

# 船舶压舱水引入外来藻类的危害及监测\*

龙 华<sup>1</sup> 林石明<sup>2</sup> 梁君荣<sup>1</sup> 高杨<sup>1</sup> 虞秋波<sup>1</sup> 高亚辉<sup>1</sup>

(1. 厦门大学生命科学院 361005 2. 厦门出入境检验检疫局)

**摘要** 船舶压舱水是外来海洋生物入侵的主要媒介之一,是造成有害赤潮藻类世界范围的传播蔓延的重要原因。有害藻类的引入对当地的生态系统和经济已造成严重和深远的影响,是植物检疫的盲区。本文论述了压舱水引入外来藻类尤其是有毒藻类造成危害的问题和检疫技术。以引起有关部门的重视,解决压舱水藻类检测和检疫处理问题。

**关键词** 压舱水 藻类 危害 检测

随着世界经济和全球贸易的发展,船运业越来越繁忙。船舶从一个港口装载着作为压舱物的水,并将水卸载到其到达的港口,等于运输着出发地整个生态系统中的水生生物群体跨越大洋屏障到相似的生态环境<sup>[1]</sup>。致使海湾、港湾和内陆的水域都处于世界上最具威胁性的生态系统和物种的阴影之下。由压舱水引起的外来物种入侵,已经对许多国家和地区造成了重大影响。本文所要阐述的是压舱水引起的藻类,特别是赤潮藻入侵的问题。

压舱水是赤潮蔓延的重要媒介,近年来我国沿海赤潮越来越严重,其重要原因之一就是外来的生存能力较强的赤潮生物的入侵危害。一些有害、有毒物种甚至可以通过食物链等途径对陆地生物造成危害。

## 1 压舱水引入的藻类及其危害

在过去的一个世纪里,船舶压舱水传播藻类并在当地造成严重的经济和生态损失,已经得到了许多证据。其中甲藻通过压舱水传播并造成危害的现象尤其引人注目。下面是几个典型入侵事例。

**1.1 甲藻是近年来愈演愈烈的赤潮灾害的主要成员,尤其是有毒甲藻对海洋生态系统**

和渔业造成了重大危害。有毒甲藻通过压舱水及其沉淀物的排放进入澳大利亚<sup>[2]</sup>,并过滤食性贝类的积累引发麻痹性贝毒事件。澳大利亚一些港湾出现的有毒甲藻(如塔玛亚历山大藻和链状亚历山大藻)就是通过船舶的压舱水,从欧洲和日本携带来的。澳大利亚的检疫机构对澳大利亚港口的 80 只货船的压舱水进行了检疫,发现有 40% 货船压舱水有甲藻孢囊,6% 是有毒甲藻孢囊。澳大利亚沿岸的渔业和旅游业由于引入的甲藻形成的严重赤潮而损失惨重。深刻的教训也是澳大利亚成为世界上最早实行强制性压舱水管理的几个国家之一。

**1.2 塔玛亚历山大藻 *Alexandrium tamarense*** (法国<sup>[4]</sup>) 在 1995 年以前的近 10 年的监测工作中没有被发现,这个有毒种在该水域是新发现种。经形态学和分子数据分析发现该种与亚洲特别是日本的某些亚历山大藻种关系密切,和西欧及地中海的藻株并没有同源关系。到目前为止,日本的该种从没有在西太平洋以外报道过,很可能是通过停泊在法国的外来船只的压舱水引入的。

**1.3 波罗的海海链藻 *Thalassiosira baltica*** (美国<sup>[5]</sup>) 是 1988 年引入五大湖区的,通过安大

\* 收稿日期:2005 - 03 - 30,2005 - 06 - 01 修回

略湖 1994 年的底泥和 1998 年采集的浮游植物进行分析,结果显示它在当地生存下来,且以后成为了优势种。它经常在西欧和北欧海岸盐度较高水域中被发现,很少报道它出现在北美海岸水域,可能是由压舱水引入,由于其广盐性而得以成功繁衍。

这些外来藻类的引入对当地的生态系统和经济造成了严重影响。大型藻类与当地的土著物种争夺空间和营养,对处于同一生态位的藻类形成了威胁。由于外来物种往往具有更强的竞争能力,最终甚至能够取代当地的主要底栖藻类。这将造成海洋生态系统的重大改变,其他鱼类、底栖动物的栖息地丧失,必然对生物多样性和其他物种的生存造成破坏,进而影响海洋渔业和旅游业,造成经济损失。

在我国也有类似情况,齐雨藻等<sup>[3]</sup>在南海发现了目前只分布在东南亚国家的有毒甲藻—巴哈马梨甲藻(*Pyrodinium bahamense*)的孢囊,最可能的传播途径也是压舱水。以往几十年的海洋调查,一些从未见报道的种类,现在却成为某些区域的常见种(甚至网采样品也可见),如亚历山大藻属(*Alexandrium*)、短裸甲藻(*Gymnodinium breve*)等。

## 2 压舱水中藻类的检测

由于微藻细胞个体比较小,其鉴定和分析一般都是在显微镜或电镜下进行的,而且需要非常专业的分类知识和经验。

### 2.1 常规显微镜检测

检测进入香港海域的船舶压舱水中的藻类<sup>[6]</sup>,共发现 90 种硅藻和 17 种甲藻,中肋骨条藻(*Skeletonema costatum*),拟菱形藻(*Pseudonitzschia* spp.),海链藻(*Thalassiosira* spp.)和角毛藻(*Chaetoceros* spp.)是最常见的种类。

调查进入澳大利亚 18 个港口的 343 艘货轮后发现<sup>[7]</sup>,65%的船只带有底泥沉淀物,其中含有外来的硅藻和甲藻。50%的底泥中

带有甲藻孢囊,共发现甲藻孢囊 53 种,其中 20 种萌发,成功培养。16 艘船带有有毒甲藻的孢囊。

### 2.2 分子生物学技术检测

对于压舱水中藻类的检测,国内外开始采用多种分子生物学技术,实现对特定藻类的快速准确鉴定。

Scholin 等<sup>[8]</sup>在压舱水中的有毒亚历山大藻中发现了被命名为 A 基因和 B 基因的 2 个独特的小片段小亚基 rRNA,由此发展了通过 RFLP 技术对 58 个地区的亚历山大藻的 A 和 B 遗传标记的小亚基 rRNA 进行快速检测。发现在北美海域的所有有毒塔马亚历山大藻种群复合体中都有 A、B 两套基因,西欧等一些海域的藻类缺少 B 基因。日本海域北部的塔马亚历山大藻种群复合体也有 A、B 两套基因,而日本海域南部的塔马亚历山大藻缺少 B 基因。

另外该研究小组还进行了亚历山大藻的基因标记鉴定和 RNA 基因片段序列分析,分析了来自北美、西欧、意大利、日本、澳大利亚的船只压舱水中的亚历山大藻,发现日本和澳大利亚船只压舱水中的链状亚历山大藻表现出一致性,表明这两个地区的链状亚历山大藻是同一个种。一种可能的解释是链状亚历山大藻的孢囊通过船舶的压舱水从日本传入到澳大利亚,链状亚历山大藻孢囊的 LSU rRNA 基因分析也支持上述观点。陈月琴等<sup>[9]</sup>发现我国南海的塔玛亚历山大藻缺少 B 基因,这些成果能够用于对来自北美、西欧、泰国、日本、澳大利亚的货运船只的压舱水的亚历山大藻进行检测。

## 3 展望

虽然压舱水作为引入外来物种的重要媒介,早已为世界各国所认识,但迄今为止,对于海洋微藻,尤其是赤潮藻还缺乏有效的管理和检测手段。目前可行的是形态鉴定和分子生物学方法,两者各有其特点。形态鉴定

处理量大,可对藻类做宏观监控,缺点是周期长反应慢,而且许多微藻单从形态上很难区分,尤其是产毒与否无法确定。分子探针和类似的特异性分子技术对藻类的快速检测是很有前途的,但目前能够利用这种特异性分子技术检测的藻类毕竟还是少数,特异性探针的设计还需要藻类基因库的进一步充实完善。而研发相应的分子标记周期长,耗资大,只能对一些重点监控种类采用此方法。由于藻类的复杂性,结合这两种方法才能对压舱水中的微藻进行有效准确的检测。

另一个值得注意的方面是压舱水中孢囊的检测。一般来说,藻类的浮游期细胞在黑暗船舱中的生存能力有限,最适合通过压舱水传播的是它们的孢囊<sup>[10]</sup>。孢囊具有很强的抗性,能够耐受极端严酷的环境条件,甚至不怕被浮游动物捕食。仅一个船舱据估计就有超过 3 亿个有毒甲藻孢囊,这些孢囊能够萌发形成稳定的种群,进而影响当地的生态环境和渔业安全。

但是孢囊检测是有很大难度的。如某些藻类是否能够形成孢囊?很多藻类的孢囊形态还是不确定的,需要大量的试验来证明。其次,许多藻类孢囊的个体微小,表面差异细微,鉴定甚至要在电子显微镜下进行,有些孢囊的鉴定还必须进行萌发试验,孢囊的检测和鉴定过程需要非常专业的知识和实验经验。

正因为孢囊在藻类随压舱水传播中的重要作用,能够产生孢囊的有毒甲藻被作为压舱水控制和处理过程中的指示生物。发展孢囊的形态鉴定和其他鉴定技术(分子杂交,免疫荧光等),也是压舱水藻类检测的一个重要方向。

可以肯定,随着全球经济一体化的发展,航运业也不断发展扩大,越来越严重的藻类

入侵将会发生。为了保护本地水域不受有害物种的侵害,必须进行生物控制。在传统意识中,我国是以无病害无污染的水产品为傲的国家,但随着我国经济发展和与国外不断加强的贸易往来,必须加强对敏感水域(水产养殖区,生态保护区)的检疫力度,防止外来有害藻类的入侵。

### 参考文献

- 1 Carlton J T, Geller J B. Ecological Roulette: The global transport of nonindigenous marine organisms. *Science*, 1993, 261: 78 ~ 82
- 2 McMinn A, Hallegraef GM, Thomson P, et al. Cyst and radionucleotide evidence for the recent introduction of the toxic dinoflagellate *Gymnodinium catenatum* into Tasmanian waters. *Mar Eco Prog Ser*, 1997, 161: 165 ~ 172
- 3 齐雨藻. 中国沿海赤潮. 北京: 科学出版社, 2003, 309 ~ 310
- 4 Lilly E L, Kulis D M, Gentien P, et al. Paralytic shellfish poisoning toxins in France linked to a human-introduced strain of *Alexandrium catenella* from the western Pacific: evidence from DNA and toxin analysis. *Journal of Plankton Research*, 2002, 24(5): 443 ~ 452
- 5 Edlund M B, Taylor C M, Schelske C L, et al. *Thalassiosira baltica* (Grunow) Ostenfeld (Bacillariophyta), a new exotic species in the Great lakes. *Can J Fish Aquat Sci*, 2000, 57, 610 ~ 615
- 6 Zhang F Z, Dickman M. Mid-ocean exchange of container vessel ballast water. I: Seasonal factors affecting the transport of harmful diatoms and dinoflagellates. *Mar Ecol Prog Ser*, 1999, 176: 243 ~ 251
- 7 Hallegraef GM, Bolch C J. Transport of diatom and dinoflagellate resting spores in ships' ballast water: implications for plankton biogeography and aquaculture. *Journal of Plankton Research*, 1992, 14, 1067 ~ 1084
- 8 Scholin C A, Anderson D M. Identification of Group-and strain-specific genetic markers for globally distributed *Alexandrium* (Dinophyceae). RFLP analysis of SSU rRNA genes. *J Phycol*, 1994, 30, 744 ~ 754
- 9 陈月琴, 屈良鹤. 海洋亚历山大藻属种间界定的分子标准. *中山大学学报(自然科学版)*, 1999, 38: 7 ~ 11
- 10 Hallegraef GM. A review of harmful algal blooms and their apparent global increase. *Phycologia*, 1993, 32(2): 79 ~ 99