

文章编号: 1004 - 7271(2000)03 - 0209 - 05

杭州湾粪大肠杆菌和异养细菌 的分布特征及其环境因子

焦俊鹏¹, 章守宇¹, 杨红¹, 邵君波², 唐静亮², 施建荣²

(1. 上海水产大学海洋学院, 上海 200090; 2. 舟山市海洋生态环境监测站, 浙江 舟山 316004)

摘要:根据1999年5月~6月的杭州湾现场调查资料,对杭州湾粪大肠杆菌及异养细菌的分布特点进行了研究,并分析了其与环境因子的相关关系。结果表明,杭州湾粪大肠杆菌数量分布主要受陆源性物质的支配,呈现西北高东南低的特征;而异养细菌则主要与浮游植物的数量有关,其分布特征为西南低东部高。与环境因子的相关分析表明粪大肠杆菌和异养细菌除均与水温、盐度相关较高外,前者还与无机磷、而后者则与叶绿素a呈现数量上的相关性。

关键词:粪大肠杆菌;异养细菌;环境因子;杭州湾

中图分类号:X131 **文献标识码:**A

Distribution of faecal coliform bacteria and heterotrophic bacteria and its environment factors in Hangzhou Bay

JIAO Jun-peng¹, ZHANG Shou-yu¹, YANG Hong¹, SHAO Jun-bo², TANG Jing-liang², SHI Jian-rong²
(1. Ocean college, SFU, Shanghai 200090, China; 2. Zhoushan Marine Ecological Environmental Monitoring Station, Zhoushan 316004, China)

Abstract:In this paper, the distribution of faecal coliform bacterial and heterotropic bacteria in Hangzhou Bay, and the relationship between the biological abundance and the environmental factors have been researched based on the data got from the field, May to June 1999. The results show the distribution of faecal coliform bacteria with characteristics of the northwest higher and southeast lower, which mainly influenced by continental matter, while the distribution of heterotropic bacteria in the east was higher than the southwest and actively coincidence with phytoplankton in the bay. Furthermore, the analysis of correlation between the bacteria and the environmental factors showed that faecal coliform bacteria and heterotropic bacteria have obvious relativity with inorganic phosphorus and chlorophyll-a respectively beside both of them were actively coincidence with water temperature and salinity.

Key words:faecal coliform bacteria; heterotropic bacteria; environmental factor; Hangzhou Bay

海水中的粪大肠杆菌群是水质污染的重要指标之一,沿海城市近岸和各种养殖水域若遭受到粪大肠杆菌的污染,严重时可引起疾病发生,研究沿岸水域大肠杆菌的分布规律,对环境污染状况评价及流行病学研究具有重要意义。另外,微生物对有机物的分解是生态系能量流动和物质循环的重要环节,其

收稿日期:2000-02-17

基金项目:国家教委资助项目(1999-363)

作者简介:焦俊鹏(1976-),男,山东聊城人,上海水产大学1998级硕士研究生,专业方向为海洋环境评价与分析。

中异养细菌对于海洋沉积物的矿化及水质环境的改善起着至关重要的作用^[1-4]。杭州湾地处长江口南侧并与钱塘江相连接,巨量的大陆径流携带而来的丰富营养盐以及强烈潮汐运动引起的表底层海水充分混合,使该海域的生物活动十分活跃,对其外海侧东海渔场的形成起着重要的作用;另外,西侧沿岸著名的钱塘江观潮而成为旅游胜地,研究微生物在该海域的分布活动对于正确评价杭州湾水质环境现状及变化、有效管理利用沿岸水体的休闲及娱乐功能具有现实意义。本文根据1999年5月~6月对杭州湾水质监测及微生物检测的结果,对杭州湾粪大肠杆菌和异养细菌群的分布规律及其与环境因子的关系作进一步分析。

1. 实验材料和方法

1.1 水样采集

水样采集于1999年5月~6月进行,站位分布如图1所示,水质分析为采用无菌玻璃瓶获取表层水样并立即在船上的实验室进行分离培养。

1.2 培养基

(1)乳糖蛋白胨培养基:蛋白胨 10g,牛肉膏 3g,乳糖 5g,NaCl 5g,1.6%溴甲酚紫乙醇溶液 1mL,蒸馏水 1000mL;PH值 7.2~7.4。

(2)伊红美蓝培养基:蛋白胨 10g,乳糖 10g,磷酸氢二钾 2g,琼脂 20g,蒸馏水 1000mL;2%伊红美蓝溶液 20mL,0.5%美蓝水溶液 13mL;pH值 7.2~7.4。

(3)ZoBell“2216E”培养基:蛋白胨 5.0g,硫酸高铁 0.01g,酵母膏 1.0g,琼脂 15.0g,蒸馏水 1000mL;pH值 7.6~7.8。

(4)靛基质培养基:蛋白胨 1g,NaCl 10.5g,蒸馏水 100mL。

(5)靛基质试剂:对-2-氨基苯甲醛 4g,96%乙醇 380mL,浓盐酸 80mL。

1.3 检测方法及步骤

1.3.1 大肠杆菌 MPN 三步法

(1)初发酵实验:用三种梯度水样,分别在乳糖蛋白胨培养液中接种 5 管,44℃,培养 24h,产酸产气及只产酸的发酵管为阳性。

(2)平板分离:在阳性管中挑菌接种于伊红美蓝培养基,44℃,培养 24h,革兰氏染色,后镜检。

(3)复发酵实验:镜检菌落若为革兰氏阴性无芽孢杆菌,则取菌接种于乳糖蛋白胨培养液中,44℃,培养 24h,产酸产气为阳性(大肠杆菌)。

(4)对可疑及不确定的发酵管再接种于靛基质培养基,44℃,培养 24h,加靛基质试剂(1~2d/管),变红为阳性。

1.3.2 异养细菌平板记数法

(1)用微量加样器取 0.1mL 水样,在 ZoBell“2216E”平板上用涂布法接种,于 25℃ 培养 5d,记数。

(2)其他环境因子的测定参照文献[5]、文献[6]要求进行。

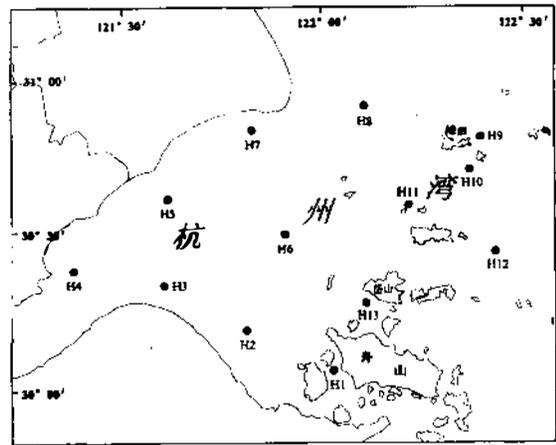


图1 调查海区及调查点分布

Fig.1 Map showing the region of Hangzhou Bay and sampling position of the present study

2 结果与讨论

2.1 分布特征

图2、图3分别为根据本次调查所得的杭州湾粪大肠杆菌和异养细菌数量水平分布图。由图2可以看出,杭州湾粪大肠杆菌分布总体上呈现西北高、东南低的特征,即杭州湾河口侧的数量高于外海侧、北岸侧高于南岸,此外,东北部嵊泗附近海域也形成一高分布区。这种分布特征与杭州湾海域富营养化程度的高低十分吻合^[7],即通过设置于杭州湾北岸的上海市南区排污口(测站 H7 附近)排入的大量生活污水和工业废水,造成附近海域的营养物质增加,使得杭州湾西北部富营养化程度加剧,同时也促进了细菌的增殖,因此可以认为杭州湾大肠杆菌的这种分布特征是与该海域的富营养化发达程度是密切相关联的。

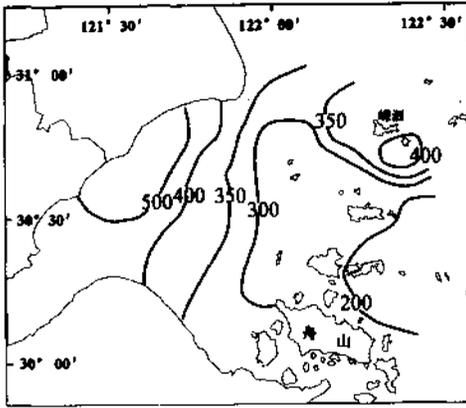


图2 杭州湾粪大肠杆菌分布图(个/L)

Fig.2 Distribution of fecal coliform bacteria in Hangzhou Bay

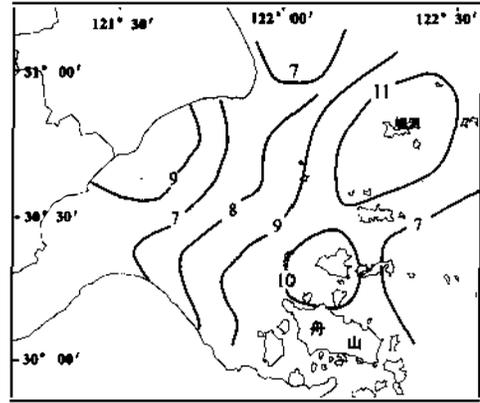


图3 杭州湾异养细菌分布图($\times 10^2$ 个/L)

Fig.3 Distribution of heterotrophic bacteria Hangzhou Bay

与粪大肠杆菌的分布特征不同,异养细菌的高分布区普遍存在于外海侧海域,此外,杭州湾北岸侧的异养细菌数量也相对较高,使其总体上呈现出由西南侧向东北方向递增的特征,并且在嵊泗附近海域形成高峰值,如图3所示。杭州湾外海侧异养细菌数量的高分布与该海域的浮游植物数量较高有关,本次调查测得外海侧的浮游植物数量一般在 65.3×10^6 个/ m^3 左右,而河口侧则平均为 2.61×10^6 个/ m^3 ,异养细菌因消化、分解来自这些浮游生物的尸体残骸而大量繁殖。另外,浙江北部沿海的上升流使得外海侧营养盐浓度增高,促进了浮游植物的增殖并进一步导致该海域异养细菌的生长。河口侧海域的异养细菌总体上数量不高,除了与上述情形相反的原因外,还由于河口侧颗粒物质的沉积速率大^[8,9],附着在这些颗粒物质上的异养细菌因此而沉降于海底,造成海水中异养细菌数量的减少。

2.2 相关性分析

选取水温、盐度、叶绿素 a、无机氮、COD、无机磷、浮游植物为因子,分析这些环境因子与粪大肠杆菌、异养细菌的相关性,结果分别见表1和表2。回归方程采用了线性、对数、多项式、乘幂和指数等多种形式的函数进行回归,最后以其中相关系数 R^2 值的最大者为确定方程。

从表1可以看出,除盐度与粪大肠杆菌数量呈负相关外,水温、无机氮(包括氨氮、亚硝氮、硝酸盐氮)、COD、无机磷和叶绿素 a 呈正相关。水温、盐度、无机磷、无机氮与粪大肠杆菌的相关系数较高,均大于6.0,表明这几种因子是影响粪大肠杆菌分布的重要因子,这与小川数也对日本沿岸的研究结果^[10,11]基本是一致的。浮游植物与粪大肠杆菌的相关系数显得较小,具体表现为,水体透明度高、易于光合作用而导致浮游植物量大的外海侧海域,如 H9、H10 和 H11、H12 的粪大肠杆菌数量相差较大,分别

为 370 个/L 和 210 个/L, 前者超过后者的 76.2%, 这是因为 H9、H10 比之于 H11、H12 海域更多地受到嵊泗列岛陆源性物质的影响所致。与叶绿素 a 的相关系数较小, 同样表明粪大肠杆菌分布主要受陆源性物质的影响。由于 COD 浓度可以大致反映有机物含量的高低, 因此它与粪大肠杆菌的正相关, 说明粪大肠杆菌与有机物分布存在着一定的联系。另外, 杭州湾氮磷原子比通常在 120 以上, 大大高于 Redfield 值的 16, 相对地使得磷成为该海域浮游植物生长的限制性营养物质, 无机磷与粪大肠杆菌的相关系数大于无机氮从侧面反映了杭州湾海域的这一环境特征。由于无机氮、无机磷和 COD 与富营养化之间存在着密切联系^[12], 所以粪大肠杆菌与这三者的相关性均较好, 即说明杭州湾粪大肠杆菌的数量分布是与该海域富营养化程度呈正相关的。

由表 2 可知, 异养细菌与水温、叶绿素 a、浮游植物、COD 呈正相关, 而与无机氮(包括氨氮、亚硝氮、硝酸盐氮)、无机磷、盐度呈负相关。水温、盐度、叶绿素 a 的相关系数较大, 表明它们对异养细菌数量分布的影响较为明显。海洋中动、植物残骸通过异养细菌分解, 其分解产物又反过来为动、植物所利用^[13], 叶绿素 a、浮游植物与异养细菌呈正相关充分说明了这一点。无机氮作为异养细菌的氮源而被大量利用, 而无机磷则被异养细菌用来参与磷的物质循环, 因此无机磷及无机氮均呈负相关, 即异养细菌数量高的海域, 无机磷和无机氮的浓度小, 这种负相关性在氮磷供应相对稳定的外海侧海域尤为明显, 若以回归方程计算的异养细菌对于无机氮和无机磷的发生斜率作评价, 如表 2 所示, 整个杭州湾海域之全体平均值分别为 597 和 2341, 但以此为基准计算在外海侧 H9、H10、H11 和 H12 海域的平均值分别为 17816 和 2854, 均大于全体平均值; 而在河口侧 H3、H5 和 H6 海域则分别为 446 和 2056, 均小于全体平均值。异养细菌的繁殖随着有机物浓度的增大而旺盛^[13], 但杭州湾海域的有机物浓度除了与 COD 有关外, 还与浮游植物的数量有关, 浮游植物产生的大量可溶性胞外产物, 绝大部分也为溶解有机物, 能迅速被异养细菌类所摄取^[14], 浮游植物含量越高, 则单位时间内胞体释放的溶解有机物及沉积的胞体死亡残骸越多, 因此, 异养细菌与浮游植物之间存在着良好的相关性。

3 结论

根据对杭州湾海域的水质监测和微生物检测结果及环境因子的相关性分析, 得到如下结论:

(1) 杭州湾粪大肠杆菌数量分布呈现河口侧及北岸附近海域高, 并由此向外海递减的特征; 而异养细菌的分布趋势则为外海侧数量较高、其它海区相对较低。

(2) 粪大肠杆菌与盐度呈负相关, 与水温、COD、无机磷、无机氮、叶绿素 a 等呈正相关; 而异养细菌则与水温、叶绿素 a、浮游植物、COD 呈现正相关, 与无机氮(包括氨氮、亚硝氮、硝酸盐氮)、无机磷、盐度呈负相关。

表 1 杭州湾粪大肠杆菌量

各环境因子的相关关系

Tab.1 Correlation between fecal coliform bacteria and environmental factors in Hangzhou Bay

项目	回归方程	样本数	显著性	相关系数 R ²
水温	$y = 4649.7 \ln(x) - 14305$	26	<0.05	0.6216
盐度	$y = -267.69 \ln(x) + 1038.6$	26	<0.05	0.7268
叶绿素 a	$y = 1682.3 \ln(x) - 289.27$	26	<0.05	0.4198
无机氮	$y = 345.81x - 72.503$	26	<0.05	0.6085
COD	$y = 70.392x + 87.591$	26	<0.05	0.4941
无机磷	$y = 398.67 \ln(x) + 1599.1$	26	<0.05	0.6804
浮游植物	$y = 38.642 \ln(x) + 74.931$	26	<0.05	0.3405

表 2 杭州湾异养细菌与各环境因子的相关关系

Tab.2 Correlation between heterotrophic bacteria and environmental factors in Hangzhou Bay

项目	回归方程	样本数	显著性	相关系数 R ²
水温	$y = 188526 \ln(x) - 585557$	26	<0.05	0.6233
盐度	$y = -4538.2 \ln(x) + 20810$	26	<0.05	0.6287
叶绿素 a	$y = 47267 \ln(x) - 9492.4$	26	<0.05	0.6749
无机氮	$y = -597 \ln(x) + 7331.8$	26	<0.05	0.4848
COD	$y = 1419x + 4097$	26	<0.05	0.5683
无机磷	$y = -2340.7 \ln(x) - 106.06$	26	<0.05	0.5863
浮游植物	$y = 523.48 \ln(x) + 2426.1$	26	<0.05	0.5956

(3)粪大肠杆菌和异养细菌均与盐度、水温呈较高相关性,除此之外,前者的分布受陆源性物质的影响较大,而后者则与浮游植物的相关性较好。

参考文献:

- [1] 史君贤, C. 库蒂, 陈忠元, 等. 长江口及其毗连海域细菌数量、ATP 的分布微生物呼吸率特征[A]. 长江口及其毗连海域东海近岸水域生物地球化研究国际讨论会论文摘要集[C]. 北京: 海洋出版社, 1988: 30-35.
- [2] 林燕顺, 周宗澄, 叶德赞. 厦门港近岸水域中粪大肠杆菌群分布的初步研究[J]. 海洋学报, 1983, 5(6): 789-792.
- [3] 沈鸿书, 甘子钧, 蓝淑芳. 杭州湾的基本水文特征[A]. 海洋科学集刊[M]. 北京: 科学出版社, 1964: 126-168.
- [4] 谢钦春. 浙江省海岸带和海涂资源综合调查报告[R]. 北京: 海洋出版社, 1988: 169-172.
- [5] 国家海洋局. 海洋调查规范[M]. 北京: 海洋出版社, 1975: 9-19.
- [6] 国家海洋局. 海洋污染调查[M]. 北京: 海洋出版社, 1979: 20-28.
- [7] 章守宇, 焦俊鹏, 杨红. 浙江北部沿海富营养化评价[A]. 全国第六届海洋环境与水环境学术研讨会暨赤潮防治专题讨论会论文摘要集[C]. 1999: 55.
- [8] 倪纯治. 赤潮与海洋微生物[J]. 海洋环境科学, 1988, 7(3): 253-255.
- [9] 郑国兴, 史君贤, 陈忠元, 等. 长江口及邻近陆架区细菌与沉积物相互关系的初步探讨[J]. 海洋学报, 1982, 4(6): 743-753.
- [10] 小川数也. 沿岸水域における大肠杆菌の分布[J]. 日本海洋学会志, 1973, 29(5): 203-208.
- [11] 小川数也. 海水中における大肠杆菌群の消長に影響を及ぼす諸要因[J]. 日本海洋学会志, 1974, 30(2): 54-60.
- [12] 邹景忠, 董丽萍, 秦保平. 渤海湾富营养化和赤潮问题的初步探讨[J]. 海洋环境科学, 1983, 2(2): 41-54.
- [13] 薛延耀编译. 海洋细菌学[M]. 北京: 科学出版社, 1962: 69-72, 47-50.
- [14] Mann K H. Ecology of coastal waters[M]. Blackwell Scientific Publication, Canada: Academic Press, 1982: 101-102.

《淡水渔业》2001 年征订启事

2001 年是《淡水渔业》创刊 30 周年,为了更好地服务于广大读者,办成国内外知名的精品杂志,本刊从 2001 年第 1 期起改为国际流行的大 16 开,正文与封面纸张质量、印刷质量将有较大提高,正文由 48 页增至 64 页,刊登内容仍然以渔业实用生产技术为主,适当报道具有实用价值的科研新成果及渔业动态信息,更加贴近渔业生产,贴近渔民。

《淡水渔业》2001 年为双月刊,每单月 5 日出版,每册定价 5 元,全年 6 期 30 元。为方便广大读者,仍采用两种订阅方式:①可在当地邮局订阅(本刊发行代号为 38-32,国内统一刊号为 CN42-1138);●可直接汇款到杂志社订阅(可随时订阅全年杂志)。为感谢广大新老读者对本刊的厚爱,凡订阅 2001 年《淡水渔业》杂志者,凭订单复印件或汇款单,可在本刊免费刊登一条供求信息(50 字以内)。凡直接向杂志社一次订阅 10 份以上者,按定价的 8 折收费。

淡水渔业杂志社地址:湖北省荆州市江汉北路,邮政编码:434000,电话(0716)8212277-3017,传真:(0716)8228212。欢迎新老读者订阅,欢迎广大作者惠寄稿件,欢迎新老客户刊登各种广告(本刊改为大 16 开后,广告价格不变)。

让我们和各位朋友携手共庆《淡水渔业》创刊 30 周年!