

「有明海の生態系再生をめざして」(海洋学会・海洋環境問題委員会編)の紹介
2005年12月12日 環境省・評価委員会 佐々木克之

本の内容

- 1.有明海生態系の特徴, 2.開発行為, 3.環境異変とその要因, 4.生態系異変とその要因
- 5.環境変化と生態系異変の総括, 6.生態系再生案

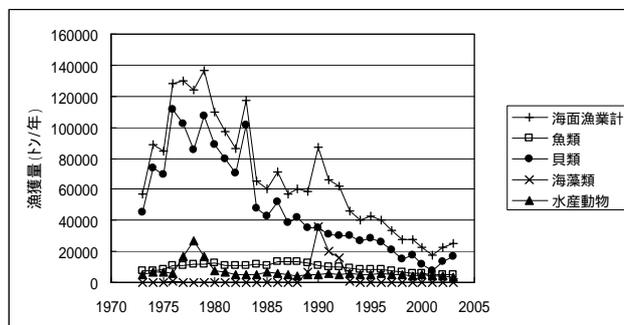
本日は, 諫早湾干拓事業が有明海漁業に与えた影響問題に絞る.

- 1.資料が多く存在し, 科学的な論議ができる. 干拓事業以外に, 埋立, ダム, 川砂採取などの要因があるが, 時間の関係で省略する.
- 2.具体的な再生のための提案(締め切り堤防の開門)とも関連している.

本の内容を中心にするが, 8月30日に出された公害等調整委員会の裁定など最新の情報も含めて話題提供する.

有明海海面漁業漁獲量の推移

1. 1980:約13万トン 1984:約6万トン(主としてアサリの減少)生産額:270億円
2. 1984 1992年:約6万トンで推移(貝類・魚類減少, 水産動物など増加, 生産額:252億円)
3. 1993 1996:約4万トンで推移 生産額:155億円
4. 1997 2000:約2万トンで推移(魚類, 貝類, 水産動物全て減少), 生産額:102億円, 2000年:75億円
一部ノリ漁業者も含めて自殺(1999年以降13人)も増えていて, 有明海再生はまったなし.



有明海生態系(漁業)悪化の診断

1. 原因の検討

- 1) 潮流が弱まったこと,
- 2) 調整池の水質が悪化したこと,
- 3) 諫早湾干潟を含めて干潟が消失したこと,
- 4) ダムや川砂採取による河口域水質と干潟環境が悪化したこと
- 5) 1980年代の湾奥・湾央部環境の悪化に諫早湾干拓事業が拍車をかけた

2. 内湾一般ではなく有明海の特徴を考慮する

- 1) 大きな潮流の存在 2) 広大な干潟が残存している 3) 多量の浮泥が存在している,
- 4) 負荷量は増加していない

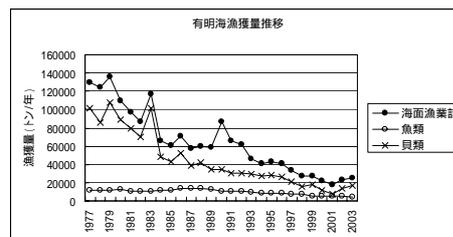
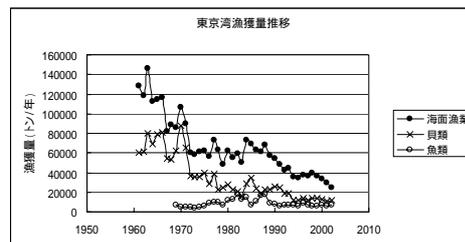
例えば、有明海と東京湾の漁獲量の推移は類似しているが、この4点では異なっている。

東京湾では陸上からの負荷量削減が大きな課題となっている。有明海では陸上からの影響としては河川の川砂採取やダムが河口環境や干潟に及ぼす影響が重要と考えられる。しかし、それよりは有明海内部に存在する原因(埋め立て、諫早湾干拓など)が引き起こした環境変化が重要と考えられる。

3. 診断の考え方

- 1) 総合的考え・・・それぞれの資料からは明確ではなくても総合すると見えてくるものがある。
- 2) 疫学的視点・・・ある原因が否定されず、それ以外の原因が否定されれば、ある原因の可能性が高い
- 3) 予防原則：潜在的なリスクが存在しているというしかるべき理由があり、しかしまだ十分に科学的にその証拠や因果関係が提示されない段階であっても、そのリスクを評価して予防的に対策を探ること)

東京湾と有明海は貝類生産が多いこと、東京湾では1960年頃漁獲量が12～14万トン、有明海では1978年頃12～14万トンで、両者ともに最近では2万トンであり、漁獲量の減少も同じ。しかし、東京湾では過大な負荷量が問題であるが、有明海では負荷量の増大はない。東京湾では膨大な埋立が実施された干潟がほとんど存在しないが、有明海ではまだ広大な干潟が存在している。



潮位・潮流問題

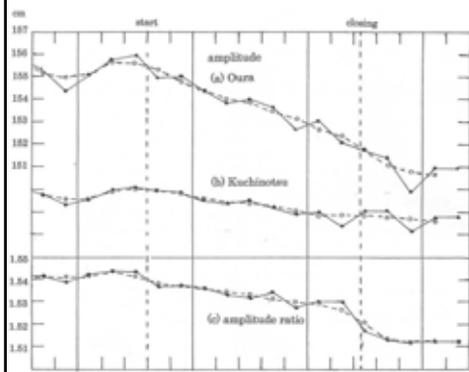


図1. 大浦と口之津におけるM2潮振幅とその比の経年変化(宇野木, 2003)。白丸点線は実際の変化(黒丸実線)を消らかにしたものの。

宇野木早苗(2003b): 有明海の潮汐減少の原因に関する観測データの再解析結果. 海の研究, 12(3), 307-313.

- ポイント1: M2は1988年頃から減少傾向, 締め切り前後で急激に減少, 有明海外の阿久根ではこのことは生じていない. 干拓事業の寄与は約50%.
- ポイント2: 月の*f*効果を入れた実際のM2振幅の変化では, 80年代半ばで最小, 最大は1994年. 生態系に重要な潮流を考えると, 潮位差の推移に加えて, 地形効果を考える必要がある.
- ポイント3: 大潮差は*f*効果の影響を受けない. 締め切り後に減少している. 干潟環境に影響を与えられ.

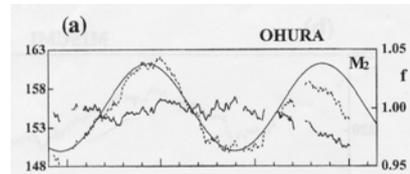
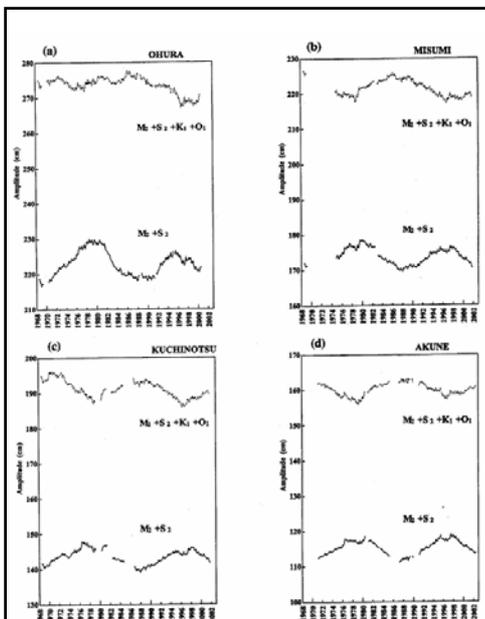


図2. 大浦と口之津におけるM2潮振幅の経年変化. 左端は1998年, 右端は2002年. 点線が実際の変化, 消らかな細線が18.6年周期の*f*効果, 太線が両者の差. 図1はこの図の太線に相当する.

柳哲雄・塚本秀史(2004): 有明海における潮汐振幅の経年変動. 海の研究, 13(3), 295-300.



柳哲雄・塚本秀史(2004): 有明海における潮汐振幅の経年変動. 海の研究, 13(3), 295-300.

潮位差問題のまとめ

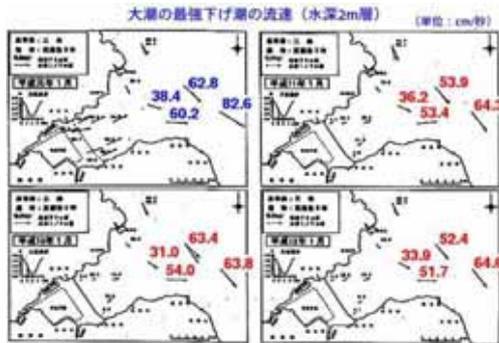
1. 干拓事業が開始されて以降, M2振幅は約3%減少して, その約50%が干拓事業によると考えられた.

2. 年平均の潮位差は, *f*効果によって締め切り後もっとも小さいということではない. 大潮差を見ると, 干拓事業の影響で減少したと考えられた.

3. 生態系を考えると重要なのは潮流である. 潮位差が減少すれば潮流も減少すると考えられる. しかし, 約3%の潮位差減少によって, 締め切り後の大きな変化を説明できるかどうか, ひとつの問題点である. 潮流については環境が悪化した湾奥を意識して地形効果などを検討する必要がある.

潮受け堤防締め切り後の流速の低下

1. 締め切りのM2潮位差減少への寄与は約50% 潮流も弱まる
2. 諫早湾口周辺の潮流調査結果、



1998, 1999, 2000および2001年の下げ潮最強流時の表層平均の流速は、1989年のそれと比較すると、-12, -10, -11および-23%減少していた。とくに湾中央に近い有明沖で-23%も減少していた。同じく、上げ潮最強流時の平均の流速は1989年と比較すると、-10, -7, -16および-26%減少していた。

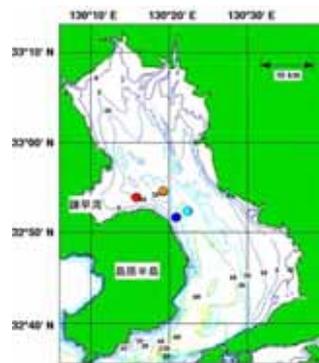
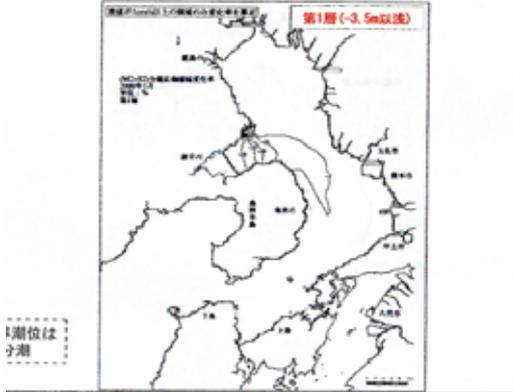
1/2深の平均流速も、湾中央に近い有明沖では下げ潮最強流時に - 6%, 上げ潮時に - 24%減少していた。

1989年と1998, 1999, 2000年の1月における諫早湾口における表層（海面下2m）大潮の下げ潮最強流時と上げ潮最強流時の潮流速（cm/s）

農水省の調査で、湾中央の有明沖では締め切り後20%近く流速が減少していることが示された。

潮受け堤防の有無による流速変化率（国調費流動モデル）

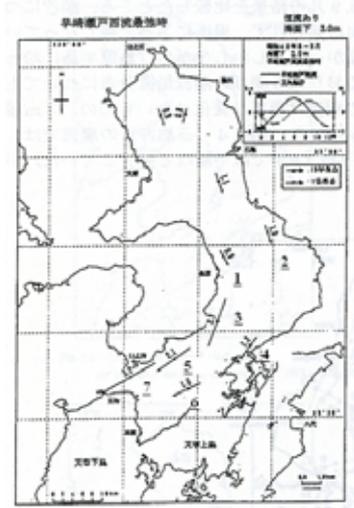
— 計算結果の(M₂+S₂)分潮長軸流速変化率、平成12年1月 —



豊田ら(2004), 西ノ首(印刷中) — 水深下約5 m層
 '93年10—11月 → '03年10—11月 (30日間)
 ● 44.9 cm/sec. → 29.9 cm/sec. (-33%)
 ● 55.9 cm/sec. → 47.1 cm/sec. (-16%)
 水産庁環境推進部(2001c, 2001d) — 水深下約2 m層
 ● 60.2 cm/sec. → 53.0 cm/sec. (-12%)
 ● 82.6 cm/sec. → 64.3 cm/sec. (-22%)

国調費モデル(M₂+S₂)では諫早湾口から湾中央の潮流速減少は約5%であるが、西ノ首らの潮流観測結果では10～30%減少している。農水省のレビュー結果とあわせて考えると、高原沖周辺の潮流は10～30%減少していると考えるのが妥当である。

海上保安庁調査結果の評価

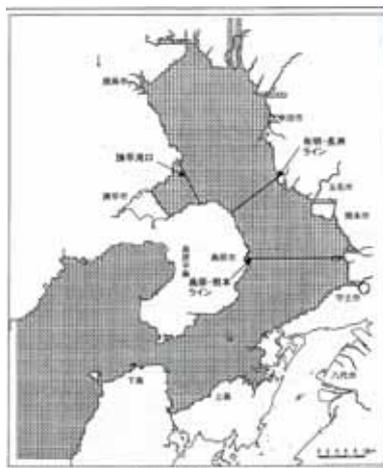


St.	1973		2001		2001-1973		平均
	上げ潮 ノット	下げ潮 ノット	上げ潮 ノット	下げ潮 ノット	上げ潮 ノット	下げ潮 ノット	
1	0.8	-0.7	0.7	-1.1	-0.13	0.35	0.11
2	1	-1	1.1	-1.2	0.10	0.18	0.14
3	2.7	-2.2	2.5	-2	-0.08	-0.10	-0.09
4	1.3	-1.1	1.1	-1.2	-0.17	0.09	-0.04
5	1.4	-1.6	2.2	-2.3	0.44	0.36	0.40
6	1.6	-1.6	1.7	-1.7	0.06	0.06	0.06
7	1.3	-2.2	3.9	-3.5	1.00	0.46	0.73
平均	1.44	-1.49	1.89	-1.84	0.17	0.20	0.19

平均で見ると、1973年の潮流速に比べて、2001年の潮流速は20%も速くなっている。

埋立や潮受け堤防締め切りを考えると、速くなっているのは理解しがたい。

諫早湾潮受け堤防の有無による各断面の平均流速の見積もり (第16回有明海・八代海総合調査評価委員会資料)

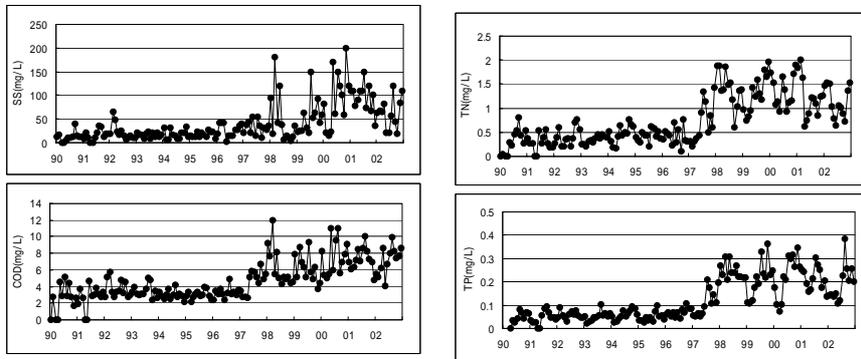


	堤防有り 差			減少率	平均
	無し	堤防有り	差		
諫早湾口	18.6	12.4	-6.2	-0.400	-0.400
有明-長洲	19.8	13.2	-6.6	-0.400	-0.400
島原-熊本	46.8	44.6	-2.2	-0.048	-0.048
	49.9	47.6	-2.3	-0.047	-0.047
	33.1	31.9	-1.2	-0.037	-0.037
	35.3	34	-1.3	-0.038	-0.038

有明 - 長洲ラインで平均約5%減少すると見積もられている。西ノ首らの調査では、有明側では20~30%減少している。地形効果などで西側で大きくでている可能性がある。

有明海では島原半島沿いに強い南下流が存在して湾奥・湾央水を湾口側へ輸送するのに大きな役割を果たしていたと考えられる。諫早湾干拓事業は諫早湾口周辺の流速を鈍化させて、その結果湾奥から湾奥の流れや海洋構造を変化させて、赤潮、貧酸素、底質の細粒化を引き起こしたと推定される。

調整池水質悪化

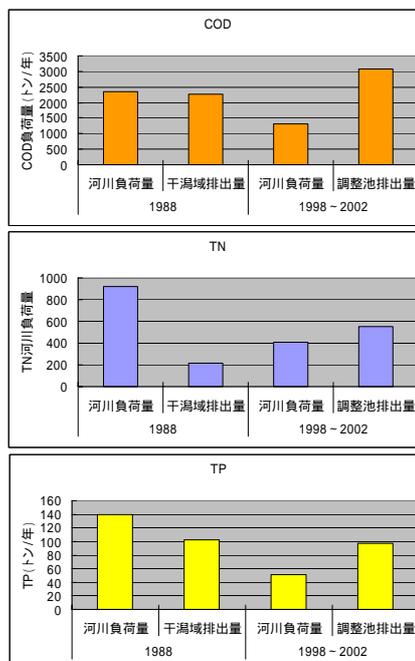


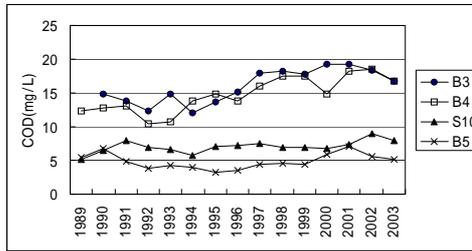
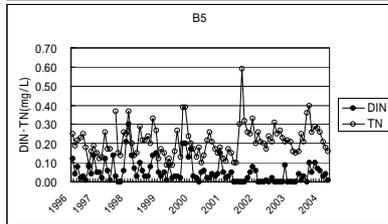
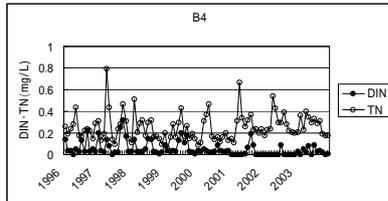
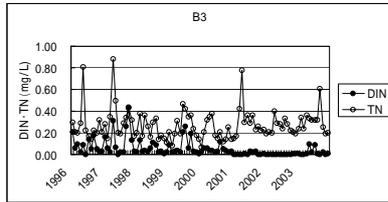
締め切り以後に、SS、COD、TNおよびTP濃度が上昇した
 淡水化：フロック化の抑制 SSの増加 COD、TNとTPの増加
 締め切り：植物プランクトンの増加 CODの増加

悪化した水が諫早湾に流入 潮流速の減少も加わって諫早湾の水・底質の悪化
 水質 赤潮の増大(極端なDIN不足)、底質 細粒化・有機化

調整池から諫早湾への負荷量 - - 締め切り前と後の比較 - -

COD、TNおよびTPはいずれも河川負荷量が減少したにも関わらず、調整池から諫早湾への負荷量(調整池排出量)が増加している。とくにCODは河川を浄化しても調整池水質に効果がないことが示されている。



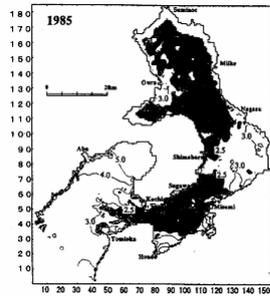


上の図：諫早湾中央B3と湾口北側B4,湾口中央S10および湾口南側B5底質のCOD濃度の推移

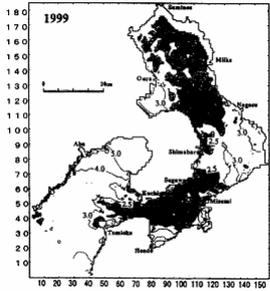
左の図：諫早湾中央B3,湾口北側B4および湾口南側B5表層のDINとTN濃度の推移

諫早湾中央周辺潮流の減少が引き起こすと想定される変化

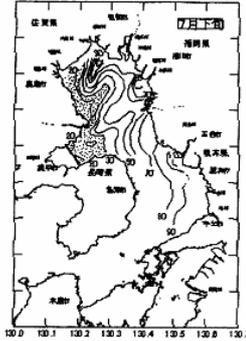
1. 成層化・・・流れの3乗に反比例するので、例えば5%の流れの減少は15%の成層度の強化となる。塚本・柳(2002):有明海の潮汐・潮流,海と空,78,161-168では,潮汐振幅減少から成層度の強化を見積もっている。
2. 底質の細粒化・・・潮流が弱まれば底質は細粒化する(後述)
3. 透明度の増加・・・長崎大・中田英昭らによって示されている。
4. 浮泥の巻き上がりの減少・・・干潟縁辺部の挙動について西海区水研の田中勝久らによって推定されている。農水省モニタリングで諫早湾内の濁度の減少が報告されている。浮泥巻き上がりの減少 赤潮の増加



左の図: 1985-1999の間の潮流振幅変化から推定される潮流の変化に基づいて成層度の変化を見たものである。諫早湾から佐賀県沿岸沿いに成層度が上昇すると予測されている。



右下図: 2001年7月下旬の底層のDO濃度分布が左図の成層度が強化されたと推定された水域と一致している



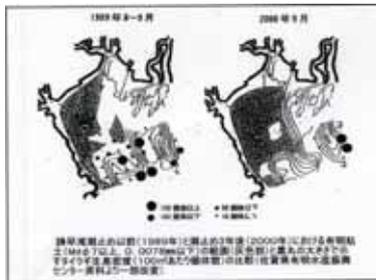
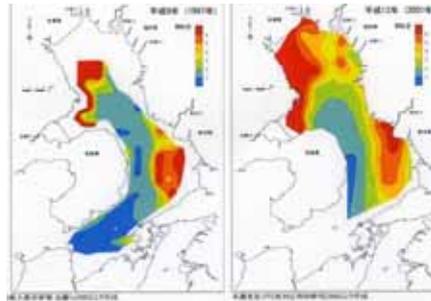
2001年7月下旬底層のDO分布
点々の部分はDO飽和度30%以下水域

潮受け堤防閉め切りによる成層度指数log(H/U3)の変化(塚本・柳, 2002)。

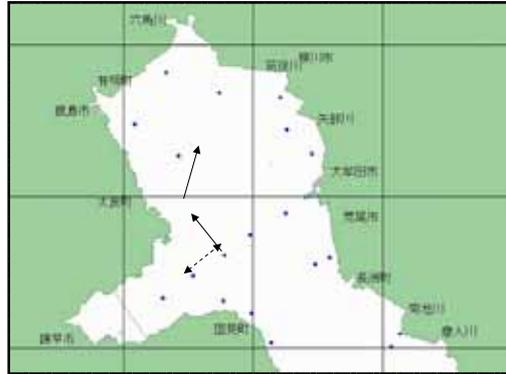
底質の細粒化

締め切り後、有明海奥部と諫早湾湾口周辺で細粒化がおきている。諫早湾口から湾奥にかけて潮流が弱まったことを示している可能性が高い。

左下: 佐賀県有明水産振興センター
右上: 第16回評価委員会資料
右下: 東からの引用

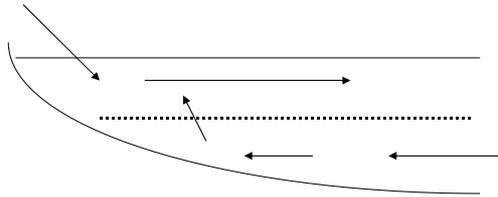


有明海全域海床堆積物の中央粒径値Mdφ等値線図の1997年6月と2002年6月の比較(0-9はφ, 破線・点線の数字は水深m)

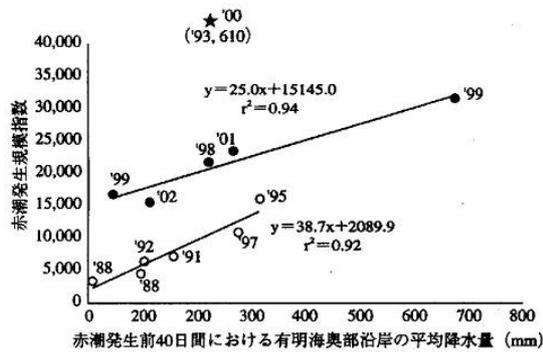


調整池水質悪化+諫早湾内流動の弱まり 諫早湾内水・底質悪化
 タイラギの壊滅
 悪化した水・底質の湾奥から湾奥への輸送

一般に河川が流入する内湾では軽い水が上層を沖へ、重い水が下層を陸へ流れる(エスチュアリー循環)
 河川水は有明海の西側を流出していくので、下層ではエスチュアリー循環で下層水はその逆を湾奥に向かって流れる。
 公害等調整委員会専門委員会の3次元シミュレーションでも、底層の湾奥に向かう潮汐残渣流が見られている。



締め切り後に赤潮が大規模化した 締め切りによって湾奥の成層化が強まった可能性が高い



公害等調整委員会裁定書(2005/8/30)における赤潮問題の検討

1. 成層化・・・専門委報告書で成層度の強化が認められる。しかし、浅海定線調査結果では不明。滞留時間の増加は認められない。(肯定/不明)
2. 透明度・・・透明度の上昇と干拓事業の間の結びつきは肯定しがたい(否定)。
3. 捕食圧・・・赤潮の発生と捕食圧の現象の間の整合性は疑問(否定)
4. 富栄養化・・・締め切との関係は明瞭でない(否定)
5. 水温・・・上昇しているが、その影響が赤潮を引き起こすとは考えられない(否定)
6. 照度・・・照度の上昇は明瞭でない(否定)
7. 降水量・・・降水量の増加傾向は認められない(否定)
8. まとめ・・・成層度の強化以外の要因を見出せなかった。赤潮の発生機構については未解明部分が残されていて、消去法によって要因を特定することは困難である。

締め切り後の潮流速の減少・筑後川低塩分水流出パターンの変化・成層化
- 公害等調整委員会専門委員会報告と程木解析 -

専門委員会報告(増水時の数値実験報告)

1. とくに大潮下げ潮時に湾央で潮流速が5～10%減少した。
2. 筑後川河口前面域からの残差流は、いったん南下した後コリオリカの影響を受けて西方に向きを変え諫早湾方向に進む。締め切り後はこの傾向が諫早湾周辺で強まる。
3. 諫早湾前面海域で塩分成層が強化されているだけでなく、熊本側沿岸域や有明海奥部中央及び東側海域において塩分成層が強化されていることを示した。

程木解析・・・浅海定線データの解析

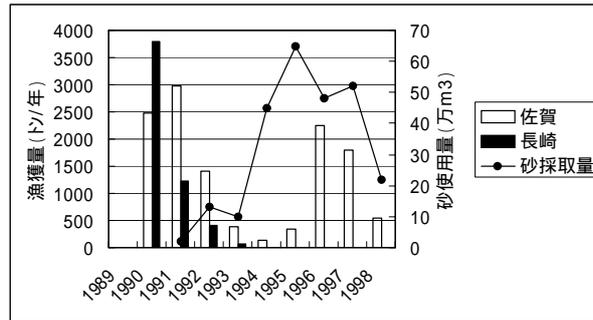
- 1) 筑後川由来の低塩分水は、締め切り後佐賀県側により多く、福岡県南部により少なくなっていくようになった
- 2) 表層と中層の塩分差と表層塩分を見ると、佐賀県側では多くの調査点で締め切り後塩分差が増大していた。ただ、締め切り後のデータ数が少ないため、今後さらに検討する必要がある。

専門委員報告と程木解析は、締め切りによる影響について同じ結果を得ていて、専門委員報告の妥当性が高いと考えられる。

1998年以降の赤潮の大規模化は、締め切りによる潮流の弱まりと、諫早湾周辺海域における潮流の弱まりが関係して、成層度の強化が引き起こした可能性が極めて高い。このことによって、より被害が生じたと考えられる。

長崎県のタイラギ(諫早湾内)は干拓工事で壊滅したと考えられる

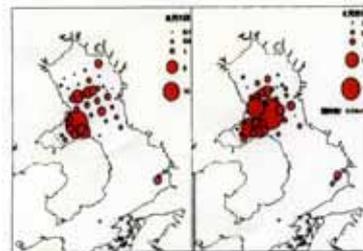
長崎県のタイラギは1993年以降壊滅したが、諫早湾口周辺の採砂や干拓工事から出る浮泥の堆積で減少して、工事終了後は諫早湾の環境悪化(細粒化と貧酸素)によって壊滅したと考えられる。現在では諫早湾口では浮遊幼生は多量に存在するが、着底稚貝が見られない。底質の悪化を示していると考えられる。



諫早湾内タイラギ 工事により減少(1993~) 工事終了後は締め切により減少
底泥の細粒化と貧酸素以外の要因は考えられない。

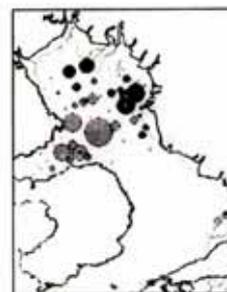
タイラギ浮遊幼生と着底稚貝の分布 (環境省評価委員会資料)

1. 浮遊幼生は減少していない。
 2. 着底稚貝は湾奥西側で減少
 3. 東側の稚貝は成長できない。
- 底質の細粒化(着底阻害)と貧酸素(成長阻害)のため減少した可能性が高い。潮流の弱まりが成長阻害を起こしている可能性も考えられる。



タイラギ幼生の水平分布(個体数/0.04m²)
(左: 8月5日, 右: 8月20日)

浮遊幼生と着底稚貝の分布域(23年前との比較) (奥石ら 2004)



2003年8月下旬におけるタイラギ浮遊幼生(赤)および着底稚貝(黒)の水平分布

タイラギ漁場における底質の還元化(貧酸素)

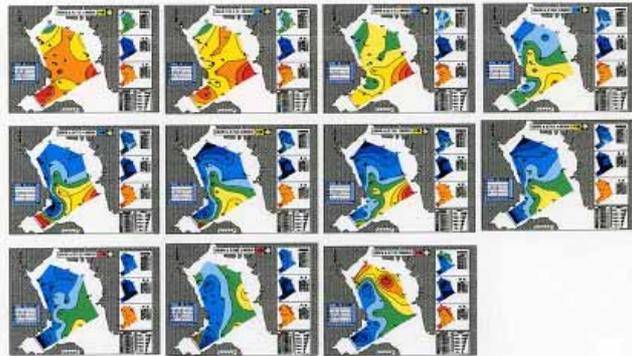


環境省第14回
評価委員会資料

タイラギは、干拓工事による諫早湾口の底質の細粒化と締め切りによる貧酸素および湾奥における細粒化によって壊滅的に減少したと推定される。

有明海湾奥部の貧酸素の原因の推定

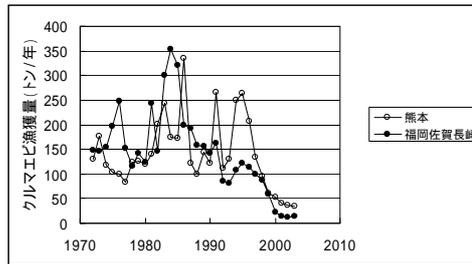
2004年8月 各省庁合同による貧酸素水塊調査



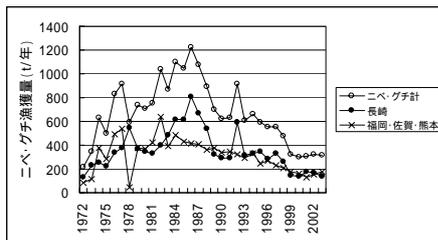
環境省第14回
評価委員会資料

潮流の弱まり(諫早湾の場合は調整池水質悪化が加わる)によって、佐賀県奥部と諫早湾が貧酸素水塊発生場(西海区水研など)。潮流や密度流、風などによって貧酸素水が湾奥全域に広がって、タイラギ被害を引き起こしていると考えられる。

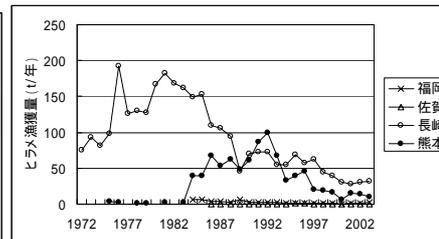
ニベ・グチ、ヒラメ、クルマエビは堤防締め切り後に大きく減少しているため、締め切りとこれらの魚種の資源量との関係を解明する必要がある。



クルマエビ



ニベ・グチ



ヒラメ

評価委員会論点整理について

変化要因 環境変化 生態系変化についての整理が不十分に感じる

1. 赤潮・・・シャトナラ赤潮, 赤潮発生件数の増加(生態系の変化), 環境要因として気象や透明度があげられているが, 変化要因について触れていない.
2. ベントス・・・減少傾向(生態系の変化), 環境要因として底質の細粒化, 貧酸素, 底質の有機化があげられているが, 変化要因について触れていない.
3. 底質・・・細粒化, 有機化があげられている. 細粒化の原因として河川からの泥供給の増加があげられ, 有機化は40年前から続いている(近年に原因がない?)
4. 貧酸素・・・近年増加したかどうか不明としている(変化要因の考察に入らない)
5. 漁業について論点整理がまだない.

有明海再生のためには環境変化を引き起こした要因解明は必須である.

生態系変化(漁獲量減少, 赤潮大規模化,)環境変化(貧酸素の増大, 底質の細粒化)などが, 人為的(河川環境変化, 埋立, 干拓事業)か, 自然現象(水温, 塩分, 降水量など)によるのか, とくに人為的行為が環境(潮位・潮流, 赤潮・貧酸素その他)に与える影響をさまざまな角度から考察することが必要である. 海洋学会の検討や公害調停委員会による検討を参考としていただきたい. 評価委員会の論点整理において, 諫早湾干拓事業がまったく触れられていないのは非科学的である.

より第三者委員会提案通りに, 干拓事業が影響を与えているかどうかを判断するために中・長期開門調査を実施することが必要である.