

## 瀬戸内海の環境の現状と問題点

香川大学 農学部教授 多田 邦尚

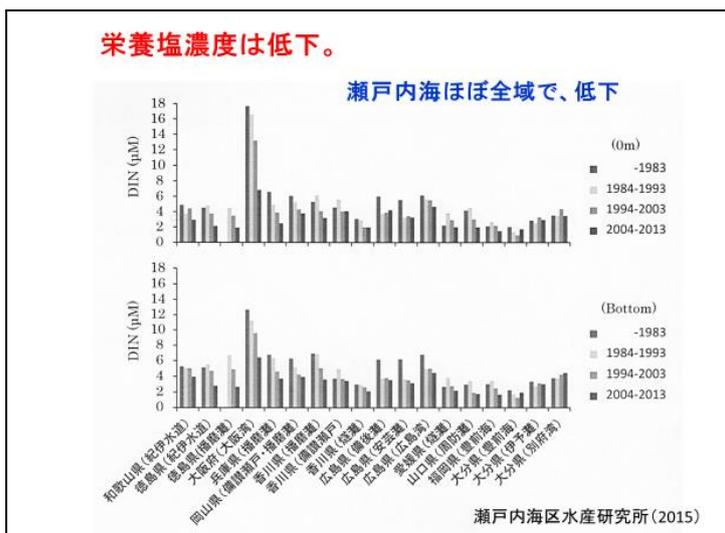


海グループのグループ・リーダーの多田です。海の研究をやっているのですが、瀬戸内海の現状と我々が今取り組んでいること、それから、その問題点についてお話ししたいと思います。

実は、瀬戸内海は、今、栄養塩濃度が非常に低下しています。この図の上が表層水、下が底層水での無機態窒素濃度です。上を見て下さい。無機態窒素濃度は東の和歌山から西

へ西へと九州まで見てみますと、10年スパンで83年まで、それから84年から93年、94年から2003年というように、どこの海に行っても、どんどん10年ごとに落ちてきています。ですから、瀬戸内海全域で窒素濃度が低下しているわけです。

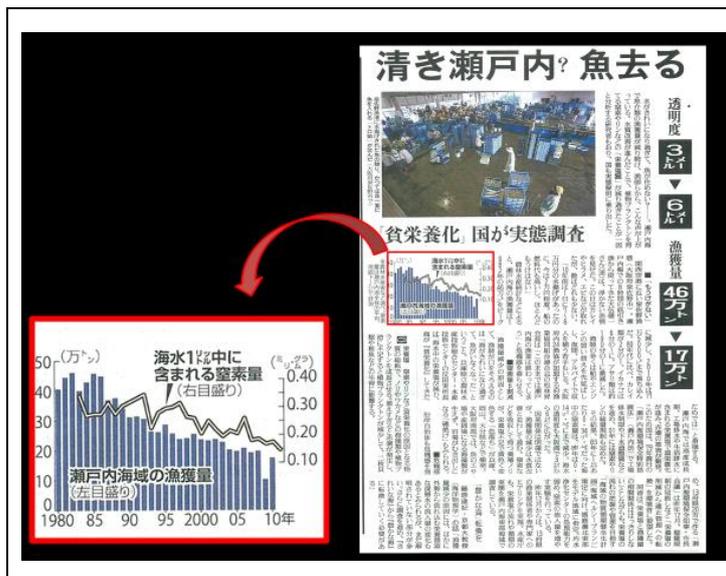
これは香川県の例ですが、海の窒素濃度が減ってくると、ノリが色落ちを起こすことがあります。ノリというのは本来黒い色をしているのですが、海水中の窒素濃度が不足すると、このように黄色いノリができて、味も悪いし、売り物にもなりません。そういう問題が、今起きています。



また、これは数年前の読売新聞のインターネットに出た記事で、非常にセンセショナルというか、話題になったものです。「清き瀬戸内? 魚去る」と言っ  
て、この折れ線が海水中に含まれる窒素の濃度で、右肩下がりに落ちてくると、それに従って縦棒で表した漁獲量も、どんどん落ちてきますという、そういうお話です。

一昨年、実は瀬戸内海は瀬戸内法施行 40 年を迎えました。高度経済成長期に非常に富栄養化して、窒素濃度が非常に高くなって、赤潮が多発して、「瀕死の海」と言われたのですけれども、当時、環境省が瀬戸内法という法律を作って、「陸から汚い水を流すのを止めましょう」という、具体的には「COD、NP 総量規制」と言うのですけれども、「これ以上の濃度の COD の水を海に捨ててはいけませんよ」。「これ以上の窒素、リンの濃度のある水を海に捨ててはいけませんよ」と言うような法律を作りました。

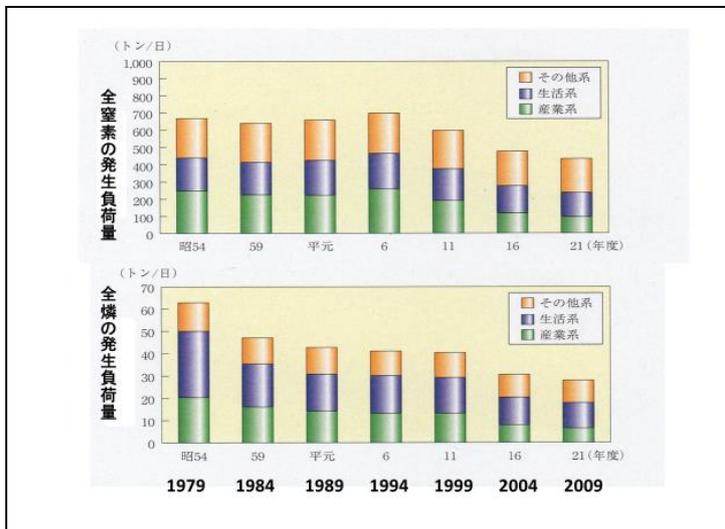
「40 年経ったら何が起こったか」と言うと、瀬戸内海の年間赤潮発生件数は現在 1/3 まで減少しているのですが、一方で、「富栄養化して困っていた海が、漁獲量が減って、ノリもできないような非常に貧しい乏しい海になってしまった」と言うことです。世界でここぐらいと書いておいたのですけれども、実は瀬戸内海という所は水槽です。瀬戸内海という水槽に対して、そこに水が流れ込んでくる所を流域面積というように呼びますが、水槽の大きさに対して流域面積が非常に狭かった。だから、たった 40 年で赤潮の海であったのが、ノリができないような海に変わってしまった。外国ではその水槽の大きさというより流域面積が異なります。例えばチェサピーク湾は瀬戸内海と同じような水槽の大きさなのですが、流域面積がむちゃくちゃに広いので、いまだに頑張っ  
て陸から入る窒素、リンを削減しようとしているのにうまくいかない。そういった意味で瀬戸内海は非常に



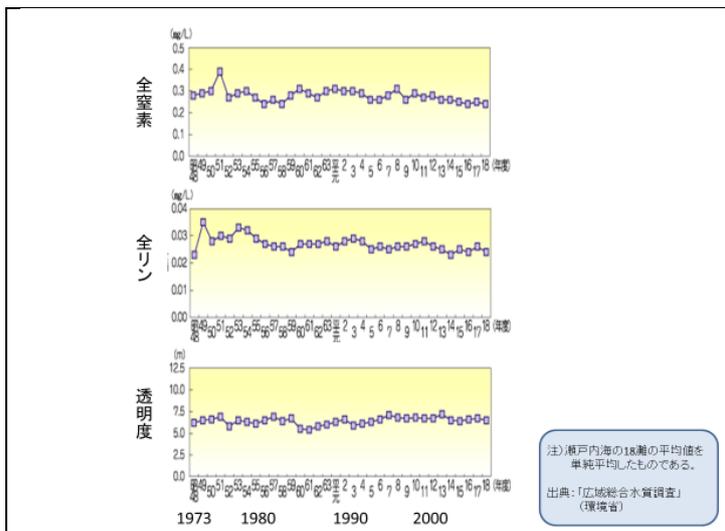
ずらしい、富栄養化の軽減では世界の最先端を行っているわけです。

一昨年、「それではいかん」と言うことで、瀬戸内法が改正されるのですが、「それでは今後の水質管理をどういうようにすれば良いのか」が今問題になっています。

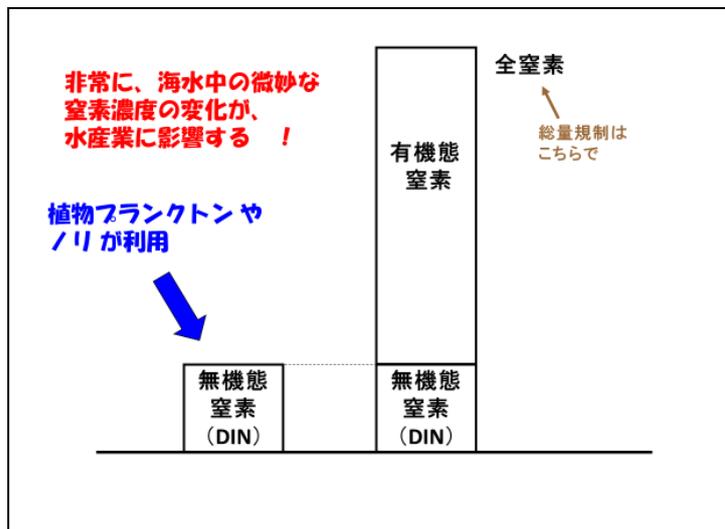
「陸から瀬戸内海に対して負荷している全窒素、全リン量がどのようになっていますか」と言うのがこの図です。上が窒素、下がリンです。これは1日何トンの窒素、リンを海に流してきたかという図です。リンは除去するのが簡単だったので、1980年代から負荷量が減ってきました。ところが、窒素は技術的に難しく、1990年代になって、やっと負荷する量を減らすことができてきたということです。



一方、海に入れる量はこういう感じで、リンに遅れて窒素が減ってきたのですが、それでは「実際の海水中の全窒素と全リンの濃度はどうなっていますか」と言うと、これが海水中の全窒素、全リン濃度です。下が透明度ですけれども、これを見たら分かるように、「全窒素も全リンも負荷量は減らして行くのだけれども、言うほど窒素濃度は落ちない」と言うことです。

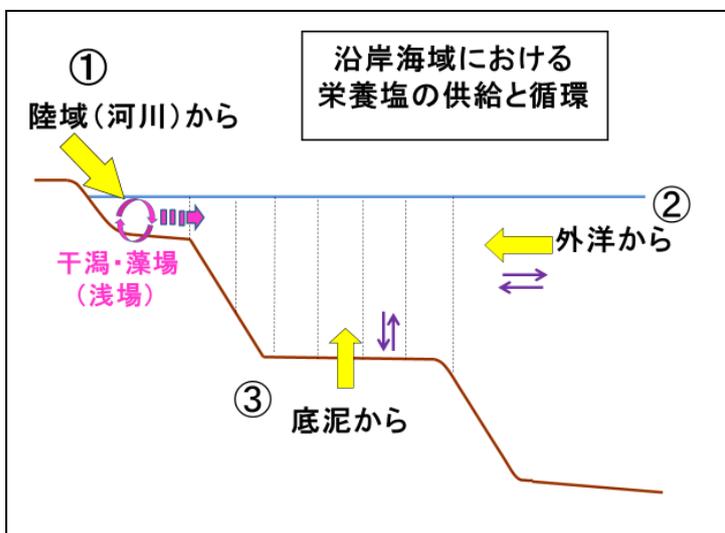


さっきは全窒素なのですが、ちょっと中身を見ておきますと、全窒素というのは有機態窒素と無機態窒素の和を全窒素と言っています。総量規制はこの全窒素量で総量規制をかけています。環境省はこっちはやるのですが、水産庁の方は無機態窒素の方をモニタリングしていて、これは直接バクテリアが分解しなくても、植物プランクトンやノリが直接光合成に利用できる形です。



残念ながら、水質分析をする時には常に誤差というものがあります。例えば、この高い値を誤差が10%あるとすれば、これぐらい値はふらつくわけです。無機態窒素濃度というのは確実に減少して行って、ノリもできなくなっているのですが、全窒素量が1割落ちた、2割落ちたとしても、こちらの分析誤差の中にはまってしまうということで、海水中の微妙な窒素濃度の変化を全窒素量でモニタリングしていたら分からないような範囲での、このDIN、無機態窒素の濃度減少が、実は、水産業に大きな影響を与えているということになります。

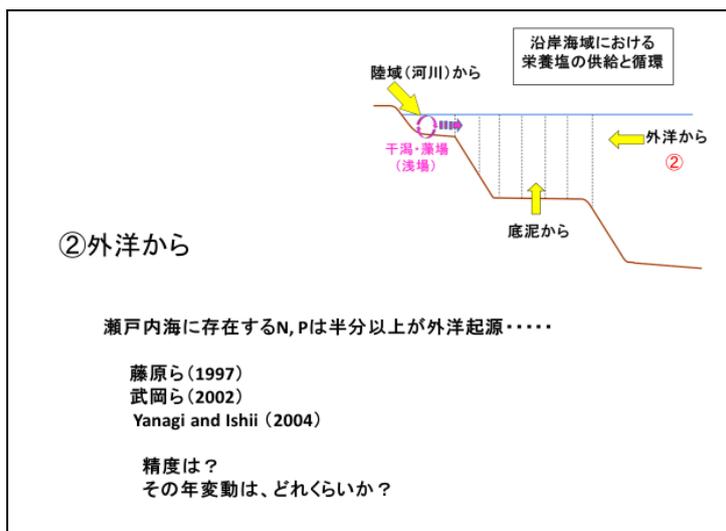
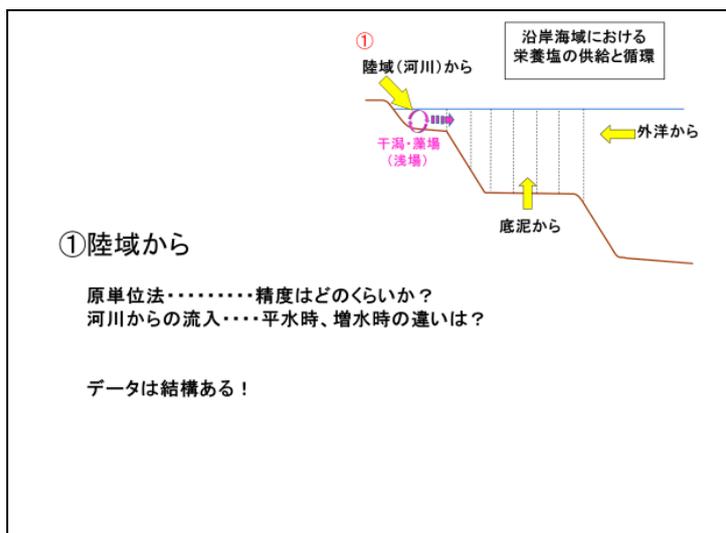
それでは瀬戸内海の栄養塩濃度、窒素やリン濃度、無機態の話ですが、「それはどのようなメカニズムで決まっているのでしょうか」と言いますと、一応、①の陸から入ってくるもの、②の外洋から海水交換で入ってくるもの、それから、③の泥から溶出してくるもの、この3つの矢印が考えられます。すなわち、この3つの矢印のバランスで海水中の窒素濃度は決まっているということになります。



ところが、そう言えば話は簡単なのですが、①から順番に見ていきますと、陸から入って来る窒素濃度は、環境省が原単位法という方法で見積もりを行っています。しかし、その精度がどれくらいなのか少し怪しいところがあります。また、河川からの流量、河川水のモニタリングも活発に行われているのですが、残念ながら、例えば、香川県なんかはほとんど川が流

れていなくて、雨の後、台風の後、増水時にドバツと海に入るということで、平水時と増水時の差が大き過ぎるという問題もあって、結構データがあっても、この矢印の量を見積もることが、難しいという問題があります。

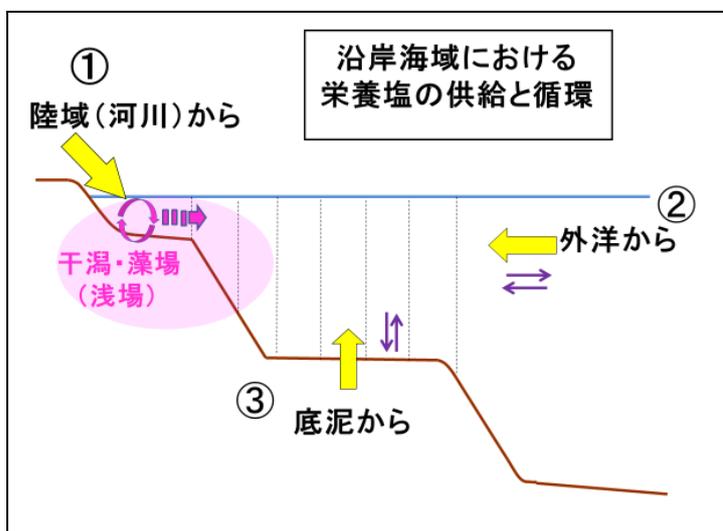
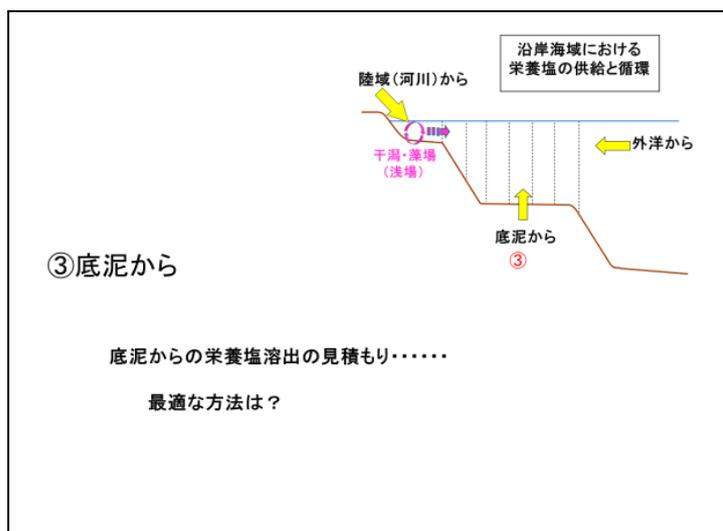
次に②の外洋からの海水交換で入ってくる窒素やリンですが、瀬戸内海に存在する窒素、リンは、半分以上が外洋から来るといって見積もられています。ところが、また、「この見積もりも精度がどのくらいあるのか」、あるいは「年変動がどれくらいあるのか」が、なかなか正確に求まらないという問題があります。



それから、③の泥から溶出して来る窒素やリンの濃度、量というのは、これがまた非常に難しく、僕、結構これを真面目に研究しているのですが、「どういう方法で見積もってやれば、あるいは測定してやれば、最も正確に、真の値に近い値が出るのか」と言うことに、今、非常に苦労しているところです。

もう一つ、ここに赤く塗っておいたのですが、川から直接海に入る窒素やリンもあるのです。だいぶ減ってきましたが、干潟や藻場という浅場を通して、窒素やリンが陸から入って行く時というのは、もう少し複雑なことが起こります。

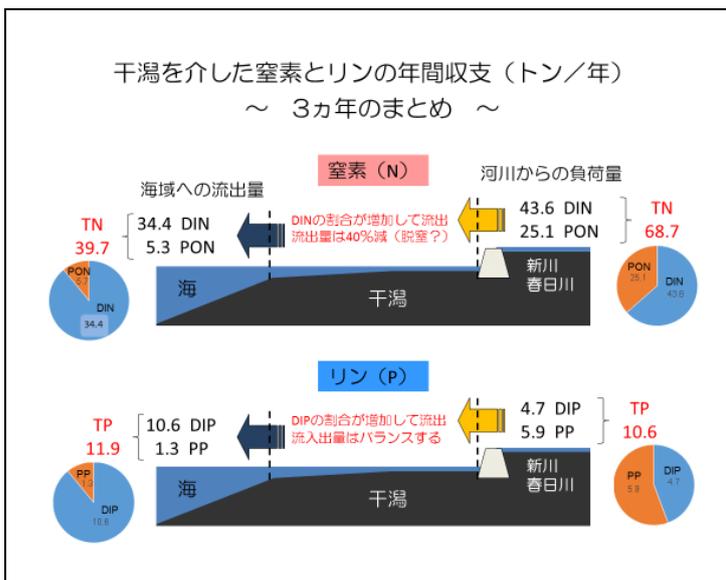
これは屋島の頂上から高松港を見下ろした写真ですけれども、ここに新川と春日川という川が流れて来ていて、新川・春日川河口干潟といわれる所です。これが満潮時の写真です。干潮時になると、こういうふうに干潟が現れてきます。



瀬戸内圏研究センターでは一見先生が活発に物質循環を研究されていて、我々のチームが3年間かけて見積もった結果、リンというのは、この新川・春日川河口干潟に年間 10.6t 入って来て、11.9t 沖合に出て行きます。10.6t 入って 11.9t 出て行くのでほぼ釣り合っています。ところが、入った量だけ出て行くのですが、中身が全然違いまして、入ってくる時は半分以上が懸濁態のリン、すなわち粒子態のリンで、ノリとか植物プランクトンが直接利用できない形なのですが、それが出て行く時には、ほとんど無機態のリンとして出て行きます。「形態が変わる」と言うことなのです。

一方、窒素で見えますと、68.7t 入って、39.7t 出て行きます。4割ぐらいはどっかに行って無くなるのですが、「おそらくこれは脱窒だろう」と考えています。窒素の場合もリンの場合と同じで、有機態の窒素、粒子態の窒素が半分弱入って来るのですが、出て行く時には、ほとんど無機態の窒素になって、出て行くということか分かってきました。

従って、「干潟ってどんなところなのか」と言いますと、窒素やリンが入ってきても7,8割は無機質に分解される。それから窒素の場合は4割程度が脱窒によって除去される場所である。ですから、「河口干潟というのは河川を通して陸から負荷された有機物を干潟内に捕捉して、豊富な酸化力と生物活性でスクラップしている所である」と言うことが分かってきました。



**【沿岸域における干潟の役割】**

- 干潟域では、河川から流入した懸濁物質（主に有機物）の大部分が一時的にトラップ。その後、無機化され、海域へ流入。
- 有機態窒素・リンの70～80%が無機物質に分解
- 窒素の負荷量の40%程度が脱窒により除去



沿岸域における干潟の大きな機能・役割は、河川を通じて陸域から負荷された有機物質を干潟内に捕捉し、豊富な酸素量（酸化力）と生物活性でスクラップしていることにある

今日、私が、今、お話ししたことをまとめますと、瀬戸内海の栄養塩濃度が低下している。これは事実なのですが、その原因がはっきりと分からない。それがはっきり分からないので、「栄養塩管理をどうやってするのですか」と言われても、なかなかそれが分からない。この辺が苦勞しているところです。それから、堆積物から栄養塩の溶出量を正確に把握することが今

#### まとめ

瀬戸内海の栄養塩濃度は低下しているが、その原因ははっきりとは、わかっていない。

栄養塩低下のメカニズムがわからないと、栄養塩管理はできない。

堆積物からの栄養塩溶出量を正確に把握することが、今後、重要。

干潟・藻場等の浅場の栄養塩循環に果たす役割も重要

⇒ 矢持先生の話聞いて、今後の瀬戸内海、我々の研究の参考に

後重要ということで、発表では言い忘れましたが、外洋から半分ぐらい来て、陸から入る窒素、リン量と泥から入って来る窒素、リン量を見てみると、数倍は下から来る方が高い。ですから、単純に汚い水をいっぱい海に入れるのを止めたから、瀬戸内海がきれいになったとは、単純には言えない部分があります。ですから、今、「泥からどれぐらい入って来るのか」と言うのを正確に見積もる必要がある。それから、今日は干潟の一例をお見せしましたけれども、「干潟も栄養塩循環に果たす役割として非常に重要である」と言うことです。

以上、我々はこういう仕事をして日々頭を痛めています。そこで、大阪市立大学の矢持先生をお呼びしました。今日、矢持先生は大阪湾に造成された塩性湿地の話をして下さるのでありますが、その物質循環の話をしていただけると言うことで、矢持先生の話をしっかり聞いて、ネタを盗んで、今後の瀬戸内海、我々の研究の参考にさせていただきたいと考えています。

以上です。