HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	北海道オホーツク海沿岸における麻痺性貝毒の発生予測に関する生物海洋学的研究［論文内容及び審査の要旨］
Author(s)	嶋田, 宏
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	乙第7027号
Issue Date	2017-06-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/66554
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Hiroshi_Shimada_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

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：嶋田　宏

学 位 論 文 題 目

北海道オホーツク海沿岸における麻痺性貝毒の発生予測に関する生物海洋学的研究

北海道オホーツク海沿岸におけるホタテガイ漁業は，稚貝を天然海域に放流して 3 年後に回収する「地まき」という方法で行われ，年間 30 万トン弱を生産する世界有数の二枚貝漁業である。しかしながら本海域では数年に一度の頻度で夏季に有毒渦鞭毛藻 *Alexandrium tamarense* を原因種とする麻痺性貝毒が発生して経済損失をもたらしてきた。特に高毒化した 2002 年は例年の漁獲最盛期に 1 ヶ月余りにわたって漁獲がストップして単価の暴落を招き，深刻な経済損失が生じた。本研究は，本海域沿岸のホタテガイ漁場における麻痺性貝毒原因種 *A. tamarense* の出現メカニズムを解明し，麻痺性貝毒の発生予測手法を構築して，貝毒発生によるホタテガイ漁業の経済損失を低減することを目的として行われたものである。

北海道沿岸における麻痺性貝毒原因種 *A. tamarense* 栄養細胞の出現および麻痺性貝毒の発生状況を 2005－2006 年に調べた。その結果，本種はオホーツク海から太平洋沿岸すなわち寒流（東カラフト海流および親潮)の影響のある海域にのみ出現し，日本海から津軽海峡すなわち暖流域（対馬暖流および津軽暖流域)には出現しないことが確認された。調査期間中に出荷自主規制値（4MU g^{-1} 可食部）を超えて毒化した海域は噴火湾であり，*A. tamarense* 栄養細胞が概ね 10^2 cells L^{-1} を超えて出現すると，ホタテガイが規制値を超えて毒化することが確認された。

北海道周辺における有毒 *Alexandrium* 属シストの分布を 1999－2000 年に調べた。その結果，シストはオホーツク海から太平洋に広く分布することが明らかとなった。過去の海域別の麻痺性貝毒の発生頻度および年間最高毒性値と，海域別のシスト密度の関係をみると，それぞれ有意な正の相関が認められた。このことから，海域別のシスト密度は過去の麻痺性貝毒の発生頻度／規模が記録された重要な情報であることが明らかとなった。また，前述の 2005－2006 年における *A. tamarense* 栄養細胞の出現は，海域別のシスト密度を反映した結果であると推察された。栄養細胞とシストの分布を併せてみると，オホーツク海沿岸における *A. tamarense* の出現はわずかであるものの，北海道とサハリンを結ぶ陸棚域にはシストが濃密に分布していることから，オホーツク海沖合は潜在的に *A. tamarense* の出現リスクの高い海域であると推察された。

夏季北海道沖オホーツク海における *A. tamarense* 栄養細胞の空間分布を 2002－2007 年に調べた。その結果，*A. tamarense* は沖合の表層低塩分水（塩分 ≦ 32.5）に多く出現し，

沿岸の宗谷暖流水（塩分 ≧ 33.6）および沖合 30 m 以深の中冷水（水温 ≦ 2℃)にはほとんど出現しないことが明らかとなった。水塊別の栄養塩濃度は中冷水において極めて高いことが確認された。表層低塩分水の栄養塩濃度は低いものの，直下に中冷水から供給された豊富な栄養塩が存在するために，*A. tamarense* はわずかな日周鉛直移動によって栄養塩を利用可能であると推察された。一方，表層低塩分水と宗谷暖流のフロント域では湧昇が観察され，深みから有光層に供給された栄養塩に起因する珪藻ブルームの持続的発生が確認された。*A. tamarense* はこの珪藻ブルームのやや沖合でブルーム（≧ 10^2 cells L^{-1}）を形成する傾向が認められ，これは珪藻との競合の結果であると推察された。宗谷暖流水の栄養塩濃度は *A. tamarense* の増殖に必要な DIP において特に低く，直下に中冷水も存在しないことから，本種の増殖には適さない環境であると推察された。夏季の *A. tamarense* 存在量と春季から夏季の水塊構造の年変動における関係をみると，存在量は春季に宗谷暖流が卓越傾向かつ夏季に表層低塩分水が卓越傾向の年に多い傾向が認められ，本種は春季のシスト発芽には宗谷暖流による加温が，夏季の栄養細胞増殖の空間として表層低塩分水をそれぞれ必要とすることが示唆された。

北海道沿岸およびサハリン南部アニワ湾で採集した底泥または海水試料から単離した *A. tamarense* 培養株の毒成分組成を 2005－2009 年に調べた。全 103 培養株の毒成分を高速液体クロマトグラフを用いて分析し，得られた毒成分組成をクラスター解析した結果，2 株を除く 101 株が C－toxin－2, gonyautoxin－4, gonyautoxin－3, neosaxitoxin を主成分とする同一クラスターに分類された。上記 101 株の毒組成は既報の日本産およびサハリン産株とほぼ一致することが明らかとなった。各培養株の細胞毒量は 1－1128 fmol $cell^{-1}$ の範囲で変動し，細胞密度と細胞毒量との間には反比例の関係があることが明らかとなった。現場において細胞毒量 10^3 fmol $cell^{-1}$ の *A. tamarense* が 10^2 cells L^{-1} の細胞密度で継続的に出現し，体重 10^2 g (中腸腺 7 g)のホタテガイの水温 10 ℃における濾水率を 10^2 L day^{-1}，毒の蓄積率を 35%と仮定すると，毒化速度は 0.4 MU g^{-1} 中腸腺 day^{-1} と見積もられた。これは 50 日で出荷自粛規制値（20 MU g^{-1} 中腸腺)に毒化することを示し，「*A. tamarense* が概ね 10^2 cells L^{-1} を超えて出現すると規制値を超えて毒化する」という経験的事実を科学的に裏付けるものと考えられた。

「稚内－網走間の水位差減少によって指標される宗谷暖流の弱勢時に，*A. tamarense* 栄養細胞を含んだ表層低塩分水が沿岸に流入して，ホタテガイが毒化する」との仮説に基づき，沖合および沿岸における *A. tamarense* 分布調査ならびに ADCP を用いた宗谷暖流の流況調査を 2004, 2007 および 2008 年に行い，*A. tamarense* の出現メカニズムの解明を試みた。その結果，*A. tamarense* は宗谷暖流の弱勢時に沿岸のホタテガイ漁場に出現することが確認され，宗谷暖流の弱勢は稚内－網走間の水位差減少と同調することが確認された。さらに過去の麻痺性貝毒発生年について宗谷暖流弱勢と麻痺性毒性値の変動を解析したところ，暖流弱勢の直後に毒性値が上昇することが確認された。以上の生物海洋学的調査および解析によって仮説は検証され，次の手順からなる麻痺性貝毒発生予測手法を構築した。

(1) 例年の毒化時期前（6 月）および毒化盛期（7 月）に船舶調査によって本海域沖合の *A. tamarense* の水平分布を把握する。

(2) インターネット公開されている潮位データを用いて宗谷暖流勢力（稚内－網走間水位差)を監視する。

(3) 調査によって沖合に *A. tamarense* ブルーム（≧ 10^2 cells L^{-1}）が確認されていて，宗谷暖流弱勢が観測された場合，数週間以内の麻痺性貝毒発生を注意喚起する。

本予測手法は 2009 年以降運用され，「オホーツク海貝毒プランクトン速報」／「宗谷暖流情報」として公開され，ホタテガイの計画的出荷に活用されている。本予測手法は年 2 回の船舶調査と水位差の監視のみのシンプルな構成で運用されるため，費用対効果が高いのが特長である。

本研究は *A. tamarense* をトレーサーとして北海道沖オホーツク海の高コントラストな環境を生物海洋学的に解明したものであり，ホタテガイのみならずサケ等の重要魚種の生態研究においても餌料環境に関連した重要な情報を与えるものである。最近，北海道日本海および津軽海峡沿岸で暖水性有害赤潮原因藻の初記録が相次いでいる。万一，有害赤潮が北日本のホタテガイ漁場で発生すれば，甚大な被害が発生することは間違いない。今後は北日本においても温暖化による暖水性有害種の分布拡大が予想されることから，既往の *A. tamarense* をはじめとする有殻渦鞭毛藻の監視に加えて，有害赤潮の原因となる無殻鞭毛藻の監視を開始することが必要と考えられる。