

懇話会ニュース

日本水産学会水産環境保全委員会

平成 27 年度日本水産学会秋季大会において、水産環境保全委員会研究会を下記により開催した。

題目：東北・北海道沿岸における東日本大震災以後の貝毒の問題

日時：平成 27 年 9 月 25 日（金） 13：00–17：30

場所：東北大学川内北キャンパス

企画責任者：今井一郎（北大院水）・西谷 豪（東北大院農）・横山勝英（首都大）

参加人数：34 名

企画趣旨：

2011 年 3 月の東日本大震災による巨大津波によって海洋環境は大きく攪乱され、4 年半が経過した。特に震災による影響の大きかった宮城県や岩手県沿岸部では、震災以降に貝毒の原因となる有毒プランクトンの発生規模と頻度が急激に増加し、それに伴う漁業被害が拡大している。本研究会では、津波の影響の大きかった各海域におけるその後の変化と現状を総括すると共に、震災以降に貝毒被害が拡大した原因や発生機構について整理し、被害の軽減を目指した対応策について議論することを目的とする。

東日本大震災による津波被害の状況と海水・海底への影響 —宮城県気仙沼湾での調査事例—

横山勝英（首都大）・吉永郁生（鳥取環境大）・

畠山 信（NPO 森海）・田中 克（舞根研）

気仙沼舞根湾に参集したボランティア研究者による 2011 年 4 月からの調査成果を報告した。

コアサンプルを採取し、放射性 Cs、クロロフィル、硫化物、鉱物油、n-ヘキサン抽出物濃度の鉛直分布を分析した。0–5 cm 層は震災の数週間後から形成されており、陸域土砂と一次生産由来のデトリタスが堆積していた。5–13 cm 層は、津波によって攪乱された底泥が 4 日後付近に再堆積していた。鉱物油濃度はこの層で最大となり、油流出事故の影響は 5 cm よりも下部に保存されていた。18–23 cm 層は、津波で攪乱された底質が 2 日以内に堆積した層であった。

多項目水質計で計測したクロロフィル蛍光値は、毎年 3–6 月に増加する傾向が見られた。震災前は夏季にクロロフィルのピークが出ることが多かったが、2011 年と 2012 年は春季にピークが出現した。2013 年と 2014 年は春季のピークに加えて夏季のピークも現れた。濃度の年平均値は 2011 年から徐々に上昇した。

宮城県北部のリアス式海岸では地盤が 0.6–0.8 m 低下

し、多くの河口域で海岸線が後退して塩性湿地が出現した。2015 年の段階では、大陸プレートの上昇運動と河川からの土砂供給が複合して、小河川の河口域において徐々に地形が復元していた。

以上より、津波によって一時的に大きな攪乱や海水交換が生じ、沿岸環境は劇的に変化したが、微生物や仔稚魚、地形については徐々に震災前の状況に戻りつつあると考えられた。また、変化に対して新たな環境と生物相が形成されている場所もある。

一方、人間社会は変化への順応が難しく、「災害復旧」制度によって砂浜・干潟・塩性湿地のほとんどが埋め立てられ、高さ 5–15 m の防潮堤の建設や、耕作放棄地の農地復旧が進められている。三陸リアスは水産業に立脚しており、エコトーンの保全は重要であるため、変化に順応できる復興制度を作り出すことが必要である。

宮城県仙台湾の *Alexandrium* 属シストの分布に及ぼした津波の影響

神山孝史（水研セ東北水研）・山内洋幸（気仙沼水試）・
長井 敏（水研セ中央水研）・山口峰生（水研セ瀬水研）・
阿部博和（水研セ東北水研）

東日本大震災を引き起こした巨大津波は、*Alexandrium* 属シストの分布にも大きな影響を及ぼしたことが想定された。ここでは、仙台湾における津波前後の本属シストの分布の変化や変化の原因を探る検討結果とともに、仙台湾の近隣地域でのシスト密度の状況の変化にも触れる。仙台湾近隣の状況は、平成 26 年度レギュラトリサイエンス新技術開発事業「貝毒リスク管理措置の見直しに向けた研究」の中で得られた成果である。

2011 年夏季に仙台湾 31 点で表層堆積物を採取し、*Alexandrium* 属（*Alexandrium tamarense* / *catenella*）シストの密度を調べた結果、湾の南西部を中心に津波前（2005 年）の値よりも大きく増加し、その最高値は 10 倍近く高くなった。遺伝子分析により高密度域のシストの多くは *A. tamarense* であることを確認した。室内実験での検証により今回のシスト増加の主な原因は、津波による海底攪拌が起きた後、他の粒子よりも沈降速度の遅いシストが表層泥に集積されたことにあると解釈された。また、再懸濁されたシストの水平的な集積も関与したと考えられた。

宮城県中部海域で 2014 年 2 月に採取された堆積物表層の *Alexandrium* 属シスト密度を調べたところ、長面浦では津波前と同様な密度が認められる一方、これまで未検出であった他の 3 湾でも低い密度ながら検出されたことから、広い海域で震災後の *Alexandrium* 属発生リスクが変化した可能性がある。

仙台湾では津波前の 3 年間にムラサキイガイの麻痹性貝毒は起きなかったが、2012 年から毎年発生し、

Alexandrium 属の最高密度と同様にその最高毒性値も高い値が続いている。このことから、震災後のシスト密度の増加を引き金に *Alexandrium* 属ブルーム発生と新たなシスト供給という循環が形成されている可能性がある。

北海道噴火湾における津波前後の *Alexandrium* 属シストの挙動

夏池真史（東工大院理工）・

金森 誠（函館水試/北大院水）・

馬場勝寿（道総研）・森部和臣（北大水）・

山口 篤・今井一郎（北大院水）

【はじめに】 東日本大震災発生以降、麻痺性貝毒原因渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* の大量出現および二枚貝類の高毒化、海底堆積物表層における *A. catenella* / *tamarense* シスト密度の増加が報告されている。この原因として、津波による海底堆積物の攪拌が、シストの鉛直、水平分布の変化を引き起こし、*A. tamarense* 大量出現の一因になったと考えられている。本研究では、2011年3月に発生した津波が、噴火湾における *A. tamarense* の出現に及ぼした影響を評価するため、震災発生前年と発生当年の海底堆積物における *A. catenella* / *tamarense* シストの分布および、震災発生後の *A. tamarense* 栄養細胞の出現状況を調べた。

【材料と方法】 噴火湾全域の全19定点において、震災発生前の2010年8月と震災発生後の2011年5、8月、2012年5、8月に海底堆積物を採取し、*A. catenella* / *tamarense* シスト密度を測定した。2011年5月の調査では海水試料を採水し、*A. tamarense* 栄養細胞密度を測定した。噴火湾八雲町沖の1定点において2011年4月から2012年12月まで月1回の頻度で海底堆積物と海水を採取し、*A. catenella* / *tamarense* シストおよび *A. tamarense* 栄養細胞の季節変動を調べた。

【結果および考察】 噴火湾全域でシスト密度は2010年8月 (70 ± 61 cysts g^{-1}) から2011年5月 (108 ± 84 cysts g^{-1}) にかけて有意に増加した。季節変動調査の結果、*A. tamarense* 栄養細胞は春季から初夏に出現し、栄養細胞のシスト形成によって夏季に海底堆積物表層にシストが供給されると考えられた。その後、8月から翌年の5月の期間、海底堆積物層へのシスト供給イベントは起こりえないと考えられた。しかし、2010年8月から2011年5月に本種シスト密度が噴火湾全域において有意に増加したことは、その期間中に発生した東日本大震災によって海底堆積物のシストの分布に変化が生じたことを示している。2011年初夏に、湾全域において高密度の *A. tamarense* 栄養細胞が確認され、ホタテガイの毒化が例年より長期化したことから、シスト密度の増加によって栄養細胞の出現量が一時的に増加したと考えられた。

岩手県沿岸域における有毒プランクトンの挙動と貝毒の問題

加賀新之助（岩手水技セ）

岩手県沿岸では震災以降に麻痺性貝毒による貝類の高毒化が起こり、水産業振興ならびに公衆衛生の両面から深刻な問題となっている。本研究では、麻痺性貝毒原因プランクトンであるアレキサンドリウム属タマレンセ *Alexandrium tamarense*（以下、タマレンセ）の発生量や大量発生率ならびにホタテガイの毒量や高毒化の回数が震災前に比べて震災後に全体的に増加しているのかを検証するために、ホタテガイ生産海域と沿岸南部にある大船渡湾の県調査定点で実施したタマレンセ発生量の検査結果（県調査定点は約34年間）ならびにホタテガイ生産海域で実施した約36年間のホタテガイ可食部の麻痺性貝毒検査結果を用いて解析を行った。震災前後にタマレンセが大量発生したのは、県調査定点のみであった。震災前は最高値で96,200 cells/Lであったが、震災後は過去最高の105,100 cells/Lを記録した。そこで、県調査定点を対象に震災前後を比較したところ、タマレンセの発生量および大量発生率（50,000 cells/Lを超えた回数/調査年）は、震災後に増加した。麻痺性貝毒検査結果を見ると、震災前後にタマレンセにより高毒化した海域は、大船渡湾西部海域（珊瑚島と蛸ノ浦の2定点）のみであった。震災前の最高値は、それぞれ珊瑚島で68マウスユニット（MU）/g可食部、蛸ノ浦定点で42 MU/g可食部であった。一方、震災後の最高値は両定点において過去最高でそれぞれ、珊瑚島で80 MU/g可食部、蛸ノ浦で100 MU/g可食部を記録した。そこで、大船渡湾西部海域を対象に震災前後を比較したところ、毒量や高毒化の回数（50 MU/g可食部以上の回数）は、震災後に増加した。このように、震災前に比べ震災後に一部の海域で大量発生したタマレンセによりホタテガイが高毒化したことが示された。今後、自主対策を講じるなどして監視を強化する必要がある。

東日本大震災後の宮城県気仙沼湾における *Alexandrium* 属プランクトンの分布パターン

石川哲郎（気仙沼水試）・日下啓作（宮城水基課）・

押野明夫（宮城水技セ）・西谷 豪（東北大院農）・

坂見知子・神山孝史（水研セ東北水研）

2013年、気仙沼湾で24年ぶりに麻痺性貝毒が発生し、ホタテガイの出荷規制措置が長期化したため、ホタテガイ漁業者は大きな損害を被った。気仙沼湾における麻痺性貝毒対策に資するため、2013-2015年の *Alexandrium* 属プランクトンの発生状況とそのシストの分布状況を調査した。シストの種別の分布については、平成26年度レギュラトリーサイエンス新技術開発事業「貝毒リスク管理措置の見直しに向けた研究」の成果である。

2013年の気仙沼湾では、*A. tamarense* と *A. catenella* が確認された。*A. tamarense* は宮城県の観測史上最も多い細胞密度で出現し、4-5月上旬にかけて湾奥部で増加した後、5月中旬に湾内に拡散したと考えられた。二枚貝類の毒量のピークは、湾中央における *A. tamarense* の出現時期と一致しており、*A. tamarense* による毒化と考えられた。二枚貝類の毒量は、いずれも過去宮城県内で確認された毒量を大きく上回っており、発生した *A. tamarense* の細胞数が多かったことを反映しているものと考えられた。

2014年と2015年については、*A. tamarense* は、2013年と比べ細胞密度は少ないものの出現し、*A. tamarense* による二枚貝類の毒化が確認された。

震災前には、気仙沼湾では *Alexandrium* 属シストはほとんど確認されていなかったが、2013年と2014年にシストの分布を調べたところ、湾奥部において最大 6,383 個/cm³ のシストが確認された。津波によりシストの堆積物表層への浮上と集積が起きたものと推察される。定量 PCR により気仙沼湾における *Alexandrium* 属シストの種別の分布について調べたところ、大部分が *A. tamarense* のシストであった。以上より、震災後の気仙沼湾における *A. tamarense* の発生状況が判明した。

高密度の有毒プランクトンのシストを含む表層海底泥の除去による貝毒発生リスク低減の可能性

峰 寛明 (株エコニクス)

近年、薄層浚渫工法などの土木的手法の開発が進んでおり、我が国魚類養殖及び貝類の増養殖に応用できれば画期的である。そこで本研究では、生物学的知見を整理後、貝毒対策に薄層浚渫工法が可能かどうかについて初期的な考察を行った。

麻痺性貝毒の主な原因種である *Alexandrium catenella*, *A. tamarense* などはいずれも生活史の中でシストの時期に、海底泥中に存在するため、これが赤潮、貝毒の慢性的な発生の原因となっている。一方、従来の浚渫工法を発展させ密閉型の浚渫工法は海底のごく薄層を浚渫できるため、赤潮・貝毒の発生源となるシストを含む層のみを除去できることが期待できる。貝毒のシストは海底に堆積した後ある程度の生存期間を持つため、浚渫深度は海底への土砂の堆積速度とシストの生存期間およびシストの堆積開始時期に依存する。噴火湾における *Alexandrium* 属のシストは堆積深度と発芽率の関係から、30 cm 程度の浚渫が必要であると思われる。

水平分布については、三河湾においては湾面積の 10 % に湾内シストの 64 % が存在しており、湾の形状と流動環境の違いによるところが大きいと思われる。

湾内における発芽後の栄養細胞の輸送状態をオイラー・ラグランジュ法を用いて解析した。その結果、*Alexandrium* 属の平均的増殖日数と考えられる滞留日数 55-60 日を示した分布は湾奥の輸送されない海域と、湾口の渦流域に形成された。このことは、湾内の栄養細胞濃度はシスト密度に加えてシストの位置が関係することを示唆している。これと養殖施設の配置を考慮すると、シストを除去する箇所と直接的な被害の大きさには密接な関係を見出せると期待できる。従って、今後は養殖施設の配置や流動、波浪による輸送、発芽特性を考慮した評価モデルの構築などが課題であると考えられる。

寄生性真核微生物は貝毒対策の救世主となるか？

山口峰生・坂本節子 (水研セ瀬水研)・

木村 圭 (佐賀大低平セ)・

加賀新之助・加賀克昌・内記公明 (岩手水技セ)

我々は有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* に外部寄生するツボカビの発見に続いて、新たに内部寄生性の真核微生物を見いだした。それらはアルベオラータ、菌類およびリザリアに属する 3 種であり、いずれも捕食寄生者であった。アルベオラータは *A. tamarense* 栄養細胞に寄生し、形態および rDNA 塩基配列からパーキンソゾア門 *Parvilucifera* 属の未記載種と考えられた。成熟した遊走子嚢を *A. tamarense* 培養株と混合培養すると、寄主内に栄養体が形成されたが遊走子嚢には発達せず、成熟の条件はさらに検討する必要がある。菌類は *Alexandrium* シストに寄生した。形態および rDNA 塩基配列から、本種は広義のツボカビである可能性が示唆された。遊走子を天然および培養で形成したシストと混合すると、寄生から新たな遊走子放出までの生活環が完結したことから、継代培養が可能と考えられた。*Alexandrium* の出現生態を考慮すると、発生時期に限られる栄養細胞よりも、海底堆積物中で休眠するシストをターゲットとする方が、より長期にわたる生物学的制御が可能であり、本菌はまさに“ブルームのタネを元から絶つ”ものとしてその効果が期待される。リザリアは *A. tamarense* 栄養細胞に寄生し、rDNA 塩基配列からネコブカビ類 (Phytophthora) に属する一種であることが示唆された。すでに *Parvilucifera infectans* を生物農薬として用いる HAB 防除法に関する特許が出願されていることから、我々の真核微生物も有毒プランクトン防除の候補となり得ると考えられる。これらの発見は、寄生が有毒プランクトンの個体群動態に大きな影響を及ぼす可能性を示唆するのみならず、これまで有効な手段が無かった有毒プランクトンに対して、その生物学的な制御策を提案する上でも重要な知見であると考えられる。