

## 船舰营运与附着生物的相互关系\*

黄修明 倪维章 卢濠魁 崔可铎

(中国科学院海洋研究所)

自十九世纪钢壳船大量建造以来,船舰的底部一般都涂有防污涂料,用来预防附着生物的附着生长,以保证船舰底部的清洁。但是,由于船舰坞修间隔期过长,超过了防污涂料的有效期;或由于涂装条件的变化和涂刷施工不当,使防污涂料不能发挥应有的作用。这样,海洋中生存的大量附着生物的幼虫或孢子,就要逐渐地附着在船舰的底部。附着生物的生长形成凹凸不平的临界面,当船舰航行时,海水流经船底产生很多小涡流,增加摩擦阻力,造成船舰航速的下降和燃料的过多消耗。据报道<sup>[1]</sup>在397艘被调查的船舰中,船速损失1%的76艘、损失5%的242艘、损失10%的68艘、损失15%的11艘。这些还是比较好的,最严重的船速损失可达25%。从上述的调查结果看来,船舰防污还是很需要解决的问题。

为了了解航行于我国沿海不同类型船舰上附着生物的种类组成、附着量及其在船底的附着分布情况,并探讨船舰营运与附着生物的关系,找出规律,为船舰附着生物防除积累资料。从1963年以来,我们对黄、渤、东海(福建沙埕以北部分)不同类型的船舰进行了附着生物的调查。其中,收集了18艘船舰附着生物的定量样品,对另外12艘只作了定性取样和观察。现将这些资料整理分析报道如下:

### 一、船舰附着生物的种类组成和生态特点

我们调查的船舰是航行于黄、渤、东海我国沿岸的。这些船舰分别隶属于旅大、青岛、定海和沙埕港等海港(参阅表1)。

旅大港的五艘船舰,共收集了附着生物22种,主要的有:纹藤壶 *Balanus amphitrite amphitrite*, 片状苔藓虫(如网纱帐苔虫 *Conopeum reticulum*), 内刺盘管虫 *Hydroides ezoensis*, 紫贻贝 *Mytilus edulis*, 柄海鞘 *Styela clava*, 真枝螽 *Eudendrium Carpillare* 和浒苔 *Enteromorpha* spp. 等。青岛港的三艘船舰,共收集了附着生物23种,主要的有:内刺盘管虫 *Hydroides ezoensis*; 纹藤壶 *Balanus amphitrite amphitrite* 和泥藤壶 *Balanus uliginosus*, 柄海鞘 *Styela clava*, 紫贻贝 *Mytilus edulis* 和褶牡蛎 *Ostrea plicatula* 等。定海港的九艘船舰,共收集附着生物7种,主要的有:海筒螽 *Tubularia marina*, 泥藤壶 *Balanus uliginosus*, 褶牡蛎 *Ostrea plicatula* 和浒苔 *Enteromorpha* spp. 等。沙埕港的一艘船舰,共收集了附着生物8种,主要的有:褶牡蛎 *Ostrea plicatula*, 纹藤壶 *Balanus amphitrite amphitrite* 和片状苔藓虫等。上述船舰附着生物的组成与1960年前后开展的秦皇岛,大连、青岛、石浦、厦门、汕头、湛江和榆林等主要海港附着生物系统调查结果<sup>1), [1-4]</sup>进

\* 中国科学院海洋研究所调查研究报告第414号。参加工作的还有杨则禹、尹建德、张枫轩。

1) 参见广东省海洋研究所,1972年,广东湛江港和汕头港的海洋附着生物。

表 1 调查船舰的营运和附着生物情况

船舰编号	船舰营运情况			附着生物情况			
	航行海区	船属港	船速	附着生物种数	主要附着生物种类	附着面积 (%)	平均附着量 (克/米 <sup>2</sup> )
1	黄渤海	旅大	中速	22	纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i> 内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 网纱帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i> 紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	50%	1461.9
2	黄渤海	旅大	慢速 港工船	14	网纱帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i> 菊海鞘 <i>Botrylloides</i> spp. 内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i>	20%	296.5
3	黄渤海	旅大	中速	16	浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp. 内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 真枝螵 <i>Eudendrium capillare</i> 柄海鞘 <i>Styela clava</i>	30%	315.0
4	黄渤海	旅大	中速	19	内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 网纱帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i> 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i> 柄海鞘 <i>Styela clava</i>	60%	3581.3
5	黄渤海	旅大	慢速 港内交通船	8	紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i> 浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp. 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i>	100%	6530.5
6	黄海	青岛	慢速 无动力港工船	11	内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i> 柄海鞘 <i>Styela clava</i> 紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	100%	10222.4
7	黄海	青岛	慢速 港工船	12	内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i> 柄海鞘 <i>Styela clava</i> 紫贻贝 <i>Mytilus edulis</i>	100%	15314.1
8	黄海	青岛	中速	23	内刺盘管虫 <i>Hydroides exoensis</i> 柄海鞘 <i>Styela clava</i> 泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	100%	28074.8
9	东海	定海	中速	7	海筒螵 <i>Tubularia marina</i> 泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp.	20%	89.5
10	东海	定海	中速	4	泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 海筒螵 <i>Tubularia marina</i> 浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp. 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	40%	266.4
11	东海	定海	慢速	3	海筒螵 <i>Tubularia marina</i> 网纱帐苔虫 <i>Conopeum reticulum</i> 浒苔 <i>Enteromorpha</i> spp.	30%	113.0

续 表 1

船舰 编号	船舰营运情况			附着生物情况			
	航行 海区	船属港	船 速	附着生 物种数	主要附着生物种类	附着面积 (%)	平均附着量 (克/米 <sup>2</sup> )
12	东海	定海	中速	3	泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 海筒媳 <i>Tubularia marina</i> 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	30%	138.4
13	东海	定海	中速	4	泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i> 海筒媳 <i>Tubularia marina</i>	70%	409.0
14	东海	定海	中速	4	浒 苔 <i>Enteromorpha</i> spp. 海筒媳 <i>Tubularia marina</i> 泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i>	20%	71.9
15	东海	定海	中速	3	泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 海筒媳 <i>Tubularia marina</i> 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	50%	239.7
16	东海	定海	中速	5	泥藤壶 <i>Balanus uliginosus</i> 海筒媳 <i>Tubularia marina</i> 褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	80%	433.4
17	东海	定海	中速	3	海筒媳 <i>Tubularia marina</i> 浒 苔 <i>Enteromorpha</i> spp.	15%	46.0
18	东海	沙埭港	慢速	8	褶牡蛎 <i>Ostrea plicatula</i> 纹藤壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i> 苔藓虫 <i>Bryozoa</i>	60%	775.2

行比较。譬如旅大港的五艘船舰我们只收集到 22 种。与大连港 104 种相比,仅为该港附着生物种类总数的 11.5%。青岛港的三艘船舰收集到 23 种,与青岛港 115 种相比,仅为青岛港的 11.3%。定海港的九艘船舰收集 7 种,与石浦港 76 种相比,仅为石浦港的 9.2%。沙埭港的一艘船舰收集到 8 种,与厦门港 75 种相比,仅为厦门港的 10.6%。

为了进一步阐明那些附着生物经常附着在船舰上,我们利用上述资料作了统计分析(见表 2)。藤壶是航行于黄、渤海区船舰上最常见的种类出现频率为 100%。其次是内刺盘管虫和紫贻贝出现频率均为 87%。再其次是柄海鞘和薺枝媳出现频率为 75%。航行于东海区的与航行于黄、渤海区的船舰上的附着生物有所不同。其中海筒媳是最常见的种类,出现频率为 90%。此外,出现频率高的,还有泥藤壶(出现频率 70%),褶牡蛎(60%)和浒苔(50%)。以上这些出现频率高的附着生物,都是我们在船舰防污措施中,必须重点研究的种类。

综上所述,我们可以把船舰附着生物生态特点归纳成两点:(1)船舰附着生物种类完全隶属和反映出船属港及其所航行海区的附着生物情况,没有发现新种类。(2)附着生物的种类组成比较简单,大致为该船所属港附着生物种类总数的 10%,优势种明显突出。

## 二、船舰附着生物的数量

船舰附着生物的附着量,由于有的船舰各部位的附着生物不均匀,为了简化、明瞭,并

表 2 主要附着生物在黄、渤、东海区船舰上的出现频率(%)

主要附着生物种类	黄、渤海	东 海
纹 藤 壶 <i>Balanus amphitrite amphitrite</i>	100	10
泥 藤 壶 <i>Balanus uliginosus</i>	37	70
内 刺 盘 管 虫 <i>Hydroides exoensis</i>	87	
紫 贻 贝 <i>Mytilus edulis</i>	87	
柄 海 鞘 <i>Styela clava</i>	75	
褶 牡 蛎 <i>Ostrea plicatula</i>	62	60
海 筒 蛄 <i>Tubularia marina</i>		90
曲 膝 枝 蛄 <i>Obelia geniculata</i>	75	
细 管 真 珠 蛄 <i>Eudendrium carpillare</i>	25	
阔 口 隐 槽 苔 虫 <i>Cryptosula pallasiana</i>		20
网 纱 帐 苔 虫 <i>Conopeum reticulum</i>		10
玻 璃 海 鞘 <i>Ciona intestinalis</i>	37	
浒 苔 <i>Enteromorpha spp.</i>		50
软 丝 藻 <i>Ulothrix sp.</i>		10

能进行比较和讨论,在这里我们采用全船平均附着量和附着面积两个指标。我们这次的调查资料,最高附着量为每平方米 28074.8 克最低的为 46 克,高低相差 600 余倍。以青岛港的慢速船附着量最高。旅大港的每平方米数百克,最严重的可达 6000 余克。沙埕港的 700 余克。定海港的最少,约为几十到几百克之间。附着面积最高达 100%。全部面积都附满生物,并有生物叠生物多层附着的现象。最少的为 15%。被调查的 18 艘船舰中,附着面积达 15—30% 的有 7 艘,占总调查船数的 39%。附着面积 40—50% 的有 3 艘,占 17%。附着面积 60—95% 的有 4 艘,占 22%。附着面积 100% 的有 4 艘,占 22%。如果与亚得里亚海(在地中海北部)18 艘船舰附着生物附着面积相比<sup>[9]</sup>(参阅表 3)。黄、渤、东海的船舰附着生物附着面积都偏高,而亚得里亚海的船舰附着生物附着面积,半数以上的船舰不超过 30%,而且没有附着面积达 100% 的。

表 3 黄、渤、东海与亚得里亚海船舰附着面积统计表

附着生物附着面积 (%)	黄、渤、东海		亚得里亚海	
	船 舰 数	百分比(%)	船 舰 数	百分比(%)
5—10			8	17
10—30	7	39	3	44
40—50	3	17		
60—95	4	22	7	39
100	4	22		

从这次所调查的船舰附着生物附着量和附着面积来看,它充分揭示了当前附着生物对我国船舰的危害,是十分严重的问题。它直接威胁着我国的国防和生产。因此有必要大力开展船舰防污研究工作,以满足我国航海事业发展的需要。

### 三、附着生物在船底的分布及其附着发展过程

根据我们观察和收集的附着生物样品,船舰附着生物的分布情况,大致可分为两种类型。(1)附着生物分布均匀的:船底的各个部位附着生物的数量基本上是均匀一致的

(图1)。例如7号船, 艏部附着量 16634.0 克/米<sup>2</sup>, 舢部 18716.7 克/米<sup>2</sup>, 艉部 13820.0

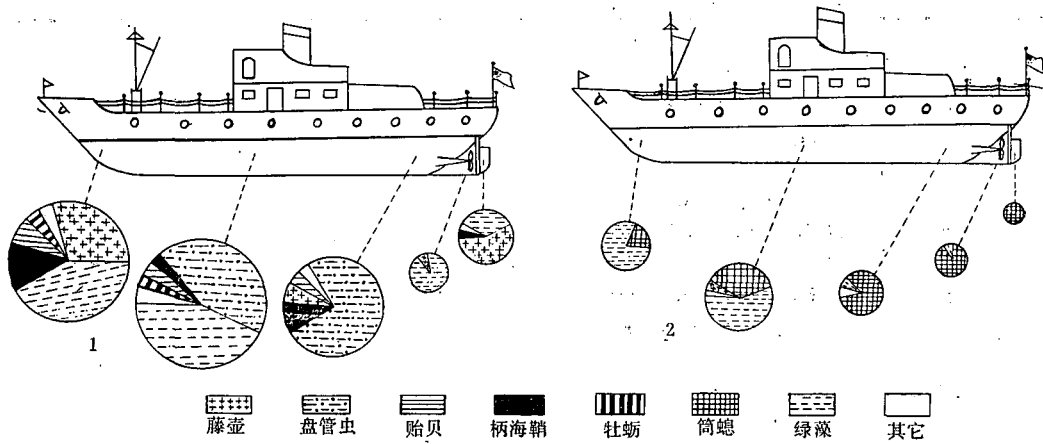


图1 船底各部位附着量分布示意图

1. 7号船; 2. 9号船。

克/米<sup>2</sup>, 螺旋桨 5752.5 克/米<sup>2</sup>, 舵 1200.0 克/米<sup>2</sup>。(2)附着生物分布不均匀的: 船底各部位附着生物的数量有较大的差别。一般艏部少, 仅水线附近有些海藻; 动物不多。附着最多的部位是舢部或舢部(这与船型有关, 登陆艇舢部多, 流线型的舢部多), 螺旋桨较少, 舵上也有一些生物附着。例如9号船, 艏部附着量 80.8 克/米<sup>2</sup>, 舢部 145.8 克/米<sup>2</sup>, 舢部 76.7 克/米<sup>2</sup>, 螺旋桨 27.5 克/米<sup>2</sup>, 舵 47.5 克/米<sup>2</sup>。

在涂有防污涂料的船舰底部, 附着生物的附着有一个发展的过程。如从涂料防污机制的观点来看, 漆基仅是一种载毒工具。其防污机能主要是依靠涂料中所包含的毒物不断渗出, 使表面形成一层毒膜来预防生物附着。但是, 涂料中所含的毒物总有一个最大的限度。换句话说, 也就是防污涂料有它一定的有效期。超过了这个有效期, 从涂料中渗出的毒物浓度将随时间的延长而逐渐减低, 这样就不足以预防生物的附着。因此, 附着生物就要逐渐地附着在船舰的底部。首先被附着的部位, 大多数船舰都在钢板的焊缝、铆钉和较隐蔽的角落因为这些表面凹凸不平 and 转弯拐角, 防污漆不容易涂刷均匀。而后扩大发展到其它部位。另一方面, 从附着生物本身来说, 各种生物的抗毒性也有差别。最先附上去的是对毒物抵抗力强较的那些种类, 如藤壶、盘管虫等。随着防污涂料进一步的失效, 渗毒浓度越来越小, 再加上藤壶、盘管虫附着数量的增多, 掩盖了防污涂料。于是苔藓虫、水螅虫、牡蛎、贻贝等种类也相继附着上去。最后, 对毒物最敏感的海鞘也可以附着在上面。有了这些附着类型, 活动的种类如游走多毛类、腹足类、海星、鱼类也参与了 this 群落。这种附着和发展过程与在海水中无毒表面附着生物群落的形成和发展过程是相似的, 只是时间长短不同而已。船底上附着生物发展到对毒物敏感的种类都附上去, 也就是说, 到这个时候防污涂料已经完全失效了。船舰需要立即安排上坞, 重新涂刷防污涂料。

#### 四、船舰营运与附着生物的相互关系

从这次调查资料中(参阅表1)我们注意到, 旅大、青岛、定海三个港的船舰附着生物的

情况有很大的不同。青岛港的船舰附着生物最多,旅大港的其次,定海港的最少。即使是同一个港的船舰,附着量也有多有少,附着生物覆盖的面积也有大有小。通过仔细分析,定海港的船舰主要航行于浙江沿海。由于长江、钱塘江和甬江迳流的影响,沿岸海水盐度较低,有的船舰在服役期间经常逆甬江而上,停靠镇海、宁波等港,有的还曾经到达过上海港。而青岛、旅大港的船舰主要航行于黄海和渤海湾口附近,受淡水的影响较少。其次是青岛港的 6、7 号船是港工船,在航率不高、停港时间长,也是附着生物多的原因之一。旅大港的 5 号船是港内交通船,与 1、3、4 号相比航速都较低,因此附着生物特别多;2 号为挖泥船,作业时不断挖掘海泥,使船体周围海水混浊,附着生物就比较少。定海港 13—17 号船各种条件基本相似,只是坞修时使用的防污涂料和施工条件不同。附着生物的情况也有很大的差别;17、14 号附着生物最少,16、13 号最多。附着生物与船舰的相互关系,过去的报道<sup>[5,7,10,11]</sup>多偏重于附着生物对船舰的效应,这是一个方面。上述的事例以及在调查过程中我们观察到的大量现象,说明了船舰的船属港、航行海区、船速、业务性质、在航率、涂装防污涂料的品种,涂刷施工技术和坞修期等等,这些因素直接影响着附着生物的附着生长和数量的多少,这构成了它们相互关系的另一方面。附着生物在船底上附着生长,会降低航速迫使船舰不得不上坞维修,影响船舰的营运,而船舰的营运情况又能反过来决定附着生物的附着生长。我们认为两者之间存在着互相影响,互为因果的辩证关系。充分认识和利用这种关系对航运工作有一定的实践意义。

## 五、调查后的几点建议

调查船舰附着生物的种类组成、附着量、附着面积和它们之间的相互关系,其目的一方面是积累资料,丰富生物生态学;另一方面或更重要的目的是为船舰防除附着生物提出科学依据。当然,要预防船舰底部不受生物附着,主要是加强预防措施的研究和提高防污涂料的质量,延长防污有效期。但是,通过这次调查也给予我们一些启示。我们认为适当的改善船舰的营运,将可以减轻一些附着生物对船舰的危害。例如:

### 1. 合理安排船舰的坞修日期

防污涂料的防污效果总的趋势是随着时间的延长而减弱。黄、渤海区主要附着生物的繁殖附着期都集中于水温较高的 6—9 月份。航行于这个海区的船舰,如果是秋末冬初上坞,重新涂刷防污涂料的船舰下水后一直到第二年的五月以前,这段时间海洋里极少或没有附着生物繁殖附着,涂料中的防污毒物就白白地流失浪费了。在修船厂和船坞的条件许可下,如能尽量安排于春末夏初附着生物大量繁殖附着之前,才进行坞修,重新涂刷防污涂料。这样,在生物繁殖高峰期,也正好就是防污涂料防污效果最强的阶段,充分发挥了它的防污作用。东海、南海附着生物繁殖附着期较长,特别是南海海区各月附着量较均匀,就没有必要再考虑坞修季节了。

### 2. 正确地使用防污涂料

在涂刷防污涂料施工中,应切实遵照各种防污涂料商品说明书的技术要求,严格控制施工条件,进行施工。尤其应该注意有些质量较差的防污涂料,防沉性能较差,在储存过程中容易发生沉淀现象,因此使用之前必须搅拌均匀,切不可贪图省力,马虎从事。否则

大量毒物沉淀在桶底,仅用上部的稀料是不能获得应有的防污效果。另外要根据附着生物在船底不同部位附着量,在最容易被生物附着的部位,多涂刷1—2道防污涂料,以增强其防污能力。

### 3. 有意识地利用淡水港

我国沿岸如天津、上海、广州是淡水港口。海洋附着生物在淡水中浸泡时间长了,就会死亡,在以后的航行过程中被冲掉,以减少它的危害。因此在船舰营运中,如果可能的话,即应尽量有意识地使船舰多停靠在淡水港中。

### 4. 重视螺旋桨的防污措施

螺旋桨一般用锰铁黄铜或铅锰铁黄铜制成,这种合金本身没有防污能力。从这次调查的资料(表4)中可以看到螺旋桨上附有生物,附着量最小的是船舰平均附着量的1/3.5,多的超过船舰平均附着量。就单位面积来说螺旋桨上的附着生物,对降低船速的效应是显著的,螺旋桨的防污也是一个严重的问题。过去没有采取防污措施,今后应引起足够的重视,采用合适的防污方式。

表4 船舰螺旋桨上附着量与船舰平均附着量之比

船舰编号	螺旋桨的附着量	船舰平均附着量	螺旋桨与平均附着量之比
1	2350.0	1461.9	1:0.6
4	1892.5	3581.3	1:2
7	5752.5	15314.1	1:2.5
8	7938.8	28074.8	1:3.5
9	27.5	89.5	1:3
10	397.5	266.4	1:0.6

### 参 考 文 献

- [1] 李洁民、黄修明、黎国珍、林如杰, 1964。中国几个主要海港附着生物生态的研究。海洋与湖泊 6(4): 371—408。
- [2] 郑重、李松、林庆礼, 1953。厦门固着生物生态的初步研究。动物学报 5(1): 47—57。
- [3] 黄宗国、蔡如星, 1961。厦门港附着生物生态的研究。厦门大学学报 8(3): 220—250。
- [4] 黄宗国、蔡如星, 1962。榆林港的附着生物及其与厦门港的比较。厦门大学学报 9(3): 176—188。
- [5] 黄宗国、蔡如星, 1962。厦门海区海上交通设备的附着生物。厦门大学学报 9(3): 173—175。
- [6] 戴笠, 1936a。船底动物之附着生活与金属物质关系的研究。北平研究院中文报告汇刊 2(7): 143—154。
- [7] 戴笠, 1936b。船底生物之附着问题。北平研究院中文汇刊 3(6): 311—315。
- [8] Copisarow, M., 1945. *Science* 101: 406.
- [9] JgIc, L., 1968. 2nd Intern. Cong. Corros. Foul. 571—577.
- [10] Knight-jones, E. W. & D. T. Crisp, 1953. *Nature* 171(4364): 1109—1110.
- [11] Partington, A., 1961. *Corros. Tech.* part 1. 8(4): 176—179. part 2. 8(7): 211—214.
- [12] Perry, E., 1931. *Pacif. Mar. Rev.* 28, 202—203, 244—245.
- [13] Pyefinch, K. A., 1950. *Jour. Anim. Ecol.* 19(1): 29—25.
- [14] Skerman, T. M., 1960. *New Zealand Jour. of Sci.* 3(4): 620—648.
- [15] Visscher, J. P., 1928. *Bull. U. S. Bur. Fish.* 43(2): 193—252.

## A STUDY ON THE INTERRELATION BETWEEN SERVICE CONDITION OF SHIPS AND FOULING ORGANISMS\*

Huang Xiuming, Ni Weizhang, Lu Haokui and Cui Keduo

(Institute of Oceanology, Academia Sinica)

### ABSTRACT

Prolonged out-of-dock periods and the mistreatment of antifouling paints account for the existence of fouling organisms on the ship's hull. In order to take preventive measures against fouling organisms investigations should be carried out on various aspects. The fouling conditions of 30 ships operating on the coastal waters of China form the basis of this study with the aim of finding out the interrelation between service condition of ships and fouling organisms.

The material for this study consisted of samples collected since 1963, from the bow, the middle of the hull, the stern, the propeller blast and rudders when the ship is in dry dock. The results of observation and data on the analysis of samples are summarized in Table 1:

*Balanus amphitrite* Darwin, *Balanus uliginosus* Utinomi, *Hydroides ezoensis* Okuda, *Mytilus edulis* Linnaeus, *Styela clava* Herdman, *Tubularia marina* Torrey, *Ostrea plicatula* Gmelin, etc. were the dominant fouling organisms. The average weight of fouler on each ship varies from 31.5 g/m<sup>2</sup> to 28074 g/m<sup>2</sup>. Heaviest fouling occur on the harbour tugs and floating cranes which spend a large proportion of their service period at rest. Although the number of species far less than that of the home port fouling community, frequency of occurrence of a few dominant species is very high.

Settlement on the ship's hull is a gradual process. The fouling organisms at first settle on weld joints, rivets and sheltered corner, and then extend to other places. There is an actual sequence of settlement among the fouling organisms. The initially established population consists of barnacles and calcareous tube worms. Next to settle are the polyzoans, hydroids, oysters and mussels. The last to settle are those species such as tunicates and errant forms which are less tolerant to poisonous substances. The fouling organisms may be uniformly or un-uniformly distributed on the ship's hull.

The interrelation between service condition of ships and fouling organisms is a dialectical relation; on one hand, the fouling organisms attached to the hull of the ship cause a decrease in speed and thereby cause an increase in fuel consumption in order to maintain a given speed. On the other hand, the extent to which a ship is fouled depends on its service condition such as speed, operating waters, mooring berth and mooring periods etc.

\* Contribution No. 414 from the Institute of Oceanology, Academia Sinica.