

冲绳海槽现代海底热液活动研究概况*

STATUS OF THE STUDIES ON THE HYDROTHERMAL ACTIVITY IN THE OKINAWA TROUGH

蒋富清

(中国科学院海洋研究所 青岛 266071)

* 1948 年, 瑞典“信天翁号”调查船在红海发现高温高盐溶液和多金属软泥, 至此揭开了海底热液活动研究的序幕。随着全球范围内大洋调查活动的展开, 先后在大洋中脊、断裂活动带、岛弧和弧后扩张盆地发现了众多的海底热液活动区以及颇具经济远景的

海底热液多金属矿产资源, 从而使海底热液活动的调

* 国家自然科学基金资助项目 49625609 号;
中国科学院海洋研究所调查研究报告第 3515 号。
收稿日期: 1997-09-10

查与研究成为地区中热点领域。冲绳海槽作为一个年轻的弧后扩张盆地,是环太平洋火山、地震带的一个重要组成环节,构造活动和火山作用频繁。其特殊的地理位置、地质现象引起了各国学者的注意,并从1984年开始在冲绳海槽(主要是中部)发现了多处热液活动区。该地区热液沉积物异常丰富,由于其中富含 Zn, Pb, Cu, Au, Ag, Hg 等多种金属元素,其潜在的经济价值及学科意义引起了世人的广泛关注。

1 研究简史

据 K i m u r a 等 1986 年报道, 1984 年, 日本“岩石圈计划”调查队在冲绳海槽中部伊平屋海洼测得异常高的地热流, 最高可达 1 600 m W /m², 并采到了作为洋壳特征的玄武岩, 从而推断该处可能存在热液活动。此后, 冲绳海槽现代海底热液活动的研究开始发展起来。

据 k i m u r a 等 1998 年报道, 1986 年 7 月, 在伊平屋海洼夏岛 84-1 海丘顶部发现有温度达 42 ℃ 的热液喷出, 还发现高 5~ 6 m, 宽 15~ 25 m 的热液性小墩。1987 年, 日本将伊是名海洼作为可能有热液矿床的区域列入日-德联合调查计划中, 据 Halbach 等 1989 年报道, 1988 年 6 月在此发现了海底热液块状硫化物矿床。

1988 年“深海 2000”第 366 航次, 中村等在冲绳海槽伊平屋海洼北坡发现活动的热液底栖生物群和复式热液性土丘, 田中等 1989 年在伊平屋海洼蛤区首次发现热液碳酸盐烟囱-丘状物。同年门马等, 又在

南奄西海丘发现海底热液活动的征兆。

据中村等 1990 年报道, 1989 年 6 月, “深海 2000”在伊平屋 A 海域发现并采集到了高密度的热液生物群; 6~ 7 月, 在伊是名海洼发现了黑烟囱和喷出富含 CO₂ 的液泡, 测得热液流速为 1 m/s, 1990 年田中等测得黑烟囱温度为 320 ℃; 同年 7 月, 桥本等又在南奄西海丘发现有热液涌出(温度为 15 ℃), 并且发现了热液生物群落。

1992 年 6 月, 中国科学院海洋研究所首次独自组队前往冲绳海槽, 进行了热液沉积物地球化学的调查研究, 查明了热液活动区沉积物元素的基本组成特征^[4]。

2 研究概况

经过十几年的调查研究, 冲绳海槽现代海底热液活动研究在热液活动区的分布、地质背景、矿物学和地球化学等方面已经取得了一些重要的研究成果, 以下分别予以简要概述。

2.1 热液活动区的分布

目前所确认的热液活动区大多集中在冲绳海槽中部(表 1), 此外, 1986 年桂忠等在海槽南部的八重山海丘也发现了闪光水和热液生物群落, 说明有热液喷出的可能; 1991 年根建等在海槽北部鹿儿岛湾的若御子破火山口也发现热液和气体喷出, 在喷口周围可见热液成因的硫化物、碳酸盐; 另外海槽南部的竹富岛冲也发现了热液活动的迹象。

表 1 冲绳海槽热液活动区概况

活动区	夏岛 84-1 海丘	蛤区	伊是名海洼	南奄西海丘	德之岛西海山	若御子破火山口	八重山海丘
经度(E)	127°08. 6′	126°58′	127°05′	127°38. 5′	127°39. 3′	130°46′	124°24′
纬度(N)	27°34. 4′	27°33′	27°16′	28°23. 5′	27°52′	31°40′	25°16′
水深(m)	1 540	1 400	1 330	700	573	200	2 050
发现时间(年. 月)	1986. 7	1988. 9	1988. 6	1991. 6	/	/	1986
最高水温(℃)	42	220	320	278	/	100~ 200	/
当地沸点(℃)	350	340	330	285	/	/	/
岩石	安山岩-玄武岩	英安岩-玄武岩	流纹岩-英安岩	英安岩	/	/	二辉安山岩
主要热液沉积物类型	铁锰氧化物与氢氧化物、硅酸盐	碳酸盐	硫化物、硫酸盐	硫化物、硫酸盐	铁锰氧化物	硫化物、碳酸盐	/

2.2 地质背景的研究

冲绳海槽位于太平洋西北部, 中国东海岸与琉球岛弧之间。Halbach 等 1993 年认为它是一个构造上活

动的弧后盆地, 由菲律宾板块的俯冲作用形成^[1]。

冲绳海槽构造活动非常强烈, 李乃胜 1988 年认为断裂活动从中新世开始, 在经历了基底断裂和浅层断

裂后,已经发展成为现代活动断层。海槽内主要发育 NNE 向和 NW 向两组交互断裂构造,它们在海槽轴部形成了一系列雁列式地堑。这些断裂构造为热液的运移和喷发提供了通道。冲绳海槽的几个主要热液活动区都位于海槽中段地质构造活动最为剧烈的地方,热液喷口大多处在断裂部位。

冲绳海槽的岩浆活动以中酸性岩浆为主,基性玄武岩仅有局布性的分布。翟世奎等 1994 年指出,岩浆活动有自酸性向基性演化的趋势^[2]。1996 年赵一阳等研究了海槽热液活动区玄武岩的矿物学及地球化学特征,认为与大洋中脊玄武岩相比,它们明显具有 E 型洋机脊玄武岩的特点,这是海底扩张的有力证据,说明初始岩浆可能来自由于海槽扩张而隆起的地幔^[4]。

对冲绳海槽海底热流的调查始于本世纪 60 年代。该地区的热流值异常高,1995 年李乃胜等对海槽内热流的分布特征,海底热流与地质构造的关系作了较全面、系统的研究^[3]。刘昭蜀等 1984 年认为,异常高的热流值正是各种地质因素的综合体现。

2.3 热液沉积物的矿物学研究

1989 年九茂、中村,1991 年井泽等一些学者研究了冲绳海槽现代海底热液沉积物,初步确定了各热液活动区热液沉积物的组成与分布。1993 年 Halbach 等对冲绳海槽中部热液沉积物的矿物学及成矿地质特征进行了研究,认为它是古代黑矿的现代类似物,但成矿作用仍旧处于初期阶段。

冲绳海槽中部沉积物的种类较多, Halbach 等 1989, 1993 年以及高爱国的研究^[5]表明,与热液活动有关的矿物有硫化物、硫酸盐、碳酸盐、氧化物和氢氧化物、硅酸盐和自然元素等 6 大类 40 多种不同的热液活动区,沉积物的类型及产出状态不同,以下分别对几个主要的热液活动区的工作成果作简要介绍:

夏岛 84-1 海丘热液沉积物主要为铁锰氧化物、氢氧化物及硅酸盐,主要矿物为赤铁矿、钠水锰矿、铁蒙脱石等。

伊平屋海洼蛤区热液沉积物以富含碳酸盐为特色,主要矿物为锰方解石、菱锰矿和非晶质 SiO_2 。按主要矿物组成及产出状态可以分为碳酸盐烟囱、皮壳状碳酸盐沉积物、皮壳状铁锰氧化物、硫酸盐烟囱 4 种类型。

伊是名海洼热液沉积物以富含硫化物为特征,主要矿物为闪锌矿、方铅矿、黄铁矿、黄铜矿等。沉积物的产出状态主要为热液性小墩(又可分为块状、碎屑状矿石)、热液性烟囱(可分为硫化物烟囱、富硫酸盐

烟囱和富硅质烟囱)、网脉状矿石(充填于流纹岩裂隙中的热液硫化物微脉)、含硫化物的海底沉积物(热液活动以硫化物形式产于沉积物中)。

南奄西海丘热液沉积物与伊是名海洼的相类似,但热液沉积物中的 SiO_2 明显多于伊是名海洼,而成矿元素含量则低于伊是名海洼。热液沉积物按成分及结构可以分为富硅热液沉积物、富硫酸盐热液沉积物、块状富硫化物热液沉积物、碎屑状富硫化物热液沉积物。

2.4 热液沉积物的地球化学研究

冲绳海槽热液沉积物的地球化学研究目前主要集中在热液沉积物化学成分的分析、测试方面。1996 年赵一阳等研究认为,冲绳海槽热液活动区热液沉积物与非热液区相比明显富集 Mn, Zn, Pb, Cu, Au, Ag, Hg 等多种金属元素^[4];与大洋中脊相比则相对富集 Pb, As, Au, Ag 等元素,而贫 Fe 和 Cu。

1995 年李乃胜等人的研究表明,海槽内不同的热液活动区元素的组合特征不同。夏岛 84-1 海丘热液沉积物中以富含 Fe, Mn 和 SiO_2 为特征,蛤区以富含 Mn, Ca 和 SiO_2 为特色,而伊是名海洼富含 Zn 和 Pb, 南奄西海丘则富含 SiO_2 , Zn, Pb 等。其中 Au, Ag, Hg 等元素的含量以伊是名海洼的热液沉积物中最为富集^[3]。1994 年赵一阳等研究认为,热液沉积物中的汞异常可以作为现代海底热液效应的“指示剂”^[11]。

同位素研究目前已运用于海底热液沉积物成矿年龄的测定、成矿物质来源及成矿温度的研究,但冲绳海槽热液沉积物的同位素研究工作尚未全面展开。现有的工作结果表明,伊是名热液区黄铁矿中的 S ($\delta_{34\text{S}} = 4.3\text{‰} \sim 10.7\text{‰}$) 来源于地幔,而重晶石中的 S ($\delta_{34\text{S}} = 21.9\text{‰} \sim 23.6\text{‰}$) 起源于海水,属于正常的海水沉积。伊平屋碳酸盐的碳、氧同位素测定结果($\delta_{13\text{C}} = -6.6\text{‰} \sim -4.6\text{‰}$ PDB, $\delta_{18\text{O}} = 8.7\text{‰} \sim 10.9\text{‰}$ SNOW) 表明碳酸盐岩为幔源成因。1996 年李凤业等依据放射性同位素 ^{210}Pb 研究了热液区沉积物混合速率,结果表明热液区的海水-海底界面沉积物的混合作用强度高于非热液活动区^[6]。

3 几点认识

3.1 冲绳海槽作为一个正在扩张的弧后盆地,具有活断层、多火山、强地震、高热流等一系列现代构造活动特征,产生这些构造活动的最根本的原因是什么? 这些构造活动之间以及它们与热液活动之间存在怎样的必然联系? 冲绳海槽内火山岩的成分复杂多

变,不同成分的火山物质是来源于俯冲板块的重熔、深部地幔,还是二者兼而有之?它们对本海区的海底热液沉积物的组成有何影响?这些都有待于进一步的研究。

3.2 冲绳海槽是目前十分活跃的海底热液活动区,富金属的热液沉积物正在不断的沉淀堆积,因此可以说类似于伊是名这样的热液活动区是研究热液活动的天然实验室。它为深入研究海底热液流体的来源、流体的运移方式、流体中的各种元素的地球化学行为、海底热液矿床的形成过程、成矿机制、成矿后的各种地质作用创造了有利条件,对建立和完善成矿模式、丰富热液成矿理论以及指导海上和陆上相应矿床的勘探将提供理论依据,同时为可供对比的全球性海底热液活动体系积累资料。

3.3 冲绳海槽中部的几个主要的热液活动区在矿物组成和化学组成上存在着很大的差别,产生这种差别的原因目前还不清楚,对于热液沉积物的矿物共生组合和成矿阶段尚未得出规律性的结论,对某些有用金属元素的赋存状态及富集成矿过程与规律我们还知之甚少。究其原因,主要是由于缺乏系统采样和深入研究。同样的原因使本区热液沉积物地球化学方面的研究工作还缺乏系统性和全面性,因此对热液的成因及来源等本质问题还没有统一的认识。

3.4 目前,很多学者将冲绳海槽的热液沉积物与日本黑矿作对比研究,认为前者是后者的现代类似物,但二者之间是否存在继承性还有待于进一步的研究,而且这种对比在区域上是很局限的,很难说具有普遍意义。冲绳海槽热液沉积物的元素组和特征与洋中脊的相比较存在很大差别,这是由于成矿环境的不同?还是沉积物源不同?抑或是成矿机理的差别?目前还不清楚。

3.5 将冲绳海槽的热液矿床与陆地类似矿床进行横向对比,这是今后一个重要的研究方向。然而,陆

地上沉积成因的金属硫化物矿床的成矿作用上与现代海底正在进行的热液成矿作用之间究竟存在怎样的联系?如何将现代海底热液活动及其成矿作用的研究成果用于陆上矿床的勘查与开采?以上种种问题有待于今后系统的调查与深入的研究。

4 结语

冲绳海槽海底热液活动的研究要想取得理论上的突破,首要的是解决现场观测和采样这两大问题。同时要结合其他海底热液活动区的热液矿床和陆地类似热液矿床的研究成果,进行纵向和横向对比。然而囿于目前研究设备和样品来源,国内的研究工作还亟待深入。现有的研究工作往往是从一点着手,虽然能说明一些问题,但很难从全局去把握事物的本来面目。目前,一些国家已将深潜器等高科技产品运用于海底现场的观测和取样,而我们还不能做到这一点。因此,当务之急是尽快发展研制我们海上调查采样设备。唯有如此,我们的研究工作才能产生质的飞跃。

参考文献

- 1 赵一阳、鄢明才。地球化学,1994,23(2):132~139
- 2 翟世奎、陈丽蓉、申顺喜等。海洋学报,1994,16(3):63~73
- 3 李乃胜主编。冲绳海槽地热。青岛:青岛出版社,1995。95~135
- 4 赵一阳、翟世奎等。科学通报,1996,41(14):1307~1310
- 5 高爱国。海洋科学,1996,3:25~30
- 6 李凤业、谭长伟。海洋科学,1996,6:54~57
- 7 Halbach, P., Pracejus, B. et al. . Econ. Geol., 1993, 88: 2210~2225