

大阪湾から発見された寄生生物が 麻痺性貝毒原因プランクトンのブルーム動態へ与える影響の解明 (その2)

西谷 豪
東北大学 農学部 准教授

[研究目的]

麻痺性毒は、有毒プランクトンを原因とする自然毒の一種で、それらを摂食して毒化した貝を人が食べると、手足や口のしびれ・呼吸困難などを起こし、最悪の場合死に至る。大阪湾では 2002 年に初めて麻痺性貝毒が確認されて以降、毎年のように麻痺性貝毒が発生しており、特に 2018 年には大阪湾を含めた東部瀬戸内海で大規模に発生し、長期にわたる二枚貝の出荷自主規制のため、大阪府の漁業に大きな被害を与えた。大阪湾での麻痺性貝毒の原因種は、アレキサンドリウム (*Alexandrium catenella*, group1) という渦鞭毛藻であるが、その発生や収束を予測あるいは制御する手段は、未だ得られていない。

申請者らは、アレキサンドリウム (以下、宿主と記す) に寄生して細胞を破壊するアメーボフリア (*Amoebophrya*) 属という生物 (以下、寄生生物と記す) を、2019 年に大阪湾から発見し、単離培養することに成功した。この発見は、世界では 3 例目で、日本では初である。アメーボフリアに関する研究は、日本では行われておらず、培養株を所持しているのは、日本国内で我々の研究グループのみである。実施の初年度である 2020 年度 (その 1) では、現場海域において宿主が出現する時期に、実際にどの程度の割合で寄生が発生しているのかを調査した。その結果、最大 74% の宿主が寄生されていることが判明し、実際の現場海域においても、寄生生物の存在が宿主の発生量に大きな影響を与えていることが示された。また、この寄生生物が寄生できる宿主の範囲を、室内培養実験にて調べたところ、有毒プランクトンであるアレキサンドリウム属には寄生するが、他の珪藻などの無害なプランクトンには寄生しないことが明らかとなった。つまり、この寄生生物を有毒プランクトンの天敵 (微生物農薬) として利用できる可能性が示された。

1 年目の結果を踏まえ、実施 2 年目となる 2021 年度の研究では、前年度と同様に大阪湾における現場調査を実施すると同時に、室内培養実験において、宿主と寄生生物を培養する際の水温と塩分を変え、寄生率がどう変化するかを調べた。

[研究方法]

下記の 2 項目について調査・解析を行なった。

① 大阪湾海水中の宿主発生密度と寄生率の関係

これまでの大阪環農水研による調査で高頻度に宿主が出現することが明らかにさ

れている大阪湾内の2定点（St.17と19）において、大阪環農水研が有する調査船「おおさか」により柱状採水を実施し、水温や塩分等の環境項目を測定した。また、採取した試水中の宿主細胞数密度を顕微鏡により計数した。採取した海水は、東北大学まで輸送し、倒立型蛍光顕微鏡による特殊な励起光を用いて、宿主の細胞内を観察した。寄生生物が感染済みの宿主は細胞内に強い緑色自家蛍光を発するため、容易に識別・計数することが可能である。

② 宿主と寄生生物の二者培養実験

宿主と寄生生物を共培養する際、温度を12、14、16度で培養し、宿主（アレキサンドリウム）に対する寄生生物の寄生率を調査した。また、塩分20、25、30における寄生率も同様に調査した。

[結果と考察]

① 現場調査

図1には参考として、2013年から2021年までの両地点におけるアレキサンドリウム発生量の年間最大値の推移を示した。これを見ると、3,000 cells/mlを超えていた2019年と比較して、この2年間はアレキサンドリウム発生量が低密度で推移していることが分かる。その要因は不明であるが、1つの可能性として、大阪湾では2020年以降、寄生生物の増加・定着によって、アレキサンドリウムの発生量が抑制されたことが考えられる。もしその仮説が正しいとすると、今後は大阪湾では常に寄生生物による抑制効果が発揮される可能性があり、貝毒による被害が減少していくことが予想される。

調査を行った2021年では、両地点ともに麻痺性貝毒原因プランクトンのアレキサンドリウムの最高発生密度は、St.17で9 cells/ml、St.19で119 cells/mlであった。寄生生物による感染率は、St.17で最大16%、St.19で最大30%であった。

図2は、アレキサンドリウムのシスト（ブルーム収束時に種となって海底に沈み、翌年のシードとなる）が、寄生生物による感染を受けている様子を示した写真である。これは2021年4月の現場海水サンプルであり、シスト（赤色はアレキサンドリウムの葉緑体蛍光）の中に寄生生物（緑色蛍光）が存在していることが分かる。このような写真を提示した報告例は過去に無く、世界で初めてである。このことは、宿主がシストとなって海底に沈むと同時に、寄生生物もまた、海底へと沈んでいく可能性を示している。これまで、宿主がいない時期に、どのようにして寄生生物が過ごしているのか、全く不明であったが、その生活史の一端を明らかにした。寄生生物の生活史の全容解明は、アレキサンドリウムの発生予測に貢献するものと思われる。

② 室内培養実験

図3に宿主（アレキサンドリウム）と寄生生物（アメーボフリア）の共培養試験の結果を示した。その結果、実施したいずれの温度帯においても、寄生生物は宿主

に感染することができ、宿主の細胞密度を大きく減らす（抑制する）ことが明らかとなった。一方、塩分を変えた実験では、各区画で異なる結果が得られた。通常、海水中の塩分は 30 ほどであるが、河川に近い海域では 20 近くになる。培養実験において、塩分を 20、25、30 として試験した結果、塩分 25 と 30 では寄生生物による高い感染が見られ（感染率 80%以上）、宿主の細胞密度を大きく減らす様子が観察された。しかし、塩分 20 の条件下では、宿主への寄生が大幅に抑制され、感染率が 20%を超えることはなく、宿主の細胞密度も大きく減少することにはなかった。この結果は、同じ大阪湾においても、河川に近い海域ほど、寄生生物による感染が起こりにくいことを示唆している。大阪沿岸部では、湾内だけでなく、淀川河口域においても有毒プランクトンのアレキサンドリウムが大量に発生するため、今後は淀川での寄生率調査も必要であると思われる。

[結論]

- ・この 2 年間のアレキサンドリウム低密度は、寄生生物の関与が一因かもしれない。
- ・宿主が海水中に存在しない時期、寄生生物は宿主のシスト中に潜み、宿主と同じく海底に存在して、翌年まで生存している可能性がある。
- ・河川に近い場所（低塩分）では、寄生生物が寄与しないかもしれない。

[今後の展望]

我々は、底泥中から寄生生物アメーボフリア属の DNA を検出する手法を確立しており、過去に採取・保存されている大阪湾内の底泥サンプルを解析することによって、いつの頃から大阪湾に寄生生物が存在していたのかを明らかにしたい。また、日本沿岸の他海域からも底泥を採取し、大阪湾以外にもこの寄生生物が存在しているのかどうかを調査する予定である。

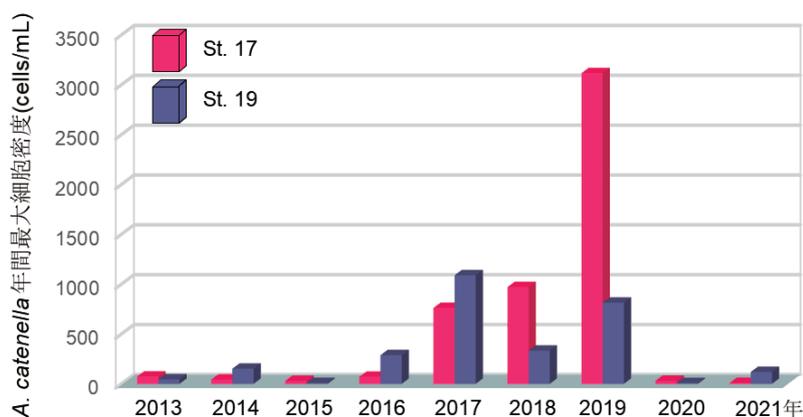


図 1. 大阪湾 2 地点における 2013 年から 2021 年までのアレキサンドリウムの年間最大細胞密度の推移

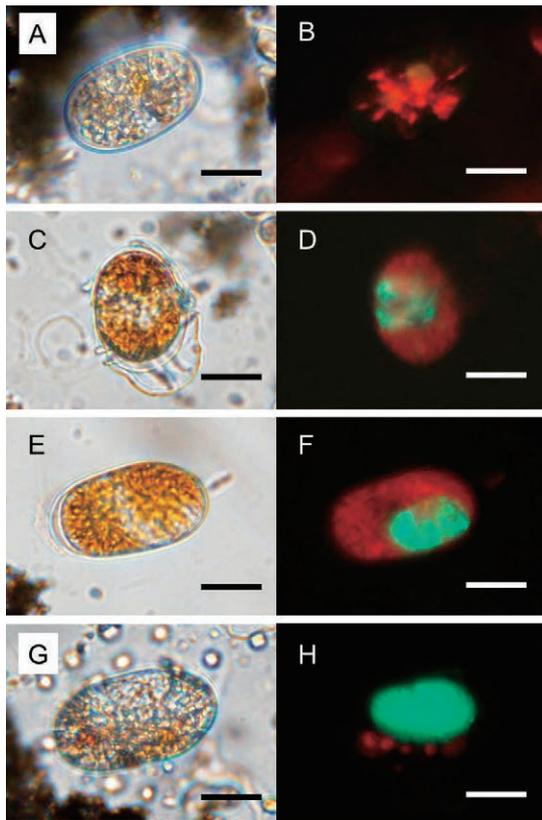


図 2. 2021 年 4 月、大阪湾現場海水中に観察されたアレキサンドリウムのシスト、およびそのシスト内に存在する寄生生物（アメーボフリア）。左側が通常光による顕微鏡写真。右側が同視野の蛍光顕微鏡写真。A～B：シスト内に寄生生物なし（赤はアレキサンドリウムの葉緑体）。C～H：シスト内に寄生生物あり（緑色蛍光）。緑色蛍光は 1 つの大きな塊に見えるが、例えば H では、寄生生物（小さな緑色蛍光）が 200-300 細胞ほど凝集した様子を示している。今後、シスト内に存在する寄生生物が、一定期間保存後に、再度寄生する能力があるかを実験する予定。

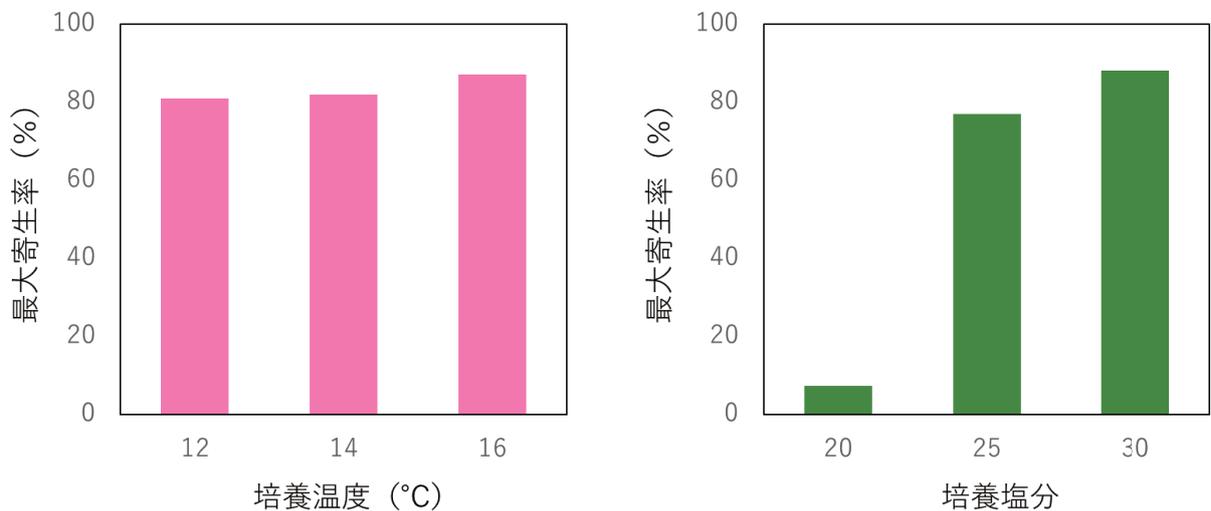


図 3. 培養期間内における寄生生物の宿主（アレキサンドリウム）への最大寄生率。現場海域で宿主が最も多く出現する温度帯（12-16 度）では、寄生率に大きな違いはない（左図）。一方、寄生率は、塩分の影響を強く受けることが判明し、低塩分では寄生率がかなり低下する（右図）。