

空白校正对元素分析仪测定海水中颗粒有机碳结果准确性的影响分析

刘毅^{1,2,3}, 刘群², 吴文广¹, 杨璐¹, 刘越^{1,5}, 姜雅斐^{1,5}, 张继红^{1,4}

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业资源可持续利用重点实验室, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室, 山东 青岛 266000; 5. 大连海洋大学 水产与生命学院, 辽宁 大连 116000)

摘要: 颗粒有机碳(POC)在海洋生态系统乃至全球碳循环中发挥着重要作用, 其准确获取至关重要。目前, 元素分析仪测定 POC 是最准确和常用的分析方法, 但取样忽略了水体溶解有机碳(DOC)可能带来的影响。针对空白样品如何获取才能有效去除 DOC 影响的问题, 本文设计比较了 5 种取样方法对 POC 测定结果的影响, 以及滤膜对数据的影响。结果显示, 1) 5 种样品取样方法所得的结果差异显著, 不进行空白校正会对结果产生较大误差; 2) 文献和本文设计的空白样取样方法均出现了空白值大于样品值的异常情况; 3) 样品继续抽人工海水 100 mL 即可有效洗去滤膜上吸附的 DOC; 4) 未过滤的滤膜 450°C 灼烧 5 h 后可以有效去除滤膜上吸附的碳, 但是存放时间越久滤膜从空气中吸附碳的概率越大。本研究确定的人工海水法可以有效去除 DOC 对测定结果的影响, 样品测定结果重复性、精密度高, 可准确用于海水 POC 样品的测定。

关键词: 元素分析仪; 颗粒有机碳; 溶解有机碳; 空白样品

中图分类号: O656.32; P734.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3096(2020)12-0078-06

DOI: 10.11759/hyhx20200221001

颗粒有机碳(POC)是浮游植物光合作用的主要产物, 也是生物摄食和代谢过程的主体, 是碳在海洋中的主要存在形式, 能在一定程度上控制溶解有机碳(DOC)、溶解无机碳(DIC)等碳形式的产生, 在海洋食物链、海洋生态系统乃至全球碳循环中发挥重要作用^[1-4]。POC 数据的准确获取对研究结果至关重要, 已引起学者关注^[2, 5-6]。2007 年, 国家颁布的海洋调查规范第九部分海洋生态调查指南(GBT12763.9-2007)中规定了 POC 分析方法标准, 具体方法为: 海水样品经玻璃纤维滤膜($\Phi 25$ mm; 450°C 灼烧 5 h)过滤后, 将滤膜置于酸蒸气内酸熏 30 min, 滤膜干燥后采用元素分析仪进行测定。这一方法简化了测试步骤, 提高了分析准确度。然而研究发现, DOC 很容易被吸附在固体界面上, 部分大陆架区域会有 3%~11%的 DOC 吸附在 POC 上^[7]。因此, 在 POC 样品采集过程中, DOC 很有可能大量吸附在滤膜上, 从而影响 POC 的真实结果。国标的规定中, 并未考虑 DOC 可能带来的影响, 针对校正 DOC 影响

的空白样品取样方法也尚未规定。许多学者对空白是什么, 是否需要空白校正以及如何取样仍无统一认识。有部分学者认为滤膜吸附空气中的碳才会对结果产生影响^[2], 因此将“未过滤的膜”作为空白样品进行校正; 也有许多学者不考虑 DOC 的影响, 因此不进行空白样品(DOC)的校正; 当然越来越多的学者已经意识到空白样品(DOC)校正的重要性, 也设计了很多取样方法, 利用空白样品校正去除 DOC 的影响, 但是这些方法的效果并不明确^[8-23]。因此空白样品的获取、校正的准确性等问题亟待研究。本

收稿日期: 2020-02-21; 修回日期: 2020-05-11

基金项目: 中国水产科学研究院黄海水产研究所基本科研业务费资助(20603022019012); 国家自然科学基金项目(U1906216); 国家虾蟹产业技术体系(CARS-48)

[Foundation: Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, YSFRI, CAFS, No. 20603022019012; Joint Fund of National Natural Science Foundation of China, No. U1906216; Supported by China agriculture research system, No. CARS-48]

作者简介: 刘毅(1985-), 男, 山东青岛人, 工程师, 硕士, 主要从事海洋生态学, E-mail: liuyi@ysfri.ac.cn; 张继红, 通信作者, E-mail: zhangjh@ysfri.ac.cn

文针对上述问题,首先通过实验数据验证未过滤的膜对实验数据的影响;其次通过文献查阅选取了目前国内外具有代表性的空白取样方法,验证这些方法的效果和准确性;最后,自主设计了2种不同的取样方法进行比较,通过实验数据明确进行DOC校正对数据结果的重要性,以及各种方法的可行性。以期建立方便、准确的空白样品的取样方法或有效去除DOC的方法,为POC的相关研究提供支撑。

1 实验部分

1.1 仪器与材料

Elementar EL型元素分析仪(德国Elementar公司);马弗炉;MILLI-Q超纯水仪(美国Millipore公司);鼓风干燥箱;GF/F玻璃纤维滤膜($\Phi 25$,美国GE公司);抽滤装置一套(滤器、滤瓶,美国Pull公司);真空抽滤泵。

海水样品取自山东荣成桑沟湾海域,在某一固

定位置利用采水器采集水样并收集至25 L加仑桶内,于当日转移到陆地实验室进行抽滤和预处理,处理后的样品由锡20℃冷冻保存。

1.2 样品的采集

1.2.1 滤膜的处理

分别在实验开始前180 d、30 d、7 d和实验当天,取 $\Phi 25$ mm的GF/F玻璃纤维滤膜,在马弗炉内以450℃灼烧5 h,灼烧后的滤膜装入盒中放置在恒温干燥的实验室内备用。

1.2.2 POC样品的采集

将所取水样混匀后,重复进行抽滤,每次取水样200 mL经滤膜过滤,过滤后的滤膜即为该调查站位的POC样品。其中每6个重复为一组,每组对应不同的空白样品采集或直接去除DOC的操作。

1.2.3 空白样品的采集和直接去除DOC的操作方法

空白样品采集方法和设计依据见表1中的1~3。直接去除DOC影响的操作方法见表1中的4~5。

表1 样品处理方法

Tab. 1 Sample processing method

编号	方法名称	操作方法	设计依据
1	浸湿法	样品抽滤完成后,取新滤膜,将其完全浸湿在滤液中1~2 s后取出,以此作为空白样品	文献[24]
2	双层膜法	将两张滤膜叠放后抽滤,用上层滤膜做样品,下层滤膜做空白样品	文献[8]
3	二次抽滤法	样品抽滤完成后,将所有滤液经另取的新膜再次过滤,以此作为空白样品	自主设计方法
4	蒸馏水法	该方法无需再取空白样品,样品抽滤完成后,继续抽滤一定体积的蒸馏水,蒸馏水体积分别设置为50、100、150和200 mL,样品分析结果直接作为POC数据	GB17378.4(蒸馏水可冲洗掉盐分等可溶杂质影响);目前国外大部分实验室采用此方法,如新西兰NIWA
5	人工海水法	此方法也无需再取空白样品,操作方法与蒸馏水法一致,将蒸馏水换为人工海水	自主设计方法,人工海水配置方法参考GBT12763.4

1.3 仪器工作原理

元素分析仪通过高温和还原铜的作用,将样品完全燃烧和净化生成二氧化碳和氮气的混合气体,混合气体经气相色谱分离后,分别通过载气送入热导检测器检测,仪器软件通过热导检测器的信号进行积分计算,并根据样品重量和储存的标准曲线,最终换算出C或N元素的百分比含量。

1.4 POC样品和空白样品测定的实验方法

采用Elementar EL型元素分析仪进行测定,选

择CHN模式,加载正常乙酰苯胺标准曲线即可,C、N检出限均为0.01%。仪器条件:燃烧管温度750℃,还原管温度550℃,高纯氦气流量为600 mL/min,氧气流量为20 mL/min,通氧时间选择为70 s。

样品包覆好后,将样品和其对应的空白样品按照顺序放入仪器进样器中,仪器软件中样品重量栏输入1(单位mg),开始运行程序。软件中C峰面积值表示热导检测器中的信号积分值,其大小反应了C元素的绝对含量高低。因此分析完成后,将空白样品的C峰面积值输入到软件中对应样品的C空白栏中,

程序将自动对样品进行空白校正,并将结果列入测定值栏。由于元素分析仪测定值的单位是%,且质量已经输入 1,因此测定值缩小 100 倍后,即为该滤膜上 C 的绝对含量,单位为 mg,再除以抽滤体积即可得到 POC 含量,单位 mg/L。计算公式为: $POC=C$ 测定值 $\times 0.01$ /抽滤体积。

需要提醒的是,利用元素分析仪分析 POC 时,仍有实验室在实验过程中称量滤膜过滤前后的质量来计算总悬浮物质量,这无疑增加了操作步骤和人为误差概率。只要了解了元素分析仪的工作原理,此类样品便可以利用质量输入 1 的操作来减少实验步骤和人为误差。

1.5 数据分析

各组数据之间相关性采用 SPSS 软件的单因素方差进行分析, $P<0.05$ 为显著性差异。

2 结果与讨论

2.1 滤膜对样品结果的影响

目前很多实验室使用未过滤的滤膜作为空白样品进行分析,因为在实际操作中,时有未过滤的滤膜上吸附的碳会影响结果的情况发生,所以必须将其作为空白进行检测并校正^[2]。笔者认为这一操作并不准确,滤膜 450℃ 灼烧 5 h 后理应完全去除 C 的干扰,未过滤的滤膜“时有影响”这一现象可能是在存放过程中吸附了空气中的碳所导致。为验证这一结论,分别取灼烧后 1、7、30、180 d 的四种不同时期的滤膜进行测定,前处理步骤完全参照国标 GB/T12763.9 中的规定进行,以此考察滤膜不同处理时间对样品测定的影响。结果见图 1。可以看出,

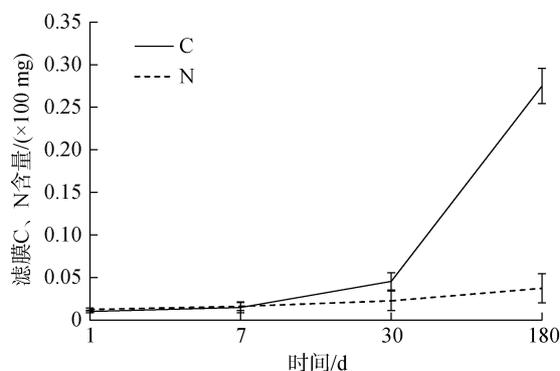


图 1 滤膜灼烧后不同存放时间的 C、N 含量

Fig. 1 C and N contents of filter membrane at different storage times

滤膜在灼烧后基本可以清除所吸附的 C、N 杂质,7 日内滤膜的 C、N 含量几乎没有变化,不会对样品的结果造成影响,但是一个月之后,滤膜上吸附的 C 含量开始直线上升,存放时间越久,越容易对结果产生影响。

通过上述实验的验证,可以得出结论,滤膜通过灼烧处理后,短时间内不会对样品结果产生影响,但是滤膜有一定能力吸附空气中的 C。因此,我们建议滤膜应在灼烧后一周内使用,灼烧后的滤膜应保存在干燥器或封口袋内。

2.2 不同空白样品取样方法对结果的影响

为了验证针对 DOC 的空白校正对结果的重要性,以及不同空白样品取样方法的差别和确定合适的取样方法,分别采用浸湿法、双层膜法、二次抽滤法进行空白样品的取样操作,具体方法见上文所述。实验全部采用灼烧处理 7 日内的滤膜,样品和空白样品的后续处理按照国标规定执行。结果见表 2。

表 2 不同空白样品取样方法的结果

Tab. 2 Results of the different blank sampling methods

处理组	样品测定值范围/%	空白样品测定值范围/%	POC 计算值范围/(mg/L)
浸湿法	12.14~13.05	6.19~15.85	0.14~0.34
平均值	12.49 \pm 0.41	8.52 \pm 3.79	0.27 \pm 0.20
双层膜法	12.44~14.06	3.46~14.71	0.20~0.49
平均值	13.30 \pm 0.52	9.28 \pm 4.06	0.32 \pm 0.22
二次抽滤法	12.13~12.92	5.01~15.67	0.12~0.40
平均值	12.53 \pm 0.32	8.35 \pm 2.10	0.29 \pm 0.11

通过表 2 所列数据,针对样品测定值分析。除双层膜法外,其余各组的取样操作一致,所得样品测定值结果差异不显著($P>0.05$),说明仪器状态稳定,样品重复性好,滤膜对样品测定结果的影响有限。而双层膜法的 6 组平行实验中,标准偏差较大,结果重复性差。说明双层膜法条件下的取样操作,会促进 DOC 在滤膜上的吸附,由于膜本身的差异,产生了吸附效率的差别,从而导致样品测定值也与其他各组差异显著($P<0.05$)。所以可以首先确定双层膜法的操作不可取。

针对空白样品测定值结果分析。所有的空白样品取样方法都出现了空白值大于样品值的异常情况,且重复性较差。各组间的空白值差异显著($P<0.05$),

造成空白值差异的原因是空白样品取样方法不同,使滤膜对 DOC 的吸收效率出现差异,导致空白样品值的差异,最终影响 POC 计算值产生较大差异。目前无论是文献记录的方法还是本文自行设计的方法都存在一定的缺陷,尚不能采用本文所讨论的方法进行操作。同时,实验结果也佐证了 DOC 会吸附在滤膜上对样品产生影响,不同的处理方法差别较大的结论。

2.3 直接去除 DOC 的操作对结果的影响

国标中对于需要抽滤的样品,通常在抽滤完成后,采用蒸馏水反复抽滤的方式以除溶解态杂质的影响,如盐分等。结合与国外实验室的交流,我们提出了蒸馏水法的实验思路,通过在样品膜上再次抽滤蒸馏水的方式,达到将 DOC 洗去的目的。同时,考虑到蒸馏水在冲洗过程中,渗透压的改变可能会造成浮游植物的死亡,影响 POC 结果的准确性,在蒸馏水法的基础上加入了人工海水的方法,保证冲洗过程中渗透压的一致。具体方法见上文所述。实验全部采用灼烧处理 7 日内的滤膜,样品的后续处理按照国标规定执行。结果见表 3。

表 3 直接去除 DOC 操作方法的结果
Tab. 3 Results of the different sampling methods in removal of DOC

处理组	样品测定值范围/ %	POC 计算值范围/ (mg/L)
蒸馏水 50 mL	7.53~8.00	0.38~0.40
平均值	7.84±0.27	0.39±0.01
蒸馏水 100 mL	6.93~7.09	0.34~0.35
平均值	7.01±0.08	0.35±0.01
蒸馏水 150 mL	7.01~7.10	0.35~0.36
平均值	7.06±0.05	0.35±0.01
蒸馏水 200 mL	6.91~7.02	0.34~0.35
平均值	6.95±0.06	0.34±0.01
人工海水 50 mL	7.88~8.08	0.39~0.40
平均值	8.00±0.32	0.40±0.05
人工海水 100 mL	7.22~7.29	0.36~0.37
平均值	7.24±0.08	0.36±0.01
人工海水 150 mL	7.23~7.29	0.36~0.37
平均值	7.25±0.05	0.36±0.01
人工海水 200 mL	7.22~7.29	0.36~0.37
平均值	7.25±0.06	0.36±0.01

据表 3 的相关实验结果显示,人工海水操作下的各实验组样品测定值范围显著高于蒸馏水操作

($P>0.05$),而蒸馏水法随着蒸馏水体积的增加样品测定值开始降低。可以推断,当进行蒸馏水冲洗时,渗透压的变化导致了浮游植物死亡、破裂,其体内的溶解态碳也被蒸馏水冲走,从而导致结果出现偏差。人工海水进行冲洗操作时,除 50 mL 实验组外,其余抽滤体积所得样品检测值差异不显著($P>0.05$)。可以推断,当冲洗的人工海水体积超过 100 mL 后,已基本可以洗去吸附在滤膜上的 DOC,从而消除 DOC 对样品结果的影响。

综上所述,根据实验结果,目前取空白样进行空白校正的方法在现阶段可能并不适用,我们建议采用抽滤完成后继续用人工海水冲洗 100 mL 的取样操作。

2.4 方法的重复性和精密度

在确定取样方法后,于 2020 年 4 月对荣成桑沟湾的 2 处站位以及莱州湾的 2 处站位进行了 POC 样品的取样,各站位取 6 组平行进行测定,分析结果见表 4。由表 4 可知各站所得结果稳定性好,数据标准偏差较小,精密度(RSD)为 0.83%~2.35%,说明该操作方法可以得到较为理想和准确的实验数据。

表 4 改进后的空白取样方法结果的重复性和精密度($n=6$)
Tab. 4 Repeatability and precision of the improved blank method ($n=6$)

站位	POC/(mg/L)	RSD/%
桑沟湾 1#	0.348±0.003	1.02
桑沟湾 2#	0.377±0.012	1.28
莱州湾 1#	1.252±0.033	2.35
莱州湾 2#	1.424±0.001	0.83

3 结论

(1) 本文验证了 DOC 对 POC 样品的准确获取影响较大,不考虑 DOC 将对 POC 测定结果产生影响。

(2) 不同的空白样品取样方法,会对 POC 测定结果带来较大差异。本文验证了目前文献记载的几种空白取样方法和自主设计的方法,在现有技术条件下空白样品取样方法都存在一定缺陷。建议采用的方法为:样品抽滤完成后采用本文定义的人工海水(100 mL)法进行操作。

参考文献:

[1] 张乃星,宋金明,贺志鹏.海水颗粒有机碳(POC)变化的生物地球化学机制[J].生态学报,2006,26(7):270-281.

- Zhang Naixing, Song Jinming, He Zhipeng. Biogeochemical mechanism of particulate organic carbon (POC) variations in seawaters[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 270-281.
- [2] 孙莹, 宋金明, 温廷宇, 等. 固体进样—总有机碳分析仪法直接测定海水中的颗粒有机碳[J]. *海洋科学*, 2017, 41(7): 59-63.
Sun Xuan, Song Jinming, Wen Tingyu, et al. Solid sampling-Determination of particulate organic carbon in seawater by total organic carbon analyzer[J]. *Marine Sciences*, 2017, 41(7): 59-63.
- [3] Schlitzer R. Export and Sequestration of Particulate Organic Carbon in the North Pacific from Inverse Modeling[R]. Sapporo: Workshop of the JGOFS North Pacific Process Study Synthesis Group, 2002.
- [4] 陈洋勤. 地球系统碳循环[M]. 北京: 科学出版社. 2004: 314-330.
Chen Panqin. Carbon Cycle of the Earth System[M]. Beijing: Science Press. 2004: 314-330.
- [5] 刘文臣, 王荣. 海水中颗粒有机碳研究概述[J]. *海洋科学*, 1996, 5: 21-23.
Liu Wenchen, Wang Rong. Studies on the study of particulate organic carbon in seawater[J]. *Marine Science*, 1996, 5: 21-23
- [6] 孙莹, 宋金明, 于颖, 等. 元素分析仪快速测定海洋沉积物 TOC 和 TN 的条件优化[J]. *海洋科学*, 2014, 38(7): 14-19.
Sun Xuan, Song Jinming, Yu Ying, et al. Optimization of TOC and TN for Marine Sediments by Elemental Analyzer[J]. *Marine Science*, 2014, 38(7): 14-19.
- [7] Jia J H, Pao L L, Kon K L. Dissolved and particulate organic carbon in the southern East China Sea[J]. *Continental Shelf Research*, 2000, 20: 545-569.
- [8] Sharp J H. Improved analysis for “particulate” organic carbon and nitrogen from seawater[J]. *Limnology and Oceanography*, 1974, 19: 984-989.
- [9] Wangersky P J. Particulate organic carbon in the Atlantic and Pacific Oceans[J]. *Deep Sea Research and Oceanographic Abstrac*, 1976, 23(5): 457-465.
- [10] Usui T, Nagao S, Yamamoto M, et al. Distribution and sources of organic matter in surficial sediments on the shelf and slope off Tokachi, western North Pacific, inferred from C and N stable isotopes and C / N ratios[J]. *Marine Chemistry*, 2006, 98(2-4): 241-259.
- [11] 李学刚, 宋金明. 海洋沉积物中碳的来源、迁移和转化[J]. *海洋科学集刊*, 2004, 46: 106-117.
Li Xuegang, Song Jinming. Sources, removal and transformation of carbon in marine sediments[J]. *Studia Marine Sinica*, 2004, 46: 106-117.
- [12] Hedges J, Keil R, Benner R. What happens to terrestrial organic matter in the ocean[J]. *Organic Geochemistry*, 1997, 27(5/6): 195-212.
- [13] Kennedy H, Gacia E, Kennedy D P, et al. Organic carbon sources to SE Asian coastal sediments[J]. *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 2004, 60: 59-68.
- [14] Kao S J, Lin F J, Liu K K. Organic carbon and nitrogen contents and their isotopic compositions in surficial sediments from the East China Sea shelf and the southern Okinawa Trough[J]. *Deep-Sea Research*, 2003, 50: 1203-1217.
- [15] Wu Y, Dittmar T, Ludwichowski K U, et al. Tracing suspended organic nitrogen from the Yangtze River catchment in to the East China Sea[J]. *Marine Chemistry*, 2007, 107: 367-377.
- [16] 刘毅, 张继红, 杜美荣, 等. 獐子岛养殖海域颗粒有机碳、颗粒氮的时空分布特征[J]. *海洋科学*, 2016, 40(5): 9-18.
Liu Yi, Zhang Jihong, Du MeiRong, et al. Spatial-temporal distribution of particulate organic carbon and particulate nitrogen in the mariculture areas of Zhangzhi Island[J]. *Marine Sciences*, 2016, 40(5): 9-18.
- [17] 刘文臣, 王荣, 吉鹏. 东海颗粒有机碳的研究[J]. *海洋与湖沼*, 1997, 28(1): 39-43.
Liu Wenchen, Wang Rong, Ji Peng. Study on particulate organic carbon in the East China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1997, 28(1): 39-43.
- [18] 刘文臣, 王荣, 李超伦. 东海颗粒有机物中的碳氮比[J]. *海洋与湖沼*, 1998, 29(5): 465-470.
Liu Wenchen, Wang Rong, Li Chaolun. C/N ratios of particulate organic matter in the East China Sea[J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1998, 29(5): 465-470.
- [19] 金海燕, 林以安, 陈建芳, 等. 黄海、东海颗粒有机碳的分布特征及其影响因子分析[J]. *海洋学报*, 2005, 27(5): 46-53.
Jin Haiyang, Lin Yian, Chen Jianfang, et al. Analysis of driving factors and distribution of particulate organic carbon in the Huanghai Sea and the East China Sea[J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2005, 27(5): 46-53.
- [20] Bhusan R, Dutta K, Somayajulu B L K. Concentrations and burial fluxes of organic and inorganic carbon on the eastern margins of the Arabian Sea[J]. *Marine Geology*, 2001, 178(1-4): 95-113.
- [21] Wang B D, Zhan R, Xu M D. Molar ratios of C, N, P of particulate matter and their vertical fluxes in the Yellow Sea[J]. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2002, 20(1): 91-96.
- [22] Uncles R J, Frickers P E, Easton A E, et al. Concentrations of suspended particulate organic carbon in the tidal Yorkshire Ouse River and Humber Estuary[J]. *Science of The Total Environment*, 2000, 251-252(1): 233-242.
- [23] Turley C M, Dixon J L. Bacterial numbers and growth in surficial deep-sea sediments and phytodetritus in the

- NE Atlantic: Relationships with particulate organic carbon and total nitrogen[J]. *Deep Sea Research*, 2002, 49(5): 815-826.
- [24] 杨鹤鸣, 刘群. 海水中颗粒有机碳(POC)和颗粒氮(PN)测定方法的改进[J]. *胶州湾生态学研究*, 1995, 7(1): 53-56.
- Yang Heming, Liu Qun. A modified method for determination of particulate organic carbon(POC) and particulate nitrogen(PN) in seawater[J]. *Chinese Ecosystem Research*, 1995, 7(1): 53-56.

Effects of different sampling methods on the accuracy of particulate organic carbon and particulate nitrogen samples in ocean

LIU Yi^{1, 2, 3}, LIU Qun², WU Wen-guang¹, YANG Jun¹, LIU Yue^{1, 5}, JIANG Ya-fei^{1, 5}, ZHANG Ji-hong^{1, 4}

(1. Key Laboratory for Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture/Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Science, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Function Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266000, China; 5. College of Fisheries and Life Science, Dalian Ocean University, Dalian 116000, China)

Received: Feb. 21, 2020

Key words: Elemental analyzer; particulate organic carbon; dissolved organic carbon blank sample

Abstract: Particulate organic carbon (POC) plays an important role in both the marine ecosystem and the global carbon cycle, and the accurate acquisition of relevant data is a key factor in research on the marine carbon cycle. Elemental analysis is the most commonly used method for accurately determining POC content. However, the impact of dissolved organic carbon (DOC) in water is often ignored during sampling. In this study, we focused on how to obtain blank samples and effectively remove the impact of DOC. We investigated the impact of the use of filter membranes on the data and designed five different sampling methods to compare their effects on the data. The results show that: 1) the blank values obtained by different blank sample acquisition methods differ significantly, and their offset errors are not corrected by blank correction. 2) Both the methods reported in the literature and the blank sampling methods designed in this study produced abnormalities in which the blank value was greater than the sample value. 3) 100 ml of artificial seawater can be filtered to effectively remove the adsorbed DOC. 4) After heating at 450°C for 5 h, the carbon adsorbed on the filter can be effectively removed, but the longer is the storage time, the more likely is the filter to adsorb carbon from the air. The method developed in this study can effectively remove the impact of DOC on the measurement results, and supplement and improve the factors of influence that are not considered in the national standard. The proposed method can effectively remove the influence of DOC on the measurement results, exhibits high repeatability and high precision, and can be accurately and reliably used for the determination of POC samples.

(本文编辑: 康亦兼)