

# 中国对虾、非鲫和海湾扇贝对海水实验围隔中悬浮物沉积的影响\*

## EFFECT OF CHINESE PRAWN, TILAPIA AND BAY SCALLOP ON DEPOSITION OF SUSPENDED PARTICLES IN SEA WATER EXPERIMENTAL ENCLOSURES

王 岩<sup>①</sup>

(青岛海洋大学 266003)

\* ① 养殖池塘水中悬浮物通常由浮游植物、腐屑和粘土颗粒组成。其中浮游植物和腐屑是滤食性鱼类和贝类的天然饵料,而悬浮粘土则往往对养殖生物不利。对养殖池塘悬浮物的组成和数量及其动态变化的研究目前尚不多见,这不利于深入了解池塘内物质循环的过程。本文初步报道了中国对虾、非鲫和海湾扇贝对海水养殖实验围隔内悬浮物沉积的影响,旨在为今后海水养殖池塘生态系统结构的优化提供基础资料。

### 1 材料和方法

实验分别于1995年和1996年的6~9月间进行,实验地点、围隔的构造以及两年实验中围隔的放养和养殖管理细节详见另文。

1995年在 p2, pf1, pf2, pf3, pf4, pfc2 等6个围隔,1996年6~8月在 P2, PF21, PF22, PF23, PS1, PS2, PS3 等8个围隔中定期悬挂沉积物收集器。两年使用的收集器均为圆桶形,1995年的收集面积为12.6 cm<sup>2</sup>,1996年的为23.8 cm<sup>2</sup>。收集器挂两层,一层在水面下20 cm,另一层距池底20 cm,每次收集时间为1~3 d。收集器收回后用虹吸法排掉内部上覆水,将收集到的固体部分在4 000 r/min的转速下离心10 min,吸除离心物表面水分后置60℃下烘干,在分析天平上称重。

1996年8月2日后将围隔中的中国对虾、非鲫和海湾扇贝捕出,并重新组合放养非鲫和海湾扇贝,进行第二期实验(8月下旬~9月中旬)。其中 PF22, PF21', PF22', P1' 围隔中非鲫的放养密度分别为0, 2 400, 4 000, 8 000, 12 000尾/ha, 鱼规格分别为197.5, 144.5, 151.0, 113.0 g/尾; PS1, PS2, PS3' 围隔中海湾

扇贝的放养密度分别为15 000, 45 000, 25 000尾/ha, 扇贝规格分别为20.9, 20.3, 34.3 g/尾; P2中不放养鱼、贝,做为对照围隔。在二期实验中,按前方法在上述围隔中定期收集沉积物。

1995年测定了围隔表层5 cm底泥和沉积物收集样品中的有机碳,1996年二期实验中测定了表层5 cm底泥与部分沉积物收集样品中的叶绿素 a,有关方法参见《海洋调查规范》。

围隔中悬浮物的沉积率按下式计算:

$$V_s = W_s / (S \times t)$$

其中  $V_s$  为沉积率[g/(m<sup>2</sup>·d)],  $W_s$  为沉积物收集量(g),  $S$  为收集面积(m<sup>2</sup>),  $t$  为收集时间(d)。

### 2 结果

两年悬浮沉积率测定结果列入表1。从中可见,1995年 pfc2 和 p2 围隔的底层沉积率高于 pf 系列,1995年 pf 系列内围隔间沉积率规律不明显;1996年6~8月 P2 和 PF 系列围隔表、底层的沉积率均明显高于 PS 系列,PF 系列内底层沉积率随鱼密度而增加,PS 系列内底层沉积率则随扇贝密度增加而降低;1996年8月下旬~9月中旬 PF22, PF21', PF22' 和 P1' 等养鱼围隔的底层沉积率最高,并且随鱼密度增加而增加,P2 次之,养扇贝的 S 系列最低,并且其中扇贝密度最低的 S1 沉积率相对较高。从1996年8月前、后的沉积率相

\* 国家攀登 B 专题资助 PD-B6-7-3 号和国家自然科学基金资助项目 39430102 号;  
王吉桥博士承担围隔的养殖日常管理,李德尚先生惠为审阅和修改文稿,谨此致谢。

① 作者现为中国科学院水生生物研究所博士后研究人员。  
收稿日期:1997-11-10

比可看出, 捕出对虾后多数围隔的底层沉积明显减轻。

从表 2 可见, 1995 年沉积物收集样品中有机碳含量大大高于同一围隔的底泥, 为后者的 2.4~4.1 倍以上。1996 年两期实验中沉积物收集样品中的叶绿素

a 也远高于底泥。1995 年实验围隔水中的叶绿素 a 与底层沉积率成显著负相关 ( $r = -0.817, n = 6$ ), 但在 1996 年的 6~8 月间 ( $r = -0.637, n = 7$ ) 和 8 月下旬~9 月中旬间 ( $r = -0.268, n = 8$ ) 水中叶绿素 a 与底层沉积率相关均较弱。

表 1 1995 年和 1996 年部分实验围隔中的悬浮物沉积率

1995 年		1996 年 6~8 月		1996 年 8 月下旬~9 月中旬	
围隔	沉积率 [g/(m <sup>2</sup> ·d)]	围隔	沉积率 [g/(m <sup>2</sup> ·d)]	围隔	沉积率 [g/(m <sup>2</sup> ·d)]
p2 表	138	P2 表	771±451	P2 表	111
底	212	底	1390±221	底	179
		PF21 表	675±707	PF22 表	156
		底	925±417	底	182
pf1 表	80	PF22 表	1780±1232	PF21' 表	88
底	164	底	1987±958	底	209
pf2 表	36	PF23 表	1318±1086	PF22' 表	140
底	140	底	2095±219	底	223
pf3 表	144			P1' 表	349
底	167			底	446
pf4 表	156	PS1 表	149±186	PS1 表	21
底	149	底	651±383	底	66
		PS2 表	344±129	PS2 表	14
		底	550±312	底	26
pfc2 表	184	PS3 表	55±44	PS3' 表	14
底	273	底	165±144	底	38

表 2 1995 年和 1996 年部分实验围隔水中的叶绿素 a 以及沉积物与表层底泥中的有机碳和叶绿素 a

1995 年				1996 年 6~8 月		1996 年 8 月下旬~9 月中旬			
围隔	水 叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	沉积物 有机碳 (%)	底泥 有机碳 (%)	围隔	水 叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	围隔	水 叶绿素 a (mg/m <sup>3</sup> )	沉积物 叶绿素 a (×10 <sup>-6</sup> )	底泥 叶绿素 a (×10 <sup>-6</sup> )
p2 表	2.60±2.27	1.84	0.54	P2 表	6.28±2.56	P2 表	6.0±2.6	18.78	2.61
底		1.70		底		底		19.12	
				PF21 表	6.88±3.44	PF22 表	17.1±4.3		3.37
				底		底			
pf1 表	4.65±2.99	1.98	0.46	PF22 表	5.03±2.74	PF21' 表	7.6±4.3	11.86	2.22
底		1.93		底		底		8.50	
pf2 表	4.10±4.37	2.39	0.47	PF23 表	6.12±4.02	PF22' 表	7.7±3.8	18.59	4.35
底		2.47		底		底		13.43	
pf3 表	3.07±2.23	1.59	0.46			P1' 表	10.5±5.3	11.27	4.31
底		3.34				底		16.17	
pf4 表	4.83±3.31		0.40	PS1 表	11.38±7.27	PS1 表	17.1±9.4		3.72
底				底		底			
				PS2 表	14.90±9.18	PS2 表	14.2±6.8		4.92
				底		底			
pfc2 表	2.23±1.58	1.03	0.46	PS3 表	89.51±95.82	PS3' 表	8.2±5.6	20.49	2.03
底		2.15		底		底		7.81	

### 3 讨论

沉积物中浮游植物、腐屑和粘土颗粒组成的比例因水体而差异很大。Demott 于 1989 年和林惋莲等 1990 年分别谈到海洋沿岸带和湖泊中腐屑的量有时可超过浮游植物。养鱼池中腐屑的数量也很多, Schroeder 1978 年估计淡水施肥养鱼池中腐屑链可提供 50%~70% 的鱼产量, 本实验收集的沉积物中的有机碳和叶绿素 a 含量均远远高于表层 5 cm 的底泥, 说明围隔沉积物中浮游植物和腐屑的比例较高。

关于养殖生物对池塘水-泥界面间物质交换所起的作用还不很清楚。Havens 等 1991 年的试验表明鱼类搅动可对浅水富营养湖泊的 N、P 循环和浮游生物产生影响。池塘养鱼中也发现养鲤鱼有时可影响到施肥的效果。Cuker 1987 年指出水中悬浮大量的粘土能影响浮游植物群落结构, 有助于使鞭毛藻成为优势种。1996 年有部分实验围隔中浮游植物以鞭毛甲藻占优势, 但当年围隔水中的叶绿素 a 与底层沉积率相关不显著, 看来还不能肯定与悬浮物有关。

1995 年围隔中悬浮物沉积率较低且彼此差别不大, 主要原因是该年围隔底质为较硬的粘壤土, 结果减弱了对虾和非鲫活动对底泥悬浮所起的作用。1996 年实验围隔底质表面为软性淤泥, 生物搅动对悬浮物沉积率影响较大, 6~8 月间 P2 和 PF 系列中的沉积率远高于 PS 系列, 且在 PF 系列中随鱼密度增加而升高, 在 PS 系列中随贝密度增加而降低, 说明非鲫具有加强水体混合运动, 促进物质循环的作用, 而海湾扇贝通过滤食能够大大降低水中悬浮物的数量。该年 8 月下旬~9 月中旬散养非鲫的围隔中悬浮物沉积率随鱼密度增加而增加, 并且养贝密度较高的围隔沉积率较低进一步证明了上述结论。与 8 月前的相应围隔对比, 1996 年两期实验中悬浮物沉积率明显降低, 这显

然与围隔中对虾被捕出有关, 说明对虾活动对 8 月前围隔中悬浮物沉积起到重要作用。由此可以看出, 精养和半精养虾池中对虾的活动很容易加快底质的再悬浮和沉积过程, 使水体变浑浊。虾农经常反映死虾前虾池水往往很浑, 死虾后水变清。作者初步分析认为水变清多半是虾死亡的结果。结合对实验围隔的水化学和浮游生物的研究结果可以肯定, 当虾池透明度和水中 TAN, NO<sub>2</sub>-N 浓度异常时, 往往意味着对虾生活状况的不正常。

既然对虾活动搅起的底质是围隔沉积物的主要来源, 沉积物与底质的成分应较接近才对, 但测定结果却表明前者的有机碳和叶绿素 a 含量均远高于后者, 这是由于本试验中测定的泥样层(5 cm) 太厚所致。事实上对虾活动所能够影响的可能仅是围隔底质表面很薄的新生沉积层。

水生动物的粪便是水体沉积物的重要来源之一, Gary 等 1988 年发现罗非鱼的排粪能够加剧水体沉积。贝类通常将滤食的大部分的食物又以伪粪的形式排出, 这种生物沉积作用在自然海区中表现得很明显, 如 Van Der Eijk 1979 年提到在荷兰 Wadden 海贝类分布的区域, 每周约 43% 的浮游植物被转化为贝类的粪便或伪粪。本试验中未专门研究对虾、非鲫和海湾扇贝的粪便对围隔水体中沉积的影响, 故本文所述之沉积主要指与对虾、非鲫和海湾扇贝摄食有关的活动对悬浮颗粒沉积的影响。

按试验结果推算, 1996 年实验围隔的底层沉积率为 165~2 095 g/(m<sup>2</sup>·d), 6~8 月间 50 d 的养殖时期内沉积物约为 8~105 kg/m<sup>2</sup>, 即沉积层相当于 1~13 cm 厚。但两年养殖实验前后底泥中有机碳积累并不十分严重, 可见围隔内底质实际上是不断地重复进行着沉积和再悬浮的过程。