

海産珪藻Skeletonema costatumの元素組成とそれから導かれる理論組成式

誌名	日本プランクトン学会報
ISSN	03878961
著者	眞鍋, 武彦
巻/号	36巻1号
掲載ページ	p. 43-46
発行年月	1989年9月

海産珪藻 *Skeletonema costatum* の元素組成と それから導かれる理論組成式¹⁾

眞 鍋 武 彦
(兵庫県立水産試験場)

Elemental Composition of *Skeletonema costatum*
and Proposed Theoretical Chemical Formula

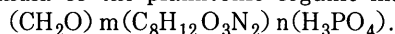
TAKEHIKO MANABE

Hyogo Prefectural Fisheries Experimental Station,
1-6-8 Nakasaki, Akashi 673

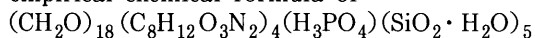
Abstract

This report describes the elemental composition of *Skeletonema costatum*, a common marine centric diatom which often causes the organic pollution in inland seas of Japan.

Considering major organic constituents of plankton is proteins, a new theoretical chemical formula of the planktonic organic matter was proposed as



Then an improved empirical chemical formula of



was presented. The C, H, N, P, and Si contents as well as IL (ignition loss) calculated by this empirical formula agreed well with the analyzed results.

内海域で高密度に発生する植物プランクトンの元素組成を知ることは、富栄養化内湾の栄養塩循環を知る上で重要なことと考えられる。HOBSON & MENZEL (1969)は南米東沿岸で浮遊物質のC/N比の鉛直分布を調査し、表層から深層(5000m)にかけてC/N比は6.6から18.7に増加するとしている。ANTIA et al. (1963)は赤潮初期と赤潮末期の原子比を調査し、それぞれC:N:P:Si=52:15:1:14, 85:16:1:37であったとしている。半田・柳(1970)の西部太平洋および相模湾での懸濁物質の調査結果から見ると、C/N比はそれぞれ4.2-8.2, 6.2-12.7となる。STRICKLAND & AUSTIN (1960)は北大西洋での資料からC:N:P:Si=93:13:1:32を提案している。このように浅海域と外海域、あるいは赤潮初期と赤潮末期などでは元素比は大きく異なる。

RICHARDS et al. (1965)は動植物プランクトンの平均構成原子比(C:N:P=106:16:1)に基づいて動植物プランクトンの化学組成の平均的組成式として $(\text{CH}_2\text{O})_{106} (\text{NH}_3)_{16} \text{H}_3\text{PO}_4$ を提案した。

¹⁾ 1989年6月22日受理 (Accepted 22 June 1989)

また, PARSONS et al. (1961)は培養した11種の藻類の生体物質の比について報告しており, その資料から算出すると *S. costatum* の構成原子比は C:N:P=40:8:1, *Coscinodiscus* sp. では C:N:P=103:15:1 となり, 後者では RICHARDS et al. (1965) とほぼ一致するが, 前者とは著しく異なる. これは RICHARDS et al. (1965) の示したプランクトンの原子比には動物プランクトンが含まれていること, また, 一般海洋での組成と単一培養での組成との差に起因するものであろうが, 内湾のように富栄養化した海域では単一種の優占する傾向が強いため, 原子比は PARSONS et al. (1961) の値に近いものと予想される.

本実験では富栄養化内湾などで最も普遍的なプランクトンである *S. costatum* の原子組成を求め, それに基づき化学組成の平均的組成式を作成し, RIDHARDS et al. (1965) の組成式と比較検討する.

方 法

S. costatum の培養に用いた培地は *S. costatum* の栄養要求特性に合わせて調整したもの(眞鍋 1976, 1988)で, Si 源は水道水に含まれている. 培養には円形白色蛍光灯を5個設置した円筒型恒温アクリル製水槽を用い, 水温 30℃, 照度 40 klx, 塩分 15‰ の条件下で培養した.

細胞数が 2×10^6 cells \cdot ml $^{-1}$ 程度に達した *S. costatum* 培養液を網目 10 μ m のプランクトンネットで濾過し, 分離した藻体を希釈海水(1/20)で洗浄し, 真空乾燥後, 15~20 mg を精秤し, CHN 分析装置を用い, 常法により藻体中の有機炭素, 有機窒素, 有機水素および強熱減量(以下 IL と略記する)を測定した. 藻体中の磷は藻体約 20 mg を精秤し HNO₃ 2 ml, H₂SO₄ 0.5 ml および純水 10 ml を加え, 砂皿上で緩やかに1時間加熱の後, ガラス繊維濾紙(東洋 GA-200)で濾過, 希釈の後, モリブデン青法(眞鍋・反田 1986)を用い, 880 nm の波長で自動比色分析した. 藻体中の珪素は藻体約 10 mg を精秤して白金ルツボに取り, Na₂CO₃ を 0.5 g 加え, 1000℃ で1時間加熱した. その後 3N-HCl 10 ml を加え固形物を溶解の後, アンモニア水(1:1)で中和し, 東洋濾紙(Na6)で濾過, 希釈の後, モリブデン青法(眞鍋・反田 1986)を用い, 810 nm の波長で自動比色分析した. 珪藻殻中の珪素量は藻体を 10% H₂O₂ で2時間加熱処理の後, 洗浄乾燥し, 得られた殻約 100 mg を精秤し, 50 ml 容硬質ポリエチレンの遠沈管に採取し, 5% Na₂CO₃ を 40 ml 加え, 時々攪拌しながら 100℃ で 40 分間加熱し, 非晶質珪素を溶解した. 冷却後, 溶液を適量分取し, 稀硫酸で中和し, 炭酸ガスを除去した後, 前述の藻体中の珪素と同一の方法で珪素を測定した.

結果および考察

S. costatum の元素分析結果を Table 1 に示す. *S. costatum* の殻に含まれる水和水が, 強熱と共に揮散するならば殻の IL と H₂O 含量とは一致するはずである. しかるに, IL は 10.0%, H 含量は 2.8% (H₂O 含量として 25.2%) と大きく異なる. これは水和水の約 60% が強熱時に結晶水として残存するために生じた現象と推察した. また同一条件で培養した *S. costatum* の吸収した栄養塩の原子比は N:P:Si=7.6:1.0:3.3(眞鍋 1988)であるにもかかわらず, *S. costatum* 藻体分析から得た原子比は N:P:Si=8.4:1.0:4.9 であり, N/P 比はほぼ近似するが, Si/P 比は幾分異なった値を示す. これは *S. costatum* が反応性珪酸以外の珪酸を利用することを示唆する.

TABLE 1 CHEMICAL COMPOSITION (WEIGHT %) OF CULTURED *Skeletonema costatum*.

		Analyzed ¹⁾	Calculated from	
			Formula A ²⁾	Formula B ³⁾
Dry cells	C(%)	33.2	28.2	34.0
	H(%)	5.19	6.03	4.99
	N(%)	6.46	5.27	6.35
	P(%)	1.70	1.46	1.76
	Si(%)	7.48	6.59	7.94
	IL(%)	74.1	78.7	74.4
Frustules	Si(%)	34.9	35.9	35.9
	H(%)	2.8	2.6	2.6
	IL(%)	10.0		

1) chemically analyzed.

2) $(\text{CH}_2\text{O})_{50} (\text{NH}_3)_8 (\text{H}_3\text{PO}_4) (\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})_5$

3) $(\text{CH}_2\text{O})_{18} (\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3\text{N}_2)_4 (\text{H}_3\text{PO}_4) (\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O})_5$

Table 1 から, *S. costatum* およびその殻の原子比はそれぞれ

$\text{C} : \text{N} : \text{H} : \text{P} : \text{Si} \approx 50 : 8 : 100 : 1 : 5$

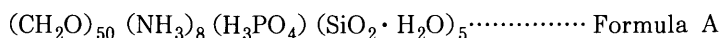
$\text{Si} : \text{H} \approx 1 : 2$

となる.

この原子比は PARSONS et al. (1961) の生体物質比から得た $\text{C}:\text{N}:\text{P}=40:8:1$ にやや近い. しかし眞鍋(未発表)の示す播磨灘海底堆積物の原子比($\text{C}:\text{N}:\text{P}:\text{Si}=117:11:1:62$, ここでのSi は非晶質Siをさす)とは大きく異なる. これは堆積物中の有機物の起源が多様であること, あるいはプランクトンが死滅後の沈降, 堆積中に変化したために生じた現象と推測された.

S. costatum の被殻が水和された不定形ポリ珪酸で, 組成を $x\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ とするならば, 上記の殻の $\text{Si}:\text{H} \approx 1:2$ から, *S. costatum* の被殻の組成はほぼ $\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ となる.

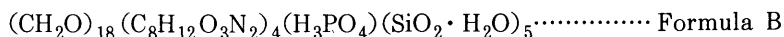
また, 実験で得られた構成比を用いて RICHARDS et al. (1965) の組成式 $(\text{CH}_2\text{O})_m (\text{NH}_3)_n (\text{H}_3\text{PO}_4)$ から, *S. costatum* の化学組成の平均的組成式を求めると



となる(眞鍋 1980). しかるに, この平均的組成式から, C, H, N, P, Si 含量および IL を計算すると Table 1 の Formula A から得た値になり, 実測値と幾分異なる.

プランクトンの持つ有機物の多くが蛋白質であることは知られているが, RICHARDS et al. (1965) の組成式では有機物の基本組成を $(\text{CH}_2\text{O})_m (\text{NH}_3)_n (\text{H}_3\text{PO}_4)$ としているため, 上記のような計算値と実測値の相違が生じたものと考えられた. 蛋白質はアミノ酸のペプチド結合であり, 一般に C, H, O, N, S をそれぞれ 50-55%, 6-7%, 25-30%, 12-19%, 0-2.5% 含有しているので(化学大辞典編集委員会 1967), 蛋白質の平均的組成式はほぼ $(\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3\text{N}_2)$ と表すこと

ができよう。そこでこの蛋白質の平均的組成式を使って *S. costatum* の生産する有機物の組成を $(\text{CH}_2\text{O})_m (\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3\text{N}_2)_n (\text{H}_3\text{PO}_4)$ と改変し、下記のような平均的組成式を得た。



この平均的組成式から、C, H, N, P, Si 含量および IL を計算すると Table 1 の Formula B から得た値になり、Formula A から得た値より実測値と良く一致する。このことから、*S. costatum* のような蛋白質を多く含むプランクトンの組成式として、RICHARDS et al. (1965) の組成式 $(\text{CH}_2\text{O})_m (\text{NH}_3)_n (\text{H}_3\text{PO}_4)$ を改変し、上記の $(\text{CH}_2\text{O})_m (\text{C}_8\text{H}_{12}\text{O}_3\text{N}_2)_n (\text{H}_3\text{PO}_4)$ とし、かつ珪藻の場合にはこの組成式に殻の組成 $(\text{SiO}_2)_x (\text{H}_2\text{O})$ を加えた方が、より現実的なものになると推測された。

引用文献

- ANTIA, N. J., C. D. McALISTER, T. R. PARSONS, K. STEPHENS & J. D. H. STRICKLAND, 1963. Further measurements of primary production using a large-volume plastic sphere. *Limnol. Oceanogr.*, 8: 166-183.
- 半田暢彦・柳勝美, 1970. クロロフィル-*a* 極大層の有機物. 日本プランクトン学会報, 17: 42-49.
- HOBSON, L. A. & D. W. MENZEL, 1969. The distribution and chemical composition of organic particulate matter in the sea and sediments off the east coast of South America. *Limnol. Oceanogr.*, 14: 159-163.
- 化学大辞典編集委員会編, 1967. 化学大辞典, 共立出版, 東京: 769-770.
- 眞鍋武彦, 1976. 赤潮プランクトンによる赤潮防止技術. 環境技術, 5: 26-32.
- 眞鍋武彦, 1980. 赤潮植物プランクトン増殖と栄養塩利用特性. 日本プランクトン学会報, 27: 135-236.
- 眞鍋武彦, 1988. 内海域の栄養塩類分布に及ぼす植物プランクトンの影響. 日本プランクトン学会報, 35: 115-120.
- 眞鍋武彦・反田 實, 1986. 海水中に含まれる微量の反応性珪酸, 反応性磷酸, アンモニア, 亜硝酸および硝酸の同時自動分析法について. 海と空, 62: 25-37.
- PARSONS, T. R., K. STEPHENS & J. D. H. STRICKLAND, 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplanktons. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 18: 1001-1016.
- RICHARDS, F. A., J. D. CLINE, W. W. BROENKOW & L. P. ATKINSON, 1965. Some consequences of the decomposition of organic matter in Lake Nitinat, an anoxic fjord. *Limnol. Oceanogr.*, 10: R 185-R 201.
- STRICKLAND, J. D. H. & K. H. AUSTIN, 1960. On the forms, balance and cycle of phosphorus observed in the coastal and oceanic waters of the north-eastern Pacific. *J. Fish. Res. Bd Canada*, 17: 337-345.