科学通报
第41卷 第14期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年7月

冲绳海槽中部热水活动的新记录*

赵一阳 翟世奎 李永植 李凤业 高爱国 何丽娟
(中国科学院海洋研究所,青岛 266071)
王中刚 朱笑青
(中国科学院地球化学研究所,贵阳 550002)

关键词 热水活动 化学元素 冲绳海槽

1992年6月我们开展了东海冲绳海槽热水活动的调查,这是我国首次独自组织进行的热水活动调查[1],本文即这次调查研究的基本成果.

调查的热水活动区位于海槽中部(126°50′～127°30′E, 27°20′～27°50′N),为了对比还在海槽北部非热水区(128°20′～129°10′E, 30°30′～31°40′N)采集了沉积物样品,进行了元素和同位素分析,热水区分析20个表层样和2个柱样,非热水区分析8个表层样和2个柱样,分析方法详见文献[2]. 研究结果表明:

(1)与非热水区相比(表1),热水区沉积物明显富集Mn, Cu, Pb, Co, Ni, V, As, Cd, Mo, W, Sb, Bi和Hg等(富集以大于1.5倍计);如与东海大陆架相比热水区富集的元素更加明显,除富集上述元素外,还富集Zn, Au和Ag等.

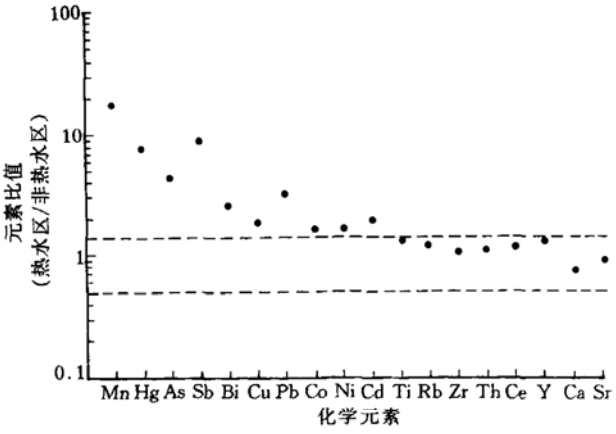


图1 热水区元素的富集状况

由图1显而易见,以陆源为主的元素Ti, Rb, Zr, Th, Ce, Y和亲生物的元素Ca, Sr等在热水区和非热水区变化不大,而Mn和亲硫性强的元素Hg, As, Sb, Bi, Cu, Pb, Co, Ni, Cd等含量显著增高,后者显然是由热水活动所贡献.

(2)作为弧后盆地的冲绳海槽热水活动所富集的元素组合与大陆"黑矿"型和洋中脊型比较,其特色是相对富Pb, As, Au和Ag等元素,这与弧后盆地的劳海盆有极其相似之处[3],足见弧后盆地型热水活动是大陆黑矿型和大洋中脊型之间的过渡类型(表2). 冲绳海槽的Ba偏低,其原因有待进一步探讨[2].

(3)元素的相关分析可知,热水区富集元素间的相关性明显大于非热水区,这与它们主要有共同的热水源有关. 以Mn与Cu, Zn, Pb, Co, Ni的相关为例,在非热水区为负相关,而在热

1995-08-28收稿,1996-01-15收修改稿
* 国家自然科学基金资助项目

表1 元素丰度比较[a)]

元素	东海			元素	东海		
	海槽		大陆架		海槽		大陆架
	热水区	非热水区			热水区	非热水区	
Fe	3.29	2.32	3.15	Zr	132	125	180
Mn	0.70	0.04	0.052	Nb	10	8	14
K	2.05	1.35	1.82	Th	9	8	10.7
Ca	6.01	8.10	4.15	Ce	62	53	63
Mg	2.51	1.81	1.07	Y	27	21	21
Ti	0.33	0.25	0.35	Nd	29	29	29
Rb	114	93	93	As	18.3	4.3	8.0
Sr	425	440	269	Cd	0.32	0.17	0.068
Ba	457	354	396	Mo	10.8	0.7	0.5
Cu	42	23	14	W	2.2	0.94	1.4
Pb	56	18	21	Sb	5.2	0.6	0.5
Zn	106	91	66	Bi	0.58	0.23	0.34
Co	19	12	12	Hg	491	63	25
Ni	52	33	25	Ag	100	–	60
V	118	75	71	Au	1.43	–	0.9
Cr	74	58	61				

a) Fe, Mn, K, Ca, Mg 和 Ti 的丰度以%表示, Hg, Ag, Au 以 $ng \cdot g^{-1}$ 表示, 余者以 $\mu g \cdot g^{-1}$ 表示. 东海大陆架元素丰度引自文献[2]

表2 冲绳海槽热水活动特征

	大陆黑矿型	弧后盆地型		大洋中脊型
		劳海盆	冲绳海槽	
地壳特征	陆壳	过渡壳	过渡壳	洋壳
火成岩特征	英安岩 流纹岩	英安岩 玄武岩	英安岩 玄武岩	玄武岩
元素组合特征	Ba, Ca, Cu Zn, Pb, Au	Ba, Cu, Zn Pb, Au, As	Cu, Zn, Pb Au, As, Ag	Fe, Cu, Zn

水区却呈正相关(图2);再如非热水区 Cu 与 Pb 的相关系数 $r(Cu-Pb)=0.44$ 及 $r(Zn-Co)=0.03$, 而热水区 $r(Cu-Pb)=0.68$ 及 $r(Zn-Co)=0.74$, 等等.

(4)从沉积物柱样中元素的垂直分布看, 热水区截然分成两段, 凡与热水活动有关的元素均在大约深 60 cm 的层位开始发生突变(增高), 而非热水区无此突变(图3), 这意味着热水区早在当时曾发生过热水事件. 沉积速率以 5 cm/ka 计[4], 大约发生于 12 ka 前, 该年代恰是海槽强烈的火山活动期[4], 可能有热水事件相伴生.

(5)沉积物中元素的各种赋存形态测定表明, 热水区富集元素的硅酸盐碎屑态减少, 而非硅酸盐碎屑态(包括可交换态-碳酸盐态、铁锰氧化物态、硫化物-有机物态)所占的比例普遍增大, 其中 Cu 表现得最为明显, 如图4所示.

(6)已知冲绳海槽热水具有较高的$^{87}Sr/^{86}Sr$值(0.708 9～0.710 0)[5],既高于海槽的火山岩(0.704 3～0.704 9)[6],也高于海水(0.709 0),我们测得热水区沉积物该值高达0.708 9～0.716 7,由此可见热水区该值之所以高是热水与沉积物互相作用,发生同位素交换所致,它足以是热水与沉积物相互作用的证据.

(7)依据^{210}Pb研究了热水区沉积物的混合作用强于非热水区,基于柱样中^{210}Pb的垂直分布剖面,计算得热水区的混合系数为6.88 cm^2/a,混合层深度达13 cm,而非热水区混合系数为1.53 cm^2/a,混合层深度为9 cm. 这里须指出的是,日本学者利用^{210}Pb曾报道热水区的沉积速率为100～200 cm/ka[7],但由于^{210}Pb的半衰期短,仅为22.3 a,所以^{210}Pb法只能计算100多年来的沉积速率,而不能计算1 ka以来的沉积速率;再者尽管海槽的沉积速率有时空变化,但依据^{226}Ra, ^{14}C和^{230}Th诸法的综合分析,海槽现代沉积速率应是以千年数厘米计,这个数量级的速率是不能用^{210}Pb计算的. 柱样中的^{210}Pb随深度的降低,并非衰变所致,而是沉积物混合作用的结果.

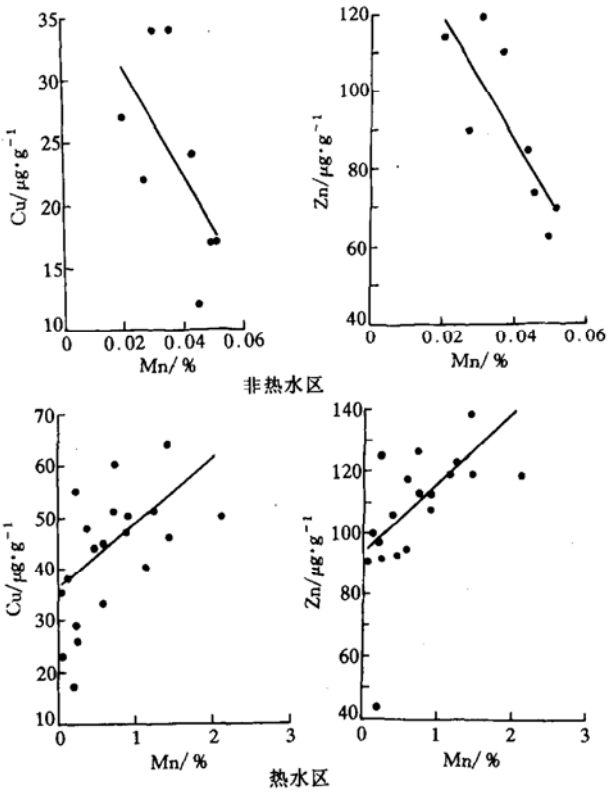


图 2　热水区与非热水区元素的相关图

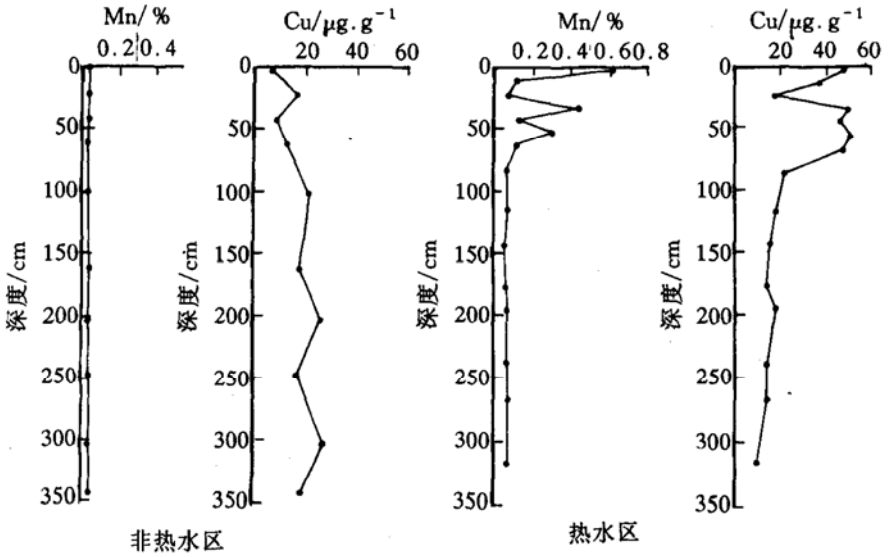


图 3　热水区与非热水区元素的垂直分布

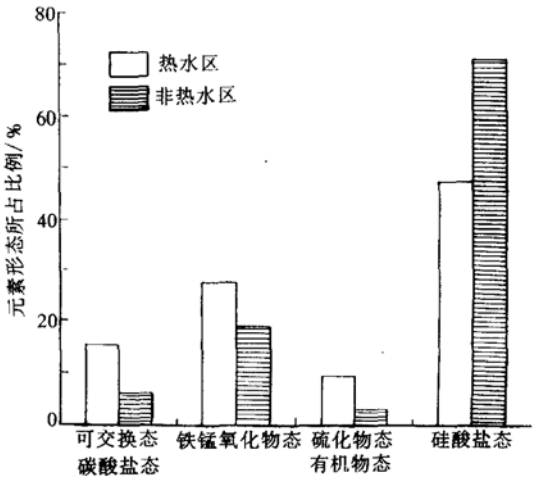


图4 热水区与非热水区Cu的赋存形态变化

(8)调查中曾在已知的热水区外两处采集到热水生物伴溢蛤(*Calyptogena* sp.)的壳体,站位分别为128°6′10″E,28°48′49″N和129°4′58″E,30°19′49″N,这预示海槽可能有新的热水活动区发现.

致谢 感谢秦蕴珊教授对组织这次调查给予了大力支持,地质室许多同志在调查中付出了辛勤劳动,作者特表谢意.

参 考 文 献

1 赵一阳.现代海底热水活动调查研究在中国.海洋科学,1995,(4):53~55

2 赵一阳,鄢明才.中国浅海沉积物地球化学.北京:科学出版社,1994.1~203

3 Fouquet Y, Von Stackelberg U, Charlou J L *et al*. Hydrothermal activity and metallogenesis in the Lau back-arc basin. Nature, 1991, 349: 778~781

4 秦蕴珊,赵一阳,陈丽蓉等主编.东海地质.北京:科学出版社,1987.1~290

5 Chiba H, Nakashima K, Gamo T *et al*. Hydrothermal activity at the Minami-Ensei Knoll, Okinawa Trough: chemical characteristics of hydrothermal solutions. Proc JAMSTEC Symp Deep Sea Res, 1993, 271~282

6 Honma H, Kusakabe M, Kagami H *et al*. Major and trace element chemistry and D/H, $^{18}O/^{16}O$, $^{87}Sr/^{86}Sr$ and $^{143}Nd/^{144}Nd$ ratios of rocks from the spreading center of the Okinawa Trough, a marginal back-arc basin. Geochemical Journal, 1991, 25: 121~126

7 Tsugaru R, Tamaki Y, Sako M *et al*. Report on DELP 1988 cruises in the Okinawa Trough, Part 4. preliminary report on the sediment samples. Bulletin of the Earthquake research Institute, University of Tokyo, 1991, 66: 71~89