	3.20	3.63	5.44
Mn	0.052	0.259	0.74
Cu(ppm)	17	27	338
Ni	25	39	224
Zn	68	84	—
B	109	147	300
Ra(ppm)	0.41	0.93	8.7

1) Zhao Yiyang (赵一阳), Chen Yuwei (陈毓蔚) and Wang Xianjue (王贤觉), 1983. Geochemical studies of continental shelf sediments of the East China Sea.

### 三、元素自生组分增长但仍以碎屑组分为主

沉积物中元素的存在形式,可以指示沉积物的物质来源及形成机理。我们分别测定了 Si, Al, Fe, Mn, Ti, P, Cu, Co, Ni, Zn, Cr 的碎屑组分及自生组分,除了 Si 的自生组分用 10% 的 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 溶液浸取外,其它元素的自生组分均用 1M 盐酸羟胺的 25% 乙酸的溶液浸取。结果得知,海槽内 Mn, P, Si 的自生组分比大陆架区有较大的增长,其中增长

表 3 冲绳海槽元素的碎屑指数 (Z<sub>s</sub>) 及自生指数 (Z<sub>z</sub>)\*

元 素	Z <sub>s</sub> (%)	Z <sub>z</sub> (%)
Si	96.1	3.9
Al	94	6
Fe	84	16
Mn	36	64
Ti	96	4
P	32	68
Cu	81	19
Co	82	18
Ni	76	24
Zn	86	14
Cr	89	11

\* 关于碎屑指数及自生指数的概念参见文献[4]。

率最大的为 Mn, 其自生指数由大陆架区的 52% 增至海槽区的 64%, 甚至在海槽的南部 (水深 > 1000m) 可达 76%。这与海槽内发现自生的锰结核、胶磷矿以及硅质的海绵骨针等相吻合。但就海槽本身而言, 多数元素的碎屑指数和大陆架区的近似, 仍远远大于自生指数 (表 3), 即仍以碎屑组分为主, 说明尽管海槽内化学作用、生物-化学作用增强, 但陆源碎屑物质以及火山碎屑物质对海槽的影响仍占优势。

#### 四、元素的生物沉积作用加强

与东海大陆架相比, 生物沉积在海槽沉积中占有相当的比重, 故与其有成因联系的元素

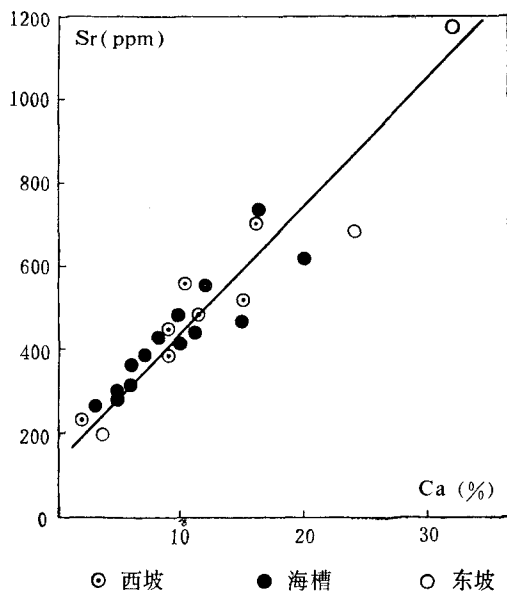


图 2 冲绳海槽沉积物中 Sr 与 Ca 的相关关系

元素必定发生相应的富集, 其中最为突出的是 Ca, Sr 和  $C_{\text{有机}}$ 。Ca 在大陆架区一般含量为 5% 左右, 而海槽区则一般 > 10%。为了查明 Ca 的赋存状态及其与生物体的关系, 我们分别测定了沉积物中的总 Ca ( $\Sigma\text{Ca}$ ) 和  $\text{CaCO}_3$ 。 $\Sigma\text{Ca}$  用 X 射线荧光能谱法及原子吸收光谱法同时测定, 结果吻合;  $\text{CaCO}_3$  用容量法重复测定, 取平均值。测定的结果 (表 4) 证明以碳酸盐形式赋存的  $\text{Ca}(\text{Ca}_t)$ , 约占总 Ca 的 72—99%, 即 Ca 主要以  $\text{CaCO}_3$  的形式存在。已知沉积物中的  $\text{CaCO}_3$  几乎全以生物碎屑 (如软体动物贝壳和有孔虫介壳) 的形式存在, 所以 Ca 主要赋存于生物介壳之中。Sr 与 Ca 密切共生, 彼此相关 (图 2), 这是由于二者的离子半径相近 ( $\text{Sr}^{2+} = 1.20 \text{ \AA}$ ,  $\text{Ca}^{2+} = 1.04 \text{ \AA}$ ),

特别是由于海槽生物介壳中的  $\text{CaCO}_3$  多数为霏石的晶体结构, 从结晶化学的观点来看, 霏石具有配位数为 9 的金属原子, 其构造与  $\text{SrCO}_3$  (菱锶矿) 类同, Sr 可以很容易地进入生物介壳而取代其中的 Ca, 所以 Sr 同样富集于生物介壳之中。生物碳酸盐沉积在海槽

表 4 Ca 的赋存状态

样品	$\Sigma\text{Ca}(\%)$	$\text{Ca}_t(\%)$	$\text{Ca}_t/\Sigma\text{Ca}(\%)$
Z3-2	14.78	14.45	98
Z5-10	24.28	21.39	88
Z6-2	15.39	15.08	98
C1-5	23.93	23.04	96
C2-2	5.96	5.92	99
C2-5	16.63	16.36	98
C3-1	3.51	2.52	72
C3-2	32.37	28.08	87

东坡的南部靠近太平洋的地方占优势, 故这里的 Ca, Sr 含量亦大于其它地区。另外由于沉积物中生物有机体的聚集, 海槽的  $C_{有机}$  含量亦随之增高, 一般在陆架区  $<1\%$ , 而在海槽区一般增至  $>1\%$ 。

## 五、元素分布呈现南部带状北部块状

海槽区大致以  $29^{\circ}30' - 30^{\circ}N$  为界分成南、北两个地球化学区, 元素的区域分布在两个区迥然不同, 南部元素的分布平行于海槽延伸的方向呈条带状, 北部元素的分布呈不规则的斑块状。此种分布格局受控于水深、地形、水动力条件、沉积物类型、火山作用等因素。南部基本上是一个水深大于 1000m 的舟状盆地, 水动力较平静, 沉积物粒度分异现象明显, 粒度自东、西两坡向槽的中心有变细的趋势, 在横向上形成粗—细—粗的结构<sup>1)</sup>, 即平行于海槽出现细砂—粉砂质泥—细砂的自然条带, 这最终就控制着元素的条带状分布; 北部水浅 ( $<1000m$ ), 地形较复杂, 受黑潮水动力的影响较大, 沉积物粗, 一般为砂, 粒度分异差, 并杂以较多的火山喷发物质, 分布不规则, 这就导致了元素的分布呈斑块状。

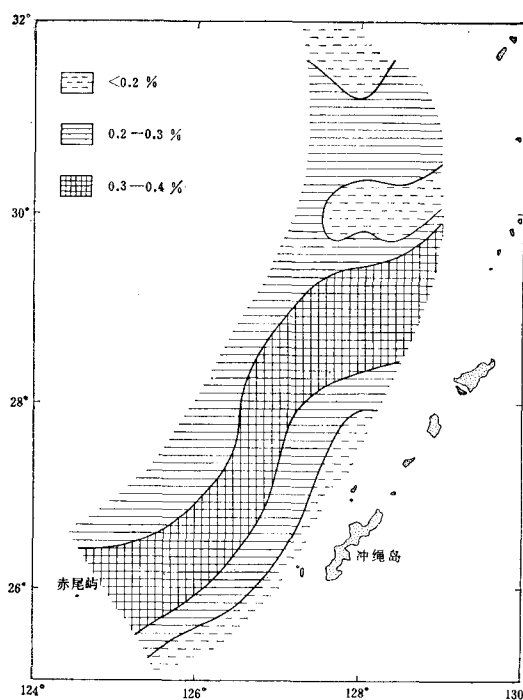


图 3 冲绳海槽 Ti 的区域分布

我们绘制了所研究的每一个元素的分布图, 分布特点大同小异, 为节省篇幅, 仅选几个元素 (Ti, K, Ca, Rb, Sr) 的分布图作为代表(图 3—7), 以供参考。

1) 郑铁民等, 1982。冲绳海槽表层沉积物沉积特征的初步研究。

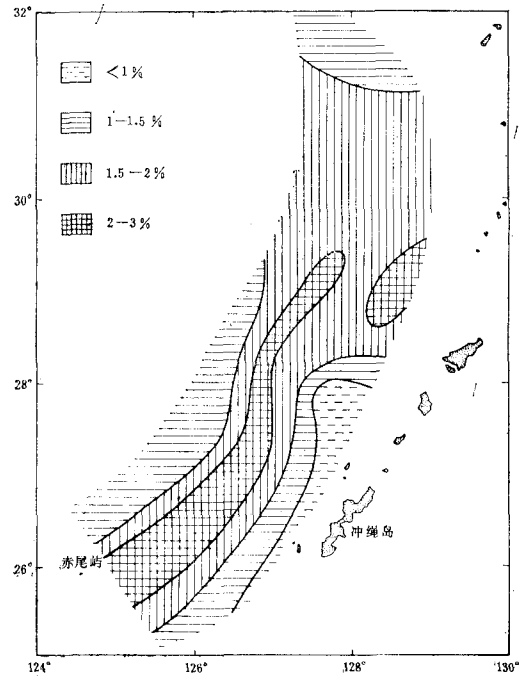


图 4 冲绳海槽 K 的区域分布

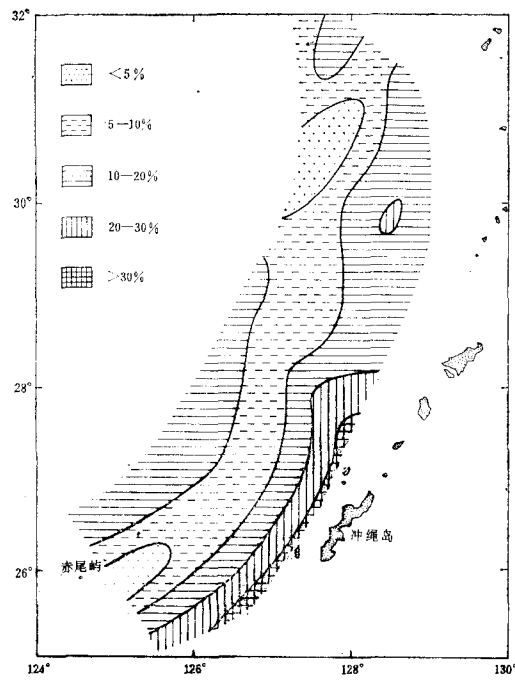


图 5 冲绳海槽 Ca 的区域分布

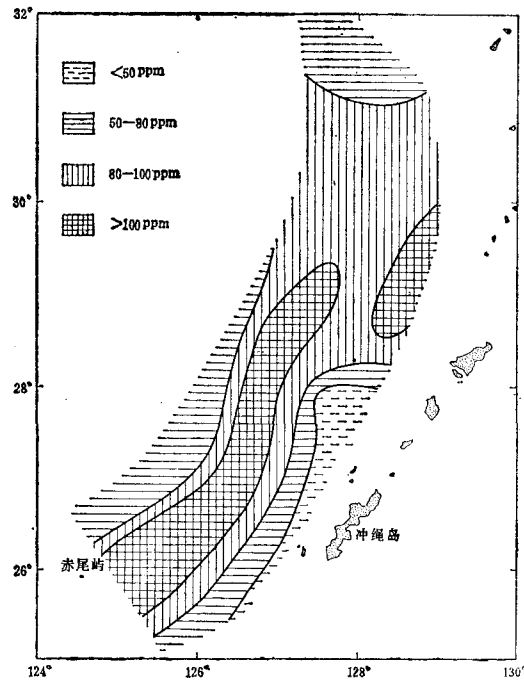


图 6 冲绳海槽 Rb 的区域分布

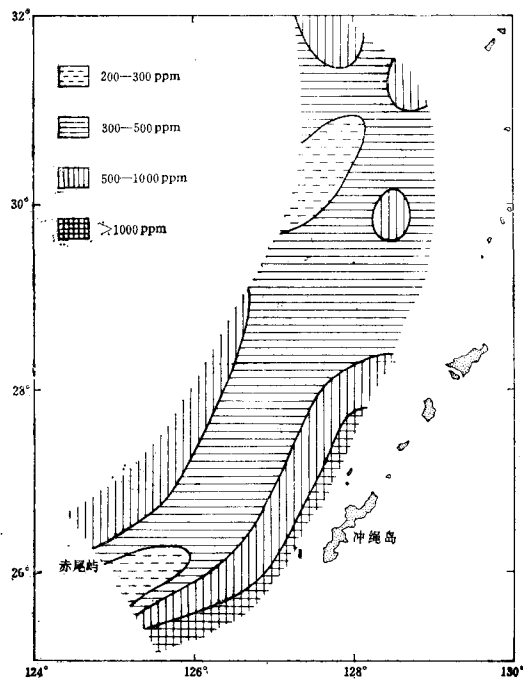


图 7 冲绳海槽 Sr 的区域分布

## 参 考 文 献

- [1] 陈毓蔚、赵一阳、刘菊英、邱健根, 1982。东海沉积物中  $^{226}\text{Ra}$  的分布特征及近岸区沉积速率的测定。海洋与湖沼 **13**(4): 380—387。
- [2] 赵一阳, 1983。中国海大陆架沉积物地球化学的若干模式。地质科学 **4**: 307—314。
- [3] 赵一阳、喻德科, 1983。黄海沉积物地球化学分析。海洋与湖沼 **14**(5): 432—446。
- [4] 赵一阳、车承惠、杨惠兰、贾凤梅, 1981。中国台湾浅滩海底沉积物中铁、锰、钛、磷元素的地球化学。地质学报 **55**(2): 118—126。
- [5] Goldberg, E. D. and G. O. S. Arrhenius, 1958. Chemistry of Pacific pelagic sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta* **13**(2/3): 153—212.
- [6] Krishnaswami, S., 1976. Authigenic transition elements in Pacific pelagic clays. *ibid.* **40**(4): 425—434.
- [7] Zhao Yiyang (赵一阳), 1983。Geochemistry of some elements in sediments of the East China Sea. *Chin. J. Ocean. Limn.* **1**(2): 210—222.

## BASIC CHARACTERISTICS OF GEOCHEMISTRY OF SEDIMENTS IN OKINAWA TROUGH\*

Zhao Yiyang, He Lijuan, Zhang Xiulian, Li Fengye, Jia Fengmei and Xia Qing  
(*Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao*)

### ABSTRACT

The marine geology of the Okinawa Trough has been extensively studied, whereas geochemical study of its sediments has been comparatively few. Its basic characteristics as revealed by our recent study can be summarized as follows:

1. Most chemical elements are enriched in the trough. Altogether 18 elements, i.e. Si, Al, K, Na, Ca, Fe, Mn, Ti, P, Cu, Co, Ni, Zn, Pb, Cr, Rb, Sr and  $\text{C}_{\text{org}}$ , have been found and analyzed. Statistical data show the average contents of the most elements are higher in the trough than in the west and the east slopes. This is because the trough is a better deep-water basin where, besides the finer terrigenous materials, the relatively more authigenic, biogenous and volcanic components are also supplied.

2. The element abundance of the trough is of the "transition" property between the continent and the ocean. We call the elements which exhibits obvious differences in abundance between the continent and the ocean indicator elements. The abundances of indicator elements in the trough are always a "moderate" one between the shelf of the East China Sea and the Pacific ocean. And that is in keeping with the "intermediate" geographical position of the trough where the continental crust turns to the oceanic crust.

3. In the trough, the authigenic fraction of some elements increases, but the detrital fraction of most elements is still dominant. Compared with that on the shelf of the East China Sea, the authigenic fraction of Mn, P and Si grows in the trough. The growth rate of Mn is the biggest among them. Mn authigenic index is 52% in the

\* Contribution No. 1022 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.



shelf, 64% in the trough and 76%, in particular, in the south part of the trough (water depth > 1000 m). However, the detrital fractions of a majority of elements are markedly greater than the authigenic fractions, indicating that, though chemical and bio-chemical processes increase in the trough, the influences of terrigenous and volcanic detrital materials on the trough sediments are of a dominant factor.

4. Biological sedimentation of elements grows to some extent in the trough. Biogenous component is more abundant in the trough sediments than in the shelf sediments and this is reflected by the increase of Ca, Sr and  $C_{org}$  contents. In order to find out state of existence of Ca in relation to marine organism, we have determined total Ca ( $\Sigma Ca$ ) and  $CaCO_3$ , respectively. The results show that Ca existing in the form of  $CaCO_3$ , namely  $Ca_i$ , is about 72—99% of  $\Sigma Ca$ , in other words, Ca is mainly in the form of  $CaCO_3$ . It is well known that various biological shells consist mostly of  $CaCO_3$ . A positive close correlation between Sr and Ca was found. Because Sr can easily replace Ca within shells, Sr is also accumulated in a variety of shells.

5. Regional distribution pattern of elements is belt-shaped in the south trough, and block-like in the north trough. The regional distribution maps of each element studied have been drawn. All the maps are similar in most respects, namely in the south the isopleths of content of elements parallel in belt form to the extension direction of the trough, but in the north the isopleths exhibit some "blocks". Such distribution pattern is directly controlled by water depth, topography, current, sediment type, mineral, biological and volcanic process.