

# 日本沿岸域における内分泌かく乱化学物質の 生物影響 ～沿岸性海洋生物を用いた調査から～

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科  
環東シナ海環境資源研究センター

征矢野（そやの） 清

長江 真樹・高尾 雄二

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科  
附属環東シナ海環境資源研究センター  
Institute for East China Sea Research (ECSER), Nagasaki University



*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University*

1

本日は、日本沿岸における内分泌かく乱化学物質の生物影響について少しお話をさせていただきます。

私が内分泌かく乱の研究を始めたのはなぜかといいますが、もともと生殖生理学の研究を行っておりまして、特に成熟におよぼすホルモンの作用をテーマにしておりました。内分泌かく乱の仕事はしていなかったのですが、もうかれこれ17年ぐらい前になると思いますが、生殖生理学をやっている研究者がこういう分野の研究に関わらなくてはいけないということをおある先生から言われたことがきっかけです。もちろん内分泌かく乱物質の研究には、化学物質を測定する人たち、あるいは環境を浄化するための工学的な技術研究を行う人たち、毒性評価をするような方々が必要ですが、内分泌かく乱化学物質の多くが繁殖に影響を及ぼす物質であることから、繁殖生理の人間がここに関わる必要があるということをお言われました。これが、この研究を始めたきっかけです。

## 内分泌かく乱化学物質とは

- 人間が作り出した化学物質（人畜由来のホルモンも含む）。
- 生物の体内に取り込まれると、ホルモンと同じように振る舞う、あるいはホルモンの働きを阻害する働きを持つ物質。  
内分泌（ホルモン）系をかく乱する物質。
- 性ホルモンの働きを促進あるいは阻害するものが多い。特に女性ホルモン様の働きをするものが多い。  
生物の雌化や繁殖異常を誘導。

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University*

2

内分泌かく乱物質とは、先ほど来皆さんがお話なさっていますので、私の方から余り細かいことは申し上げませんが、我々が作り出した化学物質・・・その中には人畜由来のホルモンも含まれておりますが、そういった物質が生物に取り込まれると、ホルモンと同じように振る舞う、あるいはホルモンの作用を阻害したりする、そういう働きを持つ物質、つまり内分泌ホルモン系をかく乱する物質の総称です。

内分泌かく乱物質には様々な物質が含まれますが、これらはまた様々なホルモン様の働きをすることが知られています。その中でも性ホルモンの働きを促進あるいは阻害するもの、特に女性ホルモン様の働きをするものが多いということが知られています。そのために、生き物の繁殖に特に影響を及ぼすと考えられておまして、この視点からの研究が非常に多いわけです。

現在、様々な視点から研究が行われていますが、私がもともと繁殖生理の研究者だということから、繁殖に及ぼす内分泌かく乱物質影響ということをお話しさせていただきます。

先ほど鑓迫先生は、同じように生物への影響を見る研究をなさっているのですが、どちらかというと、ラボの中で化学物質を生物にばく露して、その影響を見るという手法をとっています。つまり、化学物質が生物に対してどういう影響を及ぼしているのかということを実験室の中で見ていこうというものです。私は、野外で起こっている異常現象、それが内分泌かく乱化学物質と関連しているかどうか、というところに視点を置いた研究を進めております。

## 内分泌かく乱化学物質汚染の実態調査の重要性

- これまで、プランクトン、貝類、魚類、大型海洋ほ乳動物、両生類、は虫類などを調査対象生物として、水圏における内分泌かく乱化学物質汚染の実態調査や関連研究が進められてきた。
- しかし近年、このような調査研究は減少しており、最新の汚染実態に関する情報は少ない。
- われわれは、海洋およびその資源をこれからも持続的に利用するために、継続して化学物質汚染の実態を調べる必要がある。

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 3

こういった内分泌かく乱の生物への影響評価は、プランクトンから魚類、大型海洋ほ乳動物、両生類、は虫類、様々な生物で行われておりまして、天然のフィールドから採集してきました、このような生き物に及ぼす化学物質の影響についても古くから調査が行われております。

しかし最近、このようなフィールド調査はだいぶ減少しておりまして、研究はメカニズム解明の方に向っております。もちろんメカニズムを調べるといことは大切なことですが、実際、我々が暮らしているこの環境の中で何が起きているのかという、天然のフィールドに目を向けた研究がまだまだ重要だと我々は考えております。

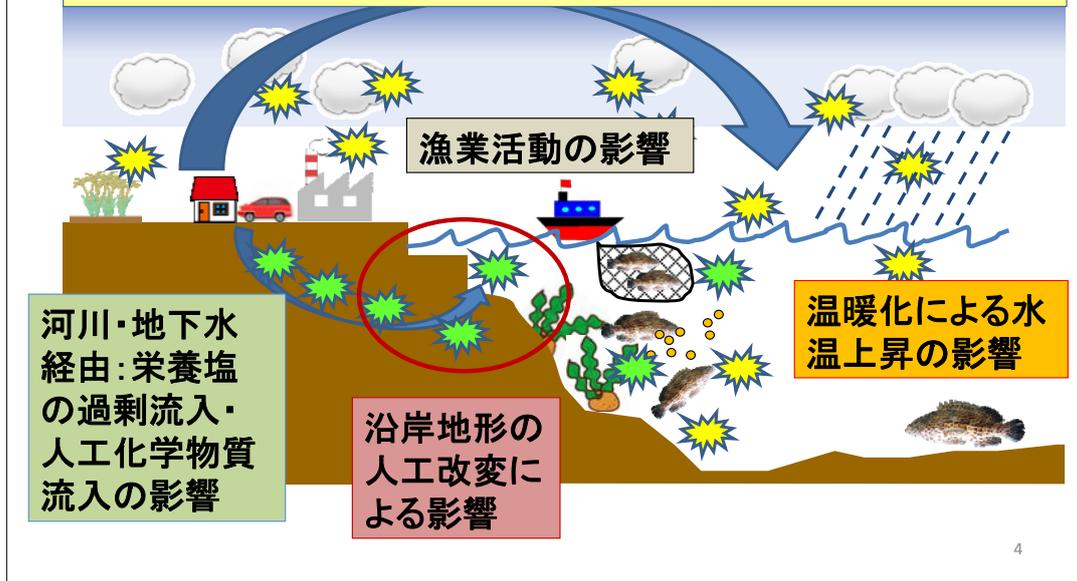
我々は、特に海に注目して研究を行っております。多くの化学物質は水の循環の中に取り込まれて、河川、湖沼、海洋に蓄積されていきます。化学物質は地球の物質循環系の中に乗って大気・陸域・水圏をぐるぐる巡りながら、最終的には水圏に蓄積されるわけです。海の中に生きている生き物あるいは川の中に生きている生き物、これら水生生物は、非常に性が不安定な生き物です。ということは、性に関わるような化学物質が大量に水の中に入っていったときに、水の中に棲んでいる生き物たちは特にその影響を受けやすいわけです。

また、我々は、海の中にいる生き物を食料資源として利用しているいます。化学物質によって海の中の生き物の性が乱されるということは、我々が海の中の資源を持続的に利用していく上で非常に重要な問題になってきます。このような観点からも、自然界の中で起きている化学物質の影響、特に繁殖に及ぼす影響、つまり次世代生産に及ぼす影響を持続的に見ていくことは非常に重要だと考えております。

そこで今日は、フィールドにおける研究の成果について少しお話をさせていただきます。

## 海洋生態系・海洋生物に影響を与える要因

大気経由:エアロゾル(人為あるいは自然由来の浮遊物質・・・微量金属・重金属・硫酸塩・溶存有機物・農薬・放射性物質・微生物・バクテリアなどを含む)飛来・降下の影響



本題に入る前に、今日は海の話をするので、海の生態系や海の生物に人間活動の影響がどのように関わっているのかについて説明いたします。例えば大気から降ってくる降水物をエアロゾルといいます。最近この研究が盛んに進められているのですが、大気の中に含まれて降下してくるものの中には、微量金属、重金属、栄養塩、農薬、放射性物質とか様々なものが入っています。こういうものが海の中に入ってくると、海の生物に影響を与えるということになります。と同時に、我々の生活の中から排出される様々な物質は河川水あるいは地下水を通して海に入り込んできます。栄養塩の過剰流入とか化学物質の流入といったものがそれになります。

さらに、人工改変による海的环境が変わりつつある、あるいは地球温暖化の問題によって海水温が変わりつつある。それに加えて、我々が生き物を捕って利用するという漁業活動、こういった様々な人間活動が海的环境に影響を与え、海の中に暮らしている生き物たちに影響を与えています。つまり生態系に全体に影響を与えているということになります。



そこで、今日の話は内分泌かく乱化学物質ですので、これらの物質が海の中に流入したときにどういことが考えられるのかということを考えてみたいと思います。これまでに内分泌かく乱化学物質が流入し、魚がそれを取り込むと生殖腺の発達に影響があるとか、あるいは成長の阻害が起こるとか、いろいろなことが報告されています。ただ、もっと広い視点で見ると、生態系全部にそれが影響してくるということです。

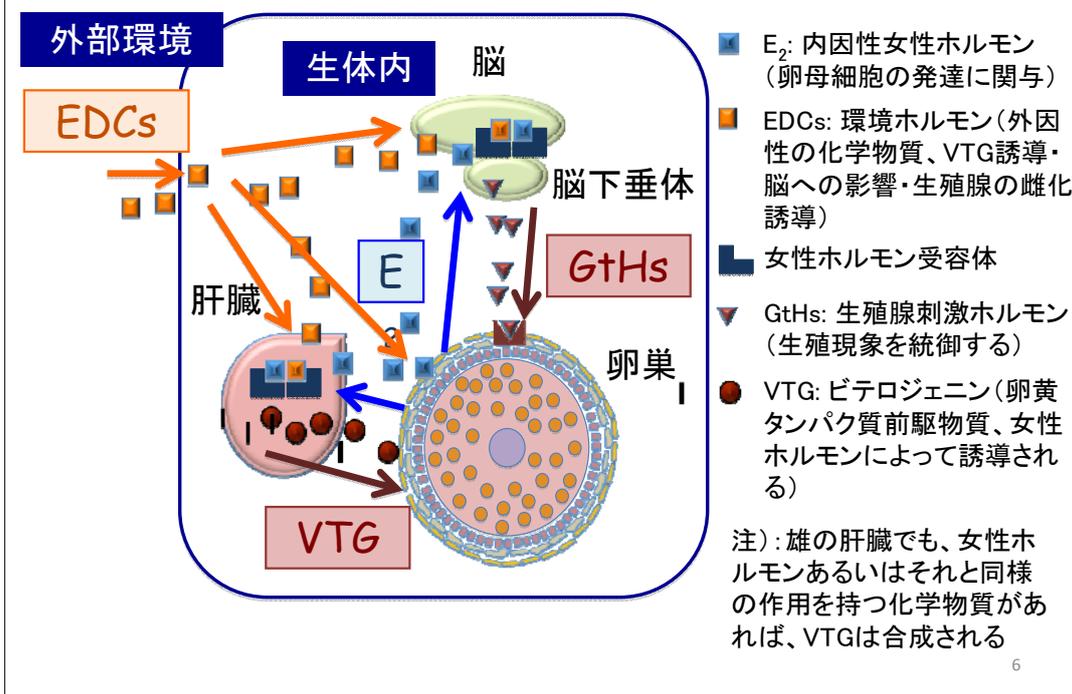
内分泌かく乱化学物質の話というのは、皆さん昔からお聞きになっていますし、生物種や生物の体内で起こる個別の影響については、本やインターネットなどに情報が載っています。今日はそういう個別の影響が、実は生態系全部につながっているのだという視点も含めて、これからの内分泌かく乱化学物質の話をお願いいただけると、内分泌かく乱化学物質の見方も変わってくると思います。

我々に回りにある化学物質が生態系にどのような影響を与えるかについて、考えてみます。農業などは一部は大地にしみ込み、河川水や地下水を經由して海洋へ流入します。また舞い上がった農業は上昇し、大気中に含まれます。工場などからの排気に含まれている化学物質も大気へ上がってきます。これらは降雨に伴い大気から降下し海の中に入ってくる。このような物質はどのようにところに影響を与えるかという、化学物質と一緒に流入する栄養塩とともに植物プランクトン、さらに動物プランクトンの増殖に影響をあたえる可能性があります。つまり一次生産といわれている、海の生き物たちを支える基礎のところにも影響します。化学物質は、例えば直接プランクトンの増減に影響することもあります。こういったプランクトンの中に取り込まれることもあります。そうするとどうなるか。プランクトンの増減は、それを餌とする小型動物も減るわけです。化学物質がプランクトンに取り込まれた場合には、生物濃縮という形で、食物連鎖を通して高次の生き物に伝播されていきます。化学物質は、直接生き物たちに影響を与えるのと同時に、食物連鎖の中で高次の生き物にも影響を与えているのだということになるわけです。

我々は海の中の生物をこれからどうやって持続的に利用していったらいいだろうか、あるいは安全な魚をどうやって確保していったらいいだろうかというときに、現在海の中で起こっているこういった化学物質の汚染の影響をきちんと知る必要があると考えるわけです。特に、繰り返しになりますが、女性ホルモンの働きをするような化学物質が非常に多いという話をしましたが、それはどういうことを意味するかといいますと、魚の性に影響を与えるわけですから、次の世代が残せるか残せないということに深く関係してくるわけです。

そこで今日は、魚類や貝、繁殖に及ぼす化学物質の影響を見ていきたいと思います。

## 内分泌かく乱化学物質の魚類の繁殖に及ぼす影響



話を戻しまして、魚の繁殖に及ぼす影響について少しお話をしていきます。これは魚類の繁殖に関わる環境やホルモンを图示したものです。魚は基本的に温度とか日長の影響を受けて繁殖をスタートさせます。つまり、卵を作ったり精子を作ったりすることを始めます。ブリ属の魚を例にとると、冬至から日長が長日になる刺激によって卵を作りなさいという指令が脳から体全部に伝達されます。その次に、水温が上昇することによって、今度は卵を大きくしなさいという指令が出ます。このようにして、その先2カ月後あるいは3カ月後の産卵期に向かって準備を進めていくわけです。

その場合、まず最初に、脳下垂体、これは脳の一部で、脳の下にぶら下がっている小さな器官ですが、そこから生殖腺刺激ホルモン(GnRHs)が分泌されます。そうすると、それは生殖腺・・・この図は雌について描いてありますので卵巣ですが、・・・に刺激を与えます。雄の場合には精巣です。GnRHsの刺激によって生殖腺で、性ホルモン(女性ホルモン・男性ホルモン)が合成されます。今回は女性ホルモンの話をしますので、雌の例をあげますと、エストロジオール17β (E<sub>2</sub>)といわれる女性ホルモンが合成されるわけです。E<sub>2</sub>と呼ばれる女性ホルモンは構造的には魚も人間も全く同じです。

これから内分泌かく乱化学物質の話ですが、この化学物質がこの女性ホルモンによく似ているということがポイントです。GnRHsの刺激によって女性ホルモンが出ます。これは血液を介して脳にも運ばれます。これを、フィードバックといいます。それによって脳から出るホルモンの調節します。また女性ホルモンは血液を介して肝臓に作用して、卵母細胞の発達に必要なタンパク質を作らせます。それが、鎌田先生のお話にもありました卵黄タンパク質の前駆体タンパク質であるビテロジェニンというタンパク質です。

これは、女性ホルモンの刺激で肝臓で合成されて血液の中に放出され、卵巣にたどり着きます。これが卵母細胞、卵のもとになる細胞ですが、この中に取り込まれていきます。卵母細胞に取り込まれた後、分解を受け卵黄タンパク質となります。イクラなどをつぶすと中からドロツと出てくるあのタンパク質です。母親から産み出されて受精した卵は、このタンパク質を使って大きくなっていきます。これはこどもたちの栄養として利用されます。我々人間は、母親から胎盤を通して栄養をもらいますが、魚は産みっぱなしですから、母親からもらったこの栄養で、自分の口で餌がとれるようになるまで暮らさなきゃいけない。そのタンパク質のもとになるのがビテロジェニンというタンパク質です。これは雌にとって必要ですが、雄には要らないわけです。だから基本的に雄にはないです。

さて、ここで内分泌かく乱化学物質が体内に入ってくるとうなるか。体の中に取り込まれて様々な器官に影響を与えます。当然脳にも影響を与えます。そうすると、生殖腺刺激ホルモンの放出が制御されたりします。直接卵巣・精巣に関わることもあります。雄の場合には、精巣の中に卵母細胞を作ってしまう精巣卵という異常を誘導することがあります。これは女性ホルモンの働きをする内分泌かく乱化学物質の仕業です。これら体内で起きる変化は、内分泌かく乱化学物質の構造が女性ホルモンとよく似ているので、女性ホルモンの受容体と結合してしまうことから始まります。メカニズムはこれだけではなく、受容体を介さない影響もあるのですが、受容体を介することが多いと考えられます。先ほど説明した雄の肝臓におけるビテロジェニンというタンパク質の合成もこのような受容体を介したものです。肝臓の機能というのは、雄雌の区別がないのです。女性ホルモンの働きをするものが入ってくれば、女性ホルモンが来たかと思ってビテロジェニンを作ります。とすると、きれいな環境、こういった女性ホルモンの働きをする内分泌かく乱化学物質がない環境では、雄からビテロジェニンというタンパク質はほとんど検出されないはずなんです。こくわすかには出てくる可能性があります。

では、釣ってきた雄の魚のビテロジェニンタンパクを測ったら、大量に検出されたとなれば、これはどういうことを意味しているのか、女性ホルモン様の働きをするものがなければこのタンパク質は出てきません。雄であれば、本来自分で女性ホルモンを大量には作りません。ということは、どこからか女性ホルモンの働きをする何らかの物質が入ってきて、雄の肝臓でビテロジェニンを作らせたということです。

そこで、ビテロジェニンがずっと以前から、女性ホルモン様の働きをする内分泌かく乱物質の影響を知るためのバイオマーカーとして利用されてきているわけです。

## ボラ・マハゼ・ムラサキイガイを用いた 内分泌かく乱化学物質の影響調査



マハゼ (*Acanthogobius flavimanus*)  
各地の河口域・沿岸域に広く分布しする。  
定住性が高いことから、生息環境の影響を  
受けやすい。



ボラ (*Mugil cephalus*)  
各地の河口域・沿岸域に広く分布し、底泥な  
どとともに有機物を摂取する。底質環境の影響  
を受けやすい。



ムラサキイガイ (*Mytilus galloprovincialis*)  
外来種であるが、現在は日本の沿岸域に広  
く分布。沿岸域の潮間帯上部に生息。内湾  
域に多い。固着生物であることから、生息  
場所の環境の影響を受ける。

Institute for East China Sea Research, Nagasaki University 7

次に、フィールド調査をするときに、何を使ってフィールド調査をしたらいいのかということです。先ほどの話にもありますが、調査の対象となる生物を選ぶということがすごく重要です。では、環境中にある内分泌かく乱化学物質の影響を見るのに、特に女性ホルモン様作用を持つ物質を見るのに何がいいかということなんですが、我々は1つとしてボラを選択しています。ボラというのは、各地の河川・沿岸域に広く分布していて、底泥などとともに有機物を摂取するのです。化学物質は、水だけではなくて底質の中に蓄積されていきます。蓄積された化学物質の影響を調べるのにボラは非常にいい生き物なんです。また、ボラは性分化が非常に長い。これはどういうことかといいますと、皆さんは生まれたときに遺伝的な支配によって、男性は男性、女性は女性にすぐ性を決定します。ところが、魚の性というのはすぐに決まるわけではなくて、中にはすぐに決まる魚もあるのですが、数十日間ぐらいは雄か雌かどっちになってもいいような状態が続く。ところがボラの場合には、約1年から1年半、雄でも雌でもない未分化という状態が続きます。こういう時期というのは、外から入ってきたホルモン様の化学物質の影響を受けやすいのです。ということからもボラというのは、内分泌かく乱化学物質の影響を見るのにいいモデル魚だと我々は思っています。

この他にマハゼ、これも河口域に生息していて、ボラよりも定住性が高いですから、これもいいモデル魚だと思っています。ただ、マハゼはそこにいるゴカイなどの生物を中心に食べますので、泥を摂取するというわけではないですが、いいモデル魚になるだろうと考えて使っております。

最後に話をしますが、今後新しい対象生物としてムラサキイガイ、これは外来種で、今の日本のほとんどの沿岸域に固着している、ムール貝ともいわれている貝なんですけど、これは岩場とか岸壁にくっついていきますから、移動がなく、生息環境の影響を知るには非常にいい生き物なんです。

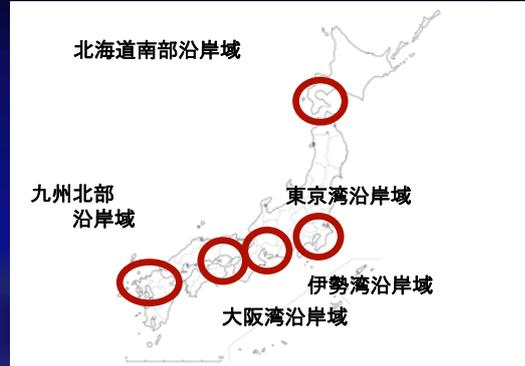
この3つを調査対象生物として研究を進めています。これからこの3つについて1つずつ例をご紹介します。

- ボラを対象生物とした内分泌かく乱化学物質汚染の実態調査
- マハゼを対象生物とした内分泌かく乱化学物質汚染の実態調査
- 新たなフィールド調査と生物影響解明のための研究

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 8

まずボラの話しますが、ボラに関しては同じ種類が世界中にいます。ということは、ボラは、日本だけではなくて、世界共通の調査対象生物になり得るということです。

## 現在進めている内分泌かく乱化学物質汚染の実態調査



長崎

大牟田



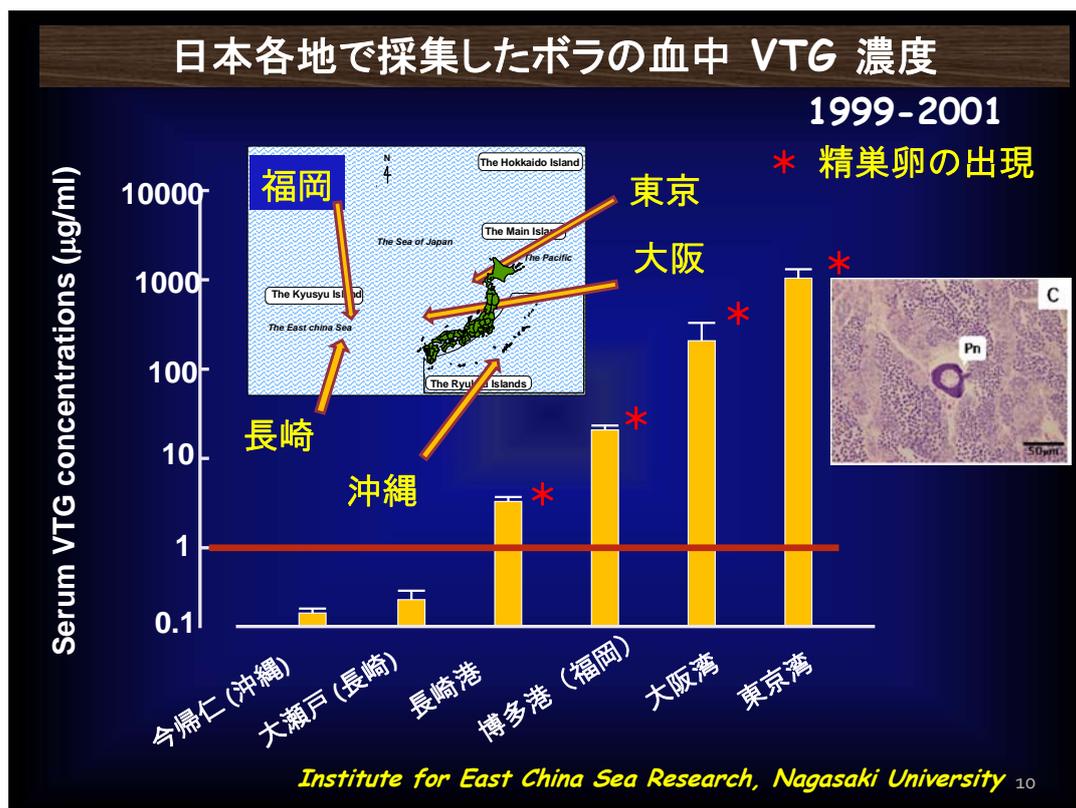
福岡



東京

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University*

これは我々が現在進めている内分泌かく乱化学物質の汚染実態の調査です。北海道から九州まで日本各地でボラ、マハゼを採取して、そこで内分泌かく乱化学物質によるだろうと思われる生物影響が出ているかどうかを調べております。



まず、ビテロジェニンというタンパク質について話をしますが、これはだいぶ古いデータです。この調査から10年経って、最近また同じ調査を実施しています。というのは、過去のデータと今のデータを比べるとということが非常に大事だからです。これまで自然界で何か異変が起こったとき…公害とか天災とかによる環境の異変です…その後に環境の状態や生物影響の調査をするのですが、ほとんどの場合、過去のデータがないので、異変の前、どうなっていたのかが全然分からないわけです。内分泌かく乱の仕事が始まってもうかなり経ちます。そうすると、過去のデータを我々はだいぶ蓄積しています。それと比較しながら現在の状況を把握することができます。環境汚染の変化を知るために、あらたな調査を進めています。

これは日本各地でボラの雄を捕まえて、血液を抜いて、血液の中のビテロジェニンを測定した例です。ここに赤いラインで示しましたが、これが正常値と異常値の境目です。

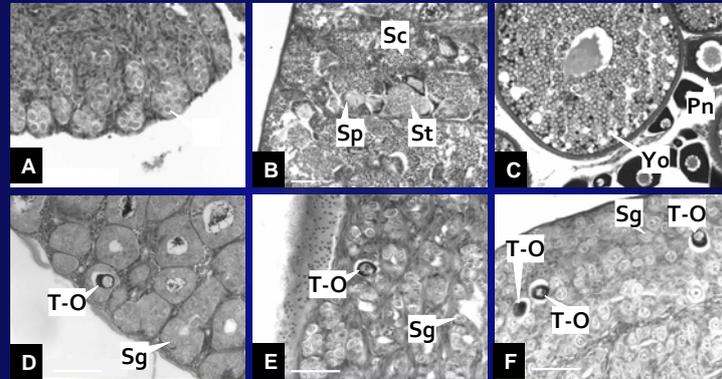
この正常値と異常値の境目をどうやって決めたのかといいますと、ボラを捕ってきて、きれいな水でずっと飼っておきます。そのボラに女性ホルモンを濃度を変えてばく露し、尤度されるビテロジェニンの濃度の変化を基に異常値正常値の決定を行います。そうしたときに、低濃度だとずっと誘導されないわけですが、ある濃度になるとぐっとビテロジェニンが誘導されてきます。そのところを1つの基準とするわけです。この調査ではそのようにして決定された異常値の基準を採用しています。この濃度より上のは、本来はあり得ない濃度だと考えてください。

そうしますと、例えば長崎港、博多港、大阪湾、東京湾で採ったボラの値は非常に高いです。これはもう10年前になります。特に東京湾で採ったボラのこの濃度というのは、これは雄ですが、成熟した卵を持っている雌と同じぐらいの濃度です。本来あり得ない濃度なんです。また、赤い星印で示しましたが、これは精巢中に卵母細胞が出現する「精巢卵」が見つかったことを示しています。ここに見えているように、ブチブチしているのは精子で、その中に卵母細胞があります。これが精巢卵です。沖縄県の今帰仁と、長崎県の東シナ海に面した大瀬戸ではそういったものは見つかりません。

今日はグラフはないのですが、うちの学生がやって出てきたほやほやのデータなんです。今年採った東京湾のデータではこんなに高いデータは出ていません。しかし、正常値を超えるような値は出てきます。ただし、10年経つと濃度がだいぶ下がっているということです。

## 繁殖に及ぼす化学物質への影響 精巢卵の出現

### ボラを用いた調査



A, 正常な未熟個体; B, 正常な精巢 (雄) ; C, 正常な卵巣 (雌)  
D~F, 精巢卵 . . . 精巢中に卵母細胞が出現

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 11

こちらが先ほどの精巢卵ですが、こういうところに卵がぽつぽつ見えるわけです。これは未熟な生殖腺で、ここにいっぱい見えるのが精子です。こっちは卵母細胞、卵になる細胞です。そうすると、こういった細胞が見つかってきます。

## 生殖腺に精巣卵を持つ個体の出現

Sampling sites and dates			Number of individuals	Number of individuals with testis-ova	Appearance ratio of testis-ova (%)
Ansan	Nov.	2004	18	2	11.1
Jeju	Nov.	2003	25	0	0
Yeosu	Nov.	2003	13	0	0
Tongyeong	Dec.	2003	19	3	15.8
Busan	Dec.	2003	27	2	7.4
Nagasaki	Nov.	2003	26	0	0
Nagasaki	Jul.	2005	27	0	0
Nagasaki	Nov.	2005	15	0	0
Omuta	Oct.	2003	18	2	11.1
Omuta	Aug.	2005	15	0	0
Omuta	Nov.	2005	19	2	10.5
Fukuoka	Jun.	2005	20	0	0
Fukuoka	Oct.	2005	10	0	0

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 12

この研究で少し面白い点は何かという、赤字で示したところは、ビテロジェニンが高かったところです。おそらく環境の中に女性ホルモンの働きをする化学物質があるだろうと思われる場所です。赤い丸は、先ほどの精巣卵が見つかった場所です。一致するところもあるのですが、一致しないところも出てきます。こっちはビテロジェニンが高かったのに全然精巣卵が出てこない。これはどういうことなのだろうか。

実は化学物質の生物への影響、効き方というのは、常に同じではありません。例えば精巣卵は、生活史の中の初期の段階で、性が雄になるか雌になるか、どっちになるかとまよっているときに女性ホルモンの働きをする化学物質にばく露されると、形成されます。ところが、その後、性が雄になる、雌になるとしっかりと決ってしまった後には、ちょっとやそとの女性ホルモンの働きをする化学物質にばく露されても精巣中に卵母細胞は出てきません。ということは、精巣卵は生まれて間もない時期に化学物質にさらされていたという履歴を示しています。

ところが、ビテロジェニンというタンパクはどうかといいますと、これは女性ホルモンとか女性ホルモン様の化学物質が体に取り込まれるとすぐに反応します。肝臓の女性ホルモン受容体に結合して、ビテロジェニンの遺伝子がすぐ発現します。そしてタンパク合成がすぐ起こります。そういった化学物質がなくなると、しばらくは合成を続けますが、1週間ぐらい、一番長いのは3カ月という例もあるのですが、そのぐらい経てば消えてしまいます。ビテロジェニンが雄で高いというのはどういうことかという、少なくとも現在あるいはわりと近い過去にそういった化学物質に曝されたということを示しています。つまり、ビテロジェニンというマーカーと精巣卵というマーカーは、別の意味を持っているわけです。

## イガイ類を調査対象生物とした新たな調査に向けて



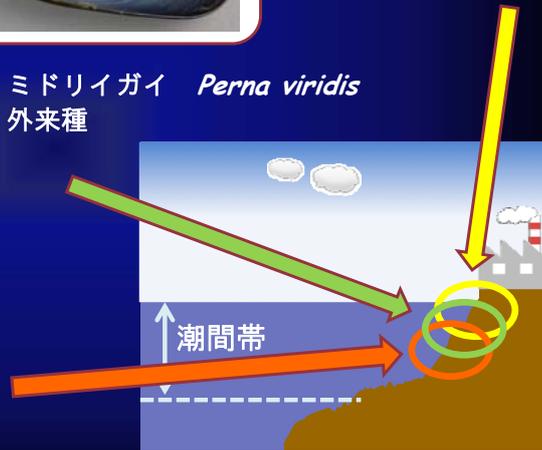
ムラサキイガイ  
*Mytilus galloprovincialis*  
外来種



ミドリイガイ *Perna viridis*  
外来種



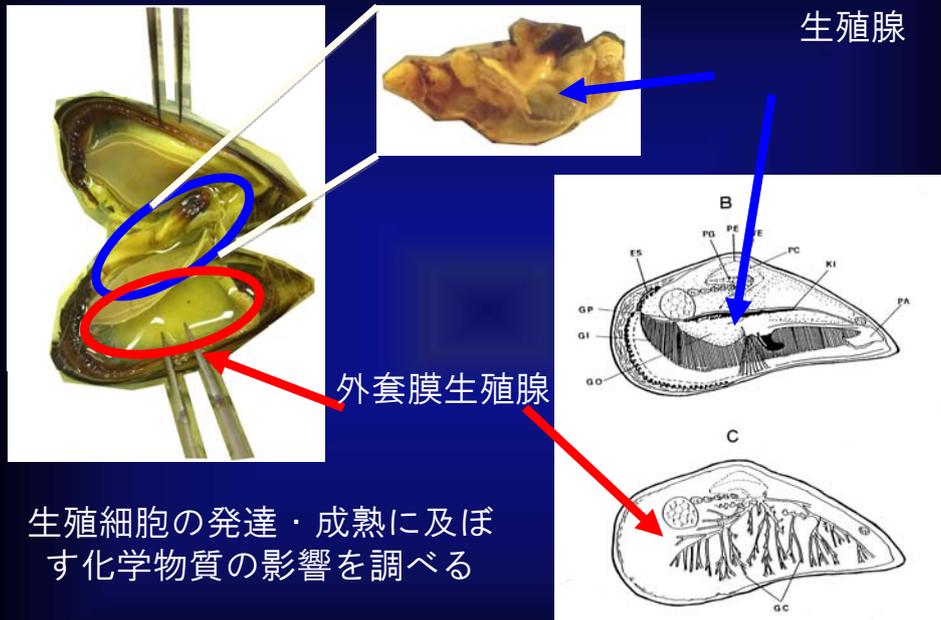
イガイ *Septifer virgatus*  
在来種



Institute for East China Sea Research, Nagasaki University 13

今までは魚をモデルにやってまいりました。実は韓国とか中国でもオーストラリアでも同じような魚を使ってやろうという動きがあるのですが、魚は移動するため、評価が難しい場合があります。では、その環境にずっと生息している生物を使った方がいいのではないかという話に当然なるわけです。魚に対する影響、魚というのは脊椎動物ですから、我々に非常に近い反応を見せてくれます。無脊椎動物は違うわけですね。だから、魚でやる意味はあるのです。しかし、もっと環境密着型の影響を見ようとするとなんか無脊椎動物が使いやすいわけです。特に貝というのは非常にいいわけで、しかも固着性の貝がいいわけです。どこでもたくさん採れるのがいいわけです。しかも、イガイ類というのは、マッセル・ウォッチ (Mussel Watch) といまして、化学物質の化学合成を見る方法として昔から利用されていまして、そこで、この生物を用いて化学物質の影響を見ようじゃないかという話になりました。

## ムラサキガイを使った調査

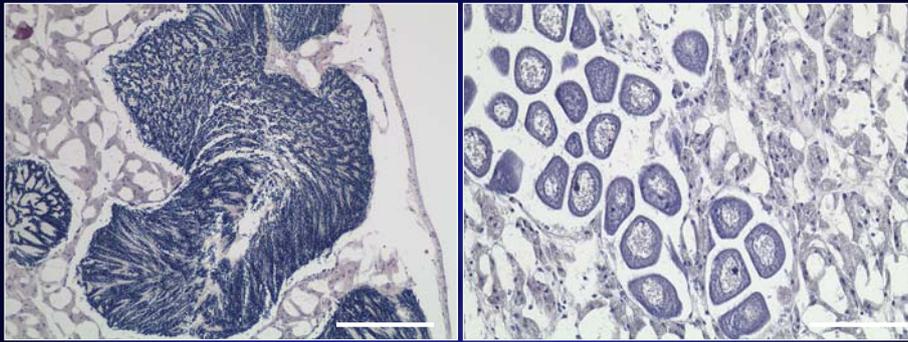


*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University<sup>1,4</sup>*

一番採りやすいのはムラサキガイなんですけど、これを捕まえて、解剖してみますと、真ん中に軟体部があります。ここのところに外套膜というものがあるのですが、この貝では生殖腺、卵巣、精巣は軟体部にあるわけですが、大きくなってくると、外套膜の中に生殖腺が伸びていく、そういう構造をしています。実はこの調査をするにあたってムラサキガイの特徴を色々調べたところ、この生物のバックグラウンドがほとんどわかってないことが分かりました。今まで化学物質影響の調査対象として利用されていたわけですが、悲しいかな、生物学的基礎情報が極めて少ないのです。いつ卵を放出するとか、いつ成熟するとか、成熟するためにはどういうホルモンが卵子や精子の発達を支配しているのかわからないわけです。

実は内分泌かく乱の話もこの貝を使ってやっている例があるんです。魚と同じように、ビテロジェニンというタンパクがマーカーになるだろうと。この遺伝子もクローニングされました。ところが、どうもまいこといかない。我々もやってみると、ビテロジェニン遺伝子が採れてこないのです。部分的にはあるのですが、どうも違うのです。ということは、今まで脊椎動物の情報をもとに、この生物のビテロジェニンを測って、環境の影響評価をしよう、あるいは女性ホルモンの受容体などもよくマーカーに使いますが、それを利用しようと考えていましたが、その情報が当てはまらないということがわかってきました。ということはということかということ、これを指標生物として生物影響を見ようとすれば、一から新しいマーカーを見つけなければいけないということです。これは大変な作業になります。しかし、この貝は非常に指標生物としては優秀なんです。

## ムラサキイガイの生殖腺



精巣

卵巢

Bar=100 $\mu$ m

調査にあたっての注意：貝類の生殖内分泌系はほとんど明らかにされていない。調査に先立って、正しい評価基準を確立しなければならない。

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 15

そこで我々は、精子、卵子ができる形成過程を追いかけると同時に、注意事項にありますように、貝類の生殖内分泌系、ホルモン系は明らかにし、調査に先立って、正しい評価系を作らなければいけないわけです。研究は振り出しに戻ったのですが、ここからもう一回あらたなスタートをきることで、新しいフィールド調査ができるのではないかと考えています。

魚類の次世代生産に及ぼす化学物質の影響を明らかにするためには、生殖現象を制御する内分泌系に及ぼす化学物質の影響を詳しく調べる必要がある

①生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン

測定項目

血中VTG 濃度

②生殖腺刺激ホルモン (GtHs)

VTG 遺伝子発現

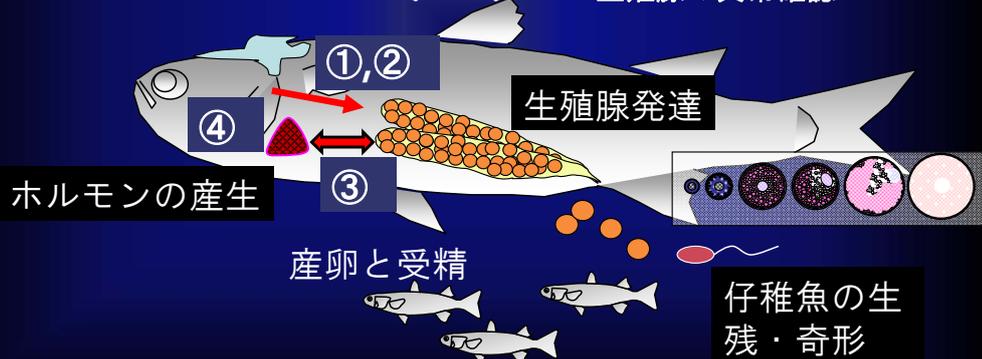
③女性ホルモン

女性ホルモン受容体

遺伝子発現

④卵黄タンパク質前駆物質 (VTG)

生殖腺の異常確認



Institute for East China Sea Research, Nagasaki University 16

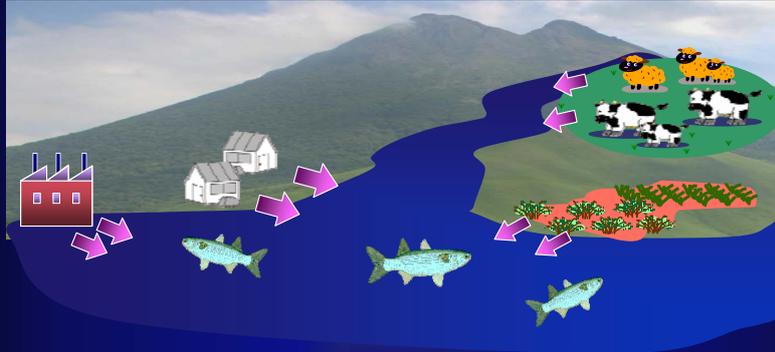
今後、魚や貝を使ってどういことをやっていったらいいだろうか。今まではビテロジェニンというタンパク質を使って評価してきたのですが、内分泌かく乱化学物質は、ビテロジェニンだけを誘導するのではなくて、脳の中で合成され、性全体を統括しているような生殖腺刺激ホルモン、さらにその上位に位置する生殖腺刺激ホルモン放出ホルモン、こういったホルモンの調節機構にもなんらかの影響を与えているらしい。ということは、これらの点にも注目して影響を調べないと本当の生物影響はわからないのではないだろうかと思えます。

さらには、受精現象や受精卵の発生にも関わっている。産まれてきた仔魚たちが奇形になるケースがあるんですね。そのメカニズムはわかっていないです。そういう影響についても調べる必要がある。

繰り返しになりますが、今までの調査で、ビテロジェニンだけをマーカーにして生物影響を見てきました。それで環境中の汚染度を見たりするのはいいのですが、一番大切なことは、天然の環境中でちゃんと生き物たちが次の世代を残せるかどうかであり、これを調べるのが重要なんです。生殖腺の観察や、ビテロジェニンの測定から、生物で異常が起きていることはわかります。しかし、彼らは生きていますので、内分泌かく乱物質の汚染は、生物の生存にはそれほど影響するほどの汚染ではないと捉えがちです。異常がある生殖腺でも、配偶子はちゃんと発達しています。あるいは精巣の中に卵はできて、精子はちゃんと作っているし、精子の活性は大丈夫だ。そうすると、次の世代への影響は余りないだろう・・・と考えがちです。

しかし、大事なことは、受精卵はどうなのか。産まれてきたこどもたちはどうなのか。同じように化学物質がある環境の中で暮らしていたときに、大人よりも仔魚や稚魚などは弱いのです。そうすると、内分泌かく乱化学物質の影響は大人と違うのではないかと考えなければならない。そこに視点を置かなければいけない。これが次のフィールド調査で大事なことだろうと考えています。

## フィールド調査を継続することの重要性



- 化学物質を利用し、付き合い暮らすために、安全性の確認と環境への負荷をモニタリングすることは必要である。
- 安全な食料資源を持続的に利用するためにも、水圏環境の健全性の診断と監視を続けなければならない。

*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University* 17

フィールド調査を継続することの重要性ですが、我々はこれからも化学物質を利用していかなければいけないわけですね。今から化学物質のない世界に戻れと言っても、それは難しいわけです。では、化学物質を利用して、それと付き合いしていくためにはどうしたらいいのか。その安全性の確認ということを考えなければいけない。と同時に、環境への負荷というものをモニタリングしていかなければいけない。それはどうということかといいますと、我々は生態系の一員なんですね。それと同時に、我々は特に自然の中から食料資源として生物を利用しています。そういったものが利用できなくなる、あるいはその安全性が損なわれるということはすごく大きな問題なんです。そういう意味でも、特にこれから東アジアでは、どんどん工業が発展していく。そうすると、その影響が日本に出てくるかもしれません。そうなれば、ますますフィールド調査をして現状をきちんと知っていくことが大事だと我々は考えています。

## 長崎大学海洋環境科学情報発信シリーズ 公開セミナー

### 「海と地球と人と」



長崎大学 環東シナ海環境資源研究センター  
ホームページで確認ください。

[soyano@nagasaki-u.ac.jp](mailto:soyano@nagasaki-u.ac.jp)



*Institute for East China Sea Research, Nagasaki University*

長崎大学では、「海と地球と人と」というセミナーをやっています。これは、東シナ海的环境と安全に関する学際的研究プロジェクトの一貫として行っているものです。このプロジェクトは、環境が生き物の繁殖、次世代生産にどのような影響を与えるのかを多角的に研究するものですが、その中で私は化学物質の影響を調べています。他には栄養塩の影響とか、地球温暖化の影響を見ているグループもあります。

このプロジェクトでは、内分泌かく乱物質の影響を通して、東アジア全域での若い人の環境教育を行い、次世代の研究者たちを育てようとしています。つまり、内分泌かく乱の問題を日本だけではなく世界共通の問題として考えるためには、同じ視点で、同じ土俵で研究。論議が行えなければなりません。そのためには、共通の認識を持った若い研究者を育てていかなければいけないのです。そのような理由から、フィールド調査を通して、いろんな国へ行って、いろんな人たちと一緒に調査研究やることによって人も育てようと考えています。

最後ちょっと余分な話をしましたが、こういったような形でフィールド調査をもう一回見直していきたいと思います。我々がいる生態系全部に視点を置いた形で内分泌かく乱化学物質の影響を調査し考えていく必要があるのだということを最後に皆様にお伝えして終わりにしたいと思います。

どうもありがとうございました。