

令和3年11月30日

報道機関 各位

東北大学大学院農学研究科
大阪府立環境農林水産総合研究所

貝毒原因プランクトンの天敵を発見！ ～寄生生物を用いた有毒プランクトン防除に期待～

【発表のポイント】

- 麻痺性貝毒の原因となる有毒プランクトンの発生により、二枚貝(アサリ、カキ、ホタテガイ等)が毒化し、食中毒や水産物の出荷規制等による漁業被害が各地で報告されている。
- その有毒プランクトンに寄生して殺藻する寄生生物を日本で初めて発見し、それが寄生性渦鞭毛藻の一種であることを明らかにした。
- この寄生生物の単離・培養に成功するとともに、現場調査と室内実験により、それが有毒プランクトンに対する高い殺藻効果を持つことを確認した。
- さらに研究を進めることで、貝毒の発生・終息の予測、あるいは寄生生物を「生物農薬」として利用する有毒プランクトン防除法の開発への応用が期待される。

【概要】

貝毒とは、主に渦鞭毛藻などの有毒プランクトンを捕食した貝が毒を蓄積し、その毒化した貝を食べることで起こる食中毒である。貝毒が発生した貝類の出荷停止などにより、水産業に多大な被害をもたらす。

東北大学大学院農学研究科の西谷 豪 准教授らの研究グループは、全国で麻痺性貝毒を引き起こす原因となっている有毒プランクトン(*Alexandrium* 属)に高い寄生性を有する新規の寄生性渦鞭毛藻(*Amoebophrya* sp.)を大阪湾から日本で初めて発見し、その単離・培養に成功した。なお、この寄生生物は、珪藻などの無害なプランクトンには寄生しない。

この寄生生物が有毒プランクトンに与える影響について、2020年の大阪湾における現場調査や室内培養実験を行ったところ、有毒プランクトンの70%以上に寄生が生じていることが明らかとなり、その存在が有毒プランクトン密度の減少(寄生された有毒プ

ランクトンは、3 日以内にすべて消滅する)に、大きく影響していることが示された。

この寄生生物に関する研究は、これまで日本では全く行われておらず、いつから・どこに・どのくらい存在しているのか、宿主(この場合は有毒プランクトン)がいない時期にどこで・どのような形で生き延びているのか明らかではなく、多くの謎が残されている。今後、寄生が起こりやすい環境条件を解明することで、その年の貝毒発生の規模や収束時期の予測に繋がる可能性がある。将来的には、この寄生生物を「生物農薬」として利用することによって、全国で発生する有毒プランクトン防除法の開発への応用が期待される。

本研究の成果は、2021 年 10 月 25 日に国際誌「Harmful Algae」で公開されました。論文には、寄生の様子を録画した動画も付随しています。

【詳細な説明】

貝毒とは、主に渦鞭毛藻などの有毒プランクトンを捕食した貝が毒を蓄積し、その毒化した貝を食べることによって起こる食中毒である。日本では、麻痺性貝毒と下痢性貝毒の発生がある。麻痺性貝毒の毒成分は、フグ毒と同様、神経系の中毒症状を引き起こし、死に至る場合もある。貝毒の発生により、貝類が出荷停止となり、水産業に多大な被害をもたらす。貝類の生産海域では、都道府県や生産者が定期的に貝毒の検査を実施しているため、市場に出回っている貝類を食べても問題はない。しかし、潮干狩りによって採取する天然の二枚貝(アサリなど)は検査をしていないため、貝毒の発生は観光業にも大きな影響をもたらす。

東北大学大学院農学研究科の西谷 豪 准教授らの研究グループは、2019 年に大阪湾から新規の寄生性渦鞭毛藻(*Amoebophrya* sp.)を日本で初めて発見し、それを単離・培養することに成功した。この寄生生物は、全国で麻痺性貝毒を引き起こす原因となっている有毒プランクトン(*Alexandrium* 属)に高い寄生性を有するが、珪藻をはじめとする他の無害なプランクトンには寄生しない特徴を持つ。つまり、人間にとって害をもたらす有毒プランクトンだけを選択的に消滅させることができ、多くの海産動物の重要な餌となっている他の植物プランクトンには何も影響しないのである。この寄生生物の単離は、世界的に見てもアメリカ、韓国に次いで 3 カ国目であり、希少性が高いと言える。東北大学の研究室では、この寄生生物の発見から 2 年以上にわたって、安定的に維持・管理することに成功しており、詳細な増殖生理を研究している最中である。

この寄生生物が有毒プランクトンに与える影響について、2020 年の大阪湾における現場調査や室内培養実験を行ったところ、有毒プランクトンの密度がピークを迎えた直後に寄生率が急上昇し、現場では最大 73%、培養実験では最大 98%の有毒プランクトンに寄生が生じた(寄生された有毒プランクトンは、3 日以内にすべて消滅する)。これらの結果から、この寄生生物の存在が有毒プランクトンの密度減少に、大きく影響していることが示された。

この寄生生物に関する研究は、これまで日本では全く行われておらず、いつから・どこに・どのくらい存在しているのかも分かっていない。また、宿主(この場合は有毒プランクトン)がいない時期に、この寄生生物は、どこで・どのような形で生き延びているのかも明らかではなく、多くの謎が残されている。今後は、寄生が起こりやすい環境条件を検討することで、その年の貝毒発生の規模や収束時期の予測に繋がる可能性がある。また、将来的には、この寄生生物を「生物農薬」として利用することによって、全国で発生する有毒プランクトンの防除法の開発への応用が期待される。

さらに、この寄生生物の種多様性を調べていくうちに、研究開始当初の想像以上に、これまで世界でも知られていないような寄生生物の種が、日本沿岸に多数存在していることが明らかになりつつある。日本沿岸では、貝毒の原因プランクトンだけでなく、赤潮を引き起こし、魚介類を大量斃死させる原因プランクトン種も数多く知られているが、それらの赤潮プランクトンを消滅させる寄生生物が発見される日も近いかもしれない。

本研究の成果は、2021年10月25日に国際誌「Harmful Algae」で公開されました。論文には、寄生が起こる様子を録画した動画も付随しています。

【研究支援】

本研究は、瀬戸内海研究会議(020006、030005)、農林水産技術会議(JPJ005317)、日本学術振興会(17K07886)、(株)橋本道路の支援を受けて行われました。

【論文情報】

雑誌名: Harmful Algae

論文タイトル: A novel parasite strain of *Amoebophrya* sp. infecting the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* (Group I) and its effect on the host bloom in Osaka Bay, Japan

著者

東北大学大学院農学研究科

西谷 豪 准教授、大越和加 教授、柴田佳紀 (博士前期課程学生)

大阪府立環境農林水産総合研究所

山本圭吾 主幹研究員、中嶋昌紀 総括研究員

北里大学海洋生命科学部

山口峰生 博士

DOI: <https://doi.org/10.1016/j.hal.2021.102123>

【問い合わせ先】

(研究に関すること)

東北大学大学院農学研究科

生物海洋学分野

西谷 豪 (ニシタニ ゴウ)

電話: 022-757-4247

E-mail: ni5@tohoku.ac.jp

(報道に関すること)

東北大学大学院農学研究科 総務係

TEL: 022-757-4003

FAX: 022-757-4020

Email: agr-syom@grp.tohoku.ac.jp

【主要図表の説明】

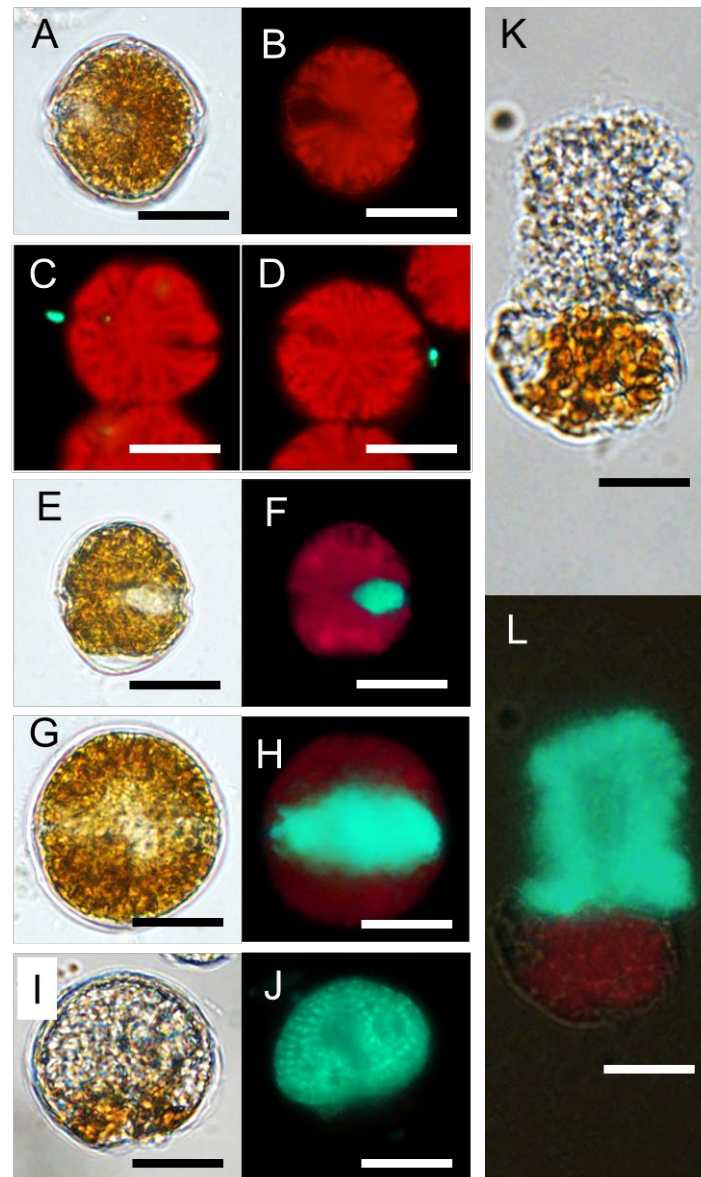


図1 寄生生物が有毒プランクトンに寄生する様子

通常光による写真(明るい背景)と特殊な蛍光をあてた際の写真(黒い背景)を示す。蛍光写真で赤く見えるのは宿主(有毒プランクトン)の葉緑体、緑が寄生生物。A・Bは寄生が起こっていない有毒プランクトン。C・Dでは、宿主の周りに1つの寄生生物が付着しているのが分かる。この1つが宿主の細胞内に侵入し、爆発的に増殖する。E・Fは感染初期を示し、寄生生物が宿主の細胞内で数十にまで増殖したことにより、緑色の蛍光部分が拡大している。G・Hは感染中期、I・Jは感染後期を示す。宿主の細胞内で数百まで増殖した寄生生物は、最終的に宿主の細胞を突き破り、細胞外へと出ていく(K・L)。その後、数百の寄生生物が水中に分散し、次の宿主を求めて泳ぎ出す。この一連のサイクルが、2-3日で完結する。

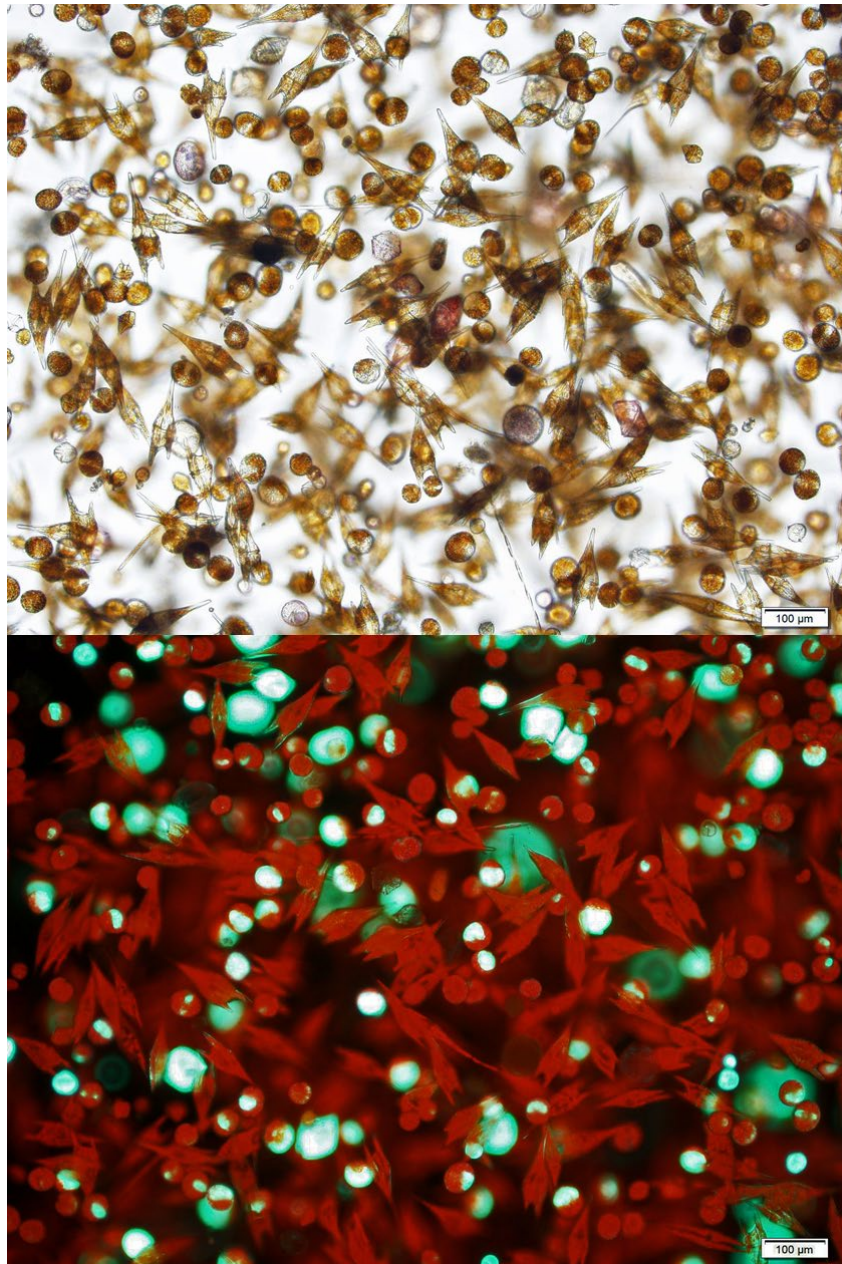


図2 多数の寄生が見られる大阪湾海水

通常光による写真(明るい背景:上)と特殊な蛍光をあてた際の写真(黒い背景:下)。蛍光写真で赤く見えるのはプランクトンの葉緑体、緑が寄生生物(主に感染中期から感染後期)。大阪湾では、最大73%の宿主(有毒プランクトン)に寄生が確認された。

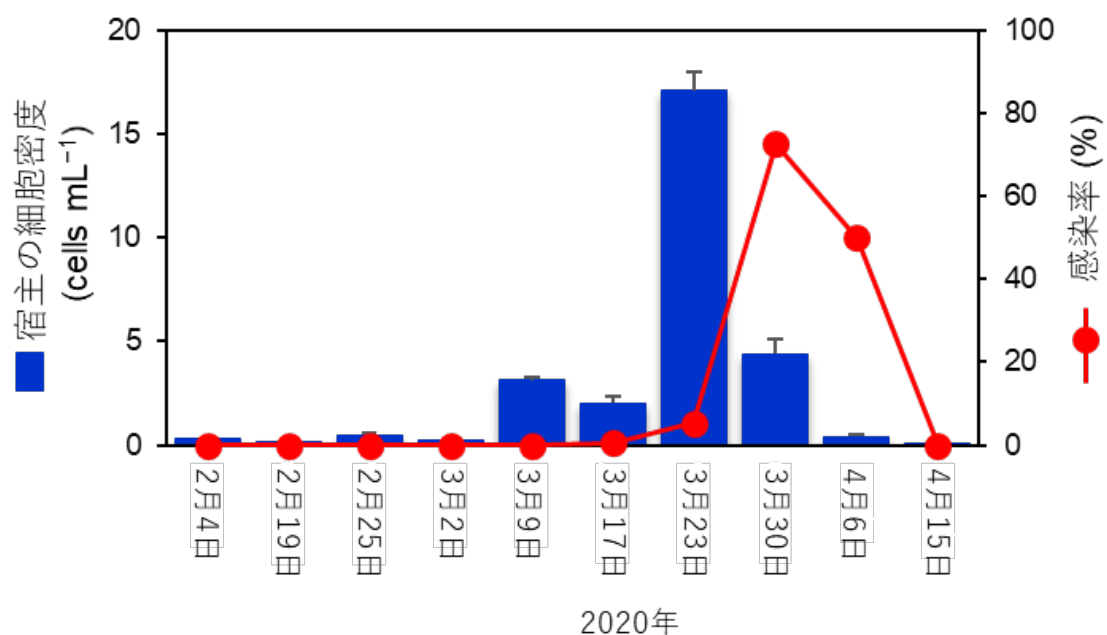


図3 大阪湾における宿主の細胞密度と寄生生物による感染率

2020年、大阪湾では3月23日に有毒プランクトン(宿主)の密度が最大になった。その直後、寄生生物による感染率が急上昇し、最大73%を記録した。その後、有毒プランクトンの密度は急速に減少していった。感染した有毒プランクトンは、数日以内に死滅するため、実験室内だけでなく、実際の現場海域においても、寄生生物による影響は大きい。

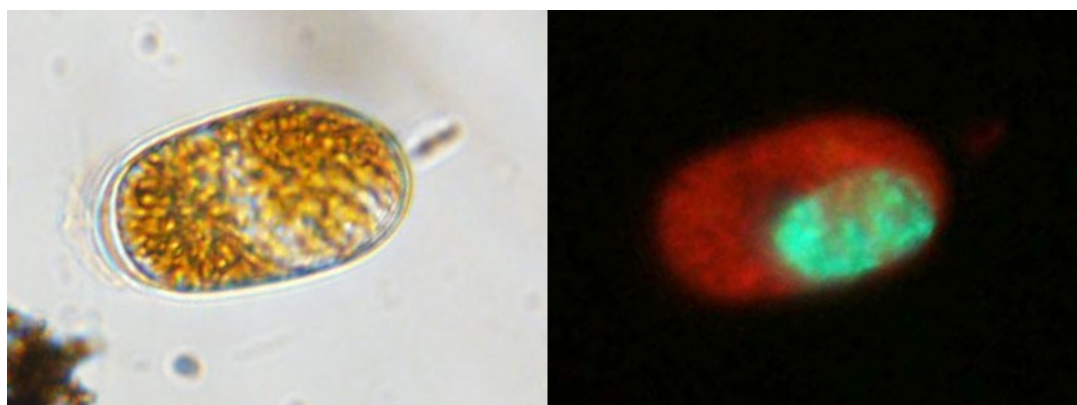


図4 寄生生物による宿主シストへの寄生

宿主の有毒プランクトンは、水温が適する毎年冬の1-4月頃になると、海水中に出現・増殖し、4月を過ぎると、写真のようにシストと呼ばれる種になり、海底へと沈んでい

く。そのシストは翌年の冬になると、海底から発芽し、水中で増殖する。上記の写真は、2021年4月、大阪湾での水温が高くなり、宿主の有毒プランクトンがシストへと形を変えた際、その内部において寄生生物の存在(感染中期)を撮影したものである。この証拠写真によって、宿主がシストとなり海底へ沈む際に、寄生生物もまた、宿主の細胞内に潜むことによって、翌年まで海底で生き延びる可能性が示された。このような写真は、これまで撮影されておらず、世界初となる。



図5 寄生生物を加えた有毒プランクトンの培養実験

右のフラスコは、有毒プランクトンを培養液で培養し、2週間が経過したものを示す。培養開始前の培養液は透明だが、有毒プランクトンが大量に増殖したことによって、培養液が茶色く濁っている(赤潮状態)。一方、左のフラスコは、右と同様に有毒プランクトンを入れ、さらにごく少量の寄生生物を添加し、2週間が経過したものを示す。寄生生物によって、有毒プランクトンの増殖が完全に押さえ込まれていることが、培養液の透明色からうかがえる。このように、寄生生物に新しい宿主を定期的に与え、植え継いでいくことによって、研究室内で長期にわたり寄生生物を維持することが可能になった。

【用語説明】

・貝毒:

貝毒には症状によっていくつか知られているが、日本で問題になるのは麻痺性貝毒と下痢性貝毒である。麻痺性貝毒は、人間に有害な毒を作る種類のプランクトンである *Alexandrium* (アレキサンドリウム) という渦鞭毛藻の一種が主な原因となる。このプランクトンは、普段海底泥の中にタネ(シスト:休眠細胞)の状態で潜んでいて、水温が適当な時期になると発芽・増殖し、海水中に多く現れる。アレキサンドリウムは世界中に分布するが、日本周辺では 4~5 月にかけて発生する。これらの作る毒が貝に蓄積され、二枚貝が毒を持つようになるが、貝自身に毒を作り出す能力はない。

なお、水産庁および各県水産試験場などにより、貝毒検査態勢が確立されており、毒化した貝が店先に並ぶことはまずないが、潮干狩りや個人的に採取した二枚貝を食べる場合は注意が必要である。貝毒の発生が心配される時期には、新聞や自治体で貝毒情報が流される。

・渦鞭毛藻:

植物プランクトンの中で、最も種類種が多いグループ。約 2000 種が知られ、淡水から海水まで広く分布する。この仲間は基本的に単細胞で、2 本の鞭毛をもち、「うず」を巻くように細胞を回転させながら泳ぐ。

・アレキサンドリウム:

麻痺性貝毒の原因となる有毒プランクトンで、渦鞭毛藻類(縦横 2 本の鞭毛を使って遊泳する植物プランクトン)の一種。大きさは 30~40 μm 。

・栄養細胞、シスト:

通常観察される有毒プランクトンの細胞は栄養細胞であり、鞭毛を使って海水中を遊泳している。この栄養細胞が二分裂して増殖する。しかし、増殖の末期にシスト(高等植物の種(タネ)に相当する)と呼ばれる耐久性の休眠接合子を形成して海底で休眠する。ある一定期間後、環境が適した状態になると、シストから発芽し、海水中で増殖する。

・自家蛍光:

アレキサンドリウムは光合成によって増殖するため、細胞内に光エネルギーを補足するための葉緑素(クロロフィル)を持っている。この細胞に青色の励起光を照射すると赤い蛍光が発生する。この蛍光をクロロフィルの自家蛍光と呼ぶ。寄生生物(*Amoebophrya*)は葉緑素を持たないため、赤い蛍光は発しないが、代わりに緑色の蛍光を放つ。