

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：84410

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K15592

研究課題名（和文）内湾の漁港は有害・有毒プランクトンの培養庫か？

研究課題名（英文）Are fishing ports in the inner bay incubators for harmful/toxic Phytoplankton?

研究代表者

山本 圭吾（YAMAMOTO, Keigo）

地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所（環境研究部、食と農の研究部及び水産研究部）・その他部局等・総括研究員

研究者番号：80503937

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：内湾において漁港が本湾の有害・有毒プランクトン増殖に及ぼす寄与を明らかにするため、大阪湾奥に位置する堺出島漁港で調査を行った。漁港内外における有毒藻 *Alexandrium catenella* の出現と環境を比較し、漁港内で早期に増殖するポテンシャルを確認した。一方、シストの蓄積レベルは本湾に比べて低かった。ADCPデータの解析結果から、風向・風速と潮汐で流出・流入パターンを見出し、栄養細胞の動態に適用したところ、漁港内の日周期的な細胞密度の増減が説明できた。以上から、港内のプランクトンの増殖にはシスト量より本湾からの流入と港内環境が重要で、港内で大規模増殖した群が本湾に再流出する可能性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、漁港での有害・有毒プランクトンの大規模な増殖が漁港内に蓄積したシストを起源としたものではなく、本湾から流入したシードポピュレーションが漁港内の公定な環境下で大規模に増殖し、さらに本湾に再流出することが明らかになった。すなわち、漁港の初期増殖域としての役割が解明されたことで、漁港の環境を有害・有毒プランクトンの増殖に不適な環境に改善することより、有害・有毒プランクトンへの集中的な対応と防除対策の可能性が広がる。

研究成果の概要（英文）：In order to clarify the contribution of fishing ports to the proliferation of toxic and harmful plankton in the inner bay, a study was conducted at the Sakai-Dejima fishing port located in the inner part of Osaka Bay. We compared the occurrence of the toxic dinoflagellate *Alexandrium catenella* and environment inside and outside the fishing port, and confirmed its potential for earlier proliferation inside the port than outside. On the other hand, cyst accumulation levels were lower than in the main bay, and analysis of ADCP data revealed outflow/inflow patterns in wind direction/velocity and tides, which were applied to cell dynamics to explain diurnal increases and decreases in cell density in the fishing port. These results indicate that the inflow from the main bay and the environment in the port are more important than the amount of cysts for the growth of plankton in the port, and that groups of plankton that proliferate on a large scale in the port may re-flow into the main bay.

研究分野：プランクトン生態学

キーワード：Alexandrium catenella 個体群形成 シスト 発芽 流動 海水交換

1. 研究開始当初の背景

毒を産生するプランクトンを二枚貝等が捕食して毒化する麻痺性貝毒は世界的な問題となっている。大阪湾では麻痺性貝毒原因種である *Alexandrium catenella*(Group) (旧 *Alexandrium tamarenese*, 以下 *A. catenella* とする*) が世界でも他に類を見ない大規模なブルーム(赤潮などプランクトンの大増殖)を形成する(図1)。国内では同属の *A. pacificum* (Group) (旧 *Alexandrium catenella*, 以下 *A. pacificum* とする**) が頻繁に赤潮を形成するのに対し、冷水性の *A. catenella* が赤潮を形成するのはまれであるとされるが、播磨灘でも *A. catenella* による赤潮の記録があり、内湾で増殖規模が大きい傾向がある。*Alexandrium* 属は増殖に不適な環境下ではシスト(休眠孢子)を形成し、種群としてブルームの開始や終焉に重要な役割を果たしている (Anderson & Wall, 1978, *J. Phycol.*)。これまで *A. pacificum* では発芽挙動と発芽後の個体群形成との関係が天然海域で調査されているが (Ishikawa *et al.*, 2014, *J. Plankton Res.*) *A. catenella* で研究事例はない。*A. pacificum* と *A. catenella* ではシストからの発芽過程が異なり、*A. pacificum* では初期個体群となる細胞を水柱へ供給することが長期間可能であるのに対し、*A. catenella* では初期個体群の水柱への供給は短期間である (板倉, 2007, 水産学シリーズ)。すなわち、この発芽可能な時間の短さからも、*A. catenella* は *A. pacificum* に比して不利な発芽生態と推定されるにも関わらず、大阪湾では *A. catenella* の発生規模が巨大である。申請者は *A. catenella* の赤潮が大阪湾で初めて確認された 2007 年に、本課題で調査を予定している漁港において、同年の大阪湾における最大密度となる 1 mL あたり約 7 万 3 千細胞を確認した (山本ほか, 2009, 日本プランクトン学会報)。さらに漁港内で底泥 1 g あたり 300 個を超える *Alexandrium* 属シストが存在することを見いだした (山本ほか, 2009, 水産海洋研究)。同漁港では 2007 年以降も *A. catenella* による赤潮の形成が頻繁に確認されており、漁港内が大阪湾で *A. catenella* の増殖に最も適した環境であることが推測されるが、*A. pacificum* ではなく *A. catenella* が漁港内で大規模ブルームを形成する要因は明らかになっていない。

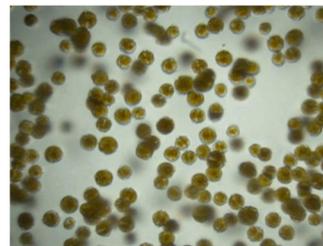


図1 大阪湾で確認された *Alexandrium catenella* 赤潮

*,**研究開始当初は学名が *Alexandrium tamarenese*, *A. catenella* であったが *Alexandrium* 属の種名の再編によりそれぞれ *Alexandrium catenella*, *A. pacificum* となったため本報告書では以降新種小名で記す。

2. 研究の目的

本研究では麻痺性貝毒の原因となる渦鞭毛藻 *A. catenella* の大規模ブルームが頻繁に確認される漁港環境において、*A. catenella* / *A. pacificum* のシストの発芽動態・個体群形成などを比較し、本湾の *A. catenella* ブルームに及ぼす漁港の *A. catenella* 供給機構を解明することを目的とする。

3. 研究の方法

大阪湾奥に位置する堺市出島漁港(図2)において以下の調査を行った。

1. 漁港内の *Alexandrium* シスト現存量調査

漁港の増殖ポテンシャルを明らかにするため、シストの現存量調査を行った。調査は KK 式柱状採泥器を用い、2 月~6 月まで月 2 回行った。採泥は当初漁港内の筏(水深約 4 m、図 2★)から実施したが、採集物に貝殻が多かったため、停泊中の船舶(所有者の許可後)延長された棧橋の先端と順次場所を変更して行った。採泥は 3 回実施し、表面 1 cm の試料を作成した。試料は実験室において Primurine 染色を施し直接検鏡で *Alexandrium* 属のシストを計数した。

2. 漁港内の発芽動態調査

漁港におけるシストの発芽フラックス(日間発芽量; cells/m²/day)を明らかにするための調査を行った。調査は PET chamber (Ishikawa *et al.*, 2007, *Harmful algae*) を用い月 1~2 回の頻度で行った。採泥は現存量調査と同じ場所で実施し、PET chamber は当初設定した位置(水深約 4 m、図 2★)に設置した。コア付きエクマンバジ探泥器 (Yokoyama & Ueda, 1997, *Benthos Res.*) で採泥した底泥を PET chamber に取り付けて現場に設置し、24 時間後に回収して PET chamber 内の *A. catenella* 遊泳細胞を顕微鏡下で計数した。

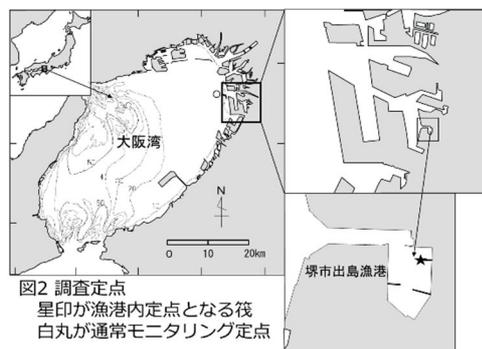


図2 調査定点
星印が漁港内定点となる筏
白丸が通常モニタリング定点

3. 漁港内における個体群形成調査

発芽フラックスと比較するため、漁港での遊泳細胞密度の経時変化を調査した。調査は月1~2回の頻度で漁港内の筏上から実施した。採水には塩化ビニール製の耐圧チューブを用い、海面から海底上約0.5mまでゆっくり下ろした後上部にゴム栓で蓋をし、そのまま回収することで柱状採水を行った。採取した試水は顕微鏡下で直接検鏡を行い、遊泳細胞を計数した。同時に水温、塩分、栄養塩濃度等の環境パラメータを測定した。

4. 漁港 - 本湾間の海水交換特性解析

漁港出口の水路に ADCP を設置し、1 か月間の連続観測による流動調査および各観測時の水深変化を観測することにより、漁港 - 本湾間の流況および海水交換特性を明らかにした。

5. 本湾における個体群形成調査

漁港から流出した個体群が本湾の個体群形成に及ぼす影響を把握するため、遊泳細胞の調査を行った。本調査は月2~4回の頻度で申請者が業務としてモニタリングしている採水のうち、堺市沖定点(図2、白丸)における10m深までの柱状採水のデータを使用した。

4. 研究成果

1. 漁港内の *Alexandrium* シスト現存量調査

2021年、および2022年の漁港内における *Alexandrium* シスト密度の推移を図に示した。増減のパターンは2か年で異なっていたが、漁港内のシスト密度は両年も同期を通じて概ね 10^2 cysts cm^{-3} のレベルであった。これは過去の赤潮発生時(山本ほか, 2009, 水産海洋研究)と同程度であったが、港域外の隣接海域では 10^3 cysts cm^{-3} を下回らない(山本未発表)ことから、漁港内のシスト蓄積規模は大きくないと考えられた。

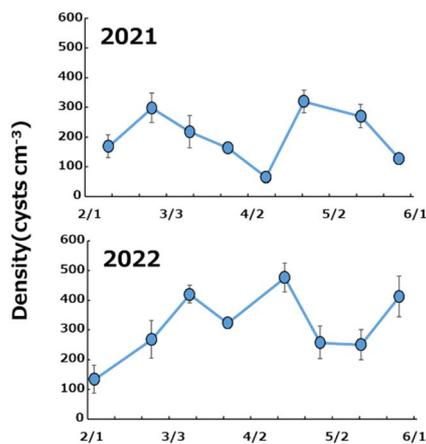


図3 漁港内におけるシスト密度の推移

2. 漁港内の発芽動態調査

2021年、および2022年の漁港内におけるシストの発芽フラックスを図4に示した。漁港内の発芽フラックスに短期に集中して発芽するパターンと、長期にわたって発芽が継続する2つのパターンが確認された。前項のシスト密度と比較すると発芽フラックスの増大とシスト密度の減少のタイミングが概ね同様であったことから、シスト密度の減少は発芽によるものと推察された。発芽は概ね最大 10^3 cells $m^{-2} day^{-1}$ 、前項で測定したシスト密度に対する発芽率は最大で0.62%であった。この値は三重県の英虞湾で *A. pacificum* において試算された発芽率(0.34%)(Ishikawa et al., 2014, J. Plankton Res.) と比べると若干高い数値であったものの、港内に蓄積されたシストの漁港内における大規模増殖への寄与は高くはないことがうかがわれた。シストの発芽に寄与する環境要因として、透明度・光量子との関係は明確ではなかったが、底層の DO が発芽パターンに影響している可能性が考えられた。

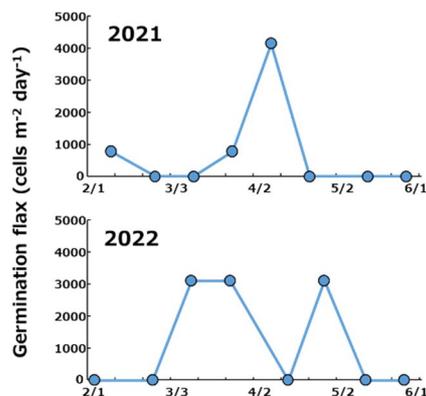


図4 漁港内におけるシストの発芽フラックスの推移

3. 漁港内における個体群形成調査

2021年、および2022年の漁港内における *A. catenella* 遊泳細胞密度の推移を図5に示した。遊泳細胞の出現は2021年においては2月下旬と4月上旬にピークが認められたのに対し、2022年は4月下旬まで継続して出現していた。これを前項の発芽フラックスと比較すると、低レベルの増殖における発芽フラックスと漁港内の栄養細胞の出現には類似した傾向が確認された。漁港内における水温の上昇、下降は漁港外の定点に比べて早期に変動した。また、栄養塩の変動は大きく漁港外の定点と比較して高めに推移した。以上のように水温の漁港内の水温傾向、栄養塩レベルから当初想定していた早期、大規模増殖の条件が確認された。

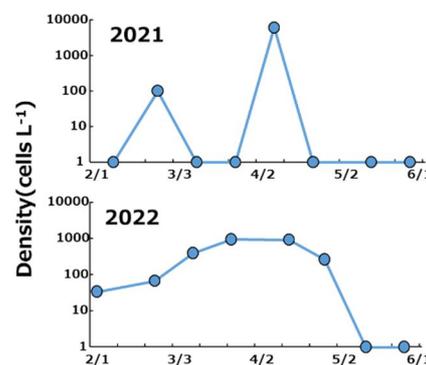


図5 漁港内における *Alexandrium* 遊泳細胞密度の推移

4. 漁港 - 本湾間の海水交換特性解析

堺出島漁港では、潮汐により1日 $37,594m^3 \sim 91,641m^3$ (漁港容積の18.5~45.2%)の海水が内外で交換していた。図6に2022年の2月~3月にかけて行った35日間の連続観測による流向流速結果から推定された流向パターンを示した。漁港内外の海水交換パターンにはこの時期の季節風である西風の影響が大きいことが明らかになった。

また潮汐と風により 5 つの交換パターンを見出した。漁港内外の海水交換パターンと2007年の堺市出島漁港における赤潮の動態を合わせることで漁港内の有毒プランクトンの密度変化に漁港内外の海水交換が影響していたことが確認された。

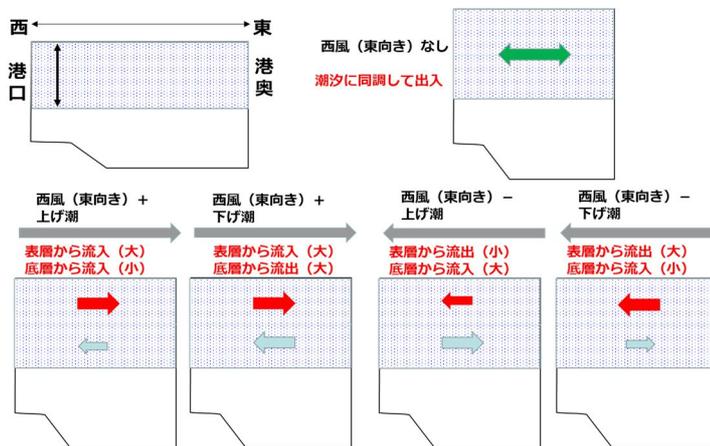


図6 ADCPの連続観測による流向パターンの推定

5. 本湾における個体群形成調査

図7に漁港内および漁港外(本湾)の定点において2020年から2021年に観測した有害、有毒プランクトンの出現動向を示した。期間中確認された有害、有毒種はラフィド藻の *Heterosigma akashiwo*、*Chattonella* spp.、渦鞭毛藻の *Karenia mikimotoi*、*Alexandrium catenella* であった。

本湾におけるこれらの種の出現を漁港内の出現と比較すると、*H. akashiwo* は漁港内の出現に先行して、*Chattonella* spp. はほぼ同時期に、*K. mikimotoi* と *A. catenella* は漁港内で先行して出現が確認された。すなわち本湾の増殖に及ぼす漁港の影響がプランクトン種によって異なる可能性が示唆された。前項で確認されたとおり漁港内外の海水交換は大きく、季節風の影響により層ごとの流入の規模が変化する。西風が卓越する冬季には上げ潮時の流入の程度が同等である一方、下げ潮時に流出が多くなりこの時期に増殖する *A. catenella* においては、漁港内における増殖が本湾に与える影響がより大きくなると推察された。

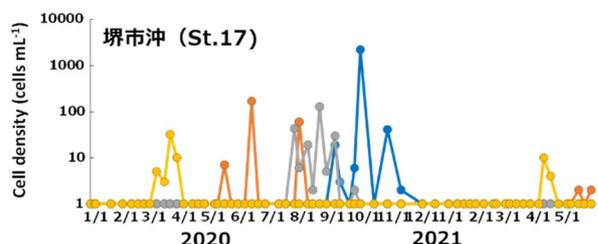
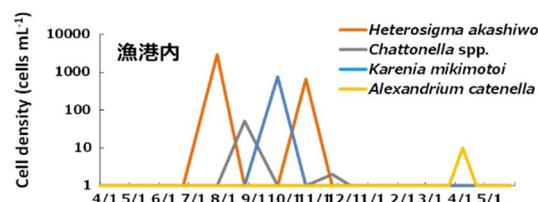


図7 漁港内、外における有害、有毒プランクトンの出現

漁港内における増殖が本湾に与える影響がより大きくなると推察された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 山本圭吾、阿保勝之
2. 発表標題 大阪湾奥部の漁港における海水交換と有毒プランクトンブルーム
3. 学会等名 2022年度水産海洋学会創立60周年記念大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本圭吾・横松宏幸・近藤健
2. 発表標題 大阪湾奥の漁港における有毒プランクトンシストの出現と発芽状況
3. 学会等名 令和4年度日本水産学会秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 山本圭吾・横松宏幸・近藤健
2. 発表標題 大阪湾奥の漁港における有害・有毒プランクトンの出現と水域環境
3. 学会等名 2021年 日本ベントス学会・日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山本圭吾・辻村裕紀・近藤健
2. 発表標題 2023年の大阪湾奥部の漁港におけるAlexandrium catenella (Group) およびA. pacificumの出現状況
3. 学会等名 2023年 日本ベントス学会、日本プランクトン学会合同大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Keigo Yamamoto, Mineo Yamaguchi, Yuki Tsujimura
2. 発表標題 Annual changes in the occurrence of vegetative cells and abundance of cysts of <i>Alexandrium catenella</i> and <i>A. pacificum</i> in Osaka Bay, Japan
3. 学会等名 20th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HARMFUL ALGAE (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	今井 一郎 (Imai Ichiro)		
研究協力者	阿保 勝之 (Abo Katsuyuki)		
研究協力者	石川 輝 (Ishikawa Akira)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------