



Title	北海道, 噴火湾における麻痺性貝毒原因プランクトン, <i>Alexandrium tamarense</i> の生態学的研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	宮園, 章
Citation	北海道大学. 博士(水産科学) 乙第6941号
Issue Date	2014-12-25
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/57684
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Akira_Miyazono_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：宮 園 章

学位論文題目

北海道，噴火湾における麻痺性貝毒原因プランクトン，
Alexandrium tamarense の生態学的研究

ホタテガイ垂下養殖が盛んな噴火湾では、*A. tamarense* ブルームに起因する麻痺性貝毒発生によりホタテガイの生鮮出荷が規制され、計画的生産に大きな障害となることがある。堆積物中の本種のシストの発芽が、ブルーム形成のための接種機能を持つことは経験的に知られているが、ブルーム形成におけるシストの発芽の貢献度は検討されていなかった。本研究はその機構を解明し、本種による麻痺性貝毒の発生予察に向けた基礎資料を得ることを目的として実施した。

噴火湾南西部海域における1982年4月～2012年12月まで32年間の*A. tamarense* ブルームと海洋環境の長期変動を解析した。大規模ブルーム（最大細胞数 >5000 cells L⁻¹）は1982～1995年の間に3回のみ発生し、1996～2012年には非ブルーム年（最大細胞数 ≤ 100 cells L⁻¹）あるいは小規模ブルーム年（ $100 \leq$ 最大細胞数 < 1000 cells L⁻¹）のみが観測されている。*A. tamarense* のブルームには、3月に初期個体群の形成、5月に最大細胞数への到達、7月に消失という概略的な基本パターンがあり、1980年代および1990年代に比べて2000年代のブルーム発生時期は1ヶ月程度早くなっている事実が判明した。水温および塩分にはそれぞれ3月と4月に経年的な上昇傾向が認められ、これらに伴う環境変化が最近の*A. tamarense* ブルームの時期と発生規模の変化に影響していると考えられた。大規模ブルーム年（1984, 1989, 1994）には初期個体群形成（2, 3月）に続く密度躍層発達期間（4, 5月）が維持されることが共通し、水柱の鉛直安定度はブルームの発達に重要な要因と考えられた。

培養実験によって*A. tamarense* の増殖に及ぼす光強度、温度、日長の影響を調べた。本種は、温度3°C以上で増殖可能であり、10～18°Cは増殖好適範囲と考えられ、この範囲内では増殖速度に大きな差がみられなかった。3～5°Cで増殖できることおよび増殖最適温度が10～18°Cであることから、噴火湾産株は寒冷な環境に適応した増殖特性を持つと考えられた。

本種の光強度に対する各増殖パラメータ値は、水温3～10°Cの間で温度依存的に増加した。本州産の株に比べて低い光強度に適応していることが明らかとなった。日長による増殖速度の差は温度5°Cと10°Cのときに大きく、増殖速度が低い5°Cのときに変化率は最大となった。本種の光条件に対する増殖特性は高緯度環境に適応したものと考えられた。

現場調査および培養実験によって、*A. tamarense* シストの発芽時期と発芽に及ぼす温度の影響を調べた。水温と発芽活性の関係は月毎に異なり、発芽期のシストの発芽活性はおおむね温度が10°Cのとき最大となり、発芽率が50% 10-days⁻¹を超える temperature window は7～18°C（それ以上の可能性あり）であることが明らかとなった。本種シストは2月～5月に発芽期、6月～翌年1月に休眠期を持つことが明らかとなった。堆積物表層シストの

発芽の周期性は、内因的休眠によって説明することができた。堆積物中（3～12 cm 層）に埋没しているシストもほぼ表層シストと同様の挙動を示し、旧シストの二次休眠によって発芽の周期性維持が維持されていると考えられた。噴火湾の *A. tamarense* シストは、内因的休眠（二次休眠）・外因的休眠および temperature window によって発芽期の周期性を維持していると考えられた。

栄養細胞の増殖特性とシストの発芽特性を用いて、大規模ブルーム年（1984, 1989, 1994）の水温と光環境の観測結果から本種のブルーム動態を推定し、モニタリング結果との対比によって、本種の動態におけるシスト発芽の役割を検討した。シストの発芽および栄養細胞の増殖状況は3つの大規模ブルーム年のケース全てで異なっていた。すなわち、1989年はシストの発芽状況、栄養細胞の増殖活性が共に良かったケース、1984年はシストの発芽状況が悪くてもその後の栄養細胞の増殖活性が高いケース、1994年はシストの発芽状況は良いが、その後の栄養細胞の増殖活性が両年に比べて相対的に高くないケースに区分できた。各年の栄養細胞数の観測結果をシスト発芽、栄養細胞増殖およびその他の要因で配分したところ、1984年にはその他要因による増減が個体群動態に強く影響したが、1989年と1994年にはシスト発芽が初期個体群形成・維持に貢献していたと考えられた。個体群動態に影響するその他要因には複数の物理、化学、生物学的因子が想定された。噴火湾における *A. tamarense* ブルームにとって、シストの発芽は水柱に栄養細胞を接種すること自体に重要な役割があり、その規模が大きいか否かはブルーム形成に必須ではないと考えられた。

噴火湾沖合域における *A. tamarense* シストの堆積物中の鉛直分布を調べた。噴火湾の沖合堆積物中には本種のシストが広く分布し、表層以下に分布の極大層を持つことが明らかとなった。各地点における堆積速度の違いを考慮すれば、これらの表層以下の分布極大が同時期に形成されたものと考えられた。

培養実験によって、噴火湾最深部における堆積物中の *A. tamarense* シストの生残性を堆積層別に調べた。約100年前に堆積した層から得たシストの一部は発芽が確認された。これは現在のところ本種シスト生残の世界最長記録である。シストの発芽成功率には、堆積物中の保存期間と指数関数的な負の相関が認められ、これは堆積後の時間経過が長くなると耐性が高くなっていることを示唆する。約100年間埋没していたシストは原形質が透明で細胞壁が厚いという特徴を持ち、長期保存によって本種は形態的に堆積物中での貧酸素耐性を高めていると考えられた。

噴火湾の *A. tamarense* の生態戦略は次のように概説できる。*A. tamarense* のシストは嫌気条件下での保存性と生残性が高いため、シードポピュレーションの長期間にわたる維持が可能である。シストの持つ発芽の最適な temperature window は7～18°C（以上）であるが、内因性休眠により発芽開始期は3～5°Cの時期に設定されていることによりシードポピュレーションの消耗を節約している。栄養細胞は3～5°Cという低水温条件下で増殖でき、かつ弱光条件（ I_0 : 2.7～4.5 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ）に適応することで、寒冷な時期に栄養細胞の初期個体群を形成する機会の幅を確保していると考えられる。噴火湾産 *A. tamarense* はこれらの生態的特徴によって、数年～十数年に1回の頻度で発生する大規模ブルームで拡大したシードポピュレーションを節約的に消費しながら次のシードポピュレーションの拡大を待つという戦略を有している。

噴火湾西部海域にみられた環境の長期的変化傾向が本種ブルームの形成に及ぼす影響を検討した。3月の水温の上昇傾向は発芽規模の拡大、4月の塩分の上昇傾向は栄養細胞の増殖規模の低下に働くと考えられた。噴火湾の本種ブルーム発生の鍵は栄養細胞の増殖の成功により強く依存していると考えられるため、これらの傾向の将来的な持続を仮定すると、当面は本種ブルームの小規模年あるいは非ブルーム年が続くと予想される。

噴火湾においては麻痺性貝毒（PSP）によるホタテガイの生鮮出荷自主規制の発生日安

となる栄養細胞密度は 100 cells L^{-1} であり，シスト発芽由来の栄養細胞密度が 100 cells L^{-1} を超える場合を推定したところ，底層水温が平年より高い年には5月のシスト密度が $400 \text{ cysts cm}^{-3}$ を超えていれば，シストからの発芽由来の直接的な栄養細胞の水柱への添加によって，PSPの自主規制レベルの密度に達する可能性があることが推定された。こうした可能性を把握するためにモニタリングメニューの中に，5年に1回程度のシスト密度調査を行うことが望ましいと提案できる。

噴火湾の沖合部には発芽能を持つ表層以下のシスト（16～22 cm 層）が表層シスト（0.5～5 cm 層）の約1.4倍の密度で分布していた。2011年の東日本大震災に伴う津波は，噴火湾においても堆積物に埋没しているシストを巻き上げ，表層に選択的濃縮をもたらした。自然現象によるこうした堆積物かく乱は避けようがないが，人為的な浚渫やドレッジ等を行う際には，埋没シストの潜在的脅威に十分配慮すべきであろう。