NPO 法人　有明海再生機構
「有明海再生に向けた新たなステップ」

平成 20 年 6 月 14 日(土)
於:増田会館　パル21

開催趣旨

有明海における潮流変化の原因究明、貧酸素水塊の発生状況と原因究明、底質・懸濁物輸送の変化等、これまで進められてきた調査・研究について、明らかになったこと、

課題として残っていることなどを、有明海再生に携わっている研究者が、一般の方とともに共通の認識を持ち、共有化して、今後の再生に向けての取組をさぐる。

NPO 法人　有明海再生機構
「有明海再生に向けた新たなステップ」

========開会========

【 事務局 】

皆さん今日は。それでは時間になりましたので今から始めたいと思います。

本日、司会を仰せつかっております有明海再生機構の空閑と申します。今日一日宜しくお願い致します。只今からシンポジウム「有明海再生に向けた新たなステップ－有明海の環境変化の現状認識から共有化へ」を開催致します。まず主催者を代表し、有明海再生機構楠田理事長がご挨拶致します。

主催者挨拶
【NPO 法人有明海再生機構 楠田理事長】

只今ご紹介を頂きました楠田でございます。本日は土曜日にも関わらずお忙しいところこのシンポジウムに多数ご参加を頂きまして有難うございます。心よりお礼を申し上げます。

ＮＰＯ法人有明海再生機構はこれまで有明海の再生に向けての方向性の議論や大学や各種研究機関で実施されています調査研究を把握し研究の進展に向けて支援してまいりました。これからも引き続き国や県の関係機関等と連携を図りながら、あわせて大学と共同して再生に向けた調査研究の新たなステップを構築し、その効果的な実施に向けて、今まで同様努力していく所存でございます。どうかご支援の程宜しくお願い申し上げます。

今年は５月１０日の意見交換会を皮切りに、シンポジウムをシリーズで開催してまいりました。５月２４日の佐賀大学の有明海総合研究プロジェクト成果公開シンポジウム、それから６月２日に行われました長崎大学で行われました日本水産工学会のシンポジウムを元に６月９日には「数値シュミレーションモデルによる有明海再生策のあり方」に関するミニシンポジウムを開催致しました。そして数値モデルについて深くご議論を戴きました。これらの集大成としまして本日は「有明海再生に向けた新たなステップ」を開催させて頂く運びになりました。今日はその有明海の環境変化に関わります現状認識を共有し、それを基に再生策を考えるという事を目指したいというふうに考えております。

また本日は、環境省　水・大気環境局水環境課長の河崎様がおいでになって下さっていますし、更に北海道大学名誉教授の向井先生には二枚貝の環境浄化の役割についてお話を頂戴する事になっております。更にこのシンポジウムでお話し下さいます佐賀大学の速水先生、いであ株式会社の堀家さん、鹿島の技術研究所の田中さん、九州大学名誉教授の本城先生、それから西海区の水産研究所の小谷さんを始めとしまして多数の皆様方よりお話を頂戴致します。お話し下さいます皆様方に心よりお礼を申し上げます。どうか本日のシンポジウムが有意義で実りの多い物となりますよう祈念致しまして開会の挨拶とさせて頂きます。本日は宜しくお願い致します。

【 事務局 】

来賓を代表して環境省　水・大気環境局水環境課長河崎様からご挨拶を頂きます。

河崎様は環境省　水・大気環境局水環境課長でいらっしゃいます。建設省入省後、滋賀県土木交通部長、国土交通省関東地方整備局河川部長などを歴任され現在に至られます。

来賓挨拶

【 環境省　水･大気環境局水環境課　河崎 和明　課長 】

皆さん今日は。只今ご紹介頂きました環境省水環境課長の河崎でございます。

本日、有明海の再生に取り組まれている皆様がお集まりのこのシンポジウムに参加をさせて頂く機会を頂戴致しました事に、厚く御礼を申し上げたいと思います。

只今ご紹介頂いたわけでございますけれども、川上さんと旧建設省の同期でございまして、昨年の１０月から環境省に参っております。川上さんから当地に来て、環境省の近況について話すようにという御指示がございまして、今日参らせて頂いたと言う事でございます。若干お時間を取らせて頂いて、お話をさせて頂きたいと思います。また昨日は、県の水産振興センターの船に乗せて頂きまして、有明海を諫早まで往復させて頂きました。現地も良く見させて頂いたという所でございます。

ご案内のように、有明海は美しい景観と特有の生態系及び豊富な水産資源を有しておるわけでございます。しかしながら近年、赤潮の多発や貧酸素水塊の発生により、魚場環境の悪化、貝類魚類等の資源状態の悪化、漁獲量の減少と言った問題が生じております。平成１２年の有明海の海苔不作を契機としまして、国民的資産でございます有明海及び八代海を豊かな海として再生させる事を目的とした有明海及び八代海を再生する為の特別措置に関する法律が議員立法により制定されまして、国としては有明海の再生の為、特別措置法に基づいて、県等の関係機関と共に各種の調査研究、有明海再生事業を推進している所でございます。しかしながら残念でございますが、未だ有明海再生に向けて明確な方針方策が十分には見出されていない状況でございます。こうした中、有明海の再生を願う研究者の方々が、ＮＰＯ法人有明海再生機構を設立され、大学、国、県、企業、ＮＰＯなどのネットワーク化の促進、調査研究のコーディネート、民間による研究への支援を実施されておられます事は、限りある人的資源、予算を効果的に利用するという点においても大きな意義がある物というふうに考えております。

有明海の再生に向けては、特別措置法に基づいて、有明海・八代海総合調査評価委員会が設置され、環境省がその事務局を務めておりますが、本日ご出席の先生方にも委員をお願い致しまして、これまで鋭意この問題に取り組んで頂いている所でございます。一昨年の１２月には、特別措置法の施行から５年以内の見直しに関し、国及び関係県の調査結果に基づいて有明海及び八代海の再生に係る総合的な評価を行い、委員会報告を取りまとめた所でございます。この委員会の報告では、有明海等が抱える諸問題に関し、得られたデータを基に、可能な限りの科学的な考察を行いまして、１つには具体的な再生方策、２項目としては解決すべき重点課題、３点目としては調査研究の総合的推進、４点目としては、海域環境モニタリングの継続強化等を再生への取り組みとして取りまとめております。このように一定の整理は出来たというふうに考えております

けれども、報告書にございます通り、有明海の再生に向けて更に解明を図るべき課題が多く残されてございます。

また、様々な再生方策の実施に関しては、その効果を継続的に検証していく事が重要でございます。その為にも評価委員会の役割は引き続き重要であるとの認識の元、地元からの要望も受けまして、与党から委員会を引き続き継続する為の法案が昨年１１月に国会に提出されております。従いまして評価委員会は開催の目途が立っておりませんけれども、環境省と致しましては、先の評価委員会の提言、これまで関係機関が実施してきた再生事業の成果等を踏まえ、関係機関と協力しながら、引き続き有明海の再生に資する調査を着実に推進したいというふうに考えております。

環境省が実施した、また実施している個別の調査について何点かご紹介させて頂きます。まず先程お話しました、委員会報告書にございます調査研究の総合的推進に関しまして、効果的な調査研究の為、これまで行われてきた、各分野の調査研究の体系的な整備、調査のマスタープランの作成、調査関係機関間の調整能力の強化、及び関連する情報の共有を進めるべきとの評価委員会の提言を受けまして、昨１９年度より３年間の予定で、有明海八代海総合調査推進業務を実施してございます。昨年度はこの業務を西海区水産研究所、それから当ＮＰＯ法人当有明海再生機構、そして株式会社いであの３社に合同で請け負って頂き、目標達成する上において必要な課題を検討する等して頂いておりまして、マスタープランを策定した所でございます。このマスタープランの案でございますけれども、各分野で現在取り組まれている課題に、今後取り組まれるべき課題を加え、具体的な達成目標に至る過程をロードマップという視覚的な形式で取りまとめて頂きました。本年度はこの計画案をたたき台としまして関係者の皆様との積極的な意見交換を行い、更なる課題の絞込みと研究内容の具体化等による内容の充実を図って参る予定でございます。次に貧酸素水塊の発生に関する調査では、１６年から１８年度に掛けまして、農水省と連携して有明海の貧酸素水塊の連続観測を実施致しました。その結果有明海では、貧酸素水塊が諫早湾内、それから鹿島沖の２箇所で発生する事が明らかにされました。また、発生機構には赤潮発生に伴う干潟縁辺域での急速な貧酸素化、成層化による沖合域での緩やかな貧酸素化の２パターンが観測されております。昨年度からは、貧酸素水塊のモニタリング、発生機構の検証を引き続き行うと共に、貧酸素水塊発生モデルを構築し、実測データの再現に努めております。今後各要因の寄与度を評価し、貧酸素水塊の発生を抑止する効果的な措置を特定していきたいというふうに考えております。また、評価委員会報告の重点課題に対応しまして、水産資源の回復に有効な対策の検討に資する２つの調査を昨年度から実施してございます。１点目は有明海の魚類の初期生残に影響する環境要因の評価という目的を達成する為に魚類の卵、死魚の採取及び水質流動、試料生物等の海域環境の観測を行ってございます。また２点目として北東部漁場における原因不明のタイラギ大量斃死の発生機構を解明する為、関係県とも連携して、タイラギ漁場における底層の水質環境の連続観測、底質中の硫化物質等の定期調査、タイラギの分布状況の調査、室内試験による底質環境の変化とタイラギへの影響評価を実施しておりましてタイラギの大量斃死に関与する底質環境の因子を把握する事により、海域環境の有効な改善策の特定を目指しているところでございます。

最後に今年２０年度より、新たに実施する調査としまして有明海湾奥部におきましては、底質の泥化や有機物の増加が指摘されておりますので、有明海の特徴であります大量の浮泥の挙動や

輸送状況がこうした底質環境の変化にどのように影響しているのか、海域環境モニタリングの一環として懸濁物の連続観測を実施し、浮泥の蓄積機構を明らかにしていきたいというふうに考えてございます。

以上述べましたように有明海の再生に関する調査は環境省の他、関係機関が連携して実施しております。一方、こうしたシンポジウムの開催を通じて強化される研究者間の連携が豊穣の海である有明海の再生となって実を結び、有明海が貴重な自然環境と水産資源の宝庫として後世に継承される事を節に希望する物でございます。最後になりましたが今後の有明海再生機構の発展を祈念すると共にシンポジウムの開催にご尽力された楠田理事長を始めとする関係の皆様、佐賀県の皆様に敬意を表しまして私からのご挨拶とさせて頂きます。本日はどうも有難うございました。

＝＝＝＝＝＝＝＝＝第１部　講演＝＝＝＝＝＝＝＝＝

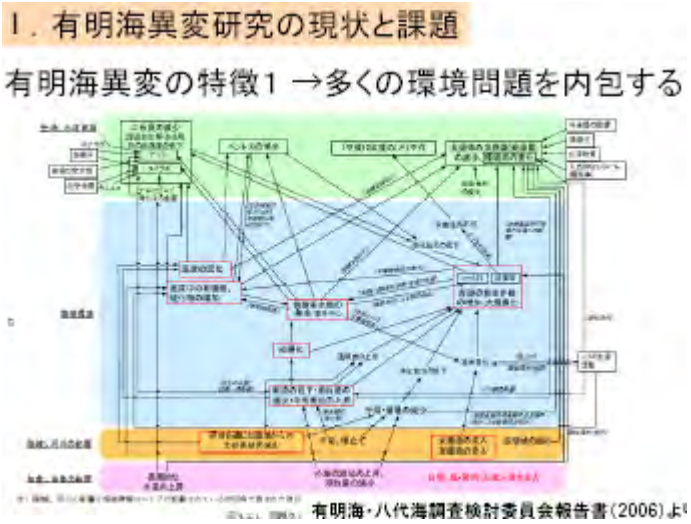
「現在までに明らかになった有明海の環境変化の現状認識」

〇有明海奥部における底質・懸濁物輸送の変化について

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト 准教授 速水 祐一 】

只今ご紹介頂きました佐賀大学の速水です。私の方からは今日は「有明海奥部における底質・懸濁物輸送の変化について」という事でお話をしますが、前半で「有明海異変研究の現状と課題」後半の部分で「有明海奥部における懸濁物輸送と底質変化」のお話をします。

まず有明海異変の研究の現状と課題についてですけれども、まず有明海異変の特徴としましては、非常に多くの環境問題が内包するという点にあります。これは環境省の委員会の報告書から持ってきた有明海異変に含まれる様々な現象の相互関係を示した図ですけれども、これを見ましても二枚貝の減少、二枚貝以外のベントスの減少、それからノリの不作、それから魚類の減少、それから底質の変化、それから赤潮の問題等、非常に多くの問題が含まれている事が分かります。



それから次にもう一つの特徴として、時代や場所が異なる複数の問題が含まれているという点があります。これは例えば、潮流の低下と言うように一括りにされる問題であっても、この中には１９７０年代以前の湾奥部の干拓に伴う影響、諫早湾の締め切りに伴う影響、外海潮汐の変化に伴う影響、その他には月の昇交点の変動等様々な問題が複合的に含まれています。それから別の例として底質の細粒化の問題を挙げますと、筑後川の感潮域の細粒化が進んだのは、１９６０年代から７０年代と言われています。それから熊本沖の場合だと、１９７０年代から７０年代に掛けて進んだというふうに報告されていますし、一方、有明海の奥部太良沖の海域だと１９９０年代以降に顕著な細粒化が進んだというふうに言われています。

有明海異変の特徴2
→時代や場所が異なる複数の問題が含まれている

例1）潮流速の低下
1970年代以前の湾奥部干拓
諫早湾締切
外海潮汐の変化
(月の昇降点変動)
など

例2）底質細粒化
筑後川感潮域（1960～70年代）
熊本沖（1970～80年代から）
湾奥南西部（1990年代以降）
など

「有明海異変」とひとくくりにされているが，明らかに問題は複合的．
⇒問題を整理し，重点的に研究すべき問題の明確化（研究者間のコンセンサス構築）が必要

このように有明海異変と言う言葉は、問題を一括りにするのに便利な為に良く使われるわけですけれども、実際の問題は、明らかに複合的です。従って、こう言った問題、複数の問題が含まれている問題群を整理して、重点的に研究すべき問題を明確化する、更には研究者間で、何が重要な問題なのかと言う事をコンセンサスを構築するという事が必要であるというふうに考えております。

以下では，これまでの様々な研究と，佐賀大学有明海総合研究プロジェクトの研究成果をもとに，有明海奥部における環境異変の発生機構について仮説をまとめる．

●ここでは，「有明海異変」のうち，1990年代以降に顕在化した問題を対象にする．

●対象水域は有明海奥部に限定する．

●アゲマキの問題は，他とは独立して病気の影響が疑われるので，ここでは対象外とする．

以下の分では、これまでの様々の研究機関、研究者の研究結果と、佐賀大学有明海総合研究プロジェクトのこれまでの研究成果を基に有明海の奥部における環境異変の発生機構について仮説をまとめてお知らせします。但し、ここでは有明海異変のうち１９９０年代以降に顕在化した問題に絞って対象とします。それから対象とする水域は、有明海奥部、有明海奥部と申しますのは、三池港、竹崎島を結ぶ線よりも北の部分、ここに限定します。それからその中でもアゲマキの問題に関しては、他の問題と独立して病気の影響が疑えるので、ここでは対象外と致します。

有明海奥部における環境異変に含まれる問題

1)ノリの生産不安定
2)赤潮の増加
3)透明度上昇
4)貝類（タイラギ・サルボウ）漁獲量減少
5)底質の細粒化
6)貧酸素水塊の発生
7)底魚を中心にした魚類漁獲量減少

そうしますと、有明海奥部における環境異変に含まれる問題として、このような７つの問題が挙がります。１つはノリの生産の不安定、それから赤潮の増加、透明度の上昇、二枚貝類、特にタイラギとサルボウの漁獲量の減少、それから底質の細粒化、貧酸素水塊の発達、それからそこを中心とした魚類漁獲量の減少というこう言った問題です。これらについて１つ１つ見ていきます。

1)ノリの生産不安定

酸処理導入以降→ノリの生産枚数は栄養塩レベルを制限する植物プランクトンの発生時期に左右されている．　（川村，2006）

⇒ノリ生産が不安定化する主要因は秋冬季の植物プランクトンのブルーミングにある

最初にノリの生産不安定ですけれども、これに関しては、佐賀県の川村さんによって、酸処理が導入された以降については、ノリの生産枚数は、栄養塩レベルを制限する植物プランクトンの発生時期に基本的に左右されているという事が、報告されています。即ちこれは、ノリの生産が不安定化する主要因は、秋・冬季の植物プランクトンのブルーミングにある事を示しています。

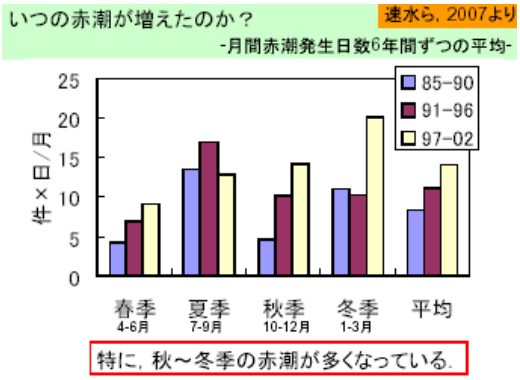
2)赤潮の増加

有明海奥部における赤潮問題
1．年間赤潮発生日数の増加
2．有毒藻類のブルーミング（特にシャットネラ）

シャットネラ赤潮：1980年代末以降発生．
単調に増加しているのではなく，大発生する年とそうでない年がある．
⇒疫学的検討からでは原因不明

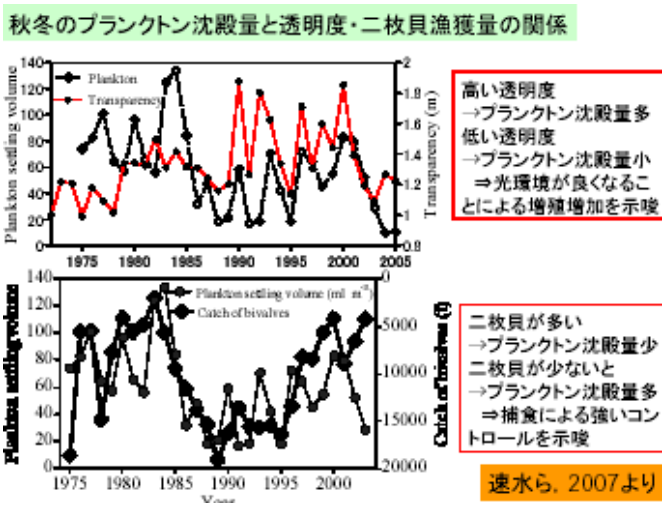
次に赤潮の問題です。有明海奥部における赤潮の問題については、大きく分けて２つの問題があります。１つは年間赤潮発生日数の増加、それから２番目の問題は、有毒藻類のブルーミング、特にシャットネラの問題です。この内シャットネラに関しては、これは１９８０年代以降に赤潮が発生するようになったわけですけれども、単調に増加してきているわけではなくて、大発生する年とそうでない年がある。これまで様々な検討が行われてきたわけですけども、疫学的な検討からでは現在の所まだ原因がよく

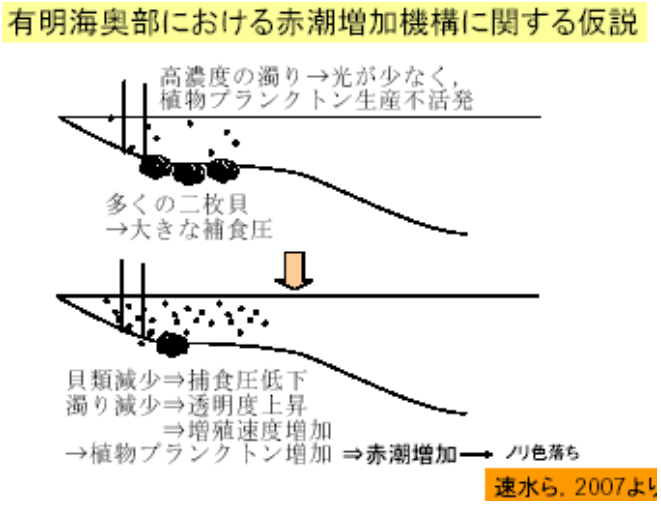
分からないと言う状況にあります。従って、ここでは１番の年間赤潮日数増加の問題についてこれに関してはある程度研究が進んでいますので、こちらについて見て行きます。



まず、いつの赤潮が増えたのかと言う事ですけれどもこれを１９８５年から９０年、９１年から９６年、９７年から２００２年と６年ずつに区切って季節別に赤潮の発生日数を見て行きますと、夏に関しては赤潮は多いのですけれども、長期的に増えて来ているわけではない。長期的に増加が著しいのは秋と冬であるという事が分かります。

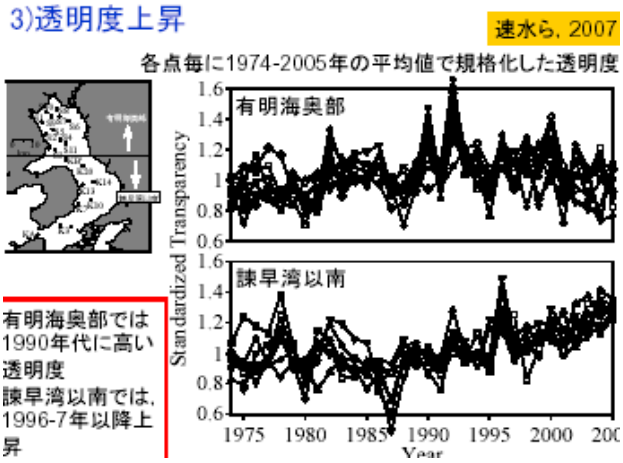
そこでこの秋と冬の赤潮の増加の原因を調べる為に、秋冬のプランクトン沈殿量と透明度、それから二枚貝との関係について検討しました。これは佐賀県の有明水産振興センターで長年モニタリングされてきたデータに基づいた解析です。こちらの図は、これは、赤が透明度、それから黒が植物プランクトンの沈殿量を示したものですけれども、透明度が高いとプランクトンの沈殿量が多い。それから透明度が低いとプランクトン沈殿量が少ないと言う非常に綺麗な関係がある事が分かります。これは即ち光環境が良くなる事によって、植物プランクトンの増殖が増加したという事を示唆します。それから下の図は、これは上と同じくプランクトン沈殿量とそれからもう一つは佐賀県海域における二枚貝の漁獲量の変動を示した物です。二枚貝の方はこれは殆どがサルボウで占めています。両者比較しやすいようにこの二枚貝の漁獲量の方は、上がゼロで一番下の方が大きくなるように軸を逆に打っています。これを見ますと二枚貝が多いとプランクトン沈殿量が少なく、二枚貝が少なくなるとプランクトン沈殿量が多くなるという事が分かります。これは二枚貝の捕食によってプランクトン量が強くコントロールされていると言う事を示唆します。こうした事から我々は有明海奥部における赤潮増加の機構に関して、このような仮説を持っています。即ちかつて高濃度の濁りがあった時期に関しては、光が少なくて植物プランクトンの生産が不活発であったと、一方この時期には、多くの二枚貝がいて非常に大きな捕食圧がかかっていた為に更に植物プランクトンを少なくしていた。現在貝類が減った結果、捕食圧が低下した。それから濁りが減少して透明度が上昇した結果、





光の環境が良くなって植物プランクトンの増殖が良くなった。その結果植物プランクトンの量が増加して赤潮が多発するようになった。それが更にノリの色落ちに結びついていると、このような仮説を考えています。

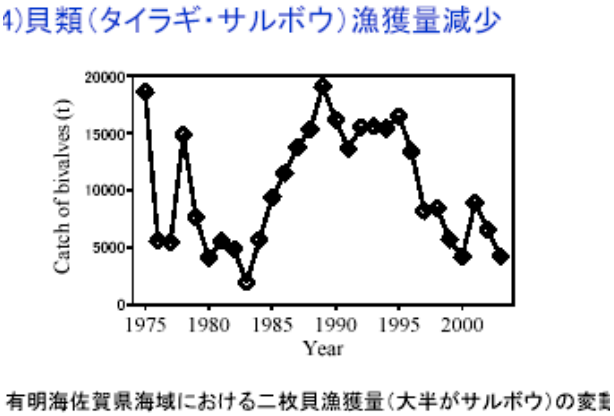
次に透明度の問題ですけれども、透明度に関しては、有明海奥部と諫早湾よりも沖の部分の特に西岸側に分けて比較してみました。これは年間の平均透明度でもって規格化して示した有明海奥部と諫早湾以南の各点の透明度の経年変化を示した物ですが、これを見ますと有明海奥部は、１９９０年代に非常に透明度が高かったのに対して、諫早湾以南では、１９９７年頃を境にしてジャンプをするように透明度が高くなって、それ以降高い状態が続いているという状況が分かります。これは１９９７年以降、諫早湾以南、沖の方では、諫早湾を締め切られた事によって、表層を流出する懸濁物が減少してその結果透明度が上昇したというふうに考えます。一方で、１９９０年代の有明海奥部における透明度の高い状態に関しては、現在までのところ原因が確定しておりません。考えられる原因としては、外海水との海水交換の促進、それから潮流潮間帯面積の減少、懸濁物の撒き上げの減少、それから風波による再懸濁の減少、それから筑後川を代表とした河川の環境域からの懸濁物供給量の減少と言った事が挙げられますが、これについては今後、我々のグループでは懸濁物の輸送モデルによって検討したいというふうに考えております。



1997年以降の有明海西部諫早湾以南における透明度上昇→諫早湾締切の影響が疑われる

1990年代の有明海奥部における高透明度
→原因未確定
考えられる要因 ⇒今後モデルによる検討
外海水との海水交換促進
潮流・潮間帯面積減少→懸濁物巻き上げ減少
風波による再懸濁減少
河川感潮域からの懸濁物供給量減少

次に貝類の漁獲量の減少ですけれども、これは佐賀県有明海佐賀県海域における二枚貝の漁獲量の変化を示したもので、大半はこれはサルボウです。これを見ますと１９９７年を境に急激に漁獲量が減って現在低いレベルにあるという事が分かります。この現象について考えてみます。我々の研究グループの吉野らの研究によって１９８９年から２００６年の間の有明海奥部におけるベントスの減少については、これマクロベントス一般ですけれども、貧酸素、それから底質変化が原因であるというふうに結論付けられています。これに対してサルボウと言う二枚貝は、元々から泥底に生息している生き物です。従って底質変化が原因とは考えにくい。



サルボウの減少については基本的に、貧酸素による斃死。それから我々の調査でも貧酸素化と言いますか無酸素になった時にサルボウが大量に斃死している状況を実際に確認しております。こうした事からこのサルボウの減少については、貧酸素化が主要な減少要因というふうに推定されます。それからまた、底魚を中心にした魚類の漁獲量の減少についても同様に貧酸素化の影響が強く疑われます。

サルボウ減少の要因

1989～2006年の有明海奥部におけるベントスの減少→貧酸素・底質変化が原因
（Yoshino et al,2007）
サルボウ：元々から泥底に生息
貧酸素による斃死確認
⇒貧酸素化が主要な減少要因と推定される

【7. 底魚を中心にした魚類漁獲量減少】についても，貧酸素化の影響が強く疑われる

二枚貝のもう一つの大きな問題、タイラギの減少については佐賀県有明水産振興センターの伊藤さんらによって報告されたように、１９９０年代後半以降、湾奥西部海域の漁場壊滅が起きたのが一番大きな問題であると、これに関しては、底質の細粒化による着底直後の稚貝の生残力の低下による可能性が大きいと言う事が報告されています。従って底質の変化が、致死量に繋がるという事です。そこに加えて更に、漁場造成を行ってもナルトビエイによる食害があると、それから有明海の東部海域に関しては、現在、立ち枯れが問題になっていましてこれに関しては、病気が疑われていると、こう言った問題がある為に、資源が回復しないと言う状況にあるものというふうに考えています。

タイラギ減少の要因

1990年代後半以降，湾奥西部海域の漁場壊滅
→底質細粒化による着底直後の稚貝生残率低下による可能性大（伊藤，2006）
⇒主要因と考えられる

＋ナルトビエイによる食害（河原ら，2004）
立ち枯れ（病気?）（伊藤，2006）

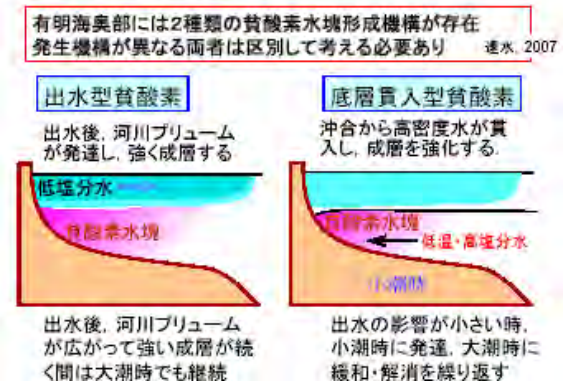
５番目に、底質の細粒化ですけれども、これについては次で詳しく検討しますが、これについて有明海奥部では２つの問題があります。１つは、湾奥東部におけるシルトの増加。もう１つは湾奥西部における粘土の増加で、こちらの方の問題がタイラギの漁場壊滅に繋がっています。こちらの問題に関しては、主要因としては現在外海からの潮汐の減少、それから沖合からの懸濁物供給量の増加という２つの原因を考えております。これについても我々は懸濁物輸送モデルでもって今後検討したいというふうに考えています。

5)底質の細粒化（IIで詳しく検討）

海域による違い
湾奥東部におけるシルトの増加
湾奥西部における粘土の増加　：タイラギ漁場壊滅
⇩
主要因（どちらか，あるいは両方）
*外海の潮汐振幅減少
*沖合からの懸濁物供給量増加の可能性

最後に貧酸素水塊の発生ですけれども、有明海奥部の貧酸素水塊には、２つの形成機構が存在し、両者発生機構が異なります。従って区別して考える必要があるというふうに考えています。１つは出水型の貧酸素で、これは大雨が降った後に河川の大量出水によって海域が広く強く成層し、その結果強い成層が続く間、貧酸素水塊が発達すると言うこういう現象です。もう１つは底層貫入型貧酸素として、これは河川流が少ない状態において小潮時に沖合から高塩分高密度の水が底層に侵入して成層が強化され、その結果貧酸素水塊が形

6)貧酸素水塊の発生



成されると言う物です。こちらに関しては、小潮時に貧酸素水塊が発達する一方で大潮になると緩和解消を繰り返します。こうした両者に分けて検討して見ますと、出水型貧酸素について、有明海の底層の酸素濃度のデータと言う物は実はそれ程多くあるわけではありません。最も重視したデータは、浅海定線調査で、１９７２年から毎月のデータがあるのですけれども、これは大潮の時期に限られます。これについて詳しく検討して見ますと、貧酸素が観測された場合の殆んどは出水後に相当しており、これにより取り上げられているのは、出水型貧酸素に限られている事が分かりました。一方底層貫入型の貧酸素に関しては、これは２０００年以前の過去に遡って比較できるデータが殆んどないと言う事が分かっています。一方、この浅海定線調査のデータを詳しく見てみますと、まず河川流動の変動の影響で非常に変動が激しいと言う事が分かります。何とかして河川流動変動の影響を少なくして解析してやろうと言う事をやって見ますと、１９９０年代以降に貧酸素が深刻化した証拠がないと言う事が見えてきました。寧ろ河川流動変動を考慮して解析すると１９８５年頃よりも１９９０年代の方が湾奥底層の酸素は豊富であると言うデータすら見えてきます。一方底層貫入型の貧酸素に関しては、貧酸素が進行した証拠が、データがない、見当たらないという状況にあります。そうであれば１９９０年代以降、有明海湾奥底層の貧酸素化が進んでいないのかと言いますとそうは思えない。それはベントス層の貧弱化、底質の変化から貧酸素化が進んだとしか考えられないというふうに思われています。従って、過去のモニタリングデータ数の限界を乗り越えて、いかに納得できる結論を導くかと言う事が１つ大きな課題となっています。貧酸素化が進行された可能性のある要因としましては、底層貫入型の貧酸素については、理論的には、潮流が弱まると発生しやすくなる、ないしは長期化しやすくなるという事が分かっています。それから底層貫入型の貧酸素には、還流水の源となる島原沖の底層水の溶存酸素濃度、これについても長期のデータはないのですけれども、これが影響するという事が分かっています。また湾奥部への有機物供給量が増加して酸素消費速度が増加した可能性があるという事が指摘されています。この有機物供給量の増加の原因としましては、堤先生らの研究では、秋の赤潮の増加が原因であるというふうに指摘されています。また我々の研究では、諫早湾では夏の成層期に１９９７年以降大幅に赤潮が増加したという事が分かっていますので、そこから輸送されてきた可能性があると言う事を指摘しています。こう言った要因に

出水型貧酸素

浅海定線調査（1972年から毎月のデータあり）で捉えられているのは出水型貧酸素

浅海定線調査データからわかること
＊河川流量変動の影響で，変動が非常に激しい．
＊1990年代以降に貧酸素が深刻化した証拠なし．
（河川流量変動を考慮して解析すると，1985年頃より1990年代の方が湾奥底層の酸素は豊富）

底層貫入型型貧酸素

2000年以前の過去に遡って比較できるデータなし
→貧酸素化が進行した証拠なし．

現状では，1990年代以降に貧酸素が深刻化した証拠なし

1990年代以降，有明海湾奥底層の貧酸素化は進んでいないのか？

ベントス相の貧弱化，底質変化からはそうは考えにくい．

課題：
過去のモニタリングデータ数の限界を乗り越え，いかにして納得できる結論を導くか．

貧酸素を進行させた可能性がある要因

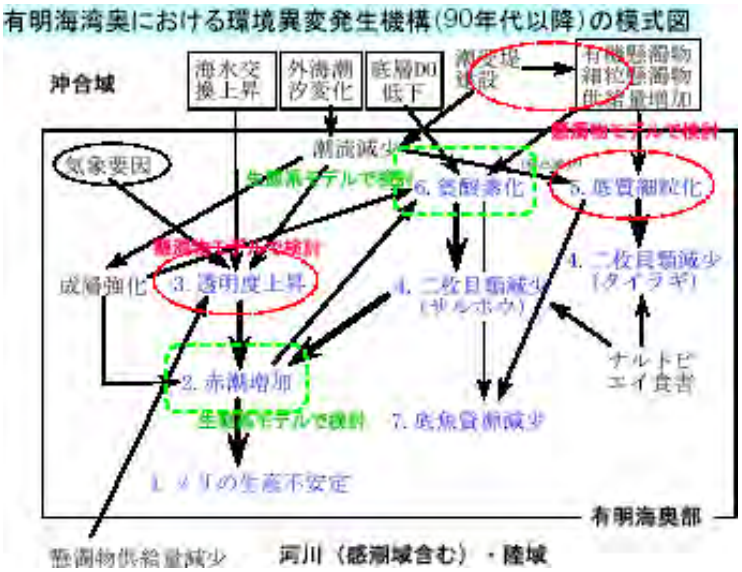
＊底層貫入型貧酸素は，理論的には，潮流が弱まると発生しやすく（長期化しやすく）なる
＊底層貫入型貧酸素には，貫入水の源となる島原沖底層水の溶存酸素濃度（長期データなし）が影響
＊湾奥への有機物供給量が増加し，酸素消費速度が増加した可能性あり

秋季の赤潮増加（堤ら，2007），
諫早湾の赤潮増加（速水ら，2008）

⇒データ解析を工夫すると共にモデルによって検討

ついて、データ解析を工夫すると共に、今後モデルによって検討して行きたいというふうに考えています。

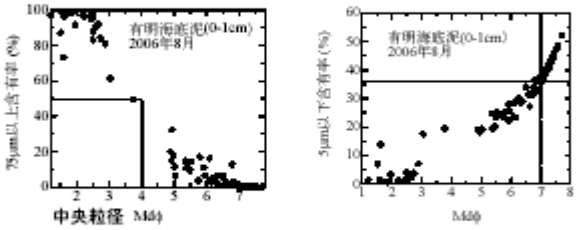
以上の検討結果を比較して一つの関係図を作って見ました。この様になります。まず、ノリの生産の不安定に関しては、これは赤潮の増加が主要因であると、赤潮の増加に関しては、透明度の上昇と二枚貝の減少が主要因というふうに考えられていて、それ以外に熊本県立大学の堤先生が指摘されているように、成層の強化と言う物も原因として挙げられています。透明度の上昇については、何が主要因かと言う事がはっきりしておらず、河川感潮域からの懸濁物の供給量の減少、気象要因、海水交換、潮流と言った物の変動を合わせて今後評価して行きたいと考えています。二枚貝のうちサルボウについては、これは貧酸素化が主要因であろうと、タイラギについては底質の細粒化が主要因であろうと、底質の細粒化に関しては、沖合からの懸濁物供給量の変化とそれから潮流の減少の２つが疑われています。貧酸素化に関しては、これも主要因が何かと言う事は現時点では、はっきりとしておりませんで、赤潮の増加、成層の強化、それから沖合の底層 DO の変化、有機物供給量の減少というこう言った物の内何が原因なのかと言う事を今後検討して行く必要があります。我々は赤潮の増加に関しては、これから生態系モデルで検討、透明度の上昇については懸濁物モデルで検討、それから底質細粒化については、潮流と沖合からの懸濁物供給とどちらが効いてくるかと言う事を懸濁物モデルで検討。更に貧酸素化についても生態系モデルで検討して行きたいというふうに考えております。



次に有明海奥部における懸濁物の輸送、底質変化についてお話します。これは山本らがつい最近報告した有明海奥部の底質分布の変化についての報告を借りてきた物です。ここでは有明海奥部の底質の変化について、中央粒径これを Mdφというスケールでもって表しますけれども、それが４のラインと７のラインに着目して見て行きます。ここで Mdφが４と言う所は泥が５０％を占めるそういう境界、それから Mdφが７よりも大きい部分では泥の含有率が１００％になる、そう言う海水域を示しています。

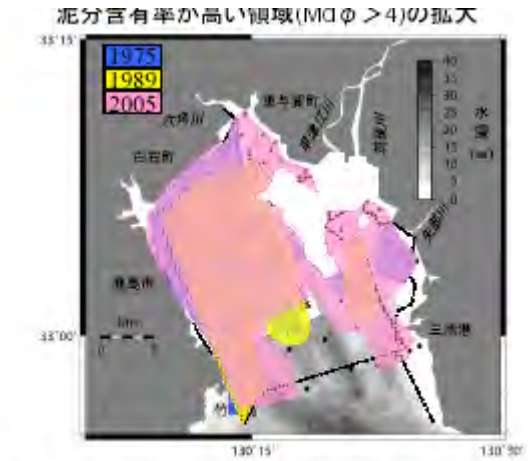
II-1 底質分布の変化 （山本ら, 2008）

有明海底質の中央粒径と底質の性状
Mdφ＝4 と Mdφ＝7



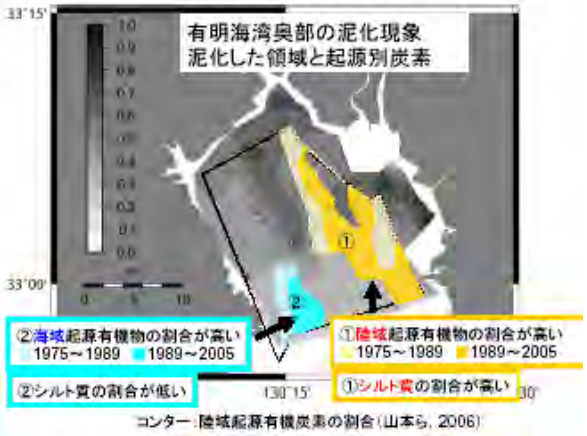
Mdφ	泥分含有率	粘土含有率
4	50%	10～20%
7	100%	37%

まずこの Mdφが４以上の水域の変化について見て行きます。１９７５年の鎌田からの報告によると、Mdφが４よりも大きい部分がこうした所に広がっています。それから１９８９年の有明水産振興センターの調査によると、大体こう言った所に広がっていてそれ程大きな変化はありませんでした。それに対して２００５年の佐賀大学の調査では、Mdφが４よりも大きい海域は、ここまで広がっていました。これを比較して見ますと、細粒化が進んだ分と言うのは、この塩田川沖海底水道の沖のこの部分とそれから有明海湾奥東部のこの部分の２つによって分かります。



1975(鎌田ら, 1980), 1989(古賀ら, 1991), 2005(山本ら, 2006)

この内こちらの方は、海域で生産された有機物の割合が底泥中に多い海域、一方でこちらの方は底泥中に陸域由来の有機物が沢山含まれていると言う海域に相当します。またこちらの方はシルト質の割合が比較的低いのに対して、こちらの方はシルトを多く含んでいると言う特徴があります。即ち有明海の含泥率増加域の特徴としましては、まず東側の部分では陸域起源有機物を多く含み、粗粒シルトが多く、陸域由来の泥分による増加をしていると考えられます。もう１つ西側の含泥率増加域に関しては、海域起源の有機物を多く含み粗粒シルトが少ないと言う事から、海域起源の泥による泥化が進んだというふうに考えます。次にここからは海域起源の泥による泥化が進んだと思われるこちらの海域に着目します。ここで含泥率分布が増加した領域の拡大をMdφが７よりも大きい分について見て行きます。１９７５年の時点では、Mdφが７のラインは、こう言う所にあったのに対して、１９８９年では、これとあまり変わりません。それが２０００年になるとここまで広がり、２００５年の我々の調査と比べると余り大きくは変わっていません。即ちこの海域の細粒化と言う物は太良町の沖合で１９８９年から２０００年の間に粘土化が進んだと言うそれが問題であるという事が分かります。

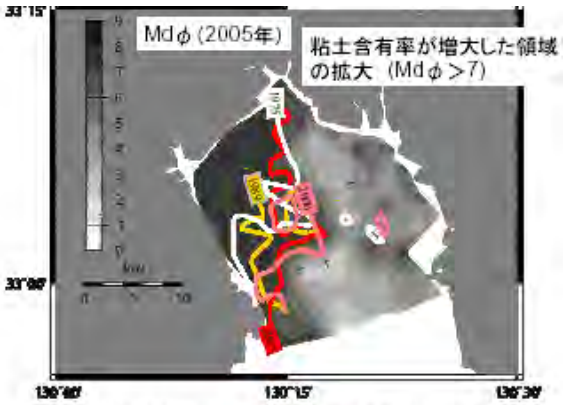


有明海の含泥率増加域の特徴

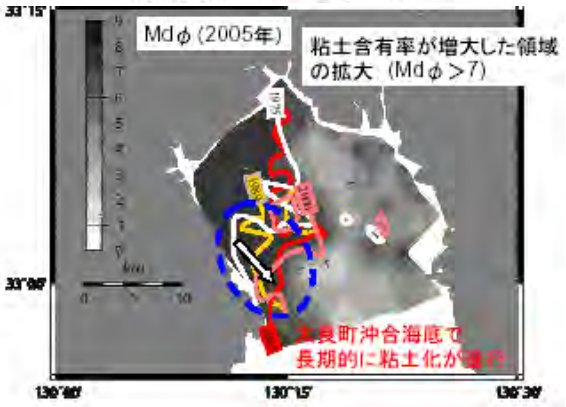
- 東側含泥率増加域:
  陸域起源有機物を多く含み，粗粒シルト質が多い＝陸域由来の泥分による泥化
- 西側含泥率増加域:
  海域起源有機物を多く含み，粗粒シルト質が少ない＝海域の泥分による泥化

そこでこの海域の海底の粘土堆積領域について音響探診器によって観測を行いました。こう言ったラインについて音響探診器によって観測をした結果がこれで、一番上の図がこのライン、これがこのライン、これがこのラインの断面になります。こちら側が諫早湾側、こちら側が東側になります。これを見ますと、海底谷よりも諫早湾側が泥で東側が砂泥になっている様子が分かります。また、この海底谷の部分が南の方ではこの様に丁度泥と砂泥が境界になっているのに対し

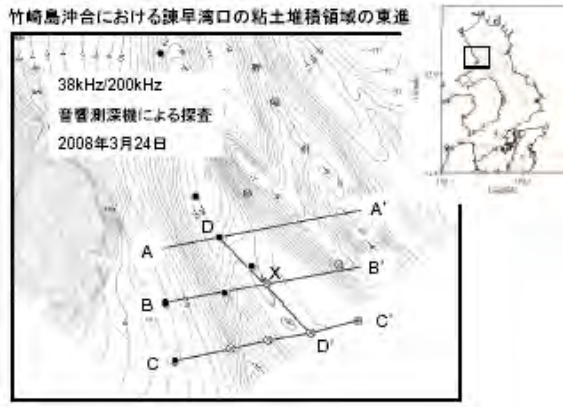
て北に上がるにつれて海底谷が泥によって埋まっている様子が分かります。更に拡大してみますと、この縞々になっている部分が泥が堆積している状況を示していますけれども、諫早湾側から海底谷が泥によって埋まり、泥が泥化した領域が東に進んでいるという様子が分かります。こうした事から太良町沖合の底質細粒化の特徴としましては、長期的に粘土の含有物が上昇している。海域由来の有機物の含有率が高い。それから諫早湾口の粘土堆積領域が拡大する事によって海底谷内物質が発生している。そして海底谷が埋没すると粘土の堆積領域が東進するという、そういった事が結論として言えます。

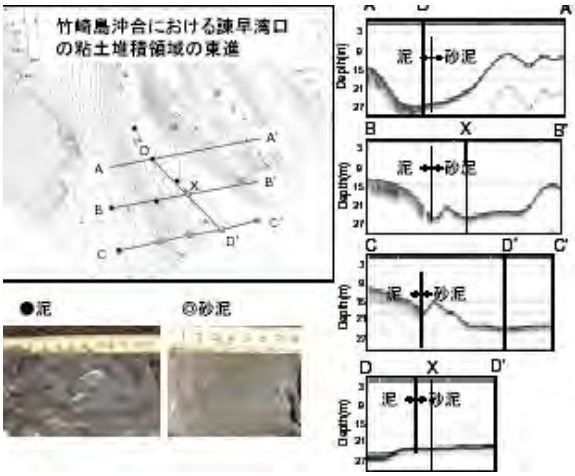


1975(鎌田ら, 1980), 1989&2000(大銀ら, 2002)
2005および底質Mdφコンター(山本ら, 2006)



そこで次にこうした粘土領域の拡大がどういう原因で起こっているのかという事について懸濁物輸送機構の変化から考えてみます。ここでこういった底質変化の原因としましては大きく分けて、粗粒分、砂とかシルトとの供給が減った、或いは泥の供給が増えた、それのどちらかが考えられます。この内、砂やシルトとの供給に関しては１９８５年以降大規模なダムの建設などがない事から、川からの供給に大きな変化はないというふうに考えられます。従って変化したとすれば細粒懸濁物の方ではないか。一方、川からの細粒懸濁物等の供給に関しては田中や、横山らによって近年大きな増加があった可能性は小さいというふうに考えられます。それでは、供給量が増えたのではなくて潮流が弱くなった事によって、沖合に運び去られる粘土の量が減ったのではないかというそういった事も考える訳ですけれど、諫早湾の締め切りによる潮流の変化では、どうもこの辺りの変化というのは説明しにくい。これは藤原ら、２００４による潮受け堤防の建設に伴った鉛直潮流の振幅の減少量を示したもので、諫早湾を中心としたこういった所では変動が大きいのですけれども、この分では変化は小さく、竹崎沖の部分ではむしろ若干潮流が強まっている可能性がある。こういった事を考えるとどうも諫早締め切りによる潮流変化では潮流が弱くなって、再懸濁が少なくな

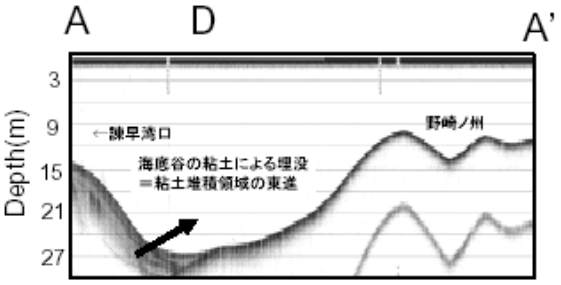




った結果、含泥域が広がったとは考えにくい。一方で同じ潮流変化でも、外海の潮汐の減少による影響というものはこれは無視できない。これに関しては、私の後の堀家さんの方からご発表がありますので、そちらのご発表を見て頂ければ分かるかと思います。そうであれば諫早湾の締め切りの問題は、こういった海域の泥化に関係がないのかと言いますと、我々は必ずしもそうでないと考えています。

これは２００６年の夏に１潮汐の間、繰り返し、有明海の湾奥からここまでのこのラインと、諫早湾内から沖合にかけてのこのラインを片道１時間でもって繰り返し船を走らせながら水質分布を観測した結果です。それを見ますと干潮時に諫早湾の沖合の部分、これは湾奥で、ここが諫早湾の湾口辺り、こちらが諫早湾の湾奥で諫早湾の湾口という２つの断面を示していますけれども、懸濁物の、濁度の濃度分布の変化を示したのがこの図です。これを見ますとここに丁度こういう所が有りますけれども、これは諫早の湾口付近から濁度の高い水塊が沖合に流れ出した物を捉えた物です。こうした濁度の高い水塊が上げ潮に伴なって湾奥に運ばれ、満潮時に潮が止まると沈降するという様子が捉えられています。即ち、諫早の湾内で懸濁物が撒き上げられると、そうした懸濁物は有明海の湾奥の方に運ばれて行きます。これは先程の図の諫早の湾内の部分を拡大した物で、カラーで示した物が濁度の分布、ピンクないし赤で示した物が密度、等密度線を示しています。これを見ますと、Run１から Run３にかけて、湾内底層で、濁度が非常に大きく上昇していますけれど、これは湾内で撒き上げが起きた事を示しています。そしてこの様に高濁度によった水塊が、この等密度線が引いていく様子が分かるかと思いますけれど、これは内部潮汐による高密度水が湾内に這い上がった後、引いて行く様子を示していまして、それに伴って、この等密度面に沿って高濁度の水塊が湾外に運び出されて行く様子を示しています。こうした諫早湾内から沖合にかけて輸送以外に、我々の以前の調査では、有明海の塩田川沖海底水道に沿っては基本的に上層で流出、下層で流入という残渣流があるという事が分かっています。そしてこういう残渣流がある結果、この塩田川海底谷に沿った部分では、懸濁物は沖合から湾奥に輸送され、湾奥に漂着するという事が分かっています。こういった事と考え合わせると、諫早湾底層から流出した懸濁物は、海底水道に沿って有明海湾奥に輸送されるという事が分かります。また、これは長崎県の海域における赤潮の発生状況の経年変化を示したもので、大半は現在諫早湾です。これを見ますと１９

竹崎島沖合における諫早湾口の粘土堆積領域の東進



竹崎島沖合の粘土堆積量域は諫早湾と連続しており，
諫早湾口の海底面に粘土が堆積することでが海底谷が埋没する
＝粘土堆積領域が東進する．

太良町沖合の底質細粒化の特徴

- 長期的に粘土含有率が上昇している
- 海域由来の有機物の含有率が高い
- 諫早湾口の粘土堆積領域が拡大することによって海底谷の埋没が発生している
- 海底谷が埋没すると粘土堆積領域は東進する．

II-2. 懸濁物輸送機構の変化

1985年以降大規模なダム建設なし
→川からの粗粒懸濁物（砂・シルト）供給に大きな変化はないと考えられる

川からの細粒懸濁物（粘土）供給が増えた可能性も小さい（田中ら，2007；横山，2007より）

潮受け堤防によるM2潮流振幅減少量 藤原ら(2004)

諫早締切による潮流変化：
細粒化が進行した太良沖では潮流変化小さいあるいは増加
→再懸濁減少は考えにくい

外海潮汐減少による潮流変化：
→影響無視できない
（堀家発表参照）

諫早湾から有明海奥部への懸濁物輸送

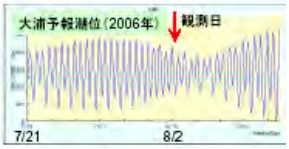
連水ら，2007

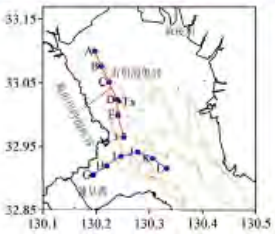
観測方法
観測日：2006年8月2日

各測点で停止
CTD観測
ADCP観測（1分間）

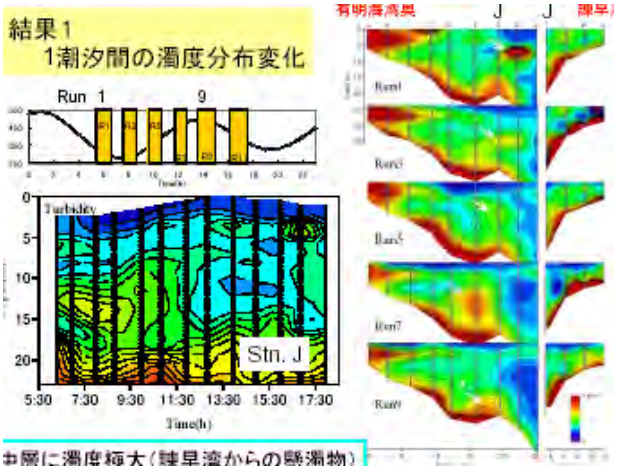
A～F，G～Lの各測線について，13時間往復
A-F：12 runs
G-L：13 runs

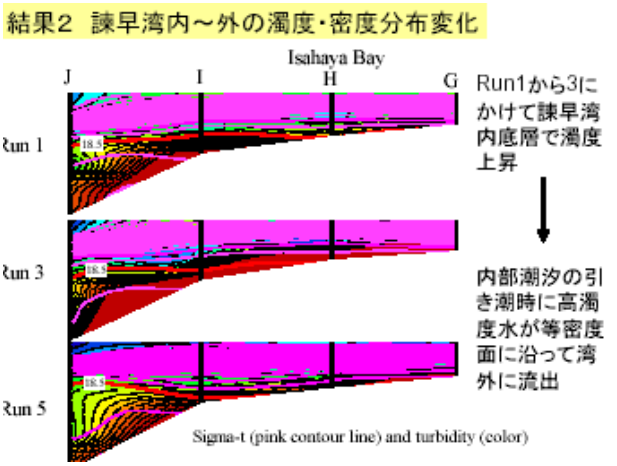
CTD観測測定項目
水温，塩分，濁度，クロロフィル蛍光

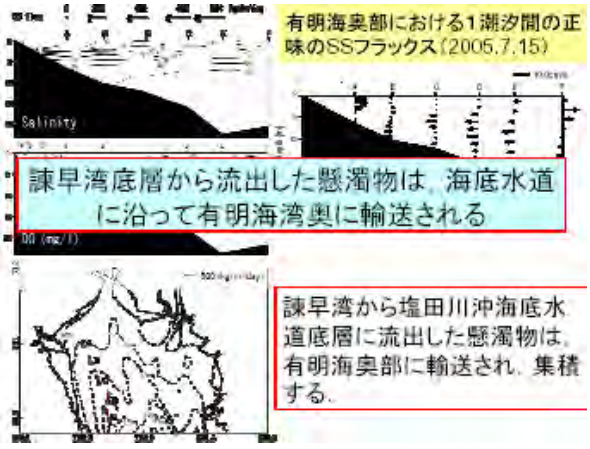


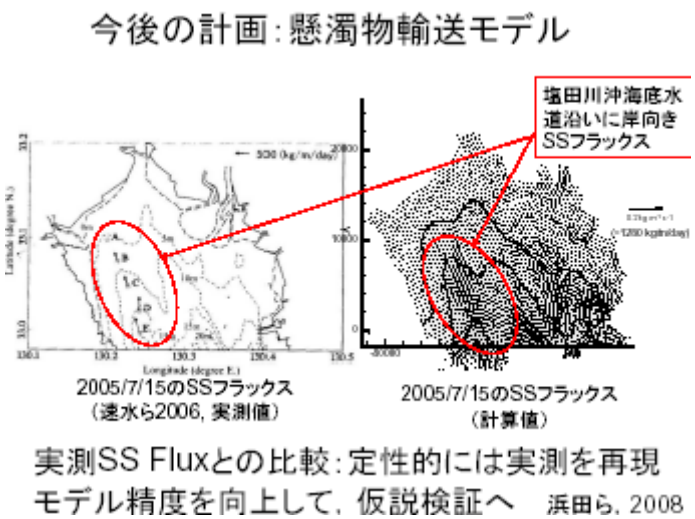


９７年を境に赤潮の発生日数は３倍以上になり、その高いまま現在推移している。つまり締め切りを境にして、赤潮の発生量が諫早湾内に大幅に増えたという事が分かります。こうした植物プランクトンは粘土粒子と共に供給するという事が知られています。また、こうしたプランクトンの増加というのは、主に夏を中心に起きているという事が分かります。こうした事から諫早湾内で夏季を中心に植物プランクトンが増加した、それから締め切り後諫早湾内の潮流が減少すると、湾内の再懸濁が減少して、表層まで懸濁物が撒き上げられる事が減ったという事が考えられます。それが先程の透明度の上昇にも関係します。その結果、湾内で沈降しやすくなった植物プランクトンを多く含んだ懸濁物が有明海の奥部に輸送されると諫早湾だけではなくて、有明海奥部の底質の有機化、細粒化が引き起こされるというふうに考えています。只、これに関しては、諫早湾内の堆積増加だけの可能性もあって、今後検討が必要だと考えています。即ち、我々のもっている仮説としましては、１９９６年以前に関しては、諫早湾内で表層まで撒き上げられた懸濁物が大量に沖合に流失している。それが潮受け堤建設以降は表層から流失するＳＳが減って、湾奥に輸送されるＳＳ輸送が増えたのではないか、こういった仮説を考えています。こういった仮説と外海潮汐による潮流変化の影響も併せて今後定量的に評価をする必要があります。それについて、我々の研究グループでは現在、懸濁物輸送モデルを作成しています。これはつい最近浜田らによって報告されたものですけれども、有明海奥部の２００５年７月１５日の １ 潮汐間の正味のＳＳフラックスの分布を示した物です。これを見ますと、塩田川海底水道に沿って湾奥に輸







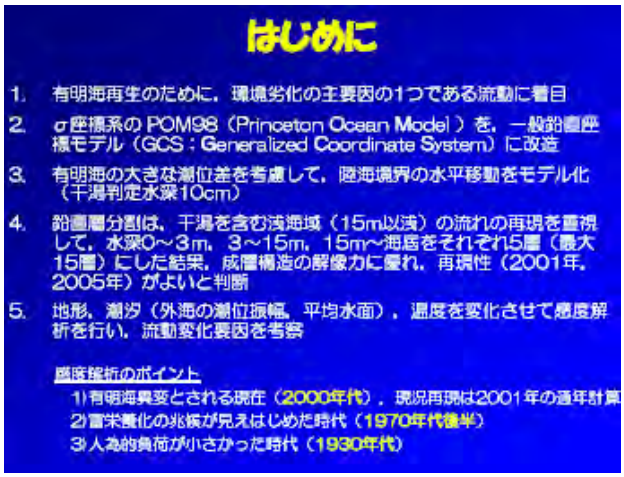


送されて行き、湾奥ほど小さくなっていく、こういったフラックスの分布が基本的には数値計算でも再現されているという事が分かります。定量的にはまだ合ってない部分があるので、今後モデルの精度を向上して、先程お示ししましたような仮説が正しいかどうかという検証を今後進めて行きたいというふうに考えております。以上です。

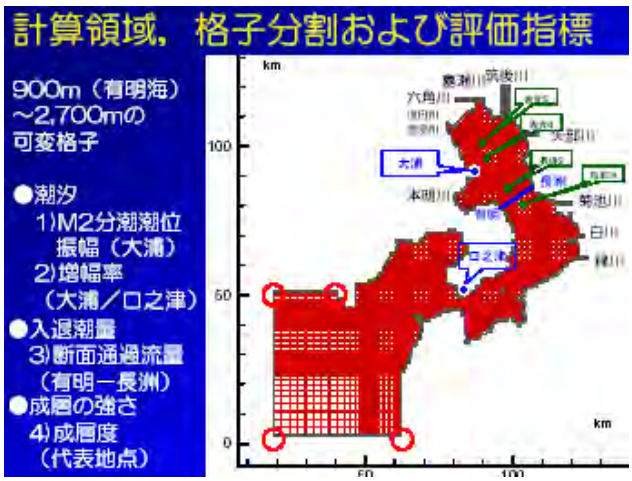
○潮流変化とその要因について

【 いであ(株)大阪支社　副支社長　堀家 健司 】

いであ株式会社の堀家です。どうぞ宜しくお願い致します。

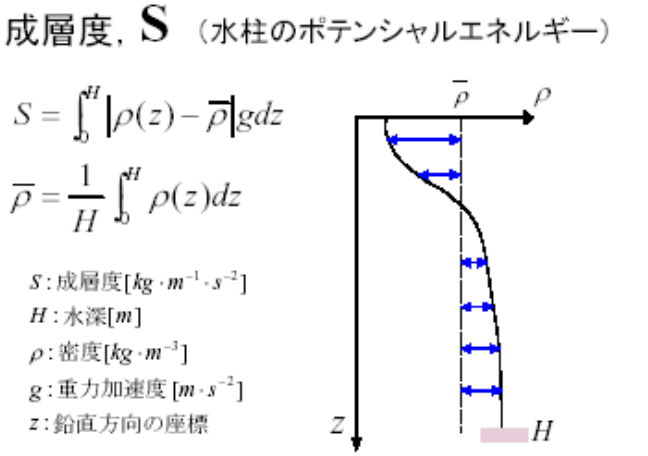


今日は「潮流変化とその要因について」話題提供させて頂きます。絶えず流動する海洋におきましては、物質循環とか生物生産というのは、いわゆる流れに支配されているというふうに考えます。有明海再生の為に、色んな環境劣化の要因が考えられますけれども、そのいわゆる川上側の流れについて、着目して、手法としましてはシュミレーションモデルを作って、色々感度解析的に検討を行いました。モデルですけれども、σ座標系のＰＯＭというモデルを一般座標、鉛直座標のＧＣＳモデルに改造したという事と、それから、有明海のような大きな潮位差を考慮しまして、陸と海の境界を、要するに、潮が引いたり満ちたりして、陸になったり海になったりというような現象をモデル化したという事、それから、鉛直的なその層分割は、後で詳しくお示ししますけれども、干潟を含む浅海域、特に湾奥海域は１５ｍ以浅ですので、その流れの再現を重視して水深を区分したという事、それで実際に２００１年と２００５年の流れ、それから水温、塩分等の現況再現をやって、今のこのモデルで、ある程度、特にこの成層構造の解像力に優れて現況再現できるというふうに判断致しました。従って、流れを変化させている要因として、地形とそれから、さっき速水先生もありましたが、外海の潮位振幅、或いは、平均水面、温度、こういった物を変化させて感度解析を行いました。感度解析のポイントですけれども、まずあの今有明異変とされている現代、それからその過去として、例えば富栄養化の兆候が見え始めたような７０年代後半、更に昔の人為的な負荷が小さかった、恐らく豊穣の海であったというふうに考えられる１９３０年代、この３時代について検討しています。

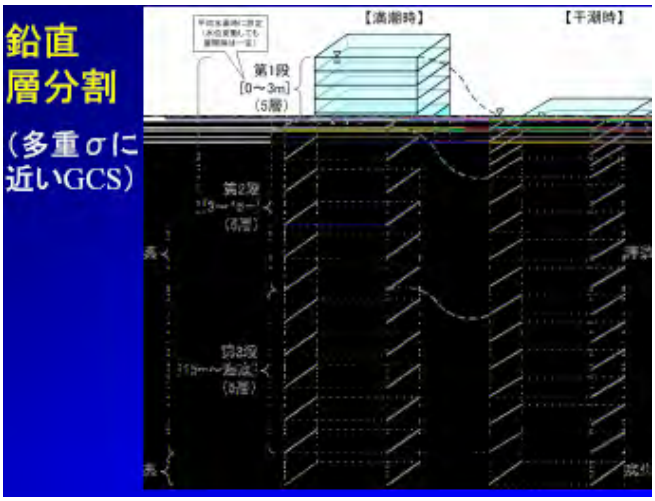


まずモデルですけれども、有明海を９００ｍメッシュに区分したモデルです。この４点で、外海の潮位の境界条件を与えています。それから後でお示しする色んなその評価の指標ですけれども、湾内の潮汐を代表する大浦と、それから湾口の潮汐の口之津、更にはこの湾内とそれから湾口のその潮位振幅比、いわゆる増幅率、こういった物を指標にしているのと、それから有明海を横断するここで入退潮量、所謂この断面通過流量を計算しています。それから成層の強さを表すものとして、代表地点で成層度を計算して後でお示し致します。成層度の簡単な説明ですけれども、上か

ら下のその密度が違うと、上の方が密度が軽くて、例えば夏場なんかですけれども、成層度が非常に強いと、上の方の水と下の方の水が交わりにくくなりますので、例えばこういう上の方の水は光がよく当たって、植物プランクトンが増殖して、赤潮が起こり易いとか或いは底泥で有機物が酸化されて、その酸素が消費されますので、上の水と交わらなかったらここでいわゆる貧酸素が起こりやすいと、こういうふうな事で成層度を重要なファクターだというふうに考えています。



ちょっと見づらい図になってしまっていますけれども、鉛直層分割ですけれども、海面０ｍから３ｍまでと、それから３ｍから１５ｍなのですけども、それと１５ｍから海底までの３区分して、それぞれを５層に区分しています。従って、最大１５層のモデルになっているという事と、満潮時と干潮時にこの比率がジャバラの様に動くというふうなモデルです。



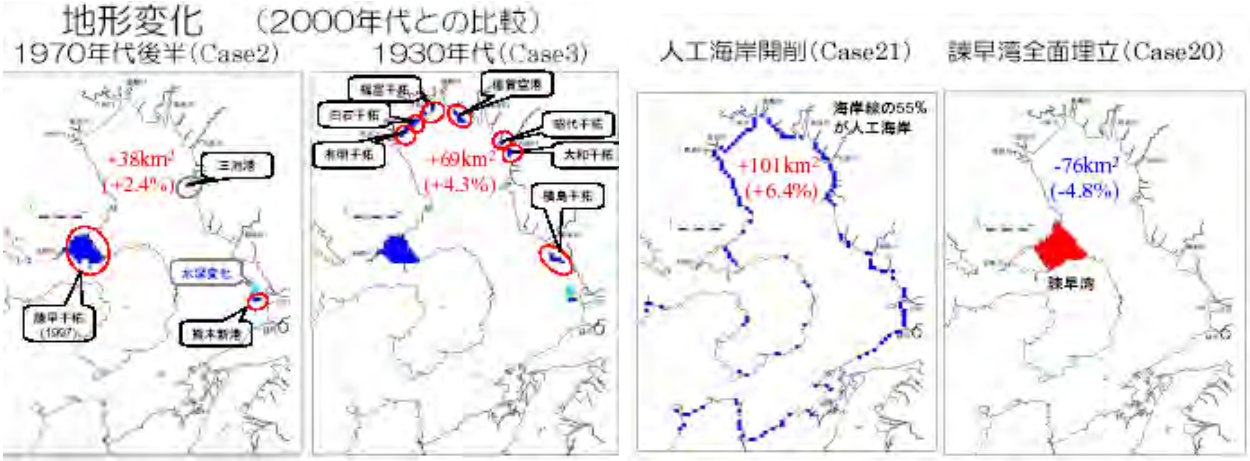
それで計算ケースですけれども、地形、今言った２０００年代、７０年代、あるいは３０年代、更に色々と地形を変えた計算と、それから外海の潮位振幅を３％、プラス３％、マイナス３％、変えた計算、それから平均水面を１０ｃｍ上昇させたり、逆に低くした計算を行っているのと、それから気温をマイナス２℃、マイナス１℃、プラス１℃。

計算ケース

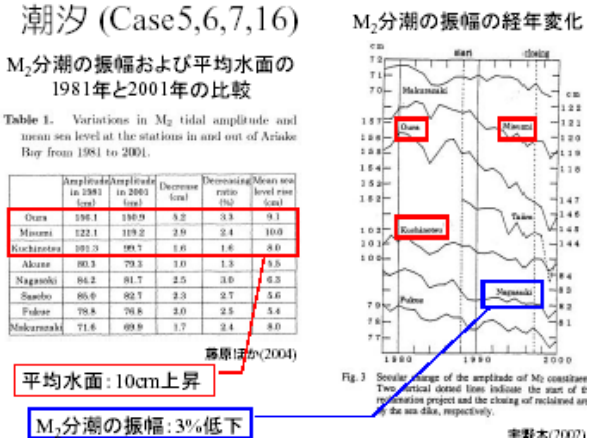
Case	地形	ノリ網	外海潮位振幅	平均水面	気温
1.現況再現	2000年代	あり	2001年	2001年	2001年
2.地形1	1970年代後半	あり	2001年	2001年	2001年
3.地形2	1930年代	あり	2001年	2001年	2001年
4.地形3	2000年代	なし	2001年	2001年	2001年
5.潮汐1	2000年代	あり	2001年	−10cm	2001年
6.潮汐2	2000年代	あり	+3%	2001年	2001年
7.潮汐1,2	2000年代	あり	+3%	−10cm	2001年
8.複合	1970年代後半	あり	+3%	−10cm	2001年
9.複合	1930年代	あり	+3%	−10cm	2001年
10.温度1	2000年代	あり	2001年	2001年	−1℃
11.温度2	2000年代	あり	2001年	2001年	−2℃
12.1970s想定	1970年代後半	あり	+3%	−10cm	−1℃
13.1930s想定	1930年代	あり	+3%	−10cm	−1℃
16.潮汐3	2000年代	あり	−3%	+10cm	2001年
17.温度3	2000年代	あり	2001年	2001年	+1℃
20.地形4	諫早湾堤立	あり	2001年	2001年	2001年
21.地形5	人工海岸開削	あり	2001年	2001年	2001年

どうしてこう設定したかという事ですけれども、まず地形の変化ですけれども、これは２０００年代、現代と比較して、７０年代後半というのは、こういう所の地形が変わっていると、要は干拓等によって海が小さくなっていると、これはあくまでモデル上の数値ですけれども、過去に比べて、２．４％海が小さくなっているという事、それから３０年代は湾奥にかなり色んな多くの干拓がなされた事、横島干拓等含めまして、全体で４．３％、現在は小さくなっていると、もう１つ、海岸線の５５％は有明海は人工海岸でなっていて、人工海岸の多くは恐らく直立護岸になっていますので、そういった所を例えば解析するという事で、モデルの上では、人工海岸になっているメッシュの陸側をいわゆる干潟にして計算を行いました。この計算でいく

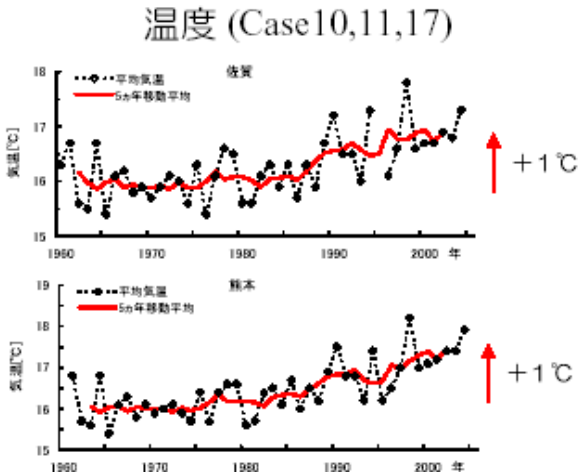
と、面積的には６．４％増えるという事になるのと、それから諫早湾を全部埋め立てて有明海を非常に単調な形にしたら、どういうふうな流れが変わるかという事で計算を行っています。



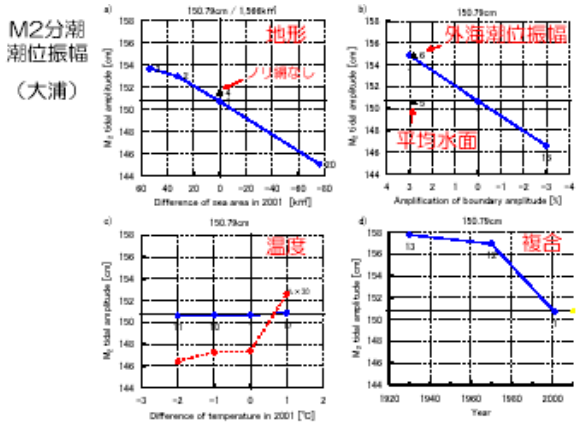
それと先程の外海の潮位振幅、これは平均水面を８１年と２００１年を比較したものですけれども、大浦、三角、口之津について湾内の平均水面が８１年、２００１年で１０ｃｍほど上昇していると、こういう事から感度解析として１０ｃｍとさらにその逆のマイナス１０ｃｍという設定をしています。それから、こちらは潮位振幅、Ｍ２潮の潮位振幅ですけれども、特にあの外海の例えば長崎等の潮位振幅がだいたい３％低下していますので、その潮位振幅を３％、或いはマイナス３％にした感度解析を行っています。

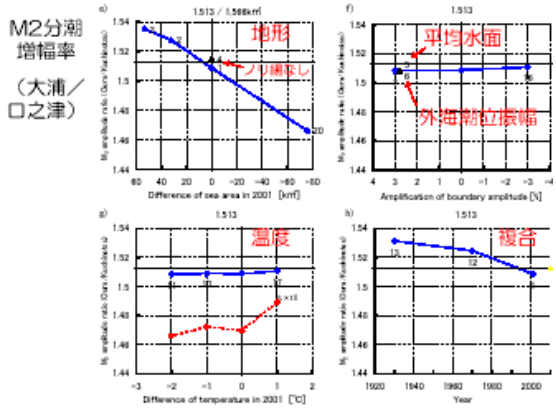


これは佐賀と熊本の気温ですけれども６０年代、７０年代に比べて、大体１℃くらい上昇していますので、温度も変えると、流れを変化させる要因としては、今申しました物以外に風とか、それから河川流量というのがあるわけですけれども、過去と比べてそのトレンドとして変化している物がこの地形と、それから外海潮位振幅、それから平均水面、それから温度、こういうものと考えられますので、これらについて感度解析を行っています。

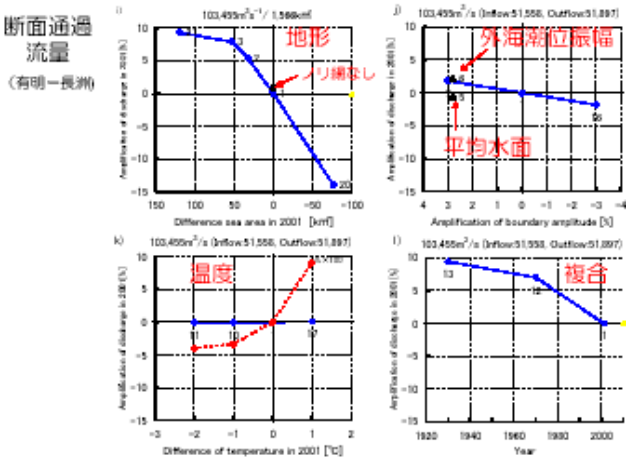


これは、地形の面積を示していて、ここがクロスしているところが現代ですけれども、これは７０年代、それから３０年代の地形になりますけれども、大浦の所の振幅はこのように変化していると、これは外海の潮位振幅を変えてあるので、当然大浦の所も直線的に変化している。それで注目するのは、地形を変えてもこの外海潮位振幅程ではないですけれども変化しているという事、これを全部複合した時には、これとこれが合わさって重なり合いますので、複合すると大きな変化になっているという事です。

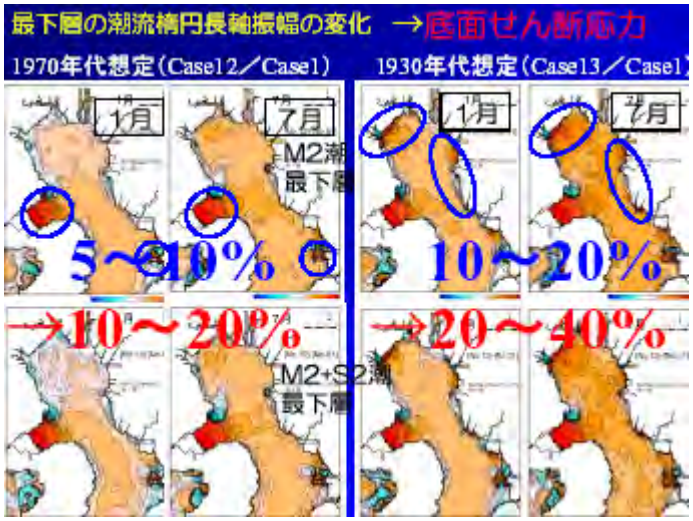




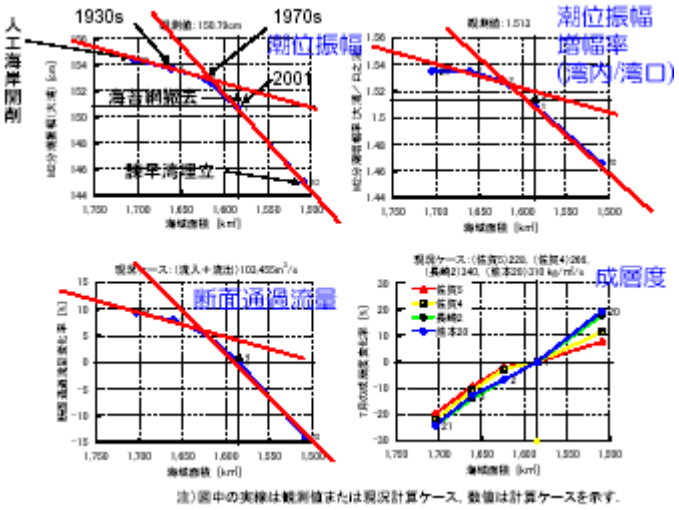
それから温度の影響というのは殆んどないですけれども、破線はこのスケールを３０倍にしたスケールですけれども、一つ特徴的なのは現代よりも更にこう温暖化が進んで、気温が１℃上昇すると、それまでと違ってかなり大きな差でもって、逆にこちらの方は、潮位振幅が大きくなるとこういうふうな計算結果が出ております。大事なのは、湾口とそれから湾内のその潮位振幅差がむしろこれが大事なわけで、外海の潮位振幅がいわゆる外部要因というふうに言われているのですけれども、有明海の内部の要因としては地形等が考えられるわけですけども、その時に増幅率を見た時に、こういうふうな変化をしているのに対して、外海の潮位振幅とか或いは温度というのは、それほど変化していないという事がわかります。それから同様に、入退潮量を示すこの断面通過流量ですけれども、これも地形を変えた時の変化が大きいのに対して、他はそれほど大きくないと。従って７０年代、３０年代と比べて、現代潮流が弱くなったとされていますけれども、その色んな考えられる要因の中では、地形の影響が大きいという事がこの感度解析結果から分かります。



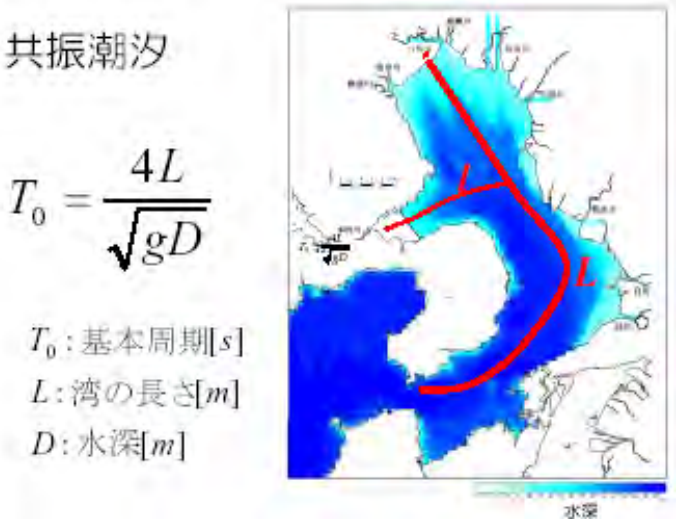
次に、透明度の上昇とか赤潮の発生という事に関連しまして、最下層の各メッシュの１月とそれから７月の調和解析を行いまして、潮流楕円の長軸振幅を示したものです。長軸振幅の変化率を、それぞれ示したものです。それで７０年代というのは、諫早湾とか熊本新港でもちろん影響が大きいのですけれども、赤い部分が過去よりも現代に比べて、潮流が遅くなっているというふうな場所です。１



月より夏の方が、その差が大きく出ているという事と、３０年代はこの湾奥部で非常に大きな変化が出ていると、全体として諫早湾にこの北側の奥部の水域の変化が大きいわけですけれども、例えば７月のこの変化はだいたい７０年代は５ないし１０％、３０年代は１０ないし２０％ほど変化をしています。いわば潮流が弱くなっているという事です。ここで問題にしたいのは、その底泥を撒き上げる力ですけども、底面せん断応力というのがあって、底面せん断応力というのはこの底層の流れの大体二乗に比例しますので、この変化率が１より以下で小さかったら、だいたい２倍に近いというふうに考えられますので、底泥を撒き上げる底面せん断応力というのは、１０ないし２０％、３０年代に比べて２０ないし４０％落ちていると。底面せん断応力は、撒き上げ量とあと泥の粒径とかそういった物も関係しますが、あくまでもこれは目安の数字ですけれども、ただこういうふうな数字は、それなりに小さくはないのではないかというふうに考えられます。

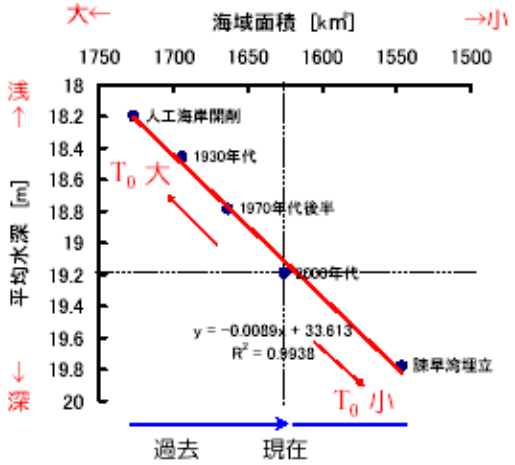


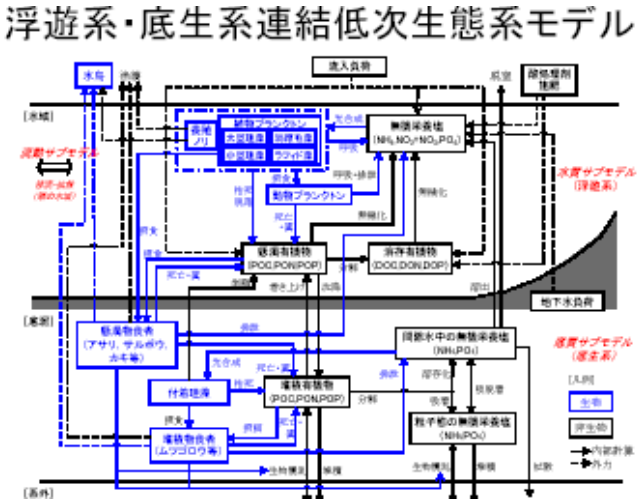
それで、これはそれをまとめたものですけれど、各地形を変えて、７０年代、３０年代、それからさらに人工海岸を全部開削したようなケースを計測したもの、それから諫早湾全部埋め立てた場合、それは其々の海域面積を示していますけれども、こういうふうな変化が見受けられます。それから増幅率の変化、それから断面通過量、ここで特徴的なのは、こういうラインとそれからこういうラインで丁度１９７０年代の所で変化率が、変曲点が見られるというふうな事ですけれども、それと、それちょっと後で説明しますけれども、後、成層度ですけれども、逆に成層度の方は、過去よりも現代、大きくなっている、その鉛直混合が起こりにくい状態になっているというふうな結果になっています。



こういう変曲点がどうして出来てくるかという事ですけれども、湾を非常に単純化して考えますと、その湾固有の周期というのは、湾の長さと、ラージＬですね、長さとそれから、平均のその水深、長さに比例して水深の平方根に反比例すると、こういう関係がありますので、この長さが短くなったり大きくなれば当然ここが変わると、長さが大きくなれば、要は、逆に過去と比べると小さくなっているわけなので、小さくなると周期も小さくなるという事です。ところが変曲点というのはこれだけで説明出来ないので、恐らくあの有明海の大きな枝湾であります諫早湾というのも、それなりに大きな影響をもっているので、こう

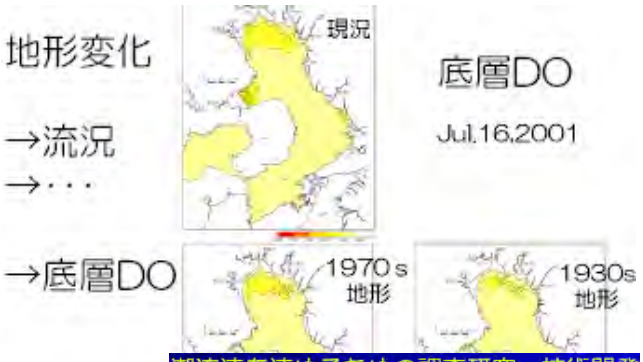
いう変曲点が出来たのではないかというふうに考えられます。それと、この長さと平均水深ですけれども、特に干拓とかは浅い所でされますので、今計算したケースをこう時代によってプロット致しますと、こちらは海域面積で平均水深ですけれど、浅い所を埋め立てていくので、だからこれは海域面積、こちらが小さい方なのですけれども、浅い所を埋め立てていくので結果として平均水深は深くなると、従ってこういうふうな所に今計算したケースが線上に乗っかって、大雑把に過去と現代というふうなトレンドで見ると、こういうきれいな図式で描かれるという事になります。



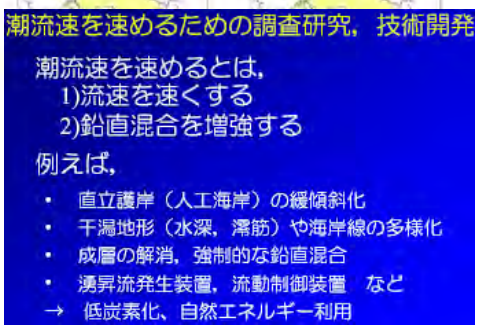


それでこの流れが、どういうふうに変わるかという事で、この後、田中さんがその貧酸素モデルの説明を詳しくされますけれども、我々もこういう浮遊系とそれから底生系を連結した生態系モデルを作って、地形を変えた時に底層のＤＯはどういうふうに変わるか、地形を変える事によって、流れが変わって、色々な影響があって。

底層ＤＯを見ようとした場合ですけれども、現況を黄色く濃い部分が酸素の低いところですけれども、７０年代の地形だけを変えて計算すると、この低い酸素のエリアがちょっと小さくなっていると、勿論諫早湾が干拓されていないので、こういう低酸素の部分は解消されると、更に３０年代になると、よりこの低い所の面積が落ちるという事になります。



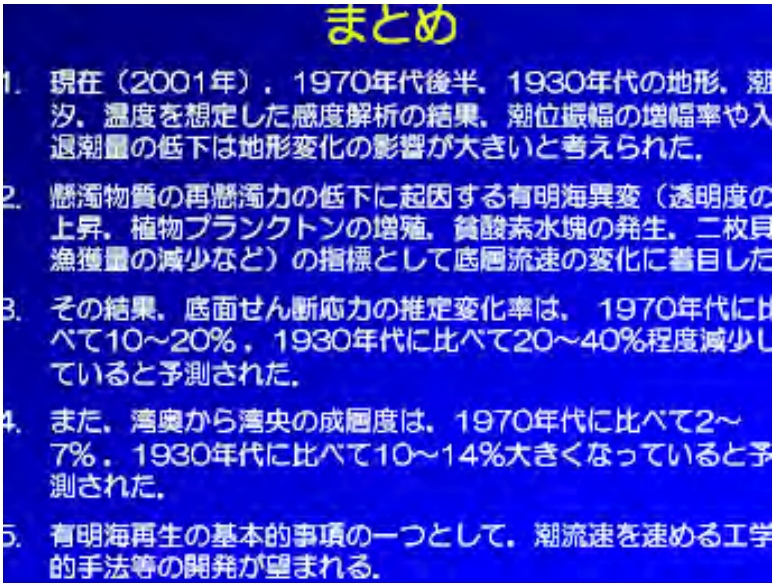
従って潮流速を速めるという事がこれからの調査研究の課題として挙げられると思うのですけれども、潮流速、流速を速めるという事は、勿論、流速その物を速くするという事と、もう１つはその鉛直混合を増強するという、この２点あると思います。そういうやり方として、例えば、あの直立護岸、直立護岸だったらそこに波がやって来ると、グッと減速しますけれども、それを緩傾斜にしてこう水深は低くても、緩傾斜になったらその流れはサーッと流れるので、直行する流速は多分増す事が出来ると。それから干潟地形が非常に今フラットになっているという表現をよく漁業者等の方がされますけれども、干潟地形を多様にしたり、あるいは海岸線も直線的な海岸線では



なくて、入り込んだ海岸線であると、多分流れは速くなるので、こういうふうな事とか、或いはその成層を解消するような強制的な鉛直混合を起こすような工学的な手法、例えば湧昇流を発生させるとか、こういうふうな装置がいろいろ考案されていますけれども、こういった事によって、流れを制御する事が出来るのではないかと、只この時に１つのキーワードとしては、やはり化石燃料を使わないで、風とか太陽光とかそういう色んな自然エネルギーを使ってやるという事が多分大事なのだろうというふうに思います。

それで、まとめですけれども、現代と７０年代、３０年代の地形、潮汐、温度を変えて、感度解析しました。それで、特に底層の潮流の変化という事で、特に有明海の異変とされているそういう現象について底層流速の変化に着目した所、あくまで推定の変化率ですけれども、底面せん断応力は７０年代に比べて１０ないし２０％、３０年代に比べて２０ないし４０％減少していると予測されます。更に成層度は７０年代に比べて、先程グラフしか御説明しませんでしたけれども、定量的に見ると２ないし７％、３０年代に比べて１０ないし１４％大きくなっているという結果が表れています。

従って有明海再生の基本的事項の１つとして、流速を速めるような、元の地形に戻すという事は現実的に難しい事ですので、潮流を速める工学的な手法の開発が望まれます。今日お話した内容は文部科学省科学振興調査費で、先程御挨拶されました楠田理事長の研究代表者になられているプロジェクトの成果の一部を発表致しまして、このプロジェクトでは最終目標として有明海を豊穣で人々に安らぎを与える事の出来る海として再生すると、こういう目標を掲げています。どうもご清聴有難うございました。

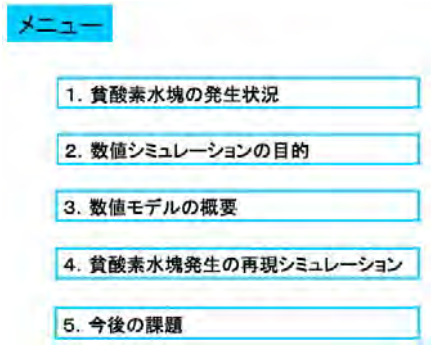


○有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の再現シミュレーションについて

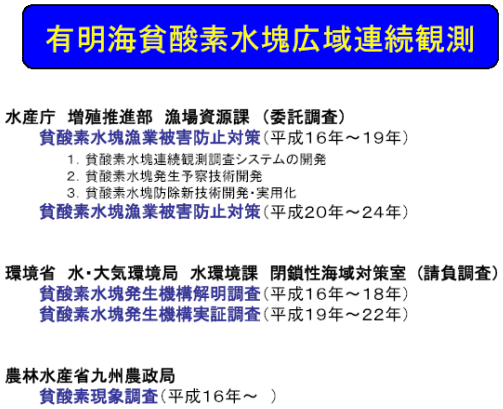
【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】

鹿島建設の研究所におります、田中と申します。宜しくお願い致します。

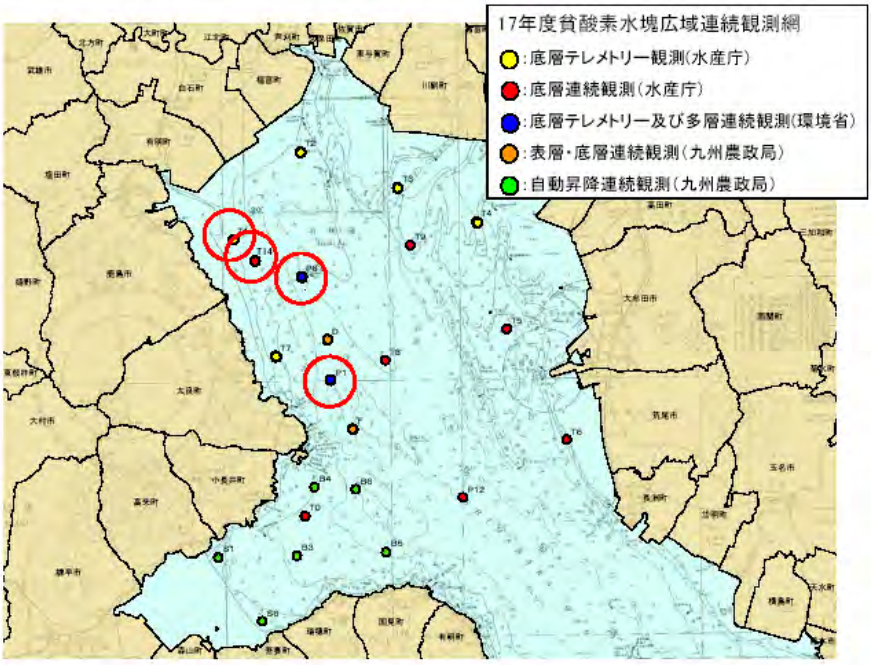
今日は、有明海の湾奥部の貧酸素水塊の発生の状況と、それに対しまして行いました再現シミュレーションからどんな事がわかってきているのかという事を御報告致したいと思います。まず最初に貧酸素水塊の発生状況につきましては、これは西海区水産研究所様から資料を御提供頂きまして、その概要を御説明致します。それからシミュレーションにつきましては、余り時間もございませんので、モデルの内容については割愛させて頂きまして、どんな結果が今出ていて、どんな事まで分かってきたかというような所を中心に御説明したいと思っております。



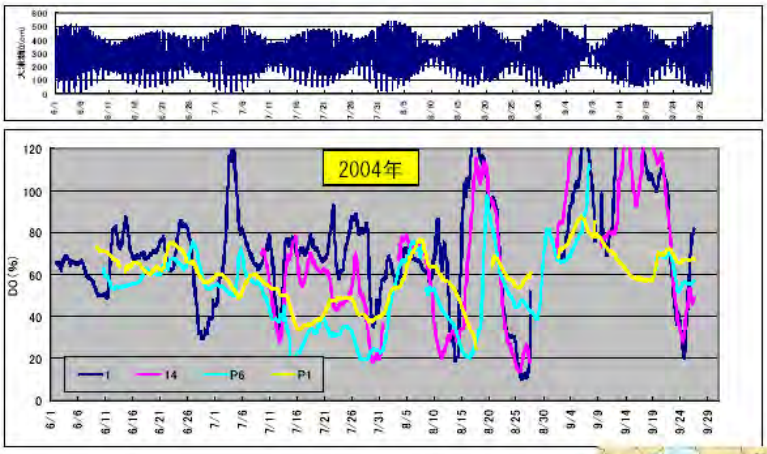
まず発生状況についてですが、これは水産庁、環境省、それから農水省様の共同で、観測されている成果についてのまとめになりますけれども、湾奥部にこういったモニター点が２２点程ございまして、ここで連続観測を夏季に行っているという事で、これだけのモニター点で連続データを採っているというのは、今迄我が国ではかつてない規模の非常に詳細なモニタリングがなされているという事だと思います。今日はその中で、この有明海奥部の西部の点に沖の方からＰ１、Ｐ６、Ｔ１４、Ｔ１と呼んでおりますモニター点についてちょっと詳しく御説明したいと思います。



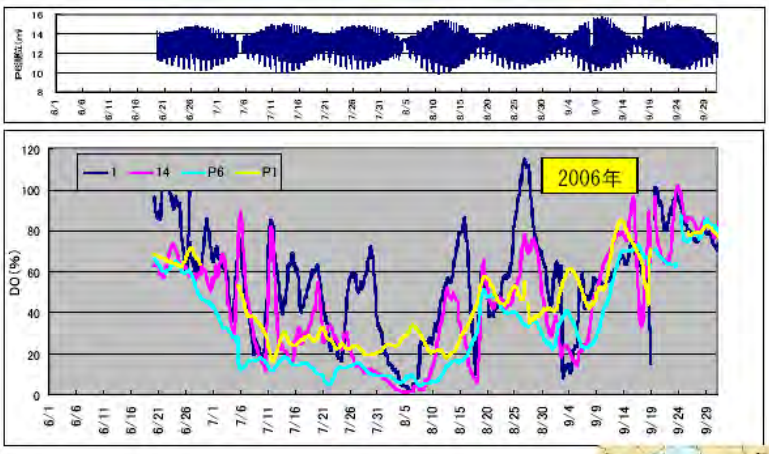
貧酸素の発生状況は、これはある種毎年異なっておりまして、その特性が其々あるのですけれども、共通した点もあるという事で、まずは２００４年、２００６年について簡単に御説明したいと思います。このグラフは横軸が時間になっておりまして６月１日から９月末まで、縦軸が底層の溶存酸素の変化を示しておりまして、上のグラフは潮汐変動、潮位変動を示しております。ここでまずご覧頂きたいのがこの青の線ですけれども、これが一番



浅い所、平均水深で３ｍ程度の所ですけれども、この部分が非常に変動が激しいというのがまず分かります。どういう所で減って、増えているのかという所を見ていきますと、小潮の時期に急激に減るという事が特徴になっております。それが沖合いに徐々に伝わっていきまして、Ｐ６とかＰ１といった水深が１０ｍ超えるような所になりますと、なだらかに貧酸素化が進んでいくというのが２００４年の特性になっております。ですから東京湾とか他の湾ですとどちらかと言いますと、沖の方から貧酸素が出来てくるという事なのですが、有明海はこの干潟縁辺部と呼んでおります非常に浅い所から貧酸素が起こるというのが特徴になっております。ところが、これがやはり年が変わりますと大分状況が変わってまいりまして、例えば２００６年は非常に貧酸素が長く続きまして、大きな貝類への被害が出たと聞いておりますが、この年はその沖合いのＰ６といったような所が早くから貧酸素化が起こりまして、全体に貧酸素化が進みまして、非常に、これは飽和度を示しておりますが、１０％を切るような状況が続いていたという事です。こういった事は、密度成層と言われます成層のこの湾の奥での出来方、それから気象等の条件によって、その年毎にこういった状況が変わってくると、特に先程言い忘れましたが２００４年につきましては台風が多く来襲しておりまして、それによってＤＯの回復がその都度起こっていたという事になります。

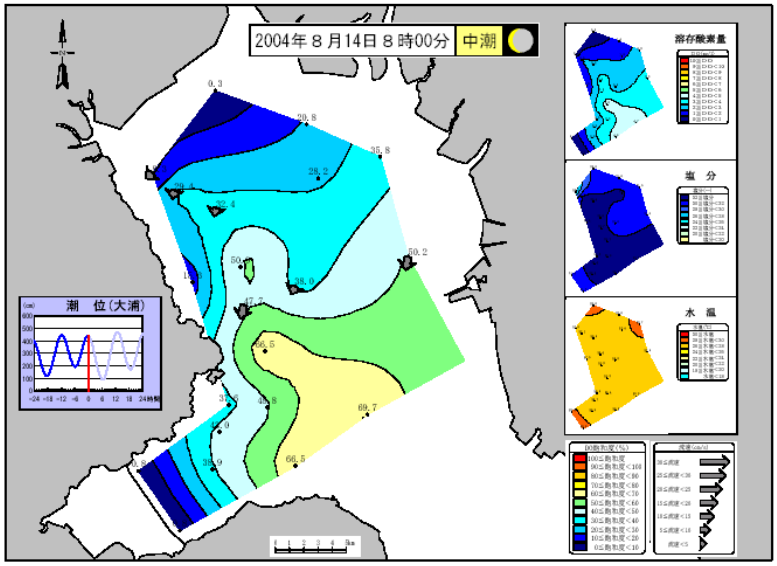


2004年：小潮毎に貧酸素化

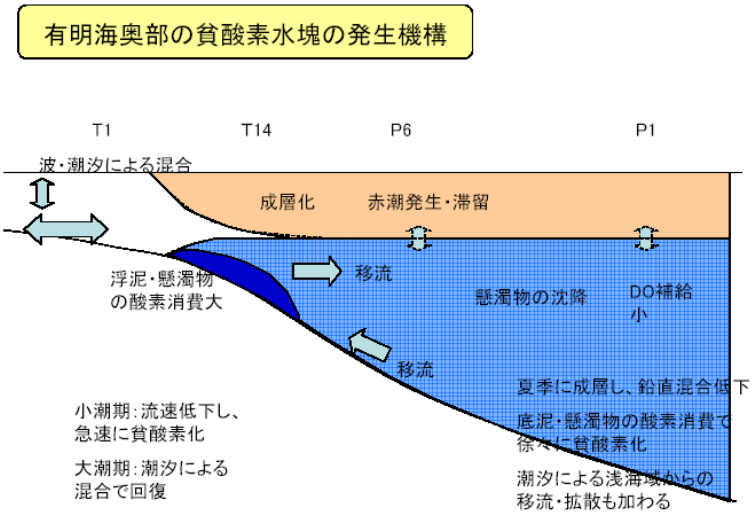


2006年：干潟の沖合域が先に貧酸素化

ちょっとそれを平面的にどうなのかというのを紙芝居でご覧頂きたいと思いますが、これは２００４年の例で、８月の、今９日で、１日おきにその日の満潮のＤＯの底層の部分を示しておりますが、やはりこの諫早湾、それから西部、更に縁辺部の奥からこのブルーの所が酸素が下がっている所ですが、貧酸素が起こってきて、むしろ沖はもう少し酸素があるという状況がこの結果からも分かります。この様に、干潟縁辺部で非常に貧酸素化がまず起こるという事が有明海の特徴になっております。



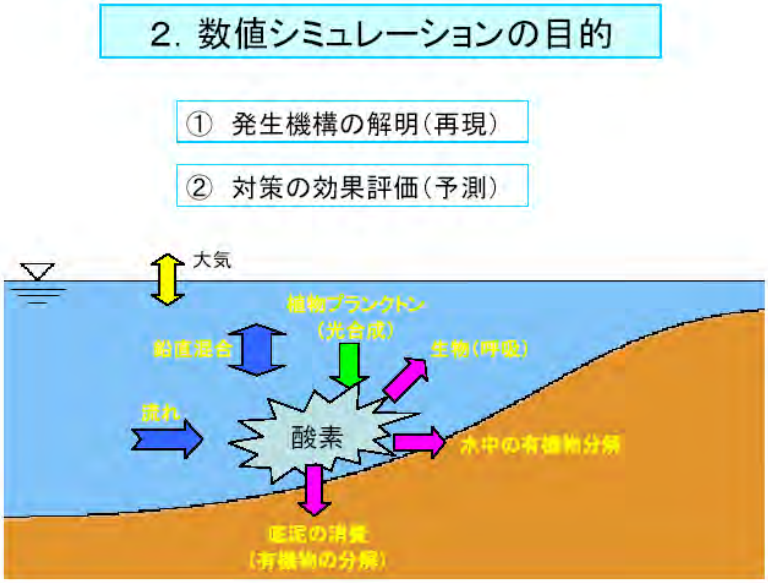
この絵は西海区水産研究所の木元様がまとめられたその貧酸素化の概要の御説明した図になりますけれども、まずはその成層化というのが大きな要因になります。これは梅雨の末期の特に出水によってまず成層化がグッと進みまして、その後赤潮等の発生で有機物が非常に多く発生すると、その成層と言いますのは潮汐の混合によりまして、小潮の時にはこの成層が残る、大潮の時によく混ぜられるという事を繰り返しながら変化しますけれども、こういった赤潮によって作られた有機物が沖合い等で沈降しながらこれはエスチャリー循環と言いますが、表層は基本的に沖に出て行って底層の水は入ってくるという循環に乗りながら、有機物は沈降して行きますので、先程の速水先生の御報告にもありました様に、特に海底の谷、水道に沿って有機物が堆積すると、そういう所のピークがどうもこの干潟縁辺部辺りに出てきているのではないかという事がデータからも出てきております。

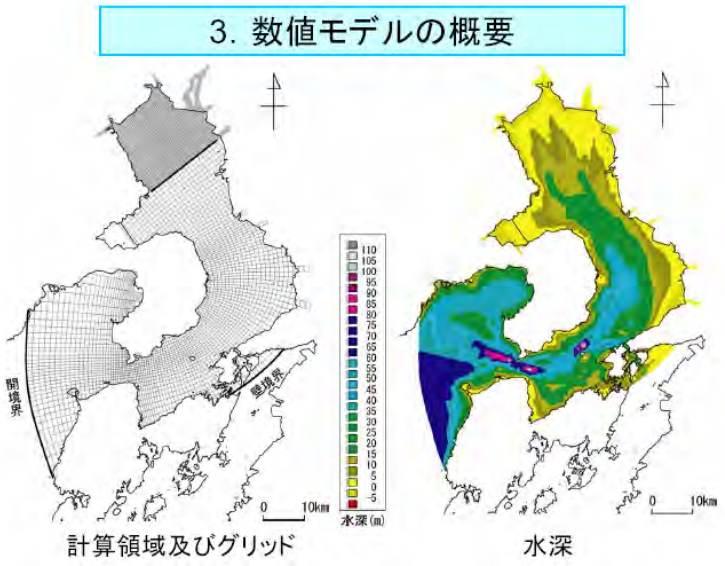


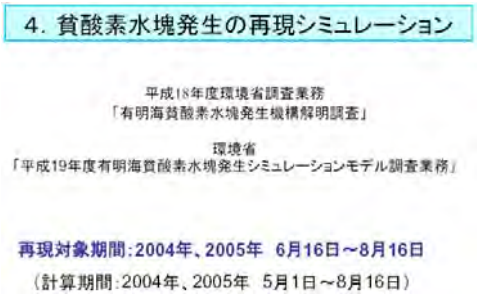
こういった基本的な有明海の湾奥部の貧酸素水塊の発生の機構は観測データからも見えてきているわけですけれども、こういうデータを元にしまして数値シミュレーションをやって、もう少し中身の詳しい所を探っていこうというのが数値シミュレーションの１つの大きな目的になります。大体の機構は説明出来るわけですけれども、それではその中身として、ではその酸素を減らす有機物がどういった所から供給されているのかとか、或いは、気象の変化によってその発生地がどういう所に出るのかといった事を詳しく検討する事がシミュレーションでは出来るという事です。そういった機構がある程度分かってきたら、では対策をどうするかという事についてコンピューターで出来ますので、当然限界はあるのですけれども、対

策の評価を事前にする事が出来るという事です。

モデルの詳しい話は割愛致しますがどんな事をやっているかと言いますと、今結局水中の酸素が問題ですのでこの酸素を変化させる要因について、色んな物を考えまして、それをコンピューターにモデル化して入れてやるという事です。例えば物理的には流れによって酸素の多い水が入ってくれば酸素は増えますし、逆に小さい水が入ってくれば酸素は減ると、大きい要因は先程成層というお話をしましたが、密度が上が軽くて下が重いという状況になりますと、お風呂で下に冷たい水が残る様に上下が混ざりにくくなりますので、そういった事でこの大気から輸送される酸素の量が減りますので、この鉛直混合というのは非常に重要になりますが、こういう物をモデルに組み込んでやります。それから生化学的な部分でいきますとプランクトンが光合成しますと酸素が増えます。逆に言えば呼吸で減りますが、その他ベントスによる呼吸等で酸素が減る、或いは大きいのは水中に懸濁した有機物が分解に伴って酸素を消費する。もう１つは底泥の酸素消費という事で、こういった色んな要素をコンピューターの中にモデル化して計算をしていくという事になります。計算領域だけ見て頂ければ良いと思いますが、この湾の奥の状況を対象にしておりまして、ここだけかなり２００から３００m位の平面的なメッシュにしておりますが、ここだけを解けばいいというものではなくて、出来るだけ沖まで入れて計算する必要がありまして、ここでは橘湾の辺りまで領域を広げて計算をしております。

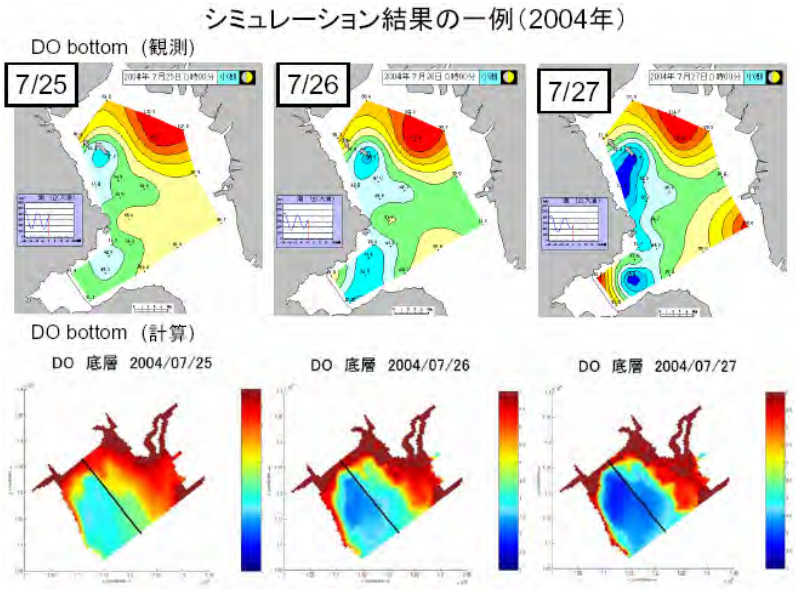




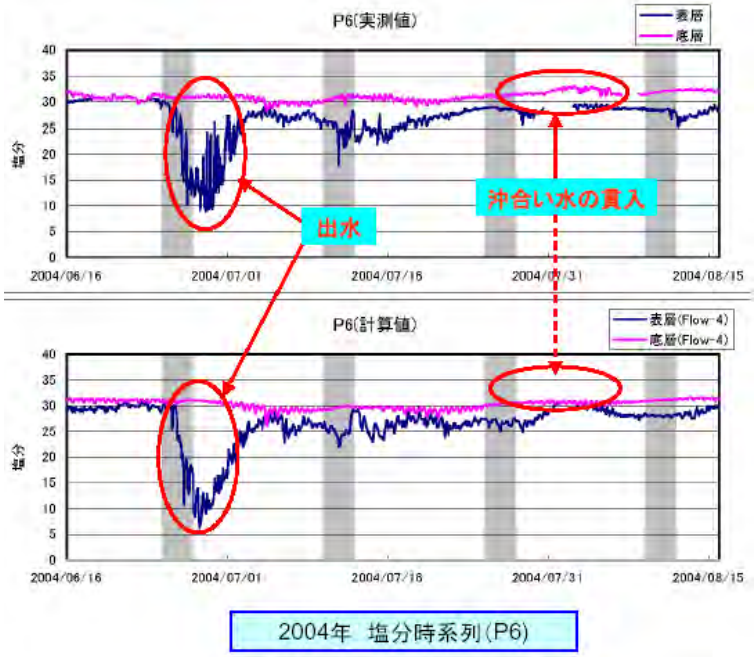


例えば、ではどういう結果になったかという事で、この業務は平成１８年、１９年環境省の業務でやっておりまして、その結果を御報告致しますが対象期間はいずれも夏です。６月から８月の中旬にかけてという事で計算したものです。これはその一例です。上が木元さんがまとめられ

たモニターデータで、７月、これは２００４年の結果ですけれども、７月２５、２６、２７とこの有明海の湾奥の西部で、これは底層の貧酸素の状況を示しておりますが、この西側から徐々に発達していく状況が観測されております。計算ではこの諫早湾より北側を示しておりますけれども、このブルーの部分が貧酸素が進んでいる所で、この特徴であります沖合いよりも干潟縁辺部から貧酸素が発達していくという所がモデルでも再現されています。

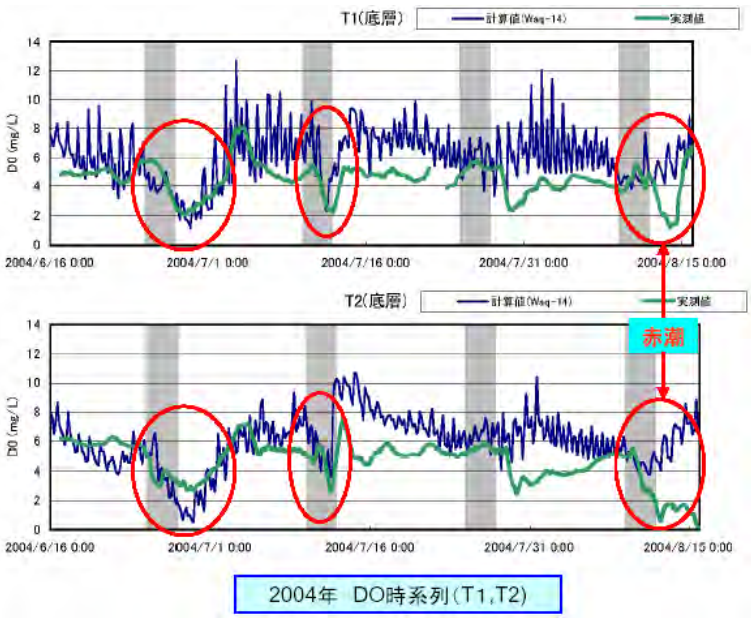


もう少し状況を少し詳しく見て行きますと、このグラフは塩分の横軸、時系列になっておりまして、上の段のグラフは実測を示しております。ピンク色が底層の塩分、それからブルーが表層の塩分を示しております。下のグラフはそれに同じ点での計算結果を示しておりまして、まずここで大きな出水が起こっているという事で塩分が大きく低下しております。この辺り計算でも非常にうまく再現されております。全般的にほぼこの２つブルーとピンクが離れていれば成層度が強いというふうになっているわけですけれども、全般的に再現はされているのですが、詳しく見ますと、実測ではこの７月の下旬から８月にかけて底層の塩分が上昇しております。その辺りが計算では出てきておりませんのでこの辺は原因はまだ完全には突き止めておりませんが、１つはやはり沖合いの高塩分、低水温の水が入ってきた、現実には入ってきたのだけれども、計算ではこの辺が実は沖合いの塩分、水温のデータが十分にございませんで、その辺の条件を与えていないためにこういった差が出てきているのではないかというふうに考えております。



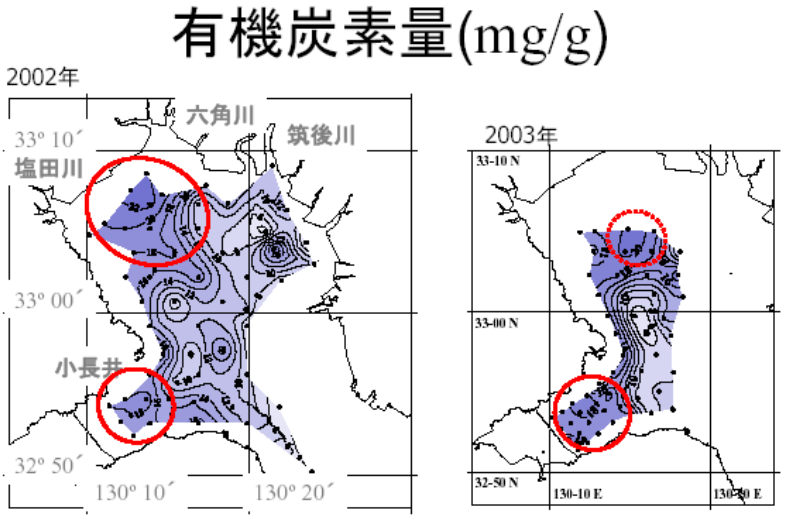
次に溶存酸素の変化についてもう少し詳しく見てみますと、これは両方とも計算と実測同じグラフに示しておりまして、上のグラフはＴ１という平均水深で３ｍ位ですが、東側の点になります。こちら側は先程のＴ２という西側になりますけれども、緑が実測でガチャガチャ変動しておりますのが計算値です。実測も本当はもっと変動しているのですが、ちょっとならして示してい

ます。この緑と青を比較して頂ければと思いますが、まず出水の後のグッと酸素が下がる状況はほぼモデルでもうまく計算されております。その後、斜線の部分がグレーの部分が小潮になりますけれども、小潮期にグッと下がって、大潮で戻っていくという所で、次の小潮についても下がる部分はほぼ再現されておりますが、その後ちょっと計算では溶存酸素が高めに出ております。最も違いますのが、この８月の中旬に実際の海域では非常に深刻な貧酸素が起きまして、サルボウがかなり影響を受けておりますが、この辺の緑では実測では下がっているのが計算では出ておりませんので、この辺はシャットネラの赤潮がこの辺りで発生して、それによって貧酸素が起こったのではないかというふうに考えておりまして、この辺りまだシャットネラのモデルを今入れている所なのですけれども、そういうモデルをやはり入れませんと、うまくこの辺が再現出来ないというふうに考えております。

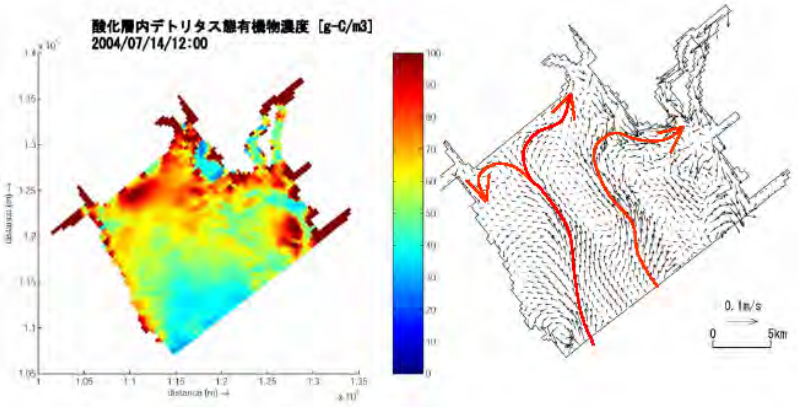


2004年　DO時系列(T1,T2)

その溶存酸素を下げている要因は何かという事で、まずは当然水中の有機物と底泥の有機物という事になりますが、その干潟縁辺部でなぜ落ちるかという事は、その有機炭素量、これも川村さんらのデータですけれども、こういった所で非常に高くなっておりまして、そういう部分に対応して貧酸素が起こりやすくなっていると、それを計算の方でも対応する結果になっております。これは計算上で出て来ます底泥の有機炭素の堆積量を示しておりまし



両年とも泥質の分布と高有機炭素量の分布が一致する傾向を示す.
湾奥西側(2002年のみ)および諫早湾で高有機炭素量を示す.(岡村ら、2006)



て、要するに色が濃くなる程有機物量が多いというものです。これがなんでこういった所に堆積するかと言いますのは、先程速水先生の御説明にもありましたように、これは計算結果の残差流、底層に沿ったものを示しておりますが、この特に海底の谷に沿いまして、エスチャリー循環で湾の沖から中に入ってくる流れがございまして、それに伴って沈降してきた有機物が運ばれてこういった所に溜まりやすくなるという事がこの結果になっているという事になります。

栄養塩（出水）—1次生産－輸送・堆積

そういった事が、実測それから、計算の方から大体分かってきて参りまして整理致しますと、簡単な整理で恐縮なのですけれども、筑後川を中心とした河川から特に梅雨の末期に大きな出水と共に栄養塩の供給があって、その後強い成層が出来、そこで大きな一次生産が起こってくる。その一次生産の結果として有機物が増えまして、それが沈降していく過程で流れの輸送によって底層が奥部に運ばれまして、この湾の奥に溜まりやすくなっている、その酸素消費、水中の酸素消費とそれから底泥での酸素消費に伴いまして酸素が減っているというふうに考えられます。ここではあまり風の影響とは詳しく御説明しませんでしたがその成層の出来方、それからどういう位置に貧酸素が起こるかという事に関しましては風が非常に大きな影響を持っておりまして、例えば基本的に南西風が夏に卓越致しますけれども、吹きますと、断面で見ますと表層水はどんどんどんどん奥に運ばれまして、成層も非常に、この中はよく混合しておりますが上と下の躍層と言います、急激に密度が下がる所は非常にシャープになってくるという状況が起こります。ですから、ここととここではものすごい環境の条件が変わりまして、こちらでは非常に酸素が多いのですが、ちょっと下ではものすごい貧酸素になっているというような状況が起こります。それがちょっと風向きが変わりまして、例えば北とか西風が吹きますと今度は下の水がググッと沿岸に押し寄せてくる、湧昇まで行かなくてもかなり奥まで貧酸素が入ってくるというような状況が、これは東工大の八木先生と通じまして、こういった観測データがございますので、こういった現象が起こります。ですから基本的にはその湾奥の岸から沖に向けての輸送と有機物の堆積によって貧酸素が出来やすい所がわかってくるわけですが、その２００６年に見られましたような全体が貧酸素化するとか或いは具体的に貧酸素の水がどこに上がってくるかという事は、その他にもこういった風とか気象条件によって大きく左右されるというふうに考えられます。

という事で十分説明しきれなかったかもしれませんが、湾奥の貧酸素の発生のパターンは第１はまず梅雨の末期の出水に伴って栄養塩が流入しまして密度成層が非常に強化されます。そこに赤潮、基本的には一次生産が起こりまして、鉛直混合の弱い底層に貧酸素が発生すると。第２のパターンは先程計算ではうまく再現出来なかったという所になりますけれども、徐々に全体の表層の水温が上がってまいりまして、そうすると渦鞭毛藻が卓越してくると、そうしますとそれが死骸となって有機物となり、酸素消費が起こるというふうに考えられます。いずれもその干潟縁辺部という所で発生するパターンが多いのですけれども、先程申し上げましたように一概にそう

いうふうに言ってしまうのではなくて、他の要因も非常に重要で、特に風の影響が重要であるというふうに考えられます。こういったモデル化をする上でまずは物理的には密度成層、それから速水先生もおっしゃられていましたが底質の撒き上げ、特にその潮流による浅海部での混合、風、それから沖合い水の貫入といった事が非常に重要でこういった精度を上げる必要があります。それから生化学的な部分ではまずは赤潮をしっかりモデル化しなくてはいけないという事と、底泥、それから水中の酸素消費の量が具体的にどれ位なのか、それから栄養塩の溶出、それからベントスの影響等を今後、更にデータも取りながら精度を上げていく必要があるというふうに考えます。以上で発表を終わります。

要　約

1. 湾奥の貧酸素水塊発生の第一のパターンは、梅雨末期の出水に伴って栄養塩が流入すると共に密度成層が強化された後、赤潮が発生し、鉛直混合の弱い小潮期に貧酸素水塊が発生する。
2. 第二のパターンは、8月中旬以後、水温上昇に伴って渦鞭毛藻が卓越し、その死骸の水中での分解及び底泥の酸素消費に伴って発生する。
3. いずれも、干潟縁辺部から発生するケースが多いが、平面的な発達特性は、赤潮の発生状況に加え密度成層の強さや海上風などの物理的特性の影響を受ける。
4. 貧酸素水塊発生に重要な影響を与えている物理過程としては、密度成層、底質の巻き上げ（透明度）、潮流による浅海部での鉛直混合、風による流れと混合、沖合い水の貫入（密度流）などあげられる。
5. 貧酸素水塊発生に重要な影響を与えている生化学過程としては、赤潮、底泥の酸素消費と栄養塩の溶出、ベントス（呼吸、死骸）、有機物の沈降などあげられる。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　どうも有難うございました。それでこれまでの御発表について御質問、御意見ありましたらお願いをしたいと思います。

【 質問者 】
速水先生にご質問致します。有明海の異変を叫ばれていますけれども、諫早湾の干拓、締め切りがあったほど、大きく取り上げられるようになったと思いますけれど、潮の流れや、流速が緩やかになって貧酸素水塊が増えたというふうに、タイラギなんかは全く獲れなくなった、それとの相関関係を１つご質問したいと思います。もうひとつは有明海の再生の為にご研究なさっていらっしゃると思いますけれど、一番いい最善の方法とか、有効な手段を何かございましたら１つお願いします。締め切りとの関係です。諫早湾の締め切りとタイラギが獲れなくなった相関関係がどんなふうになっているのかです。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
　締め切りとの相関関係という意味では、まだ結論は出ておりません。
　それで、これが現在我々がもっている仮説なのですが、大きなプロセスとして、この締め切りによって諫早湾の湾内から有明海の奥部に輸送される、有機懸濁物、それから粘土粒子が増えたのではないかと、その結果、有明海奥部の底質の細粒化が起こり、それが、タイラギの漁業壊滅に結び付いているのではないかと、もう１つは、有機物の供給量が増えた事が貧酸素化の進行に寄与したのではないかと、こういう可能性を考えております。只、それ以外に、外海の潮汐が主に減少した事による潮流の減少によってこれが生じた可能性もありますので、まだこちらの方のプロセスがメインで有るかどうかについては確定できておりません。貧酸素化については、主要な原因がここにあるかどうかという事についてはまだこれからの課題です。
　それから再生に関しては正直言いまして、まだこういった部分での原因がはっきりしていない所では何がベストの再生策かという事はよく分かりません。只、底質の細粒化の問題と貧酸素化の問題が二枚貝、それから、延いては赤潮の増加、こういった問題に強く結び付いている事から、基本的には貧酸素化の解消と、それから、底質を昔の様に良くする事、何らかの方法でこうする事が大きな課題だというふうに考えています。

【 質問者 】
　流量、流れが緩やかになった、それを改善は出来ないのでしょうか。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
　有明海奥部全体の潮流が、外海の影響で緩やかになった事が原因であれば、それを全域で調整することは非常に難しいと思います。但し、それ以外の、例えばよく言われるような諫早湾の締め切りによって湾奥部の流れが大きく変化したというのであれば、それは締め切り堤を何とかする事で解決出来ますが、只、現在の所、複数の数値計算による報告では湾奥部の流れの変化に関しては外海の潮汐の変化の影響の方が大きいというふうに報告されていまして、中々湾奥部に関しては、潮流を全体で強くするという事は難しいのではないかと考えています。

【 質問者 】
１つの方法として、門を開けるとかはないでしょうか。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
門を開けた場合にどうなるかというシミュレーションは必要と考えておりまして、我々もこれから行います。

【 質問者：元水産試験場職員 石田　】
元、水産試験場職員の石田と申します。
私は調整池内の泥、それから、諫早湾内の泥について、約４年前から調べておりますが、先程速水教授のお話では、透明度の上昇については懸濁物供給量の減少と、これは５月２４日のシンポジウムでもおっしゃいましたが、湾奥部の懸濁物供給量が、湾奥部というか、調整池内の懸濁物供給量が減ったという事と、調整池内においては堤防ができた為に流れが緩やかになって懸濁物供給量が減ったという事、それからかなり前になりますが、２００５年６月２４日の有明海小委員会という物が開催されまして、滝川教授が、国見町沖と大浦沖の泥の量を測定しておりまして、これは４メートル以上積もっているわけです。この時に滝川教授が何と言ったかと言うと、「これは火砕流の蓄積である」というふうに説明されたのですが、この時に、菊池委員が、火砕流にしては有機物が多いのでないかという質問をしております。私が調査した結果では、透明度の上昇については、調性池からの汚泥を無視する事は出来ないので、これは年間３億５千万トン位放流されている訳です。これは干拓事務所から資料を出してもらえる、農水省からも出してもらえると思いますが、３億５千万トン位出ているのです。私が７月５日に測った濃度は開門した後３時間半位後だったのですが、平均５点採りまして、約５００ｐｐｍであった訳です。そうしますとこの３億５千万トンの年間の水の排水量に掛け算しますと、１７万トンのＳＳ、汚泥、浮遊物が流失している事になるのですが、この浮遊物に非常に特徴があるのです。有機物含量が高いという事と、それから非常にねばねばしている、粘着性が高いのです。ですから、これが諫早湾に出て外部に広がって行くと、これがねばねばしていますので、また再び沈降もし易いです。お互いにくっついて。そうしますと、この調整池の泥水というのは有明海全体に広がる時に周りの浮泥とか、小さい物をくっつけて再び沈降すると。それで浅海定線のデータというのは、朔の大潮時ですから、年間、毎日やっている訳ではないのです。そうしますと沈降しまして、ですから SS の供給量はかえって増えている。しかし透明度は高くなっているというのが私の調査結果なのであります。
今、速水教授のこれから調査するという結果を見ますと、この調整池の汚泥の話は全く入ってきていないわけです。私はこの事については去年から言っているし、毎年毎回言っています。今年も３回位言っていると思いますけれども、この調整池からの汚泥の調査というのは、調査対象から、あなたの調査では抜けているのですけれども、必ず入れておかなければならないという事です。以上です。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】

どうも有難うございました。残念ながら我々の研究グループでは、今まで研究の対象を有明海の奥部に絞ってきて、諫早湾内については、ごく僅かしか調査を行っておりません。今年度も、諫早の湾内、特に調整池の分に関しては研究する予定は組んでおりません。その大きな理由は、調整池起源の懸濁物の影響という物は確かに無視できないものがあると考えていますけれど、その多くは調整池の奥の部分に沈降してしまっているという、そういう報告があるからです。これは我々の研究ではなくて、九州環境管理協会さんの報告ですけれど、調整池の中に多い汽水性の珪藻と、外側に多い海域の珪藻との殻について分布を調べたものです。見にくいですけれど、上の欄が調整池から来る汽水性の珪藻で、下の方が海域の珪藻です。これを見ますと、調整池の中は殆どが汽水性の珪藻なのですけれども、調整池の前の部分では海域の方に比べて多いのですけれども、湾口辺りに行くと殆ど海域圏の珪藻に比べて数が少なくなってしまう。こういったデータを基に、こういうラインに沿って、沈降フラックス中の調整池起源の懸濁物と、海域起源の懸濁物を分布にして示したのがこの図です。これを見ますと、一番上が VSS それからこれが TCOD、一番下が TOC、有機物の量です。それの沈降量を見たものですけれど、調整池由来の懸濁物というのは殆んど、このゲートから２キロ以内に沈降してしまう。従って、我々が考えている様な、湾口からこの有明海に湾奥にかけてに関しては調整池起源の懸濁物はあまり影響していないと考えられます。こうした事から現在の所、調整池の中については調査の計画に入れていません。只、諫早の湾内についてはこの様に、調整池由来の懸濁物の影響が非常に大きいと考えています。

【 質問者：元水産試験場職員 石田 】

分かりました。ご説明は分かりましたがこの諫早湾内というのは時化もあるのです。外の諫早湾内の外と比べて全く同じように時化が起こる訳です。従いまして、舞い上がりますから、潮汐時によって右にも北にも、それから季節風に乗れば大牟田方面にも向かうわけですね。漁業者の話を総合しますと、そういう予想の方が、漁業者の話というのは大学には中々入ってこないようですが、これはそういう話を聞きますと、四方八方に広がっていると私は考えます。それからこの珪藻類が海産性由来のものが多いというのは、これは調整池から出る時に、これは撹拌するわけですから、珪藻類があるとすれば、調整池内の表面の底泥の泥の表面の上にあると考えられます。そうしますと撹拌しますから、そしてそこで、諫早湾内で再び沈積して、そこに珪藻類が発生したとすると、その珪藻類を調べますと海産由来。汽水由来の物が少ないとしても、大部分が海産由来になるという事が考えられるわけです。それはそれだけで調整池内の影響が少ないと見るのはちょっと早過ぎるのであって、それは、例えば原子吸光的なもので泥分を調べるとか、生物的なものは１項目ではなくて、原子吸光的なもので調べると、そういう様な方法で２通りか３通りの方法でやってみなければならないであろうと。調査項目に入っていないという事であれば仕方がないですが、実際には３項目位でやらないとわからない、私でさえ、この調整池の中からそこに出ているという項目については３項目でやって、今新たに１項目加えてやっております。以上です。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト 准教授 速水 祐一 】

それに関しては、我々も底泥中の炭素と窒素の安定同位体に基づいて、底質の起源について調べています。我々の結果、それから、西海区水産研究所も同じ様な調査をしていますけれども、

どちらのデータもこういった海域、諫早湾の入り口付近から、それから、有明海奥部の西部、こういった所の有機懸濁物の殆んどは海域起源の物というふうに考えられます。結局の所、調整池から来た有機物に関しては希釈をされて、フラックとして、相対的に海で生産されたものに比べて小さいと、ですから影響がないというわけではないですけれども、調整池から来るものについては希釈をされて薄くなってしまう、それに対して、海で生産された有機物は非常に高濃度にあると、その結果、海で生産された有機物の寄与のほうが非常に大きいというふうに考えています。私の問題認識としては、そういう諫早湾内の海で生産された有機物の方が、問題としては大きいというふうに認識しています。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　他にどうぞ。

【 質問者：長崎大学　多田　】
　長崎大学の多田と申します。
　堀家さんにちょっとお教え頂きたいのですが、９日の御発表も聞かせて頂きました、今日もお話に有りましたように、やはり地形の影響が大きいという話ですが、ケース１とかケース３では平面的な地形の変化をお見せ頂いていますが、実際にその水深というふうな事も１９３０年代とか或いは７０年代、或いは２０００年代のその水深をきっちりそのモデルの中に反映されているのかどうか、もしされているのであれば、どういったデータを元に１９３０年代なり７０年代の水深を評価しておられるのか、その辺りまでをお教え頂ければと思います。宜しくお願いします。

【 いであ(株)大阪支社　副支社長　堀家 健司 】
　はい、まず感度解析したのは２０００年、環境庁が２００１年の現況再現したケースをベースにして色々変えたという事なのです。従って１９７０年代、３０年代は当然地形も変わっています、地形というか水深です、変わっていますけれども今日の計算結果にはその変わった水深を使ったのではなくて、２００１年の水深をそのまま使っています。地形だけを変えた、いわば地形と言うのは干拓されたり埋め立てされた所だけを変えた計算です。一部、三池とかそういう所で陥没したりしている所がありますので、それは入れていますけれども基本的には水深は変えていないという計算結果です。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　海底地形が変更した可能性があるのではないかという御指摘なのでしょうか。

【 質問者：長崎大学　多田　】
　そうですね、多分そういう事もあっているのではないかなと思って、比較でそのパーセンテージをお出しになるという事であれば、平面的な地形もですけれども、やっぱり水深の変化というのは多分あるのではないかなと思っておりまして、そこまで考慮なさっておられるのかどうかを確認したかったという事です。特に色んなシミュレーションをやられていますが、この水深のデータという物が、先生が色んなデータをお持ちになっているものですから、是非このプロジェク

トで、もし２００１年の物があれば標準版として何か一般的に使えるようなものとして、自由に皆が使えるような形のものをお作り頂いたら、非常にやりやすいかなと、モデルやっている人間としては、非常にその水深のデータというのが、色んな御意見があって「どこの使ったの」と言われて、自分が持っている物のデータ以外の物は「そんな物信用出来ないよ」と言われる先生もおられますので、この辺り、かなり水深のデータによって結果が変わる筈なのですよね。そういった物があった物ですから３０年代どうされたのかなというのが、正直素朴な質問があった物ですから、お聞きしました。分かりました。

【 いであ(株)大阪支社　副支社長　堀家 健司 】
　はい、要は２０００年代の水深については、色んな複数の等深線図とかそういう物から書いているのですけれども、そのデータは基本的にＪＳＴでやっている仕事ですので、公開するのは可能です。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　田中さん、今のテーマでこの前モデルの分科会をやった時に、むしろ田中さんの方から海底地形の精度が計算に与える影響というのは発言されていたように思うのですけど、その事をちょっと紹介してもらっていいですか。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　はい、あのさっき御説明しましたように、１８、１９年度と２年間やらして頂きまして、１８年度は取り敢えず水深のデータは自分達で手の入るものでやってみたのです。そうすると、やっぱり非常に流速のデータも良いデータがございますので、計算と比較しますと、中々合わなかったのです。それを昨年木元さんが色々多方面にご苦労されまして、非常に良い水深のデータが揃って参りまして、それを入れた所、もう明らかに計算結果良くなりました。という事で多田先生御指摘のように水深は非常に重要で、当たり前なのですけれども、それを確かにモデルをやる人間は最新のいいデータに統一して検討を進めるべきだと僕も痛感しました。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　それはもう現在では十分に精度のあるデータがあって、しかも公開されていると思って宜しいですか。

【鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　ちょっと僕も正確にどこを何年に測られたデータかというのは、全部チェックしていないのですけれども、恐らく最新のデータだとは思います。一応データとしては、木元さんが集められましたので、ちょっと関係機関に公開という意味では許可を得るという必要もあるかと思いますので、その辺はちょっと私の方では何とも言えない所なのですが。一応環境省の業務では使わせて頂いているという事です。

【 質問者：元水産試験場職員 石田　】

貧酸素水塊の発生について、湾奥部の方の筑後川の出水が起こって、そののち成層が出来て貧酸素水塊が発生するとおっしゃったと思うのですが、この貧酸素水塊は諫早湾口から湾央にかけて発生しているわけです。今年です。湾奥部の方にはアサリ漁場がありますので、このアサリの畜養場なのですけれども、これは全滅しているのです。産業的には、こういう現象が非常に重要になってくるわけであります。この諫早湾の湾口部の泥、それから湾奥部の泥、これはＣＯＤで測りますと、１０,０００ｐｐｍを超えているのです。こういう泥というのは底泥の泥のＣＯＤの数千ｐｐｍというのは、割と一般的のようですが、１０,０００ｐｐｍを超えるとやはり、これは高いと見なければならないのではないかと私は思っているわけですけれども、そういう調整池からのヘドロ水というのは、ヘドロ水ならびにヘドロ、これは非常にＣＯＤが高いので、これが酸素消費をするという可能性があるわけです。ですから自然現象で成層化が発達して貧酸素水塊が生じるというのも１つの見方でありますけれども、人工的な貧酸素水塊の発生と、むしろその方が産業的には大きな影響があるのではないかと、そういう事にも留意されて、出来ればそういう項目を入れて頂きたいわけですけれども、そういう調査もあったら良いのではないかと思います。以上です。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】

田中さん、先程出された結果の中で、いくつか貧酸素が起こるパターンを示されていて、その１つとしていわゆる筑後川河川水の問題と、それから赤潮の問題と、もう１つは小潮期に起こってくるのは、むしろ先程速水先生は侵入と言われたのかな、そういう沖からの侵入という事を述べられていたと思いますけれども、それは先程言われた諫早湾口部から上がってくるやつもその原因の１つと考えていいのですか。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】

今回の計算では、諫早よりも北側を主にメインにしていますので、当然計算は諫早も中もやっているのですけれどもまだ・・・。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】

だから先程示された時、一番大きくグッと下がったのは明らかに出水によるとお書きになっていて、それからその度々に小潮期に起こってくる物ももう１つあるわけですよね。それも示されていて一番最後の所が赤潮だというふうに言われた、その途中の部分は？

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】

これは基本的にその小潮によって、成層度が上がりまして、元々底泥に有機物が溜まっていますので、そういったものが主な原因で酸素が下がっているという事で、この辺りは基本的には表層で一次生産したものが、堆積して、水中と底泥で消費しているという事で、特に諫早湾からの影響が入っているかどうか、ちょっとこの計算ではそこまで詳細には見れないと。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】

表現出来ていないけれど、少なく共その部分、出水による成層の強化と赤潮の部分と、もう１

つ指摘されたと思って良いですね。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　そうですね、大きくは出水の後、それから赤潮と、それから小潮による部分については、それ以外というふうにも言えるかと思います。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　底質の所から消費されたと。宜しいですか。はい、他にどうぞ。こちらの方。

【 質問者：九州大学　松野　】
　九大応力研の松野と申します。簡単な質問なのですけど、潮流変化の事について、断面通過流量というのは、絶対値を積分されたものなのでしょうか。それともネットなのでしょうか。ネットだとすると、奥の方の潮位差の変化率と通過流量の変化率とが大きく違うのはどうしてなのでしょうか。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　断面通過流量はどういうふうに計算したかという事ですけど、１時間毎の断面の流速から流入量、トータルの流入量と年間を通じた流入量と、それから流出量、これをトータルしたもので示してございます。

【 質問者：九州大学　松野　】
　流入量と流出量のトータル、例えば流入量だけではないのですか。流入量と流出量は一緒ですよね、殆んど。

【鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　殆んど一緒ですけれども、ちょっとそれは違います。河川水も入ってくるので、奥の方は。

【 質問者：九州大学　松野　】
　それはあるでしょうけれども。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　もちろん流入量だけ流出量だけ其々でもやっていますけれども、今日は、今示した図はそのトータルの変化率で示しています。

【 質問者：九州大学　松野　】
　断面の中のプラスマイナスは考慮して、足し算しているわけですね。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　要は流入量プラスのトータルと、それからマイナスのトータル、マイナスをつけないトータル

です、流出量、その２つの合計です。プラスマイナスの計算にはしていないと。

【 質問者：九州大学　松野　】
　していない、そういう事ですね、分かりました。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　はい、それではもう一人、先程古賀先生の手が挙がっておられたので。

【 質問者：佐賀大学　古賀　】
　佐賀大学の古賀と申しますが、田中さんにお聞きしたいのですけども、ＤＯのシミュレーション結果は、再現結果は良く分かったのですが、他のクロロフィルＡとか、ＳＳでしょうか、そのＤＯのいわゆる供給と消費にかかわる他の水質項目について何かコメントを頂ければ有難いのですが。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　ちょっと、全部その辺を割愛しましたので、時間がありませんので、例えばこれはクロロフィルなのですけれども、先程と同じように緑が実測で、青が計算値になっております。これはＴ１という東の方の浅い所になりますが、この辺り、この程度の再現性は出来ております。その他、栄養塩等も当然計算では出て来るのですけれども、栄養塩はここまで当然時系列でデータがございませんので、だいたい量的にはあっているという程度です。それからＳＳに関しましては、ちょっとまだこういう比較をやっておりませんが、これも先程のモデルの話で最初ＳＳの撒き上げによる透明度の変化を入れないでやっていたのですが、それではやっぱりこういう浅海部は合ってきませんで、やはりＳＳ、底泥からの撒き上げを入れた計算をやって、こういった所が合ってきたという事でそのＳＳ自体の比較はまだ詳細を行っておりませんが、ある程度は観測データを再現していると考えております。

【 質問者：佐賀大学　古賀　】
　そうしますと、底泥というかその底質由来のＤＯの消費というのは、関与していないという事でしょうか。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　田中 昌宏 】
　底質由来は勿論重要でして、これがちょっと見にくいグラフなのですけれども、これは黒がＤＯの変化になっておりまして、その内訳を見るために収支を見たものです。赤が底泥のＳＯＤです、酸素消費の分で、これが最底層の分を示しておりますので、ＳＯＤが非常に大きく効いておりまして、底泥による酸素消費が非常に大きいと、それから、この緑が水中の酸素消費になっておりまして、これは計算上一番下のメッシュだけを見ておりますので小さくなっておりますが、これを底層から躍層より下の層まで全部合わせますと、大体底泥の消費と同じ位の寄与率をしていると、場合によってはそれよりも大きくなるというような結果になっております。それはその都度全部浅い所は非常に底泥が大きいですし、もうちょっと沖側に行くと、むしろ水中の方が効

いてくるというような格好で変化しております。

【 質問者：佐賀大学　古賀　】
　はい、有難うございました。

【 座長：佐賀大学 荒牧　軍治 】
　他にもまだあると思いますけれども、時間になりましたのでこれで質問、御意見の時間を終わらせて頂きます。事務局の方で今日の３人の御発表の大体の要約をまとめて頂きました。これを皆さんに配布しておりますので、それをご覧になって確認をして頂ければ有難いと思います。

有明海奥部における底質･懸濁物輸送の変化について（要約）

速水祐一氏
有明海異変の全体

1. 「有明海異変」と呼ばれる問題の特徴は，その中に多くの環境問題が含まれていることである．
2. これまでの研究を元に，7つの問題の原因について整理した。

   1)赤潮の増加、2)透明度上昇、3)底質の細粒化、4)貝類（サルボウ･タイラギ･アゲマキ）漁獲量の減少、5)貧酸素水塊の発生、6)ノリの生産不安定、7)底魚を中心にした魚類漁獲量減少
3. 「透明度上昇」，「底質細粒化」，「貧酸素化」については，まだ主要な原因が確定していない．
4. その大きな要因は，過去に充分な調査･研究がおこなわれていないことによるデータ不足である．
5. 現状を打破するために数値シミュレーションモデルによって過去の変化を検討する必要があると考えている．

速水祐一氏　続き

底質･懸濁物輸送

1. 有明海湾奥南西部海域における底質の細粒化（粘土粒子堆積）は，1990年代以降の底質の細粒化によるものと考えられている．
2. 1989年から現在までの間に塩田川海底水道南部で粘土質の領域が拡大したことがわかる．こうした底質分布の変化は堆積フラックスに占める細粒懸濁物の割合の増加を反映していると考えられる．
3. 懸濁物堆積フラックス変化の原因は，a) 再懸濁によって移出する細粒懸濁物の減少，b) 細粒懸濁物の供給増加，の2つの要因が考えられる．
4. 細粒化が進行した湾奥南西部太良沖では，潮流減衰による移出懸濁物減少があったとすると，その原因は外海潮汐の変化が主であると考えられる．
5. 沖合海域からの細粒懸濁物供給量は増加した可能性がある．
6. 諫早湾における潮受け堤建設以来，諫早湾内では潮流は大きく弱まった．また，赤潮が増加した．その結果，海底に粘土粒子が溜まりやすい領域が諫早湾口近くまで拡がり，底層から湾外に流出する粘土粒子が増加したとすると，それは有明海湾奥西部海域への粘土粒子輸送量増加を引き起こすと考えられる．
7. 今後，外海潮汐変化の影響と合わせて，数値シミュレーションモデルを用いて検討を進めたいと考えている．

潮流変化とその要因について（要約）

堀家健司氏

1．各年代の地形、潮汐、温度を想定した感度解析の結果潮位振幅の増殖率や入退潮量の低下は地形変化の影響が大きい。

2．懸濁物質の再懸濁力の低下に起因する有明海異変の指標として底層流速の変化に着目した。

3．その結果、底面せん断応力の推定変化率は、１９７０年代に比べて１０～２０％、１９３０年代に比べて２０～４０％程度減少していると予測された。

4．また、湾奥から湾央の成層度は、１９７０年代に比べて2～7％、１９３０年代に比べて１０～１４％大きくなっていると予測された。

5．有明海再生の基本的事項の一つとして、潮流速を速める工学的手法等の開発が望まれる。

有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の再現シミュレーションについて（要約）

田中昌宏氏

1. 湾奥の貧酸素水塊発生の第一のパターンは、梅雨末期の出水に伴って栄養塩が流入すると共に密度成層が強化された後、赤潮が発生し、鉛直混合の弱い小潮期に貧酸素水塊が発生する。
2．第二のパターンは、8月中旬以後、水温上昇に伴って渦鞭毛藻が卓越し、その死骸の水中での分解及び底泥の酸素消費に伴って発生する。

3．いずれも、干潟縁辺部から発生するケースが多いが、平面的な発達特性は、赤潮の発生状況に加え密度成層の強さや海上風などの物理的特性の影響を受ける。
4．貧酸素水塊発生に重要な影響を与えている物理過程としては、密度成層、底質の巻き上げ（透明度）、潮流による浅海部での鉛直混合、風による流れと混合、沖合い水の貫入（密度流）などあげられる。
5．貧酸素水塊発生に重要な影響を与えている生化学過程としては、赤潮、底泥の酸素消費と栄養塩の溶出、ベントス（呼吸、死骸）、有機物の沈降などあげられる。

＝＝＝＝＝＝＝第2部　招待講演＝＝＝＝＝＝＝＝

【 事務局 】

向井先生に二枚貝の増加機能と役割について、お話して頂きます。

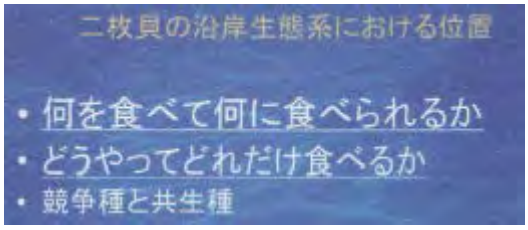
向井先生は、北海道大学名誉教授でいらっしゃいます。東京大学海洋研究所で研究を続けた後、北海道大学理学部で教鞭を取られました。海洋生態学の専門家でもいらっしゃいます。現在、『うみひるも』の発行や海の生き物を守る会の代表もなさっておられます。それでは、宜しくお願い致します。

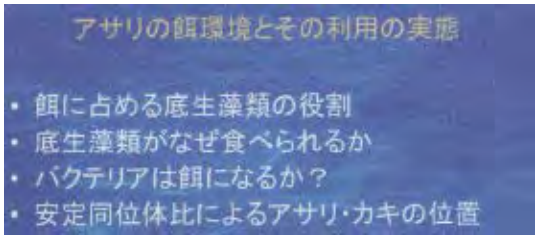
○招待講演：二枚貝の環境浄化の役割について

【 北海道大学 名誉教授　向井　宏 】

今日は、お招きを頂きましてどうも有難うございました。紹介をして頂きました向井です。

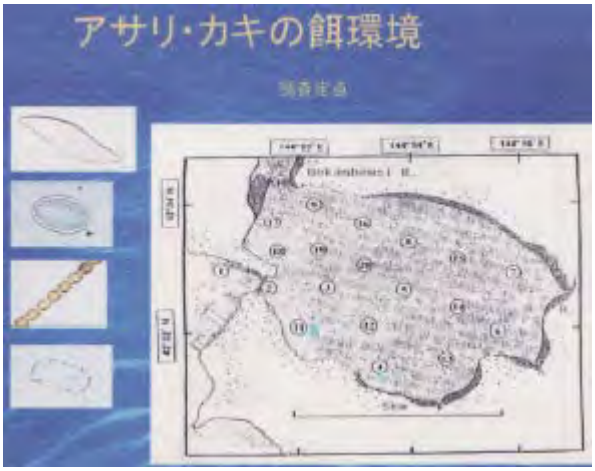
今日は二枚貝の環境浄化の役割についてという事でお話をさせて頂きたいと思います。実は私は有明海の事については、今まで全く研究をした事はございませんので、有明海の事について直接お話をする事は出来ませんけれども、一般に私の研究を行っていた二枚貝による環境浄化の問題、内湾や沿岸の生態系における二枚貝の役割等についてのお話をさせて頂きたいというふうに思っています。



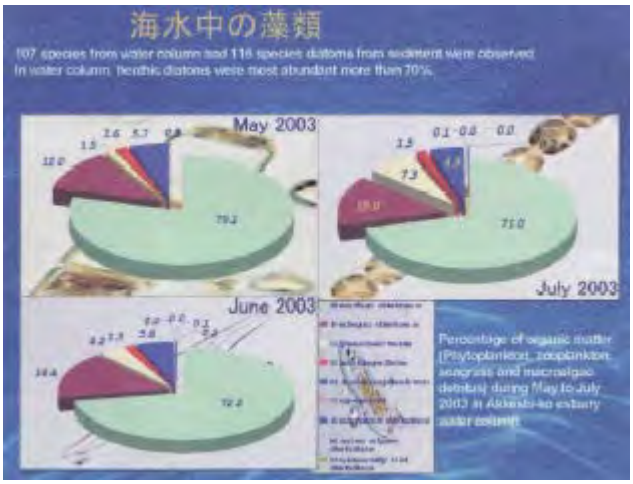


まず二枚貝が沿岸生態系においてどういうような役割を果たしているかという所を考えて、環境浄化にどういう役割を果たしているかという事も考えないといけないという事をやります。まず、いわゆる沿岸生態系における位置という物はどういうものかといいますと、基本的に生態系の中の位置としては、何を食べて何に食べられるかという、いわゆる食物連鎖上の位置というのが非常に大事なポイントになる訳ですが、それをまず明らかにしなければいけないという事、それからもう１つは量的なものですが、どうやってどれだけ食べるかというものを更に明らかにするという事があります。生態系におけるエコロジカルニッチとしての位置というのは、何を食べて何に食べられるかという事が大事ですが、もう１つの、今日話題になっている環境浄化作用という事に関して言えば、どうやってどれだけ食べるかという所がかなりに重要になってくるというふうに考えられます。その他には競争種と共生種というふうな、他の種との関係についても生態系、沿岸生態系の中における位置として重要な所があって、特に競争種の問題では、昨今特に、内湾の二枚貝の中では外来性の二枚貝は非常にたくさん増えてきております。その問題はかなり重要な問題なのですが、今回はあまりそれは取り上げないで、またの機会にしたいというふうに思います。

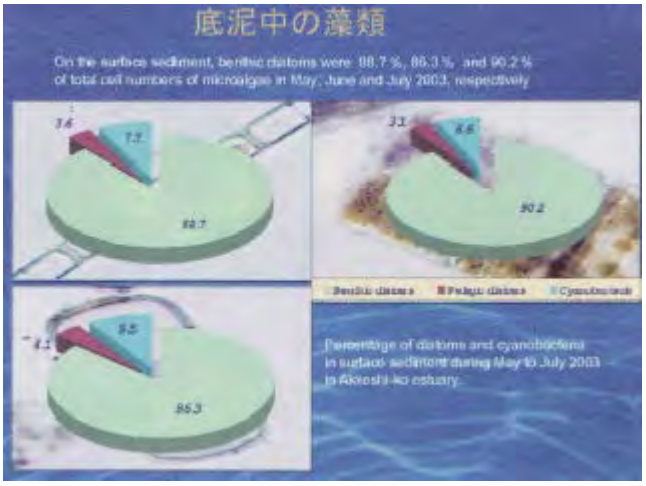
まずアサリの餌環境とその利用実態ですけれども、一般にアサリとかカキとかいう二枚貝は沿岸の浅い部分で養殖を盛んにされている訳ですけれども、その餌というのは基本的に植物プランクトンを食べているというふうに考えられてきました。しかし本当にアサリとカキは植物プランクトンを食べているのか、植物プランクトンだけを食べているのかというと、どうもそうではなさそうだというのが最近の研究の結果であります。これから、ちょっとお話をする内容なのですが、実は植物プランクトン以外に底生の藻類というのが、こういう浅い海の内湾の沿岸の二枚貝の餌として非常に重要になっているだろうと考えられる訳です。それの話を少ししたいと思います。それからアサリとかカキとか二枚貝は、海水をろ過してその中に懸濁している餌を食べる訳ですけれども、そういう時に何故底生藻類というのを食べる事が出来るのかという話、それからそれ以外に植物プランクトン以外に色々な物がある訳ですけれども、バクテリアというのが重要な餌になっているかもしれないという示唆があります。バクテリアが本当の餌になっているのかという事。結局、本当に何を食べているのかという所が、実は余り良く分かっていないという事があります。直接的な証拠にはならないけれども、安定同位体比による調査というものも最近あちこちでやられる様になって来ました。そういうものについて少しお話をしてみたいと思います。

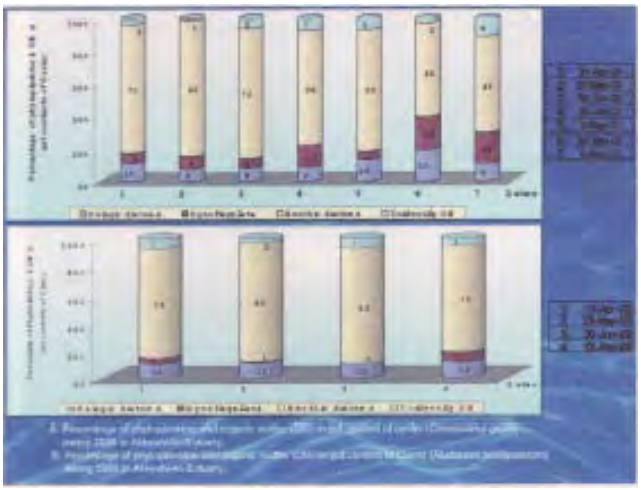


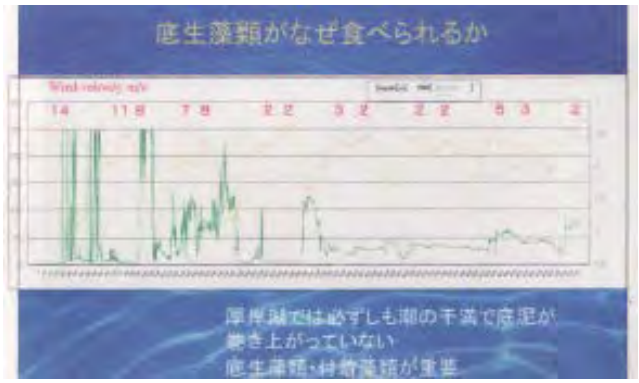
これは私が調査をした北海道の厚岸という所の厚岸湖という汽水湖です。外海と通じておりまして多少塩分は甘いのですけれども一応海に近い状態の所です。ここでアサリとカキの養殖がかなり盛んに行われている訳ですが、そういう所のアサリやカキが一体何を食べているかというのを調査しました。これだけの点で海水を採取してそれ以外に直接アサリやカキの採取をして胃の中を調べて、直接、顕微鏡で見てどういう物を食べているかという事を明らかにする調査をやりました。まず海水中にどういうものがいるかというのを見てやると、ここの厚岸湖という海域は非常に浅くて平均水深が２メートル位です。そういう浅い所なのですけれども、そこの海水中には何が多いかというのをこれも顕微鏡でひとつひとつ細胞を数えてやった訳ですけれども、約４分の３が底生の珪藻です。この底生の珪藻という中には海底の泥の中に住んでいる珪藻と、それから付着珪藻、岩の表面とか海草の表面に付いている付着珪藻です。それを両方含んでいます。中々底生の珪藻と付着珪藻を区別する事は難しいのでこれは一緒に混ぜてありますが、付着珪藻は特にここでは湾内にたくさん生えているそのアマモに付着している珪藻が、ほとんど大部分だというふうに思われます。そういうふうに海水の中に付着する底生の珪藻はほぼ４分の３位いるという事が分かりました。肝心の植物プランクトン、

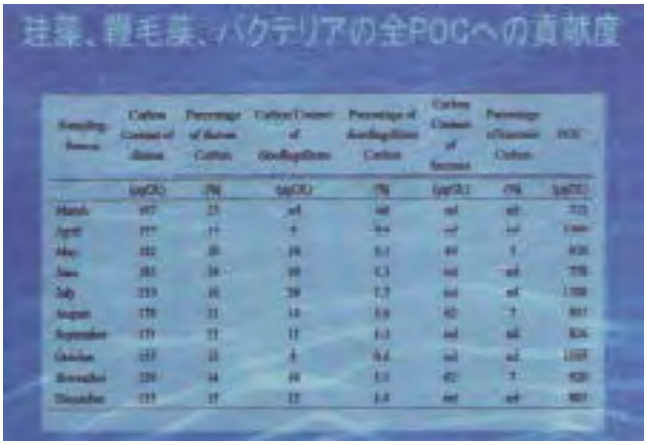


ペラジックな珪藻は１５％程度、それから後はラン藻とか鞭毛藻、それからマイクロ動物プランクトン、それからコペポーダとか、後はデトライタス、有機物です、そういう物が、これは目で見える範囲なのですけれどもこの程度の割合である、圧倒的に底生と付着藻類が多いという事が分かりました。それでこれは泥の中を見た場合ですが、泥の中では当然といえば当然ですが、８０％から９０％近くが底生の藻類および付着藻類で占められています。生きた細胞だけを見ているのですがペラジックな珪藻も多少は、非常に浅い湖ですから海水中の植物プランクトンが海底にもある程度は見られるという事です。それで今度はこれがカキです。カキとアサリについて胃内容を見てやりました。そうするとこちらがアサリでほぼ毎月見た訳ですけれども、ごめんなさい、こちらカキです。それで７０％近くが底生の珪藻によって占められている。この割合はそれ程海水中の割合と大きくは違わないと言えるかと思います。圧倒的に底生および付着藻類が食べられている。多少季節的に変動はしていますけれども全体としての傾向はほとんど変わらないと言っていいと思います。こちらはアサリの方なのですけれどもアサリの方は、カキよりももっと底生藻類が占める割合が高い。これはアサリというのが泥の中に住んでいて表面で水を濾し取っているという事から考えて十分考えられる事で、カキよりもよりいっそう底生藻類に依存している割合が高いという事が言えるかと思います。底生藻類は何故食べられるか、カキ等は水中に吊るされた状態で養殖されている訳ですけれども、かなり底生藻類の割合が高いと先程申しました様に、海水中の中にも非常に多くの底生藻類が植物プランクトンよりも多い位の底生藻類がたくさんいるという事が分かりましたから、



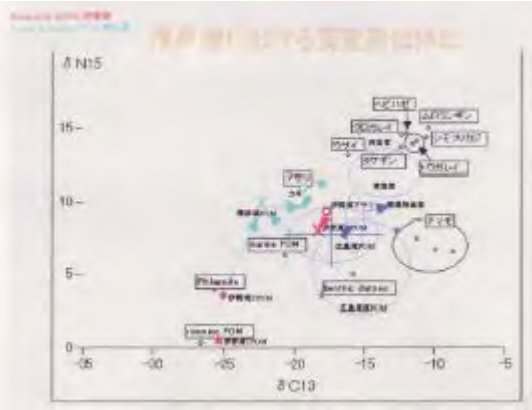


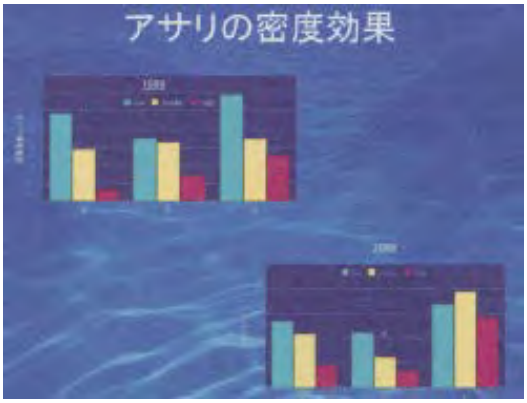




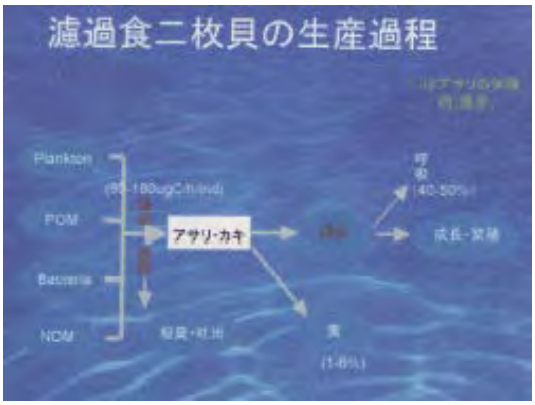
当然その水を濾しとって食べているカキにとっても、餌の大部分は底生および付着藻類であるという事が言えます。実は底生の藻類が水中に何故懸濁しているかというとこれは、一番今まで言われてきたのでは、潮汐によって、特に浅い所では潮汐によって海底の泥が撒き上げられて、それによってその中に生息している珪藻が水中に懸濁するという事が言われています。ここでも一応これが、ちょっと見難いですけれども、黄色が潮汐の変動でこの緑色がクロロフィルの連続観測の結果なのですけれども、この辺りで非常高いクロロフィルの濃度が出ている訳なのです。それがどうもこの潮汐とは必ずしも一致しない。ところが、ここは数字で書いてありますけれども風速です。秒速のメータで入れて有りますけれども、この辺りは非常に強い風が吹いているという事で、ここで、浅い海でもありますから海中がかく乱されて、そこで海底からの撒き上がりが非常に激しく起こったという事が言えるのではないかと思います。風が収まってくるにつれてそれが減少していく。時々その潮位と対応したような増加も見られるのですけれども、潮の干満という事よりもむしろここでは風の影響が非常に大きいのではないかというふうに考えています。それはひとつには先程言いましたように底生藻類だけではなくて、ここには付着藻類と言ってアマモの表面にびっしりと付いた藻類がいて、それが水の動揺によってかなり海水中に懸濁をするという事が起こって、それが気候条件とそれから潮の干満という両方の条件で海水中に懸濁していく。こういう状況はおそらくいろいろな浅い所の海中では起こっているだろうというふうに考えられます。そういう所に生活している二枚貝というのがこういう物を主な餌として生活をしていると考えられる訳です。それで水の中のＰＯＣの量というのを、これは粒状の有機物の量です。カーボンとして測っていますけれども、それをまず測って後は水の中で食べられたと思われる珪藻とか鞭毛藻、それからバクテリア、そういう物の数を数えて、それの中のカーボンの含有量は文献値を使って、それの貢献度というのを調べてみました。そうすると各季節についてやっているのですけれども、一番良く食べられていると考えられているその珪藻、これは水中の物もペラジックな物もベンシックな物も含めている訳なのですけれども、摂取された全ＰＯＣの中の大体２０％程度、２０％から２５％程度、その位が植物プランクトンを取り込む事によって取り込んでいると言えると思います。植物プランクトンの貢献度がこれ位だという事です。それから鞭毛藻類ではせいぜい１％から２％程度、それからバクテリアはたくさんいるのでバクテリアの貢献度が多いのかもしれないと思いましたけれども、非常に小さくて５％、多い所でも５％から７％、ほとんどの月はゼロ前後という事でこれを全部足しても３０％位にしかならない。残りの７０％位は一体何を食べているのかといいますと、実は顕微鏡で見える形では出て来なかったけれども、非常に細かい形の有機物の残渣、それが沢山含まれている。もちろん栄養価としてはこの植物プランクトンというのは高いのですけれども、量としては必ずしもそれが中心ではなさそうだという事が分かって来た訳です。これは安定同位体比で、餌の見当をつける為にした訳ですけれども、今お話をした厚岸湖のアサリとカキは大体この辺りにいます。伊勢湾のアサリはこの辺りです。広島湾も大体この辺りという事で、広島とか伊勢湾に比べると、ちょっと厚岸湖の方はカーボンの方でマイナスの方に偏っています。窒素の方は少し高くなっている。これは、どういう意味を持つのか、ちょっとまだよく分かりませんけれども、基本的にアサリというのが、藻類、ベンシックダイアトム、ペラジックダイアトム、両方とも大体この辺りにくる訳ですけれども、そういう物だけを食べている訳ではなさそうだという事が分かります。特に厚岸湖の場合はかなり左に寄っているという事は、この辺りは陸上から流れてくる粒子です。それからこれは葦の数値なの

ですが、このような陸上からの影響をかなり強く受けた粒子の影響が考えられるというふうに考えています。これは場所によって当然それは少しづつ違ってきて陸上と海から、海起源の物と、どの程度の配分で食べているかというのは場所によって違う訳ですけれども、少なくともこの厚岸湖においては、他の所よりも陸上の寄与が高いのではないのかなというふうに考えています。ただ安定同位体比のデータというのは、あくまでも状況証拠でしかなく、実際何を食べているかというのは顕微鏡で細かくみる以外には中々確実な証拠にはならないという事が分かります。そういう餌を食べている訳ですけれども、餌の量というのがかなり彼らの成長や何かにも重要な影響を持っている。これは密度効果の野外実験を行ったものでアサリを使ったものです。ケージを作ってその中に密度４００、８００，１６００、１平方メートル当たりの３段階の密度を作って、３ヶ月程野外飼育をしたその結果をみると、明らかにどこでも、密度が高い所は成長が悪いという事が、２年間やったのですが、どちらの結果でもほぼ出ています。こういうふうに水の中の餌をとっている物でも密度によって餌条件が非常に悪くなってくる。即ち、個体間の餌をめぐる競争というのが、かなり有るという事が分かると思います。これはカキを養殖している漁師だったら誰でもよくご存知の事で、過密養殖をすると粒が小さくなるというのはよく知られている事です。



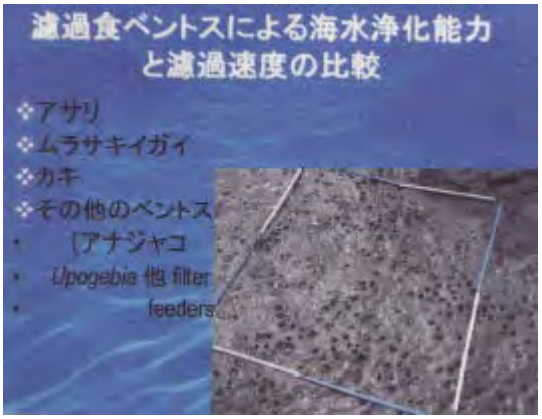


こういう摂餌様式を持っている二枚貝というのが、どの様に環境浄化に役立つかという所をこれからお話をしたい訳なのですが、そのために、まず濾過食の二枚貝というのがどういうふうに生産過程として作られているかというのを簡単にお話しますと、今まで言った事の大体のまとめにもなる訳ですが、餌としてはプランクトンとか、粒状の有機物、バクテリア、それからこれは粒状の非有機物、粘土粒子なども含めて、そういう物が水の中に懸濁をしている。それをまとめて濾過をして取り込む。アサリやカキの様な二枚貝が取り込む。その時に例えばこういうふうな非有機物の粒子とか、それから非常に大型の粒子とか餌にならないものが、ここで擬糞とか吐出



等によってまず除かれます。アサリでは擬糞というのはほとんど出さないのですが、カキは大量の擬糞を出します。これは外的な条件にもよるのですが、擬糞を出すと言うのがカキの特徴です。それ以外の餌として取り込んだものは、大部分は同化されていて一部糞として出されます。この数値は実験室内で実験した物で、アサリの場合はこの糞の量が非常に少なくて、せいぜい１ないし６％位でした。実はカキの方は糞はかなり大量なのですが、この場合はアサリの例です。糞に出されなかったものは体として同化して、その内の呼吸に使われるものがアサリの場合では４０％～５０％、残りの５０％ちょっとが成長に使われて将来の繁殖に使われる。そういう形で餌の取り込みは行われている訳です。それで、二枚貝の濾過速度、水を濾過することによって実は水をきれいにしている事になる訳ですけれども、濾過速度というのはどの様な物かと、ちょっと細かいのでほとんど見えないと思いますけれども、私も実は昔このような実験をやりまして、私の結果だと、２．５ｃｍ～３ｃｍのアサリ一個体が、大体、非常に大まかに言って１時間に１リットルの水を濾過する。その程度の量の水を濾過するというのが、非常に大まかなアサリの濾過量だと思います。これは他の人のデータをまとめたものですが、やはりもちろんいろいろ変動するのですけれども、０．４～１．５位の間という事で、大体１リットル前後の計算が出ています。それぞれ計り方も違うし、条件も色々違って随分幅があるのですけれども、やはりアサリとカキというのは非常に濾過量が高い、他の二枚貝に比べても非常に高いということが分かります。ここ有明海ではサルボウとかハイガイとかいうものが結構たくさんいて産業的にも重要で、そのデータも出してありますけど、アサリとかカキに比べるとやはり１桁位小さいデータが出ています。それ以外に例えばアサリ、カキ、ムラサキイガイこのあたりはやはり濾過水量が多いという事が分かります。結局一般化できるかどうかは分かりませんが、私の印象ではやはり浅い所に生活している付着性の貝、アサリは一寸違うのですが、付着性の二枚貝はかなり濾過量は大きいと考えています。一方、海底の泥の中で生活しているものではそれほど大きくなさそうであるという事が考えられます。特に浅い所の二枚貝というのは、濾過量が多くて、環境浄化の上では非常に重要な役割を果たしているというふうに考えられます。特にアサリ、カキなどは数も非常に多いです。

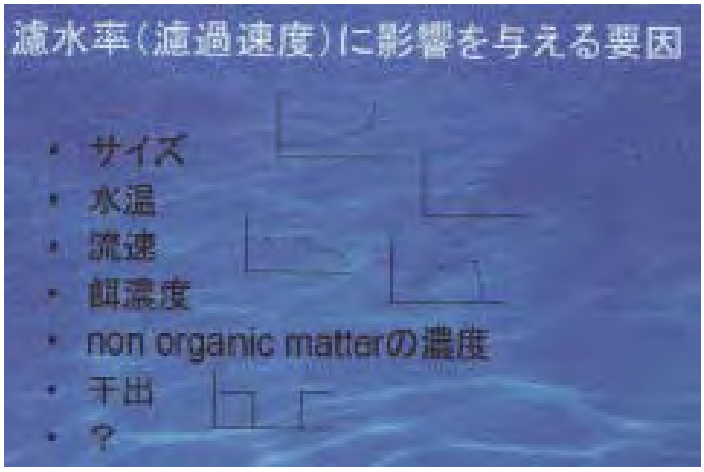
それから二枚貝以外にも、アサリ、ムラサキイガイ、カキの様な二枚貝以外にも、例えばアナジャコのような濾過食性のベントスがいて、これは東京湾のアナジャコの巣穴の写真ですが、この位たくさんいて、これの濾過量というのは馬鹿にならないです。ただしこれは場所に極限される物のが多いので一般的に言えるかどうか分かりませんが、とにかく、アナジャコのいる所では二枚貝に匹敵するような海水の浄化能力を持っているというふうに考えて良いと思います。



それでアサリ、カキのような二枚貝が濾過能力が非常に強いという事で、これは岡山県の虫明湾という所のカキ養殖場の空中写真ですけど、これを見て頂くと湾内全面にカキ筏がびっしり並んでいます。こちらが湾口部になるのですけれど、実はこちらが一番湾奥の方です。ところが、この写真を見て頂くと奇異に感じられるかもしれません。実は湾口の方が水が汚れていて、湾奥の方が水がきれいです。これは何故かというとカキによる浄化作用のせいなのです。これだけの量のカキがこの小さな湾の中にびっしりと入ることによって、この湾内の水は非常にきれいにされている。

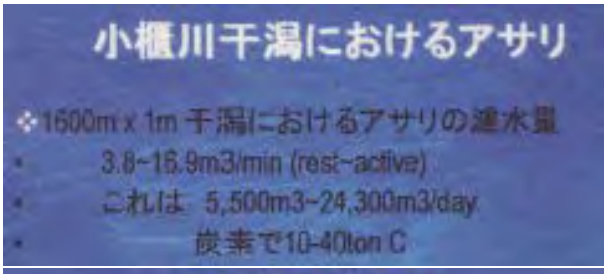
これは目で見て非常に分かりやすい例なので持ってきました。例えば東京湾でも船で見てみると、東京湾で唯一今残っている干潟としては小櫃川（おびつがわ）の河口干潟というのがあるのですが、そこの干潟の上に船で入りますと、途端に水がスーっと透明になってくるというのが良く分かります。そういうふうに二枚貝が沢山住んでいる所の海水の浄化能力というのは非常に大きくて、目で見ても分かる位非常にはっきりとしています。それがカキ、アサリとかムラサキイガイのような非常に濾過能力の高い二枚貝は内湾の浄化作用においては非常に重要な役割を果たしている訳です。内湾の生態系モデルとかそういう物を作る場合に、このファクターは決して外す事はできないと思われますが、その時に色々シュミレーションモデルが最近沢山出来ている訳ですけれども、その濾過速度、濾過量、そのものはいろんな条件で当然変化をします。それぞれの貝のサイズによって、成長段階に応じてどんどん上がっていく、大きくなっていく、これは当然です。それから水温によっても変化をします。水温は生物ですからオプチマムな所があって、ある程度以上水温が上がると逆に濾水量は減るということもありますけど、基本的には水温と関係を持っています。それから流速によっても、濾過水、濾過速度というのは変化をします。これは余り速くなると濾過そのものが物理的にも難しくなるという事もあって、ある程度までは上がるのですが、もっと速くなるとどんどん下がってくるということが起こります。それから餌の濃度によっても濾水量は変化をします。ある程度の段階は餌の濃度が高くなるにつれて濾水速度も速くなります。どんどん速くなって行きますが、ある程度以上過ぎるとそれが、上昇の程度が少し減少します。緩くなってきて、ある所を超えると途端に餌を食べる事を止めてしまいます。これは非常に高濃度に

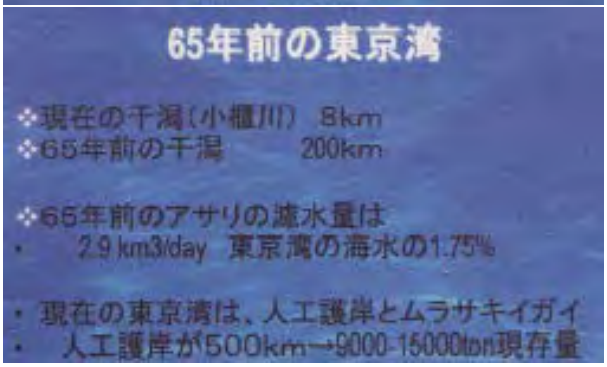
なった場合には餌を食べることは止めてしまうという事が起こります。カキなどはよく調べられているのですが、例えば、海底がかき回されて撒き上げによって懸濁される、例えば工事などで土砂で濁った水が流れてきた場合は餌だけではなくて、要するに粒子の濃度を考えて見ないといけないのですが、あまり粒子が増えると餌を摂らなくなるという事も起こります。こちらが今の話しです。シルト・クレイなどが懸濁をした場合には、これと同じ事が起こります。それから後、結構皆さん見落としているのが干出の影響です。特に有明海は非常に潮位差が大きいので、大潮の干潮時などは広大な面積の干潟が出来るわけですが、干潟の上に住んでいるアサリとかカキにとっては干出時というのは餌が取れない。意外とその事を皆さん見落としている事が多いのですが、潮が引いた時には餌は全然取れないという事を、濾過することもできないというのは当然なわけで、これは干出するかしないかでガクッと違うわけです。その問題があります。もう１つはここにクエスチョンマークを書いてますが、個体によって、種によって違うのですが、その個体がどういう生理状態にあるかによって濾水量というのは非常に大きく違う事があります。アサリの濾過速度の研究をしていた時、横軸にサイズをとって縦軸に濾水量をとって並べてみると、どうも１つの線に乗らないという事が有りました。それを良く調べてみるとどうやら２つのパターンがある。非常に積極的に水を濾過している時とそうでない時がある。私はアサリというものはいつもいつも起きているのではなく時々寝ているのではないのかという事を考えて、実際にそういう目で観察してやると非常にはっきりとそれが分かります。干出している時は、クロージングステージといって殻を閉じてしまって、当然水の出し入れはしません。ところが、水が有ってもレスティングステージとアクティブステージに別れていて、レスティングステージの時は水を、出し入れを非常に押さえて呼吸だけやっているというふうに考えられます。一方アサリを買ってきて水の中に置いておくと、皆さん良く分かりますように、水管を非常に長く伸ばして、水をピューっと出したりします。ああいう状態にある時はアクティブステージで、積極的に餌をとり呼吸も当然一緒にしているわけです。こういう時とレスティングステージの時とは濾過水量というのは全然違います。アサリを飼って泥の中に、アサリの水管のすぐ前に非常に小さな流速計のセンサーを置いて、ずっと連続的に観察をしてやるとアサリは１日の半分位は寝ている。実はこれは個体によってかなり差があって、余り一般化はできないのですが平均すると、一日の半分位はレスティングステージで、１日の半分位が一生懸命餌をとっている状態である事が分かりました。それは個体によっ

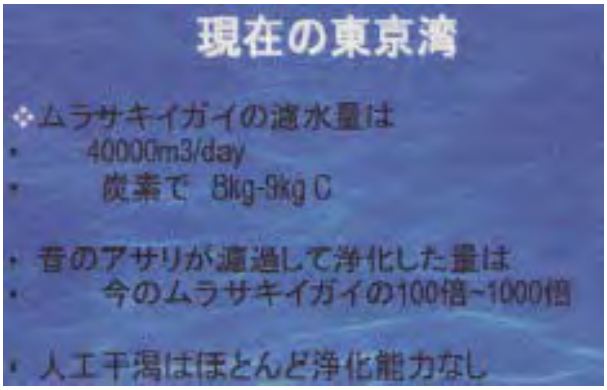


ても違うし場所によっても、ひょっとしたら違うのかもしれませんが、余りあちこちでやっていないのでそれは分からないのですが、少なくとも、種による違いというのは確かにある。アサリはこれはあるけれども、カキについては途中で休んだりしないで一日中餌をとっているらしいということが分かります。それからバカガイについてもやってみたのですが、バカガイもどうやらお休みはしない。それで色々考えたのですが、どうやら水管の長さと関係があるのではないかと私は見ています。例えば泥の中に入って長い水管を出して、外に出しているものにとっては、必ずしも一日中それをやっているわけではない。時々引っ込んで休んでいる。ところが殆んど水管がなくて、短くて、サルボウも恐らくそうだと思うのですが、そういう種類というのはどうも１日中休みなく餌を摂っている。もちろん干出した場合には餌は取れませんけれどそういう関係にあるのではないかなと、これはまだ確信を持って言える所まで行ってないですが、そういう関係にあるのではないかというふうに考えています。特にアサリの場合ではアクティブステージは夜の方が多いと私の研究では出ていますが、これも一般化できるかどうかは分かりません。やはり個体毎にきちんと測ってみる必要がある。こういう個体の行動が今までほとんど明らかになっていなかったというのは何故かというと、環境浄化能力や濾水量の測定をする時にアサリを測る場合に、アサリの何個体かをまとめて測っている事が多いのです。ほとんどそういう実験で測っています。一個体ずつで測ってはいないのです。ですから何個体かで測っている時には、こういう形ではなく、結局、平均的なデータで出てきているという事になると思います。できれば今後こういう実験をされる方は一個体ずつ測られることをお勧めします。

そういう条件の下で東京湾の二枚貝による浄化作用というのを、小櫃川干潟（おびつがわひがた）という、唯一残った干潟について考えてみました。時間を過ぎてしまったので非常に簡単にいきます。結論だけを言わせて貰います。アサリの濾水量を今のいくつか上げた条件を全部入れて、計算をしてやります。現在のアサリによる東京湾での浄化能力を計算をしてみます。現在はそういう干潟は殆んど無くなって、現在の東京湾というのはコンクリート護岸、垂直護岸がほとんどで、そこにいるのはムラサキイガイだけで、アサリやカキはほとんどいなくなったという事で、ムラサキイガイの濾水量を計算をしてやりました。そうすると昔のアサリが濾過して浄化した量というのは、今のムラサキイガイの１００倍から１，０００倍位の量で、人工干潟を作ってもほとんど浄化能力はないだろうという事が計算はできました。カキ礁の話で、カキもかなり自然の状況でも立派な浄化能力を持っているという事がいえます。マガキの濾水量という

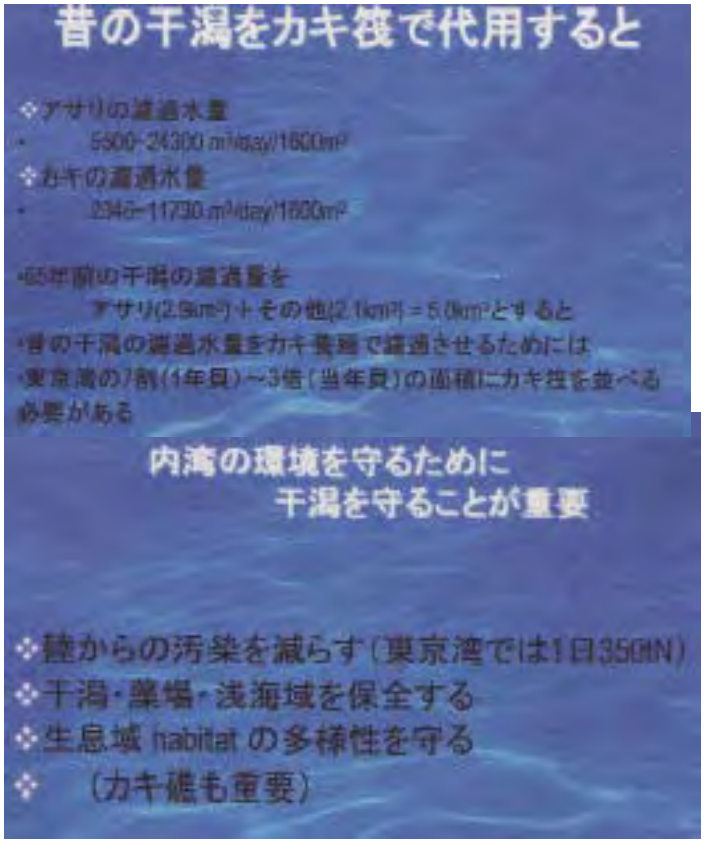






のは非常に大きくて、「それでは東京湾をきれいにする為にマガキを東京湾にいっぱい養殖すればいい」という話も出ています。それも計算をしてみたのですが、昔の干潟だけの能力をカキ筏で代用すると、現在の東京湾の７割から東京湾の３倍くらいの面積にカキ筏を並べる必要があるという事で、単なる計算なのですけれども、所詮、カキ、アサリに東京湾の浄化をすべて任せる事は出来ないだろう。基本的には１日に３５０トンと言われている東京湾での窒素流入を減らすという事が大事で、あとは干潟、藻場、浅海域を保全し、カキ礁も含めた浅海域の多様性を守るという事が非常に重要であるというふうに考えております。

以上で終わります。



＝＝＝＝＝＝＝第3部　パネルディスカッション＝＝＝＝＝＝＝＝
「環境変化の現状認識･共有化から再生へのアプローチ」

【 コーディネーター： 有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

それでは、進行役をさせて頂きます。４名のパネリストの方に参加を頂いております。簡単にご紹介をしたいと思います。向かって左側から北九州市立大学の楠田先生であります。冒頭に理事長挨拶を頂きましたように、再生機構発足からずっと理事長で私共をリード頂いております。次に、九州大学名誉教授の本城先生であります。先程から、色々課題の中で赤潮貧酸素水塊の話題が出ておりましたが、本城先生はこの話題についてずっと現職の頃から一生懸命研究をされておりまして、今後大いに先生の力を借りて、この分野の解明に努力していきたいと思っております。次に、佐賀大学の速水祐一先生であります。速水先生は、佐賀大学の総合プロジェクトの実質、リーダー役を務めて頂いておりまして、色んな所で今発表して頂いておりますし研究に熱心に取り組んで頂いております。次に、水産総合研究センターの西海区水産研究所の小谷様です。有明海の異変が起きて以降にできた、新たな組織、有明海・八代海漁場環境研究所のセンター長を務めて頂いております。水産はもとより有明海の問題について長く研究に携わって頂いています。宜しくお願い申し上げます。

それでは１時間ちょっとではありますが、「環境変化の現状認識・共有化から再生へのアプローチ」このシンポジウムはもうひとつ「有明海再生に向けた新たなステップ」と言う名前をつけさせて頂いておりますが、有明海異変から、これは平成１２年、１３年でありますから、もう７、８年経つわけです。そしてこの主催であります、ＮＰＯ組織の有明海再生機構、これはもう平成１７年の６月からスタートしておりまして３年が経ちます。そういう時間の経過の中で、今どういう状況に調査・研究があって、今後の持っていき方について其々、楠田先生は有明再生機構の理事長でありますし、先程ご紹介しました本城先生は今後の大きなテーマである貧酸素水塊、赤潮についての第一人者であられますし、佐賀大学の速水先生は現在進めている佐賀大学のプロジェクトのリーダー的な存在です。そして小谷さんはずっとこれは４県で水産試験場という物がありますけれども、それを束ねるというか昔からリーダー役をやって頂いている小谷さん。其々の立場から、先程第１部で現状どうなっているかというお話が有りましたが、それを踏まえて、今後更に有明再生に向けて、もう一段階レベルアップしてそれにどう取り組むかと言うのをこれから議論させて頂きたいと思います。

先程荒牧先生の方で第１部をまとめて頂きましたが、若干補足という事で速水先生、ちょっと最初に今現状どうなっているかという説明の中で、速水先生が今考えておられる問題認識のお話が有りましたけれども、残りのお二方のお話も含めて補足がございましたら、まず現状認識の整理ということでお願いしたいと思います。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】

現状認識の整理というか、モデルの考え方について、堀家さん、それから田中さんお二方にひとつコメントがあります。といいますのは貧酸素の問題にしても、それからそれ以外の問題にしても長期的な変化とそれから短期的な変動其々扱う場合に考え方が違ってくるように思うのです。特に貧酸素の場合だと、短期的に見ると成層が強くなる事によって貧酸素水塊が発達する、

それは恐らく確かなのですけれども、長期的に成層が強まっていく事が貧酸素が深刻化している原因かと言いますと、そうではない可能性がある。ですからそこら辺の長期の変動を扱う場合、過去を推定する場合とそれから将来を予測する場合と両方があると思うのですけれども、その場合どの様な戦略を考えておられるのかコメントがあれば、是非ひとことお願いしたいと思います。

【 鹿島建設(株) 技術研究所　地球環境・バイオグループ長　田中 昌宏 】

取り敢えず鹿島の田中から、ちょっと昼休みにも速水先生からそんな議論をして頂いたのですけれども、おっしゃる通り、まずは再現という事で、どちらかというと短期的な所に焦点を当てて、ともかく再現するモデルを作ろうということで今やっているのですけれども、ではその対策を考えた上で、長期的に本当にどうなるのかという事は、現実的にはその今の細かいモデルでそのまま長期的にも出来れば理想なのですが、やはりそれは現実には難しいと思っていまして、やはりその短期的なある種、細かいモデルから本質的な部分を取り出して、それで長期的な再現とそれから将来に向けてということをやっていかざるを得ないというふうに思っていますので、ちょっとその辺くらいのコメントしか出来ないのですけれども、基本的にはそんなふうに考えています。

【 いであ(株)大阪支社　副支社長　堀家 健司 】

私も今、田中さんがおっしゃたような事は基本的には同じ考えなので特に補足するコメントは無いのですけれども、何れにしましてもこれから有明海再生という事を考える時に、例えば色んな再生技術をモデルの中で与えて変化させてみるという時にはやっぱり長期的な影響とか変化というか、そういう事をやっぱり評価していかないとというふうには勿論認識しておりますので、短期的な影響、それから長期的な影響、先程田中さんがおっしゃたような事を考慮して考えていきたいと思います。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

どうも有難うございました。それではちょっと具体の話の本城先生に赤潮、貧酸素水塊のモデルの話もありましたが、それを含めても結構ですから先生の話をちょっとお願いしたいと思います。

【 九州大学 名誉教授　　本城 凡夫 】

はい、今日、堀家さんや田中さんから色々とシミュレーションの話が有りましたけれども、私は貧酸素と赤潮を現状認識という所で話をさせて頂きますと、有明海の中央より以北という所で、その現象、２つの現象が起こっているのが２ケ所ある。それはやはり塩田川、鹿島の辺りの所が１つと、そこが中心、もう１つは諫早。この２つはどちらも共通した事でもって発生しているように私は思います。その有明海北部の方の貧酸素や赤潮というのは１９７０年代位から起こってきた。これは今日も堀家さんのお話でもありましたし、長崎大学の報告の中でもあるのですが、やはり流れが遅くなった。そしてそれが佐賀の前の干潟の埋め立ての直立護岸が主に関係している様だという事が話としてありました。私は酸素が少なくなるというのは、やはり底層への酸素の供給が不足しているというのは、新しい水がそこに入ってくる力が足りない。それから上から

の供給も足りない。そして動きが悪いから有機物が溜まりスピードが増す。どちらかというと泥の方の消費速度がスピードが勝って貧酸素になる。これはやはり流れが弱くなった事が共通認識として、それが根源であるというふうに考えて宜しいのではないかと、ちょっと極端な物の言い方をさせてもらいますけれども、私はそう考えております。

それから赤潮の方も、実はシャットネラでは最高だと現場では１日で２倍になるスピードです。この細胞はその様にして分裂していって、赤潮になっていくわけですけれども、そのスピード、増殖のスピードと捨てさられる損失のスピードが見合えば、これは赤潮にならないわけです。１９８０年代からどんどん赤潮が発生するようになって、というのはやはり海水交換というか流れも絡んだ悪さがそこに響いてきて、赤潮になったというふうに思います。只、赤潮の発生機構は殆んど分かっていません。そして彼らは鉄を要求しますから、それがどこから来ているかもまだ分かりません。有明海の赤潮の調査というのは、特にその海苔期に特化した調査が多かったという事もあったり、或いは干満の差が多いので、中々調査に出られないという事からデータ不足でございます。ですから赤潮が何故出たかという事は中々すぐに言う事は出来ませんけれども、やはり流れの不足、海水交換の不足というような所が、関係している様に思います。私は諫早湾もまさしくその通り、全く同じ様な事で新たなそういう貧酸素と赤潮が発生する湾になったのだろうというふうに思います。そういう現状認識を私は持っています。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

有難うございました。それでは小谷さん、ずっとその貧酸素のセンターで追いかけておられると聞きますし、その前から一番長く西水研は色々取り組まれていると思うのですけれども、小谷さんの現状認識をお願いします。

【　有明海・八代海漁場環境研究センター長　小谷 祐一　】

私共、有明の問題が平成１２年に発生して以降、調査・研究を主体的に進めてきたという自負がございます。その中で当初は、やはり各機関でこの調査をばらばらと進めてきたという所は否めないと思います。これだけ大きな問題であるにも関わらず、各機関で連携するとか、分担するとか、そういう形で調査・研究を進めて来なかったというのは大いな反省点だと思います。その点で、冒頭、環境省の課長のご挨拶の中にもマスタープランの作成という事で遅まきながら今どんな事がやられているか、今後どのような形で進めて行くかという中で、やはり各機関での連携協力という物を私共は主体的に連携役、調整役を進めてきました。この間の調査の中で大きく変わってきたのは、当初は広く有明海を見て行くという事で、一斉観測であるとか、定期観測という物が主体であったのですけれども、最近になって連続観測が出来るようになって、有明海がどう変わったかという事を、夏場、それから秋にかけての海苔の漁期を中心として行って来ました。これは非常に大きな成果が得られたと思います。このデータが今、ご紹介にあったシミュレーションで活用されたという事で、大きな成果の１つだったと思います。

その中で今後の事を考えると、夏場だけそれから秋、冬だけを見ていくだけではなく有明海を周年観測していこうという事で、今年度からですけれども有明海の周年観測体制を取り始めたという事です。これは私共だけでは出来ませんので、有明４県の、主に水産試験場の方々のご協力を頂く中で進めていきます。もう１つはそういった調査研究だけではなく、やはりその有明海を

変えていく上で必要な技術開発を進めていこうという事で取り組みを始めた物が二枚貝の研究です。これは今、向井先生からお話がありましたように、環境浄化にも役立ちますし、勿論それらは、水産生物という事で漁獲対象になりますから、　有明海で二枚貝の資源量を増やしていく、それを漁業として新たに結びつけていく。それは重要な事です。その点でタイラギとかカキ、そういったものを対象として調査を進めて来ました。これは勿論試験場の方々に協力して頂く事が必要なのですけれども、何よりももっと漁業者に関心を持って頂く、もしくは一定の我々の開発した技術を現場に応用していく中で、やはり漁業者が主体的にそれに取り組んで頂くという事が必要になってくると思います。現状の中でそういった事は始めていますので、是非関心を持って頂いて、我々の調査、研究を漁業者も一緒になって取り組んで頂く。そういう状況を作りたいと言うふうに考えています。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

今の小谷さんのご指摘のように異変が起きた時も、観測データが元々のベースが少なかったですね。それと色んな大学で研究をやられていましたけれども、言っては悪いのですけれどもばらばらでやられていて、正に連携というのは非常に重要だと、当時私も現職でそう思っていまして、それで楠田先生に理事長に今なって頂きまして、有明海再生機構もそういう意味で其々の研究者の研究の内容を繋ぎ合わせる役回りが出来ないかというふうな事で、今の再生機構があるのです。で、楠田先生はずっと元々再生機構を立ち上げる前から、そういう問題認識を先生はお持ちでして、色んな研究分野、生態系だけでも駄目ですし、物理家さんだけでも駄目ですし、化学、色んな分野が総合的に評価をしてやらないと中々問題解決にならないという問題認識の下に、ゆるやかな学者の輪を作って頂いた様に記憶にあるのです。その延長線上に今の有明海再生機構が出来ていますので、先生、そういう立場で、今の調査、研究の状況について、何か感想なり、現状認識をちょっとお話できれば有難いと思います。

【 有明海再生機構　理事長 楠田　哲也 】

はい。有明海を豊穣の海にするというのを掲げて、其々の大学の研究者の方、それから関係機関の方が尽力されているわけなのですけれども、まずは現状の認識として、この豊穣の海という定義が人によってかなり違っておりまして、どう捕らえるかという所は、余り有明海としてどうするかというのは、まだ結論が出ていないのではないか、そういう意味では、その自然保護という観点でどうするか、それから、『水産業』という生業を成り立たせるためにどうするかという所、それから一般の方にとっては、景観ですとかレクリエーションの問題もあるかと思います。いわゆる、この里海と呼ばれる、里山に対比する　　この里海と呼ばれる生産の場が中心になっている有明海で、どう捕らえるかという大枠のコンセプトの所の整理がまずは、もう少し必要ではないのかなというふうに考えています。

まずは、自然保護の所なのですけれども、現実には水温の上昇がありまして、ナルトビエイとかが入って来てという変化があります。その他、海水位が上昇しているとか振幅が変わっているとかという部分がありまして、自然の所は受容するのか、それとも人間の力でもってそれを何とか元に戻すのかというような所もあると思います。自然の部分は完全に降参するというようにはっきり決めているわけではないのですが、現状では、皆さんそういう事になっているだろうとい

うふうに認識しています。

水産業としての生業としての所も今日のお話でもありました様に、貧酸素水塊をどうするかとか、赤潮の発生をどうするかという所、それから今日のご発表にはありませんでしたけれども、其々の個別の対策技術、覆砂とか色々ありますが、それをやるという行為はあるのですけれども、それで所謂生物生産、それが何トン増える。サルボウがいくら増える、タイラギがいくら戻ってくるというふうな数字を約束して、ある目標数値に対するそれを達成するための議論というような認識はまだそこまで行っていないと思います。更に、漁業者の方にとっては、それを実際に販売した時に、収入としていくら入ってくるかという社会学としての違う経済の現象という物が自然科学の他に存在しています。そこの所の議論はまだ欠けているように思います。

で、今まで一方、重点を置いて実施されてきましたその自然科学研究なのですけれども、本城先生の赤潮のお話、それから速水先生のような流れと懸濁物質の輸送、小谷さんの所でやって下さっているもう少し幅の広いご研究なのですが、全てがやはり従来の科学的な解明、いわゆる研究者がとって来たスタンスというのがやはり論理的に完全に因果関係が明確にならないと論文にならないものですから、必ずそういう詰め方になっています。そういう意味では、今日のご発言の中にもありましたけれども、データを採りながら精度を上げていく更なる研究が必要である。或いは、周年観測が必要である。結論は更なる何とかがいつも必要であるというのが必ず出て来ます。それは私自身も論文書く時はそうなのですけれども、必ず分析的にそうなってしまう、というのが研究の進め方のスタンスだと思うのです。環境問題を解決する時にはそれでは解決は出来ない。つまり、ある限られた時間の中で、何をターゲットに１００％改善できなくてもいいから、何割でも良いからいくんだという目標があって、ちょっとここの部分はよく分からない、ブラックボックスのまま放置されているのだけれども、エイヤ！と行きます！というのは、今の科学的な論文を書く詰め方では、そういう方法は取らない。けれど、環境問題を解決する時には基本的にそういう方法を限られた時間内である目標に到達しようとすると、そういう方法を取らざるを得ない。ですが、それをやると論文が書けなくなってしまうというか、書く事は書くのですが、合格、採択されなくなってしまうので、回避するという事になります。そうしますと環境問題は研究者の方々の社会システムの問題の所まで遡ってしまうという事になります。そういう意味では環境問題を解決するという、有明海を豊穣の海にするという時には方法論をかなり変えてしまって、研究の取り組み方を変えて行かないといけないのではないかというふうな認識を現在持っています。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

はい、有難うございました。実は再生機構を３年前に立ち上げた時も、楠田先生の主張は常にそういう主張をされていましてですね、只、３年前の時にはその調査・研究が殆んど無くて、データが整っていない中で、今はどんどん進んでいますけれども、その調査・研究を待たないと中々そういう議論にならなかったのです。それで、そういう今の状況ですけれど、ただ先程、現状認識にありましたように流れは大分分かってきた。只、赤潮貧酸素水塊、要するに、二枚貝が全然今厳しいものですから、そこに関係する所を重点的にやろうという所まで来ているのだろうと思うのです。大分そういうふうにステージが上がって参りましたから、楠田先生が御指摘のような、もうちょっとターゲットをしっかり目標を決めて、漠然と豊穣の海に戻すとか言っておきながら、

じゃあ具体的にどうだといった所は余り議論が出来ていない。ですから、そういう問題提起を今、楠田先生がして頂いたのだろうと思うのですが、それとは別に、これは後で議論させて頂きたいと思うのですが、速水先生、今、調査・研究マスタープランというのを環境省の委託を受けて、地元では再生機構と西水研と株式会社いであさん、３つで、今、１９年度から取り組んでいるのです。で、まだ皆さん方にはちょっと発表していない…公表していないですが、だいぶ大まかにテーマ毎に５年間のロードマップを作っての整理が進んでいて、それをちょっと速水先生から紹介して頂きながら、１つには、先程言いましたように、分からない状態から、大分ボトムアップしていった。そこの所の状況を速水先生のお話から皆さん理解して頂ければと思います。じゃあ、速水先生、ちょっとご紹介頂けますか？

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】

有明海研究の一連の流れの中で、環境省委員会、これの報告が為されたというのは１つの大きなくぎりになっています。この報告では具体的な最初の目標として、１つは稀有な生態系及び生物多様性、生物浄化能力の保全回復、もう１つは、二枚貝等の生息環境の保全回復、バランスのとれた水産資源の回復、こういう目標が示されました。それ以外に、今後の調査・研究の基本的な考え方として、こういったものが挙げられて、その中で特にマスタープランの作成というものが挙げられています。それでそれに則って、環境省の委託で昨年度から有明海・八代海総合調査推進業務というものが行われまして、それを受けて、水産総合研究センター、それから、当有明海再生機構、いであ株式会社の３者がチームを組んで請負ったというものがマスタープランを作成する業務です。で、私もこの再生機構の一員としてここに参加させて頂きましたので、今回紹介させて頂きました。

この業務の柱となるものは、有明海の調査・研究に使われるマスタープランを作ろうというものです。これはこういった海の研究の総合調査推進計画の策定というものです。もう１つは情報共有や提言、評価やその他の動きも検討しましょうという事です。この調査・研究のマスタープランの分ですけれども、これについては、漁業・生物、それから河川・海域環境、物理・モデルという３つのワーキンググループに分かれて、こういった一覧で示しましたテーマ別にロードマップを作成しました。これがこういったロードマップの全体の概念図で、個々のこういう項目という物は、委員会の報告の第５章第３節及び第４節の各項目にほぼ対応した形で作成しています。ここでは時間も余りありませんので、個々のロードマップについて説明する事は致しませんが、例としてここでは赤潮の問題を挙げています。ロードマップですから横軸に時間軸をとって、これまでの主要な研究の成果をまず示し、それに対し、それを受けて現在どのような研究が実施されているか、或いは実施される可能性が高いのかをこの様に棒線で括った分で示して、この点線で示した部分が、重要だが実施の予定がまだない研究というのを示しています。最後に期待される成果という物をこのように赤で示しています。こういったロードマップを作っていく事によって、これまでの研究の進展状況、それから現在どこの機関がどのような研究をしているのか、それから重要であるにも関わらず研究が遅れている課題は何かといった物を可視化しました。で、この業務ではこういった可視化したロードマップを用いて、各個の研究機関、研究者が自主的に連携、協力を進める材料にして欲しいという事を期待しています。只、こういった研究機関の自主性に期待するだけでは、実現には限界がありますので、ロードマップ作成以外に連携協力化す

るための仕掛け作りも行っています。例えば、有明海・八代海におけるモデル開発に係る関係者の連絡会議という事で、モデルを実際に作られている先生方を集めて検討会を行ったり、それから有明海・八代海における調査・観測指針の案の作成を進めたりといった事も進めています。

この事業の中では特に連携協力によって効果が期待される課題として５つの課題を挙げています。１つは懸濁物の動態。これに関しては非常に日本では研究者が少ないです。こういった少ない人的資源によって如何に効率的に研究を推進するか、それからこの研究分野の進行把握と、こういった事が重要というふうに指摘しています。それから２つめは陸域の問題で、この河川集水域毎に現在ばらばらの状態にあります。それから、陸域の研究者と海域の研究者がばらばらである。そういったものを繋ぐようなそういう仕組みが必要と考えています。それからモニタリングですけれども、モニタリングについても機関によって、必ずしも手法の統一やデータの集約が出来ていません。それから今後はソフトなどを共通化をする事によって、より時間的に細かい観測もできるようにすべきだ、そういうふうに考えています。４つめはモデルの開発ですけれども、モデルの開発については、今回のシンポジウムでもそうですけれども、モデル開発者とそれから現場研究者、それからモデルニーズについても、行政担当者と交流する事が重要というふうに考えています。最後に大規模プロジェクト研究ですけれども、いわゆる連携協力だけでは、どうしても予算別では共同研究しにくいだとか、そういったシステム的な問題がありますので、ソフトウエアの研究者が共同でプロジェクト的に研究できれば、大いに研究が進むのではないかという事を指摘しています。

最後に、これはマスタープランとは別に私の方からの私見なのですけれども、効率的な研究の推進のためには、解明すべき最も重要な問題について、コンセンサスを得て、その要点について重点的に研究を進める事が重要というふうに考えております。過去のモニタリングのデータが余りない有明海においては、環境悪化の原因解明の為のモデルによる見当が重要な手法になるのですけれども、モデルというのは万能ではなく、モデルによる検討を行うためには、何を対象にするのかというのを明確にしておく必要があります。例えば先程の本城先生のお話だと、貧酸素は有明海の奥部が１９７０年代に流れが弱くなったという事の影響が大きいのではないかと、そういうお話がありましたけれども、確かに１９７０年代から８０年代について湾奥の貧酸素化が進んだのは事実であり、それはデータから見えるのですけれども、私などは、むしろ問題になっているのは１９９０年代以降になって問題が顕在化してから、最近になって、貧酸素が深刻化したのではないかと言われている、そちらの方が問題ではないか、とそういうふうに考えています。それから海水交換の問題についても、近年１９９７年以降で言うと、湾奥のサルボウによる濾水量といわれるものが、昔は海水交換の速さで言いますと、１週間で有明海奥部の水が全部交換するだけの濾水量があったのが、漁獲量が３分の１になりますので、資源も３分の１になったとすると、現在では３週間かかる様になったと、湾奥部の海水交換時間が１ヶ月位ですので、それと比較すると非常に大きな変化が貝類の濾水量の変化によってあったと、そういう最近の変化の方を重視すべきだというふうに考えています。ここでは本城先生のお考えとどちらが重要かという事を議論する場ではありませんので議論は致しませんが、研究者によってこういうふうに重要に考えているテーマがばらばらであると、モデルで考えたりする場合でも何を問題にすればいいのかという事が中々統一されない。ですので、今後は、色々なセクターが集まって、円卓会議的な場で目標を明確化してシナリオを作り、こういったシナリオについて重点的に研究を進めていく

というという、そういうふうな努力が必要ではないかというふうに考えております。以上です。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
はい有難うございました。
今の速水先生のお話の中で、２つ、今後の、何といいますか、調査・研究の連携アップしながら効果的に進めるべきという話と、研究するに当たって問題認識を合わせる為に、会議の場を設けるべきではないかとこうお話があったわけですが、まず、どちらも連携ですよね？色んな研究者の。それで、楠田先生、今先生がリーダーで進めて頂いています、文部科学技術振興調整費というものもございますし、あと佐賀大学で教育研究特別経費、其々かなりの額の予算がついているわけですけれども、年々予算が厳しい中と有明海再生に対して今日は河崎課長もお見えですけれども、認識として１２年からどんどんやっぱり関心と取り上げ方が小さくなって来ているのかなと心配しているわけです。間違いなくもう７、８年経ちますから、予算もかなり今迄ついていますから、減額の方向に方向としては行くのではないかな、で、今、速水先生が言われた様に、これまで以上に予算を取る、又は執行するに当たって連携が大事だと思うのですけれども、楠田先生、その辺の何か、これまでもプロジェクトを仕込んで、色々リードして来て頂いてきましたけれども、何かアドバイスというかご意見が有りましたら宜しくお願いします。

【 有明海再生機構　理事長 楠田　哲也 】
はい、今、速水先生が説明されてその後提言が為されましたが、研究者間の連携で、そういうディスカッションをする必要があるというのは、全く同感です。大いにそれを進めて頂けたらというふうに思います。その一方で例えば今日お話がありました本城先生の赤潮の話と貧酸素を絡めますと流れが重要だということ、それに浮泥の輸送が関わってくる、その時に関係者が集まればという時に、メカニズムが分かっている分についてはそういう事が可能なのですけれども、まだ分からない所の部分も調べていくと出て来る。そういう事になりますと研究者が単純に連携を取るだけではなくて、研究のコーディネーターみたいな人がおって、そしてその人が全体を浅くても良いから全体を見ながら欠けている部分はここだという事を認識して頂いて、研究者を束ねただけではない所がありますから、それは他の所からでも、時には外国からでも助けて頂いて全体を作り上げるという、全体をシステムとして構築していくというのをもう１つ入れて頂けると、よりパーフェクトなものになるのではないかというふうに思います。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
本城先生コメントありますか？今、ちょっと、赤潮の問題について。

【 九州大学 名誉教授　　本城 凡夫 】
尤もな事だと思います。これ以上はありません。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
そういう機能を有明再生機構で、出来るだけ担えればという事で、当初はスタートはそういう心意気でやっていたわけですけれども、その辺をちょっと強化するという所を１つ考えなければ

ならないのかなと思ったりも致しております。

それでは、今後の進め方で先程の楠田先生の、要するに問題認識をしっかり持って、今後は「有明再生とは何ぞや、豊饒の海とは」と言葉だけが先行していますけれども、そういった所をはっきり目的意識を持って今後進めるべきではという提案があります。そして今、速水先生が調査の全体像というか、今どこまで分かっていて何が足りないのか、そしてその進め方にあたっての連携ですとか提案を頂きましたけれども、ここで会場から今迄ずっとシリーズでやって参りましたし、常日頃、有明海再生に対して色んな見方をされているかと思うのですが、是非、再生機構も今後頑張っていかないといけませんし、各大学もまだ有明海再生について熱心に取り組んで頂きますけれど、是非建設的な、「もっとここはこうした方がいいのじゃないか」とか、そういう御意見がありましたら、会場からちょっとお受けしたいなと思うのですけれども。どなたかございませんでしょうか？

【 意見者：有明海漁民・市民ネットワーク　主宰者 】

はい、私は有明海沿岸漁業者と一部市民と一緒になって、「有明海漁民・市民ネットワーク」というグループを作っています。

去年も諫早湾始め沿岸ではアサリ始めカキ、底生の魚類、多くの、本来漁業者が収入を得るべき魚介類が全く捕れない状況です。さっきのロードマップを見ていまして、２０１０何年とか有りましたけれども、その時には有明海特有の魚も、資源も、漁民もいなくなると思います。もう「先生方に期待したい、しかしもう期待できない」、それが漁民の声だと思います。その辺先程、有明海異変から何年ですか、８年ですか、再生機構が始まって３年ですか、そんなふうにおっしゃっていましたけれど、研究も進んでいますし、色々な再生策も進んでおります。色々行われております。しかし何等再生に結びついてないのが現実です。まだまだこれからも今年も大きな事業をなさると思いますけれども、その辺、先生方、もっと豊饒の海に、いくつもあるとおっしゃっていました。まずは漁獲、漁業資源を何とかお願いしたい。そういったお願いです。失礼しました。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

有難うございました。ごもっともなご意見でして、午前中の企画部会でもそういう議論をさせてもらいました。実態として調査研究は先程から言っていますように、ゼロに近い状態からボトムアップをどんどんしていって分かってきたのは事実なのですけれども、一方で、水産資源の問題、そこで生業を持っておられる漁業者の関係を考えれば、時間軸をどういうふうにして議論をしていくかという事は結構悩ましい問題でして、そういう事も含めて今後、目標をある程度決めて調査研究を効果的にやらないといけないのではないかと、そういう所を議論していた所だったのです。ご意見は充分分かりましたので、またそれを踏まえて検討の方に生かさせて頂きたいと思います。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】

環境省のマスタープラン作りの中ではその事は十分に認識しておりまして、こういう長期的なビジョンに則った原因解明の研究とは別に、まずは漁業振興の為の対症療法的な漁場改善技術の開発実用化というものも重視すべきだというふうにはっきりと示しております。只そちらばかり

をやるわけにもいかない。やはり根本的な問題解決をやりつつ問題が解決される迄の時間を何とかして、対症療法的なステップでもって漁業者に持ちこたえて欲しいというのが我々の考え方です。中々結果が見えないというご批判は尤もだと思うのですけれども現時点ではまだ環境が悪化した原因がはっきりしないという事ともう１つ貧酸素の問題について言えば有明海以外の海域でも問題になっているわけですけれども、これは解決までにかなり時間がかかると、そう簡単に数年で問題が解決するわけではない事をご承知して頂きたい。

【 意見者：有明海漁民・市民ネットワーク　主宰者 】
ご承知できません。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
ですからそれは、他の海でも短期間では解消する問題ではないのです。ですから我々としては何年位貧酸素の問題が解消される迄に時間がかかるのかという研究はしますし、それから貧酸素が解消される迄の間、何とかして持ちこたえて頂く為の方策についても検討はしますけれども、すぐにそれが解消できるかといいますと中々難しい問題があります。そこは何とか理解して頂きたい。

【 質問者：　イズミ　】
イズミといいます。色々お話を聞かせて頂きまして有難うございます。
今速水先生のお話に少しお願いをしたい事が有ります。話は全部仮定の問題でこういう風にしたらという話ばかりですので、私が住んでいる神埼市ではごみを除草した時は、その殆んどの草はそのまま筑後川の方へ流れていきます。流します。それについてそれでは困るというふうにどこからも要望が来てないようですので毎年同じ事をしております。おととしですが、筑後川のダムの事やらの時に川副に行きましてそれについてもどうかと思うと言いましたけれども、環境省も人が足りないから出来ませんと、そういうのはやめて欲しいと言うのではなくて速水先生方は今まで通りのことをしていかないと急に草が流れて来なくなったら、それも自然環境が変わってしまうのでこのままが良いと私は聞こえました。それから今日とても向井先生の話で嬉しかったです。干潟が昔たくさん有った時に赤潮もなく発生してなかったと、戦後すぐ頃はアサリ貝が湧くように獲っても獲っても出てきた。そういうふうな状況は何だったのだろうかと、そうしたら１９７０年代に右岸をまっすぐにした事も一つの原因だと言われました。
今１つお願いしたいのは私の市町村では佐賀県では殆んど大規模な汚水処理場がない所では、簡易浄化水槽をお金を奨励してどんどんさせております。これがクリークに流れ、有明海に流れていきます。簡易浄化槽は生活廃水と私達の便所の物もそうです。ものすごい栄養分と思います。東京湾ですが隅田川に３５０トンの窒素と言われました。私達の地域も何年も何年もこれを続けていったらとんでもない事になるのではないかと素人で考えております。私は専門家では有りませんがそういう少しでもまずいと思う所はどんどんと先生方の方から発言して頂いて、世の中の為にどうだ、ああだという意見を言って頂きたいと思います。こういう勉強会の発表ばかりではなく行政の方へもそういう働き掛けをして欲しいと思います。宜しくお願いします。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
　行政への働き掛けは是非我々もしていきたいと考えております。その為に水産庁、環境省とも積極的に連携を取っておりますので、今後とも是非ご意見など宜しくお願いします。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
　ちょっと追加しますとごみの話は一昨年の豊かな海づくり大会で困ったのです。有明海の特徴とも関係するのですが、筑後川で出た水が全部佐賀の東側の海岸の所に溜まるのです。根本的にそれを取るだけではなく出さない工夫をしっかりしないといけませんから、ご指摘の点はしっかり今日行政の方もみえてますから、また考えていかれる事になると思うので宜しくお願いします。後、その他ございませんか。

【 質問者：元水産試験場職員 石田　】
速水准教授の話で有りますが、同位体比を調べた結果、諫早湾の北部海域の汚染源は海産である。ですからこの泥が出ていると私は思うわけです。ですからこの泥の流出については研究項目には入っていないという先程のお話でした。ですからこれは必ず抜いてはいけない項目であると私は思うわけです。速水さんはこの西海区水研から来ておりますがこの西海区水研は泥の流出という事について定期的に調査を行っておられますね。行われておりませんか。私はシンポジウムなどで西海区水研をやめた方とたくさん話をする事が有るのですが、現場で泥の現場へは何回も行っていると言うのです。それで、この泥の流出量はすごいですよと言うのです。そういう把握を私はしております。それから小長井辺りの店屋のおやじさんとも話しますと散歩がてら上に上がるとものすごい泥が出ているのが分かると言います。ですから今後の研究として泥の検査無くしては出来ないという事を言いたいわけです。
　それから今、現状はどうなっているのかというと、クツゾコがいなくなっている、キグチもいなくなっている、車えびもいなくなっている。そしてどうなっているかと言うと大牟田の魚市場は閉鎖です。こういう事を皆さん方、先生方余り殆んど把握しておられないだろうと思うのです。だからこの西海区水研が泥を検査というか、現場観測をやっているというのだから、何月何日に排水するというデータは西海区水研では入手し易いのだろうと思うのです。ですからこれは速水先生を始めとして他の先生方も現場の泥の現状という、泥の流出の現状というものを一度見ておく必要があると思うのであります。百聞は一見にしかずと申しますが、これは是非見なければならないと思うのです。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】
　現場の水門からの排水状況、それから水門以外にポンプから排水されている状況、私は実際目で見ております。それから今年の夏には諫早湾の底泥の調査も行います。但し、今の私の認識では調整池内から出てくる泥よりも調整池の外の諫早湾内で、閉め切り以降に大幅に赤潮が増えたと、そちらの問題の方が重要だと考えておりまして、今年度はそれについて調査をする予定を組んでおりますのでそちらの方を進めます。もしそれで説明がつかないで調整池の方の問題を取り上げなければいけないと分かってきましたら、来年度以降是非取り組みたいと思っております。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
はい有難うございました。その他宜しいですか。

【 質問者 】
その他、ご質問致します。諫早湾の異変が起こりまして、根本原因を調べるために中長期の開門調査などのご検討はどうなのでしょうか。

【 有明海再生機構　理事長 楠田　哲也 】
研究課題としては、大学で開門しますというように決めて開けるわけにもいきませんし、研究課題として大学或いは研究所の方は現実としては掲げられない課題となっております。一方で今裁判の、もうしばらくすると判決が出ると思われますが、その出方によっては、かなり状況に変化が生じると思われます。ですがもう司法の手に移っている部分がありまして研究者の領域は一部超えている所がございます。

【 質問者 】
短期ではちょっと有りましたけれど、中長期の方が全然行われておりませんから根本原因を探るためにも１回必要じゃないでしょうかと思います。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】
はい、ご意見という事で受け止めさせて頂きたいと思います。後、宜しいでしょうか。
これまで速水先生からこれまでの調査研究がどういう状況にあってそれから今後ロードムマップという形で整理をしているというお話が有りました。楠田先生の方からそれに加えてもう少し目標意識をもって取り組むべき、その中に自然科学だけではなく社会科学的な視点も入れてというお話がありました。会場の方からも色々ご意見を頂きました。そういった事を踏まえて今後より効果的に調査研究を進めないといけない訳でありますし、それと同時にこのシンポジウムをやりまして、若干私の印象だけで済めば良いのですけれども、もう有明海再生というのが先程時間がだいぶ過ぎたという事を申し上げましたけれども、ちょっと一時の盛り上がりが少なくなっているというのが心配であります。そういったものを基にやはり国の色々な行政機関の方でも取り組みがトーンダウンする事も心配で有りまして、是非とも有明再生機構としては今日頂いたご意見を踏まえて次のステップをしっかり考えながら、まだ再生は道半ばだと思っておりますし、これからが大事だと思っておりますので、そのあたりの議論を深めていきたいと思っています。
それと同時に先程、連携というキーワードがいくつかご紹介がありました。その中で今、この中でも九州大学、北九州大学、佐賀大学とありますが、今一番湾奥部で有明海の問題というのが佐賀大学が土地柄として一番熱心に取り組まなければならない大学であるのではないかと思ったりもしていて、その中で今佐賀大学で研究だけではなく教育という立場で、単独ではなくて長崎大学、熊本県立大学、その他の大学と連携しながら教育プログラムを有明海というテーマで今取り組もうとしています。それを少し荒牧先生の方からご紹介頂いて、これからは調査研究は下より、やはり教育、そしてそのプログラムは出来れば学生だけではなくて、社会人も一緒に勉強できるシステムを構築しようとしています。有明海再生の問題というのは急いでやらないといけな

い課題が多々あるわけですけれども、中長期的にも取り組まないといけないテーマでもあります。だからそういうふうな取り組みが大事だと思っておりますので荒牧先生の方からご紹介頂ければと思っております。

【 佐賀大学 教授　荒牧 軍治 】

はいどうも有難うございます。時間をちょっと頂きます。２つ目的があります。１つは、次の世代に有明海を伝える仕組みをきちんと作らないと、研究はしたのだけれども、その資産が次の世代に伝わっていかないという恐れを感じています。それを再生機構の企画委員会でお話をした所、教育プログラムとしてきちっと皆でまとまって出すという事はどうだろうと私共は提案をして皆様の賛同を得て、ここにありますように今度新たな文部科学省の支援プログラムが出たのをきっかけにして低平地、我々がずっと続けてきたローランド、ローランドというのは海に面した平地の事を言いますけれど、その低平地とそれから閉鎖性な内湾、この有明海、八代海、この２つをキーワードにしたプログラムをメインとしては佐賀大学と、熊本県立大学、大和田先生が理事長をされておりますので、そのネットワークを使ってプログラムを組もうと、そしてあとここにおられる北九州市立大学、長崎大学、熊本大学、それから九州大学の先生方、学生たちが連携したプログラムを組んで教育プログラムを出そうという事を今申請した所です。これが予算が降りるかどうかという事とは別に、こういう横の連携をとりながら、教育という物を１つのネットワークの核にしながら研究を継続してやっていきたいと、しかも連携してやっていきたい。其々の所が皆得意な分野があるわけです。長崎はどうしても水産が得意だろうし、我々の所は今、海床の所を一生懸命やっておりますけれどもそれを続けていく為にも教育プログラムとしてきちんと持続させていくという事が必要ではないか、それから研究をするのにもそういう教育上のネットワークが出来ていれば、また横に繋がり易いのではないかという２つのイメージを持ってこういうプログラムを申請し、継続させていこうと思っております。何よりも佐賀大学からもしかしたら有明海研究の芽が消えるかもしれない。そういう恐怖感みたいなものもあってこういうものを作り上げてきているという事です。時間をとらせて頂いて有難うございました。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

どうも有難うございました。時間も近づいて参りました。最後に一言ずつ何かコメントを頂ければと思います。

【 九州大学 名誉教授　　本城 凡夫 】

今後の取り組みと対策の私の考えを簡単に述べさせて頂きます。

先程も言いましたように赤潮発生以降の研究というのは全くの不足です。ですから周年観測を調査するというような話も有りましたので、そういう所を期待しながら研究の成果を待つという所があると思いますし、あと貧酸素の研究も今西海区水研を中心にして進みつつありますし、今日も発表が有りました。先程も有りました様に研究者の連携というのは大事でしょうね。ただ漁師さん達もすごく何が悪いのかというような時に、こういう前に座っている人たちが「何か展望を言いなさいよ」という様な事を言われれば、私は敢えてそれに対して話をしてみますと、例えばタイラギというのは２０ｃｍ／ｓｅｃという、潮流がそれ以上ないとどうしても細粒土が溜ま

って着定しないし、又、生育も出来ないという様な数字が水産資源保護協会の方側から出ています。

あと赤潮の増殖速度は先程１日に２倍か２日に２倍というような速度を言いましたが、今現実として、昨年の赤潮の増殖速度５日に倍とか１０日に倍とかそういう速度で増えていっています。ですからそれをほんの少し何か交換を高めるような事ができたら、私はそういう貧酸素水塊の方側も解消していくような事が出来るのではないかと、それはどういう手だてがあるのかという事です。やはり全体とは言いませんが２０ｃｍ／ｓｅｃというそういう流況の場を何らかの策で作っていかないといけないのではないか、こういう所が行政の側もよく考えて頂き、土木工学の先生達の知恵もやはりそこに入れて結集してやっていく必要があるのではないかと思います。

【 佐賀大学 有明海総合研究プロジェクト　准教授 速水 祐一 】

先程の楠田先生にもありましたし、会場からもありましたけれども環境問題を考える場合どうしても時間が遅れると研究が進んでも実際に生活している人の体が持たないという点が大きいものとして有ります。従って佐賀大学の有明海総合研究プロジェクトではこれまで現象の実態解明について研究を進めてきましたけれども、どういう再生策をしていったらいいのかというのはまだまとまっていません。何とかして我々としてはこれから１年位の間に佐賀大学としての再生策という物を出していきたいと考えています。

【　有明海・八代海漁場環境研究センター長　小谷 祐一　】

これまで、現状把握の為の調査というのは、私共はかなりやってきたつもりです。ですが、それで分かった事を踏まえて今後はやはり多少なりとも漁業の振興を図っていく上において技術開発を主体とした有明センターの運営を心掛けていきたいと考えております。具体的にはやはり二枚貝、タイラギやカキをもう少し養殖を振興させて生産量を上げていく、そういう事ができればなと思います。その中でご承知おきかと思うのですが、鹿島市沖でカキ礁というのがかなり広がっております。これは天然採苗が出来る条件もありますし、それから各地で高温化が進んで、高温化にカキは弱いですからそういう耐性を持った優秀なカキがその中に埋もれている可能性もあります。そういった事でカキ礁を利用したカキ養殖の振興、若しくはカキ礁をもう少し元気づけてやる。ナルトビエイにやられてしまってかなり疲弊しているのだけれども、ナルトビエイ対策をすればカキ礁はもう水質浄化のプロと言ってもいい位優れた機能を持っておりますのでそれを最大限活用するような状況を作っていきたいというような事も考えております

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

有難うございました。それでは楠田先生、最後に。

【 有明海再生機構　理事長 楠田　哲也 】

繰り返しになりますけれども環境問題の解決に当たっては、問題を目的を設定して対処する事が必要だと、しかもその取り扱い方は環境を個別に捉えて積み上げるのではなくて、システムとしてとらえて対応するという事が必要だと思います。先程会場からお話がありましたように漁業生産が上がらない場合に、問題が解決するまで待つというのも１つの方法なのですけれども、社

会的には問題の解決には何も工学的手法だけが手段ではありませんので、別途社会的な問題として違う対応の仕方、つまり人間が人間らしく生きていけるようにするという事が目標であるならば違う手法もとれる、そういう意味では自然科学、社会科学双方からの問題解決が必要だと思います。

【 コーディネーター：有明海再生機構 顧問　川上 義幸 】

はい、有難うございました。

以上で大体今日は終わりなのですが、最後に申し上げたいのは、冒頭でもちょっと申し上げましたけれども、殆んど最初異変が起きてゼロに近いような状態から集中的に調査研究費がついて、だいぶ進んできたのは事実であります。これからはそれを楠田先生のご指摘にもありましたけれども問題意識をきちんと持って対応策についてどうするか、足りない調査研究をどういうふうに補うか、これはロードマップですけれどもそういう事をしっかり再生機構としては議論し、また皆様方にも情報提供をしながらご意見を頂いて再生に向けて、若干下火になっている様な印象をもっておるのですけれど、そうならないように、また今日から皆様方と一緒になって進めていきたい、こういう思いで今日のパネルディスカッションを終わらせて頂きたいと思います。大変長時間、拙い司会でございましたが、これで終わりたいと思います。どうもご清聴有難うございました。

以上