

苍树溪
阎 军



西太平洋特定海域 古海洋学

青岛海洋大学出版社

西太平洋特定海域古海洋学

(国家自然科学基金¹助项目²)

苍树溪 阎 

青岛海洋大学出版社

鲁新登字 15 号

责任编辑 万青

封面设计 杨宁

西太平洋特定海域古海洋学

苍树溪 阎 军

*

青岛海洋大学出版社出版发行

青岛市鱼山路 5 号

邮政编码:266003

新华书店经销

青岛海洋大学出版社文字处理中心排版

青岛新华印刷厂印刷

*

1992 年 8 月 1 版 1992 年 8 月 1 次印刷

32 开(850×1168 毫米) 5.875 印张 147 千字

印数 1—1000

ISBN 7-81026-196-7/P. 6

定价 平装:4.90 元

精装:8.50 元

前 言

古海洋学是一门新兴的边缘学科,在我国是一个新的研究领域。在国家自然科学基金委员会地学部的热情鼓励和大力支持下,我们开展了西太平洋特定海域的古海洋学研究。在工作中,我们得到了中国科学院海洋研究所许多同事的帮助;我们还得到了中国科学院兰州生物气体地球化学开放实验室提供的部分资助;北京大学地质系李淑鸾教授、英国剑桥大学 N. J. Shackleton、美国拉蒙特地质调查所 P. Thompson 和南卡大学地质系 R. Thunell、D. Williams 给予了热情的帮助。本书是该课题研究的系统总结,李铁钢承担了课题研究的许多工作,做出了积极的贡献;薛胜吉对原稿作了加工、誊清,袁巍清绘了部分图件。

本书的出版是课题组成员共同努力的结果,也是我们在该领域进行基础性研究的初步探讨,因此,我们期望得到国内外专家批评指正,以期推动我国古海洋学研究的发展。

1991. 9. 2

目 录

前言	(1)
绪论	(1)
第 1 章 地质及水文气象特征	(5)
1.1 区域地质概况	(5)
1.2 水文气象特征	(7)
第 2 章 氧同位素地层	(11)
2.1 研究史	(12)
2.2 基本原理及分析样品	(14)
2.3 标准孔及氧同位素地层划分	(18)
2.4 冲绳海槽氧同位素地层	(21)
2.5 苏禄海氧同位素地层	(32)
第 3 章 碳同位素地层	(37)
3.1 碳同位素分析原理及应用	(37)
3.2 生物圈中的植物作用及演化	(40)
3.3 碳同位素循环机制与古气候	(51)
第 4 章 元素地层	(55)
4.1 元素在地层中的分布	(55)
4.2 元素的地层学意义	(61)
4.3 地层中元素分布的古海洋学意义	(65)
第 5 章 生物地层	(67)
5.1 生物地层的研究对象及手段	(67)
5.2 浮游有孔虫壳体的旋向变化及地层意义	(70)
5.3 特殊浮游有孔虫的灭绝的研究	(71)

第 6 章 碳酸钙旋回	(74)
6.1 大洋盆地碳酸钙旋回研究.....	(74)
6.2 西太平洋边缘海区碳酸钙旋回.....	(75)
6.3 碳酸钙旋回的古海洋学意义.....	(90)
第 7 章 微体化石群.....	(101)
7.1 微体化石在海底表层的分布	(101)
7.2 微体化石在地层剖面中的分布	(111)
7.3 古海水温度变化	(139)
7.4 古海洋学演变	(158)
7.5 古海洋学事件	(167)
参考文献.....	(172)

CONTENTS

INTRODUCTION	(1)
1. THE CHARACTERISTICS OF GEOLOGY AND	
HYDROMETEOROLOGY	(5)
1. 1 General outline of area studied	(5)
1. 2 Characteristic of hydrometeorology	(7)
2. OXYGEN ISOTOPIC STRATIGRAPHY	(11)
2. 1 Research history	(12)
2. 2 Basic theory and sampling analysis	(14)
2. 3 Standard cores and division of oxygen isotopic stratigraphy	(18)
2. 4 Oxygen isotopic stratigraphy of Okinawa Trough ...	(21)
2. 5 Oxygen isotopic stratigraphy of Sulu Sea	(32)
3. CARBON ISOTOPIC STRATIGRAPHY	(37)
3. 1 The theory and applications of carbon isotopic analysis	(37)
3. 2 Plant effect and evolution in biosphere	(40)
3. 3 Cycle mechanism of carbon isotope and paleoclimate	(51)
4. ELEMENTARY STRATIGRAPHY	(55)
4. 1 Elementary distribution in stratigraphy	(55)
4. 2 Elementary significance of stratigraphy	(61)
4. 3 The significance of elementary distribution in stratigraphy on paleoceanography	(65)
5. BIO—STRATIGRAPHY	(67)
5. 1 Research object and methods	(67)
5. 2 The variation of coiling direction of Foraminiferal shell and their stratigraphic significance.	(70)

5. 3	The extinction of special species of planktonic foraminifera	(71)
6.	CARBONATE CYCLE	(74)
6. 1	Carbonate cycle in ocean basins.	(74)
6. 2	Carbonate Cycle in marginal seas of West Pacific Ocean	(75)
6. 3	Paleoceanographic significance of carbonate cycle	(90)
7.	MICROPALEONTOLOGY	(101)
7. 1	The micro—fossil distribution on surface sediments	(101)
7. 2	The micro—fossil distribution in stratigraphy	(111)
7. 3	The temperature changes of paleo—seawater	(139)
7. 4	The evolution of paleoceanography	(158)
7. 5	The Paleoceanographical events	(167)
	REFERENCES	(172)

绪 论

古海洋学是随着人类对海洋的认识及科学技术的发展而兴起的新学科。它的研究内容包括物理海洋、海洋化学、海洋地质、海洋古生物等学科,是多学科、综合性的边缘学科。在古海洋学研究中,海洋地质有着特殊的地位。由于海洋乃至全球的演化信息都完好的记录在不同环境条件的沉积物中,如果说这是一本有待翻开的书,那这本书就是“古海洋学”。

1. 正在崛起的边缘学科

古海洋学按其研究对象可分为狭义古海洋学和广义古海洋学。狭义古海洋学是以海底沉积物为主要信息来源研究近代地质历史时期的水圈、大气圈及生物圈相互作用和演化。广义古海洋学研究地质历史时期的大洋构造、运动、洋盆演化等。一般所说的古海洋学均指狭义古海洋学而言。

俄国地质学者 Apxahrenbcknn 早在 1912 年就提出“古海洋学”一词,但他的古海洋学含义与现今所说的古海洋学是不一样的。古海洋学的兴起与稳定同位素理论的建立与完善密切相联。本世纪 40 年代末期 Urey (1947) 提出海洋碳酸盐中氧同位素组成的相对变化,部分地取决于沉淀碳酸盐时的海水温度,并提出可根据这一关系来恢复地质时期的海水温度变化,这一理论后来被不断改进与完善。1955 年美国地质学者 Emiliani 首次把 Urey (1947) 的理论付之于实际,利用浮游有孔虫壳体的氧同位素组成换算成更新世古温度值,这一方法被广泛引用。这一时期可称作“同位素古海洋学”时期。

古海洋学真正作为海洋地质学的边缘学科始于70年代。古海洋学的兴起、建立与发展都与地学上实验技术与理论方法的重大突破密切相关。1968年开始实施的深海钻探计划(DSDP)为海洋地质学家提供了大量样品,才使古海洋学者有了施展其才华之地。1978年开始使用的液压活塞取样器(HPC),可在5000m水下取得无扰动、长达200—300m的连续沉积物,使古海洋学研究精度进一步提高,可以说DSDP为古海洋学研究提供了物质保证。其次,质谱技术的重大改进推动了氧同位素地层学的发展。随着质谱仪微量进样系统的发展使样品用量由原来的数十毫克减少为数十微克,大大提高了测试精度,解决了地层中有孔虫量少达不到分析所需最低量这一关键问题。还有,古地磁技术的改进,70年代中期的古地磁测定方法精度只能达到 10^{-6} — 10^{-7} e. m. u,而超导磁力仪可达 10^{-8} — 10^{-9} e. m. u量级。超导磁力仪的出现使被测样品的范围极大扩展,即由沉积物物理性质所形成的古地磁测量盲区大为减少。最后,转换函数(Transfer function)使古海洋学研究达到一个新的高度,这是海洋地质学研究领域的重大突破,定量化是古海洋学研究特点之一。Imbrie和Kipp(1971)的转换函数方法,首次使沉积物中生物化石(主要是微体化石)的丰度与上覆水体的水文状况(如温度、盐度等)直接对应,并算出这些指标。目前这一方法已被广泛应用到各门类微体化石中,最常用的有有孔虫、放射虫、硅藻和颗石藻等。

古海洋学研究代表着当代地质科学发展的最新方向之一,我国在这一新领域的研究刚刚起步,80年代初期才有这方面的介绍及综述性文章,如任美镔教授撰写的“古海洋学的回顾与前瞻”(1983,1984,1985),许靖华的“古海洋学的历史与趋向”(1984)等。1986年以后,有关研究论文无论在数量上,还是在研究范围上都在显著提高,同济大学海洋地质系编写了《古海洋学概论》(1989),何起祥撰写了“古海洋学的历史与研究现状”(1988)等。这表明我

国海洋地质学者正积极走向这一新生边缘学科的前沿。

2 西太平洋特定海域的研究

西太平洋边缘海的冲绳海槽区以其独特的地理位置,引起许多地质学者的注目,尤其是海洋沉积学者更为重视。在早期工作中,Niino 等(1961)的工作占有重要地位,研究工作较为系统,部分工作已达冲绳海槽的西坡。

秦蕴珊(1963)在早期东海沉积模式研究中,把海槽区划为软泥沉积区,指出该区沉积物与东海其他海域沉积物有着本质区别。80年代以来,对东海及冲绳海槽沉积物的沉积作用的研究更为广泛。睦良仁(1981)认为生物沉积在冲绳海槽沉积物中占重要部分,据统计,生物含量一般均在15%以上,最高可达72%左右。郑铁民(1989)也得出了相同的结论,认为粗粒沉积物中,生物碎屑含量常大于30%,最高可达90%以上。许多学者的研究表明,冲绳海槽除正常的半深海沉积外,还存在大量的浊流沉积。浊积物的物质主要来源于低海面时的黄河长江,其年代基本上与大陆上冰期相符。火山沉积物在冲绳海槽尤为重要,也是与东海陆架区的主要区分标志之一。陈丽蓉等(1982)把冲绳海槽矿物区分为槽东坡、槽底、槽西坡三个矿物亚区,根据三个矿物亚区特征矿物含量变化,认为冲绳海槽以西的物质没有越过海槽,而海槽以东的物质也没有进入海槽以西地区,而在海槽西坡区形成混合带。

赵一阳等(1984)对冲绳海槽沉积物元素地球化学特征进行了研究,特征元素的丰度变化表明,海槽元素丰度介于东海大陆架沉积物与太平洋沉积物之间,具过渡性质。吴明清等(1988)的研究表明,海槽沉积物主要化学成分为 SiO_2 、 CaCO_3 , CaCO_3 含量由西向东逐渐增加,反映出生物沉积作用的变化,这与沉积物中有孔虫、介形虫的分析结果相一致。

王开发等人(1981)通过对东海大陆架6个岩芯的孢粉、藻类

分析,把晚更新世以来地层划分为三个带,指示出气候由于冷温——温凉——冷干的气候变化,为该区古气候的演变提供了依据。陈文斌(1986)对冲绳海槽柱状样中放射虫的研究表明,该区放射虫均属热带——亚热带暖水种,利用放射虫组合计算出放射虫温度“Tr”。

施光春等(1984)首次对冲绳海槽进行了氧同位素地层学研究,苍树溪等(1988)首次在该区地层中发现了 *Globigerinoides ruber* (pink)绝灭事件,为地层的划分提供了可靠的依据。阎军(1989)对海槽沉积物中 CaCO_3 含量变化研究表明,该区 CaCO_3 沉积模式与太平洋 CaCO_3 沉积模式与太平洋 CaCO_3 旋回相反,而与大西洋的 CaCO_3 旋回一致。

西太平洋边缘海区是海洋环流结构极为复杂的地区,该环流系统现今仍控制着该区海洋水文、海洋气候的变化,并对西太平洋沿岸大陆气候产生深刻的影响。因此,研究该区的古海洋学事件对于研究其边缘大陆古气候意义重大。我们以冲绳海槽为主要研究区,结合其南部边缘海区,对该区 150Ka 以来的古海洋学、古气候学事件进行综合对比,对其古海洋学演变模式进行了有针对性的研究,为以后对西太平洋边缘海进行更细致的研究提供基本素材。

第 1 章 地质及水文气象特征

1.1 区域地质概况

我们研究的区域是位于西太平洋中部的冲绳海槽和边缘海——南中国海和苏禄海。

冲绳海槽以琉球群岛为其东界,西部以东海大陆坡折处为界,南起中国台湾岛北部,北至日本西南岸外,其轴线北北东——南南西方向延伸,呈微向太平洋突起的弓字型分布。海槽南北长约 1200km,东西宽约 100—150km,总面积约为 $14 \times 10^4 \text{km}^2$ 。在构造上隶属琉球弧沟盆系的一部分,属于仍在扩张的年青弧后盆地,槽内断裂构造错综复杂,沉积作用多种多样。其地形变化十分明显,海槽主体水深大于 1000m,在横向上分为东西两坡,且坡度较陡,两坡之间为平坦槽底。纵向上由海山、海丘、沟谷、凹地等复杂地形把海槽隔为三段。南段水深大于 2050m,中段水深介于 1500—1850m 之间,北段水深小于 1350m,水深由南至北逐渐变浅,最深处可达 2700m。

冲绳海槽地形、地貌的特征以及所处的地理位置决定了其沉积作用的多样性,也可以说是研究各种沉积作用的良好场所。按其沉积作用机理可分为四种沉积物类型:

1. 陆源碎屑沉积 物质主要来源于东海大陆架的细粒物质及部分悬浮体的沉积。总体上讲,由于离大陆较近,冲绳海槽沉积物组成上仍以陆源物质为主。在粒度组成上,陆源碎屑集中分布区的沉积物粒度较粗,主要集中分布在海槽西坡及海槽南部深水区。

2. 生物碎屑沉积 与东海、黄海等海区明显不同之处在于海

槽区生物碎屑沉积占相当比重,但所占比例又少于大洋,具过渡性质。生物碎屑主要是各种有孔虫壳体(浮游有孔虫壳体居多),另外尚有翼足类碎片、放射虫、硅藻、颗石藻等生物碎屑沉积物,主要分布在海槽中部及槽底,分布方向与槽轴相同,且随着远离大陆,生物碎屑比重增加,构成有孔虫质粉砂、有孔虫软泥。

3. 火山沉积作用 主要为灰白、浅灰色火山玻璃,柱样中有层状浮岩,个别火山玻璃成层分布,个别含量高达 80%。火山碎屑沉积主要分布在海槽的北部,中部与南部仅有零星分布,这说明北部火山活动要强于南部。

4. 浊流沉积 在岩芯中呈层状分布,多见纹层状层理,有时无任何层理,但含有极浅海海生生物壳体。浊积物多分布在南部槽底及海槽西坡。

从沉积特征来讲,冲绳海槽既不同于大洋沉积,陆源物质居次要地位,且在粒度组成上以粘土为主,CCD 以上生物软泥占主导地位,又不同于大陆架沉积区,几乎完全以陆源碎屑沉积为主。所以说冲绳海槽沉积特征具过渡性质,介于大洋沉积与陆架沉积之间。

南中国海和苏禄海是位于亚洲东南部、太平洋西部的两个边缘海盆,两海区通过民都洛海峡连接。

南中国海地处太平洋的最西面,呈东北—西南走向,轮廓略似斜菱形。背靠中国大陆,西靠中南半岛,南及马来半岛。东面至南面有一系列岛弧围绕。大的岛屿有台湾岛、吕宋岛、民都洛岛和巴拉望岛,这些岛屿和海峡相间,使南中国海呈半封闭状态,其面积约 $350 \times 10^4 \text{ km}^2$, 平均水深 1000—1100m, 最深处可达 5559m。南中国海的地形相当复杂,中央为深海平原,沉积层较薄,只有 500—1000m;东面有马尼拉海沟、吕宋海槽以及巴拉望海槽。南、北大陆架宽缓,属堆积型陆架。东、西部大陆架窄陡,属侵蚀—堆积型陆架。此外,还有大陆坡、海底高原、海脊和海山等。在构造上,南中

国海隶属高于正常热流值的不活动的弧后盆地,大陆架和大陆坡的基底大都是古生代和中生代变质岩及中生代的花岗岩。深海平原基底是新生代的基性、超基性玄武岩类。沉积物有泥、泥砂、粉砂质泥;抱球虫软泥、粘土、火山灰等,沉积类型比较复杂。其文石补偿深度为 1000m, CaCO_3 补偿深度为 4000m (Rottman, 1979)

苏禄海是位于菲律宾群岛和沙巴之间的一个小的封闭的边缘海,略呈矩形向北东延伸,面积约为 $25 \times 10^4 \text{km}^2$, 平均水深 1139m, 最深可达 5119m。苏禄海的东南部为苏禄海渊,呈北东向的卡加延海岭与西北部较浅的巴拉望凹陷隔开。苏禄海渊为一深海平原,其水深从西北部的 3800m 到东南部苏禄海槽超过 5000m,这个深海平原与卡加延海脊之间隔着一个地形比较复杂的浅水区。陆架除东部与东南部狭窄并覆以泥质砂、砾外,陆架一般均宽阔,并覆以钙质砂和砾石,由浅到深,陆架碳酸盐转变为半深海软泥和泥质砂,再渐变为以火山碎屑为主的各种粉砂。苏禄海的文石补偿深度和方解石补偿深度分别为 1400m 和 4500m (Linsley, 1985)。在构造上,巴拉望凹陷代表一个老岛弧内的塌陷盆地,苏禄海渊则是一个具有大洋壳的边缘海。基底是由新生代大洋玄武岩构成。

1.2 水文气象特征

西北太平洋边界流——黑潮——对冲绳海槽及邻近海区海洋沉积物的分布特征及古气候变化有直接影响。黑潮为西北太平洋副热带环流中主要流系,因其具高温、高盐特性,又称“黑潮暖流”,夏季表层最高水温达 30°C 。

黑潮在 $13^\circ\text{--}23^\circ\text{N}$ 、 125°E 附近形成,经菲律宾向北加速经过苏澳和与那国岛之间流入东海和冲绳海槽,最大流速出现在兰屿以西,流速可达 103cm/s (管秉贤, 1985),到钓鱼岛、赤尾屿附近向东偏转,发生转折,到 27.5°N 、 126°E 附近,流向又转向东北,流速减小到 $25\text{--}27\text{cm/s}$, 29°N 流速减小到 10cm/s 。因此,整个黑潮主

流在 26—30°N 区域内,顺东海大陆坡呈弓形流过该海域。29°N 附近黑潮主要分为二支:一支为对马暖流,在 32°N 附近对马暖流又分为二支,主支北上流入日本海,另一支向西偏转,在济州岛南插入南黄海,即黄海暖流。黑潮的主流则在 29°30'N 附近与南下的亲潮汇合(图 1.1)。黑潮流经东海几乎占据了纬度 10°(20°—39°N)和经度 10°(120°—130°E),厚度约 800—1000m,按来源不同可分为四层。黑潮作为研究区的主要流系,其流势强弱变化对该区古海洋学特征、古生产率和海底沉积物中生物化石组合有极大影响。

南中国海和苏禄海地处东南亚潮湿的热带地区,属热带海洋性气候。同时,又位于亚洲东南部季风地带,气候上具有常夏无冬、盛行季风、台风频繁等特点。冬季盛行稳定而强劲的东北季风,夏季则盛行较稳定的西南季风。由于南中国海处于半封闭状态,而苏禄海几乎处于封闭状态,使这两个相邻的边缘海具有明显不同的水团性质(图 1.2)。

分隔南中国海与西北太平洋的海底山脊处在 2500m 水深,因此西北太平洋的深水和中层水能进入南中国海,同时又通过南部的卡里马塔海峡与印度洋相通,致使南海底层水较冷($<4^{\circ}\text{C}$),并且水体交流通气相当好,溶解氧浓度 $>1.75\text{ml/l}$ 。相比之下,苏禄海完全由海底山脊所包围,这些海底山脊所处水深大都小于 100m,因此,它们在水体交换上并不重要。唯一能实现海水交换的水道是通向南中国海的 420m 水深的民都洛海峡,它穿过南中国海和苏禄海海底山脊,南中国海的中层水和表层水能进入苏禄海只有通过这个海底山脊。苏禄海的这种隔绝特性导致了它在 600m 以下的水团性质相对一致。底层水温暖($>10^{\circ}\text{C}$),并且含氧量较低,溶解氧浓度小于 1.25ml/l 。

这些不同的水文特征导致了不同的沉积环境,因此对这两个海盆的沉积记录研究对比,对探索这些不同水文条件在地质历史上如何变化是很有意义的。

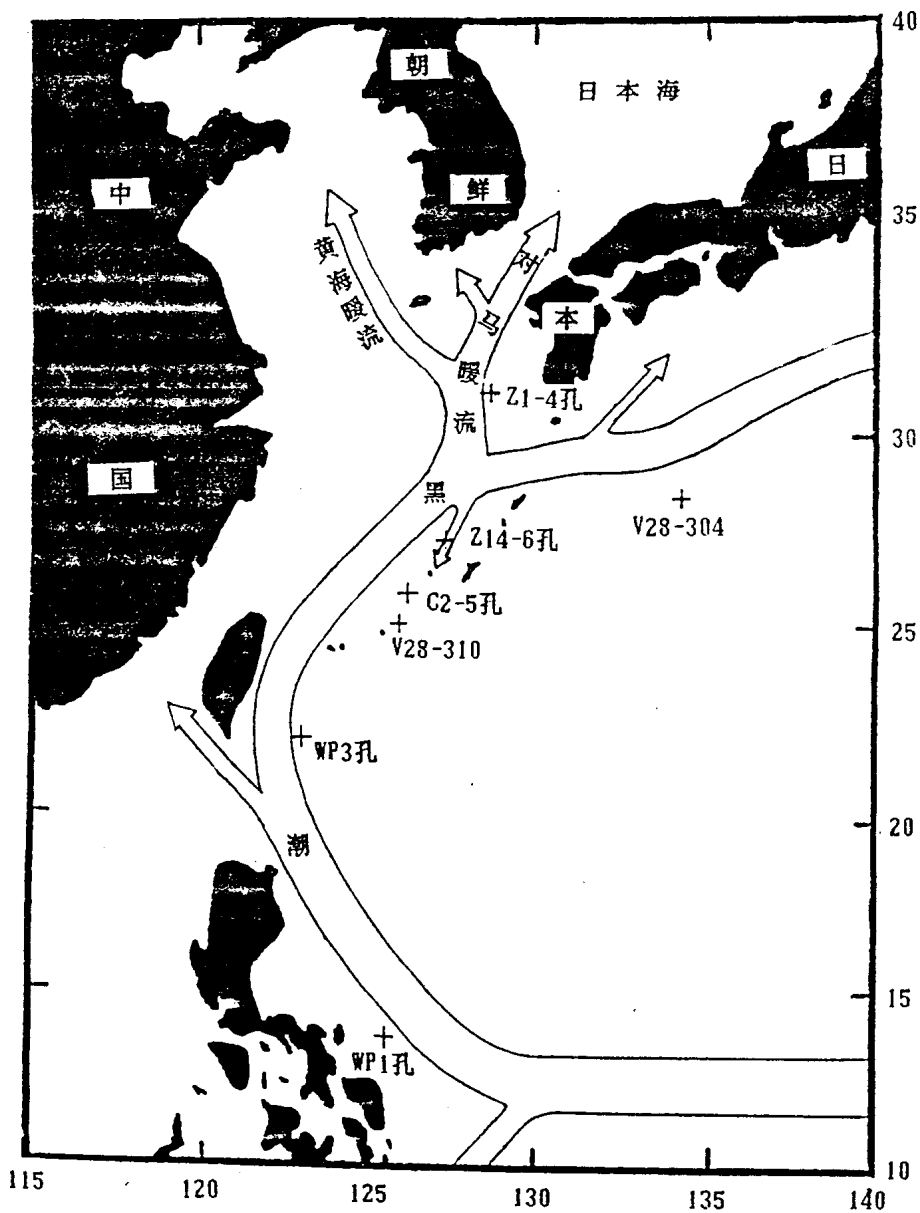


图 1.1 研究区取样站位及黑潮流系图

Fig. 1.1 Core locations and distribution of regional surface currents