

内湾・内海の健康診断と栄養管理

- ・内湾・内海の富栄養化に伴う環境や生態系の変化
- ・海の健康診断：「健康な海」とは？
- ・今後の方向：健康診断から栄養管理へ

中田 英昭（長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科・教授）

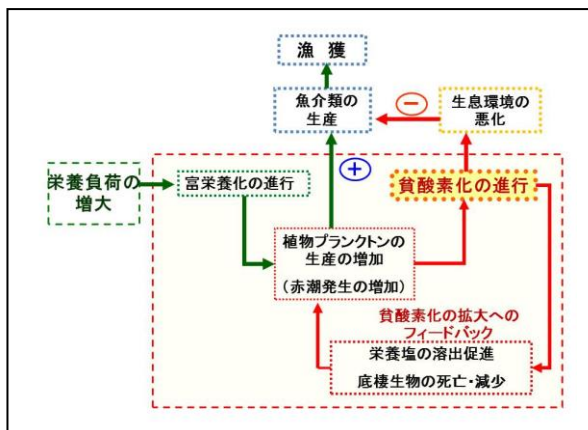
長崎大学から参りました中田でございます。このような場でお話をさせていただき、ありがとうございます。

私は 10 年ほど前から海健康診断という問題に取り組んでいます。人間の健康でもそうですが、病気を予防するには栄養をしっかり管理しなければならない。これが海にもあてはまるのではないか、ということで海の栄養管理についての仕事にも関わっております。本城先生から話を伺いますと、瀬戸内海の方でも、栄養の管理が重要な課題になっているということなので、少し関連した話をしたいと思っております。ただ私どもも検討を始めたばかりですので、どの程度、参考になるか分かりませんが、お聞きいただければと思います。

まず、富栄養化に伴う環境や生態系の変化に関連して、昨年の 6 月に持続可能な開発会議の 20 周年のようなことで、リオ+20 という会議がリオネジャネイロで開かれ、そのためにユネスコ等が海洋と沿岸の持続性に関する報告書を取りまとめています。

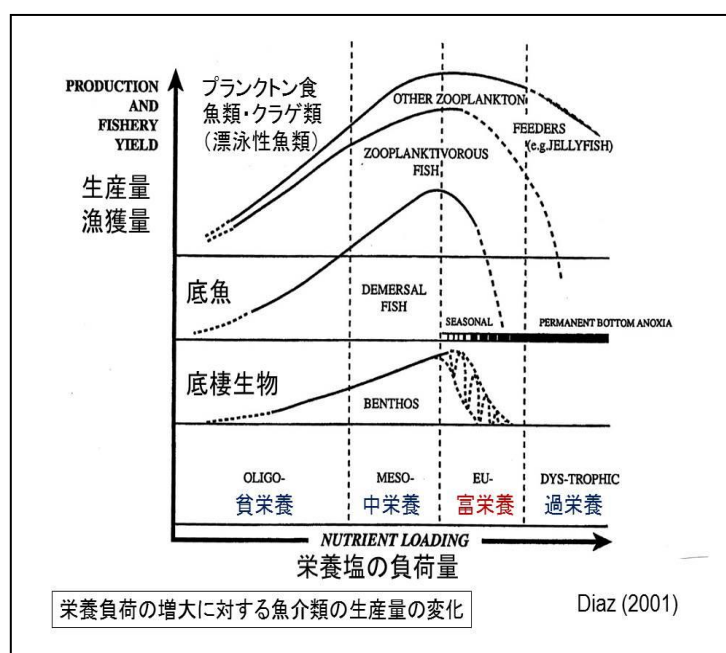
その中で目についたのが、富栄養化が進むことで生物が住めなくなった貧酸素海域・デッドゾーンの数が急速に増えているということでした。貧酸素化しているという科学的なレポートの数が 1900 年代の終わりごろから急速に増えています。海の貧酸素化というのは、夏になり上下の水の混合が弱くなって、空気中から海に溶け込んだ酸素が海底の方に供給されなくなる時期に海底にたくさんの有機物が蓄積されていると、その有機物が分解されるときに酸素が使われて酸欠状態になっていくという現象です。

図はそれを富栄養化の進行と関連付けて少し整理してみたものです。陸上から海に入っ



くる栄養分が増えますと、海の富栄養化が進行するのですが、その増えた栄養分を使って植物プランクトンが生産をします。その生産量が増え、魚介類の生産量にうまくつながれば漁獲量が増えることになるわけですが、過剰に栄養分が入ってきたりして、赤潮が頻発するようになってきますと、余分な有機物が海底に蓄積されて、貧酸素化の進行が始まります。

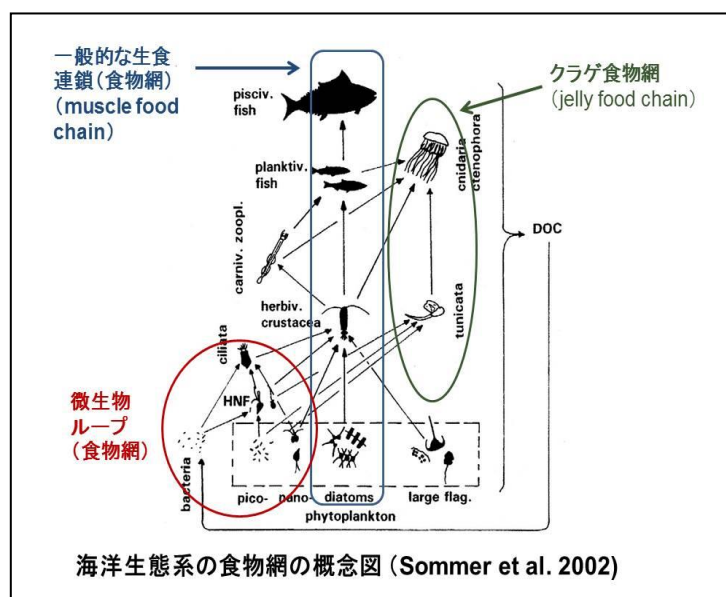
一旦貧酸素化が起きるようになりますと、海底の方からも栄養分が供給されるようになります。また、海底付近でプランクトンを食べて育っていた生物が死んで減少するために、ますます赤潮が発生しやすい環境ができ、貧酸素化の拡大が自動的に進んで行くという状態になります。その結果、さらに生息環境が悪化し、魚介類の生産が落ちて行くことになります。



この図は栄養負荷の増大に対する魚介類の反応を少し別の形で整理したものです。横軸に栄養塩の負荷量をとっておりまして、右に行くほど富栄養化が進み、途中から貧酸素化が進行することになるわけですが、その貧酸素化の影響を受けて、まず、海底部分の底棲生物とか底魚の生産量の急速な減少が起きます。ただプランクトン食の魚類あるいはクラゲのような生物は、もう少し増加を続け、結果的に海の生態系の中で、漂泳性のプラン

クトン食の部分と底棲系の部分の比率が大きく変わってきます。

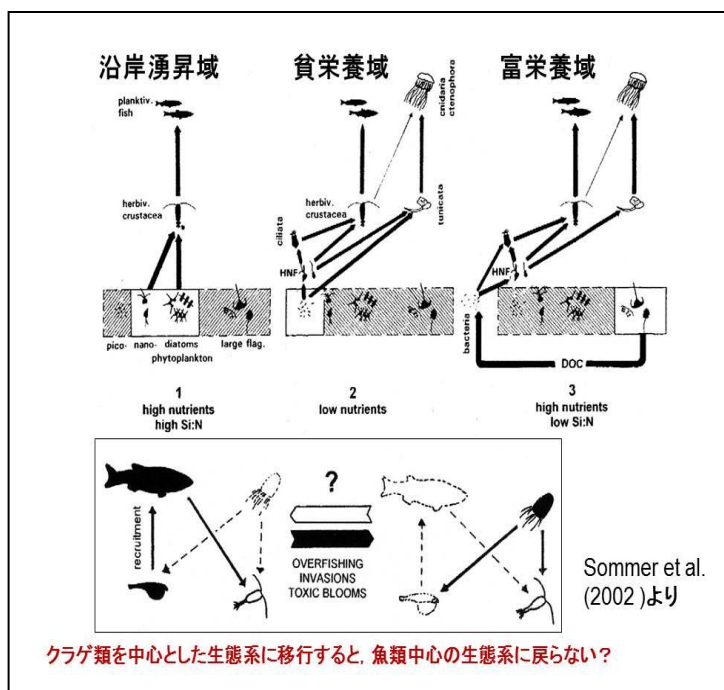
このようなことを生態系の食物網といいます。生物の間のつながりをもう少し細かく解析した報告もいくつか出ております。その1つですが、まず海の生態系の食物網として、



一般的には珪藻類のような植物プランクトンが有機物を作り出して、それを動物プランクトンあるいは小型の魚、そして大型の魚が次々と利用していく、これが基本的な連鎖のパターンであるわけです。これに加えて微小サイズの植物プランクトンが関わった微生物食物網といわれるようなもの、あるいはクラゲの方につながって行くクラゲ食物網といわれるものがあります。実は、どういう食物網が海の中で

で卓越してくるかは、栄養塩のレベルや栄養塩の質的な問題と関わっていることが、

だんだん分かってきております。



これは非常に極端な例ですが、沿岸湧昇が起きていて栄養が非常に豊富な場所、それから貧栄養の場所、沿岸の富栄養化した場所の3つのパターンで、食物網の形がどのように変わるのかを示した図です。生物の間をつないでいるパイプの数すなわち栄養段階の数が増えるほど、最初に植物プランクトンが作った生産物が、上位生物に利用される効率が落ちていくことになります。ですから、上位の生物の生産にも非常に関わりがあるものなのです。また、クラゲの方

につながって行くパイプが太くなって行きますと、クラゲを中心とした生態系に移行して行き、クエッションがついていますが、魚類中心の生態系になかなか戻りにくいようなことも報告されています。そういう意味から栄養のレベルは非常に大事で、生態系の問題と密接に関わっていることがお分かりになると思います。

そういう中で、海の状態を実際に診断するための沿岸環境モニタリングの現状はどうかというと、いろいろな問題がございます。1つは予算の制約でモニタリングの規模を縮小したり、あるいは中止したり、という例が増えてきています。そういうことが更に進むと、環境の診断、影響評価などを行う情報基盤がどんどん貧弱になっていきます。これはかなり深刻な問題になっているところです。それに加えて、例えば環境省の公共用水域調査を例に挙げますと、沿岸近くの表層の水質のモニタリングが中心となっていて、生物の継続的なモニタリングの例が、ほとんどないような状況です。このようなことでは、今、世界的にも非常に大きな問題となってきた生態系、あるいは生物多様性に関する調査ニーズの拡大に対応できないという問題でもあります。これらのことが、「海健康診断を考える必要がある」と私達が思うようになったきっかけでございます。

「なぜ海健康診断か」というところを少し説明したいと思います。今、赤潮とかクラゲの大発生、あるいは海底付近で貧酸素化が進んでいるというようなことで、水産資源が減少し、「豊かな海」がどんどん失われて行ってしまうということが、いろいろな形で出てきています。それを総合的に見ると、海の生態系の全体的なバランスが崩れてきていると見ることができます。これに対して、陸から海に流入してくる負荷の規制をして、「きれいな海」に回復させるといった、これまでの環境対策だけでは十分でないことは明らかなわ

けです。それで、生態系のバランスの回復というところに上手くつながる、つなげて行けるような海の診断方法を作り出して行かなければならない。これが「海健康診断」と呼んでいる所以です。

ここでは時間の関係もありますので、海健康診断の中身には入らないつもりですが、診断の手順としては、人間が健康状態をチェックするために人間ドックに1年に1回行ったりするのと同じような形で行います。まず、比較的簡便な方法で、出来る範囲で健康状態の全体的なチェックをするような段階がございまして、そこで基準を超えるような項目が出てくれば、専門的な調査、二次検査の方に進む。さらに必要に応じて処方箋を示す。あるいは治療に入るといような流れになっています。

ただ、そこで最も難しく重要な問題は、健康な海というものを、どのように定義したら良いのかということです。この問題については、かなり時間をかけて私たちも議論をし

ました。その結論として、ここに示しましたように、生物を育む海の働きの指標として、生態系の状態を見て行くということで、大きく2つの要素を取り上げることにしました。1つは生態系の安定性で、生態系を構成する生物の種類や生物量が急激に変化しない安定した状態。例えば、赤潮とかクラゲの大発生なんかが起きにくい海です。もう1つが生態系の物質循環の円滑さで、陸から入ってきたものを含めて栄養物質の供給、生産と除去、分解の全体的なバランスが保たれており、どこにもツケがまわらない、循環のパイプが詰まったりすることがない状態。これを健康と定義しようということです。人間の体に例えると、回復力が大きく新陳代謝があることで、動脈硬化を起こして心筋梗塞になったりしないようにして行こうということになるのだらうと思います。このような2つの要素を中心に海を見て行こうと考えております。

「健康な海」とは？

生物を育む海の働きの指標として、生態系の状態を示す次の2つに注目

◆生態系の安定性

回復力が大きい

生態系を構成する生物の種類や生物量が急激に変化することのない安定した状態(赤潮やクラゲの大発生などが起きにくい)

◆生態系の物質循環の円滑さ

新陳代謝が良好

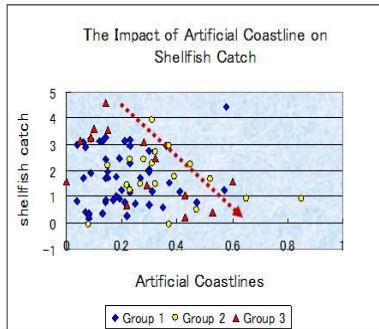
栄養物質の供給や生産と除去・分解のバランスが保たれ、どこにもツケがまわらない状態(循環のパイプが詰まったりせず、海底付近の酸欠状態などが起きにくい)

質循環の円滑さで、陸から入ってきたものを含めて栄養物質の供給、生産と除去、分解の全体的なバランスが保たれており、どこにもツケがまわらない、循環のパイプが詰まったりすることがない状態。これを健康と定義しようということです。人間の体に例えると、回復力が大きく新陳代謝があることで、動脈硬化を起こして心筋梗塞になったりしないようにして行こうということになるのだらうと思います。このような2つの要素を中心に海を見て行こうと考えております。

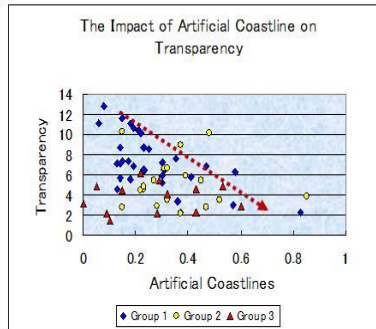
全国には閉鎖性内湾というのが80カ所ほどあります。その情報を集めながら、私達がいろいろな分析をやってみたところ、陸上から入ってくる栄養負荷の海に対する影響はあまり明確に出てこなかったのですが、1つ非常に驚くほど明確な関係が出てきたのが海岸の人工化でした。この図の横軸は人工海岸の比率です。0が自然海岸で1が100パーセント人工化されているということです。縦軸は海底付近に生息している魚介類の漁獲量を、もう一方の図には水質の代表として透明度を取っています。これに全国のデータをプロットしてみました。当然、それぞれの湾にいろいろな個性がありますから点はバラつきますが、明らかに海岸の人工化比率が高くなるほど、底棲魚介類の漁獲量が落ち透明度が低下する

海岸の人工化(人工海岸の比率)との関係

底生魚介類の漁獲量との関係



透明度との関係



Group 1 (◆): 開放的な湾 Group 3 (▲): 閉鎖的な湾

傾向にあることが分かります。つまり、海岸の人工化というのがボディブローみたいに海に効いてきていることになります。

そういうことを含めて、改めて気がついたことは、海が環境が悪化する原因として、陸から過剰な栄養とか有機物が海に入ってくると、当然、大きな影響を与えるわけですが、それに加えて、海の側

の状態も併せて、しっかり見て行かなければならない。海の生物が減少すると、その栄養や有機物を取り上げて浄化や生産をする能力が低下して行きます。

・海に栄養分や有機物が過度に蓄積されて環境が悪化する原因は何か？

- ・陸からの過剰な栄養や有機物が供給される
- ・海の生物が減少し、浄化能力が低下する

・海岸の干拓や埋め立てはなぜ問題か？

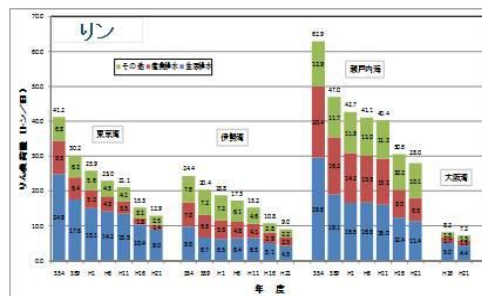
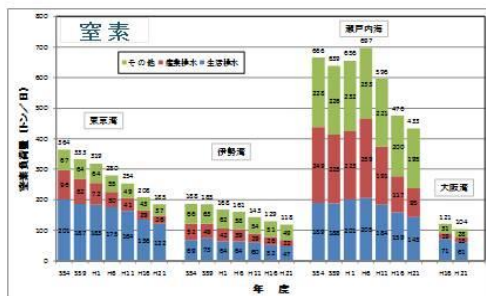
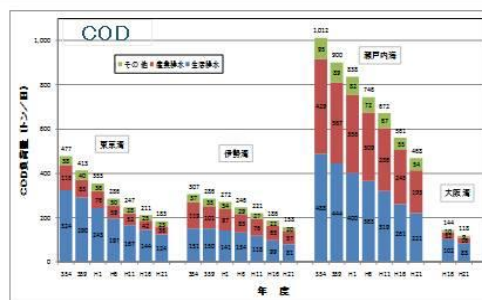
- ・地形の人工化(単純化)→生物多様性の低下(→生態系の不安定化)
- ・干潟や藻場など浄化作用を持つ場所の消失→浄化能力・生産機能の低下
- ・潮流などの流れの減少→海水交換の低下

海岸の干拓や埋め立てをすると、生物の多様性を低下させて、生態系を不安定化させるとか、あるいは浄化能力や生産機能を低下させてしまう。また、物理的に流れが減少して海水交換が低下するというようなことが起きます。このように陸側の問題と、それを受ける海側の問題の両方を総合的に見ていくことが非常に重要であることが分かってきました。

今の瀬戸内海の状態に話を移したいと思います。次の図は、海に入ってくる汚濁負荷量の削減の様子です。東京湾、伊勢湾、瀬戸内海、大阪湾の順になっておりまして、窒素、リン、そしてCODについて、まとめたものです。皆さんご存じだと思いますけれども、瀬戸内海ではいずれも負荷の削減が進んで、大阪湾を除いた瀬戸内海の窒素、リンの環境基準達成率は、平成20年度で97パーセントに達している状態になっております。水がきれいになりすぎて魚が住めないというようなことが、今、瀬戸内海で大きな問題になってい

る所以です。漁獲量の減少、養殖ノリの色落ちの問題、あるいは磯焼けが広がっていくことが、大きな問題となってきています。

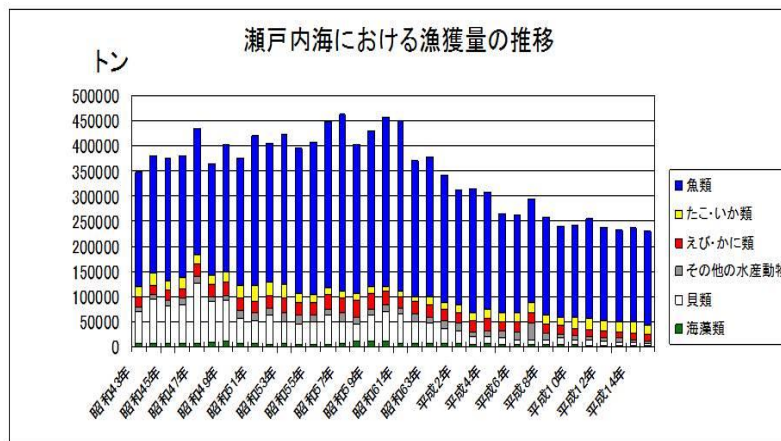
汚濁負荷量の削減経過（環境省の資料に基づく）



瀬戸内海(大阪湾を除く)の窒素・リンの環境基準達成率は97%(平成20年度)

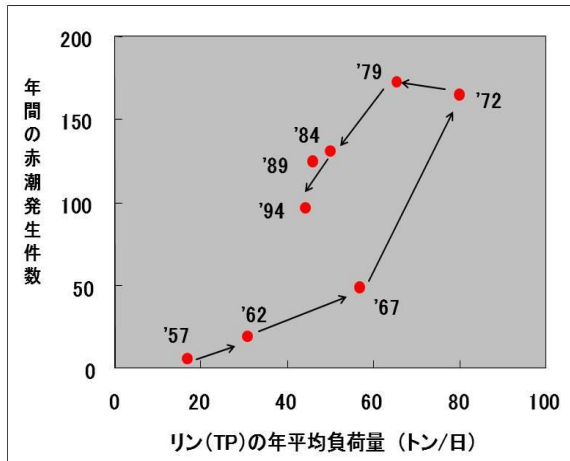
瀬戸内海の漁業生産の変遷 (養殖を含まない)

- ・ 昭和60年(1985年)頃をピークに20年間で漁獲量が半減
- ・ 特に貝類の減少が著しい



因果関係はなかなか難しいと思いますが、実際、瀬戸内海の漁獲量の推移を見てみますと、昭和60年ごろをピークにして、その後20年の間に漁獲量が半分くらいのレベルに落ち込んでいます。特に、白い色で示しているのが貝類ですが、貝類の漁獲量の減少が著しいということも分かります。

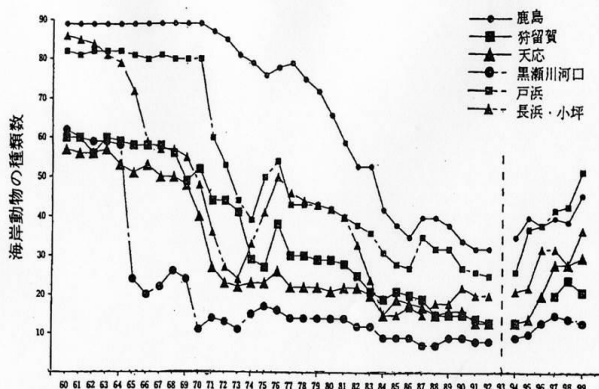
瀬戸内海へのリン負荷量と赤潮発生件数の関係
(広島大学生物生産学部の山本民次教授より)



これは陸から入ってくる負荷リンの量を横軸にとって、縦軸に瀬戸内海の年間の赤潮発生件数を取り、1957年から1994年までのデータをプロットしたもので、広島大学の山本先生が作られたものです。これを見ると、興味深いのは陸から入ってくるリンの負荷が増えて行くにつれて、赤潮の発生件数が急速に増加しています。そして、この負荷が減少して行くと発生件数が減少しています。ただ、増えた

ものが同じようには戻らないのです。発生件数の減少のスピードが落ちていることがお分かりいただけると思います。つまり、陸から入ってくる負荷だけでは決まらない何らかの要素が、このギャップを作っているように見えます。

数少ない生物の継続的なモニタリングの例を1つお見せしたいと思います。これは広島県呉市の中学校の先生が、1960年から30年間、毎年夏休みに2回ずつ、6カ所の海岸に出現する海岸動物の調査を続けた結果です。このような形で、長期間にわたり継続して生物



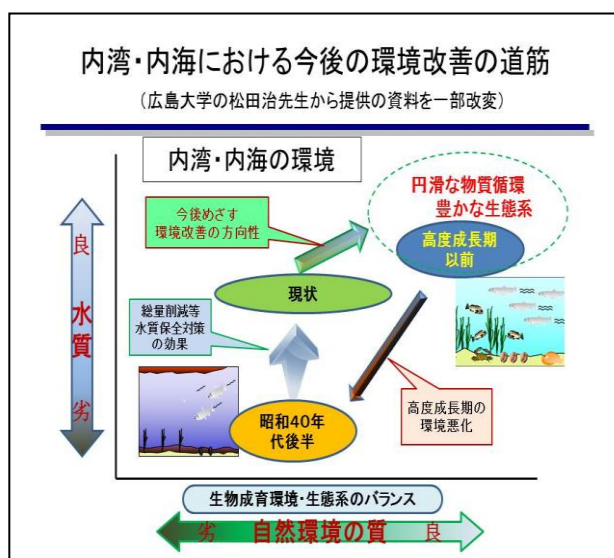
広島県呉市の海岸動物の長期モニタリング結果
(1960-1999年、毎年夏季に実施)

湯浅・藤岡 (2004)

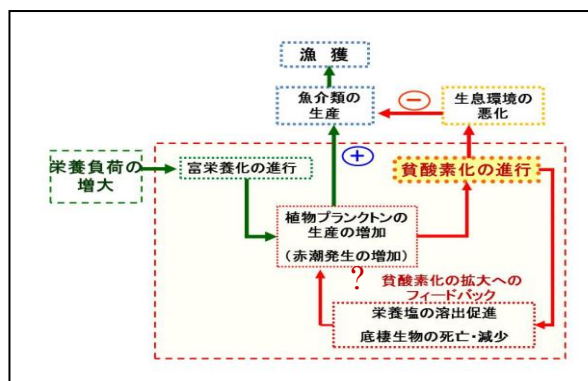
のモニタリングをした例は、他にないのではないかと思います。1960年にはいろいろな生物がたくさんいたのが、1990年に空白が非常に目立つようになってきているのが分かります。そして最近、少し種類数が増え始めている様子が見えます。ただ1960年代の終わりから70年代の初めに比べると、まだ低い水準にとどまっています。おそらく赤潮の発生件数の減少のスピードが少し落ちている、あるいは

貝の漁獲量が減少しているという話をしましたけれども、このあたりに原因があるのでは

三河湾では陸上から海に入ってくる流入負荷が急激に増大したのは1960年代ですが、実際に海の方で赤潮が発生するなど貧酸素化が進むようなことが問題になり始めたのは、1970年代の後半から80年代にかけてです。この赤潮の発生とよく対応するのが、海岸の埋め立て面積の変化です。埋め立て面積が急に増加した時期に三河湾沿岸のアサリの漁獲量が急激に減少しました。図はありませんが、アサリの資源量を横軸に取り、縦軸に貧酸素化が起きた海域の面積を取って、1961年以降40年間のデータをプロットすると、アサリの資源量が多いときには貧酸素化が非常に局地的であり、アサリの資源量が減少すると貧酸素化の規模が拡大しているということがきれいに見て取れます。そういった埋め立てによる海岸の地形とか環境の劣化の問題も合わせて、総合的にいろいろなことを考えて行かなければならないということになります。



成長期に急速に環境が悪化して両方とも悪くなる。ところが、その後いろいろ努力して総量規制等の水質保全対策の効果が上がってきたために、水質が改善されて、今、我々は緑色の「現状」まできているのではないかと思います。ただ、これは我々が最終的に目指すものではないはずです。すなわち、高度成長期以前の状態に戻すためにはベクトルがもうひとつ必要になります。それが何なのか、どうしたらそのベクトルを実際に機能させるこ



それで最初に示した図に戻るのですが、この図は環境がどのようにして悪くなるのかというところに主眼を置いて作ったものです。実はもうひとつ非常に大事なことは、植物プランクトンの生産の増加と魚介類の生産をつなぐパイプが少し変質を

してきているというようなことがあるのかもしれないと今考えています。つまり、栄養負荷が適度に抑えられていて、栄養がこちらの方に回るようになるはずなのに、このパイプがなぜか上手くつながらないために、依然として環境を悪くする方向にフィードバックしていくということが実際に起きているのではないかと考えています。

どのようにこの部分に変質しているのか。これはなかなか難しいところですが、可能性として、例えば植物プランクトン自体のサイズの組成が変わって、微小なプランクトンの割合が増えてきているのではないかと考えてられます。あるいは干潟とか浅場がどんどん減ってきていて、そこに住んでいた生物の生産力が落ちてきていることの影響、あるいはクラゲの食物網の方に流れて行く部分が増えてきているとすれば、その影響も考えられます。あるいは、陸に入ってくる栄養負荷自体の質的な変化も関係しているのかもしれないかもしれません。いずれにしても、このクエスションの部分は、これからいろいろな所で調査して行く必要があると思っています。

私は長崎の方で有明海の環境問題・有明海異変と言われている問題にも関係をしてきたのですが、やはり同じようなことがありました。1960年より前の有明海というのは、干潟があって干潟底棲系の生態系とプランクトンの生態系が、ある意味でうまくバランスを取っていた時代だと思います。それが最近、干潟がなくなってきて干潟底棲系の生態系が衰退をしてしまっていて、主体がプランクトン系の方に移っているわけですが、そのプランクトン系の方も以前のように漁業生産にうまく繋がるような流れが細くなっていて、有効に利用されにくい有害なプランクトンの方に多くのものが流れる方向に変わってきているのではないかと思います。

有明海の生物生産環境の変化

- ・1960年代までは、浮遊生態系と干潟を含む底棲生態系が適度なバランスを保っていたのに対して、最近では、干潟の減少によって底棲生態系が衰退し、浮遊生態系主体の物質循環系に移行
 - ・最近の浮遊生態系は漁業等に利用できる健全なものではなく、有害植物プランクトン種が優占化し貧酸素化の進行を助長するなど有明海の物質循環を阻害
- 環境回復のキイは、底棲生態系の回復
『ノリと貝がともに育つ海に戻すこと』

これらのことから、有明海の環境を回復させて行く上で Key になるのは、干潟底棲系の生態系を少しずつ回復させてノリと貝がともに育つ海を目指して行く必要があると考えているわけです。まず、いろいろな場所で、どのように海の姿が変わってきているのかを、このような栄養物質の収支を通して検討して行くことがこれからの非常に大事な課題です。

瀬戸内海の播磨灘でも、兵庫県の水産試験場の方々が養殖ノリの色落ち対策に関連して報告しておられます。中長期的・抜本的な対策として、プランクトンを生態系で制御するようにして行くことが大事だということで、二枚貝のような底棲生物を回復させるために、生息場である干潟、浅場の生態系の機能回復を中長期的に目指して、今からいろいろなことを始めて行くことが大事だと

提言しておられます。これも有明海の問題と共通する話であろうと思っています。

また、海外の例としては、チェサピーク湾における富栄養化の問題でいろいろなことが研究されています。チェサピーク湾の生態系修復のための戦略ということで、陸から入ってくる栄養負荷を削減して、貧酸素化の進行を防止する、栄養塩の溶出を抑制するというようなことと並行して、その生態系の中で非常に重要な役割をしているマガキの生息場を修復するとか、あるいは塩生湿地や干潟の修復をするようなことが同時に検討されていて、修復戦略の中に組み込まれています。こういったことを参考にしながら、内湾・内海の問題を考えていく必要があると思います。

海域の物質循環健全化計画策定事業 (環境省、平成22-24年度)

- 栄養塩類のバランスの劣化による有害赤潮やノリの色落ちなどの障害→モデル地域で実態把握と対策の検討
- 生態系モデルを用いた栄養物質等の収支解析

目標：生物生産性と生物多様性が高い状態の海

赤潮や貧酸素水塊が発生しない栄養塩の
循環バランスを回復・向上させるため

栄養管理のプランづくりへ

貧栄養では生産性が低下

富栄養では多様性が低下

日本の環境省でも平成 22 年度から 24 年度にかけて、海域の物質循環健全化計画策定事業が行われていて、栄養塩のバランスが崩れて、有害な赤潮が起きたり、ノリの色落ちなどの障害がおきているような所から、いくつかモデル地域を設定して、実態把握と対策の検討が進められています。この事業の大きな特徴は生態系モデルをうまく使って、栄養物質の収支解析をしっかり行うこと

が組み込まれていることです。健全化の目標は、生物生産性と生物多様性が高い状態の海に戻して行くことで、貧栄養だと生産性が低下する、富栄養だと多様性が低下して行くので、適度の状態、すなわち、栄養塩の循環のバランスが取れた状態をうまく管理して創り出して行くような計画作りをしています。今年度最終的な報告が出てくれば、いろいろ参考にさせていただけると思います。

今後の展望：水質総量規制から生態系を基礎とした 内湾・内海の健康管理へ

● これまでは「水質総量規制によって栄養塩を減らせば、植物プランクトンの生産が抑えられて、海がきれいになる」という**ボトムアップ型のアプローチ**が主体

● 海の生物生産の仕組みを考えれば、「植物プランクトンの生産を魚介類の生産にうまく利用していく」、「植物プランクトンの生産をコントロールするために生態系の高次の栄養段階を多様なものにしていく」という**トップダウン型のアプローチ**が必要

● 干潟や浅場の生物が健全に生育していた時代には、浮遊系と底棲系のバランスが維持され、生態系全体で栄養物質が「太く滑らかに」循環し、魚介類の生産を支えていた(?)

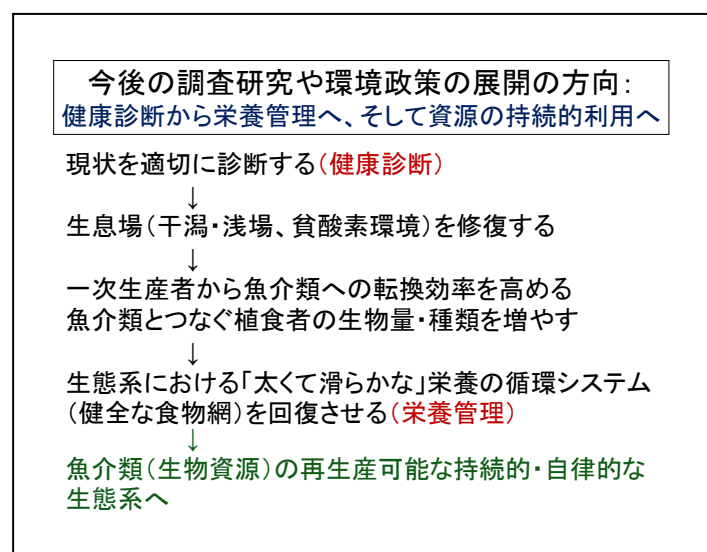
→生態系の基盤となる生息場の回復が急務

「健康な海」の考え方は、地域によって多様→地域主導で推進

最後に、これからの展望についてお話しして締めくくりたいと思います。これまでは水質総量規制をして栄養塩を減らせば、植物プランクトンの生産が抑えられて海がきれいになる。これはある意味でボトムアップ型のアプローチですが、それを、生態系を基礎とした健康管理に発想を転換させることが非常に大事ではないかと考えています。この生態系

を基礎とした健康管理の中身としては、植物プランクトンの生産を魚介類の生産にうまく利用するとか、あるいは植物プランクトンの生産をうまくコントロールするために生態系のより高次の栄養段階を多様化して行く、そういったトップダウン型のアプローチを取り込んだ管理の発想が大事だろうと思っています。また、こういうことを進めていくと同時に、生態系の機能を支える基盤になっている生息場、すなわち干潟や浅場などの回復を並行してやって行くということが非常に大事だと思います。

少し雑ばくなまとめ方ではありますが、栄養管理というときに2つの見方があります。1つはその栄養の総量や栄養の質を確保して行くような問題で、もう1つはその量とか質が同じでも、バランスが取れた形の栄養循環にして行く、この2通りの管理が非常に大事です。特にこの栄養の循環の方は、魚介類の生産につながるように、生物と生物をつなぐパイプの数を増やして行く。これは多様性とか安定性につながって行きます。それから1つ1つのパイプを太くする。これは生産性を上げるということで、ある意味では一次生産を効率的に利用できるようなシステムにして行くことになります。その基礎として生息基盤を確保・回復することが必要だということです。



それで、これからの調査研究、あるいは環境政策の展開の方向として、健康診断から栄養管理、そして資源の持続的利用へとという表題を付けましたが、まず現状を適切に診断・把握することが、いずれにしても大事です。それから「場」の修復をしっかりと行いながら、生態系の食物網の健全化を図る意味で、一次生産者から魚介類への転換効率を高める。あるいは魚介類とつなぐ植食者の生物

量とか種類を増やして行くこと、「太くて滑らかな循環」と我々はよく言うのですが、そういう食物網を回復させる。これが栄養管理の目標になるのだらうと思っています。こういったことが、おそらく最終的には私たちが目標としている魚介類、すなわち生物資源が自律的に再生されて行く生態系の姿になるのではないかと考えています。

[本城先生]

どうもありがとうございました。ご質問等がございましたらお願いします。

[岡市先生]

こういう場所での発言はちょっと控えていたのですが、中田先生の話聞いて昔の

ことを思い出しました。私が研究している時に、いったい瀬戸内海で魚を何万トン捕ることができるのかと。つまり一次生産から食物段階をどんどん増やしていった、我々が使える魚、つまりイカナゴ、イワシから上において、どのぐらい取ることができるのかを計算したら、100 万 t か 120 万 t という数が出ていました。その頃、我々はイカナゴ、カタクチイワシを入れて常に 45〜6 万 t 捕っていました。当時の海の生産性から言えば、我々は植物プランクトンの 3 分の 1 ぐらいを魚として取り上げてきました。

最近になって、そのカタクチイワシやイカナゴが少なくなり、漁獲量が 20 数万 t まで落ちております。ところが 1960 年代の中ごろには、瀬戸内海の漁獲量は 30 万 t には達していなかったと思います。ですから、確かに魚は少なくなったと言うけれども、いわば漁業者が捕って、それをなんと言うか、早く言えば儲けになるような魚が少なくなったことも事実だと思います。今のお話の健康診断の中で魚類と漁業者の活動をどのように取り込んで行くのか、ご意見があればお聞かせいただきたいと思います。

[中田先生]

私達はある意味で生態系の構造と機能ということをして 2 つの柱にして海の健康状態を評価して行こうと考えているわけですが、実は再生産可能な持続的・自律的な魚介類の生態系を目指すことに最終的な目標を置いています。魚介類が再生産できる仕組みをきちんと持っている海というのは、生態系の構造とか機能がしっかりした海だという発想で行っていますので、今、岡市先生がおっしゃった意味では、漁業者の漁業活動を持続的に行うことができる海というものをイメージしながら、その 1 つ前の段階で生態系の診断をしていると考えていただけたらと思います。

それから、もう 1 つの話は難しいですが、最初の方に魚類の生産と一次生産の比率の話がありましたが、それが非常に単純な繋がりであれば、一次生産の何%というようなことで、魚の生産量を推定できます。そういうことが昔から、いろいろな形で行われているわけですが、どうもそのところが昔と変わってきていて、昔は割合に自然な状態で単純に何%という計算が成り立っていたのかもしれないのですが、一時すごく環境が悪くなったりして、貝などがどんどん減るとか、あるいは干潟などがどんどん減ってきているということによって、一次生産と高次生産をつなぐパイプの質を変わってしまっているかもしれないと思うのです。その正体がなかなか分からないのですが、単純な計算に乗らないようになっているのはなぜかということ、今考えようとしているところだろうと思います。

[本城先生]

そのほかにございませんでしょうか。

[多田先生]

分かりやすいお話をありがとうございました。有明海のことをよく知らないので教えてください。話の後半に出された右側にプランクトンの生態系、左側に干潟底棲生態系を表した長崎大学の松岡先生の図（本資料にない）ですが、1940年から比べて左側の干潟底棲生態系が弱ってきたという根拠には何かあるのでしょうか。そしてそれがまたその原因は、底層のDO濃度の減少なののでしょうか。

〔中田先生〕

そこも非常に難しいところですが、一つは干潟が減ってきていること。干潟を中心にした底棲生態系が有明海の特徴で、まだ干潟の面積が広く残っていますが、以前から比べると非常に減少しているのが、直接には大きな原因になっています。それから、今日はお話しできなかったのですが、実は濁りです。有明海は昔から浮泥の海といって、濁っているのがむしろ正常な状態でして、濁っているために光の制限が加わって、赤潮が起き難い海として知られていたのですね。ところが最近、たぶん潮流が弱くなって海底から捲き上がってくる分が減ってきて、また干潟が減って、そういう濁りの供給源が無くなっているんで透明度が上がってきて、赤潮なんかが頻繁に起きるような状態に変わってきています。そうすると、それが海底に堆積して貧酸素化を起こすというようなことが、特に湾の奥の方で大きな問題となってきております。干潟の面積が縮小していることに加えて、最近は貧酸素化の問題、環境の悪化がそれをさらに加速しているようなことになってきているのではないかと思います。

ただ、干潟底棲系の生態系とプランクトン系の生態系は相互に独立したものではなくて、たぶん昔は両者のバランスが取れてうまく物質が回っていたものが、片方の生態系（とくに干潟底棲系）の働き、機能が低下したためにバランスも失われ、全体がおかしなことになってきたというようなことがあるのではないかと考えています。だから、干潟底棲系の生態系をまず回復させれば、プランクトン系の方も良くなって行くのではないかと、そういうことを今考えております。

〔多田先生〕

もう一つ、左側の緑のラインが細くなってしまったというのは、基本的には干潟がまず減ったと。濁りの話もあるのだけれども、そういう意味で回復させるために干潟を増やすことが必要ですが、それは実際的に難しいと思うので、その辺はどうお考えでしょうか。

〔中田先生〕

そのとおりなのですが、干潟を増やさなくても貝が増えてくれば良いと考えることもできます。貝を少しずつでも増やしていくのに、どういう方法があるのかを検討しているところなんです。そこらへんは本城先生が良くご存じでかも知れないのですが。

[本城先生]

有明海では貝を増やすのに筑後川本流の水量を増していくのと、砂の供給を増加しないと、その解決が難しいのかなと思います。筑後川本流の水量を増やせば河口循環流ができて、佐賀海岸と諫早湾に人工堤防ができたことによる水循環力の弱さを補うことができるかなと思います。筑後川水量は依然と変わらないと言われているけれども、筑後川の大堰ができて佐賀平野と矢部川方面へ水がきれいに分配されて、本川から出る勢いがなくなっているようにも思います。そのあたりを加味して、今回の中田先生の話を加えて行けば、干潟は増やせないかもしれないけれども、元に戻らせようとするときに、だいぶ違ってくるのかもしれませんが。貝が増えてくればと思いますし、先ほどの先生の話に期待をしています。

[中田先生]

水産庁の方ではタイラギを増殖させるとか、カキ礁の増加をさせるようなことをいろいろ検討しておられます。

[本城先生]

一昨日、砂をどこから持ってくるかを東京で議論してきたところです。瀬戸内海とかなり似たようなところもあると思います。瀬戸内海に入ってくる大きな河川も筑後川と同じような運命をたどってきたようにも思います。そのあたりのところも総合論議の際に出てくればと思いますので、この話は少し置いておきましょうか。