

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3）

○石井 健一郎（京都大学大学院人間・環境学研究科 研究員）

松岡 数充（長崎大学名誉教授）

1. 研究目的

今年度の研究では大阪湾北部の湾奥，神戸空港東沖で堆積物コアを採取してその堆積年代を求め，そこに保存されている珪藻類や渦鞭毛藻類群集の時系列変化から大阪湾北部海域の環境変化の把握を目的とした。

2. 研究方法

大阪湾北部海域で表層部の攪拌がない海域においてダイバーを雇用し，プラスチックチューブを用いて約 1m の柱状試料を採取した。柱状試料は肉眼による堆積状況を観察し，記載する。その後 1cm ごとに切り分け，粒度組成や珪藻類，渦鞭毛藻類の休眠期細胞やシストの分析に用いた。切り分けた試料は分析開始まで冷暗所に保存する。また，堆積物の沈積年代を明らかにするために ^{210}Pb と ^{214}Pb ， ^{137}Cs の測定を行った。また，海底堆積物試料 1 g (wet sediment) を 100 μm 及び 20 μm 目と 10 μm 目の篩を用いてサイズ分画の後，20 μm 及び 10 μm 目の篩上の残渣物中の珪藻類(石井担当)及び渦鞭毛藻類，ラフィド藻類休眠期細胞については塩酸，フッ酸の処理を行った後に種を同定(松岡担当)し，細胞の計数を倒立顕微鏡下で行った。堆積物中に保存されている休眠期細胞やシストの発芽能を把握するために発芽実験を試みた。

3. 結果と考察

3. 1. 堆積物の沈積年代モデル

放射性元素 (^{210}Pb ， ^{137}Cs) の濃度変化から OSKB1A コアは 25cm 層準を境界として堆積速度が異なると判断した。その根拠は堆積物の層相が 25cm 以浅では軟弱で斑文構造を示と共に腐卵臭があるが，25cm 以深ではほぼ均一な暗緑灰色のシルトでいくつかの層準に貝殻片を含むとともに腐卵臭がしないことである。また，計算上 25cm 以浅での堆積速度は 3.4cm/year となるが，この値はこれまで大阪湾をはじめとする日本の内湾域では見られないほど速い堆積速度である。従って，計算上堆積速度は 3.4cm/year になるが， $^{210}\text{Pb}(\text{ex})$ の値は一定の割合で減少するのでは層準ごと増減を繰り返していることも合わせて考えると表層から 25cm 以浅は攪乱相の可能性がある。それに引き替え，25cm 以深での $^{210}\text{Pb}(\text{ex})$ の値は深さを追って減少していること，また下位の 2 層準はほぼ同じ値を示すことから判断して一定の割合でその濃度を減じていると考えられ，計算の結果に基づく 0.4cm/year になる。Yasuhara et al. (2007) の OBY コア (34° 39' 00" N, 135° 19' 50" E) では平均堆積速度が変化しており，1-10.9cm では 0.926cm/year，10.9-22.6cm では 2.029cm/year，22.6-41.6cm では 0.89cm/year，41.6cm 以深では 0.498cm/year と算出されている。また，松本・横田(1978)が求めた大阪湾北部海域の 42C 地点では 0.58cm/year や 40C 地点では 0.26cm/year となっており，OSKB1A25cm 以深で

の 0.4cm/year の値と大きく矛盾するものではない。OSKB1A コアでは上部 25cm ほどが攪拌されていると推察されるが、松本・横田(1978)の 42C コアでも上部約 30cm が攪拌されているとの状況が示されており、大阪湾奥部ではかなりの深度まで攪拌が生じていると考えることができる。平均堆積速度を 0.4cm/year として各層準の沈積年を求めると深度 50cm 付近は約 1975 年であると計算できる。この層準では ^{137}Cs が検出されている。大気中核実験により人為的に形成された ^{137}Cs は 1960 年代に出現していることから深度 50cm 付近を約 1975 年と推定することは ^{137}Cs の産出状況からして矛盾することはない。上部 25cm を平均堆積速度 3.4cm/year で計算すると深度 25cm でその沈積年代は 2005 年頃、25cm 以深を平均堆積速度 0.4cm/year に基づくと、50cm で 1975 年頃、60cm で 1940 年頃、80cm で 1890 年頃、最下部の 99cm では 1840 年頃となる。

3. 2. 珪藻類の休眠期細胞と栄養細胞

珪藻休眠期細胞として検出された細胞のほとんどは *Chaetoceros* 属であり、それらに注目すると 30cm 以浅で *Chaetoceros debilis* が急激に増加していることが確認された。深度ごとの *Chaetoceros* 属休眠期細胞を含めた全ての珪藻密度をみると、大きく 3 つに区分することができる。30cm 以浅では *Chaetoceros* 属及び *Skeletonema* 属、*Thalassiosira* 属の三者が高密度で存在しており、40-70cm 間では *Chaetoceros* 属及び *Skeletonema* 属が急激に密度が低下し、さらに 80-90cm でそれらはさらに低下した (図 1)。これは、1800 年代においては水柱での栄養細胞の大量増殖は無く、その後 1900 年だにかけて栄養細胞の増加に伴い堆積物中の休眠期細胞も増加したと考えられる。これは、大阪湾湾奥に流入する栄養塩の増加に伴う影響であると考えられる。同海域に流入する栄養塩は 1973 年の瀬戸内海環境保全特別措置法以降は減少したが 1985 年にその低下傾向が停止し、以降も富栄養状態が続いている (林&柳 2000)。現在においてもなお高密度に珪藻類が存在しているという事実は、大阪湾湾奥における栄養塩は今なお高いレベルであり、その影響は近年の珪藻密度にも顕著に影響していると考えられる。

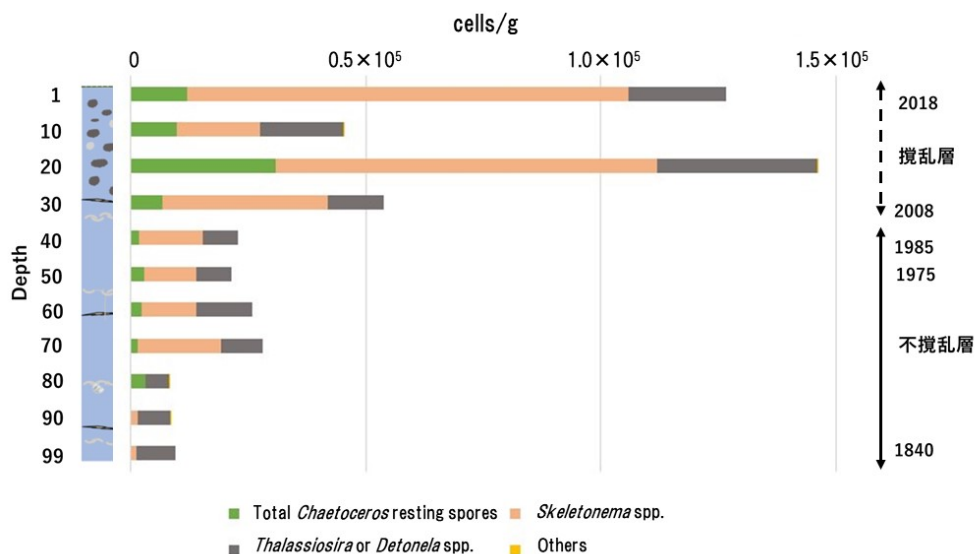


図 1. OSKB1A コア試料中の *Chaetoceros* 属休眠期細胞及び全ての細胞密度変化

MPN 法の結果, 20cm 以浅で *Chaetoceros* 属及び *Thalassiosira* 属の発芽が確認された. それらは 20cm 以深で急激に密度が低下したが, 少なくとも 60cm までは発芽能力を有する細胞が存在することが確認された. つまり, 概ね 50 年前に堆積した両属の休眠期細胞に発芽能力があったことを示している.

3. 3. 渦鞭毛藻類のシスト

光合成種シストとして *Spiniferites* や *Lingulodinium*, *Operculodinium* など 10 属 31 種以上が確認された. 渦鞭毛藻シストは平均 2290 cyst/g で, 光合成種シストは平均 410 cyst/g, 従属栄養性シストは平均 1880cyst/g であった.

OSKB1A コアの渦鞭毛藻シスト群集は 3 つに区別ができる. 99cm から 60cm (Dino-I), 50cm から 40cm (Dino-II), 30cm から 1cm (Dino-III). Dino I ではシスト密度が 1000 cyst/g でほぼ一定, 光合成種も少ない. Dino-II ではシスト密度が 2000~3500 cysts/g と高くなり, 特に従属栄養性種の割合が増加する. Dino-III ではシスト密度が約 2000cysts/g で Dino-II に比べるとやや小さくなり, 光合成種がやや増加する. 30cm, 20cm, 1cm 層準での光合成種シストの増加は *Alexandrium* cyst の産出が反映されている (図 2).

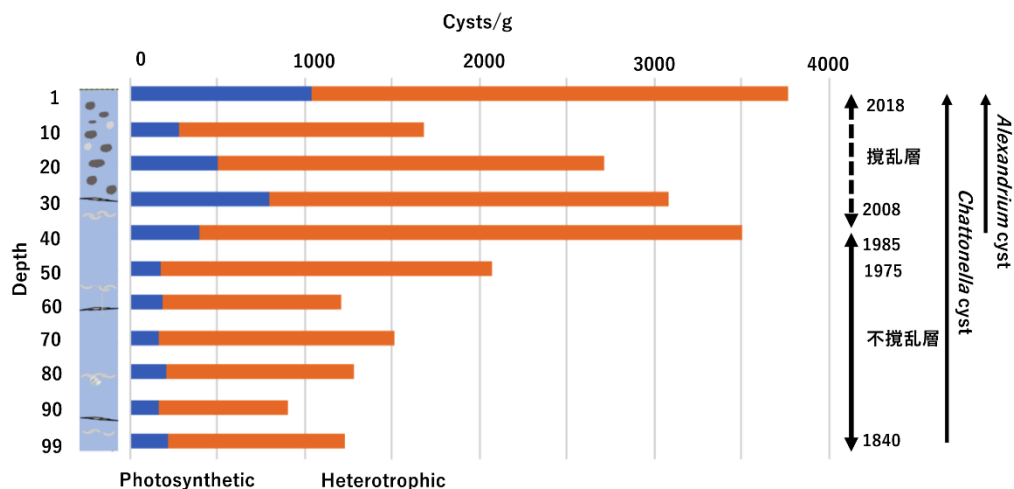


図 2 OSKB1A コア試料中の光合成種シストと従属栄養性種シストの密度変化

Dino-I から Dino-II の変化は総渦鞭毛藻シストの増加である. この現象はノルウェー・オスロフィヨルド (Dale et al. 1999), 東京湾 (Matsuoka 2001), 大村湾 (松岡 2011) などで確認されており, Dale (2009) によって Oslofjord Signal (オスロフィヨルド シグナル) と呼ばれ, Matsuoka (1999) は珪藻や渦鞭毛藻などの植物プランクトンの増殖に必要な栄養塩 (窒素やリン) の増加—富栄養化に起因すると考えた. 50cm 層準以降は従属栄養性種シスト密度が増加している. この現象は従属栄養性渦鞭毛藻の餌の増加を反映していると考えられ, Heterotroph Signal (従属栄養性シグナル) と呼ばれた (Dale, 2009, 松岡 2011). 従属栄養性渦鞭毛藻は珪藻や他の光合成鞭毛藻を餌としていることから, この現象も一次生産者で

ある植物プランクトンの増殖，すなわちそれを支える栄養塩の増加—富栄養化を示していると考えられた（松岡 2011）．この考え方に従うと，大阪湾北部沿岸域では 50cm 層準（約 1970 年代）以降，富栄養化が進行し，富栄養環境が現在に至るまで継続していると考えられる．

4. まとめ

本研究では，大阪湾湾奥のロングコア中の微細藻類休眠期細胞を分析することで，過去から現在に至るまでの大阪湾の植物プランクトン群集の変遷を明らかにした．すなわち，大阪湾湾奥においては，1970 年代以降も富栄養化が進行し，それに伴い植物プランクトンの大量増殖に適した環境が継続していると考えられる．