

台湾地区湖泊水库悬浮颗粒有机质之碳、氢、氧、氮、硫元素计量分析

黄炳达 陈镇东

(国立中山大学海洋地质研究所, 高雄)

提要 对台湾地区18个湖泊水库水体中悬浮颗粒有机质(POM)之碳(POC)、氢(POH)、氧(POO)、氮(PON)、硫(POS)和叶绿素 a (Chl. a)的含量进行了分析, 其中POO乃首度以元素分析仪直接测量。结果为, POC, POH, POO, PON, POS含量分别介于138—8370 $\mu\text{g/L}$, 13.7—926.1 $\mu\text{g/L}$, 31—2623 $\mu\text{g/L}$, 14—1265 $\mu\text{g/L}$, 1.9—49.7 $\mu\text{g/L}$ 之间, Chl. a 含量则介于0.31—96.75 $\mu\text{g/L}$ 之间。POM元素间原子数关系为 $\text{C/O} = 3.7$, $\text{C/N} = 8.5$, $\text{C/S} = 369$, $\text{H/C} = 1.4$, $\text{H/O} = 5.4$, $\text{H/N} = 11$, $\text{H/S} = 577$, $\text{O/N} = 1.8$, $\text{O/S} = 71$, $\text{N/S} = 38$ 。将本研究结果配合Redfield系数, 推得 $136\text{CO}_2 + 16\text{NO}_3^- + \text{HPO}_4^{3-} + 0.5\text{SO}_4^{2-} + 85\text{H}_2\text{O} + 19\text{H}^+$ + 能量 $\rightarrow \text{C}_{136}\text{H}_{198}\text{O}_{37}\text{N}_{16}\text{P}_1\text{S}_{0.5} + 188 \cdot \text{O}_{20}$

关键词 湖泊 水库 悬浮颗粒有机质 碳 氢 氧 氮 硫

水体中的悬浮颗粒在水体中化学物质的变迁过程以及水体食物链中占有重要地位(Riley et al., 1971)。继Redfield(1934)分析浮游生物之元素组成后, Fleming(1940)更详细分析浮游植物与浮游动物之C, N, P原子数之比, 得平均值为106:16:1, 即Redfield ratio (Redfield et al., 1963)。但Goldman等(1979)认为Redfield ratio只有在浮游生物生长速率最大时方能符合, 且元素浓度随季节性和区域性不同而有所差异(Mezel, 1974, Fichez, 1991)。

以往有关悬浮颗粒有机物分析侧重于海洋。本研究针对台湾地区18个湖泊水库样品, 分析悬浮颗粒有机物中碳、氧、氮、硫含量, 求取元素间比值, 探讨悬浮颗粒有机质与叶绿素 a 之间的关系, 并与前人研究结果相比较。

1 实验方法

采样地点见图1。水样以事先烘烧(450 $^{\circ}\text{C}$)过之玻璃纤维滤纸(Whatman glass microfibre filter, GF/F)过滤, 再将滤纸置入浓盐酸中以烟熏处理3h, 以去除 CaCO_3 。然后, 将同一水样之部分滤纸置入450 $^{\circ}\text{C}$ 高温炉烘烧3h去除有机质, 测无机氧。前处理完毕之滤纸置入LECO CHN-932碳、氢、氮、硫元素分析仪进行分析, 得有机物中碳、氮、硫含量, 有机氧则以总氧减去无机氧。叶绿素 a 以荧光仪(Turner model 100-05R)

收稿日期: 1992年7月28日, 接受日期: 1992年8月31日。



图 1 台湾地区湖泊水样采样点

Fig. 1 Sampling lakes and reservoirs in Taiwan

测定。实验详细步骤见有关文献¹⁾。

2 结果与讨论

2.1 POC, POH, POO, POS, PON 及 Chl. *a* 含量 各地区湖泊水库表水之颗粒有机碳 (POC), 颗粒有机氢 (POH)、颗粒有机氧 (POO)、颗粒有机氮 (PON)、颗粒有机硫 (POS) 3 次分析平均值及误差程度(以变异系数 *cv* 表示)和叶绿素 *a* (Chl. *a*) 含量列于表 1。由表 1 可见, 埔里鲤鱼潭之 POC 含量高达 $8\,370\mu\text{g/L}$, Chl. *a* 值为 $13.26\mu\text{g/L}$, 两者比值为 631.2, 比浮游植物之 POC/Chl. *a* 比值 35 (Redfield et al., 1963) 高得多。分析两者来看, Chl. *a* 相对于 POC 值偏低, 显示 POC 高值并非由浮游植物造成 (Sarvala et al., 1982)。在埔里鲤鱼潭周围有养鸭户, 鸭群粪便排泄于湖中, 因此推论埔里鲤鱼潭的 POC 高值来自有机碎屑。南仁湖 POC 含量 $6\,500\mu\text{g/L}$, Chl. *a* 值为 $96.75\mu\text{g/L}$, 两者比值 (67.2) 较接近于浮游植物比值 (35), 推论 POC 含量高是由浮游植物所造成。

1) 黄炳达, 1992, 台湾地区湖泊水库悬浮颗粒有机质之碳、氢、氧、氮、硫元素计量分析, 国立中山大学海洋地质研究所硕士论文, 1—81。

表 1 台湾湖泊水库表水 POC, POH, POO, PON, POS, Chl. a 含量及变异系数 cv

Tab. 1 The contents and variation coefficients of POC, POH, POO, PON, POS, Chl. a in surface water of lakes and reservoirs in Taiwan

采样地点	POC (μg/L)	cv (%)	POH (μg/L)	cv (%)	POO (μg/L)	cv (%)	PON (μg/L)	cv (%)	POS (μg/L)	cv (%)	Chl. a (μg/L)
情人湖	445	17.1	104	1.5	121	12.6	35	10.6	3.4	26.5	1.56
大湖	175	5.8	14	31.1	n.d.	—	14	23.2	n.d.	—	0.31
双连埤	573	3.0	148	9.2	591	30.6	224	10.6	23.4	39.6	8.58
梅花湖	3 351	1.2	356	4.2	787	3.1	366	16.9	23.7	7.1	22.63
鸳鸯湖	439	6.8	146	—	1 400	—	98	5.4	6.6	42.0	1.01
石门水库	281	5.8	32	8.6	76	1.2	36	20.3	5.1	36.0	4.06
明德水库	1 155	11.0	153	17.4	672	41.2	169	15.2	13.9	36.4	10.92
德基水库	146	6.5	40	—	405	—	33	3.0	1.9	9.9	11.50
马淋窟	4 914	1.2	640	3.3	1 876	9.0	560	4.7	21.5	19.7	39.01
日月潭	138	3.2	43	—	41	13.6	24	5.2	3.1	15.6	1.17
埔里鲤鱼潭	8 370	4.3	926	4.0	2 623	38.1	1 265	8.4	49.7	45.3	13.26
万大水库	459	2.5	38	27.8	118	36.3	90	4.7	5.3	16.8	5.77
曾文水库	244	3.6	—	—	31	—	34	4.1	3.5	0.0	1.90
中正湖	1 341	6.1	—	—	—	—	202	4.6	21.4	14.2	82.00
阿公店水库	1 661	2.4	550	—	576	—	309	0.4	39.6	13.6	—
大鬼湖	572	4.1	92	6.3	219	3.0	57	20.5	5.1	34.0	1.56
南仁湖	6 500	8.4	888	13.2	1 643	18.1	378	11.3	41.2	56.0	96.75
花莲鲤鱼潭	3 158	5.8	231	—	297	33.1	416	22.7	22.6	19.5	37.45

2.2 POC, PON 和 POS 之间的关系 将台湾省 18 个湖泊表水样本之 POC 对 PON, POC 对 POS 和 PON 对 POS 作线性回归分析(图 2) 以 r^2 表示线性相关系数; SE 表示横轴变数之系数的标准差; n 表示样本个数; C, N, S 分别代表 POC, PON, POS 的含量 ($\mu\text{mol/L}$), 其关系式如下:

$C = 8.5N + 16.0$ $r^2 = 0.84$ $SE = 0.01$ $n = 18$

$C = 369.0S - 27.4$ $r^2 = 0.73$ $SE = 58.2$ $n = 17$

$N = 38.3S - 2.4$ $r^2 = 0.67$ $SE = 6.88$ $n = 17$

由图 2 可见 POC/PON 比值为 $8.5 \pm 0.01(0.1\%)$, 高于在实验室培养之浮游植物之

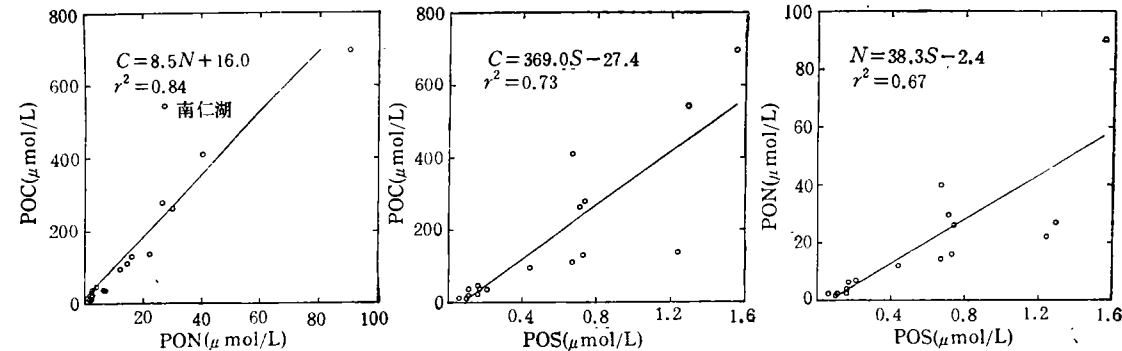


图 2 POC, PON, POS 之相关图

Fig. 2 The relationships among POC, PON, POS in 18 lakes and reservoirs in Taiwan

POC/PON 比值 6.6 (Redfield et al., 1963)。各湖泊水库中,除南仁湖外,都接近于回归曲线,且变化不大。一般而言,在野外所采得的样本含有比较多不同种类的 PON,且实验室培养皿之营养供应充足,野外可能有较多的生物生长限制因子 (Copin-montegut et al., 1983),因此本研究 POC/PON 比值与 Redfield ratio 有所不同。大部分 PON 来自浮游植物,及其分解所衍生之碳水化合物,蛋白质和脂质等 (Parsons et al., 1977),而这些物质所含比例不同,会影响元素的比值。台湾湖泊水库间 POC/PON 比例的不同,受到沿岸植被生长所供应之叶片,花粉、孢子输入及其分解物质,和人为及动物活动影响,表现各湖泊水库不同的特性。例如水库之 POC/PON 比值大多介于 5—8 之间,显示其受浮游植物影响较大。南仁湖虽然有 POC/PON 高值,但是其 Chl. *a* 浓度亦高,因此,南仁湖 POC/PON 可能受浮游植物物种影响。大湖和大鬼湖 POC/PON 比值大于 11,可能受其周围植物输入碎屑物质影响。而埔里鲤鱼潭之浮游植物含量低,POC/PON 比值应较高,但是由于生物排泄物输入之含氮废物,使其 POC/PON 比值仅约 7.7。

Matrai 等 (1989) 在南加州湾 (Southern California Bight) 测得 $\text{POC}/\text{PON} = 8.4$, $\text{POC}/\text{POS} = 224$, $\text{PON}/\text{POS} = 28$ 。POC/PON 比值与本研究结果类似, POC/POS, PON/POS 比值则较本研究结果略低。在植物体中所含的硫有 90% 存在含硫氨基酸 (Blair, 1979),而一般蛋白质中 N/S 比值介于 12 和 17 之间 (Dijkshoorn et al., 1967)。大部分生物之 N/S 比值会大于蛋白质中 N/S 比值 (Stewart et al., 1983), 因此,

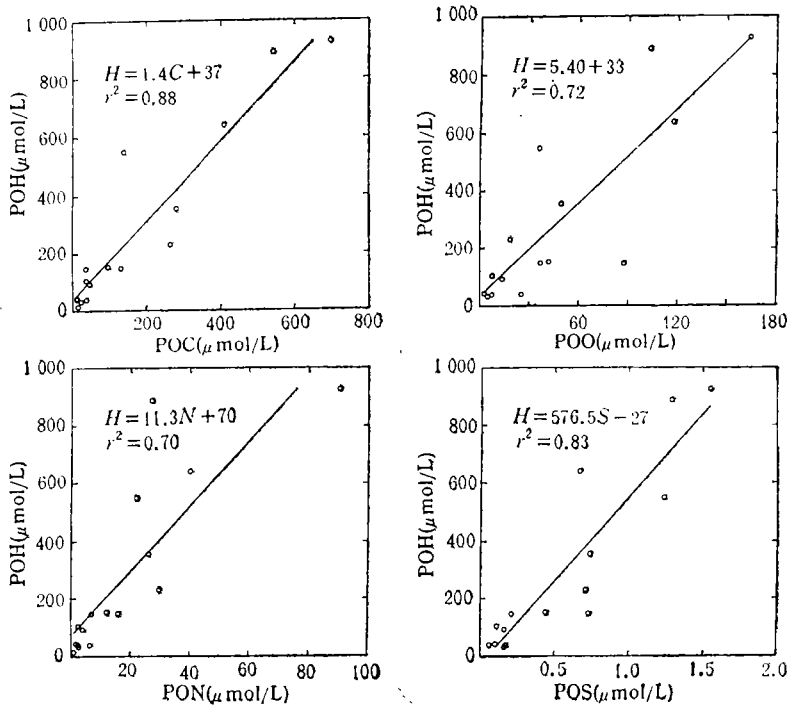


图 3 POH 与 POC, POO, PON, POS 之相关图

Fig. 3 The relationships of POH with POC, POO, PON, POS in 18 lakes and reservoirs in Taiwan

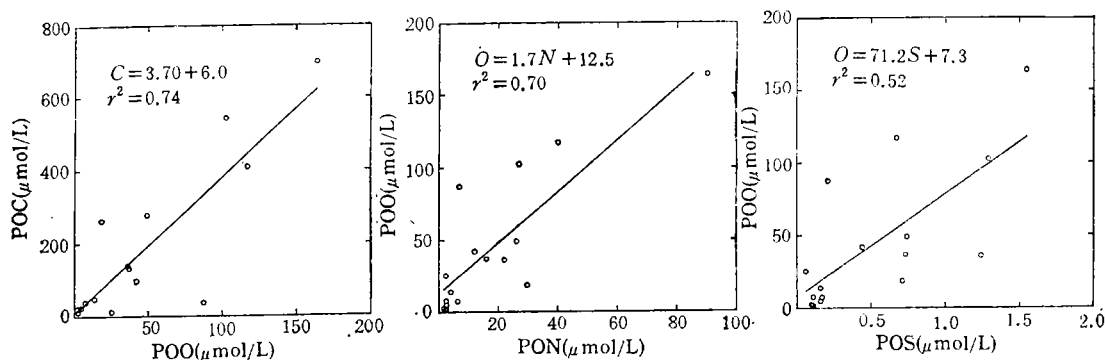


图4 POO 与 POC, PON, POS 之相关图

Fig. 4 The relationships of POO with POC, PON, POS in 18 lakes and reservoirs in Taiwan

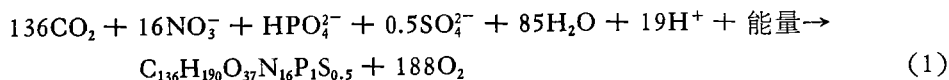
Matrai 等所测得之 PON/POS 比值 27, 与本研究之 PON/POS 比值 38, 都可能接近于 POM 中 PON/POS 比值, 两者可能是海洋与湖泊 POM 所含物种上的差异所造成。

2.3 POH, POO 对 POC, PON 和 POS 之间的关系 将表水平均之 POH 对 POC, POH 对 POO, POH 对 PON, POH 对 POS (图 3), POC 对 POO, POO 对 PON 和 POO 对 POS 作线性回归分析(图 4)之关系式如下:

$H = 1.4C + 37.0$	$r^2 = 0.88$	$SE = 0.13$	$n = 16$
$H = 5.4O + 33.0$	$r^2 = 0.72$	$SE = 0.94$	$n = 15$
$H = 11.3N + 70.0$	$r^2 = 0.70$	$SE = 2.00$	$n = 16$
$H = 576.5S - 27.0$	$r^2 = 0.83$	$SE = 72.9$	$n = 15$
$C = 3.7O + 6.0$	$r^2 = 0.74$	$SE = 0.60$	$n = 16$
$O = 1.7N + 12.5$	$r^2 = 0.70$	$SE = 0.31$	$n = 16$
$O = 71.2S + 7.3$	$r^2 = 0.52$	$SE = 18.5$	$n = 16$

台湾地区湖泊水库悬浮性 POM 之 $POH/POC = 1.4 \pm 0.13$ (9.3%), 略低于他人的研究结果。北大西洋悬浮性 POM 之 $POH/POC = 1.69$ (Gordon, 1970), 东北太平洋沉降性 POM 之 $POH/POC = 1.6$ 左右 (Martin et al., 1987), 夏威夷附近海域表层水, 将营养盐依模式推论 $POH/POC = 1.8$ (Dyrssen, 1977)。这可能是因为海水样本和湖水样本的差异。

根据 Redfield ratio N:P = 16:1 和样本研究结果之 $POC/PON = 8.5$, $POC/POO = 3.7$ 和 $POH/POC = 1.4$ 修正之, 推得:



根据 (1) 式, $AOU/\Delta POC = 1.4$ (AOU 表示表观耗氧量), $AOU/\Delta PON = 12$ 。东太平洋之 $AOU/\Delta POC$ 约为 1.3 (Ichikawa et al., 1975); 太平洋之 $AOU/\Delta OC = 1.4$ (OC 表示有机物分解所产生之 CO_2) (Chen et al., 1979); 大西洋及印度洋之 $AOU/\Delta OC = 1.2-1.65$ (Takahashi et al., 1985); 东北太平洋之 $-\Delta O_2/\Delta POC = 1.6$ 左右 (Martin et al., 1987); 北太平洋之 $AOU/\Delta OC = 1.2$ (Chen, 1990); 白令海之 $AOU/$

$\Delta\text{OC}=1.4^{1)}$ 本研究结果与以上报道接近。而在美国 Crater Lakes 测得之 $\text{AOU}/\Delta\text{NO}_3^- = \sim 16^{2)}$, 略高于本研究结果。可能是该湖属贫养湖, 且氮为生长限制因子, 而本研究湖泊之营养供应程度均有所不同, 其中部分属中养湖及优养湖, 使本研究之 $\text{AOU}/\Delta\text{PON}$ 比值较低。

过去研究沉降性 POM 或海底沉积物有机物之氧含量, 是以有机质总量减去碳、氢、氮含量 (Honjo, 1980; 顾宏堪, 1991), 少将样本以元素分析仪直接测量。本研究首次以元素分析仪直接测量, 分析结果与太平洋, 赤道大西洋和 Sargasso Sea 分析浮游植物 (Honjo, 1980) 比较, 浮游植物之 $\text{C:N:O} = 8:1:2$, 与本研究结果一致。

依 (1) 式之间接推论方式, 和 Honjo 研究结果, $\text{POC}/\text{POO} = 3.7$, $\text{POO}/\text{PON} = 1.8$ 之比值, 接近于 POM 比例。

2.4 POC, PON 与 Chl. *a* 的关系 将 POC 或 PON 对 Chl. *a* 作线性回归分析, 则可以由分析所得的斜率, 了解在浮游植物体内 $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 和 $\text{PON}/\text{Chl. } a$ 的比例。而截距代表在没有色素时, POC 和 PON 在水中的含量。

本研究之 $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值(重量比)介于 12.7—631.2 之间, 分布范围广泛。图 5 以回归分析法统计, 台湾地区大部分湖泊(不包括埔里鲤鱼潭、中正湖、南仁湖)之 $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值为 $106 \pm 12.2 (11.5\%)$ ($r^2 = 0.86$), $\text{PON}/\text{Chl. } a$ 比值为 $12 \pm 1.28 (9.7\%)$ ($r^2 = 0.89$)。根据 POC, PON 对 Chl. *a* 相关性来看, 本研究大部分湖泊表水之 POM 含量与浮游植物生长有关。相较于浮游植物在培养皿中测得之 $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值为 35 (Redfield et al., 1963), 本研究结果高出许多, 这是因为培养皿中所含之有机碎屑物质比较少, 因此有比较低的比值。台湾地区湖泊彼此间的差异, 可能是因为各地区湖泊藻类生长情形不同, 浮游植物种类不同, 或营养供应程度不同有关。在生物量高的地区, 活体浮游植物为优势种时, $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值较低。在藻华地区 (bloom area) 以外, $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值较高, 主要是因为大量有机物碎屑物质所致。

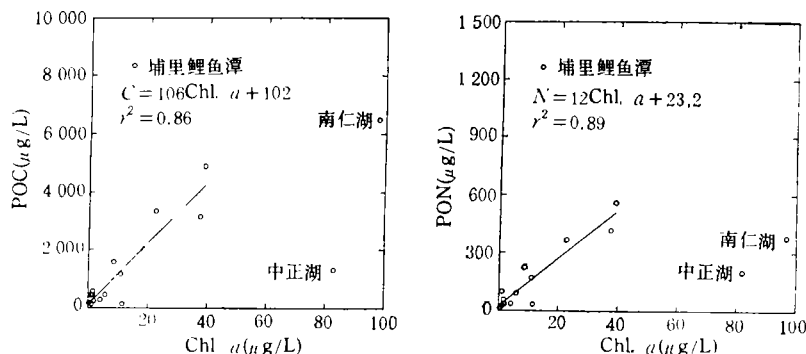


图 5 POC, PON 与 Chl. *a* 之相关图

Fig. 5 The Relationships of POC, PON with Chl. *a* in most lakes and reservoirs in Taiwan

1) Chen C. T. A., 1992, Continental Shelf Research (submitted).

2) McManus, J., 1992, The chemical and physical limnology of Crater Lake, Oregon, Ph. D. thesis, Oregon State University, 128pp.

3 结论

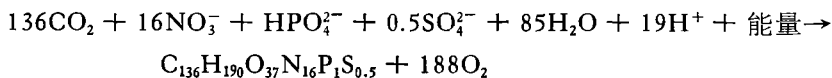
3.1 本文首次分析台湾地区 18 个湖泊水库 POM 结果, 各地因为浮游植物生长情形不同, 或有机碎屑物质供应差异, 使 POM 元素含量有较大的变化。

3.2 POM 碳、氮元素原子数比值 $\text{POC}/\text{PON} = 8.5 \pm 0.01$ (0.1%) ($r^2 = 84$), 比 Redfield ratio = 6.6 高, 可能因为物种的差异或野外样本含有较多碎屑物质所致。 $\text{POC}/\text{POS} = 369 \pm 58.2$ (15.8%) ($r^2 = 0.73$), $\text{PON}/\text{POS} = 38 \pm 6.9$ (18.1%) ($r^2 = 0.67$)。

3.3 POM 中之氢相对于其他元素原子数比例为 $\text{POH}/\text{POC} = 1.4 \pm 0.13$ (9.3%), $\text{POH}/\text{POO} = 5.4 \pm 0.94$ (17.4%), $\text{POH}/\text{PON} = 11.3 \pm 2.0$ (18.2%), $\text{POH}/\text{POS} = 576 \pm 72.9$ (12.6%)。

3.4 本文首度以仪器直测 POO, 结果为: $\text{POC}/\text{POO} = 3.7 \pm 0.6$ (16.2%) ($r^2 = 0.74$), $\text{POO}/\text{PON} = 1.8 \pm 0.31$ (17.2%) ($r^2 = 0.70$), $\text{POO}/\text{POS} = 71 \pm 18.5$ (26.0%) ($r^2 = 0.52$)。

3.5 将测得之碳、氧、氮比值, 配合 Redfield ratio N:P = 16:1, 依模式推论, 营养盐与有机体关系式为:



3.6 各湖泊水库之间浮游植物生长情形不同, 造成 $\text{POC}/\text{Chl. } a$ 比值的差异。大部分湖泊 $\text{POC}/\text{Chl. } a = 106 \pm 12.2$ (11.5%) ($r^2 = 0.86$), 此比值较实验室培养之浮游植物比值 (35) 高, 可能是因为野外样本所含碎屑物质较多。 $\text{PON}/\text{Chl. } a$ 比值为 12 ± 1.2 (9.7%) ($r^2 = 0.89$)。由 POC 和 PON 对 Chl. a 之相关性来看, 大部分台湾地区湖泊表水 POM 与浮游植物生长有密切关系。

参 考 文 献

- 顾宏堪主编, 1991, 海洋腐殖质、碳水化合物和氨基酸, 渤海东海海洋化学, 科学出版社(北京), 312。
- Blair, G. J., 1979, Sulfur in the Tropic, Muscle Shoals, Alabama, International Fertilizer Development Center.
- Chen, C. T. A. and Pytkowicz, R. M., 1979, On the total CO_2 -titration alkalinity-oxygen system in the Pacific Ocean, *Nature*, **281**: 362—365.
- Chen, C. T. A., 1990, Rates of calcium carbonate dissolution and organic carbon decomposition in the North Pacific Ocean, *J. Oceanogr. Society of Japan*, **46**(5): 201—210.
- Copin-Montegut, C. and Copin-Montegut, G., 1983, Stoichiometry of carbon, nitrogen and phosphorus in marine particulate matter, *Deep-Sea Res.*, **30**: 31—46.
- Dijkshoorn, W. and van Wijk, A. L., 1967, The sulphur requirements of plants as evidenced by the sulphurnitrogen ratio in the organic matter, A review of published data, *Plant Soil*, **26**: 129—157.
- Dyrssen, D., 1977, The chemistry of plankton production and decomposition in seawater, *In* Oceanic Sound Scattering Prediction, ed. by Andersen, N. R. and Zahuranec B. J., Plenum Press, pp. 65—84.
- Fichez, R., 1991, Suspended particulate organic matter in a mediterranean submarine cave, *Mar. Bio.*, **108**: 167—174.
- Fleming, R. H., 1940, The composition of plankton and units for reporting population and production, Proc. Sixth Pacific Sci. Cong. Calif., 1939, 3, pp. 535—540.
- Goldman, J. C., McCarthy, J. J. and Peavy, D. G., 1979, Growth rate influence on chemical composition of phytoplankton in oceanic water, *Nature*, **279**: 210—215.
- Gordon, D. C. Jr., 1970, Some studies on distribution and composition of particulate organic carbon

- in the North Atlantic Ocean, *Deep-Sea Res.*, **17**: 233—243.
- Honjo, S., 1980, Material fluxes and modes of sedimentation in the mesopelagic and bathypelagic zones, *J. Mar. Res.* **38**: 53—97.
- Ichikawa, T. and Nishizawa, S., 1975, Particulate organic carbon and nitrogen in the Eastern Pacific Ocean, *Mar. Biol.*, **29**: 129—138.
- Martin, J. H., Knauer, G. A., Karl, D. M. et al., 1987, Carbon cycling in the northeast Pacific, *Deep-Sea Res.*, **34**(2), 267—285.
- Matrai, P. A. and Eppley, R. W., 1989, Particulate organic sulfur in the waters of the southern California Bight, *Global Biogeochem. Cycles*, **3**(1): 89—103.
- Mezel, D. W., 1974, Primary productivity, dissolved and particulate organic matter, and the sites of oxidation of organic matter, *In The Sea Vol. 5*, chapter 18, ed. by Goldberg, E., Wiley-Interscience (New York), pp. 659—677.
- Parsons, T. R., Takahashi, M. and Hardgrave, B., 1977, Biological Oceanographic Processes, Pergamon Press (Oxford), pp. 332.
- Redfield, A. C., 1934, On the proportions of organic derivatives in sea water and their relation to the composition of plankton, *In James Johnstone Memorial Volume*, Liverpool, pp. 177—192.
- Redfield, A. C., Ketchum, B. H. and Richards, F. A., 1963, The influence of organisms on the composition of sea water, *In The Sea*, Vol. 2, ed. by Hill, M. N., Wiley-Interscience (New York), pp. 26—77.
- Riley, J. P. and Chester, R., 1971, Dissolved and particulate organic compound in the sea, *In Introduction to Marine Chemistry*, Academic Press (London), pp. 182—218.
- Sarvala, J., Kairesalo, T., Koskimies, I. et al., 1982, Carbon, phosphorus and nitrogen budgets of littoral Equisetum belt in an oligotrophic lake, *In Lake and Water Management*, ed. by Ilmarinen, V., Jones, R. I. and Persson, P. E., Kluwer Academic (Hague), pp. 41—53.
- Stewart, J. W. B., Cole, C. V. and Maynard, D. G., 1983, Interactions of biogeochemical cycles in the Grassland Ecosystems, *In The Major Biogeochemical Cycles and Their Interactions*, ed. by Bolin, B. and Cook, R. B. Wiley-Interscience (New York), pp. 247—269.
- Takahashi, T., Broecker, W. S. and Langer, S., 1985, Redfield ratio based on chemical data from isopycnal surfaces, *J. Geophys. Res.*, **90** (C4): 6907—6924.

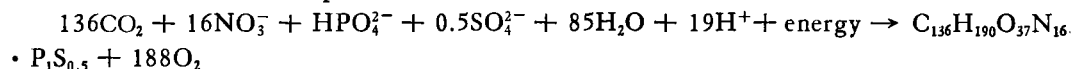
STOICHIOMETRY OF PARTICULATE ORGANIC CARBON, HYDROGEN, OXYGEN, NITROGEN AND SULFUR IN LAKES AND RESERVOIRS IN TAIWAN

Being-Ta Huang, Chen-Tung A. Chen

(*Institute of Marine Geology, National Sun Yat-Sen University, Kaohsiung, Taiwan*)

ABSTRACT

Suspended particulate organic matter (POM) from eighteen lakes and reservoirs in Taiwan was collected and analyzed for the first time for particulate organic carbon (POC), hydrogen (POH), oxygen (POO), nitrogen (PON), sulfur (POS) and chlorophyll *a* (Chl. *a*). POO was measured directly in contrast to the traditional method of subtracting POC, POH and PON from POM. The concentrations of POC, POH, POO, PON, POS and Chl. *a* range between 138—8 370 µg/L, 13.5—926.1 µg/L, 31—2 623 µg/L, 14—1 265 µg/L, 1.9—49.7 µg/L and 0.31—96.75 µg/L, respectively. The correlations among C/H/O/N/S/Chl. *a* are C/O = 3.7, C/N = 8.5, C/S = 369, H/C = 1.4, H/O = 5.4, H/N = 11, H/S = 577, O/N = 1.8, O/S = 71, N/S = 38 (molar ratios) and C/Chl. *a* = 106 (by weight). The correlations lead to a stoichiometric model that can be represented as:



The POC/PON and POC/Chl. *a* ratios are higher than the Redfield ratio (6.6), and the ratio in phytoplankton (35), respectively. The higher values are attributable to a higher proportion of detritus in field samples.

Key words Lake Reservoir Suspended Particulate organic matter
Carbon Hydrogen Oxygen Nitrogen Sulfur