

# 对虾池生态系统溶解有机碳及 颗粒有机碳的周日动态

刘国才 李德尚 董双林  
(青岛海洋大学水产学院, 266003)

**摘 要** 对两个海水养虾池溶解有机碳(DOC)及颗粒有机碳(POC)的周日动态进行了研究。结果表明,DOC 的浓度 14:00~18:00 下降,18:00~22:00 升高,之后又下降,周日波动幅度为 3.22mg/L(1 池)及 1.24mg/L(2 池)。POC 浓度白天(6:00~18:00)升高,夜间(18:00~次日 6:00)下降,周日波动幅度为 1.28mg/L(1 池)及 1.26mg/L(2 池)。POC 浓度高的虾池,DOC 浓度也较高;DOC/POC 白天(6:00~18:00)降低,夜间(18:00~次日 6:00)上升,两池分别在 2:00(1 池)及 6:00(2 池)达到高峰;DOC/POC 比周日平均为 1.6:1.0(1 池)及 1.9:1.0(2 池);悬浮颗粒有机质 C/N 比在 18:00 最大,18:00 到次日 6:00 呈下降趋势。

**关键词** 对虾池生态系统,溶解有机碳,颗粒有机碳,周日动态

溶解有机碳(DOC)、颗粒有机碳(POC)的周日动力学参数对研究水域生态系统有机碳代谢具有重要意义。但迄今 DOC、POC 周日动态研究仅见于对自然水体的报导[彭兴跃等 1997],针对虾池的研究尚未进行。本文通过对两个生产性虾池的现场昼夜连续观测研究了虾池 DOC、POC 的周日动态。

## 1 材料与方 法

### 1.1 池塘条件

用了山东省黄海水产集团公司养虾场所属的两个虾池。面积各为 1.3 hm<sup>2</sup>,水深 1.0~1.3m。养殖期间全部投喂人工配合饲料。

### 1.2 研究方法

1997 年 9 月 5~6 日对两个虾池 DOC、POC 的周日动态做了连续观测。每 4h 用有机玻璃采水器采取池塘表、中、底层混合水样,测定 DOC、POC 变化情况。

#### 1.2.1 POC 的测定

取实验池水样分别过滤在两张直径为 25mm 的 Whatman GF/F 玻璃纤维滤膜(预先经 450℃灼烧 2h 以去除滤膜中有机碳)上,以在滤液里浸过的空白滤膜中所含的有机碳做为空白

国家自然科学基金重点资助项目(对虾池综合养殖生态系统优化结构的研究),39430150 号、国家攀登计划 B(对虾池生态系统及其结构与功能的优化),PD-B6-7-3 专题)、国家教委博士点专项基金(海水养殖池塘生态系统有机碳的代谢及微生物生产力的研究),9542304 号及国家九五攻关资助项目(大规模海水养殖区养殖容量与优化技术),96-922-02-02 号。

(以校正过滤过程中滤膜上吸附的溶解有机碳)。将两样品一空白共三张滤膜置于含浓盐酸蒸汽的干燥器(干燥器底部放一培养皿,内盛满浓盐酸)中熏蒸 15min,以去除样品中的无机碳。之后取出滤膜,在 60℃下烘干,利用 PE240CHN 元素分析仪测定 POC 含量。

1.2.2 DOC 的测定

用过硫酸钾氧化法[国家海洋局 1991]。取 POC 测定中滤过液 50mL,经酸化通氮气除去无机碳后,用过硫酸钾将有机碳氧化成 CO<sub>2</sub> 气体,用非色散红外二氧化碳气体分析仪测定。

2 结果

2.1 DOC、POC 的周日变化幅度及趋势

两实验池 DOC、POC 周日变化情况见图 1, 2。

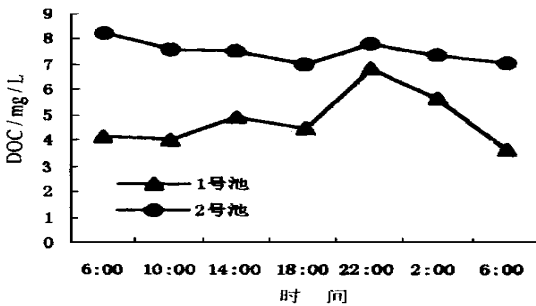


图1 两虾池 DOC 的周日动态

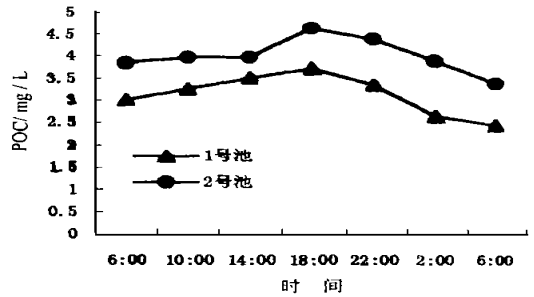


图2 两虾池 POC 的周日动态

Fig.1 Daily DOC fluctuations of the two ponds

Fig.2 Daily POC fluctuations of the two ponds

1、2 两池 DOC 浓度昼夜间波动幅度分别为 3.22mg/L(1 池) 及 1.24mg/L(2 池)。1 池 DOC 浓度白天(6:00~ 18:00)变化不大,但 18:00 后开始升高,22:00 达到全天最高峰,之后又渐趋降低,至次日 6:00 基本回落到观测开始时的“基值”水平。2 号池 DOC 浓度周日变化很小,但仍能看出与 1 池具有基本相似的变化趋势(14:00~ 6:00)。

1、2 两池 POC 浓度昼夜间波动幅度分别为 1.28mg/L(1 池) 及 1.26mg/L(2 池)。波动趋势均为白天(6:00~ 18:00)升高,夜间(18:00~ 次日 6:00)下降,至次日 6:00 回落到观测开始时“基值”水平。

2.2 DOC、POC 周日动态比较

两虾池的 DOC、POC 浓度及其周日变异系数见表 1。

表 1 两池的 DOC、POC 浓度及其周日变异系数

Tab.1 DOC、POC concentrations and their daily deviation coefficients in the two ponds

		DOC	POC
1 号池	浓度	4.81±1.12(3.65~ 6.87)	3.11±0.50(2.45~ 3.73)
	变异系数	0.23	0.16
2 号池	浓度	7.51±0.43(7.00~ 8.24)	4.00±0.40(3.38~ 4.64)
	变异系数	0.06	0.10

注: 1、2 两池浮游植物的生产量分别为 4.65mgC/L·d 及 5.88mgC/L·d。

从表 1 看出: 1 号池 DOC 周日变异系数大于 POC; 2 号池则 POC > DOC。1、2 两池 POC 变异系数(0.10, 0.16)相近, 但 DOC(0.23, 0.06) 变异系数则明显不同(1 池 > 2 池)。2 号池 POC、DOC 浓度皆高于 1 号池。图 1、2 结果还表明, POC 浓度高峰较 DOC 浓度高峰提早 4h。

### 2.3 DOC/POC 比值昼夜变化情况

DOC/POC 比值白天(6:00~ 18:00)呈现一定范围波动, 但均有所下降, 在 18:00 之后逐渐上升, 分别于 2:00(1 池) 及 6:00(2 池) 达到高峰, 而在次日 6:00 又基本恢复到原来水平(图 3)。DOC/POC 日平均值分别为 1.6:1.0(1 池) 及 1.9:1.0(2 池)。

### 2.4 悬浮颗粒有机质 C/N 比的周日变化

悬浮颗粒有机质(POM) C/N 比的周日变化见图 4。

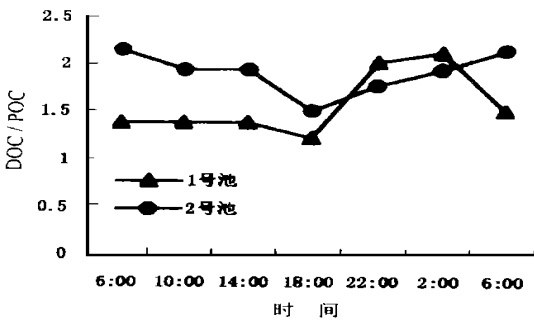


图3 两池 DOC/POC 比值的周日动态  
Fig.3 Daily DOC/POC ratio variations of the two ponds

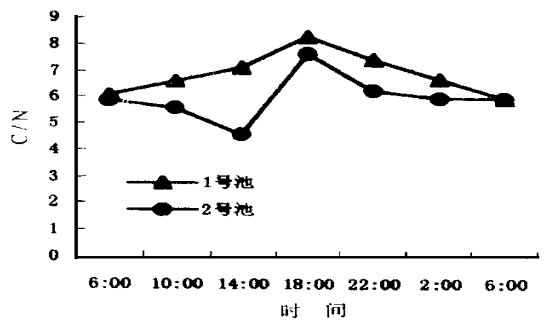


图4 两池悬浮颗粒有机质 C/N 比的周日动态  
Fig.4 Daily C/N ratio fluctuations of suspending organic particle matter of the two ponds

1、2 两池 POM 的 C/N 比昼夜间呈现一定波动, 但均在 18:00 最大, 18:00~ 次日 6:00 呈下降趋势。

## 3 讨论

### 3.1 DOC 与 POC 的周日动态

在大洋深水层中, DOC 的年龄非常大[William 和 Druffel 1987]。这一部分年龄非常大的 DOC 在世界海洋中分布较为均匀。而在真光层中, DOC 产生与消耗的速度却快得多, 近岸生产力高的海区尤其如此。产生与消耗是造成 DOC 在一天之内上下波动的生物方面的原因[彭兴跃等 1997]。本研究观察到虾池的 DOC 周日间呈现有规律的波动, 但波动幅度却明显不同, 说明虾池 DOC 与深海具有极为不同的特性。由于每天投入人工饵料, 且虾池一般都是水质较肥, 浮游植物浓度较高, 因而虾池 DOC 既来源于人工饵料的溶解, 又源于浮游植物细胞的分泌, 其年龄也短得多, 快速循环中的比例较大。从两池测定结果(图 1)看出, 虾池 DOC 周日变化似乎与其浓度有关, 在较高的浓度下, 周日变化幅度较小(2 池)。相反, 如果浓度较低, 则周日波动幅度较大(1 池)。其原因可能在于 DOC 浓度较高的虾池, 由浮游植物细胞分泌及饵料溶解作用在一天中新形成 DOC 中的快速循环部分在池塘总 DOC 库中所占比重较小, 其产生、消耗不足以引起 DOC 浓度较大幅度的周日波动。但也可能是虽然 DOC 产生速率较大, 但

同时被细菌等微生物消耗的速率也较大, DOC 产生、消耗速率相抵, 故周日变化不大。

据研究, 台湾海峡 DOC 日变化为 2~ 4mg/L [彭兴跃等 1997]。1 号池 DOC 日变化在此范围, 而 2 号池却低于上述报导。虾池浮游植物生物量大, 又有人工饵料投入, DOC 浓度明显高于自然海水, 两池 DOC 较小的日变化应归因于产生的 DOC 被细菌等微生物的快速消耗。

虾池的 DOC 主要源于 POC 的分泌与渗出, 因而 POC 浓度高者, DOC 浓度也较高(图 1、2)。由于受细菌等微生物对 DOC 消耗作用的影响, DOC 浓度的周日变异程度较 POC 大(表 1), 且周日变化规律无 POC 明显(图 1、2)。从表 1 看出, 两池 POC 周日变异系数相近, 但 DOC 周日变异系数却明显不同。

虾池 DOC 昼夜波动规律与彭兴跃等 [1997] 对台湾海峡真光层 DOC 昼夜变化规律(白天比晚上高, 夜晚始终处于低值)的研究结论存在较大差异。这是因为, 与海洋真光层比较, 虾池是人工控制的小生态系, 除浮游植物胞外分泌外, 人工饵料投入也是 DOC 的重要来源, 加之虾池内浮游植物生产、浮游动物摄食及微生物代谢活力等制约 DOC 浓度变化的诸多因子均有可能与海洋存在很大差异, 因而虾池 DOC 昼夜动态也必然有其自身所特有的规律。

### 3.2 DOC<sub>new</sub> 与 DOC<sub>old</sub>

1 号池尽管 DOC 浓度变化幅度很大, 但经 24h 波动后又“落回”到原来的“基值”水平。这个基值为 3.92mg/L(图 1)。从生物角度讲, 浮游植物通过光合作用产生 DOC 以及细菌对 DOC 的快速利用直接关系到 DOC 浓度的变化, 虾池还应加上人工饵料溶解所形成的 DOC 增量。如果将人工饵料溶解所形成的 DOC 增量在一天中各段时间认为是均匀的, 则 DOC 变化的幅度体现的正是能被快速利用的那部分, 即 DOC<sub>new</sub>, 而 DOC 变化范围的下限值, 即 3.92mg/L 的基值则体现较难被细菌利用的那部分, 即 DOC<sub>old</sub>。实际计算  $DOC_{new}/DOC_{old} = 0.82$ , 说明 1 号池 DOC 有近一半处于快速循环之中。

1 号池  $DOC_{new}/DOC_{old}$  比值低于彭兴跃等 [1997] 台湾海峡的测定结果(1~ 2), 但由于虾池 DOC<sub>old</sub> 与海洋 DOC<sub>old</sub> 在年龄及可利用上存在着相当大的差别(虾池 DOC<sub>old</sub> 龄短, 可被细菌利用的程度远远超出海洋 DOC<sub>old</sub>), 因而, 虽然计算出的虾池  $DOC_{new}/DOC_{old}$  低于海洋, 但虾池 DOC<sub>old</sub> 较海洋 DOC<sub>old</sub> 应具有更大的代谢强度。2 号池 DOC 周日变化幅度很小, DOC<sub>old</sub> 浓度较 1 号池高, 说明 DOC 有较多积累。

### 3.3 浮游植物胞外分泌 DOC 及腐质颗粒(含人工饵料)溶解的 DOC

海洋真光层 DOC 的昼夜变化与浮游植物的光合作用, 即海洋初级生产有着密切的联系 [彭兴跃等 1997], 虾池还应加上人工饵料的作用。据研究, 浮游植物在生长期排出的有机物质可占到光合作用产物的 30%~ 40% [崔清晨等 1987], 按此比例计算, 1 号池由浮游植物胞外分泌所提供的 DOC 量为 1.40~ 1.86mgC/L·d, 平均 1.63mgC/L·d(1 号池浮游植物生产量为 4.65mgC/L·d, 表 1), 由该池 DOC 的日变化幅度(3.22mg/L), 可知腐质颗粒(含人工饵料)溶解作用而引起的 DOC 增量为 1.82~ 1.36 mgC/L·d, 平均 1.59mgC/L·d。可见, 该池 DOC<sub>new</sub> 约一半来源于浮游植物胞外分泌, 另一半来源于腐质颗粒(含人工饵料)的溶解作用。

刘国才现为华东师范大学博士后。

## 参 考 文 献

- 国家海洋局. 1991. 海洋监测规范(中华人民共和国行业标准). 北京: 海洋出版社. 262~ 264
- 彭兴跃, 洪华生, 商少凌. 1997. 台湾海峡真光层有机碳动力学研究. 海洋学报, 9(3): 57~ 65
- 崔清晨, 钱佐国, 唐思齐(译). 1982. 化学海洋学(第二卷). 北京: 海洋出版社. 333
- William P M, Druffel E R M. 1987. Radiocarbon in dissolved organic matter in the central North Pacific Ocean. Nature, 300: 246~ 248

## DIURNAL DYNAMICS OF DOC AND POC IN SHRIMP POND ECOSYSTEMS

LIU Guo-Cai, LI De-Shang, DONG Shuang-Lin  
(Fisheries college, Ocean University of Qingdao, 266003)

**ABSTRACT** Diurnal dynamics of DOC and POC in two shrimp ponds were studied. It was shown that: DOC concentration decreased from 14: 00 to 18: 00, increased from 18: 00 to 22: 00, then decreased again, and ranged from 3. 22 mg/L (Pond 1) to 1. 24 mg/L (Pond 2); while POC concentration increased gradually in daytime(6: 00– 18: 00) and decreased gradually at night(18: 00– next 6: 00), and ranged from 1. 28 mg/L(Pond 1) to 1. 26 mg/L(Pond 2). The pond with a high POC concentration was also with a high DOC concentration. The rates of DOC/POC decreased gradually in daytime(6: 00– 18: 00), increased gradually at night(18: 00– next 6: 00), and peaked at 2: 00(Pond 1) and 6: 00(Pond 2). The diurnal ratios of DOC/POC averaged 1. 6/1. 0(Pond 1) and 1. 9/1. 0(Pond 2). C/N ratios of suspending organic particulated matters were the biggest at 18: 00 and decreased gradually at night(18: 00– next 6: 00).

**KEYWORDS** Shrimp pond ecosystem, DOC, POC, Diurnal dynamics