

# 冲绳海槽北段表层沉积物中底栖有孔虫 分布的研究\*

李铁钢 苍树溪 阎 军

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

**提要** 对1992年5月取自冲绳海槽北段(水深113—1156m, 东经126° 58.71′ —129° 9.06′, 北纬28° 41.75′ —31° 40.56′) 92个表层沉积物中的底栖有孔虫数据进行R型因子分析。分析表明, 黑潮流系有4个不同垂直水团的底栖有孔虫群落组合。其中 *Pseudorotalia indopacifica*, *Bolivina robusta*, *Cibicides margaritifera*, *Textularia saggitula*, *Cibicides lobatulus* 和 *Quinqueloculina* spp. 代表黑潮流系的表层水; *Hyalinea balthica*, *Caribbeanella depressa*, *Cibicides praecinctus*, *Planulina wuellerstorfi* 和 *Melonis affinis* 代表黑潮流系的次表层水; *Globobulimina pacifica*, *Globocassidulina subglobosa* 和 *Trifarina* spp. 代表黑潮流系的中层水; *Oridorsalis tener*, *Martinottiella okinawaensis*, *Pullenia quinqueloba* 和 *Uigerina dirupta* 代表黑潮流系的深层水。

**关键词** 底栖有孔虫 群落组合 R型因子 冲绳海槽北段

冲绳海槽北段是黑潮暖流的分支流区, 也是研究黑潮演化的关键海区。但目前尚无人对其表层沉积物中底栖有孔虫做过专门的研究。作者采用数理统计方法研究该区表层沉积物中底栖有孔虫组合与黑潮流系4个不同垂直分布的水团之间的相关性。

## 1 材料与方法

选取冲绳海槽北段, 即东经126° 58.71′ —129° 9.06′, 北纬28° 41.75′ —31° 40.56′ 的92个表层样(图1), 取定量5g干样, 以63μm孔径铜筛冲洗, 烘干后对其所含底栖有孔虫进行鉴定统计。所用样品未经活体染色处理, 因此, 其总群丰度实际上代表活体及壳体之和。在此基础上, 利用雅可比迭代法进行R型因子分析。在分析过程中, 选用至少在3个样品中含量占底栖有孔虫总群2%以上的属种, 对某些生态条件相近的属种作为一类处理, 这样共对36个属种进行分析(表1)。因子数的选取是通过使得特征值的变化曲线转为平缓的转折点所对应的因子序号来确定的。

## 2 分析结果与讨论

R型因子分析显示了4个主要因子, 方差贡献累计为68%。36个属种的因子载荷见表1, 因子载荷为经方差最大旋转后的主因子解。主因子1解释了总方差的41%。共有18个属种属于这一类群, 其中 *Pseudorotalia indopacifica*, *Bolivina robusta*, *Cibicides*

\* 国家自然科学基金资助项目, 49106059号。李铁钢, 男, 出生于1965年8月, 博士。

收稿日期: 1995年1月25日, 接受日期: 1996年7月22日。

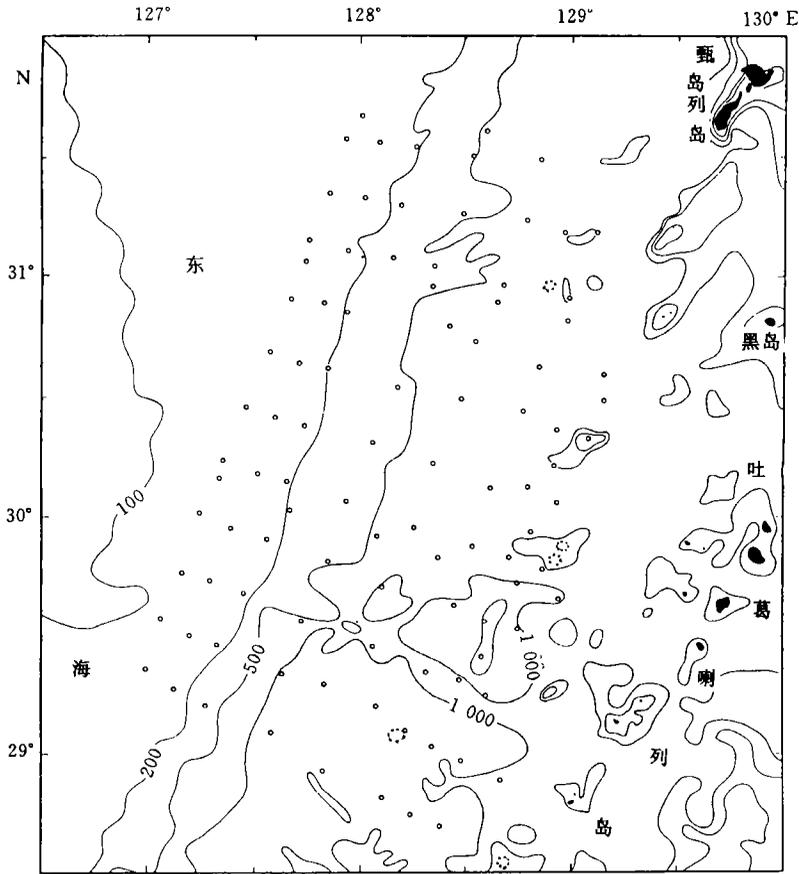


图1 冲绳海槽北段表层沉积物取样站位

Fig. 1 Sampling stations in the northern part of Okinawa Trough, isobaths in meter

*margaritiferus*, *Textularia saggitula*, *Cibicides lobatulus* 和 *Quinqueloculina* spp. 显示了最大的正因子载荷。从主因子1在不同水深的得分情况来看,其最大的正因子得分主要分布在水深100—150m的范围内(图2a)。这个深度范围与黑潮流系的表层水位置相符,说明主因子1主要反映的是黑潮流系的表层水环境。

主因子2说明了总方差的12%。8个属种显示了较高的正载荷(表1),其中 *Hyalinea balthica*, *Caribbeanella depressa*, *Cibicides praecinctus*, *Planulina wuellerstorfi* 和 *Melonis affinis* 的正因子载荷最大。它们因子得分正值分布在150—500m水深范围内(图2b),相当于黑潮流系次表层水的位置。主因子3说明了总方差的8.5%。6个属种属于这一类群(表1),其中 *Globobulimina pacifica*, *Globocassidulina subglobosa* 和 *Trifarina* spp. 显示了最强的正因子载荷。它们的因子得分在300—800m水深范围内显示了正的高值区(图2c)。这个深度范围基本上与黑潮流系的中层水位置相吻合。主因子4解释了总方差的6.5%。在这一主因子中, *Oridorsalis tener*, *Martinottiella okinawaensis*, *Pullenia quinqueloba* 和 *Uvigerina dirupta* 等4个属种均显示明显的正载荷

表 1 底栖有孔虫方差最大主因子载荷

Tab. 1 Varimax factor loading matrix of benthic foraminifera in the northern part of Okinawa Trough

属 种	主因子 1	主因子 2	主因子 3	主因子 4
<i>Ammonia</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9592	0.2016	0.0047	-0.0124
<i>Bolitina robusta</i> <sup>1)</sup>	0.9921	0.0123	-0.0129	-0.0157
<i>Blimina</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9019	0.2415	-0.0389	0.0675
<i>Caribbeanella depressa</i> <sup>2)</sup>	-0.0738	0.9505	-0.0861	0.0095
<i>Cassidulina carinata</i> <sup>2)</sup>	0.5136	0.7749	0.0271	-0.0331
<i>Cibicides lobatulus</i> <sup>1)</sup>	0.9864	-0.0742	0.0328	0.0959
<i>C. margaritiferus</i> <sup>1)</sup>	0.9894	-0.0231	0.0316	-0.0444
<i>C. praecinctus</i> <sup>2)</sup>	-0.0033	0.8762	0.2844	-0.0593
<i>Cibicoides</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9319	0.0828	0.0332	-0.0285
<i>Dentalina</i> spp. <sup>2)</sup>	0.0452	0.2714	-0.0555	0.1912
<i>Elphidium</i> spp. <sup>1)</sup>	0.8089	-0.0004	0.2661	-0.1106
<i>Globobulimina pacifica</i> <sup>3)</sup>	-0.0189	0.0864	0.9985	0.0173
<i>Globocassidulina subglobosa</i> <sup>3)</sup>	0.1063	0.0348	0.9878	0.0742
<i>Hanzawaia nipponica</i> <sup>1)</sup>	0.9755	0.0708	-0.0548	0.0011
<i>Hyalinea balthica</i> <sup>2)</sup>	-0.0345	0.9691	-0.0101	-0.1364
<i>Lenticulina carlar</i> <sup>1)</sup>	0.9831	0.1264	0.0111	0.0019
<i>Martinottiella okinawaensis</i> <sup>4)</sup>	-0.0021	-0.0512	-0.0157	0.9976
<i>Melonis affinis</i> <sup>2)</sup>	-0.1782	0.7908	0.2948	0.0673
<i>Nonion</i> spp. <sup>1)</sup>	0.7398	0.0525	-0.0322	-0.0813
<i>Oolina</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9727	-0.0079	-0.0108	-0.0801
<i>Oridorsalis tener</i> <sup>4)</sup>	0.0012	-0.0401	-0.0331	0.9983
<i>Pararotalia nipponica</i> <sup>3)</sup>	0.0409	0.1392	0.4471	0.4342
<i>Planulina wuellerstorfi</i> <sup>2)</sup>	0.5627	0.7982	-0.0157	-0.1094
<i>Pseudorotalia indopacifica</i> <sup>1)</sup>	0.9933	0.0369	0.0583	0.0179
<i>Pullenia bulloides</i> <sup>1)</sup>	0.6693	0.3189	0.0612	0.0458
<i>P. quinqueloba</i> <sup>4)</sup>	-0.0561	-0.0896	0.0777	0.9704
<i>Pyrgo</i> spp. <sup>1)</sup>	0.5702	0.1449	-0.0599	0.0204
<i>Quinqueloculina</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9864	-0.0266	0.0273	-0.0647
<i>Russiella</i> spp. <sup>3)</sup>	-0.0055	0.1985	0.6192	0.5933
<i>Spiroloculina communis</i> <sup>2)</sup>	0.0488	0.2066	-0.0754	0.0323
<i>Textularia saggitula</i> <sup>1)</sup>	0.9892	-0.0341	0.0069	-0.0514
<i>Trifarina</i> spp. <sup>3)</sup>	-0.0317	-0.2044	0.6352	-0.3152
<i>Triloculina</i> spp. <sup>1)</sup>	0.7505	0.4532	0.0384	0.2097
<i>Trochammina</i> spp. <sup>3)</sup>	-0.0092	-0.2095	0.1471	-0.3229
<i>Uvigerina dirupta</i> <sup>4)</sup>	-0.0819	-0.2251	0.6623	0.9677
<i>Uvigerina</i> spp. <sup>1)</sup>	0.9237	0.1927	-0.0072	-0.0214

注: 1) — 4) 依次表示各因子的代表属种。

(表 1)。其因子得分的正值分布在 700—1 050 m 水深范围 (图 2d), 说明主因子 4 反映的是黑潮流系的深层水环境。

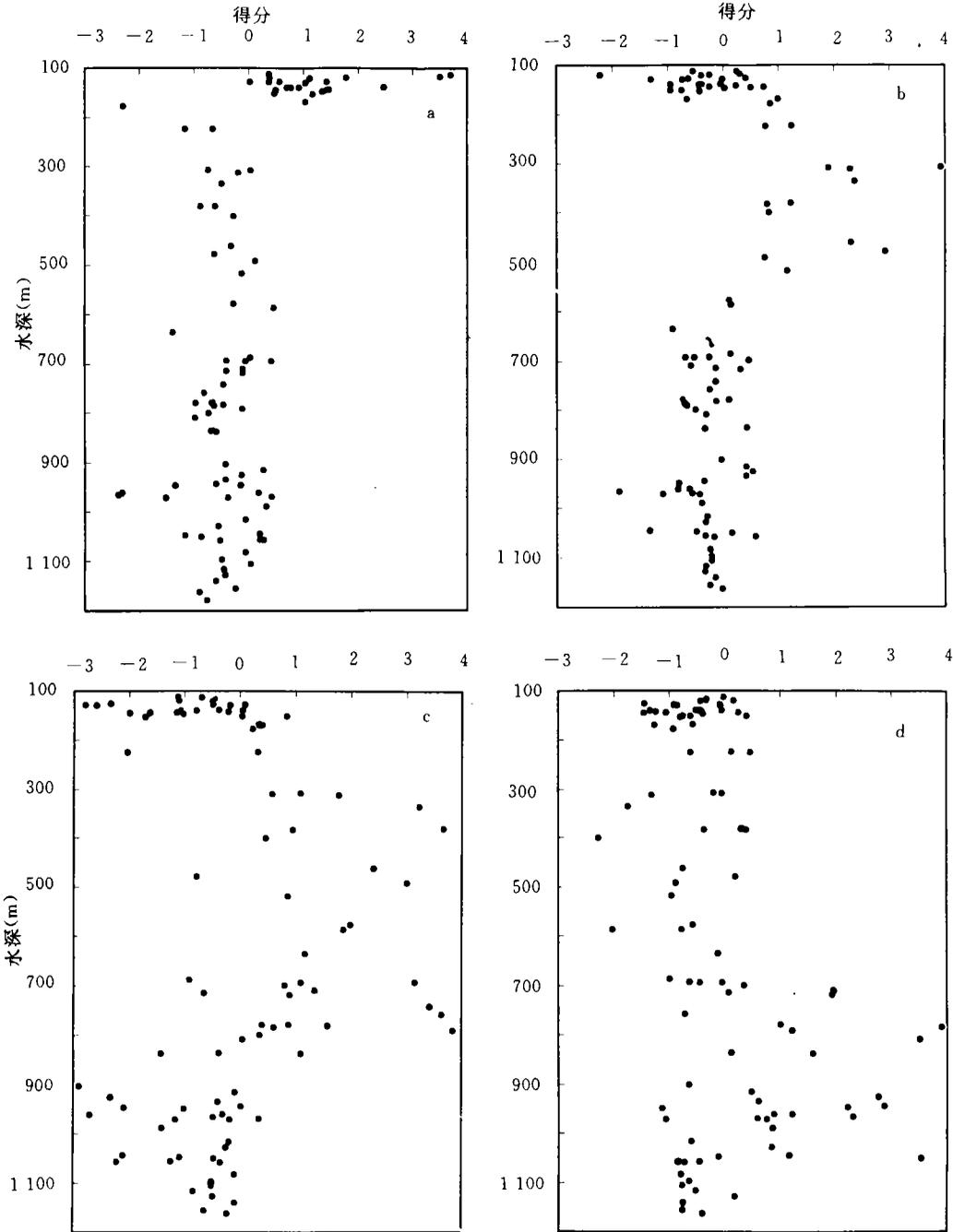


图 2 不同水深样品在 4 个主因子上的得分(a—d 依次为主因子 1—4)

Fig. 2 Scores of four factors for samples plotted against water depth

从因子分析结果看, 4个主因子与冲绳海槽的水体垂直分带具有很好的相关性, 说明冲绳海槽北段表层沉积物中的底栖有孔虫的分布格局主要受水团环境的控制。因此, 可将本区的底栖有孔虫根据不同的水团划分4个组合。

**黑潮流系表层水组合(主因子1)** 主要分布在水深100—150m的陆架区。黑潮流系的表层水是黑潮高盐水和陆架底盐水的混合水(杨天鸿, 1984)。在组合类群中, 代表黑潮流的暖水种 *Pseudorotalia indopacifica*, *Cibicides margaritifera* 和 *Textularia saggitula* (汪品先等, 1988) 和喜营养分子 *Bolivina robusta*, *Uvigerina* spp. (Qvale et al., 1985), *Lenticulina carlar* (Miao, 1993) 均显示了高的正载荷。此外, 正常外陆架的浅水分子 *Ammonia* spp., *Cibicides lobatulus*, *Quinqueloculina* spp. 和 *Hanzawaia nipponica* 等亦显示了较高的正载荷。这表明本区表层沉积物中的底栖有孔虫面貌具明显的双重性。但代表黑潮的暖水种和喜营养分子显示最强的正载荷, 说明该区100—150m黑潮的影响强度大于陆架区的低盐水。

**黑潮流系次表层水组合(主因子2)** 主要分布在150—500m的外陆架区和陆坡上部。其水体是来自亚热带的高盐水(杨天鸿, 1984)。在这一组合中, 浅水种 *Hyalinea balthica* 和暖水种 *Caribbeanella depressa* 是黑潮流系次表层水的代表分子, 这一结果与汪品先(1988)的认识是一致的。此外, 深水类型的 *Cibicides praecinctus*, *Planulina wuellerstorfi*, *Melonis affinis* 和 *Cassidulina carinata* 也是黑潮流系次表层水的重要组成部分。其中 *Cibicides praecinctus* 是喜氧的表栖种。 *Planulina wuellerstorfi* 是太平洋水深3500m (Douglas et al., 1981) 和南海水深1500—3200m (Miao, 1993; 翦知混等, 1992) 深层水团的代表分子, 同时又是一个喜氧种 (Schnitker, 1980; Arnold, 1983)。 *Melonis affinis* 是爪哇海1400—2400m 深层水团的代表种 (Burke, 1981)。 *Cassidulina* 是一种生活环境较广的类型 (Qvale et al., 1985)。这些属种在本区作为黑潮流系次表层水的重要分子, 可见它们的分布受水团因素的控制。

**黑潮流系中层水组合(主因子3)** 主要分布在本区水深300—800m的陆坡区, 其水体是来自西北太平洋亚极地的中层水。 *Globobulimina pacifica* 和 *Globocassidulina subglobosa* 是本组合的代表分子。 *Globobulimina* 在大西洋和东赤道太平洋是高营养物质通量的指标 (Altenbach et al., 1989)。 *G. subglobosa* 是世界性广布种并与许多不同类型的水团有关。大西洋 *G. subglobosa* 在大陆架边缘和中大西洋中脊的深层水中繁盛 (Schnitker, 1980), 在印度洋该种则是南极底层水的代表 (Corliss, 1979)。此外, 与本组合相关性较大的 *Trifarina* spp. 也是与低氧或高营养物质密切相关的底栖有孔虫 (Hermelin et al., 1985)。可见, 本区中层水组合可能与该水团的低温、低氧及高营养通量有关。

**黑潮流系深层水组合(主因子4)** 主要分布在本区水深700—1050m的陆坡下部和槽底区, 其水体是来自西北太平洋的深层水。主要底栖有孔虫组成均为典型的深水类型, 其中 *Oridorsalis tener* 是南海水深1200—2600m 深层水团的标志种 (翦知混等, 1992), *Pullenia quinqueloba* 是西北太平洋的深层水团(2500—3000m)的代表分子 (Burke, 1981), *Martinottiella okinawaensis* 和 *Uvigerina dirupta* 也是冲绳海槽底部的深水类型 (汪品先等, 1988)。可见, 该底栖有孔虫组合与其水体来源是一致的, 它代表

黑潮流系深层水控制下的底栖有孔虫组成。

### 3 结论

上述分析表明, 冲绳海槽北段表层沉积物中的底栖有孔虫的分布格局受黑潮流系垂直分带的水团的控制。根据 R 型因子分析结果, 可清晰地识别在黑潮流系 4 个重要水团控制下的底栖有孔虫群落组成和分布特征。依据不同属种在主因子上的载荷强度和主因子在不同水深上的得分确定代表各自水团环境的 4 个底栖有孔虫组合, 其中代表黑潮流系的表层水环境(小于 150m 水深)的属种有 18 个, 其中主要有 *Pseudorotalia indopacifica*, *Bolivina robusta*, *Cibicides margaritifera*, *Textularia saggitula*, *Cibicides lobatulus* 和 *Quinqueloculina* spp. 等; 代表黑潮流系次表层水环境(150—500m 水深)的属种有 8 个, 其中主要分子有 *Hyalinea balthica*, *Caribbeanella depressa*, *Cibicides praecinctus*, *Planulina wuellerstorfi* 和 *Melonis affinis* 等; 代表黑潮流系中层水环境(300—800m 水深)有 6 个属种, 其中代表种是 *Globobulimina pacifica*, *Globocassidulina Subglobosa* 和 *Trifarina* spp.; 黑潮流系深层水环境(700—1050m 水深)中有 4 个属种, 其中标志种是 *Oridorsalis tener*, *Martinottiella okinawaensis*, *Pullenia quinqueloba* 和 *Uvigerina dirupta*。

### 参 考 文 献

- 汪品先等, 1988, 东海底质中的有孔虫和介形虫, 海洋出版社(北京), 52—145。
- 杨天鸿, 1984, 海洋科学集刊, 21: 179—200。
- 剪知浪等, 1992, 南海晚第四纪古海洋学研究, 青岛海洋大学出版社(青岛), 119—140。
- Altenbach, A. V. et al., 1989, *Life Sci. Res. Rep.*, 44: 255—269.
- Arnold, A. J., 1983, *J. Foram. Res.*, 13(2): 90—99.
- Burke, S. C., 1981, *J. Foram. Res.*, 11(1): 1—19.
- Corliss, B. H., 1979, *Marin. Geol.*, 31: 115—138.
- Douglas, R. G. et al., 1981, *The Oceanic lithosphere(The Sea, 7)*, Wiley-Interscience(New York), pp. 1233—1327.
- Miao Qingmin, 1993, *Mar. Micropaleontol.*, 22: 1—32.
- Qvale, G. et al., 1985, *Mar. Micropaleontol.*, 9: 469—488.
- Schmitker, D., 1980, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 8: 343—370.

## RECENT BENTHIC FORAMINIFERAL DISTRIBUTIONS IN THE NORTHERN PART OF OKINAWA TROUGH

Li Tiegang, Cang Shuxi, Yan Jun

(Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071)

**Abstract** Numerical analysis of benthic foraminiferal relative-abundance data from 92 surface samples taken from the northern part of the Okinawa Trough (113 — 1156m; 126° 58.71' — 129° 9.06' E, 28° 41.75' — 31° 40.56' N) in May of 1992 distinguishes separate thanatotopes and faunal assemblages related to the four water masses present within the depth range of the samples. Four significant factors identified by the R-mode factor analysis based on 36 species, account for 68% of the total variance.

Factor 1 accounts for 41% of the variance. Eighteen species belong to this assemblage. *Pseudorotalia indopacifica*, *Bolivina robusta*, *Cibicides margaritiferus*, *Textularia saggitula* and *Cibicides lobatulus* show the highest scores. A depth plot of the factor scores demonstrates that all significant scores are for samples taken from waters between 100 — 150m. Therefore, this assemblage is particularly associated with the Kuroshio Surface Water (KSW).

Factor 2 explains 12% of the variance. Eight species have significant positive loadings on this factor, and the strongest loading being shown by *Hyalinea balthica*, *Caribbeanella depressa*, *Planulina wuellerstorfi* and *Melonis affinis*. The factor scores show that the significant positive values are typical of the 150 — 500m interval, approximately the depth range of the Kuroshio High-Salinity Water (KHSW).

Factor 3 accounts for 8.5% of the variance. Significant positive loadings are shown by 6 species. Among them *Globobulimina pacifica*, *Globocassidulina subglobosa* and *Trifarina* spp. are the most important components of this assemblage. The factor-score plot shows that all significant scores are for samples taken from waters between 300 — 800m, corresponding to the Subarctic Intermediate Water (SIW).

Factor 4 explains 6.5% of the variance. Four species of *Oridorsalis tener*, *Martinottiella okinawaensis*, *Pullenia quinqueloba* and *Uvigerina dirupta* have strong loadings on this factor. The plot of factor scores shows that this assemblage is best developed within the Okinawa Trough Deep Water (OTDW) in the 700 — 1050m depth range.

**Key words** Benthic foraminifera Assemblage R-mode factor The northern part of Okinawa Trough