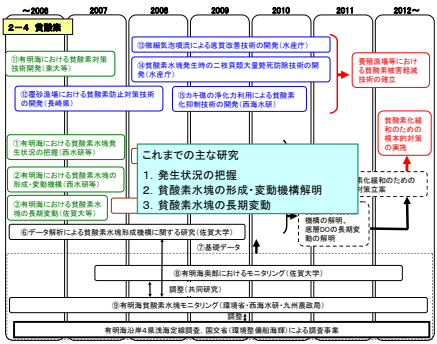
貧酸素に関する研究成果と今後の研究課題

佐賀大学有明海総合研究プロジェクト
准教授　速水祐一

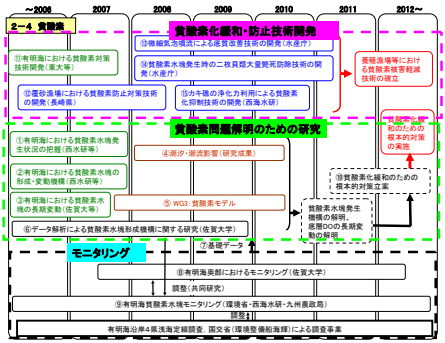
佐賀大学の速水です。本日は貧酸素に関する研究成果と今後の研究課題と題しまして、これまでの有明海における貧酸素水塊に関する研究の結果と今後の課題について少し整理してお話したいと思います。

まず始めに、有明海における貧酸素関連の研究の実施状況と致しまして、平成 19 年度有明海・八代海総合調査推進業務における取りまとめの結果、マスタープランと呼ばれているものですが、私はこれの取りまとめの一部を担当させて頂いておりまして、そこから少しかいつまんでお話ししたいと思います。但しこの業務は有明海・八代海両方を対象としておりますけれども、ここでは八代海沿岸関係は除いて有明海についてのみご紹介します。



これがこの業務で作られましたマスタープランの案となっていますけれども、貧酸素に関するものです。有明海における貧酸素関連の取組みに関しては全体で大きく 3 つに分かれます。一つは貧酸素化の緩和・防止技術の開発。どちらかといえば対症療法的な技術の開発です。もう一つはモニタリング。これに関しては貧酸素が問題になる以前から行われてきた沿岸各県の浅海定線調査、国土交通省による定期的な調査以外に環境省、西水研、九州農政局が非常に詳細なモニタリングを行っています。それ以外に大学によるモニタリングも行われております。こういったモニタリングで得られたデータ、更に独自の調査結果を合わせて、貧酸素問題解明のための研究というものが行われています。本日は貧酸素問題解明に向けての研究、その他関連についてお話したいと思います。

これまでの貧酸素問題に関する研究を大きく分けて見ますと、発生状況の把握、貧酸素水塊の形成・変動機構の解明、貧酸素水塊の長期変動と大きく 3 つのカテゴリーに分かれると思います。それぞれについてみて行きたいと思いま



す。

まず、発生状況の把握ですがこれに関しては西水研を中心に非常に活発な研究がなされていまして、まず有明海における貧酸素水塊は有明海湾奥西部と諫早湾の 2 箇所で別々に発生する。湾奥部でも干潟前面の浅海域、密度躍層が海底に接する水域の沖側で最も発達する。夏季を中心に成層が強まると発生する。それから小潮時に発達し、大潮時・強風後に解消される場合が多い。こういった事が解っています。特に短期間、2 週間以内の変動が非常に激しいことが有明海における貧酸素水塊の特徴で、例えば伊勢湾、東京湾と言った所での貧酸素水塊が長期間定着するのと違ってこういった有明海の特徴になっています。

次に貧酸素水塊の形成・変動の機構の解明についてです。貧酸素水塊の発生のトリガーになるもの、きっかけになるものは何かといいますと、成層の強化それから赤潮による有機物供給による酸素消費速度増大という 2 つの考え方が提示されております。但し諫早湾では非常に詳しい調査データの解析によって赤潮はトリガーになる場合が非常にあると言われていたのですが実際にはトリガーになっていない。基本的には成層の強化ともう一つ湾外からの低 DO 水の流入というのがトリガーになっているというのが九大の山口教授らによって示されています。有明海の奥部の方で成層の強化というのがトリガーの一つとして上げられていま

1. 発生状況の把握

有明海湾奥西部と諫早湾の2カ所で別々に発生（木元ら、2004）

湾奥部でも干潟前面の浅海域、密度躍層が海底に接する水域の沖側で最も発達（木元ら、2004；速水、2007）

夏季を中心に成層が強まると発生する（瀬口ら，2007等）

小潮時に発達し、大潮時・強風後には解消される場合が多い（木元ら、2004；山口・経塚、2006）

◎短期間（2週間以内）の変動が激しいことが有明海における貧酸素水塊の特徴.

2. 貧酸素水塊の形成・変動機構解明

貧酸素水塊発生のトリガー：
　成層強化（木元ら、2004；速水、2007等）
　赤潮による有機物供給による酸素消費速度増大（田中ら、2005）
＊諫早湾では赤潮はトリガーになっていない（湾奥西部では？），
また湾外からの低DO水の流入もトリガーになっている
（山口・経塚，2006）

成層強化の2つの要因（速水，2007）：
　河川からの出水
　小潮時に生じる高塩分水の底層貫入

貧酸素化の解消：
　大潮の強い潮汐混合，強風による成層緩和（木元ら、2004等）

すけれども、こうした成層の強化がどういうメカニズムで起こるかといいますと、2 つメカニズムがあると思います。一つは筑後川を中心とした河川からの出水。もう一つは小潮時に生じる高塩分水の底層貫入という 2 つのメカニズムがあることがわかっています。また、貧酸素化の解消に関しては大潮時の強い鉛直混合と強風による混合による成層の緩和というものが原因という事が示されています。

このように有明海奥部における貧酸素水塊の発生、変動の基本的な機構については既にほぼ解明されているといっていいと思います。これは環境省委員会報告にもある模式図ですが、夏季に成層し鉛直混合が低下して底層にいく酸素の量が減少する。そうすると底泥、懸濁物の酸素消費で貧酸素化が進む。特に湾奥の浅海域では浮泥、懸濁物の酸素消費が非常に大きいために貧酸素化が著しい。小潮時に流速が低下すると底層がそういったもののために貧酸素化する。大潮になると混合されて酸素が供給されて回復すると、それ以外にこちら側で発達した貧酸素が奥の方に移流していくとそういう効果があると、そういった事が報告書の時点で既に指摘されています。

貧酸素水塊発生の基本的な機構については解明された

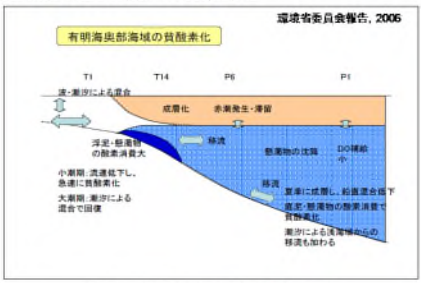


図 3.6.3　有明海湾奥部における貧酸素水塊発生の模式図

こういった貧酸素水塊の形成・変動機構に関してはもう一つ、どうして湾奥西部の浅海域で特に貧酸素水塊が発達するのかということがポイントになります。これは例えば他の伊勢湾、東京湾といった所では海盆の一番深い部分に貧酸素水塊が形成されるのに対して、有明海の場合は非常に浅い所になぜ貧酸素水塊ができるのか。それに関しては底質の有機物含量が高く、酸素消費速度が大きい海域がこの貧酸素水塊の発達する海域である、そういう指摘がされます。それからエスチャリー循環による底層で湾奥向きの流れがあるというのがこの原因ではないかと。これに良く似た表現がして有りますけれども、エスチャリー循環による

2. 貧酸素水塊の形成・変動機構解明(続)

湾奥西部の浅海域で特に貧酸素水塊が発達する原因

A)底質の有機物含量が高く、酸素消費速度が大きいと推測される(瀬口ら、2006).
B)エスチャリー循環による底層で湾奥向きの流れ(速水、2007).
C)エスチャリー循環による懸濁物輸送、底質再懸濁、懸濁物による酸素消費(徳永ら、2005;速水ら、2006).
D)浅い水深

懸濁物輸送、底質再懸濁、懸濁物による酸素消費と書きましたが、これは分かり易く説明しますと、有明海の場合潮流が低くて非常に底質の再懸濁、沈降が激しいです。そういった懸濁物はエスチャリー循環があるために底層で浮上、再沈降を繰り返しながら湾奥の方に動いていきます。そして、湾奥に集積した所で更に浮上、沈降を繰り返すと、非常に酸素消費が大きくなります。こういったことを意味します。また、底層の厚さが薄いこともここの海域で貧酸素が発達する要因になります。

3 つ目としまして有明海における貧酸素水塊の長期変動を取り上げます。これに関しては、潮汐が大きい有明海では夏の成層期でも鉛直混合が活発で、貧酸素水塊は殆ど見られないと、代田・近藤さんが 1985 年に指摘されています。気を付けなければいけないのは、このような結果が得られたデータが、大潮時に行われた浅海定線調査を基本データとして、更に水域平均に基づいた記述であるということです。近年に関しては、湾奥西部では夏季の底層 DO が長期的に低下傾向に有り、植物プランクトン由来の有機物沈降量増加がその原因である可能性があるという事が環境省の委員会で指摘されています。ここで長期的といいますのは 1972 年から 2002 年の 30 年間です。一方近年、1990 年代以降ですが、それに関しても底質中の有機物が増加しており、貧酸素化は進行している。そしてその原因は秋季の赤潮増加にあり、また、水温上昇も原因であることが堤先生らによって報告されています。また、夏季の有明海奥部は出水の影響を強く受けて、成層強度の年々変動が非情に大きいです。従って貧酸素水塊の変動と言っても、長期的な傾向以外に毎年の放水量、河川流量の変動の影響を非常に大きく受けています。そこでどの位貧酸素化しやすいかという貧酸素化のポテンシャルを評価する為に、こうした年々の成層強度の変動を除去して底層 DO の経年変化を評価することを行いました。その結果 1970 年代から 80 年代中頃にかけて確かに湾奥西部の 7 月の底層では貧酸素化し易くなったことが解りました。但しこの方法では 10 年程度の期間の平均でしか話しが出来ないので、近年に関しては評価できていません。

3. 有明海における貧酸素水塊の長期変動

潮汐が大きい有明海では夏の成層期でも鉛直混合が活発で、貧酸素水塊はほとんどみられない（代田・近藤、1985）
→浅海定線調査（大潮時）データの水域平均にもとづく

湾奥西部では夏季の底層DOが長期的（1972-2002）に低下傾向にあり，植物プランクトン由来の有機物沈降量増加が原因である可能性がある．（環境省委員会報告，2006）

近年も底質中の有機物が増加しており，貧酸素化は進行，その原因は秋季の赤潮増加にある．また，水温上昇も原因（堤ら，2007）

夏季の有明海奥部は出水の影響を強く受け，成層強度の年々変動が大きい．
（貧酸素化のポテンシャルを評価するために），年々の成層強度変動を除去して底層DOの経年変化を評価→1970年代から80年代中頃にかけて湾奥西部の7月の底層DOは低下（速水，2007）．

こういった事が有明海における貧酸素水塊の長期変動に関するこれまでの研究成果ですけれども、ここで長期変化に関する研究の問題点を少し整理したいと思います。

まず有明海の奥部ですけれども、貧酸素化については、経年変化、すなわち貧酸素化が長期的に進んだのかどうか、進んだとすればその原因は何なのか、それを明らかにするという事が重要にもかかわらず、非常に研究が少ないという事があります。現時点でこうした貧酸素化の長期変動について研究を行なっているのは実質的には熊本県立大学の堤先生のグループ、西海水産研究所、それから我々佐賀大学のグループ、それだけしか有りません。さらに、2000 年以前の過去のモニタリングデータが限られている。特に貧酸素水塊が発生しやすい小潮時のデータがないというのが非常に大きな問題です。浅海定線調査については、大潮時のデータだけであること、出水の影響を受けるなど、数々の問題点が有って代表性がないと堤先生らが指摘されていて、こういった事もありまして益々研究がされていないというふうに考えられます。また、元々有明海の貧酸素の問題は諫早湾の潮受け堤の建設にともなって有明海の潮流が弱まり、その結果海水が混合されにくくなって貧酸素化が増したのではないかと、そういうシナリオが考えられていました。それが正しいとすると潮汐振幅減少と貧酸素化の進行の間には密接に関係があるという事が考えられます。しかし、近年になって必ずしも問題はそんなに単純ではないという事が理解されつつあります。よって、潮汐振幅減少と貧酸素化進行の関係に関してはまだ結論が得られていません。こういった事が有明海奥部における今の問題点です。また、もう一つ諫早湾にも貧酸素水塊が形成されるわけですけれども、これに関しては潮受け堤建設による潮流低下が引き起こした鉛直混合の弱まりが原因として指摘されています。これは問題が発生してからかなり早い時期に日本海洋学会海洋環境問題委員会で指摘されているわけですけれども、それ以降実は充分に検討されている研究がまだ有りません。こうした諫早湾における潮受け堤防による変化の研究というものは非常に意外だと思われたかもしれませんが、問題点として大

3. 有明海における貧酸素水塊の長期変動 –問題点–

有明海奥部

◎経年変化（貧酸素化が進んだか否か，進んだとすればその原因は？）が重要なのにもかかわらず，研究は少ない．

◎2000年以前の過去のモニタリングデータが限られている
特に，貧酸素水塊が発生しやすい小潮時のデータがない
また，浅海定線調査データは出水の影響を受けるなど数々の問題点があり，代表性がない（堤ら，2007）

◎潮汐振幅減少と貧酸素化進行の関係についてはまだ結論が得られていない．

◎諫早湾の貧酸素
潮受け堤建設による潮流低下が引き起こした鉛直混合の弱まりが原因として指摘されている（日本海洋学会海洋環境問題委員会，2002）．しかし，充分に検討された研究はまだない．

きなものを持っています。

次に佐賀大学における近年の研究より幾つかご紹介したいと思います。ここでは、先程もお話しましたように貧酸素の問題で重要なことは経年的に貧酸素が進行したのかどうかという問題です。進行したとすればその原因、機構は何なのかというそれが非常に大きな問題であります。また、経年的にといった場合に、どの期間・何時頃をさすのかという事によって問題の認識が非常に大きく違います。我々の場合、ここでは 1990 年代以降に注目して研究を進めています。一般的に貧酸素の経年変化の要因を考えた場合に 3 つの原因が考えられます。1 つは酸素消費速度の増大。2 つ目は底層への酸素供給量の減少で、これは主に鉛直方向への酸素輸送の不足です。3 つ目に初期 DO 濃度の低下。3 つの要因が考えられます。これらについて順番に我々は研究を進めているわけですけれども、酸素消費速度の増加に関しては有明海奥部では夏季の赤潮発生日数は経年的には増加していません。秋冬季は増加していますけれども、夏の酸素消費の増加に対して秋冬季に生産された植物プランクトンがどの程度寄与しているかは良く解りません。そこで他に有機物供給が増加した可能性があるかどうか検討してみました。そこで考えたことは諫早湾から有明海奥部への輸送です。それに関して我々が観測、調査したものを一つ紹介します。

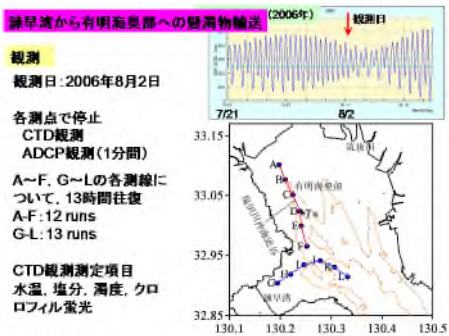
II 佐賀大学における近年の研究より

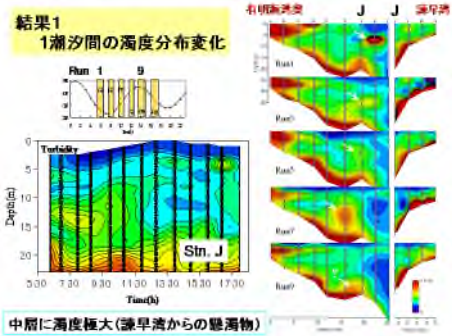
貧酸素問題で重要なこと：経年的に貧酸素が進行したのか？　進行したとすれば原因・機構は？
特に1990年代以降に注目する.

貧酸素の経年変化要因
1）酸素消費速度増大
2）底層への酸素供給量減少 ---- 主に鉛直方向
3）初期DO濃度の低下

1)について→有明海奥部：夏季の赤潮発生日数は増加していない. 秋冬季は増加しているが, 夏の酸素消費増加に寄与するかは？　他に有機物供給が増加した可能性は？　→諫早湾から有明海奥部への輸送

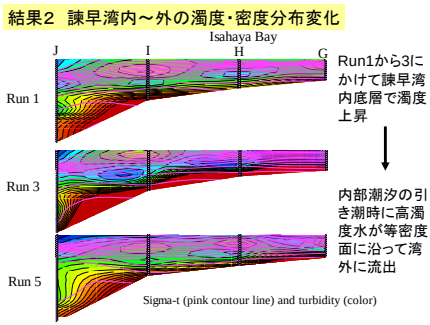
これは 2006 年 8 月 2 日に観測、調査したものでどういった調査をしたかといいますと、一潮汐の間、この湾奥の各点に沿った A から F の間と、諫早湾から海底谷の G から L の間の片道 1 時間乗って 1 潮汐を往復してその間の水質及び物質を調査したということです。これがその結果で諫早の湾口付近この点（J）における濁度の 1 潮汐の間の変化、それから A から L に至るこのラインと G から J に至る

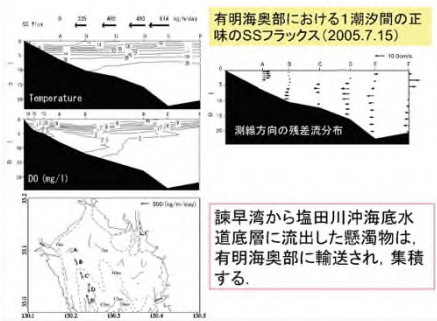




このラインのそれぞれの断面における濁度の分布の変化を示しているのがこの図です。これを見ますと干潮から上げ潮にかけて中層に濁度の極大が見られたことが非常に大きな特徴で結果的にみるとこれは諫早湾の湾口部に出現してこれが湾奥に向って、浅瀬に向かって、運ばれながら沈降していく可能性がわかります。これを諫早の湾内の方で見ますと丁度小潮から上げ潮にかけて諫早湾内に非常に底層が高濁度になっている。こうして高濁度の水が諫早湾の湾口から流出する様子が分かります。

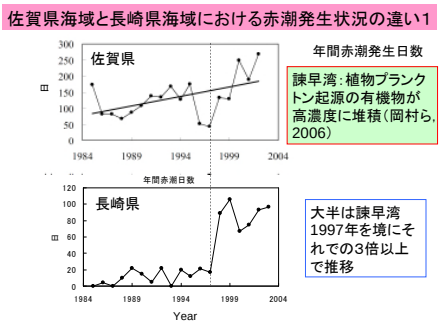
これは先程の諫早湾内の断面図について密度の分布図と重ね合わせたものですけれども、ピンクのラインが密度ですけれども、これを見ますと Run1 から Run 3 にかけて湾内に撒き上げられた懸濁物が、この密度面に沿って諫早の沖合海底付近に向かって流出している様子がわかります。これは少し説明を省きますけれども、どういうことかと言いますと内部潮汐の引き潮時に高濁度水が等密度面に沿って湾外に流出している事を示しています。更に、この諫早湾口の海底に流出した懸濁物は、どのように運ばれるのかと申しますと、これは２００５年７月に観測した有明海の奥部における懸濁物の１潮汐間の正味の輸送量の分布を示していますけれども、湾奥部では海底谷に沿って湾奥向きに懸濁物が輸送されていて、しかも沖合では、このように輸送量が多いということがわかります。これはどういう事を

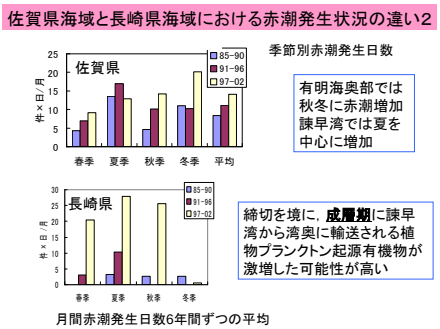




示しているかと言うと、沖合の懸濁物が湾奥に集積していることを示しています。そして集積地がちょうど貧酸素水塊が形成される中心の位置に位置します。何故こういうふうに湾奥に輸送されるのかと言いますと、有明海奥部の残差流の分布と言うのは、エスチャリー循環の影響を受けて、上層で流出、下層で流入となっていまして、底層で強い潮流によって再懸濁、沈降を繰り返していくと結果として湾奥に運ばれる。そういう構造になっています。

ここで少し別の視点から問題を見ることにします。これは佐賀県と長崎県の海域における赤潮の発生状況の違いを示したもので、１９８５年から２００３年までの毎年の年間赤潮の発生件数の変化です。どちらも赤潮の発生日数は増えているのですけれども、長崎県の場合、１９９７年を境にしてこの増加が非常に顕著で、しかも大半は諫早湾で発生しています。１９９７年を境にそれまでの３倍以上の赤潮が諫早湾で発生するようになっています。またこれは水研による調査の結果ですけれども、諫早湾では現在植物プランクトン起源の有機物が非情に高濃度に堆積していることがわかります。更に両海域における赤潮の発生状況を季節別に比較しますと佐賀県の場合は夏に関しては必ずしも増えていないのです。秋冬に関しては増えている。年間としては増えていますけれど夏は増えていない。それに対して長崎県の場合は、冬は殆ど発生していなくて、夏を中心とした時期に赤潮が非常に増えてきています。こうした事と先程の懸濁物輸送に関するデータを併せて考えますと、諫早湾の締め切りを境に諫早湾内で植物プランクトンの生産量が急激に増えた、そしてこうした植物プランクトンが湾内に沈降すると、湾口外に流出し諫早湾から流失した懸濁物は、諫早湾から湾沖に輸送される。即ち締切を境に成層期に諫早湾から湾奥に輸送される植物プラン





クトン起源有機物が増加した可能性があると考えます。

それから２つ目。底層への酸素供給減少に関しては、これに関しては、浅海定線調査データの解析によると、夏季の有明海奥部の成層は、１９９０年から２０００年の間むしろ弱まってきているという結果が得られています。但しこれに関しては、出水の影響があるため代表性がないとされています。そこで出水の影響を除いて解析してみました。詳しくは省きますけれども、出水パターン別に浅海定線のデータを整理しまして、それで出水の影響がない、そういう時期のデータだけについて、経年的な変化を調べました。そうすると、データとしては歯抜けになるのですけれども、この中で出水の影響がない場合についてだけの経年的な変化を調べることができます。そうしますと７月に関しては出水の影響が多い年は多いので、余り連続的な変化を示す物にはならないのですけれども、８月９月に関しては、出水の影響がない年だけを取り出しても、潮受け堤建設後に成層が強まった様子は認められないという事がわかりました。即ち、少なくても大潮時だけのデータだけを見ると成層が強まった結果貧酸素が強まったというそういうシナリオは無いという事です。

貧酸素の経年変化要因
1）酸素消費速度増大
2）底層への酸素供給量減少 ---- 主に鉛直方向
3）初期DO濃度の低下

2)について→浅海定線調査データの解析によると，夏季の有明海奥部の成層は1990～2000年の間，弱まっている（柳・下村，2004）.

堤ら（2007）→浅海定線調査データは出水の影響があるために代表性無し.

⇩

出水の影響を除いて解析すると？

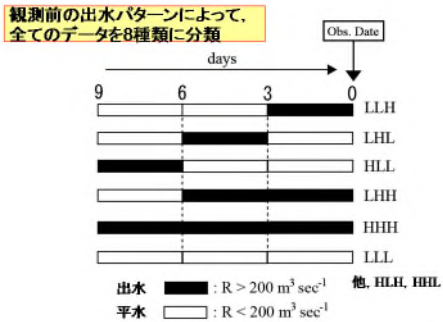
３つ目、初期ＤＯ濃度の低下に関してですけれども、これについては特に、大潮小潮周期で形成・消滅を繰り返す底層貫入型貧酸素については初期値の影響が非常に大きいと考えられます。そこで、底層貫入の発生機構と貫入水の起源について調査を行いました。どういう調査を行ったかといいますと湾奥から湾口に近い湯島瀬戸のこうしたラインの１大潮と小潮周期の間、つまり２週間の間繰り返し断面観測したという事です。時間がないので少し飛ばしますけれども、上が大潮、下が小潮の時の、湾奥から湯島瀬戸までのこの塩分と水温の分布です。湯

浅海定線調査の特性を考慮したデータ解析

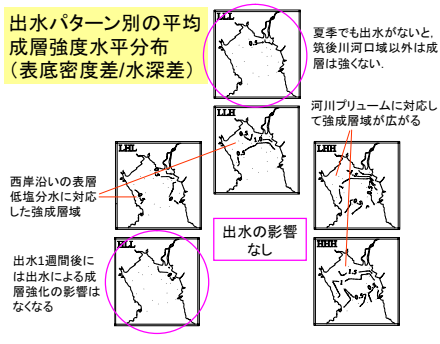
目的
有明海奥部における出水に対する海洋構造（成層強度分布）と底層DO分布の応答の解明

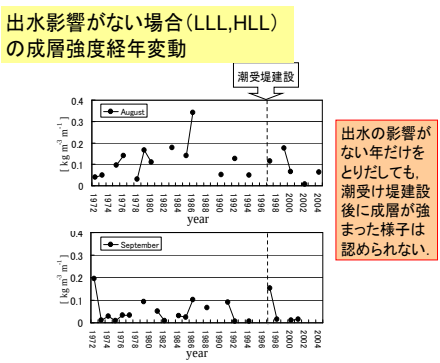
解析資料：
佐賀県・福岡県有明海浅海定線調査

データ期間
福岡県：1965～2005年
佐賀県：1972～2005年
いずれも成層期（6月－9月）のデータを解析



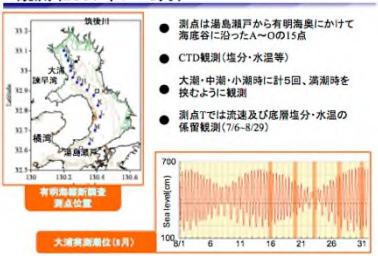
島瀬戸は、非常に強く鉛直混合していて、この付近に表層フロントがあるのですけれども、底層の方のフロントはずっと湾奥にあって諫早の湾口にあります。また水温の方で見ますと熊本県沖に顕著な冷水ドームが形成されています。こうした冷水ドームは、実は諫早湾、有明海以外に、東京湾、瀬戸内海、伊勢湾の所で共通して見られるものであります。小潮になるとこうした底層フロントが湾奥に進入して冷水ドームに水が入ってくる。こういったところが貧酸素です。実際この調査では、無酸素状態であったことがわかっています。これが５回観測した密度ですけれども、これを見て解りますように、ここにあったフロントが湾奥に入って湾奥の成層が強化された後、鉛直混合されて成層が崩れる様子がわかります。





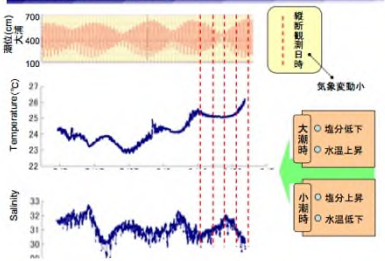
これをまとめますと、有明海における海洋構造というものは、大潮期には、熊本沖に冷水ドームがあって、底層フロントがあって、表層フロントがあって湾口近くにある。小潮になると底層のフロントが湾奥に侵入して、そしてこの冷水ドームの水が湾奥底層に入ってきます。それによって湾奥底層の成層が強化されると共に、この水が貧酸素化する、即ち、進入水の起源は熊本沖底層に形成される冷水ドームになるということです。そこでこの熊本沖冷水ドームの水質の経年的変化について見てみます。ＤＯの経年的変動で、データが非常に少ないので、これは熊本県の公共用水域のデータを使っているので

観測（2007年7～8月）

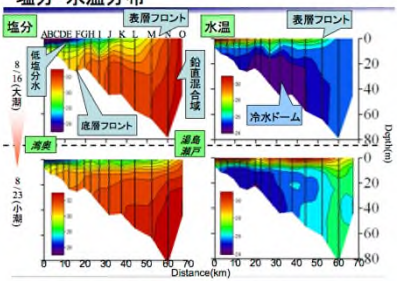


- 測点は湯島瀬戸から有明海奥にかけて海底谷に沿ったA～Oの15点
- CTD観測（塩分・水温等）
- 大潮・中潮・小潮時に計5回、満潮時を挟むように観測
- 測点Tでは流速及び底層塩分・水温の係留観測（7/6-8/29）

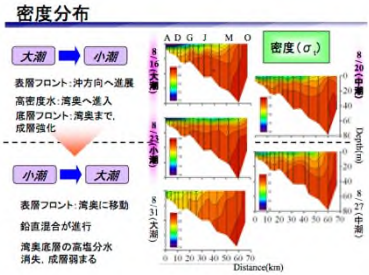
底層水温・塩分の変化



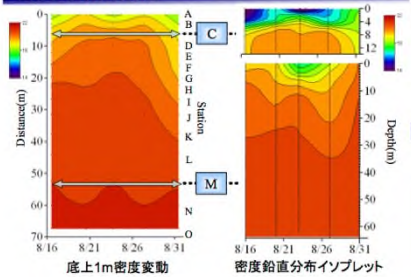
塩分・水温分布



密度分布

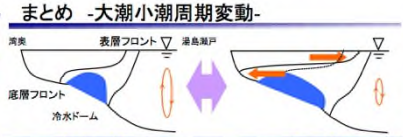


密度時系列変化



底上1m密度変動　　密度鉛直分布イソプレット

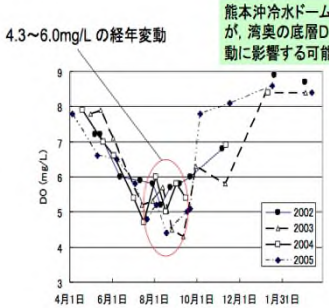
まとめ　-大潮小潮周期変動-



有明海・海洋構造の特徴

- 底層フロントが湾奥部に形成される
- 底層フロントは小潮になると、さらに湾奥部（測点Ａ）付近まで進入
- 進入水の源は熊本沖底層に形成される冷水ドーム

熊本沖冷水ドームの変動が，湾奥の底層DO経年変動に影響する可能性あり．



熊本県公共用水域調査測点K-20における底層DOの変動

すけれども、これを見ますと実は夏の冷水ドームの底層ＤＯは、非常に経年の変動が大きくて、４．３から６位まで変化している。こう考えると熊本沖冷水ドームの変動が湾奥の底層ＤＯ経年の変化に影響する可能性があるという事が考えられます。

最後に今後の研究課題についてお話しします。有明海の貧酸素に関しては、モニタリング体制が湾奥部に関しては非常に充実した状態にあります。貧酸素水塊の形成、変動機構に関しては少なくとも湾奥部に関しては基本的には解明されています。

III　今後の研究課題

有明海の貧酸素
モニタリング体制：湾奥部については非常に充実した状況にある
貧酸素水塊の形成・変動機構：基本的には解明された

↓

課題
1. 貧酸素の経年変化に関する原因・機構の解明
2. 貧酸素を緩和するための根本的な施策の立案
3. 将来予測

→数値モデルによる検討に頼らざるを得ない
　貧酸素モデル開発：鹿島建設，いであ，佐賀大

今後の課題としましては、貧酸素の経年変化に関する原因と機構の解明、それから、貧酸素を緩和するための根本的な施策の立案。それから将来予測というのが大きな課題になります。この将来予測というものは、どの位の期間が環境の改善に要するかというそう言った予測を含みます。こう言った検討を進める場合、数値モデルによる検討に頼らざるを得ません。現時点では、有明海で貧酸素モデルを開発しているのは、私が承知している範囲では、鹿島建設といであ、それから佐賀大の３つのグループがベースとなります。

次にこれ以外にも、小課題としてはいくつかの問題が残されております。ひとつは、有明海の奥部で酸素消費に寄与している有機物の起源が何かという事。これに関しては、水研の方の研究によって、主に、海で生産された有機物が酸素の消費に寄与している事が分かってきています。但し、海で生産された有機物でも、主にどこで生産されたものが湾奥、或いは諫早湾内での酸素消費に寄与しているのかという事が今後の課題として挙げられます。次に、有機物の起源はいいとして、いつ生産されたものかということも課題になります。即ち、秋冬季に沈降した植物プランクトンが夏場の酸素消費にどのように寄与しているのか、これに関

残された小課題

有明海奥部で酸素消費に寄与している有機物の起源は？

秋冬季に沈降した植物プランクトンが夏季の酸素消費にどの程度影響するか？

酸素消費速度の空間分布は？

夏季の成層強度経年変動について，大潮時と小潮時で違いはないのか？

湾奥・諫早湾底層DOについて，流入水DOの変動が影響している
　→熊本沖における中～底層のモニタリング拡充が必要

しても研究開発が必要とされています。酸素消費速度の空間分布、これに関しても実はまだよく解っていません。底層の底質中の有機物の分布は、解っていますけれども、それが必ずしも中々酸素消費速度を反映したものとは言えないという事です。

それから、先程成層強度の経年変動についてお話ししましたけれども、大潮時と小潮時でこうした経年変動のパターンが同じであれば、長期的な成層の強化は無かっただろうという事が言えるのですけれども、実は、必ずしも証明されていません。従って小潮時に限って成層が強化された、そのような機構はないのかという事は検討する必要があると思います。それから、最後にこれはモリタリングですけれども、湾奥、諫早湾で底層 DO について、流入してくる DO の変動、つまり初期値の変動が影響してくるという事が先程の話で分かって頂けたと思いますけれども、熊本沖における中層、底層のモニタリングというものは非常に欠けています。経年変動を押さえられるデータはありません。従って、今後こうした沖合における中、底層のモニタリングの拡充が必要だと考えています。以上です。