

# 海水中二甲基硫含量与海洋环境因子间关系的研究\*

胡敏 任久长 蒋林 方晨 唐孝炎

(北京大学环境科学中心环境模拟与污染控制国家重点联合实验室, 北京 100871 E-mail: minhu @ ces pku. edu. cn)

**摘要** 以青岛沿岸海水为典型水域, 设8个采样点于1996-03、1996-05和1996-10进行了3次 DMS 与海洋环境因子的监测, 研究青岛沿岸海水海洋环境因子的特点及海水中 DMS 浓度与浮游植物物种和海洋环境因子的关系. 结果表明, 海洋浮游植物生成 DMS 的生物机理较为复杂, 青岛沿岸海水中 DMS 含量与叶绿素 a 浓度及海洋环境因子无明确的相关关系. 浮游植物和海洋环境因子复杂的时空变化为研究海洋排放 DMS 带来了很大的不确定性.

**关键词** 浮游植物, 二甲基硫, 叶绿素 a, 营养盐, 青岛沿岸海水, 海洋环境.

## Research on the Relationship between Dimethyl Sulfide Concentration and Marine Environmental Factors

Hu Min Ren Jiuchang Jiang Lin Fang Chen Tang Xiaoyan

(State Joint Key Laboratory of Environmental Simulation and Pollution Control, Center of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871 E-mail: minhu @ ces pku. edu. cn)

**Abstract** The coastal waters near Qingdao city has been selected as typical waters with 8 sampling sites to conduct three times measurements of Dimethyl Sulfide(DMS) and marine environmental factors in May, March and October, 1996. This research focused on the characteristics of marine environmental factors and the relationship between DMS concentration and marine phytoplankton as well as marine environmental factors. The following results were obtained: Biological mechanism for phytoplankton producing DMS is very complicated. In the coastal waters near Qingdao city DMS concentrations in sea water had not clear relationship with chlorophyll a and marine environmental factors. The complicated temporal and spatial variations of marine phytoplankton and environmental factors brought large uncertainty for the research on DMS emission.

**Keywords** phytoplankton, dimethyl sulfide, chlorophyll a, nutrient salt, Qingdao City coastal water, marine environments.

80年代以来, 各国科学家在大洋各海域开展了海水二甲基硫(Dimethyl Sulfide, DMS)的调查工作. 我国有关 DMS 的研究自90年代始, 胡敏等首次在国内建立了 DMS 的测定方法, 并对东部沿海 DMS 浓度及海空通量进行了初步研究<sup>[1, 2]</sup>.

海水中 DMS 含量与浮游植物生物量和物种组成有关, 海洋环境因子如营养盐、水温、盐度等通过影响浮游植物生物量和生理状态从而影响海水中 DMS 含量. 为研究海水中 DMS 含

量与海洋浮游植物及其环境因子的关系, 选取青岛沿岸海水为典型海域在1996年进行了3次实地调查, 本文重点报道海水中 DMS 含量与浮游植物及海洋环境因子的关系.

### 1 海水样品的采样和分析方法

分别于1996-03-12, 05-29, 10-10在青岛沿

\* 国家自然科学基金资助项目(Project Supported by National Natural Science Foundation of China): 49405062  
胡敏: 女, 31岁, 理学博士, 副教授  
收稿日期: 1997-10-28

岸共设8个采样点,其点位见图1.



图1 采样点分布示意图

(1) 水样采集 用聚乙烯桶在海洋表面取表层水样,用有机玻璃采水器采垂直梯度水样.

(2) 水样的分析 海水盐度采用电导法,硝酸盐采用汞-镉还原法,亚硝酸盐采用萘乙二胺比色法,氨盐采用次溴酸钠氧化法,磷酸盐采用磷钼蓝分光光度法.叶绿素 a 采用分光光度法,以联合国教科文组织推荐的三色方程计算其数值.浮游植物水样采集后立即用 lugol's 液固定,经浓缩在显微镜下鉴定物种和计数.海水中 DMS 含量采用气提和冷阱富集,以带有火焰光度检测器的气相色谱分析<sup>[1]</sup>.

## 2 结果与讨论

### 2.1 海水中 DMS 含量

图2绘出了3个季节各采样点 DMS 浓度的实测值.海水中 DMS 浓度存在着明显的时空变化,这与以往的监测结果一致<sup>[3]</sup>.最高值与最低值之比约为2—5,但各采样点最高值与最低值出现的月份不同.1996年3次监测的最高值 655ng/L,最低值 126ng/L,均出现在3月份.3月份 DMS 含量平均值为 375ng/L;5月份 DMS 含量在 125—532ng/L 内,平均值为 300ng/L;10月份 DMS 含量在 322—528ng/L 内,平均值为 458ng/L.

### 2.2 海水 DMS 含量与海洋环境因子的关系

(1) 水温 青岛沿海水温季节性变化很大,月平均水温在 2.3—27.0 范围内.1月份最低,为 0.5—3.0,8月份最高,为 25.8—27.0<sup>[4]</sup>.由于5月、10月是浮游植物生长季节,将5月和10月海水 DMS 含量和水温  $T$  进行回归分析发现,二者呈显著正相关,关系式为:

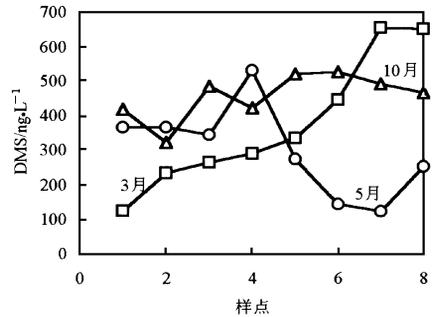


图2 各样点 DMS 浓度(1996年)

$$c_{\text{DMS}} = 31.10 \times T - 191.20$$

(相关系数  $r = 0.74$ , 样本数  $n = 16$ )

水温对 DMS 的作用,主要是通过限制酶反应速率实现.浮游植物和细菌的酶系都有其最适催化温度.水温变化作用于酶系使藻类和细菌的生理状态改变.水温升高,浮游植物群落海藻的二甲基磺酸丙酯(dimethylsulfoniopropionate, DMSP) 高产种(甲藻)增多,藻类在较高温度下代谢旺盛,使细胞内释放到海水中的 DMSP 增加,同时细胞分解 DMSP 产生 DMS 的作用加快,进而增加了海水 DMS 浓度.

(2) 盐度 3、5、10月青岛沿岸海水盐度变化如图3所示.从图3中可知青岛沿岸海水盐度季节性变化明显,但同一季节的空间变化不明显.其中3月份盐度最高,在 29.8‰—30.2‰内,平均盐度为 29.9‰;10月份较高,在 28.7‰—29.3‰内,平均为 29.2‰;5月份盐度最低,在 26.8‰—27.9‰内,平均盐度为 27.2‰.其中位于湾内的1号点和位于湾口的2号点3个月都是最低值,说明2个点受径流影响较严重.

DMSP 的主要功能是调节渗透压<sup>[5]</sup>.Iverson 等在 Florida 进行调查,其样点分布于从海湾内部到大洋盐度变化非常大的区域,发现海水中溶解性的 DMS 与盐度显著正相关.Vairavamurthy 等实验室研究发现,随着培养液中盐度的增加, *Hymenomonas carterae* 细胞内 DMSP 浓度与 DMS 排放速率都增加<sup>[6]</sup>.而本调查结果盐度空间差异小,呈现出 DMS 与盐度基本不存在相关关系( $r = 0.28, n = 24$ ).

(3) 叶绿素 a 含量 叶绿素 a 含量可以作

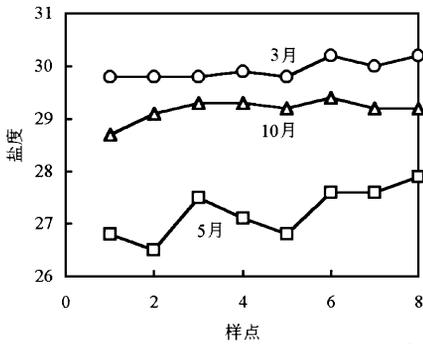


图3 3个月份各样点盐度变化(1996年)

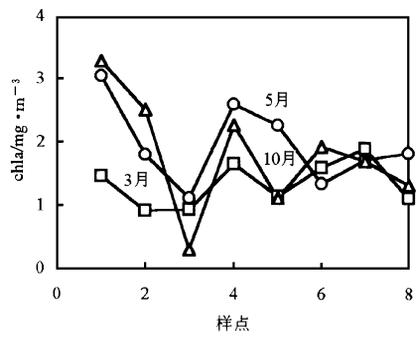


图4 3个月份各样点叶绿素 a 浓度(1996年)

为浮游植物生物量的指标. 调查结果表明海水叶绿素 a 含量有比较明显的变化: 3月份较低, 5月份和10月份较高(图4). 3月份叶绿素 a 含量变化范围为  $0.92\text{--}1.93\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为  $1.34\text{mg}/\text{m}^3$ ; 5月份变化范围为  $1.12\text{--}3.05\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为  $1.96\text{mg}/\text{m}^3$ ; 10月份变化范围为  $0.30\text{--}3.28\text{mg}/\text{m}^3$ , 平均为  $1.80\text{mg}/\text{m}^3$ . 其中叶绿素 a 含量的高峰和低值均出现在10月份. 海洋 DMS 来源于海洋浮游植物, 而叶绿素 a 可以在一定程度上反映浮游植物生物量, DMS 含量与叶绿素 a 含量之间可能存在一定联系. Barnard<sup>[7]</sup>等在白令海调查发现 DMS 含量与叶绿素 a 含量间相关系数为  $0.95 (n=23)$ ; Andreeva 和 Barnard<sup>[8]</sup>在大西洋调查发现两者相关系数为  $0.574$ . Leck<sup>[9]</sup>等在波罗的海调查也得出  $c_{\text{DMS}} = 16c_{\text{chl a}} + 39 (r = 0.895, n = 14)$  的关系. 但本调查结果表明青岛沿海岸海水 DMS 含量与叶绿素 a 含量之间缺乏相关性 ( $r = 0.06, n = 24$ ), 这可能与浮游植物群落的物种组成有关. 文献和本实验室研究均证实: 不同藻类属种个体大小和叶绿素 a 含量不同, 产生 DMS 的能力更是有很大差别. 常见海洋浮游植物中, 双鞭甲藻纲和定鞭金藻纲的属种生产 DMS 的能力强, 而通常在温带海域占绝对优势的硅藻, 除少量属种如拟货币直链藻 (*Melosira nummuloides*) 外, 大部分属种 DMS 产量低.

(4) 营养盐 可溶性无机氮(DIN)除1号点外, 其余各点3个月 DIN 含量差别不大(图5). 1号点小港和5号点王家麦岛3个月 DIN 均很高,

基本超过  $100\text{mg}/\text{m}^3$ , 其余6点3个月 DIN 水平较低, 几乎都在  $50\text{mg}/\text{m}^3$  以下. 3种无机氮中, 以氨盐为主, 硝酸盐次之, 亚硝酸盐最少. 通常在外海水域生物量较小, 无机氮的转化比较充分, 以硝氮为主. 而在受调查沿海, 浮游植物生物量大, 繁殖周期短和代谢旺盛, 以氨氮为主.

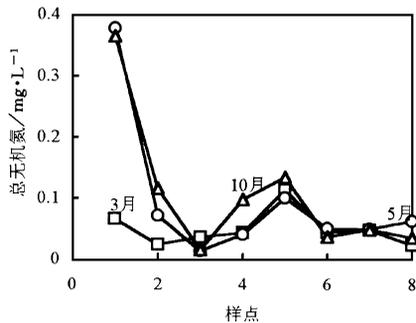


图5 3个月份各样点总无机氮含量(1996年)

无机溶解态磷酸盐(DIP)10月最高, 3月次之, 5月最低(图6). 3月份平均浓度为  $0.012\text{mg}/\text{L}$ , 但样点之间差别很大. 其中5号和6号2点浓度在检测限以下, 7号点则高达  $0.042\text{mg}/\text{L}$ . 5月份磷酸盐浓度很低, 平均浓度只有  $0.004\text{mg}/\text{L}$ , 只有1号点较高, 达到  $0.024\text{mg}/\text{L}$ . 10月份比3月份和5月份都高, 平均浓度为  $0.018\text{mg}/\text{L}$ , 除1号点较高, 浓度为  $0.042\text{mg}/\text{L}$ , 其余各点浓度差别不大.

营养盐水平的高低决定着浮游植物生物量的大小, 也可以间接影响海水 DMS 含量发生变化. 在波罗的海, Leck<sup>[9]</sup>等人发现 DMS 的生产与浮游植物氮限制条件下的增长联系在一

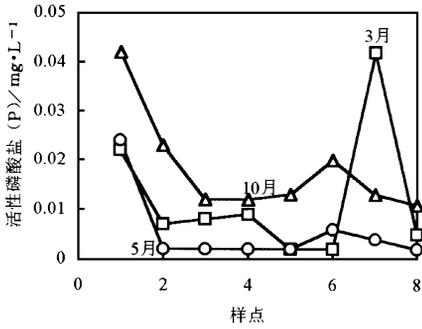


图6 3个月份各样点磷酸盐含量(1996年)

起,而与叶绿素 a、初级生产力、浮游植物物种之间没有明显的关系.本调查结果表明在青岛沿海岸海水中 DMS 浓度与 DIN( $r = -0.02, n = 24$ )和 DIP 无明显相关关系( $r = 0.32, n = 24$ ).

(5) 浮游植物优势种 10月各样点浮游植物数量处于较高水平,基本在 $10^6$ 个/ $m^3$ 以上,但样点之间有很大差别.4、5两点最高,超过 $10^7$ 个/ $m^3$ ,1、8两点最低,但也分别达到 $1.26 \times 10^6$ 个/ $m^3$ 和 $0.39 \times 10^6$ 个/ $m^3$ .优势种明显,为一种体型较小的海链藻(*Thalassiosira* sp.)占到浮游植物总量的95%以上.另外,圆筛藻(*Coscinodiscus*)、指管藻(*Dactyliosolen*)、角毛藻(*Chaetoceros*)、根管藻(*Rhizosolenia*)、盒型藻(*Biddulphia*)、舟型藻(*Navicula*)、菱形藻(*Nitzschia*)也是数量较多的属.除上述的占绝对优势的硅藻外,还有少量甲藻,包括裸甲藻(*Gymnodinium*)、多甲藻(*Peridinium*)、角藻属的三角角藻(*Ceratium tripos*)、梭角藻(*Ceratium fusus*)、长角角藻(*Ceratium macroceros*)、叉状角藻(*Ceratium furca*)等,其数量基本都不超过 $10^4$ 个/ $m^3$ .金藻门中发现了网骨藻(*Dictyocha*),但数量比甲藻还少.

分析所有8个点表面采样的数据,发现其中多甲藻、冠盖藻(*Stephanopyxis*)、指管藻数量与 DMS 之间有一定关系,相关系数分别为0.66、0.55、0.54( $n = 8$ ),但均未达显著水平.多甲藻属于甲藻纲,冠盖藻和指管藻在硅藻中属于个体比较大,细胞壁比较薄的种.至今尚未有这三种藻生产 DMS 方面的报道,但可以推测它

们生产 DMS 的能力比较强.优势种海链藻虽然数量很大,与 DMS 基本无相关关系( $r = 0.10, n = 8$ ).

### 3 结论

(1) 青岛沿岸海水3月份 DMS 平均值为375ng/L,范围在126—655ng/L之间;5月份各点 DMS 平均值为300ng/L,范围在125—532ng/L之间;10月份各点 DMS 浓度平均值为458ng/L,范围在322—528ng/L之间.各采样点间 DMS 浓度差别较大,最大值与最小值之比在2—5.

(2) 10月份各样点浮游植物密度一般在 $10^6$ 细胞/ $m^3$ 以上.主要优势种海链藻占浮游植物总细胞数的90%,但海链藻密度与海水 DMS 浓度之间基本无相关关系.海链藻不是生成 DMS 的优势种.

(3) DMS 与叶绿素 a、营养盐(无机氮、活性磷酸盐)之间相关关系不明显,而与水温呈正相关关系.

### 参 考 文 献

- 胡敏,唐孝炎,李金龙,禹仲举.海水中二甲基硫测定方法的研究.环境化学,1995,14(2):157
- 胡敏,唐孝炎.海洋排放的二甲基硫在大气中的作用.化学进展.1995,7(2):152
- 胡敏,唐孝炎,李金龙,禹仲举.胶州湾海水中二甲基硫的测定.环境科学学报,1997,17(1):110
- 中国海湾志编纂委员会.中国海湾志第四分册(山东半岛南部和江苏省海湾).北京:海洋出版社,1993:157—169
- 蒋林,胡敏,任久长.海洋二甲基硫的生物生产与降解.北京大学学报(自然科学版),1997,33(2):240
- Vairavamurthy A, Andreae M O, Iverson R L. Biosynthesis of Dimethylsulfide and Dimethylpropiothetin by *Hydrogenomonas carterae* in relation to sulfur source and salinity variation. Limnology and Oceanography, 1985, 30(1): 59
- Barnard W R, Andreae M O, Iverson R L. Dimethylsulfide and *phaeocystis pouchetii* in the Southeastern Bering Sea. Continental Shelf Research, 1982, 87: 8787
- Andreae M O, Barnard W R. The marine chemistry of dimethylsulfide. Marine Chemistry, 1984, 14: 267
- Leck C, Larsson U, Bagander L E et al. DMS in the Baltic Sea—Annual variability in relation to biological activity. Journal of Geophysical Research, 1990, 95: 3353