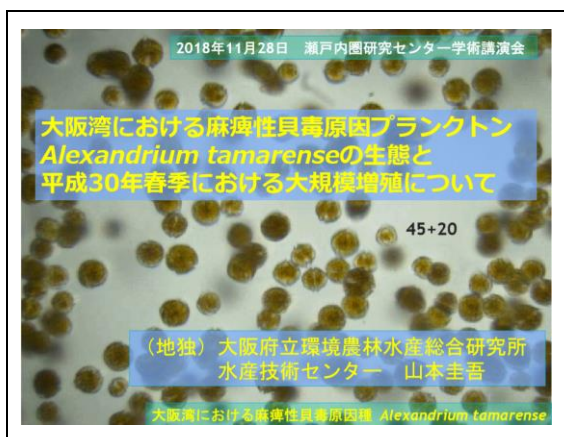


大阪湾における麻痺性貝毒原因プランクトン *Alexandrium tamarense*
の生態と平成 30 年春季における大規模増殖について

地方独立行政法人 大阪府立 環境農林水産総合研究所 主幹研究員 山本圭吾

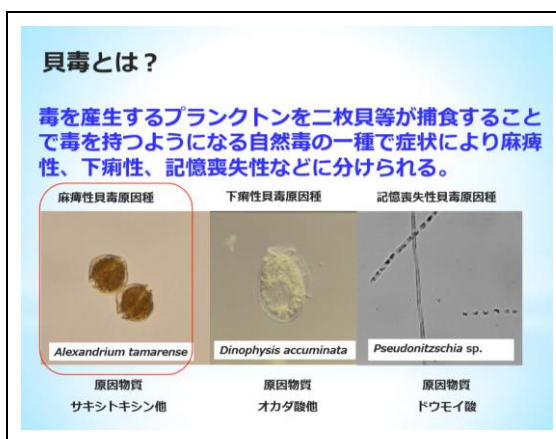


大阪府立環境農林水産総合研究所の山本と申します。先ほど多田先生からご紹介がありましたように、今年の春に大阪湾の東部海域でかなり大規模な貝毒プランクトンの増殖が起きました。私は大阪湾でプランクトンについて長年研究をしてきましたので、本日はこれまでに大阪湾で得られたデータを用いて貝毒プランクトンの特性を紹介させていただくとともに、今年の大阪湾での発生についてご紹介させていただきたい

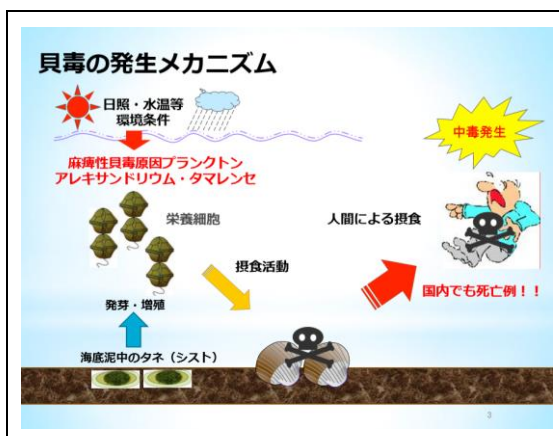
と思います。今後、ここ香川県東部播磨灘の貝毒対策に役立たせていただければ幸いです。それでは「大阪湾における麻痺性貝毒原因プランクトン *Alexandrium tamarense* の生態と平成 30 年春季における大規模増殖について」というタイトルで報告させていただきます。

まず、ご存じでない方のために、貝毒について簡単に説明したいと思います。貝毒というのは毒を産生するプランクトンを二枚貝等が食べることで、貝が毒を持つようになるという自然毒のひとつです。原因プランクトンによって毒の症状が麻痺性とか下痢性とか記憶喪失性に分かれます。それぞれの原因プランクトンは種類が異なりまして、今回問題になったのはこの一番左端の麻痺性貝毒の原因種、アレキサンドリウム・タマレンセ

(*Alexandrium tamarense*) というプランクトンになります。近年、このプランクトンの名前の変更が議論されていますが、今回は従来どおりの種名、アレキサンドリウム・タマレンセ（以後、アレキサンドリウムとして記す）として紹介させていただきます。



次に貝毒の発生メカニズムについて説明します。このプランクトンは、自分が増殖するのに都合の悪い環境の時には、シストと呼ばれるタネの状態で泥の中に存在します。いったん、日照とか水温とかの環境条件が増殖に適した環境になりますと、このシストから発芽しまして、海中で増殖していきます。海中で泳いでいる細胞を栄養細胞と呼びます。この栄養細胞を二枚貝が食べて、毒が貝に蓄積します。そして、毒を持った二枚貝を人間が食べることで、人間に中毒が発生するというメカニズムになります。麻痺性貝毒につきましては、過去に国内でも死亡例がありますので、かなり注意を要する貝毒です。

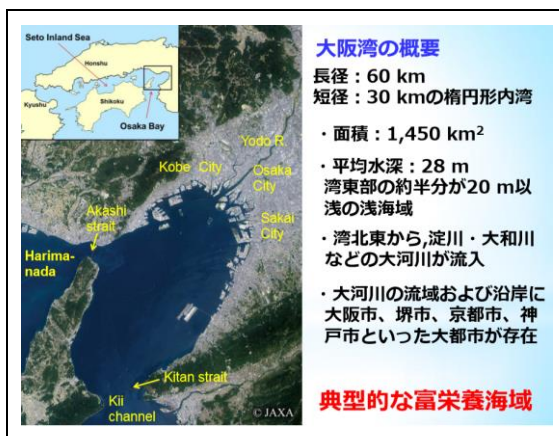


そのため、食の安全を確保するために、私も地方公共団体の研究機関とか、行政におきましては、概ね共通した対策がとられています。第一に貝類の生産海域での対策です。貝が獲れる所では、貝毒原因プランクトンをモニタリングすることで、貝の毒化を予知するというのが私達のような都道府県の試験研究機関等が担っている役割です。さらに流通に乗る前に二枚貝そのものについてマウス試験による公定法に従って都道府県



の水産課等の行政機関が定期的に毒の測定を行っています。このように二枚貝の毒化を監視しまして、毒量が規制値を超えると生産者に貝の出荷の自主規制を要請することになります。しかし、さらにこれをすり抜ける可能性もありますので、流通段階でも、食品衛生法に基づきまして、公定法であるマウス試験による検査を行って、消費者のもとに毒化した貝が届かないように万全の体制が取られています。

ここに参加しておられる方は承知のことだとは思いますが、私が関わっている大阪湾は、この播磨灘の隣に位置する湾になります。湾の長径が60km、短径が30kmの楕円形をしておりまして、面積が1,450km²、平均水深が28m、湾東部の約半分が20m以浅の浅い海域になっております。この湾奥の北東から淀川であるとか、大和川などの大河川が流入



するとともに、この流域には大阪市とか堺市、京都市、神戸市といった大都市が存在することで、かつては典型的な富栄養海域であると言われてきました。

次に、大阪湾における麻痺性貝毒の歴史について触れたいと思います。大阪湾は先に述べましたように、早くから富栄養化が進んだ海域ということで、赤潮とか貧酸素といった環境については早くから注目されて問題になっていたのですが、貝毒は近年までほとんど問題になったことがありませんでした。大阪湾で初めて規制値を超える毒量が確認されたのは、2002年の事例からということになります。ただ、この年から右肩上がりにどん

どん規模が拡大して、今年は大阪湾だけでなく、周辺の広い海域におきましても、アレキサンドリウムが増殖しました。通常、このプランクトンはそんなに高い密度まで増えることはなく、貝毒のみの対策で済んでいたのですが、2007年の事例では、この堺出島の港の中で1mLの中に7万細胞という密度に達する、写真のような濃い赤潮になりました。また後でも説明しますが、この時には魚介類の斃死も観察されています。

これだけの密度でプランクトンが発生しますと、通常言われるアサリとかカキだけでなく、底曳き網のアカガイとかトリガイ、淀川河口のヤマトシジミというように、あらゆる貝で毒化が確認されました。貝毒原因種であるアレキサンドリウムの赤潮というのは、比較的新しい問題であると捉えています。

繰り返しになりますけれども、2002年にはアサリで貝毒が確認される程度でした。それからしばらく麻痺性貝毒は発生しなかったのですが、2007年に大規模に貝毒プランクトンが発生しましたので、いろいろな貝の毒を測定した例をみると、バカガイ、マガキ、ヤマトシジミ、トリガイ、アカガイ、ツメタガイ等というように測ったものすべての貝が毒化しているという状態で、毒化する貝の種類も次々と広がっていました。さらにその次

の年には二枚貝だけではなくて、肉食性の巻貝であるアカニシも毒化していました。また、磯にいる小さなガンガラという貝も毒化していました。ガンガラはゆでて、楊枝でほじくり返して食べる小さな貝でお酒のつまみにするような貝です。ガンガラの場合、どこからどのように毒が入ったのか分かりません。このような貝にも毒化が見られるようになったということです。東北地方等で二枚貝の毒化というのは古くから知られている事象ですが、それ



大阪湾において麻痺性貝毒の蓄積が確認された貝種の拡大

確認年月	毒化した生物種
2002年4月等	アサリ
2007年5月等	バカガイ
2007年5月等	マガキ
2007年5月等	ヤマトシジミ
2007年5月等	トリガイ
2007年5月等	アカガイ
2007年5月等	ツメタガイ
2008年2月等	ムササギガイ
2008年4月等	アカニシ
2008年5月	クチバガイ
2008年5月	コシダカガンガラ

すべて天然で採取される貝

らの多くはホタテガイであるとかカキといった養殖貝になります。しかし、大阪湾での特徴は、問題になるのがすべて天然貝であるということです。

このスライドは日本国内における麻痺性貝毒の中毒事例を示したものです。1947年に愛知県のアサリで中毒事例が発生しています。またこの時には死者も出ています。主に北の地方での事例が多いのですが、南の宮崎県とか長崎県とかでも出ていました。中毒事例は1990年代頃を最後にしばらく出ていなかったのですが、2008年に大阪湾でムラサキイガイによる3名の食中毒事例が起きました。この表中の赤字は大阪湾で生じた事例を示しています。

日本国内における麻痺性貝毒中毒事例			
発生年月	発生場所	毒化貝の種類	中毒者数(死者数)
1947年7月	愛知県豊橋市	アサリ	12(1)
1961年5月	岩手県大船渡市	アズマニシキ	20(1)
1962年2月	京都府宮津市	養殖カキ	42(0)
1979年1月	山口県仙崎町	養殖カキ	16(0)
1979年4月	北海道旭川市	ムラサキイガイ	3(1)
1982年5月	岩手県大船渡市	ホヤ	2(0)
1987年6月	鹿児島県鹿児島市	アサリ	1(0)
1989年4月	岩手県大船渡市	ホタテガイ	5(0)
1989年4月	岩手県大船渡市	ムラサキイガイ	1(0)
1989年7月	青森県下北郡	ムラサキイガイ	6(1)
1991年5月	北海道七飯町	ホタテガイ	1(0)
1996年4月	宮崎県延岡市	ムラサキイガイ	2(0)
1997年3月	長崎県玉之浦町	カキ(天然)	26(0)
1998年2月	愛媛県八幡浜市	カキ(天然)	4(0)
2008年4月	大阪府貝塚市	ムラサキイガイ	3(0)
2013年5月	大阪府大阪市	ムラサキイガイ	2(0)
2015年5月	熊本県下北郡	ムラサキイガイ	4(0)
2016年3月	大阪府阪南市	アサリ	2(0)
2016年3月	大阪府泉南市	アサリ	1(0)

今井・板倉(2007)に加筆

2000年代以降の5件中4件が大阪湾で報告

2000年以降の5件中、実に4件が大阪湾での事例になります。今年につきましては、まだ被害が確定していないので、この時点では書き入れておりませんが、大阪湾以外に播磨灘で2件、紀伊水道で1件、食中毒の事例が報告されております。これらは来週の会議で確定され、水産庁、農水省の方から報告されることになっています。

再び、この図に戻って、まずは私自身の貝毒研究への取り組みを紹介していきたいと思います。最初に注目したのは貝が食べて毒化するアレキサンドリウムについてです。



「麻痺性貝毒による被害を防ぐためにはどうすれば良いか」と言うことで、「大阪湾で原因となるアレキサンドリウムがいつ、どこで、どんな条件で、どれぐらい発生するのだろう」ということ明らかにする目的で調査を開始しました。

麻痺性貝毒による被害を防ぐためには？

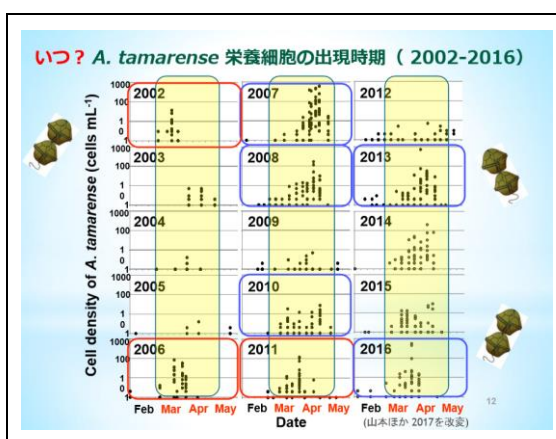
原因となるプランクトンがいつ？どこで？どんな条件で？どれぐらい発生？

19

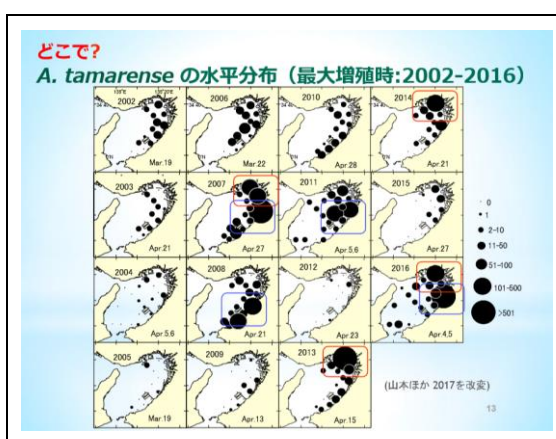
有毒プランクトンの調査は大阪湾で通常行われているモニタリング調査の中で実施してきました。調査はこのA、B、2つの図の定点で行っていて、Aの方が月の上旬に行っている全域の調査定点です。それ以外の時は湾の東部海域で行っているBの調査定点になりまして、これは毎週の調査になります。調査は大阪府立環境農林水産総合研究所の調査船「おおさか」で実施しています。海上では、水温、塩分、透明度、クロロフィルa、栄養塩などの環境の調査とプランクトン密度の調査を週一回の頻度で実施しています。そこで得られた結果について、これから述べさせていただきます。



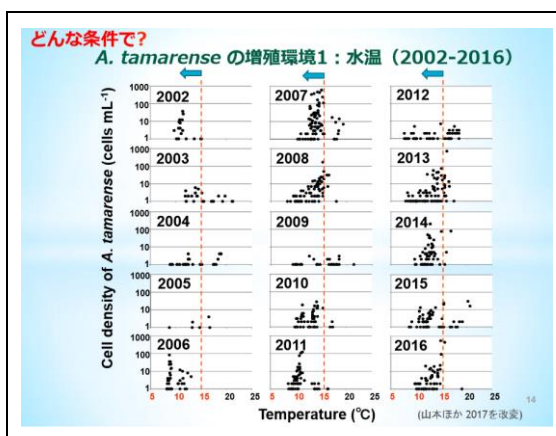
まず、「いつ発生するか」と言うことです。これは2002年から2016年の、アレキサンドリウム・タマレンセ栄養細胞の出現時期を示したものです。下が月で、2月、3月、4月、5月です。縦が細胞密度です。これを見ただけで分かるとは思いますが、出現し始めるのは主に3月から4月です。そこから5月の上旬ぐらいまでというのが、主な出現時期になります。ただそのピークは年によって少しずつ異なっていて、このように3月頃にピークを迎える時と、5月に近い頃にピークを迎える、いろいろなパターンが見られます。これにつきましては最後の方で少し話題にしますので、その時にまた説明したいと思います。



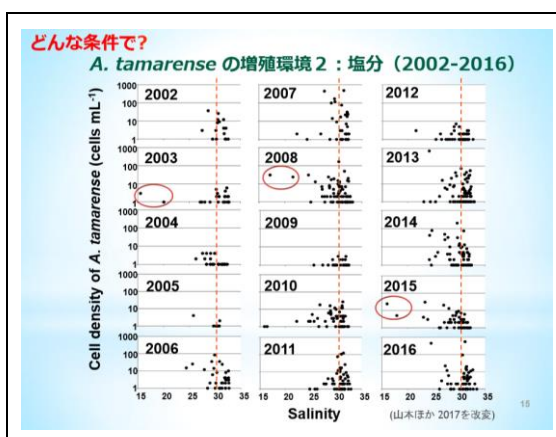
次に、「どこでプランクトンが増殖するか」と言うことです。2002年から2016年のアレキサンドリウムの最大増殖時の分布を整理してみました。この図にある15年分のデータから、2つのパターンが考えられました。1つが湾の東中部、空港の北部ぐらいで増殖するパターンと、淀川の河口に近い湾奥部で増殖するパターンです。もちろんこの2つのパターンが両方現れる年もあるのですが、おおよそこれら2つのパターンがあるということが分かりました。



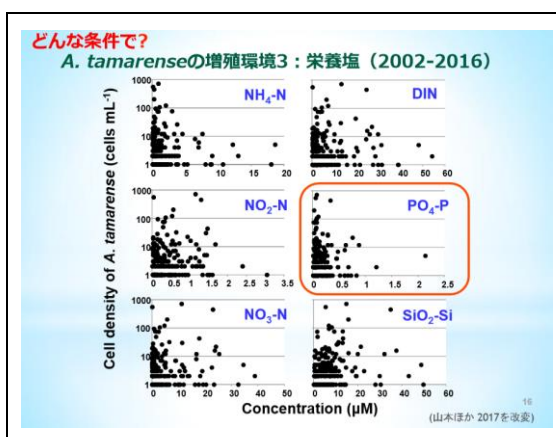
次に「どんな条件で増殖するか」ということで、まず水温について見てみました。これも同じ2002年から2016年までのデータを示しています。横軸が水温で縦軸が細胞密度です。だいたい5℃以上15℃以下であれば増殖するのですが、この赤線で示した15℃を超えまると、急速に細胞密度は減衰していくことが分かります。大阪湾で15℃を超えるのが5月頃ですので、消えるのがだいたい5月の上旬から中旬頃ということになります。つまり、およそ水温に対応して出現していると考えられます。



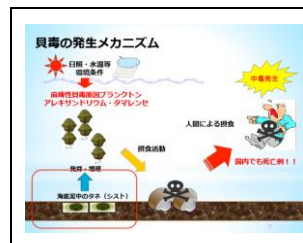
次に塩分を見てみます。横軸が塩分で、縦軸が細胞密度です。塩分につきましては大体30前後に集中して増殖していることが分かりました。通常の海水は32から33ぐらいで、外洋であれば34ぐらいになりますから、本種は少し低い塩分を好むと考えられます。さらに、このような20以下の塩分ででも増殖しているということから、このプランクトンの特性としましては、「わりと塩分の低い所を好む」という特性が見て取れました。



次は栄養塩です。左上からアンモニア、亜硝酸、硝酸で、それらの合計値（無機三態窒素：DIN）がいわゆる溶存態の無機窒素です。その他に溶存態のリンとケイ酸を示しています。栄養塩につきましては大体どの栄養塩も低い時にアレキサンドリウムが大規模に増殖しているというのが分かります。中でもリンにつきましては、1を超えるような時にはほとんど増殖しないという傾向があり、低ければ低いほど増殖の規模が大きくなるということが分かりました。



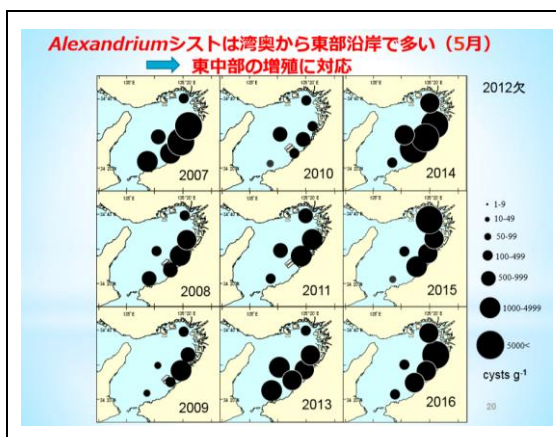
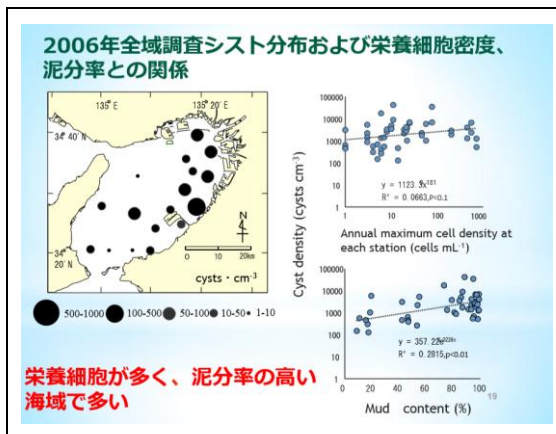
次にこのシスト（タネ）の部分に注目した調査に取り組みました。図の a に示した全域調査は 2006 年に行いました。シストの調査ではこのようなコアサンプラーとスミス・マッキンタイヤ型採泥器を使いました。全域調査以外にモニタリングとして、湾東部の 6 点での調査も開始しましたので、全域調査と併せて 2 回の調査でシスト分布の解析を行いました。泥の中のシストは、非常に見難いものです。しかし、瀬戸内水研におられた山口峰生博士が開発された Primuline 蛍光染色法というものを施してブルーの光を当てると、このように光りますので、非常に分かり易く、顕微鏡下で容易に検出できます。ここでは Primuline 蛍光染色法を使ってシストを計数しました。



このスライドは 2006 年における全域調査の結果です。この結果を見て「どんな環境にシストが溜まっているのか」と言うのを見たのが左のグラフになります。上がその年の最高細胞密度との関係で、下が泥分率との関係になります。上下のグラフ、2 つとも有意な関係が得られました。すなわち栄養細胞が多く増殖し、泥分率の高い海域でシストが溜まる傾向にあることが分かりました。



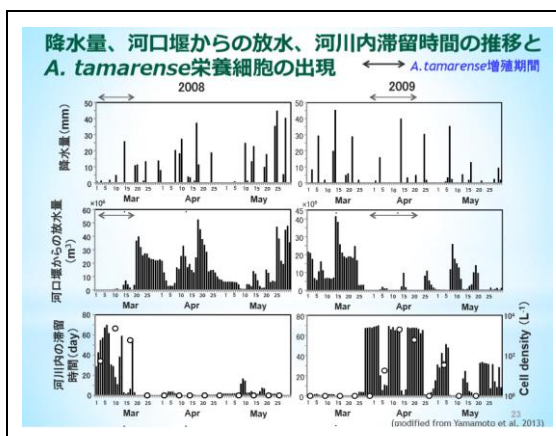
さらに、モニタリング的に行っていた東部海域のシスト計数結果を経年的に見てみると、先ほどの栄養細胞が多かった点、すなわち大阪湾の東中部辺りがシストの主要な蓄積場所にもなっているということが明らかになりました。つまりこの東中部の栄養細胞の増殖というのは「このシストから発芽したものが増殖したものであるのではないか」と推察しているところです。



今度は「湾奥の増殖に、何に関わっているか」ということを考えてみます。まず淀川の感潮域というエリアに注目して調査を行いました。これらは2008年から2009年に行った調査になります。大阪湾の奥に位置する淀川には10kmほど上流に、淀川大堰という河口堰があります。そこから下流にいくつか橋が架かっていますので、この橋の上から採水器とかCTDを降ろして、採水と水温、塩分の測定を行いました。さらに国交省から流量データをいただいて、アレキサンドリウムの出現と環境要因の解析を行いました。

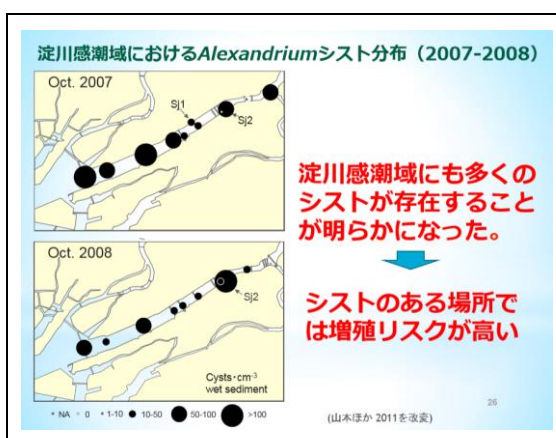
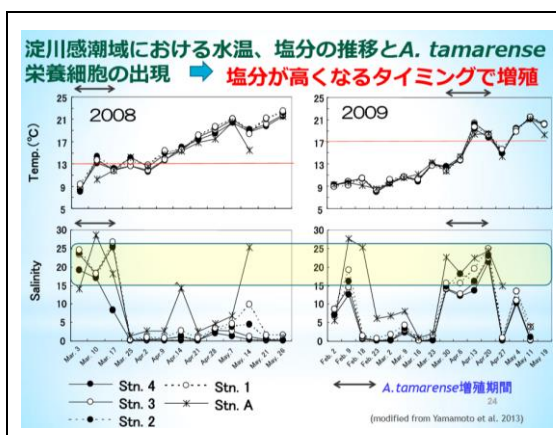
話が少し前後してしまうのですが、淀川河口域はアレキサンドリウムの赤潮が起りやすい水域になっており、過去に何度も赤潮が観察されています。これは2011年の赤潮時の写真で、2007年に続き2例目となります。その後2018年までに6回の赤潮が確認されています。そして、そのたびここに生息しているヤマトシジミが毒化して出荷自主規制となっています。

これらの状況から「湾奥での増殖に、何に関わっているか？」のヒントあるいはキーになるものがこのエリアにあるのではないかと考え、まず降水量との関係を調べてみました。さらに河口堰を持つという水域の特殊性から河口堰からの放水量、および放水量から計算した河川内での滞留時間とアレキサンドリウムの発生との関連を見てみました。結果として降水量とアレキサンドリウムの出現係はあまり関係性が見られなかった一方で、放水量とは密接に関係していることが分かりました。すなわち、河口堰からの放水が少ない時期に、アレキサンドリウムが増殖しており、淀川の中での水の滞留時間が長ければ長いほどアレキサンドリウムが増殖するということが分かりました。つまり、特殊な事例ではありますが、この河口内の増殖は淀川河口堰からの放水量によって、コントロールされていると言えます。



それでは放水量が少ないときというのは「どういう環境か？」ということで、河口域の水温と塩分を見ました。2008年と2009年の水溫、塩分のグラフの中で、矢印を付したところが増殖期間に相当します。2008年につきましては約 10℃ぐらいと低い水溫で出現しています。一方 2009 年につきましては非常に高い水溫で出現していました。すなわち、「淀川河口内の増殖に水溫はあまり関係していない」と判断されます。一方で塩分については顕著な傾向がみられ、塩分が高い時、つまり上流から水が流れてこず、河口内の塩分が高くてほとんど海のような状態になった時に、アレキサンドリウムが増殖していました。すなわちそのような時期を見極めることができれば、この水域でのアレキサンドリウムの発生を予測することができそうだということが分かりました。

では、「淀川のアレキサンドリウムはどこから来たのだろうか？」ということで、先ほどと同様の方法で河口堰より下流の9定点でシストの調査を行ってみました。図は9定点から泥を取ってきてPrimuline蛍光染色を行い、計測した結果です。結果として淀川感潮域の多くの点で、シストが検出されました。このことから、「河口内での発生には、河口内に存在しているシストが大きく寄与しているのではないか」と考えています。

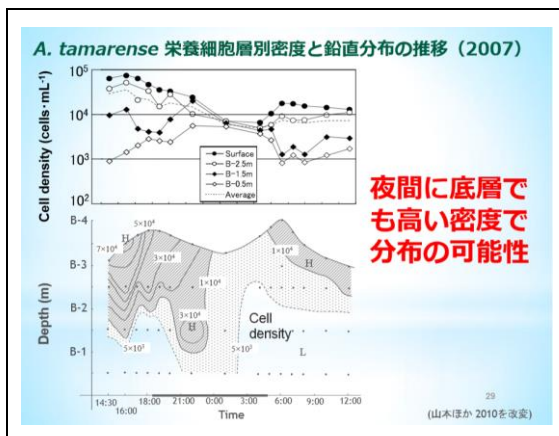


ここで、少し話題が変わります。

大阪湾において麻痺性貝毒の蓄積で一番大きな問題になっているのは、西日本の他の海域で問題となるカキやアサリではなく底曳き網で獲られるアカガイとかトリガイです。これは大阪湾の漁業の中では非常に重要な位置を占める魚種になります。ですから、これらが出荷できなくなると漁業者は非常に困るわけです。ただ、このアカガイとトリガイが生息している場所というのはアサリなどに比べてかなり深い所になります。

そこで「なぜ、こういう深い所で毒化するのか？」と言うことを考えてみました。アレキサンドリウムは渦鞭毛藻という植物プランクトンの仲間、これらは日周期的に鉛直移動をするという特徴があります。しかし本種においては天然で確認された例がなかったことから日周鉛直移動の調査を行ってみました。調査を実施したのは2007年の4月末で、大阪湾東部の堺出島漁港で赤潮時に港の中のイカダの上で昼夜観測を行いました。

その結果を示します。下図の横軸の黒い部分が夜になります。このように昼間には表層でかなり細胞が多い傾向にあり、時間が過ぎて夜になると、だんだん下の方に降りて行って、分散することが分かりました。さらに夜が明けると、また表層に集まることが確認されたことで、この種類におきましても日周期的に鉛直移動しているということが分かりました。つまり、夜間には底層でもかなり細胞密度の高い水が存在する可能性があり、鉛直移動を通して夜に下層に降りてきた時に、深いところに生息するアカガイとかトリガイが摂食して毒化に繋がっているのではないかと考えられます。

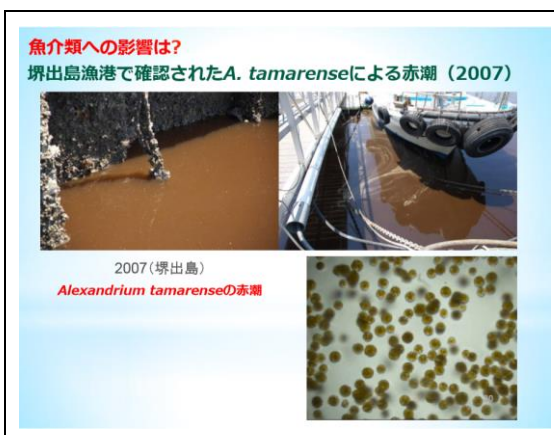


おそらく香川県の人にはこちらの方が、興味があるかと思うのですが、大阪湾でアレキサンドリウムが赤潮になった時に魚介類への影響がありました。右下の写真のように顕微鏡の視野いっぱいアレキサンドリウム細胞のみという状態で、これが確認された漁港ではかなりの魚介類において斃死が確認されました。

表は論文から引っ張ってきたので、少し見難いのですが、写真は上からムラサキイガイの死骸とモクズガニの仲間の死骸です。下の写真のように海を見るとハゼとかが結構死んでいました。また、この赤潮の斃死で最も特徴的だったのはマダコです。マダコでは陸上で畜養しているものがあつたので、そこに赤潮海水を入れたのですが、赤かピンク色であつたマダコが真っ青になつて、そのまま死んでしまうという状況でした。

ここでは示さなかったのですが、赤潮海水を持ち帰り、アジなどで暴露試験をしてみました。香川県でも大きな被害を出したシャトネラの赤潮に暴露されると、ハマチなどはエラを開いて悶絶して死にます。ところが、アレキサンドリウム赤潮では死ぬ時に、非常に静かに死ぬという特徴的な状況が観察されました。斃死機構についてはまだ分かっていませんが、印象的な斃死の仕方であつたと思います。

次に「なぜ大阪湾で近年大規模に増殖するようになったか」ということについてお話しします。瀬戸内海では高度経済成長期と比べかなり水がきれいになってきたと思うのですが、近年逆に貧栄養化が進んできたという話をあちこちで聞くようになりました。大阪湾は、かつては瀬戸内海でもかなり富栄養化した海域でしたので、「そんな話はあるものか」と思っていたのですが、データを調べてみますと、この図のようになんかなり栄養塩濃度が下がってきています。大阪湾では初めが高かっただけに減少が激しく、上から窒素、リン、クロロフィルaの順に並べていますが、このように近年でもどんどん下がってきています。



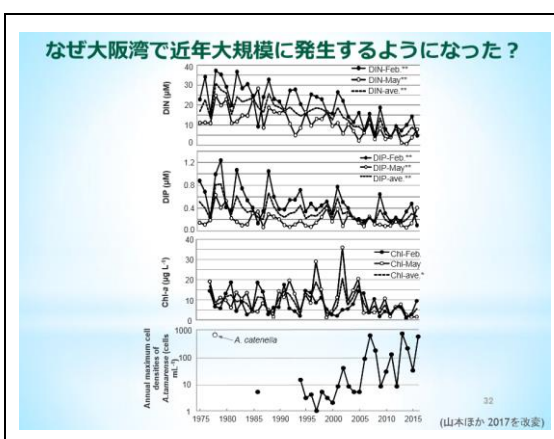
Alexandrium tamarense赤潮で斃死した魚介類（2007）

Class	Scientific name	Japanese name
Osteichthyes	<i>Pagrus major</i>	Madai
	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	Ichidai
	<i>Conger myriaster</i>	Maanago
	<i>Sebastes marmoratus</i>	Kasago
	<i>Lateolabrax japonicus</i>	Suzuki
		Suzuki (juvenile)
	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	Kurodai
	<i>Ditrema temminckii</i>	Unitanago
	<i>Seriola dumerilii</i>	Kanpachi
	<i>Pseudocaranx dentex</i>	Shimajiri
Crustacea	<i>Seriola quinqueradiata</i>	Buri (Hamachi)
	<i>Omobranchus fasciolatoceps</i>	Tosaka-giryo
	<i>Acanthogobius flavimanus</i>	Mahaze (juvenile)
Crustacea	<i>Eriocheir japonicus</i>	Mokuzugani
	<i>Alpheus lobidens</i>	Iso-teppouebi
Cephalopoda	<i>Octopus vulgaris</i>	Madako
Bivalvia	<i>Crassostrea gigas</i>	Magaki
	<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Murasakigai
	<i>Xenostrobus securis</i>	Kosoren-kawahibari
	<i>Petricola cf. lithophaga</i>	Usukara-shiotugai

20種類以上の生物で斃死を確認

(山本ほか 2009を改変)

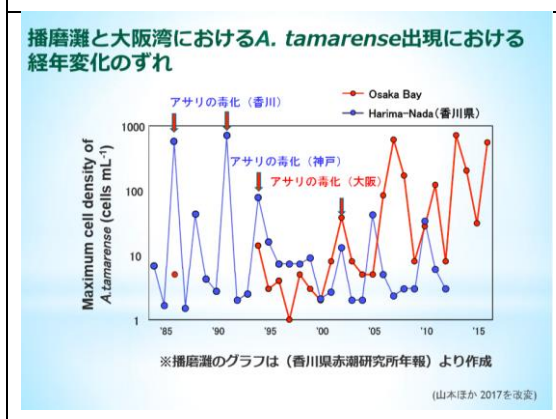
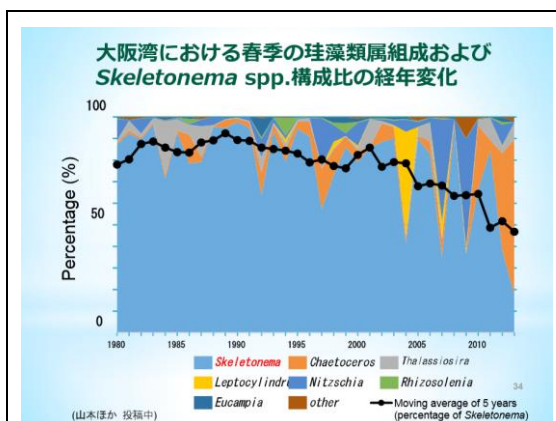
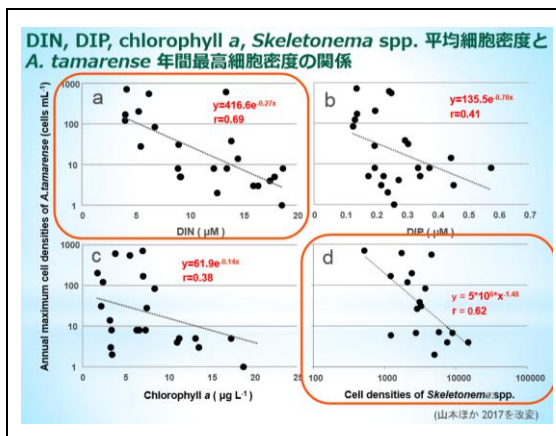
31



このグラフはアレキサンドリウムが出てくる春の時期の状況ですが、栄養塩の低下に反比例するかのようにアレキサンドリウムが出現してきていました。このように現象だけ見ると栄養塩がアレキサンドリウムの増殖に大きく影響しているように思えます。

それをグラフで示したのが、この図になります。左上から a、b、c、d の順で、窒素、リン、クロロフィル a と春のプランクトンの優占種である珪藻の一種であるスケルトネマの平均細胞密度とアレキサンドリウムの年間最高密度の関係を示したものです。これらのうち比較的高い関係性が見られたのは、窒素とスケルトネマの細胞密度で、近年のアレキサンドリウム細胞の高密度化に、窒素濃度の減少とそれに伴うスケルトネマの動態が関わっているのではないかと考えているところです。実際、春の時期の珪藻群集におけるスケルトネマの構成比を見ていきますと、2000 年ぐらいを境に、構成比率が少しずつ下がって行っており、近年、スケルトネマの優占度が低くなってきていることが分かりました。

実は大阪湾より先に麻痺性貝毒が大規模に増殖したのは香川県に接する播磨灘の方です。これは 1980 年代の後半から 1990 年代にかけてのデータですが、その頃に香川県でアサリが毒化した事例があります。グラフで示すとおり、香川県では大阪湾に先がけて貝が高毒化し、有毒プランクトンの増殖規模も大きかったことが判ります。ところが香川県では 2000 年代ぐらいから、有毒プランクトンはそれほど高密度に出なくなり、対照的に、大阪湾で発生するようになってきたという状況が確認されております。

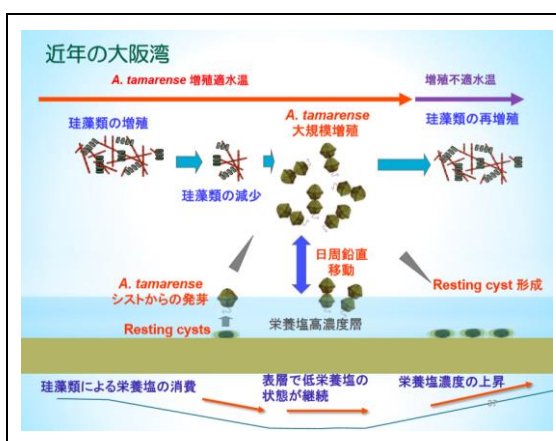
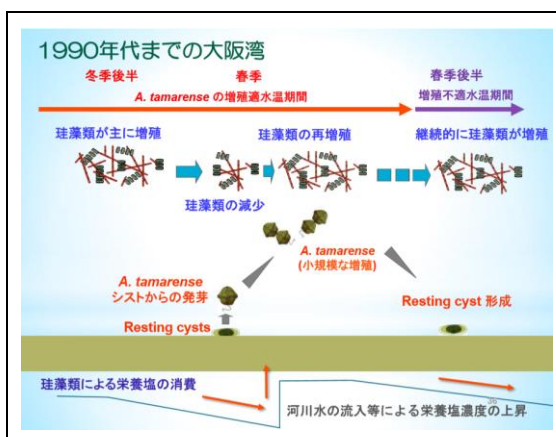


このような状況を考慮して近年の大阪湾における大規模増殖の原因を考えたのが、このポンチ絵になります。大阪湾では春季にまず増殖するのは珪藻類です。珪藻類が増殖すると栄養塩を使いますが、栄養塩が減ってくると、珪藻も減少します。しかし、1990年代ぐらいまでの大阪湾というのは栄養塩レベルが高く、河川等からすぐに栄養が補給され、栄養が補給されると珪藻は再び増殖していました。結果的に大阪湾では長期間にわた

って、珪藻類が増殖するという状況であったと考えられます。そのような中にアレキサンドリウムのような渦鞭毛藻が出てきても、珪藻に増殖を抑制されて、小規模な増殖にとどまっていたと考えられます。そのような状況が続くうち、水温が増殖に適した水温から不適な水温になるとシストを形成して消滅します。そのため、かつての大阪湾でほとんどアレキサンドリウムによる毒化が問題にならなかったのではないかと考えています。

ところが、近年は珪藻が増殖して、栄養塩を使ってもそこから先の栄養の補給がかつてほどない状況になっています。アレキサンドリウムのような渦鞭毛藻の特徴として、先に紹介した日周鉛直移動をしますのです、これによって底層付近の栄養塩を摂取することができます。ですので、上層でしか栄養塩が取れない珪藻と比べても、アレキサンドリウムが栄養を確保する確率が高くなります。このようなメカニズムで、珪藻の減少が近年の

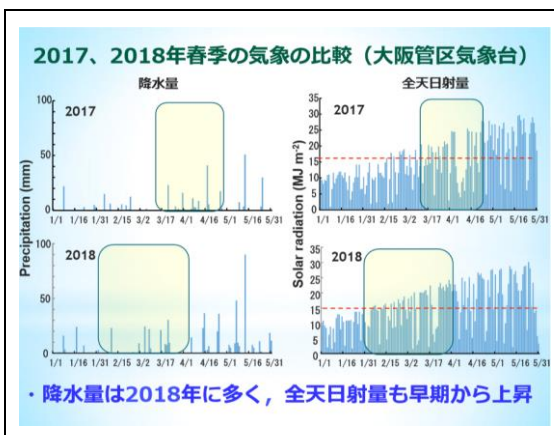
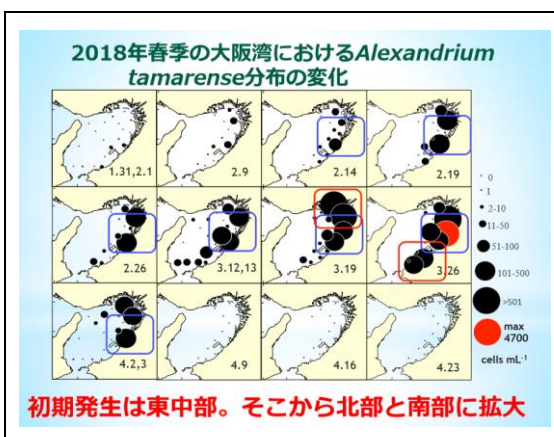
アレキサンドリウムの大規模発生に大きな影響を与えているのではないかと考えられました。すなわち、香川県で大阪湾より早い時期にアレキサンドリウムが出なくなったということは、大阪湾より先にこのような環境状態になり、その後現在言われているような珪藻すらも増殖しないというような低い栄養塩レベルになってしまったことによるという可能性もあるのかもしれません。これについてはまだ、検討の必要があると思うのですが、仮説として考えられるということです。



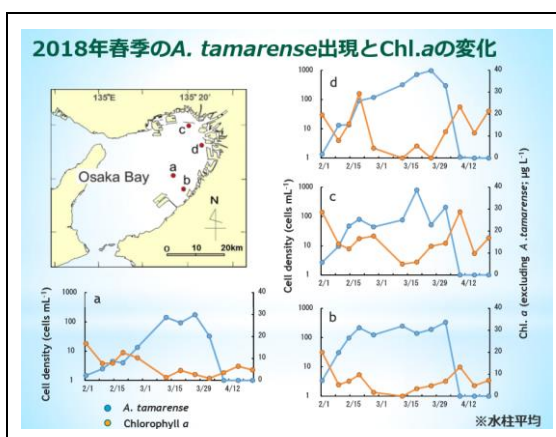
さて、以上で、私がお大阪湾でこれまでに行ってきた話は終わりにして、次に今年の麻痹性貝毒原因プランクトンの発生状況に話を移したいと思います。最初に申し上げましたように、今年は東部瀬戸内海域のかなり広い範囲で貝毒の問題が起きました。これを時系列に見てみますと、まず大阪湾が2月初めから中旬ぐらいに発生し、その後紀伊水道に広がって、最後に播磨灘に広がったというような感じになります。このような広範囲の発生の中で、大阪湾や播磨灘では魚類の斃死も確認されています。

それでは、大阪湾における発生の経緯をお話します。先ほどと同じように、今度は時系列でアレキサンドリウムの増殖パターンを見てみますと、今年初期の増殖は、先ほど述べた2つのパターンのうちの1つ目、すなわち東中部沿岸域で発生したパターンにあたりました。それが北部や南部に範囲を広げて行ったというのが今年の特徴です。

次に、環境はどうであったかということですが、まずは、降水量について示しました。今年の状況が分かりやすいように2017年と2018年を比較してみました。降水量は2018年に多くて、全天日照量と日照時間も、早くから上昇していたというのが特徴です。まだ解析の途中ではありますが、降水量が多い時は淀川の出水が結構ありますので、淀川河口の発生は抑えられると考えられます。すなわち河口域での増殖が抑えられたがために、東部でまず増殖が進んだのではないかと考えられます。

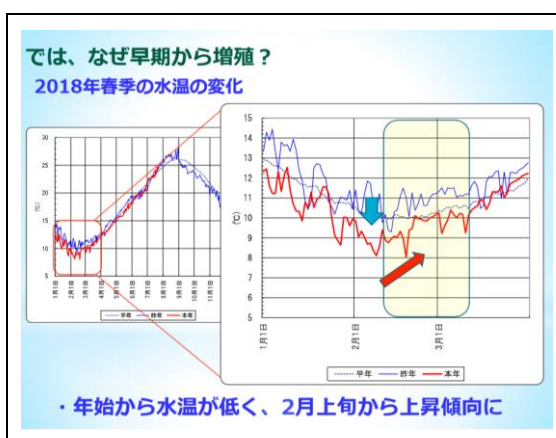


増殖時の競合種との関係を見たのがこのグラフになります。今年、特にアレキサンドリウムが多かった場所は、このaやbといった関空北部の海域でした。各グラフの青線がアレキサンドリウム細胞密度、赤線が他のプランクトンを表すためのクロロフィルaの値になります。ここで示すクロロフィルa量は全体のクロロフィルaからアレキサンドリウム分のクロロフィルa量を引いた値で示しました。これを見ていただければ分かりますよう



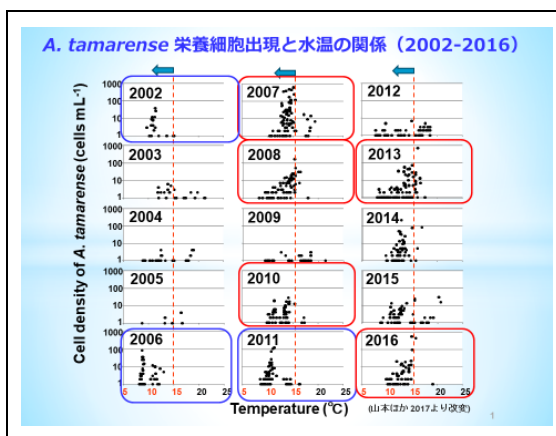
に、他のプランクトンが減少したタイミングで、アレキサンドリウムが高密度になっているということで、これまで説明してきたような珪藻との競合が今年も観測されたとと言えるでしょう。

また、今年の発生の特徴として例年より早期の増殖があげられます。「なぜこんな早い時期から」を考えるため、今年の春季の水温の変化を、大阪環境農林水産総合研究所のある岬町における定置水温データで見てみました。もう1年前の話ではありますが、今年の春は年明けから非常に寒かったということを記憶しておられる方もあるかと思います。この黒い線が平年値の推移ですが、これと比べて去年の年末から本年年始にかけて



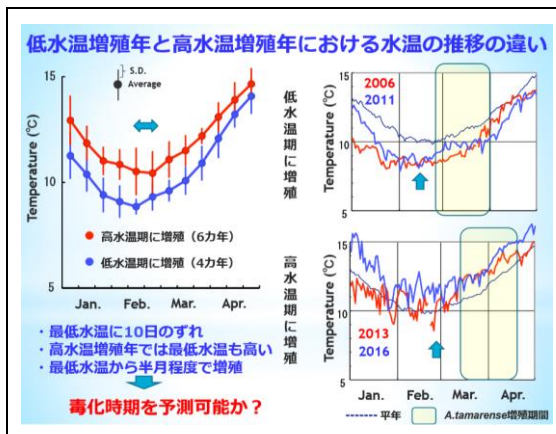
かなり低い水温で推移しており、2月の下旬ぐらいまで平年を下回ってどんどん低下してしました。その後、例年であれば2月の下旬ぐらいに最低となって、3月の中旬頃から水温が上がっていくところを、今年の春は、2月の下旬ぐらいに最低となった後上昇するという傾向が見て取れました。

ここで、アレキサンドリウムの栄養細胞の出現と水温との関係を再度見ていきたいと思います。先ほどもお見せした図なので、繰り返しになりますが、本種は15℃以下のところで出現し、15℃を超えると増殖がほとんど無くなります。ただし、増殖のピークとなる水温を見てみますと、このように10℃前後でピークを迎える年と、15℃前後でピークを迎える年がありました。この青で囲っているのは



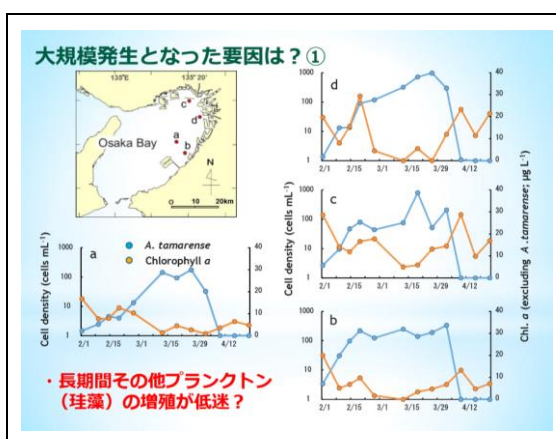
10℃付近で出現した年であり、低水温出現期であることを示します。一方、この赤で囲ったのは 15℃前後で出現した年であり、高水温出現年としてそれぞれまとめて整理してみました。

高水温期で増殖した年は、6 年間だったので、これら 6 年間につきましては全体的に水温が下がるのも遅く、水温の上昇に転じたタイミングも遅いという傾向がありました。一方で、低水温期の増殖年はその年でもかなり低い水温まで低下し、上昇に転じたタイミングも早いという傾向がありました。代表的な年として 2006 年、2011 年を低水温期、2013 年、2016 年を高水温期の増殖として示したのが、この右側のグラフです。低水温期の増殖年は



いずれの年も同じように、水温がかなり低いところまで低下しています。黒線が平年値で横線が 10℃のラインですが、いずれも 10℃以下まで低下していました。一方、高水温期での増殖年になると、10℃を切ることなく 3 月の下旬から 4 月の月上旬に上昇したことが分かります。それぞれのアレキサンドリウムの出現時期を見てみると、この低水温年でも、高水温年でも最低水温からだいたい半月から 1 ヶ月後でした。すなわち、それぐらいのタイミングで増殖するということが、今年の結果から推測されました。現在こういう低水温年と高水温年の出現の違いを利用して、毒化時期が予測可能ではないかと考えているところです。来年の状況を予測するとして、今から言うの大それたことになるかもしれませんが、暖冬と言われているので、水温が下がりそうにないということであれば、発生自体は遅いかもしれないと考えております。外れたら「ごめんなさい」ではありますが。

今年の春は早期発生であったことに加えて、非常に大規模発生となりました。状況証拠的にとどまるのですが、この大規模発生になった要因についてもいくつか考えてみました。ここに、先ほど示した同じ図を再度示しました。どうも今年は珪藻類などを含むその他のプランクトンの増殖レベルが低く、勢力が弱かったようです。あくまでも大阪湾ではそうだったということですが、また後で他の県の方にも情報・ご意見等をお伺いできればと思います。一つの要因として競合種の状況が今春のアレキサンドリウムの大規模増殖に繋がったのではないかと考えているところです。

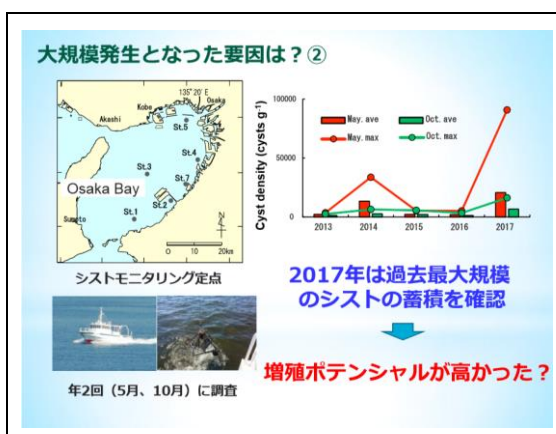


さらに、このグラフは近年のシストのモニタリング結果になります。ここには 2013 年以降の結果を示しました。2017 年のシスト密度は、過去と比較しまして最大規模であったことが確認されています。赤が 5 月で、緑が 10 月のシスト調査の結果です。5 月の段階で 1g 当たり 9 万ほどのシストが存在していました。これを泥の比重から計算して 1cm³ 当たり直すと、10 万を超える密度であったということで、世界記録ものだと他の研究者から

指摘されました。それぐらい大阪湾の泥に蓄積していたことになります。10 月の段階でも他の年と比べると、おそらく 5 倍から 7 倍ぐらいのシスト密度であり、シストの高密度というのが、この今年の春の大発生の要因の一つになったのかもしれない。

以上、大阪湾での発生の研究事例と、今年の発生状況をご紹介させていただきました。まとめますと、大阪湾における有毒プランクトンの厄介なところは、春の二枚貝の値段が非常に高い時期に発生することです。アカガイ、トリガイというのは 2 月、3 月というのが大阪湾では年間で最も単価が高くなる時期でありますし、5 月まで発生が続きますと、ちょうど潮干狩りのシーズンに当たるということで、潮干狩りの営業もできなくなってしまいます。来年も起きる可能性がありますし、先ほど言いましたように来年発生が遅くなると、潮干狩りのシーズンにまともにぶつかりますので、今から対策を考える必要があると思っています。

大阪湾の事例からは、競争相手である珪藻類がない時に増殖して、低い密度でも貝を毒化させますし、多い時には魚介類を斃死させることもあるということで、有毒・有害、両面におきまして、かなり厄介なプランクトンであると考えます。今年の春の大阪湾での大規模増殖は前年のシストの密度が最大だったこと加えて、珪藻ブルームが長期間低調であったことなどによると推定しました。競合種の部分でなんとか対応しようということで、来年の春には海底耕運で珪藻を起こすような事業も現在計画しているところです。うまくいくかどうかは、やってみないと分からないところがありますが、対応策としてそういうことを考えているところです。



大阪湾における有毒性貝毒原因プランクトン *Alexandrium tamarense* の生態と平成30年春季における大規模増殖について

ま と め

- ・春の二枚貝の価値が高いときに発生
- ・競争相手である珪藻がないとき増殖し、少なくとも貝を毒化、多いと魚介類を斃死させることも。
- ・平成30年春季の大阪湾での大規模増殖は前年のシスト形成が最大規模であったこと、長期間珪藻ブルームが低調であったことなどの要因によると推測。
- ・今年広範囲で増殖したことにより、瀬戸内海東部での発生リスクは高くなった可能性がある。

また、今年はかなり広範囲で増殖しましたので、瀬戸内海東部のあちこちでシストが形成されたと推測されます。ですので、今までと比べると播磨灘における発生リスクが高くなった可能性があるということで、播磨灘の方でもできればシストがどれくらい生息しているか調べてみていただければと思います。

以上で発表を終わらせていただきます。ありがとうございました。



[本城]

どうもありがとうございました。長期間にわたるデータの解析と、昨年のデータに基づくアレキサンドリウムのホットな情報をありがとうございました。皆様方から質疑、質問をいただきたいと思います。どうぞ、挙手をしていただき、所属を述べていただいてから、質問をしていただきたいと思います。

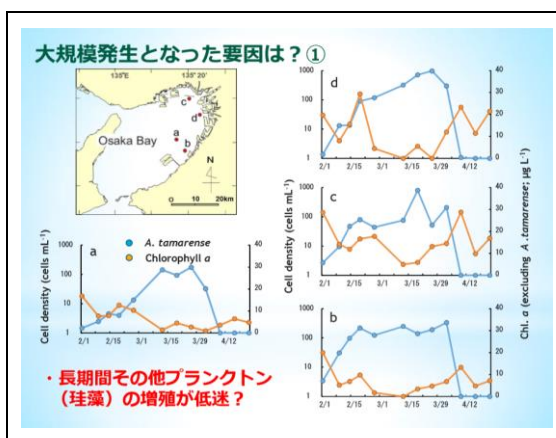
[一見様]

瀬戸内圏研究センターの一見と申します。たいへん面白い話をありがとうございました。お聞きしていて、「きっとそうなのだろうな」と思いました。

お聞きしたいのは、珪藻が少ない年、あるいは少ない時期にアレキサンドリウムが増えやすい状況にあるということでした。それは珪藻が栄養塩を消費してしまうからでしょうか、あるいはアレロパシーといったものが関係しているのでしょうか。何がそうさせているのか、お考えをお聞かせいただければと思います。

[山本]

可能性としては両方ともあると思います。生理的な特性として栄養が低下すると、すぐに落ちてしまうのが珪藻類です。珪藻類が減衰すると競争が起きませんので、アレキサンドリウムは増え放題ということになります。今年の事例で、先ほどお見せしたこのグラフでは、水中当たりの平均値でクロロフィルが少ないとき、アレキサンドリウムが多くなるというきれいな結果となりました。一方、表層のデータを見ると、比較的高い密度で珪藻類がいる定点もありましたが、そういう点では珪藻の中にも混在するものの、その少し下層にアレキサンドリウムがいるような状況にありましたので、アレロパシーが関係しているというよりも、棲み分けをしているという感じもありました。大阪湾で増殖が確認され始めた頃には本当に何もいない中でアレキサンドリウムが発生したのですが、今年の大規模



発生時に関して言いますと、同時期、同所的に両者が存在していて、鉛直的に棲み分けをしているというところがありました。現時点では棲み分けとアレロパシーの両方の可能性を考えているところですが、後者の可能性を明らかにするには、2者培養すればはっきりした答えが出ると思いますので、今後検討していきたいと思っていますところでは。

[本城]

その他に、ございませんでしょうか。

[栩野様]

香川県水産試験場の栩野と申します。非常に細かいデータを積み上げられて、本当に勉強になりました。ありがとうございました。

今年、香川県も含めて、播磨灘全体でかなり広域に出たということですね。私らもこれほどの広い範囲の規模の発生があまりなかったものですから、行政の方も含めて、戸惑いながら進めていったという状況でした。発生が潮干狩りの時期であるという話でしたが、一般の方への対応として、「危険性をどういう形で伝えておられるか」。香川県では、新聞で報道するしかできなかったものですから、もし何かあれば、教えていただきたいと思っています。

[山本]

はい。大阪府も一般への対応としては、ほぼ同じです。発生した時にはまず報道提供を行って、新聞等で報道してもらいます。さらに、一般の方が貝を獲りそうな場所は分かっていますので、そこに看板を立てることで注意喚起を行っています。それに加えて、水産課の人などが定期的にパトロールを行っています。パトロール中に貝を獲っている人を見かけた場合「ちょっと採るのは待って下さいね」と注意するような対応もしています。いろいろな県の人に聞くと、水産がやるのは基本的には漁業で獲っているものであって、遊漁は対応する部局が決まっていないということをよく聞きますが、大阪府では衛生部局で遊漁対策をしており、アサリは衛生部局の担当です。一方、漁業で獲っているアカガイ、トリガイ、ヤマトシジミにつきましては水産課というように分けています。ただ、ヤマトシジミが漁獲されるのは河川内ですから、国交省の河川事務所が看板を立てることになっています。このように、可能な限りいろいろな部局で協力して対応しているのが、大阪府域の状況であります。ここまで来るのには、だいぶ苦労したところもありまして、最初のうちは「どこがやるのか」から始まり、押し付け合いのところもあったのですが、今はこのように落ち着いているところですね。

[栩野様]

このような対策に落ち着くまでに、講師も含めて合同会議をするようなことはあったのでしょうか。

[山本]

初期の頃は、春に1度は集まって会議をしていました。国交省では、例年、3月は雨が非常に少なく、河口堰からの放水がない時期になります。そういう条件下だと、まずアレキサンドリウムが発生するのが淀川の河口域になります。それは湾の奥の方が浅く、水温の上昇がより早いので、タイミング的には河口で早く発生するためです。国交省は流量や水質を常にモニタリングをしていますから、そういう状況になりそうな頃に、会議が設けられて、状況を確認し、「今年どうします」という話をする機会が何年間かありました。

[栩野様]

どうもありがとうございました。

[本城]

他にございませんでしょうか。

[樽松様]

BHNテレコムの樽松と申します。全く門外漢の質問になるかと思いますがお許してください。実は昨日のテレビで、最近、南伊豆で海藻がほとんど食い荒らされて無くなったと報道されていました。その原因がウニだということです。それで、ウニを割ってみると、身が真っ黒で、食べられるものではなかった。そこで、南伊豆の漁師が非常に困って、どうしてそうしたのか「いきさつ」は分からないのですが、三浦半島で作っているキャベツを、そのウニに食べさせたところ、あっという間にウニがキャベツをバリバリ食べて、食べた後のウニが、すごく立派な黄色い食べられるウニになったというニュースが放映されていました。「こんなことも、海の中で起きているのだなあ」と知って、非常に驚きました。「最近、温暖化現象かどうか分かりませんが、何かいろいろと変化しているのだなあ」と言うふうに感じました。ウニがどうしてそういうふうになったのかという原因は全く分からないのですが、そんなニュースがあったということを、おもしろいと思いましたもので。

[山本]

ありがとうございます。私も昨日のニュースでそれを観ました。大阪湾では、昔、海藻なんて何もしなくてもどんどん生えてきたのですが、栄養塩の低下などで海藻が生えなくなっています。大阪湾の南の方では春の時期でもワカメが採れないほどの低栄養塩になっています。大阪湾の一番の問題は、河口にはまだ栄養塩があるのに、南部の方では非常に少ないという栄養塩の偏在化です。先日テレビの取材が来まして、そういう話をしたところです。この問題をどうするかは、また別の話で、南伊豆と同じような問題が各地にはあるのかなと思います。

[本城]

はい。山口先生。

[山口様]

香川大学農学部の中口です。2つ質問があります。1つがシストの密度のことです。「最高細胞密度のトレンドとはちょっと合わないな」と思ったものですから。シストの経年分布を見させていただいて、シストの高低を決める要因というので、お考えを教えてください。

[山本]

そこに私もかなり興味を持っています。今年大発生したと申し上げましたが、実はもう既にシスト調査を済ませています。ところが、シストは去年より少ないのです。シストの形成はある程度段階を経ることによって起きます。具体的には栄養塩の極端な低下のような「栄養細胞が自分の増殖に不適だな」と感じた時期が長く続けば、そのタイミングでシストが形成されます。ところが、今年の栄養細胞の落ち方を見ますと、4月の中旬ぐらいまで1 mL 当たり数百細胞いたのが、その次の週に0にはなっていました。ですから、今年については環境の急激な変化でシストを形成する間もなく消滅してしまったということが可能性として考えられます。そこで、何があったかを頑張って探してみたいのですが、まだ見つけれられていません。環境モニタリングの中で取得していない何らかの変化要因が、その栄養細胞の減少に関係したのではないかとということで、来年「どのような調査をしようか」と考えているところです。会場の皆様からもぜひお知恵をお貸しいただければと思います。

[山口様]

ありがとうございます。それから、もう1点です。富栄養化の行き道と帰り道がありますが、なぜ帰り道だけアレキサンドリウムが出てきたのでしょうか。それと関連しているのではと思いますが、80年代以降の珪藻の種類組成を丹念に調べられていらっしゃるんですが、30年代、50年代、60年代と、散発的ではあっても富栄養化へと進行している「行き道」の時に、ネット引きではなく、直接顕鏡した珪藻類の種類組成データがあると思います。行き道の時の珪藻類の種類組成と、富栄養化の「帰り道」の時の珪藻類種類組成にもし違いがあったりするかどうかの情報をお持ちでしたら、教えていただきたいですが。

[山本]

アレキサンドリウムの栄養細胞の出現状況を過去の担当者に聞くと、過去にも見たとの回答でした。ですので、アレキサンドリウム自体は昔からいたかと思うのですが、種類としては少し曖昧でして、しっかりと分類されていたのかどうか分からないということです。過去の状況を探るため、今年1m ぐらいの泥のコア（柱状採集物）を入手しました。このコアを

年代測定した上で、シストの出現状況を見ていきたいと考えています。それまで有毒種がいなかった湾に、例えばカキの移植などで有毒種が入って来るというのは、過去にも報告があります。大阪湾でカキ養殖に取り組むようになったのは近年になってからですので、そのことでアレキサンドリウムが持ち込まれたかもしれません。であれば、富栄養化の行き道では発生しなかったブルームが、帰り道で起きたということもあるかもしれないと思います。珪藻につきましては、その富栄養化の過程におけるデータというはまだ確認出来ていないところがありますので、ご意見を参考にさせていただきまして、詳細に見ていきたいと思います。また、よろしくお願いします。

[山口様]

はい。ありがとうございました。

[本城]

他にございませんでしょうか。少し時間が余っております。

[宮川様]

香川水試の宮川です。詳しい説明どうもありがとうございました。少し気になったことがあります。瀬戸内海で栄養塩が減っているという中で、近年、貝毒がかなり顕著に増えているという状況を理解するのに、今回は無機栄養塩の話をしていただきましたが、無機栄養塩以外の形態の栄養物を利用している可能性はあるのでしょうか。

[山本]

アレキサンドリウムにつきましては有機体のリンも使います。ですので、無機態だけで論じるのは少し乱暴ではあります。しかし、量的には圧倒的に無機態の栄養塩の利用が多い状況であるというところはあります。珪藻は有機態の栄養塩を使えませんので、有機態リンは確かにこのアレキサンドリウムの増殖動態にかなり関係している可能性があります。この10年ぐらいで、ようやく有機態リンなどが精度高く測れるようになりましたので、これからこれらのデータも検討の対象にしていきたいところです。

[宮川様]

ありがとうございます。香川県も現在それが測れておりません。ですから、こういう情報は非常に貴重な知見になっておりますので、よろしくお願いいたしますと思います。

[山本]

こちらこそよろしくお願いいたします。

[小川様]

香川水試の小川です。香川県でアカガイには養殖と漁船漁業がありまして、アカガイの毒がなかなか抜け難いのですが、これに関する知見があれば教えていただければと思います。

[山本]

アカガイにつきましては、各地で同じような事例が報告されていまして、大阪府で測っているアカガイにおいても、今年は9月下旬ぐらいまで規制値を下回りませんでした。徳島県では結局現在まで毒が抜けずに、今でもまだ5MU/gぐらい残っている状況です。先日、東北の状況も聞いてみましたが、仙台湾でも抜け難かったそうです。以前、アカガイとトリガイの内蔵と筋肉とその他等に分けて、部位別に毒を調べてみたところ、トリガイではほとんど中腸線といいますか、内臓に毒がありました。その一方で、アカガイは筋肉にかなり毒を貯めていました。筋肉に毒が移行してしまうと、毒が抜け難くなることに加えて、貝の体の中で毒の変換が生じて弱毒成分が強毒成分に変わります。こうした強毒成分への変換もあって、マウス試験で出てきた値がなかなか下がらないということがあるようです。

もう一つの可能性として考えられるのが、泥にたくさんあるシストを食べているのではないかということです。今年はシストによる毒化試験を行い、現在、分析をしているところです。結果が判明すれば、また紹介したいと思います。ただ、どちらが重要かと言われますと、やはり前者の方で、徳島県で今年の春に毒化したアカガイを継続して追跡してみたそうですが、自然海水にアカガイを吊るしていたというだけなので、シストの摂食の影響はないと考えられる中、直近の測定でも毒が抜けてなかったということですから、やはり貝自身の持つ特性というのが大きいかと思います。現状で毒がまだ残っていますから、アカガイについては、来年、少しでもアレキサンドリウムが発生するとすぐに規制値を超えと考えられます。ですから、アレキサンドリウムが低密度に発生した場合でも十分に注意をして頂ければありがたいです。貝の特性として、アカガイは「溜まり難くて抜け難い」部類の貝に属します。このように抜けなかった貝で毒がとどまっている状態だと、少しのアレキサンドリウムの発生であっても、その細胞を摂食するとすぐに規制値を超えてしまいますので、そこを頭に入れて対応していただければと思います。

[小川様]

ありがとうございました。

[本城]

はい。香川県の藤原様。

[藤原様]

面白い発表ありがとうございます。単純な質問で済みませんが、配布資料の中に麻痺性貝毒の蓄積が確認された貝種という表があります。この中で、クチバカイとコシダカガンガラ、この2つが入っています。クチバガイは産業種なのかどうなのか。コシダカガンガラについては付着珪藻を食べるものだと思いますが、規制貝毒との関連性という点を教えていただきたいのがまず1点です。

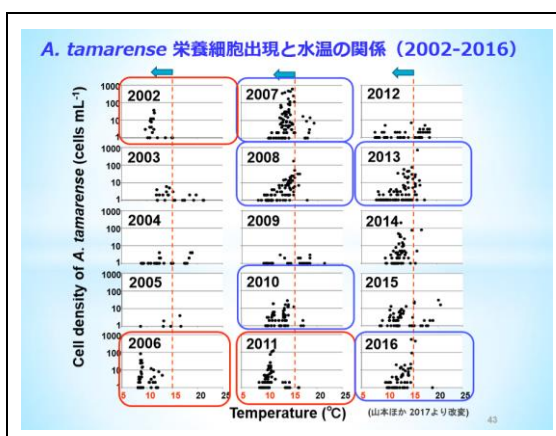
一方、後半の方で低水温増殖年と高水温増殖年における水温の推移の違いで、6カ年と4カ年に分けてグラフ化されていましたが、その前のシートを見たら5年と3年になっていて、実際、6年、4年というのは、どこの年度を拾っているのかを教えていただけたらと思います。



[山本]

まず、クチバガイですが、これは公衆衛生研究所の人が研究で測ったもので、産業には全く関わっておりません。ですから、獲った人もまず食べることはないので、注意するべき貝ではありません。しかし、ひとつの事例として、公衛研のホームページに出ている情報を引用した次第です。コシダカガンガラにつきましては、おっしゃるとおり岸壁とかに付いている付着珪藻を食べているはずなので、私達も「毒がどのようにして貝に入ってきたのか」は良く分からない状況です。未公表ですが、カメノテとかにも毒は確認されています。カメノテはプランクトン食者ですので公になっていないだけで、プランクトンを食べている生物は、ほとんど毒化されていると考えていただいて良いかと思います。

冷水年につきましては、2018年のデータが入っていますから4カ年です。一方、高水温期の6カ年には2017年が入っています。このグラフは論文から引っ張ってきたので、2016年までになってしまっています。データとしては2017年が高水温に、2018年を低水温発生年に入れて評価しているということです。

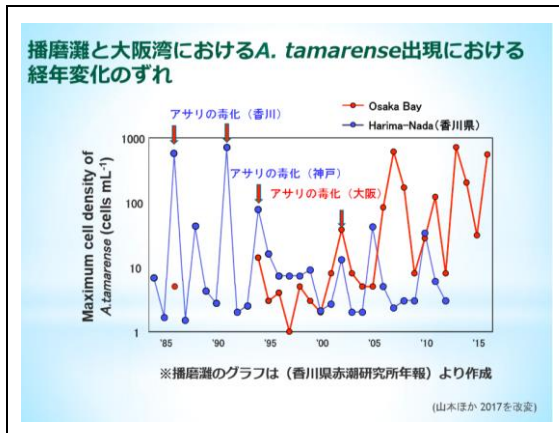


[藤原様]

ありがとうございました。というのも、結局旧暦の閏月が入る年とかで、予測ができれば、すごく簡単かなという思いがありましたものですから、資料を確認したかったわけです。ありがとうございました。

[本城]

私の方から質問です。播磨灘と大阪湾の図がありました。図には、昔、播磨灘では香川県資料に毒化の事例があるわけですね。その後、栄養は下がってきています。それよりもさらに栄養塩が下がり始めて出なくなっていますよね。そうであれば、現在、昔の発生していたころの播磨灘の栄養塩レベルに大阪湾はあって発生している。将来、香川県のように出なくなるようになるのでしょうか。それから、今年、香川県でアレキサンドリウムが発生して貝が毒化したのですが、それはどのような原因が考えられるのでしょうか。



[山本]

まず、1つ目ですけれども、この発想の原点は、多田先生と行った植物プランクトン群集と栄養塩の関係の共同研究にあります。洞海湾、播磨灘、大阪湾の3海域で比較して、栄養塩レベルと植物プランクトンの群集構造の変化を3年間にわたって共同研究させていただいた結果、播磨灘、大阪湾、洞海湾の順に栄養塩のレベルが高く、植物プランクトンの群集構造は播磨灘、大阪湾、洞海湾の順番に変化していました。具体的に言うと、かつて栄養の高い順に、何もいない状態から始まり、スケルトネマ主体の群集、それにヘテロシグマ等が出現する群集、スケルトネマからキートセレスに交代する群集ということで、それぞれ栄養塩レベルによって群衆の優占種が変わるという報告が公表されています。現状の大阪湾が10年ぐらい前の播磨灘に非常に近い状況にあり、その時の播磨灘の群集は、渦鞭毛藻とかヘテロシグマでした。つまりこれらが発生しているような栄養レベルだったのではないかと思います。現状の播磨灘は無機三態窒素で $5\mu\text{M}$ を下回るようなレベルになっていて、ほとんど何も発生しないという状況にあります。その時代の栄養レベルと植物プランクトン群集交代の解析ではそうだったのですが、この先にアレキサンドリウムの出現が来るのではないかということを、別の報告で出させてもらっています。「大阪湾の栄養がこれ以上下がった時にアレキサンドリウムが出現しなくなるかどうか」は、今後注目していきたいところであります。

[本城]

播磨灘にまた出て来ましたよね。それはどういう原因と思われますか。

[山本]

もちろん、発生にはアレキサンドリウムの初期個体群が必要でありまして、昔の発生から播磨灘ではほとんど発生しなくなったのは、納得のいくところです。今年（2018年）の状況は先ほど図で示したとおり、時系列的には完全に大阪湾から始まり紀伊水道に下り、その後播磨灘へ発生が移っている状況になっていますので、大阪湾から一部のアレキサンドリウム個体群が播磨灘へと移動して増殖した可能性が考えられます。ただ何かの会議で、兵庫県の知事が「兵庫県は大阪府から全部もらっている」と言うような話があったらしく、それを大阪府の環境部局から聞いて、そこまではすべてではないのではという話はしています。播

磨灘にもシードがあれば、ある程度の増殖が認められてもよい環境であるかとは思いますが。また現場の増殖だけではなく、物理的な集積もあるでしょう。ただ、今年につきましては、起源は確かに大阪府かと推測しています。大阪湾から流入した個体群から各海域である程度の増殖があって、広範囲に拡大したのではないかと考えています。結果として、また種となる個体群が各海域に補給されてしまいましたので、来年以降、同時期にシストから同じように発生する可能性がありますので、モニタリング等で注意していただければと思います。

[本城]

大阪府には聞きづらい質問をしてしまいまして申し訳ありませんでした。それでは時間になりましたのでここで山本先生の講演を終わりたいと思います。

