

舟山群岛岩相潮间带日本笠藤壶重金属富集及其污染评价

薛俊增, 肖利, 吴惠仙

上海海洋大学; 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306

摘要 日本笠藤壶是舟山群岛岩相潮间带的广布种, 对重金属具有较强的富集能力, 是生物监测海洋重金属污染的良好指示种。为了探讨舟山海域重金属的污染状况及其在海洋生物体内的富集规律, 本文分析了该种对 Cu、Pb、Cd、Cr、As 和 Hg 的富集能力。结果表明, 日本笠藤壶体内 Cu 的含量显著高于 Pb、Cd、Cr、As 和 Hg 的含量, 且 Pb 和 Hg 富集量之间呈显著的正相关关系。根据日本笠藤壶体内积累的重金属总量, 在本研究的 7 个样点中, 岱山和小洋的日本笠藤壶受重金属污染程度高。与海洋贝类生物质量标准相比, 除 Pb 和 Hg 超过各自的第二类标准值外, 日本笠藤壶体内 Cu、Cd、Cr 和 As 含量都没有超过各自的第二类标准值, 这表明目前舟山群岛海域日本笠藤壶受 Pb 和 Hg 的污染较为严重, 受 Cu、Cr、Cd、As 的污染较轻。

关键词 舟山群岛; 岩相潮间带; 日本笠藤壶; 重金属; 污染评价

中图分类号 X826

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.18.001

Metal Content and Contamination Assessment in *Tetraclita japonica* from the Rocky Intertidal Zone of Zhoushan Islands

XUE Junzeng, XIAO Li, WU Huixian

Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education; Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China

Abstract *Tetraclita japonica* is a good bio-monitor for the marine heavy metal pollution. *Tetraclita japonica* is a fouling organism and commonly distributes in the rocky intertidal zone of Zhoushan Islands, which has high accumulation abilities of heavy metal. In order to investigate heavy metal pollution in Zhoushan sea area and its enrichment regularity in marine organisms, the accumulation abilities of Cu, Pb, Cd, Cr, As, and Hg in *Tetraclita japonica* are analyzed. The results show that content of Cu are much higher than that of Pb, Cd, Cr, As, and Hg in *Tetraclita japonica*, and there is also a significantly positive correlation between Pb and Hg content. According to its total quantity of accumulated metals, it could be seen that *Tetraclita japonica* from Daishan and Xiaoyang Islands are most severely polluted by heavy metal among the seven sampling sites studied. In comparison with the biological quality criteria for marine bivalves, metal contents in *Tetraclita japonica* are almost below the second standard value except contents of Pb and Hg. By contrast to the heavy metals of Cu, Cr, Cd, and As, *Tetraclita japonica* in Zhoushan Islands is contaminated by Pb and Hg quite seriously.

Keywords Zhoushan Islands; rocky intertidal zone; *Tetraclita japonica*; heavy metal; contamination assessment

0 引言

舟山群岛位于长江口以南、杭州湾以东的浙江省北部海域 (120.56°—123.00°N, 29.30°—30.50°E), 是长江水体南下的必经之路, 也是杭州湾水体与东海水体交汇的主要通道^[1], 海洋生物重要的栖息地和产卵、育幼及索饵场所^[2]。舟山海域拥

有集装箱吞吐量世界排名分列第二位、第八位的上海港分港——洋山港和宁波—舟山港 (2009 年)^[3], 海上交通运输业极为发达, 作业渔船为数众多, 船舶修造工业快速发展, 港口建设、海上溢油、压舱水排放、城市废水排放等人类生产活动频繁, 带来了大量的重金属污染物排入海^[4]。由于海洋生物对

收稿日期: 2011-04-25; 修回日期: 2011-05-25

基金项目: 上海市教委科研创新项目 (10YZ125); 上海市教委重点学科建设项目 (J50701)

作者简介: 薛俊增, 教授, 研究方向为海洋生物学, 电子信箱: jzxue@shou.edu.cn; 吴惠仙 (通信作者), 副教授, 研究方向为海洋生物学, 电子信箱: hxwu@shou.edu.cn

2.5.3 舟山群岛海域重金属污染现状

环境中重金属通过水体或食物等多种途径进入生物体内,所以指示生物的选用为探明重金属来源提供了综合的方法^[7-24]。藤壶体内重金属来源于水体溶解态重金属,以及结合或者吸附重金属的悬浮食物颗粒。日本笠藤壶用胸肢捕食大颗粒食物和触角上的刚毛滤食小颗粒食物^[25],胃含物中动物性食物和植物性食物数量都比较多,而海洋浮游动物和浮游植物对重金属的吸附存在一定的差异,如中华哲水蚤粪块含 Cu 量比用作饵料的三角指藻高 2.7—29 倍, Cd 含量略低于藻^[26]。因此,不同样点日本笠藤壶对同种重金属表现出不同的富集特征(表 4)。

小洋拥有集装箱世界排名第二位的上海港分港——洋山港^[3],往来船舶密集。船舶空载时,通过装载一定量的压舱水使船舶保持安全平稳,在装货前再排放至停泊港口水域,因此港口附近水域拥有大量压舱水的排放。杨晨光等^[27]研究了入境船舶载自境外的压舱水中重金属元素污染情况,发现压舱水中 Cu 超标的船舶达到 87.50%。此外,石油中 Hg 的质量分数最高可达数千 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ^[28]。1998 年,岱山原油中转站竣工投产,负责接收由海上综合生产平台通过海底输油管线直接进站的稳定原油。因此,压舱水排放和原油中转造成了岱山和小洋 Cu 和 Hg 的局部污染。

3 结论

(1) 通过各调查样点表层海水溶解态重金属含量与《海水水质标准》第一类标准值的比较,得知舟山群岛潮间带表层海水溶解态重金属 Cu、Pb、As、Cd、Cr 污染指数较低,部分样点总 Hg 污染指数偏高。

(2) 从均值比较来看,日本笠藤壶对不同种重金属间的富集能力由高到低的顺序是: $\text{Hg} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cd} > \text{Cr} > \text{As}$ 。总体而言,日本笠藤壶对重金属具有较强的富集能力,是生物监测海洋重金属污染良好的指示种。

(3) 重金属元素在日本笠藤壶体内的富集量由高到低依次为: $\text{Cu} > \text{Pb} > \text{Cr} > \text{Cd} > \text{Hg} > \text{As}$ 。通过回归分析发现,舟山群岛各岩相潮间带 Pb 与 Hg 污染源有一定的相关性。

(4) 综合 MPI 指数和聚类分析结果得知,第二大类样点岱山、小洋,比第一大类样点嵎泗、枸杞、朱家尖、衢山和大洋,日本笠藤壶体内受重金属污染程度高。

(5) 目前舟山群岛海域日本笠藤壶受 Pb 和 Hg 的污染较为严重,受 Cu、Cr、Cd、As 的污染较轻。

参考文献 (References)

- [1] 胡日军, 吴建政, 朱龙海, 等. 东海舟山群岛海域表层沉积物运移特性 [J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2009, 39(3): 495-500.
Hu Rijun, Wu Jianzheng, Zhu Longhai, et al. Periodical of Ocean University of China, 2009, 39(3): 495-500.
- [2] Wang Y M, Wang M C, Yang H L, et al. Distribution of petroleum hydrocarbon in marine animals and indicator for organic contamination in Zhoushan Island area [J]. Marine Environmental Science, 2008, 27(6):

610-615.

- [3] 刘菊香. 2009 年世界集装箱港口前 100 强排名[J]. 中国港口, 2010, 14(5): 25-26.
Liu Juxiang. China Ports, 2010, 14(5): 25-26.
- [4] 舟山市海洋与渔业局. 2009 年舟山市海洋环境质量公报[R]. 舟山: 舟山市海洋与渔业局, 2010.
The sea and fisheries department of Zhoushan. Zhoushan marine environment quality bulletin in 2009 [R]. Zhoushan: The Sea and Fisheries Department of Zhoushan, 2010.
- [5] Rainbow P S. 中国近海水域重金属的生物监测 [J]. 海洋环境科学, 1992, 11(2): 34-40.
Rainbow P S. Marine Environmental Science, 1992, 11(2): 34-40.
- [6] 阎铁, 吕海晶. 海洋污染生物监测中指示生物的选择 [J]. 海洋环境科学, 1989, 8(1): 50-55.
Yan Tie, Lu Haijing. Marine Environmental Science, 1989, 8(1): 50-55.
- [7] Rainbow P S. Biomonitoring of heavy metal availability in the marine environment[J]. Mar Pollut Bull, 1995, 31(4-12): 183-192.
- [8] 蔡如星, 郑锋, 王彝豪, 等. 舟山潮间带生态学研究 II. 数量及其分布 [J]. 东海海洋, 1991, 9(3): 58-72.
Cai Ruxing, Zheng Feng, Wang Yihao, et al. Donghai Marine Science, 1991, 9(3): 58-72.
- [9] 国家海洋局. GB 17378.3—2007 海洋监测规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-13.
State Oceanic Administration People's Republic of China. GB 17378.3—2007 marine monitoring protocols [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008: 1-13.
- [10] 国家海洋局. GB 17378.4—2007 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-27.
State Oceanic Administration People's Republic of China. GB 17378.4—2007 marine monitoring protocols [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008: 1-27.
- [11] 国家海洋局. GB 17378.6—2007 海洋监测规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008: 1-27.
State Oceanic Administration People's Republic of China. GB 17378.6—2007 marine monitoring protocols [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2008: 1-27.
- [12] Usero J, Gonzalez R E, Gracia I. Trace metal in the bivalve mollusks *ruditapes decussatus* and *ruditapes philippinarum* from the atlantic coast of southern Spain[J]. Environ Intern, 1997, 23(3): 291-298.
- [13] 王军, 翟毓秀, 宁劲松, 等. 养殖虾夷扇贝不同组织中重金属含量的分布[J]. 海洋科学, 2009, 33(8): 44-46.
Wang Jun, Zhai Yuxiu, Ning Jinsong, et al. Marine Sciences, 2009, 33(8): 44-46.
- [14] 国家海洋局东海分局. 2009 年东海区海洋环境质量公报 [R]. 上海: 国家海洋局东海分局, 2010.
East Sea Branch, State Oceanic Administration People's Republic of China. East sea marine environment quality bulletin in 2009 [R]. Shanghai: East Sea Branch, State Oceanic Administration People's Republic of China, 2010.
- [15] 国家海洋局. GB 3097—1997 海水水质标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998: 1-9.
State Oceanic Administration People's Republic of China. GB 3097—1997 marine water quality standard[S]. Beijing: Chinese Standard Press, 1998: 1-9.
- [16] Martin M H, Coughtrey P J. Biological monitoring of heavy metal pollution: Land and air [M]. London: Applied Science Publishers of the United Kingdom, 1982.

- [17] Rainbow P S, Furness R W. Heavy metal levels in marine environment [M]. London: CRC Press, 1990: 1-4.
- [18] Rainbow P S. The biology of heavy metals in the sea[J]. *Inter J Environ Studies*, 1985, 25(3): 195-211.
- [19] Rainbow P S. Trace metal accumulation in marine invertebrates: Marine biology or marine chemistry[J]. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 1997, 77(1): 195-210.
- [20] 薛克, 韩家波, 庄人沁. 辽宁沿海贝类体内重金属含量分析 [J]. 水产科学, 1994, 13(2): 16-19.
Xue Ke, Han Jiabo, Zhuang Renqin. *Fisheries Science*, 1994, 13(2): 16-19.
- [21] 洪丽玉, 洪华生, 徐立, 等. 闽江口-马祖海域表层沉积物及沿岸养殖区生物体中 Cu, Pb, Zn, Cd 的含量分布[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 2000, 39(1): 89-95.
Hong Liyu, Hong Huasheng, Xu Li, et al. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 2000, 39(1): 89-95.
- [22] 刘素美, 张经, 杨昕, 等. 山东近岸双壳类体内重金属的研究[J]. 青岛海洋大学学报: 自然科学版, 1999, 29(1): 67-74.
Liu Sumei, Zhang Jing, Yang Xin, et al. *Journal of Ocean University of Qingdao: Natural Science Edition*, 1999, 29(1): 67-74.
- [23] 国家海洋局. GB 1842 —2001 海洋生物质量[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002: 1-4.
State Oceanic Administration People's Republic of China. GB 1842—2001 marine biological quality [S]. Beijing: Chinese Standard Press, 2002: 1-4.
- [24] Phillips D J H, Raininbow P S. Biomonitoring of trace aquatic contaminants[M]. London: Elsevier Applied Science, 1993.
- [25] Anderson D T. Barnacles: Structure, function, development and evolution[M]. London: Chapman and Hall, 1994.
- [26] 林汝榕, 李少菁. 浮游动物对重金属的累积及转移[J]. 厦门大学学报: 自然科学版, 1988, 17(1): 104-109.
Lin Rurong, Li Shaojing. *Journal of Xiamen University: Natural Science*, 1988, 17(1): 104-109.
- [27] 杨晨光, 慈颖, 聂维忠, 等. 入境船舶压舱水中重金属元素监测初报[J]. 中国国境卫生检疫杂志, 2010, 14(6): 409-411.
Yang Chenguang, Ci Ying, Nie Weizhong, et al. *Chinese Journal of Frontier Health and Quarantine*, 2010, 14(6): 409-411.
- [28] 王卫平, 王子军. 石油和天然气中汞的赋存状态及其脱除方法[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2010, 15(3): 1-4.
Wang Weiping, Wang Zijun. *Corrosion & Protection in Petrochemical Industry*, 2010, 15(3): 1-4.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



“2011 年中国电机工程学会年会”征文

中国电机工程学会将于 2011 年 11 月 1 日在贵阳召开“2011 年中国电机工程学会年会”。

征文内容: 涉及发电领域、电力系统、输变电、供用电、高压、电机与电器、继电保护与安全自动装置、调度自动化、电力系统通信、电力信息系统、电气测量与仪表、电磁环境与电磁兼容、电能质量、电力电子、电力市场、电力工程经济与动能经济、电力企业管理等各个专业领域。

论文要求: 征稿对象为电机工程领域各专业的科技工作者; 年会论文集只收录未曾发表的论文, 请勿一稿两投; 每位作者限投两篇论文; 论文请勿涉及保密内容; 请作者确保论文内容的真实性和客观性, 文责自负; 论文投稿为全文投稿方式, 投稿稿件请用 Word 排版; 论文应完整、简明扼要, 应保留涉及主要观点的图片、曲线和表格, 并注明数据来源, 详细的文章格式请参考网站论文模板; 请登陆年会网络平台进行电子稿的报送 (<http://www.csee-conference.org/csee2011/>)。

征文截止日期: 2011 年 8 月 20 日。

联系人: 王海茹; **联系电话:** 010-63416395; **传真:** 010-63414319; **电子信箱:** 2011nh@csee.org.cn。