

大阪湾底泥における珪藻類休眠期細胞の分布・発生とそれに基づいた有益・有害ブルーム識別評価（その2）

○石井健一郎（京都大学大学院人間・環境学研究科）

松岡數充（長崎大学名誉教授）

山本圭吾（大阪府立環境農林水産総合研究所・水産技術センター）

山口晴生（高知大学農林海洋科学部）

宮下英明（京都大学大学院人間・環境学研究科）

1. 研究目的

大阪湾ではこれまでの調査研究（山本 2004, 山本他 2009, 今井 1990）によって有害・有毒種として *Alexandrium tamarense* や *Chattonella* が出現して被害をもたらしていることが知られており、それらのシストが表層堆積物中に保存されていることが明らかになっているが、それらの分布が主としてどちらの要因に支配されているのかを明らかにした研究事例はない。本研究では大阪湾表層堆積物中に保存されている珪藻休眠期細胞や有害・有毒渦鞭毛藻シストの水平分布を支配する要因の解明を目指した。

2. 研究方法

試料は 2017 年月 8 月 23 日に大阪府水産技術センターが採取した大阪湾 23 地点の中から昨年度との重複を避けて試料を選定した（図 1）。今年度の試料も表層約 2cm を分取した後、黒色プラスチック容器へ移し、研究室まで冷暗状態で運搬し、分析開始まで 15°C で保存した。

<底泥含水率の測定>

休眠期細胞やシスト産出量を堆積物湿重量や乾燥重量で表現するために堆積物の含水率を昨年度の同様の方法で求めた。

<珪藻休眠期細胞の抽出と観察>

試料採取後直ちに冷暗所（15°C）に移し、2ヶ月以上保存することで栄養細胞の生残する可能性を排除した。試料 1 g（湿重）を目合い 100 μm 及び 20 μm と 10 μm の篩を用いてサイズ分画を行なった後、目合い 20 μm 及び 10 μm の篩上の残渣物を 10 mL の濾過滅菌海水に懸濁し、その中の珪藻類休眠期細胞を対象に種同定と計数を行った。

<渦鞭毛藻シストを含むパリノモルフの抽出と観察>

Matsuoka & Yukuyo (2000) に従って試料を処理し、検鏡用試料を調製した。常温で塩酸、フッ化水素酸により珪酸質、石灰質粒子を除去し、目合い 125 μm のステンレス製篩と 10 μm のプランクトンネット篩を用いて分画し、目合い 10 μm 篩上に残った有

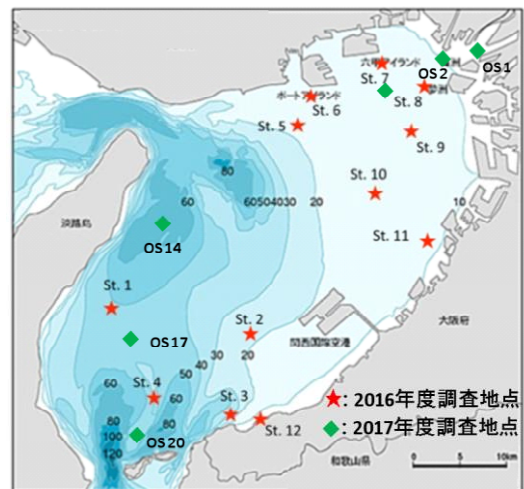


図 1 分析試料採取地点

機物を観察対象とした。濃縮精製試料を十分に攪拌した後、適量ピペットでスライドグラスに取り、観察した試料の重量を測定した後、カバーグラスをかけ、正立顕微鏡（DN-107T, AsOne）を用いて400倍でシストの同定・計数をおこなった。パリノモルフ個体数は堆積物の含水率を求め、それを基に乾燥重量1gに換算した。結果と考察は昨年度の成果も含めて行った。

3. 結果

<珪藻休眠期細胞>

13属29種以上の珪藻休眠期細胞が産出した。中でも *Chaetoceros* 属が13種以上と最も多様であった。各地点における底泥中に出現した珪藻類休眠期細胞密度を図2に示した。最低値は181 cells/g (St. OS 20)、最高値は18157 cells/g (St. 8)で、全地点平均では4954 cells/gであった。珪藻休眠期細胞産出密度は湾南部で2940 cells/gと少なく、St. OS 1を除く湾奥で7935 cells/gと多産した。湾西部のSt. OS 14でも2576 cells/gと産出量はやや少なかった。大阪湾での主要な赤潮原因種である *Skeletonema* 属はほとんど確認されず、12地点中わずかに4地点 (St. 2, 7, 11, OS 8) で極めて低密度で産出したのみであった。これに対し、*Chaetoceros* 属の休眠期細胞は全地点で存在が確認でき、特に湾北部において種数、細胞数ともに多かった。今回得られた最も高密度の種は *Chaetoceros vanheurckii* で、St. 6で1450 cells/gを記録した。その他 *Actinocyclus*, *Leptocylindrus danicus*, *Thalassiosira* の休眠期細胞も産出した。

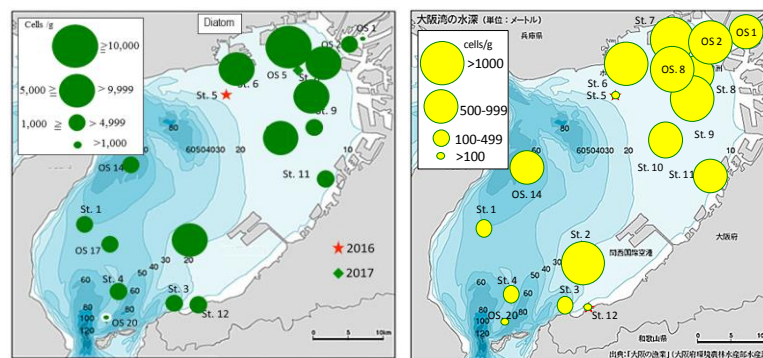


図2 左：珪藻類全体の休眠期細胞密度 右：*Chaetoceros*属の休眠期細胞密度

<渦鞭毛藻シスト>

シスト形態は< Matsuoka, K. and Ishii, K. 2018 Marine and freshwater palynomorphs preserved in surface sediments of Osaka Bay, Japan. Bulletin of the Osaka Museum of Natural History, No. 72, 1-17>を参照した。

群集組成：光合成種シストとして *Spiniferites*, *Lingulodinium*, *Operculodinium*, *Tuberculodinium*, *Alexandrium**, *Scrippsiella*, *Peridinium**#, *Polykrikos hartomannii*, *Gyrodinium instriatum*, *Gymnodinium catenatum* の10属17種以上（有毒種 *Alexandrium tamarense/catenella* を含む）、従属栄養性種シストとして *Brigantedinium*, *Lejeunecysta*, *Selenopemphix*, *Stelladinium*, *Votadinium*, *Protoperidinium**, *Dubridinium*, *Niea**

Echinidinium, *Polykrikos**の 10 属 31 種以上が確認された。全域を通して従属栄養性シストが種数、産出量共に光合成シストよりも優勢であった(*はプランクトンの学名, それ以外はシストの学名, #は汽水性)。図 3 に各地点におけるシスト密度を示した。*Alexandrium tamarense/catenella* のシストは全試料で多産し, 最高 St. OS 5 で 14,539 cyst/g を記録した。その他の光合成種シストでは *Spiniferites* が多く, *Lingulodinium*, *Tuberculodinium* がそれに次いだ。汽水性 *Peridinium quinquecorne**のシストも St. 12 で少量産した。従属栄養性シストは St. 5 で 15,743 cysts/g で最も多く産出した。従属栄養性シストでは *Brigantedinium* が優占した。*Brigantedinium* 属の場合, 保存状態から発芽孔が観察できず, 種を確定できる場合は少なかったが, *B. cariacense*, *B. simplex*, *B. majusculum*, *B. irregulare* などが確認された。それ以外では *Lejeunecysta*, *Selenopemphix*, *Stelladinium*, *Trinovantedinium*, *Votadinium*, *Echinidinium*, *Dubridinium* (*D. cavatum* が St. 9, St. 11 で多産) などの他, *Protopteridinium lattisimum**, *Protop. amaricanum**, *Polykrikos kofoidii**が産した。

分布：光合成種シスト (*A. tamarense/catenella* シストを除く), 従属栄養性シストともに湾奥部に多産し, 淀川河口域や湾南部には少なかった。*A. tamarense/catenella* のシストも淀川河口域を含む沖合域に多いが, 湾中央から湾南部域でも豊産していた。

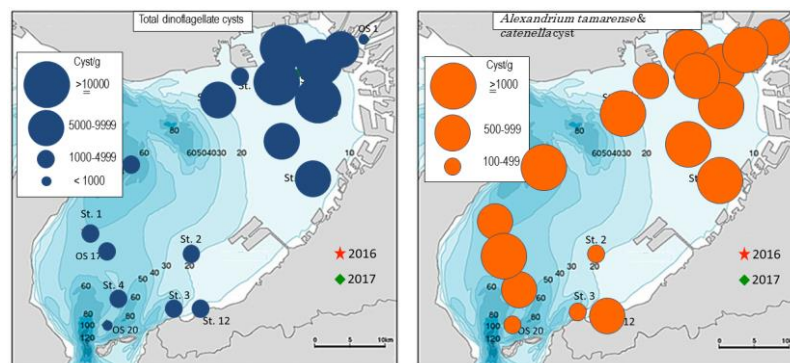


図 3 左：渦鞭毛藻類全体のシスト密度 右：*Alexandrium* 属のシスト密度

4. 考察

<大阪湾表層堆積物中の珪藻休眠期細胞>

珪藻類休眠期細胞は淀川河口前面を除く湾奥部で多産し, 湾口部では少なかった。湾奥部では多様な *Chaetoceros* 属休眠期細胞が産出したが, 発芽能力を持たないいわゆる死細胞が生細胞と比較して多く存在していた。死細胞が検出される湾北部の堆積物には硫化水素臭が確認でき, 現場海底は DO も低く還元的環境であったことを反映している。特に St. 7, St. 8, St. 11 では夏季の最低溶存酸素量が 3mg/L を下回っていた。珪藻休眠期細胞は湾奥部 (淀川河口の St. OS1 を除く) で高密度, 湾中央部から湾南部にかけて密度が低下し, St. OS20 で最も低くなる。大阪湾での主要な珪藻類は *Skeletonema* spp., *Thalassiosira* spp., *Cheatoceros* spp. であることからこれらは湾奥部で増殖し, 休眠期細胞を形成している。加えて湾奥部では流速の小さな (底層での恒流流速 1cm/s) 西宮環流の影響下にあることから, 形成された休眠期細胞は海底に沈積

しやすいことによると考えられる。湾中央部から南部にかけてはやや流速の大きな沖ノ瀬環流（底層での恒流流速 8cm/s）や友ヶ島反流（底層での恒流流速 15cm/s）の影響下にあり，水中で形成された珪藻休眠期細胞は海底に沈積することよりも流失することが多いと考えられる。これは湾奥部が珪藻休眠期細胞の主たる生産の場であり，それ以外の場所では珪藻休眠期細胞の生産はさほど大きくはなく，加えて休眠期細胞形成後に流れによって失われていることを反映した結果と推察出来る。

< *Alexandrium tamarense/catenella* シスト >

Alexandrium tamarense/catenella シストは他の渦鞭毛藻シストとは異なった水平分布を示す。St. OS 5 を除き，大阪湾全体での産出量に著しい差は認められなかった。本調査結果では *A. tamarense/catenella* シストの水平分布は山本他（2009）が示した水平分布と異なっている。山本他（2009）は 2006 年 10 月と 2007 年 5 月，10 月の *A. tamarense/catenella* シストの分布を示した。2006 年 10 月のその分布は湾奥域から沖合域東部で多産する（100-499 cyst/cm³；堆積物の乾燥密度を 0.3g/cm³ として，乾燥重量あたりに換算すると 330-1646 cyst/g）の大阪湾ほぼ全域で産出が確認されている。それに対し，*A. tamarennse* が 2007 年 4 月に湾沖域で赤潮状態にまで増殖した直後の 2007 年 5 月では湾奥域東部から沖合域東部で最高 5683 cyst/cm³（187,053 cyst/g）のシスト密度で産し，6 ヶ月後の 10 月でも 3275 cyst/cm³（10,807 cyst/g）のシスト密度であったが，湾南部海域の産出がほとんど確認されていない。山本他（2017）が示した *A. tamarennse* 栄養細胞の出現状態は湾東部を除く沖合域や湾南部域では出現していないか，あるいは極めて少量 10cell/L であったにもかかわらず，この海域の堆積物には *A. tamarense/catenella*（生）シストが 100-100 cysts/g の範囲で産出していることは重要な知見になる。他の渦鞭毛藻シスト産出量が湾奥からの距離と正の相関を示すことは，これらの渦鞭毛藻シスト形成後に流れによって移動・沈積したことを強く示唆している。しかし，*A. tamarense/catenella*（生）シストが湾南部域や南湾港域にも相当量産出していることは，この海域でも *A. tamarennse* 栄養細胞が増殖し，シスト形成を行っていたことが考えられる。兵庫県水産技術センターは湾奥部で早春に *A. tamarennse* の増殖がみられることを受けて，湾西部の洲本港でも *A. tamarennse* のモニタリングを実施している。その結果は湾奥と同様に早春の 3 月下旬から 4 月にかけて *A. tamarennse* の増殖があり，2017 年 4 月には 11500 細胞/L の密度であったことを報告している（<http://www.hyogo-suigi.jp/kd/pdf/kd29-03.pdf>）。この細胞密度は湾奥部で発生する *A. tamarennse* の赤潮状態と同じレベルであることから，この時に多数のシストが形成されていたと推察される。湾南部海域でも *A. tamarense/catenella* のシストが形成されているであろうことを支持している。これまでも貝毒防止の観点から淀川河口域や芦屋沖の湾奥部，湾南部の洲本港では春先の *A. tamarennse* の異常増殖に特段の注意を払ったモニタリングを実施してきた。しかし，*A. tamarense/catenella*（生）シストが大阪湾のほぼ全域に分布していることは，これらのシストが *A. tamarennse* の初期発生に繋がる可能性が大きいことから，今後のモニタリング地点と期間を二枚貝養殖地域周辺部も含めて再検討する必要がある。