

B-2 有明海北東部におけるDSiを含む栄養塩負荷と植物プランクトンの関係

○熊谷 博史^{1*}・田中 義人¹・石橋 融子¹・松尾 宏¹

¹福岡県保健環境研究所（〒818-0135 福岡県太宰府市大字向佐野39）

* E-mail: kumagai@fihes.pref.fukuoka.jp

1. はじめに

有明海では、ノリ養殖時に発生する大型珪藻がノリの色落ちなどを生じさせる原因となっているように、珪藻が重要な役割を果たしている。

実際、有明海では溶存態ケイ素（DSi）濃度が高い為、ケイ素は制限因子として働かないとされている¹⁾が、シリカ過剰による環境影響も唱えられており²⁾、有明海沿岸生態系においてケイ素が何らかの変動因子として働いていることは十分考えられる。植物プランクトン増殖と栄養塩負荷との関係については不明な点も多い。

そこで本研究では、有明海北東部海域において DSi を含めた栄養塩のデータと、植物プランクトンデータを用いて、それらの相関の有無について調査したので報告する。

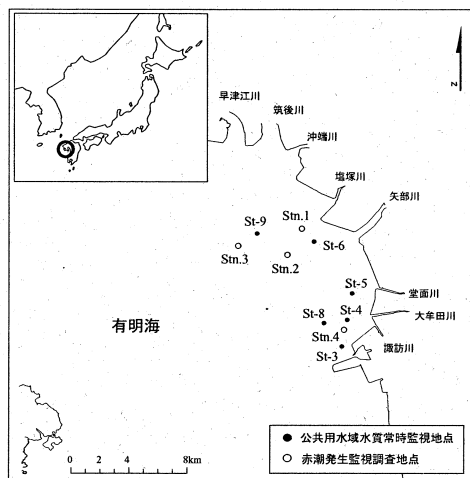


図1 水質・プランクトン調査地点

2. 調査方法

(1) 調査地点

調査地点を図1に示す。黒丸（6地点）は公共用水域常時監視地点である。白丸（4地点）は福岡県水産海洋技術センター有明海研究所による赤潮発生監視調査地点であり水質・プランクトン調査が実施されている。

(2) 水質・植物プランクトンデータ

常時監視地点の水質データは、メンブレンフィルターで濾過した試料について溶存無機態窒素（DIN）、溶存無機態リン（DIP）及び DSi を分析したもので、2005～2007 年度のデータである。赤潮発生監視調査地点の水質・植物プランクトンデータについては、2005～2007 年度データ³⁾のうち特異的な値を除いたものを使用した。同文献中において DSi は $\text{SiO}_2\text{-Si}$ として記載されているが DSi に統一した。

観測された植物プランクトン種を、珪藻と非珪藻とに大別し、それぞれの細胞数を積算した。またそれぞれの細胞数の占める割合を算定し、0.9 以上の存在比を示すときに優占状態とした。

(3) 積算降水量の算出

陸域からの流入負荷と栄養塩の関係を見る為に積算降水量を算定した。積算日数は調査日以前から 5、7、14、30、63 日とした。なお有明海の平均滞留時間は 2.1 ヶ月（63 日）である⁴⁾。降水量については久留米における AMeDAS データを使用した。

3. 結果と考察

(1) 栄養塩濃度と積算降水量の関係

表 1 積算降水量と栄養塩の関係

積算日数		DIN	DIP	DSi
5days	r	0.269	-0.028	0.282
	n	284	284	404
	p	<0.001	0.641	<0.001
7days	r	0.118	-0.121	0.379
	n	284	284	404
	p	0.048	0.042	<0.001
14days	r	0.166	-0.072	0.507
	n	284	284	404
	p	0.005	0.224	<0.001
30days	r	0.079	-0.050	0.492
	n	284	284	404
	p	0.187	0.404	<0.001
63days	r	-0.041	-0.017	0.388
	n	284	284	404
	p	0.496	0.778	<0.001

r: 相関係数, n: サンプル数, p: 値
* 5%で有意, **1%で有意

図 1 中の 10 地点における積算降水量と栄養塩の関係を表 1 に示す。積算降水量の増加に伴い、濃度が増加する傾向が DIN 及び DSi において認められた。このことは、降水の増加に伴い、陸域から河川を通じて沿岸域に流れ込む DIN 及び DSi 流入負荷量が増大していること、そしてそれに伴い沿岸域の各濃度が上昇していることを示している。ただし DIN については積算期間 5 日間において相関係数が最も高く、積算期間が増加するに従って相関係数は低下した。これは、DIN が河川からの流入後 5 日程度で、植物プランクトンの摂取等の種々の作用

により濃度変動を受ける為と考えられる。その一方で DSi については 5~63 日間の全ての積算期間において統計的に有意な正の相関が見られるとともに、積算期間 14 日の時に最も相関係数が高かった。これは他の栄養塩に比較し、DSi がより以前の降水量に依存していることや、DSi が急激な濃度変動を受けにくいことを示している。なお DIP については、ばらつきも大きく積算降水量増加に伴う濃度の増加傾向は見られなかった。

(2) 栄養塩濃度と植物プランクトンの関係

各種栄養塩と植物プランクトン細胞数の相関関係を表 2 に、それらの結果の一部を図 2 に示す。同図中には、*Skeletonema costatum* の増殖制限値¹⁾を同時に記載した。また珪藻が優占状態にある場合には、白丸で示した。

a) DIN と植物プランクトンの関係

珪藻及び非珪藻ともに、植物プランクトン細胞数と DIN との間には負の相関が見られた。また、図 2 中に点線で記載された *S. costatum* の DIN 制限値 ($4.4 \mu\text{g-at/L}$) から判断すると、植物プランクトンの増殖に伴い DIN が制限値を下回る状況が見てとれた。

b) DIP と植物プランクトンの関係

珪藻及び非珪藻ともに、植物プランクトン細胞数と DIP との間には負の相関が見られた。また、図 2 中に点線で記載された *S. costatum* の DIP 制限値 ($0.68 \mu\text{g-at/L}$) から判断すると、植物プランクトンの増殖に伴い DIP が制限値を下回る状況が見てとれた。

c) DSi と植物プランクトンの関係

珪藻及び非珪藻ともに、植物プランクトン細胞数と DSi との間には正の相関が見られ、珪藻が優占している

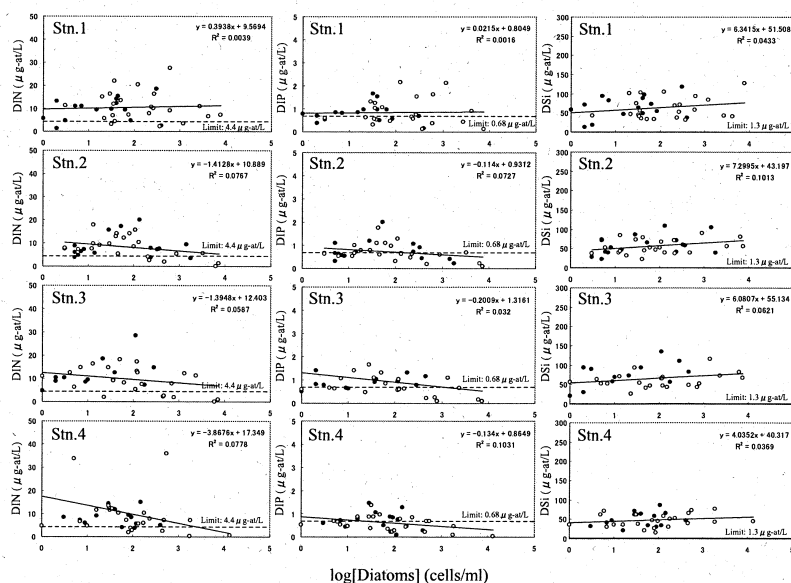


図 2 珪藻細胞数と栄養塩との相関

(○は珪藻優占時、●は珪藻非優占時であることを示す)

表2 植物プランクトン細胞数と栄養塩の相関

地点	植物プランクトン	データ種		DIN	DIP	DSi
Stn.1	珪藻	全データ	r	0.062	0.040	0.208
			n	38	38	38
			p	0.710	0.813	0.210
		優占時データ	r	-0.111	-0.007	0.222
			n	23	23	23
	非珪藻	全データ	p	0.615	0.975	0.309
			r	0.239	0.233	0.223
			n	27	27	27
		優占時データ	p	0.243	0.255	0.265
			r	0.867	0.096	0.791
Stn.2	珪藻	全データ	n	6	6	6
			p	0.025 *	0.857	0.061
			r	-0.277	-0.270	0.318
		優占時データ	n	39	39	39
			p	0.088	0.097	0.048 *
	非珪藻	全データ	r	-0.577	-0.407	0.318
			n	22	22	22
			p	0.005 **	0.060	0.149
		優占時データ	r	0.169	-0.015	0.301
			n	26	26	26
Stn.3	珪藻	全データ	p	0.410	0.943	0.136
			r	-0.698	-0.265	-0.479
			n	5	5	5
		優占時データ	p	0.190	0.666	0.415
			r	-0.242	-0.179	0.249
	非珪藻	全データ	n	35	35	35
			p	0.161	0.304	0.149
			r	-0.454	-0.469	0.304
		優占時データ	n	22	22	22
			p	0.034 *	0.028 *	0.169
Stn.4	珪藻	全データ	r	-0.058	0.054	0.427
			n	31	31	31
			p	0.757	0.772	0.017 *
		優占時データ	r	0.466	0.851	0.747
			n	6	6	6
	非珪藻	全データ	p	0.352	0.032 *	0.088
			r	-0.279	-0.321	0.192
			n	38	38	38
		優占時データ	p	0.090	0.049 *	0.248
			r	-0.337	-0.406	0.165
Stn.5	珪藻	全データ	n	25	25	25
			p	0.100	0.044 *	0.430
			r	-0.111	-0.284	0.719
		優占時データ	n	26	26	26
			p	0.588	0.159	<0.001 **
	非珪藻	全データ	r	-0.020	-0.460	0.889
			n	6	6	6
			p	0.971	0.359	0.018 *
		優占時データ	r	0.971	0.359	0.018 *
			n	6	6	6

r: 相関係数, n: サンプル数, p: p値
* 5%で有意, ** 1%で有意

にも係わらず DSi の低下傾向は見られなかった。このことから DSi の供給が珪藻の需要を上回っていることが考えられる。相関係数を珪藻と非珪藻で比較すると、非珪藻において相関が高かったが、これは非珪藻が増殖の際に DSi を必要としない為、栄養塩摂取に起因する DSi の減少が生じない為と考えられる。すなわち珪藻の増殖時においては DSi 摂取作用により DSi の濃度に変動は生じていると考えられる。また、図 2 中に点線で記載された *Scostatum* のケイ素制限値 ($1.3 \mu\text{g-at/L}$) から判断すると、今回のいずれの地点においても大幅に制限値を上回っていた。

以上のように、植物プランクトン細胞数と DSi 濃度には正の相関が見られたこと、及び *Scostatum* の増殖制限濃度を対象域の DSi 濃度が大幅に上回っていることから、これらの地点においては植物プランクトンの増殖に伴う DSi 枯渇が生じることはなかったと推察される。ただし今回データはノリの生産の落ち込みの少ない期間⁹⁾のものであり、今後は福岡県でノリの生産の落ち込みのあった 2000 年、2002 年、2003 年を対象に解析を進めていく

必要がある。また DSi は沿岸海域に流入後、DIN、DIP とは異なった挙動を示していることが明らかとなった。

今回は各栄養塩濃度と植物プランクトンとの関係を調査したが、各栄養塩比も時間的・空間的に変動すると考えられ、沿岸生態系へ影響を及ぼす可能性もある。その為これらについても情報の蓄積と解析の必要がある。

4. 結論

本研究により以下のことが明らかになった。

- (1) 有明海北部沿岸域では、積算降水量と DIN 及び DSi との間に増加傾向が見られたが、DIP については増加傾向が見られなかった。また DIN については流入後 5 日程度まで増加傾向が見られる一方で、DSi については 2 週間程度まで増加傾向が見られた。
- (2) 植物プランクトンの増加により DIN、DIP については枯渇状態となる状況が確認されたが、DSi については濃度変動が生じるものの枯渇状態となる状況は確認されなかった。ただし珪藻の増加に伴い DSi の濃度に変動が生じることが確認された。

謝辞：本研究の一部は、環境省環境研究総合推進費 (B-1001) 及び科研費 (22560553) の支援により実施された。ここに記し謝意を示す。

参考文献

- 1) 川口修, 山本民次, 松田治, 橋本俊也 (2004) 水質の長期変動に基づく有明海におけるノリおよび珪藻プランクトンの増殖制限元素の解明. 海の研究 **13**(2), pp. 173-183.
- 2) 角皆静男 (2002) 「川口修, 山本民次, 松田治: 有明海熊本沿岸におけるノリ不作年度の水質環境の特徴」に関するコメント. 海の研究 **11**(4), pp. 651-653.
- 3) 藤井直幹, 福永剛, 小谷正幸, 熊谷香, 岩淵光伸 (2006) 漁場環境保全対策事業 (2) 赤潮発生監視調査. 平成 16 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, pp. 173-186.
- 4) 藤井直幹, 福永剛, 宮本博和, 熊谷香, 岩淵光伸 (2007) 漁場環境保全対策事業 (2) 赤潮発生監視調査. 平成 17 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, pp. 155-168.
- 5) 藤井直幹, 福永剛, 池浦繁, 熊谷香, 岩淵光伸 (2008) 漁場環境保全対策事業 (2) 赤潮発生監視調査. 平成 18 年度福岡県水産海洋技術センター事業報告, pp. 145-155.
- 6) 柳哲雄, 阿部良平 (2003) 有明海の塩分と河川流量から見た海水交換の経年変動. 海の研究 **12**(3), pp. 269-275.
- 7) 渡邊康憲 (2009) ノリ養殖と珪藻赤潮・栄養塩. 海洋と生物 **31**(2), pp. 112-117.