

東京湾における神奈川県沿岸域の貝毒原因渦鞭毛藻類の出現状況

赤田英之・秋元清治・加藤充宏

Occurrence of Diarrhetic and Paralytic shellfish poisoning dinoflagellates in the coastal area of Kanagawa prefecture in Tokyo Bay

Hideyuki AKADA*, Seiji AKIMOTO**, and Mitsuhiro KATO***

緒 書

アサリやマガキ、ホタテガイなどの二枚貝類は海中の毒を有した特定のプランクトンを摂取することによって毒化することが報告されている¹⁾。これらの毒は貝毒と呼称され、日本国内で確認されている貝毒の多くは主に麻痺性貝毒と下痢性貝毒に分類される。二枚貝類の養殖が盛んな北日本沿岸では、下痢性貝毒の原因プランクトンである *Dinophysis acuminata* 及び *Dinophysis fortii* がしばしば出現し、ホタテガイやマガキを毒化させており深刻な問題となっている。そのため、北日本沿岸を中心に *Dinophysis* spp. の出現状況や二枚貝類の毒化との関連性等、多くの知見が得られている^{2, 3, 4)}。

本県沿岸でも二枚貝類の漁業や養殖が行われている。これら生産物の貝毒安全対策として、漁業や養殖海域で貝毒原因プランクトンのモニタリングを実施するとともに、出荷の時期に合わせた養殖等二枚貝類の貝毒検査を行ってきた。神奈川県貝毒安全対策実施要領では、検査の結果で可食部の毒量が監視強化値（麻痺性貝毒は 2MU/g、下痢性貝毒は 0.05mgOA 当量/kg）を超えた場合は、調査点の増加や検査間隔の短縮等を行い、監視を強化することとしている。また、可食部の毒量が出荷自主規制値（麻痺性貝毒は 4MU/g、下痢性貝毒は 0.16mgOA 当量/kg）を超えた場合は、県から生産者（漁業協同組合）に対して当該生産海域における二枚貝類の出荷自主規制を要請することとしている。このように貝毒の発生は、食の安全性を脅かすだけでなく、二枚貝類の漁業・養殖業にも深刻な経済的損害を与える恐れがある。しかし、本県東京湾海域における貝毒原因プランクトンについて、その分布

や発生状況等の基礎的な生態に関する知見はわずかしかない。

本研究では、貝毒の発生によるリスクを軽減するため、貝毒原因プランクトンのモニタリング及び養殖二枚貝等の貝毒検査結果を基に、その分布や発生状況を明らかにし、出現傾向やその特性について検討した。

材料および方法

貝毒原因プランクトンのモニタリング

貝毒原因プランクトンのモニタリングは、2017年4月から2022年1月までに毎月1回実施した。調査場所は、漁業や養殖によって生産された二枚貝等の出荷量、出荷金額や過去の貝毒原因プランクトンの発生事例の有無等を考慮し、本県東京湾海域の本牧、柴、田浦、安浦、走水、浦賀の計6地点とした（図1）。

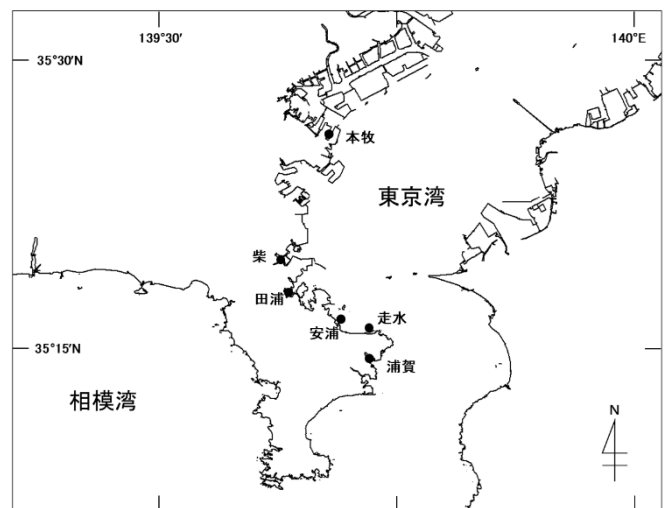


図1 貝毒プランクトン調査地点図

各地点では、0m層及び2m層（水深2m、以降省略）で貝毒原因プランクトン採取のための採水と0m層の水温及び塩分を測定した。0m層水温は2018年4月から2022年1月の間にYSIPro0D0光学式D0計（Xylem社製）及び多項目水質計（JFEアドバンテック社製ASTD152）を用い、0m層塩分は2020年9月から2022年1月の間に計測塩分計YK-31SA（Lutron社製）及び多項目水質計（JFEアドバンテック社製ASTD152）で測定した。

採水には0m層はバケツ、2m層はリゴ-B透明採水器（株式会社離合社製）を用いた。採水したサンプルは孔径10 μ mフィルターを用い、自然ろ過法により5mlに100倍濃縮した後、界線スライドグラスに滴下し、光学顕微鏡で同定及び計数した。

養殖等二枚貝類の貝毒検査

養殖等二枚貝類の貝毒検査は、2017年から2022年までの間に、ホタテガイ、アサリ、マガキ、トリガイを対象とし、出荷時期に可食部の下痢性貝毒及び麻痺性貝毒の検出量を分析した。この分析は一般財団法人千葉県薬剤師会検査センターに委託し、公定法である食品衛生検査指針に基づくマウス試験法及び機器分析法により実施した。

結 果

貝毒原因プランクトンのモニタリング結果

調査期間中に数百cells/L以上の密度で出現がみられた貝毒原因プランクトンは、下痢性貝毒原因プランクトンの*Dinophysis acuminata* 及び*Dinophysis fortii* の2種であった。*Dinophysis acuminata* は2017年の調査開始当初から頻繁にみられていたが、*Dinophysis fortii* は2020年以降に出現した。一方、麻痺性貝毒原因プランクトンは、当該海域において調査期間中に確認されなかった。

各地点の表層水温及び塩分の推移を図2に示す。本牧から浦賀までの6地点で観測した水温及び塩分は9.1~28.2 $^{\circ}$ C及び27~33.9であった。その内、*D. acuminata* の出現水温及び塩分は9.6~28.2 $^{\circ}$ C及び27.0~33.9で、*D. fortii* の出現水温及び塩分は14.2~23.9 $^{\circ}$ C及び29.1~32.7であった。また、*D. acuminata* と*D. fortii* の最高細胞密度出現時の水温及び塩分はそれぞれ17.0 $^{\circ}$ C及び30.3、23.9 $^{\circ}$ C及び29.1であった。

1. *Dinophysis acuminata* の出現状況

各地点各層における本種*D. acuminata* の出現細胞密度の経月変化を図3に示す。2017年は4~11月に確認され、最高細胞密度は6月（浦賀0m層）及び8月（本牧0m層）の5,500cells/Lであった。2018年は5~7月及び9~12月に確認され、最高細胞密度は5月（本牧0m層）の2,800cells/Lであった。2019年は1~7月、9~12月に確認され、最高細胞密度は4月（本牧0m層）と9月（柴2m層）の400cells/Lであった。2020年は1~2月、4月~11月に確認され、最高細胞密度は7月（安浦0m層）の2,800cells/Lであった。2021年は2~翌年1月に確認され、最高細胞密度は11月（本牧0m層）の10,500cells/Lであった。

このように調査期間中、細胞密度の増減はあるものの、本種は全ての地点において毎年出現した。本種の出現時期は12~2月の冬季を除きほぼ周年で出現がみられた。特に1,000cells/L以上の密度で出現した時期はどの年も概ね5~11月であった。また、全調査期間を通して、本種は安浦以南の東京湾口部よりも田浦以北の東京湾奥部の地点において比較的高密度で出現し、全ての地点で2m層よりも0m層において出現密度が高い傾向がみられた。

2. *Dinophysis fortii* の出現状況

各地点各層における本種*D. fortii* の出現細胞密度の経月変化を図4に示す。調査期間中、本種が初めて出現したのは2020年5月で、浦賀2m層に100cells/Lが出現した。6月には浦賀0m層で800cells/Lにまで増加するとともに、湾奥部の本牧2m層にて900cells/Lの密度で出現した。7月になると、田浦以北の湾奥部では消失し、安浦2m層で300cells/Lとなり、その後は全地点で出現は確認されなかった。2021年は3月から5月までは走水を除く全測点において100~200cells/Lの密度で推移していたが、6月には本牧2m層にて1,400cells/Lの最高細胞密度がみられた。その後7月以降には全地点で出現しなかった。

このように最高細胞密度が確認された時期は両年とも6月であり、最高細胞密度は2020年では900cells/L、2021年では1,400cells/Lであった。なお、*D. fortii* は*D. acuminata* と異なり、各地点の0m層と2m層における出現細胞密度には明瞭な違いは見られなかった。

表1 貝毒検査結果

採取場所	対象種	採取年	採取月日	検査項目		
				麻痺性貝毒 (MU/g)	下痢性貝毒 (mgOA当量/kg)	
本牧	トリガイ	2017	5月16日	ND	ND	
		2019	9月24日	ND	ND	
	柴	ホタテガイ	2018	1月16日	ND	ND
				2月13日	ND	ND
				3月14日	ND	ND
			2019	1月18日	ND	0.02
				2月4日	ND	ND
			2020	1月22日	ND	ND
				2月12日	ND	ND
				11月17日	ND	ND
	12月16日	ND	ND			
2021	1月20日	ND	ND			
	2月18日	ND	ND			
田浦	アサリ	2018	9月12日	ND	ND	
	2019	5月23日	ND	ND		
安浦	マガキ	2017	11月13日	ND	ND	
			12月11日	ND	ND	
		2018	2月14日	ND	ND	
			11月26日	ND	ND	
		2019	2月27日	ND	ND	
			9月24日	ND	ND	
			12月11日	ND	ND	
		2020	1月21日	ND	ND	
			2月12日	ND	ND	
			3月9日	ND	ND	
	5月12日	ND	ND			
	11月25日	ND	ND			
	12月16日	ND	ND			
2021	2月24日	ND	ND			
	5月20日	ND	ND			
	11月17日	ND	ND			
2022	1月18日	ND	ND			
走水	アサリ	2017	4月27日	ND	ND	
			5月26日	ND	ND	
			6月13日	ND	ND	
			7月12日	ND	ND	
			8月10日	ND	ND	
			9月20日	ND	ND	
		2018	5月15日	ND	ND	
			6月14日	ND	ND	
			7月27日	ND	ND	
			10月24日	ND	ND	
2019	4月22日	ND	ND			
	6月19日	ND	ND			
浦賀	マガキ	2017	11月13日	ND	ND	
			12月11日	ND	ND	
		2018	2月14日	ND	ND	
			11月26日	ND	ND	
		2019	2月27日	ND	ND	
			9月24日	ND	ND	
			12月11日	ND	ND	
		2020	1月21日	ND	ND	
			2月12日	ND	ND	
			3月9日	ND	ND	
	5月12日	ND	ND			
	11月25日	ND	ND			
	12月16日	ND	ND			
2021	2月24日	ND	ND			
	5月20日	ND	ND			
	11月17日	ND	ND			
2022	1月18日	ND	ND			

※ ND：検出限界値未滿（検出限界値：麻痺性貝毒 1.8MU/g、下痢性貝毒0.01mgOA当量/kg）

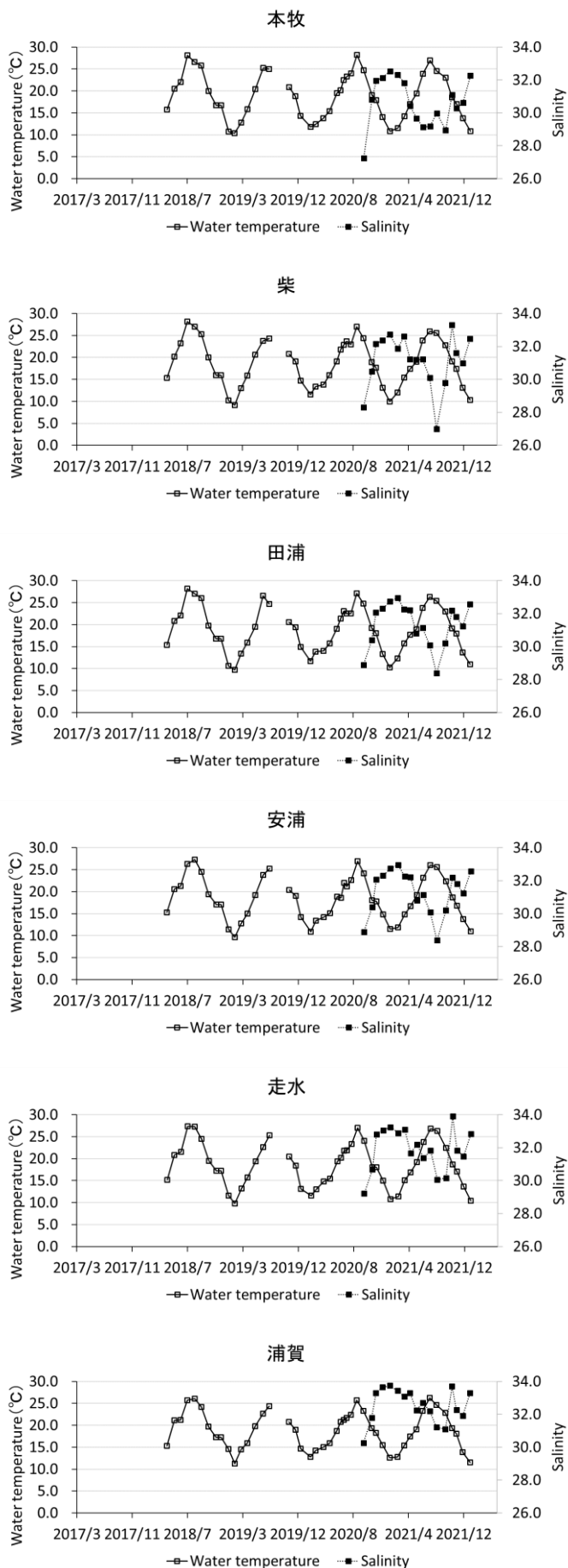
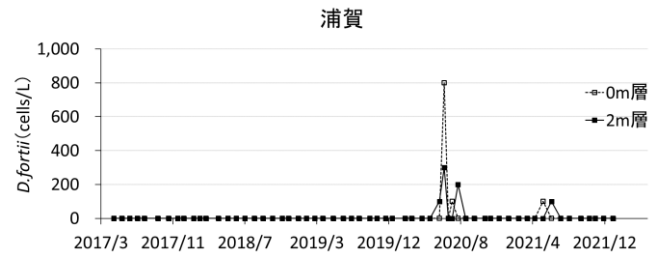
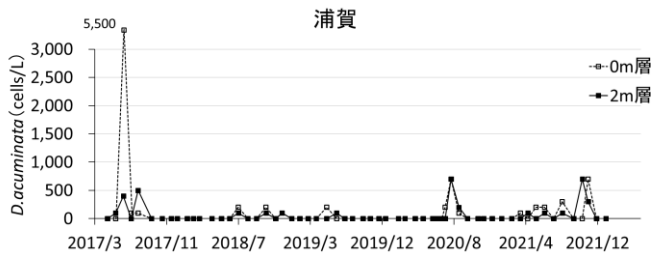
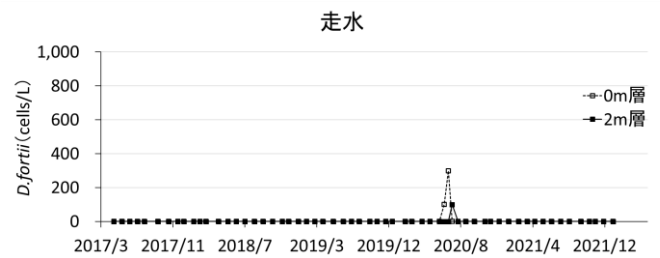
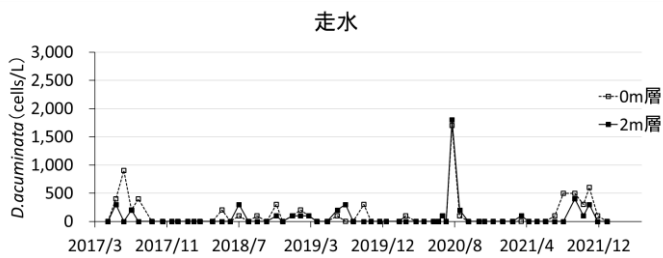
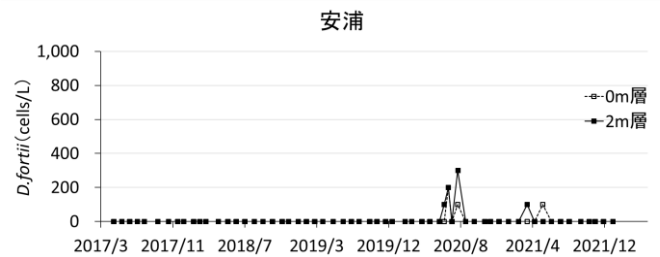
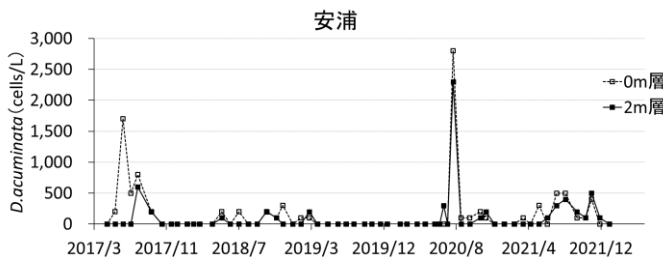
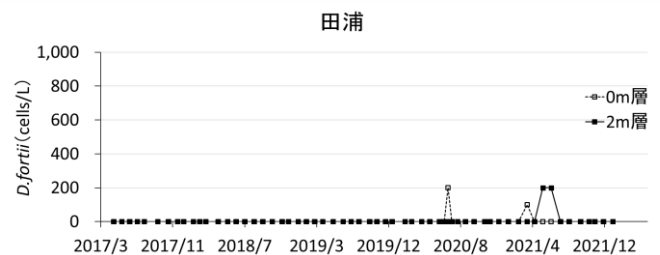
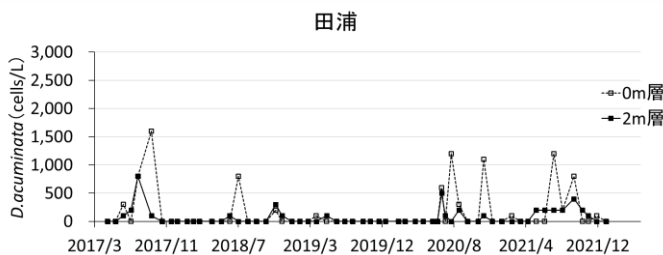
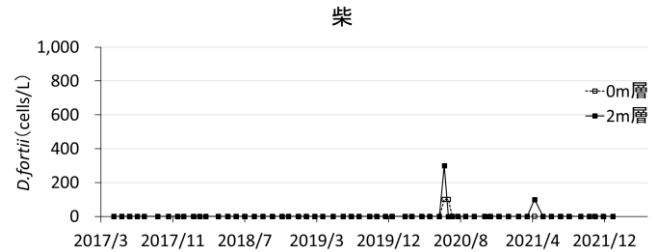
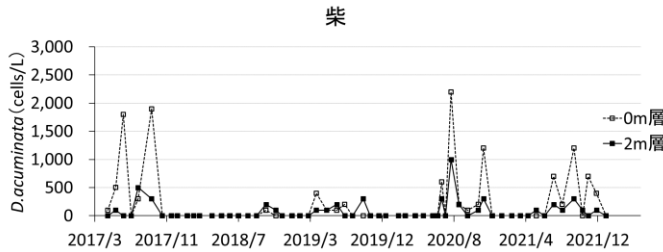
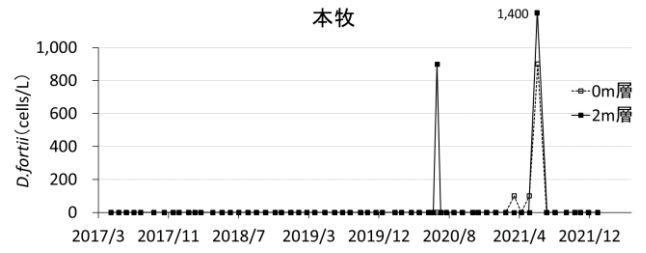
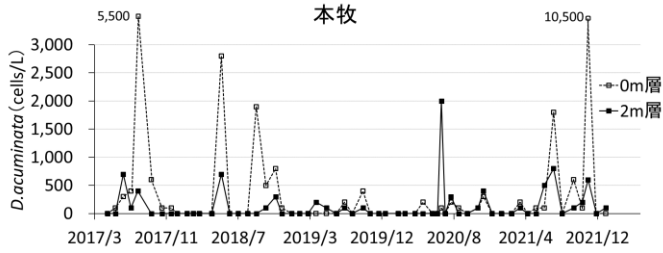


図2 各地点の表層水温及び塩分の推移

図3 各地点における *D.acuminata* の細胞密度の推移図4 各地点における *D.fortii* の細胞密度の推移

養殖等二枚貝類の貝毒検査結果

各調査定点における貝毒検査結果を表1に示す。調査は全部でマガキ51回、アサリ14回、ホタテガイ11回、トリガイ1回が行われた。そのうち、2019年1月に柴漁港で養殖中のホタテガイ *Patinopecten yessoensis* から、本県の監視強化値未満ではあるが、微量の下痢性貝毒 (0.02mgOA当量/kg) が検出された。その他全ての検査では下痢性貝毒及び麻痺性貝毒は検出されなかった。

考 察

東京湾海域における *Dinophysis* 属 2 種の出現傾向

本県東京湾海域では、*D. acuminata* は12～2月の冬季を除きほぼ周年に、*D. fortii* は2020年以降の3～7月に出現した。近隣海域である千葉県富津以北では、*D. acuminata* は例年季節を問わずほぼ周年出現している⁵⁾。*D. fortii* は2017～2020年には出現がみられず、2021年5月下旬～6月下旬に50～100cells/Lの密度で出現しており、本県海域との出現時期は概ね一致した。このことから、これら2種の出現傾向は本県沿岸域のみならず千葉県沿岸域も含めた東京内湾全域に及ぶものと思われる。

両種の分布特性について、一般に *D. acuminata* は沿岸部の富栄養域で濃密に分布する沿岸性とされ、*D. fortii* は沿岸の高温低塩分水塊と沖合の親潮系冷水の混合域に濃密に分布する外洋性と考えられている⁶⁾。本結果では、*D. acuminata* は東京湾口部よりも湾奥部の調査地点で高密度に出現した。一方、*D. fortii* は湾口部及び湾奥部の調査地点間で出現細胞密度に明瞭な差は見られなかった。

D. acuminata 及び *D. fortii* の2種の出現密度と水温・塩分との関係を図5に示す。東京湾海域の各地点における両種の出現水温及び塩分を比較すると、*D. fortii* に比べて *D. acuminata* の方が水温及び塩分の適応範囲が広がった。他海域においても *D. acuminata* の方が水温及び塩分の適応範囲が広く⁷⁾、本海域の傾向と一致した。また、両種の出現細胞密度と水温の関係に着目すると、両種とも水温14℃付近を下回ると、出現密度が100 cells/L以下にまで減少する傾向が見られた。但し、水温及び塩分の両データが存在する期間は2020年9月以降と短いため、出現密度との関係など本県海域における両種の好適な環境条件について詳しく評価するためには、さらなるデータの蓄積が求められる。

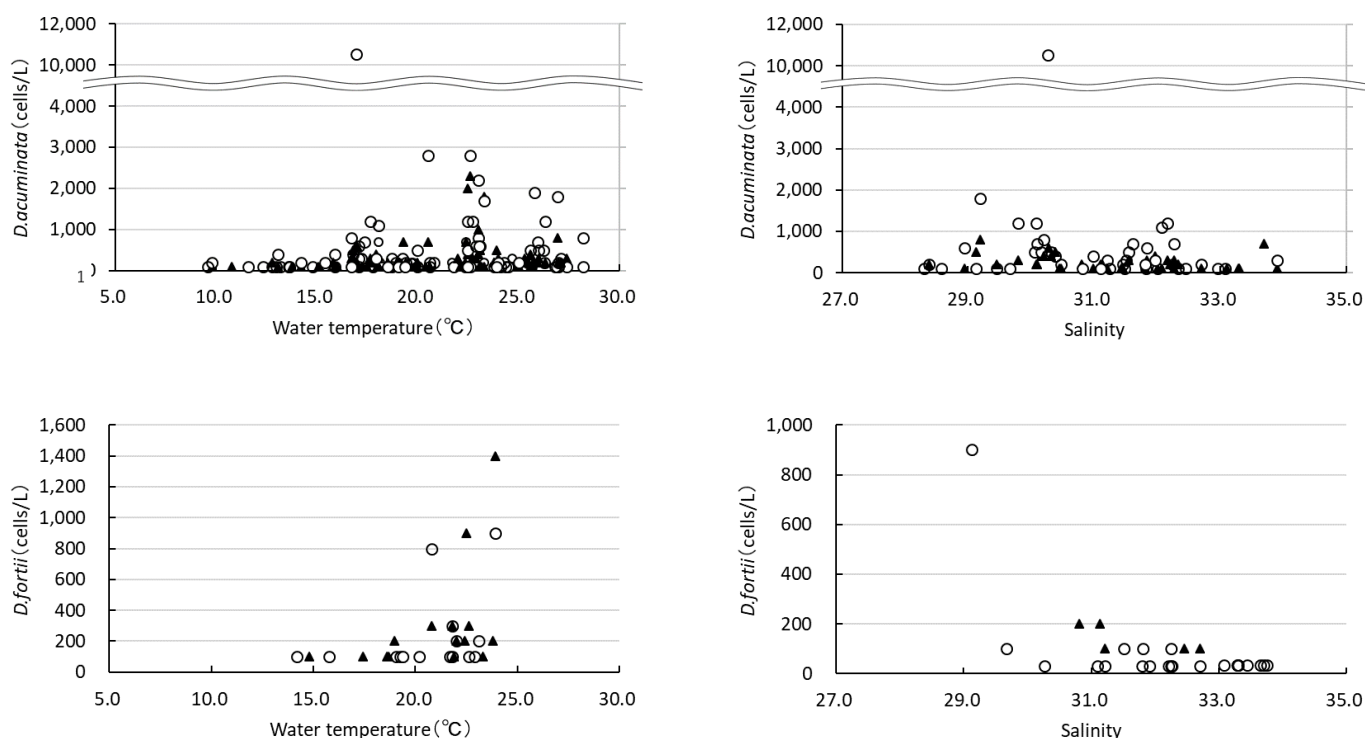


図5 *D. acuminata* 及び *D. fortii* の出現細胞密度と水温、塩分

麻痺性貝毒原因プランクトンの出現状況

本調査期間中に東京湾で麻痺性貝毒原因プランクトンの出現は確認されなかったが、東京湾では1984年6月に*Alexandrium catenella* (旧*A. tamarense*) のブルーム発生があったと記録されている⁸⁾。その後の東京湾における出現記録は無いようである。しかし1990年代以降、三河湾や大阪湾、広島湾等の西日本海域での発生が顕在化しており⁹⁾、相模湾沿岸域においても2020年5月～6月に*A. catenella* (Group I) が最大密度200cells/Lで出現した^(未発表)。大阪湾では春季に*A. catenella* (Group I) の大規模な増殖がみられており、春季の栄養塩濃度の減少とそれに伴う珪藻類の減少が要因の一つであると推察されている¹⁰⁾。本県沿岸域でも水温の上昇に加え、栄養塩濃度が減少傾向にあることから¹¹⁾、今後、麻痺性貝毒原因プランクトンの出現細胞密度の増加が懸念される。

近年マガキの養殖やアサリ、チョウセンハマグリなどの採捕が本県沿岸域で行われているため、それに伴う二枚貝類の毒化リスクを踏まえ、引き続き本県沿岸域における貝毒原因プランクトンの出現動向を水質環境と併せて注視する必要がある。

養殖等二枚貝類の毒化状況

Dinophysis 属は発生海域や時期によって下痢性貝毒(DSP)の細胞内含量や毒組成が異なっているため¹²⁾、細胞密度と二枚貝類の毒化の関係は不明瞭であるが、本調査期間中の貝毒検査結果では、2019年1月のホタテガイから検出された0.02mgOA当量/kgの下痢性貝毒(DSP)を除き、その他全検査では下痢性貝毒及び麻痺性貝毒(PSP)は検出されなかった。

同ホタテガイは、前年11月の第2週及び第3週に青森県海域で漁獲された個体を柴漁港に持込み、冬季の間養殖したものである。青森県産業技術センター水産総合研究所が報告している貝毒発生状況等速報2018年10～12月報告によると、ホタテガイの可食部でDSPが検出されたのは、11月上旬に採取された個体のみで、毒量は規制値未満である0.02 mgOA当量/kgであった。なお、2018年12月～翌年2月まで柴において下痢性貝毒原因プランクトンは確認されず、2019年2月に実施した柴のホタテガイの貝毒検査ではDSPは検出限界値未満

(0.01mgOA当量/kg未満)であった。

蓄積した二枚貝等の毒量の減衰率は、種毎に異なることに加え、海域の物理的特性にも影響されると考えられるが、可食部にDSPを含有するホタテガイを毒性物質の存在しない環境下で水槽飼育した結果、飼育開始とともに有意に減衰し始め、約3週間で初期毒量の50%以下となった事例¹³⁾がある。本県の貝毒検査で検出された微量の下痢性貝毒が入荷元海域由来か或いは本県海域由来かどうかは不明だが、有害プランクトン種の分布拡大要因には、海流による移送だけではなく、食用貝類種苗の売買に伴う有害プランクトン種の海域間輸送といった人為的要因も示唆されているため¹⁴⁾、貝毒の頻発海域からの二枚貝類の移動には引き続き十分な注意を払う必要とともに、今後、本県沿岸域で生産される二枚貝類から規制値を超える貝毒が検出された場合には、本県海域における二枚貝類の毒量に関する科学的データを蓄積し、貝毒検査結果と併せた監視体制の確立が重要と考える。

謝 辞

本研究の実施にあたり、横浜市漁業協同組合と横須賀市東部漁業協同組合の職員並びに漁業者の皆様には貝毒検査用の検体提供と採水調査に御協力をいただきました。また、神奈川県水産技術センター企画研究部の一色竜也部長並びに歴代の担当職員の皆様には多くの有益な助言をいただきました。ここに記して厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 1) 今井一郎, 板倉茂(2007): 貝毒研究の最先端一現状と展望, 「わが国における貝毒発生の歴史的過程と水産業への影響」, 水産学シリーズ 153, 9-18.
- 2) 五十嵐輝夫 (1986): 気仙沼湾における下痢性貝毒原因プランクトン *Dinophysis fortii* の発生状況について. 東北水研研報, 48, 137-144.
- 3) Hoshiai, G. I., Suzuki, T., Kamiyama, T., Yamasaki, M. and Ichimi, K. (2003): Water temperature and salinity during the occurrence of *Dinophysis fortii* and *D. acuminata* in Kesenuma Bay, northern Japan. Fisheries science,

- 69(6), 1303-1305.
- 4) 佐藤繁, 坂本節子, 緒方武比古, 植田至範, & 児玉正昭 (1994) : 貝類毒化モニタリングの現状と問題点. 沿岸海洋研究, **32**(1), 69-79.
 - 5) 千葉県貝毒検査・原因プランクトン調査結果 <https://www.pref.chiba.lg.jp/gyoshigen/kaidokukukka.html> ; (2021. 11. 1 取得)
 - 6) 岩崎順(1986) : 茨城県沿岸域における *Dinophysis fortii* の大量発生機構. 東北水研研報, **48**, 125-136
 - 7) 坂本達也・前野幸男・木元克則(2006) : 冬季の九州西岸における *Dinophysis* 属渦鞭毛藻の分布, 水産増殖, **54**(4), 455-464.
 - 8) Han M.S. and Terazaki M. (1993) : A toxic dinoflagellate bloom of *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech in Tokyo Bay, Journal of plankton research, **15**(12), 1425-1428.
 - 9) Imai I. , Yamaguchi M. and Hori Y. (2006) : Eutrophication and occurrences of harmful algae blooms in the Seto Inland Sea, Japan. Plankton Benthos Res, **1**, 71-84.
 - 10) 山本圭吾(2019) : 大阪湾における植物プランクトンの長期変動と有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* の大増殖, 沿岸海洋研究, **56**(2), 63-72.
 - 11) Akada H. , Kodama T. and Yamaguchi T. (2023) : Eutrophication trends in the coastal region of the Great Tokyo area based on long-term trends of Secchi depth. PeerJ, **11**, e15764.
 - 12) Lee JS. , Igarashi T. , Fraga S. , Dahl E. , Hovgaard P. and Yasumoto T. (1989) : Determination of diarrhetic shellfish toxins in various dinoflagellate species, J. Appl. Phycol. **1**, 147-152.
 - 13) 菊池慎太郎, 大嶋尚士, 大嶋由子, 中村忠司, 館脇正和(1992) : ろ過・滅菌処理海水中における毒化ホタテガイの養殖と貝毒減衰について, 食品衛生学雑誌, **33**(3), 223-230.
 - 14) 長井敏(2018) : 有害・有毒プランクトンモニタリング技術の高度化と応用, 日本水産学会誌, **84**(3), 357-360.