

# かわさきの浜における植物プランクトンの季節変化

大塚 岬

## 1. はじめに

当社ではこれまで、新人研修の一環として、千葉県鴨川市や神奈川県小田原市などで海域調査を実施しているが、調査の多くは1回限りであり、年間を通じた調査は行われていない。しかし、海域の生物の多くには季節性がみられ、調査月によっては全く異なる生物相を示すこともあり、その海域の生物相を把握するためには、少なくとも1年を通じた調査が必要である。

東京湾西部に位置する神奈川県川崎市東扇島東公園は、川崎市で唯一の人工海浜「かわさきの浜」を有した公園である。「かわさきの浜」はアサリが自生し、春ごろには潮干狩りを行うことができるなど、親水施設として一般市民に利用されている貴重な環境である。一方で、「かわさきの浜」では、夏にグリーンタイドと呼ばれるアオサ類が大量に打ち上げられる現象が確認されており（佐々田ら，2017；古田，2021）、周辺海域では赤潮の発生も報告されている（川崎市，2000）。

本研究では、アサリの餌料としても重要であり赤潮の原因でもある植物プランクトンを対象に、「かわさきの浜」において月1回の頻度で調査を実施することで、当該海域における植物プランクトンの季節的消長を明らかにすることにした。

## 2. 調査方法

調査は神奈川県川崎市の東扇島東公園の「かわさきの浜」で行った（図1）。調査地点は図1の定点で行い、2021年4月11日、5月11日、6月11日、7月20日、8月26日、9月17日、10月18日、11月19日、12月16日、2022年1月17日、2月16日および3月29日の計12回、月に1回の頻度で実施した。水深0.5 mにおいて2 L採水し、ポリエチレン製容器に収容後、最終濃度2%になるよう中性ホルマリンで固定し、実験室に持ち帰った。その後、静置沈殿による試料濃縮を行い、位相差装置付正立顕微鏡（BX50，オリンパス株式会社）を用いて形態により種の同定および細胞数の計数を行った。また、多項目水質計（AAQ-RNKO，JFEアド

バンテック株式会社）を用いて、水深0.5 m層の水温、塩分および溶存酸素をそれぞれ測定した。

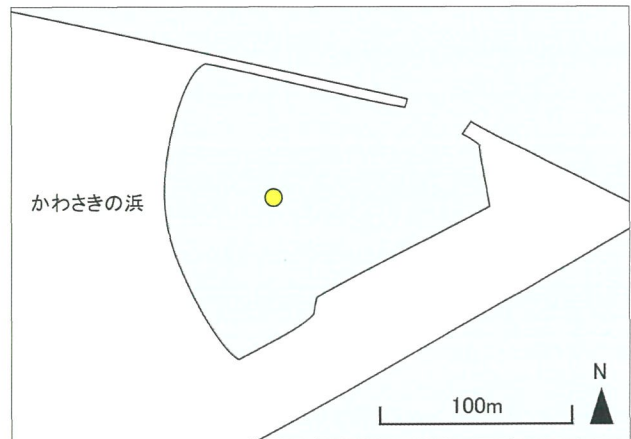


図1 調査場所（東扇島東公園かわさきの浜）

## 3. 結果

### 3.1 現地観測結果

多項目水質計による月別の水温、塩分および溶存酸素の推移を図2に示した。水温は春から夏にかけて上昇し、8月に最も高い値を示した。その後、秋から冬にかけて低下し、3月に最も低い値を示した。塩分は夏に低下する傾向にあり、9月に最も低い値を示した。その後、秋から冬にかけて上昇し、1月に最も高い値を示した。溶存酸素は6月に最も高い値を示し、12月と2月に最も低い値を示した。

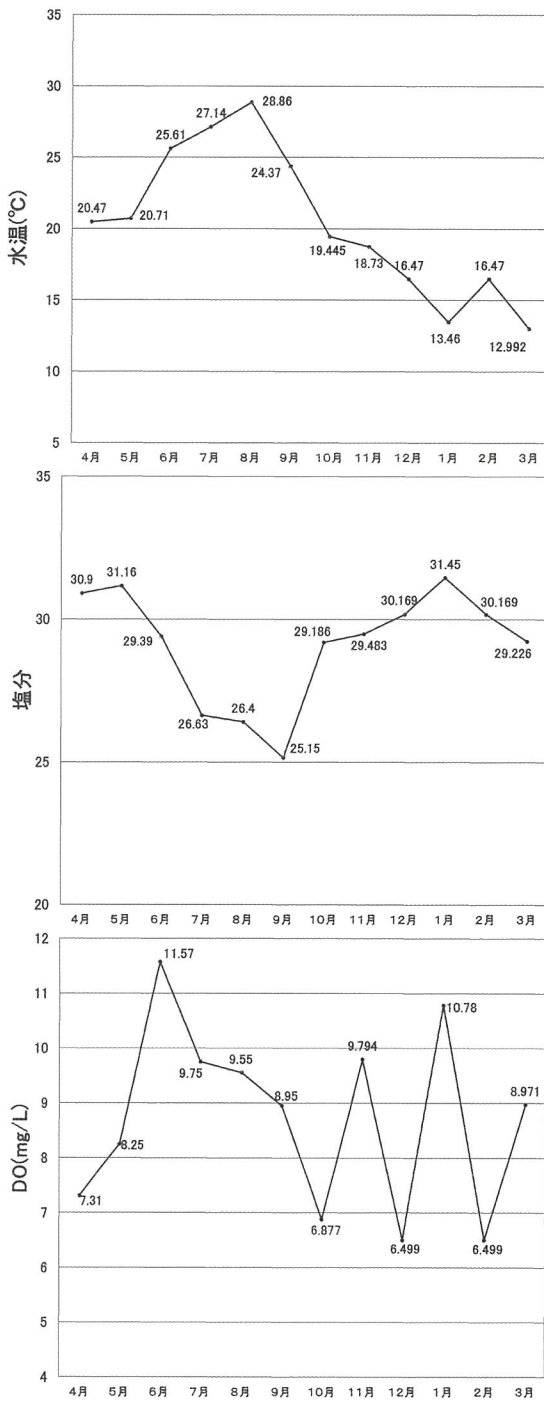


図2 水質測定結果

### 3.2 植物プランクトン種類数の季節変化

植物プランクトンの分析結果を表1に示した。12回の調査で出現した植物プランクトンは、種まで同定できなかったものを含めて50種類であった。内訳は珪藻綱28種類、渦鞭毛藻綱15種類、クリプト藻綱、ラフィド藻綱、黄金色藻綱、ハプト藻綱、ユーグレナ藻綱、ブラシノ藻綱および不明鞭毛藻

類が各1種類であった。月ごとの出現種類数の変化を図3に示した。月ごとの出現種類数は5～28種類で、11月に最も多く、10月に最も少なかった。

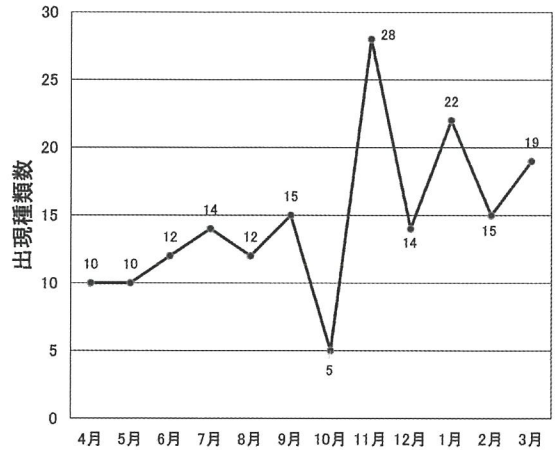


図3 出現種類数の変化

### 3.3 植物プランクトン細胞数密度の季節変化

植物プランクトンの細胞数(図4)は、春から夏にかけて増加し、8月にピークを示した。その後、秋から冬にかけて減少し、2月に最も低い密度を示した。分類群別にみると、5月を除く全調査月で珪藻綱が全体の53～93%を占めて優占した。一方、5月は渦鞭毛藻綱が優占し、全体の73%を占めた。また、10月も渦鞭毛藻綱の割合が46%と珪藻綱について高い組成比率を示した。

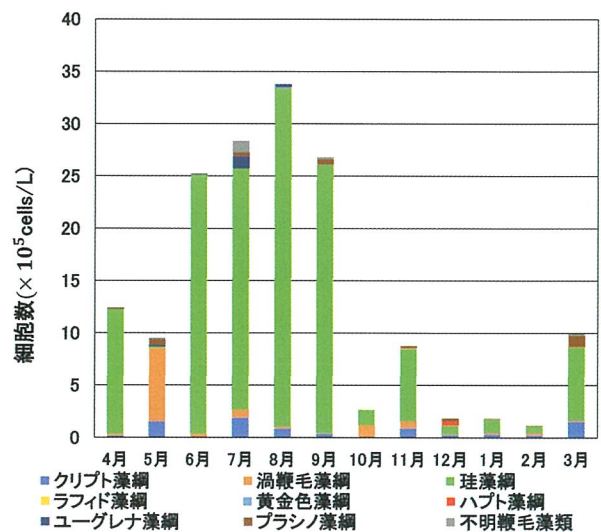


図4 月ごとの細胞数

表 1 植物プランクトン分析結果

番号	門	綱	目	科	種名	地点	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	合計	
1	クリプト植物	クリプト藻	プロコケントルム	—	Cryptophyceae		19,200	153,600	192,000	86,400	38,400	33,600	28,200	88,800	25,560	154,800	820,560			
2	渦鞭毛植物	渦鞭毛藻	プロコケントルム	プロコケントルム	<i>Proocentrum nitens</i>		4,800	547,200						3,600	1,200	3,600	6,000			
3					<i>Proocentrum minimum</i>									1,200	3,240	3,600	6,000			
4					<i>Proocentrum trisetinum</i>									4,800	600					
5					<i>Dinophysis acuminata</i>									7,200		600				
6					<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>									14,400						
7					<i>Gyrodinium</i> spp.									3,600		360				
8					<i>Karenia mikimotoi</i>								122,400	21,600						
9					Gymnodinales		7,200	9,600	9,600	19,200	4,800			6,000	1,800	4,200	3,240		144,000	
10					<i>Ceratium fixus</i>														46,440	
11					<i>Ceratium kofoidii</i>		2,400											600	3,000	
12					<i>Protoperidinium bipes</i>									2,400					2,400	
13					<i>Protoperidinium pellucidum</i>														1,200	
14					<i>Protoperidinium</i> spp.					9,600									1,200	
15					<i>Scrippsiella spinifera</i>					19,200									19,200	
16					Peridinales		2,400	67,200	9,600		9,600								19,200	
17	不等毛植物	珪藻	円心	タラシオンテラ	<i>Skeltonema costatum</i> complex				1,843,200		86,400	364,800	98,400	6,000	1,200	9,000	14,400	6,000	658,800	
18					<i>Thalassioira anguste-lineata</i>		12,000		96,000	1,152,000	2,553,600	988,800	19,200	49,200	1,800	6,000	1,800	1,800	4,882,200	
19					<i>Thalassioira</i> spp.					220,800	988,400	460,800					360		1,680,360	
20					Thalassiosiraceae									12,000					12,000	
21					<i>Leptocylindrus danicus</i>							9,600							285,600	
22					<i>Leptocylindrus minimus</i>									276,000					285,600	
23					<i>Coscinodiscus waileii</i>												360		360	
24					<i>Coscinodiscus</i> sp.												720		720	
25					<i>Actinopterychus senarius</i>														600	
26					<i>Rhizosolenia fragilissima</i>									3,600					3,600	
27					<i>Rhizosolenia setigera</i>									1,200		900			3,000	
28					<i>Ceratantlia pelagica</i>							652,800	7,200		4,200				664,200	
29					<i>Eucampia zodiacus</i>					19,200									22,800	
30					<i>Chaetoceros constrictum</i>												8,640	21,300	29,940	
31					<i>Chaetoceros curvisetum</i>														3,600	
32					<i>Chaetoceros debile</i>														10,500	
33					<i>Chaetoceros dilymum</i> var. <i>proliferans</i>											15,600			15,600	
34					<i>Chaetoceros sociale</i>														6,000	
35					<i>Chaetoceros</i> spp.					57,600	177,600			12,000		2,400			249,600	
36					<i>Chaetoceros</i> spp.											3,600			3,600	
37			羽状	リトデスミウム	<i>Neodelphinopsis pelagica</i>														72,000	
38				デアトーマ	<i>Thalassionema nitxschioides</i>		1,171,200	38,400					21,600			1,200			1,264,800	
39				ナビキュラ	<i>Pleurosigma</i> sp.			19,200				14,400				600			35,400	
40					Naviculaceae				19,200	38,400	4,800				1,200	16,800			91,800	
41				ニツア	<i>Cylindrotheca closterium</i>		12,000	4,800	19,200	28,800	196,800				600	3,000	720		285,920	
42					<i>Pseudo-nitzschia multistriata</i>			9,600	86,400	38,400					4,800				216,000	
43					<i>Pseudo-nitzschia</i> sp. (cf. <i>pmgms</i> )						9,600								67,200	
44					<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.				153,600	76,800						1,800			244,200	
45		黄白色藻	—	エブリア	Raphidophyceae					9,600									9,600	
46				エブリア	<i>Ebria tripartita</i>														6,000	
47		ハプト植物	—	—	Haptophyceae										42,600	1,200			9,600	
48		ユーグレナ植物	—	—	Euglenophyceae		19,200	9,600	115,200	28,800					1,200	600	360	4,800	174,960	
49		緑色植物	—	—	Prasinophyceae		9,600	52,800	38,400			52,800			26,400	600	2,880	103,200	305,880	
50		不明鞭毛藻類	—	—	unidentified flagellates		2,400	14,400	115,200			19,200			1,800	6,000	7,200	20,400	186,600	
					種類数		10	10	12	14	12	15	5	28	14	22	15	19	50	
					細胞数合計		1,243,200	955,200	2,524,800	2,841,600	3,379,200	2,683,200	268,800	878,400	189,600	188,700	122,400	997,200	16,272,300	
					沈殿量 (mL/m <sup>3</sup> )		100	150	150	180	180	150	180	180	40	30	30	30	150	-

単位:細胞数,細胞/L

## 4. 考察

### 4.1 植物プランクトンの季節変化

植物プランクトンの細胞数は  $1.22 \times 10^5$  cells/L から  $3.38 \times 10^6$  cells/L の範囲で推移し、春から夏にかけて増加し、秋から冬にかけて減少した。また、優占種についてみると、4月は珪藻綱の *Thalassionema nitzschioides* が優占し、総細胞数の94%を占めて卓越した。5月は渦鞭毛藻綱の *Prorocentrum minimum* が57%を占めて優占した。6月から9月にかけては珪藻綱が優占し、6月は *Skeletonema costatum* complex、7月から9月にかけては *Thalassiosira* spp. が総細胞数の37～76%を占めた。10月は渦鞭毛藻綱の *Karenia mikimotoi* が優占種となり、総細胞数の46%を占めた。11月は再び珪藻綱が優占する組成へとかわり、*Leptocylindrus minimus* と *S.costatum* complex がそれぞれ総細胞数の31%と27%を占めて優占した。12月から3月にかけては *S.costatum* complex が最優占種となり、総細胞数の32～66%を占めた。「かわさきの浜」では年間を通じて珪藻綱が優占する傾向にあり、なかでも *S.costatum* complex が最も多く出現した。*S.costatum* は日本各地の沿岸や汽水域で繁殖し、多くの河口域で顕著な赤潮を形成する(福代ら, 1990)。一方、5月と10月は渦鞭毛藻綱が高い組成比率を示した。特に10月に優占種となった *K.mikimotoi* (図5) は大量発生すると魚介類のへい死を招くことが知られており(松山ら, 2015)、有害有毒藻類として注意が必要なプランクトンである。調査海域と同じ東京湾に面する千葉県における本種の注意基準密度は 100 cells/ml である(千葉県

水産総合研究センター, 2021) ことから、10月の *K.mikimotoi* の細胞数 ( $1.22 \times 10^5$  cells/L) は注意基準密度を上回っていた。*K.mikimotoi* は水温 10～30°C、塩分 10～30 の各範囲で増殖が可能であり、水温 25°C、塩分 25 の組み合わせで最も増殖速度が大きいとされる(今井ら, 2016)。*K.mikimotoi* が確認された10月と11月では、それぞれ水温が 19.4°C、18.7°C、塩分が 29.2、29.5 (図3) と本種の増殖に適した環境であった。

### 4.2 グリーンタイドの発生

グリーンタイドとは浅瀬の沿岸域で大型緑藻の一種であるアオサ類が大量発生する現象を指す。大量に発生したアオサ類は沿岸に堆積し、景観の悪化や、堆積した海藻の腐敗による悪臭などを引き起こすことから、社会問題となっている(能登谷, 1999)。

本調査では8月、9月、10月および11月の調査時にアオサ類によるグリーンタイドが確認された(図6)。「かわさきの浜」では夏にグリーンタイドの形成が始まり、晩秋の11月まで継続し、冬に消滅すると考えられる。

石井(2010)は2009年から2010年にかけて東扇島東公園においてグリーンタイドの調査を実施し、グリーンタイドの主な形成種は遺伝子解析の結果からミナミアオサ(*Ulva ohnoi*) であると報告している。また、大野(1988)によると、高知県においてミナミアオサは8月下旬から繁茂を始め、11月以降は減少に転じるとしている。これらの特徴と一致することからも、「かわさきの浜」でみられたグリーンタイドの形成種はミナミアオサであると考えられる。



図5 *Karenia mikimotoi*



図6 グリーンタイドの発生(9月)

#### 4.3 グリーントイドによる植物プランクトンへの影響

干潟に大量に堆積したアオサ類は腐敗し、干潟表面は嫌気化して硫化水素を発生させる（能登谷，1999）。硫化水素の発生は表層性のベントスに影響を与えられことから、様々な調査が行われている（例えば、辻野・内田，2011；浦沢，2022）。一方、海藻類と植物プランクトンでは栄養塩や光など成長・増殖に必要な資源において競合関係にあり、一方に必要な生産力の増加は他方の生産力の減少につながると考えられる（吉田ら，2011）。アオサ類と植物プランクトンにおいても同様と考えられるが、グリーントイド発生前の7月の調査時は植物プランクトンの出現種類数が14、細胞数が $2.84 \times 10^6$  cells/Lであったのに対し、発生後の8月調査時では出現種類数が12、細胞数が $3.38 \times 10^6$  cells/Lであり、グリーントイド発生の前後で植物プランクトンの出現種類数や細胞数に顕著な変化は見られなかった（図4）。また、9月調査時でも同様であった。このことから、今回の調査においては植物プランクトンに対するグリーントイドの影響は限定的であったと推察される。しかし、グリーントイドは海底面付近に堆積するため、底生性や付着生の珪藻や渦鞭毛藻などに影響を与える可能性があると考えられる。

#### 5. 今後の課題

矢内ら（2006）はアオサの異常増殖が発生している谷津干潟において、干潟環境を解析した。その結果、谷津干潟では腐敗したアオサから栄養塩が大幅に東京湾へ流出したとしている。「かわさきの浜」においても同様に8月以降に大量発生したアオサ類が分解され、栄養塩が周辺へ大量に供給されたと考えられる。富栄養化した環境は植物プランクトンによる赤潮を招く原因となる可能性がある。

今後、植物プランクトンによる赤潮を防ぐためにも、本調査海域のような閉鎖的な環境において富栄養化を招く可能性のあるグリーントイドの防除および発生を未然に防ぐ方法を検討する必要がある。

## 参考文献

- 千葉県水産総合研究センター, 2021. 有害プランクトン注意報(R3 No.2-①), 1pp.
- 福代康夫・高野秀昭・千原光雄・松岡数充, 1990. 日本の赤潮生物—写真と解説—. 内田老鶴圃, 178pp.
- 古田翔斗, 2021. 東扇島東公園で確認されたアマモの生育状況. 株式会社日本海洋生物研究所 2021 年年報, 33-35.
- 今井一郎・山口峰生・松岡数充編, 2016. 有害有毒プランクトンの科学. 恒星社厚生閣, 191-200.
- 石井祐一, 2011. 海藻がもたらす環境問題-グリーンタイドの発生と構成種の特徴-. 国立環境研究所ニュース, 29 (6) : 7-9.
- 川崎市, 2000. 川崎港周辺の赤潮調査. 川崎市公害研究所年報, 第 27号.
- 松山幸彦・上田拓史・上野俊士郎・久保田信・鈴木紀毅・木元克典・佐野明子・副島美和・濱岡秀樹・中島篤巳, 2015. 第II部プランクトン図鑑 In : 末友靖隆 (編著), 日本の海産プランクトン図鑑第 2 版. 共立出版株式会社, 113.
- 能登谷正治 (著・編), 1999. アオサの利用と環境修復. 成山堂書店, 171pp.
- 大野正夫, 1988. 緑藻アオサ場の季節的消長. 付着生物研究, 7(1-2) : 13-17.
- 佐々田文瑠・小林弘明・金井正和・古川功二・井上雄一, 2017. 東扇島公園人工海浜生物調査結果 (2016年度). 川崎市環境総合研究所年報, (5) : 71-76.
- 辻野 睦・内田基晴, 2011. 堆積アオサが表層性メイオベントスに及ぼす影響. 日本ベントス学会誌, 65 : 90-97.
- 浦沢知紘, 2022. 東扇島東公園かわさきの浜におけるグリーンタイドの発生状況と底生生物相への影響. 株式会社日本海洋生物研究所 2022 年年報, 47-53.
- 矢内栄二・早見友基・井元辰哉・五明美智男, 2006. 谷津干潟におけるアオサの異常繁茂と干潟環境への影響評価. 海岸工学論文集, 53 : 1191-1195.
- 吉田吾郎・新村陽子・樽谷賢治・浜口昌巳, 2011. 海藻類の一次生産と栄養塩の関係に関する研究レビュー-および瀬戸内海藻場の栄養塩環境の相対評価-. 水研センター研報, 34 : 1-31.

