

諫早湾干拓事業は有明海の環境をいかに変えたか 潮汐・潮流を中心に

宇野木 早苗 (元東海大学教授・元理化学研究所主任研究員)

1. はじめに

有明海はわが国で潮汐が最も大きく、湾奥では大潮時における平均の干満差(大潮差)がほぼ5mにも達します。これに伴って潮流が非常に強く、またわが国の干潟の40%を占めるほどの広大な干潟が発達しています。このため海の生産力もきわめて大きかったです。ところが最近では赤潮の激増、貧酸素水塊の拡大、魚介類の生産量の激減や2000年のノリの大凶作など、海洋環境の悪化と漁場の疲弊が組織的に拡大してきて、有明海の将来に暗い影が予感されるようになりました。図-1を見て下さい。一方、鹿児島大学の佐藤博士らによって有明海の大潮差の減少が指摘され、さらに漁民らによって潮流の異変も意識されました。そしてこれらは上記の環境の悪化と結びついていると考えられ、大規模な諫早湾干拓事業との関係が問題になってきました。

これに関連して以前に筆者たちは、東京湾、伊勢湾、大阪湾の潮汐が年々減少していることを見出し、これは積年の沿岸開発による顕著な地形変化に伴って生じたことを明らかにして、潮汐・潮流の減少が環境の悪化を加速していると述べました。湾は紅茶を入れたコップと同じように1つの流体振動系ですから、固有の振動周期(容器の中の流体が自由に振動するときの周期)をもっています。外海から潮汐の波が湾に入ってきて湾水を揺れ動かすとき、潮汐波の周期と湾の固有周期が接近していると共振して振動が大きくなります。これを共振潮汐といいます。ちょうど紅茶を運ぶとき、適当な刺激を受けてコップ内の紅茶の揺れが大きくなり、ついにコップから溢れ出ると同じ現象です。

湾内の埋立浚渫が進むと、湾水振動の固有周期が小さくなります。この結果、外海から入射する潮汐波の周期と湾の固有周期との違いが大きくなって共振作用が弱まり、潮汐が減少するのです。干拓事業が推進された有明海においても同様な事情が考えられます。

そこで、この海における潮汐と潮流の変化の実態と

原因をできるだけ明らかにしたいと思います。また潮汐と潮流の減少が環境に与える影響についても、触れる積もりです。ただし筆者は海洋物理が専門ですから、後者については簡単に述べ、詳細はそれぞれ専門のパネラーの方たちをお願いしたいと思います。

2. 潮汐の減少と干拓事業との関係

月や太陽の引力に起因する潮汐現象は、多くの周期成分からなっていて、それらを分潮といいます。周期に応じて半日周潮、日周潮、その他に分けられます。干拓事業が潮汐に与える影響を知るには、分潮の変化を調べるのが最適です。そこで分潮の中で最も卓越している月が原因のM₂分潮(主太陰半日周潮、周期は12.42時間)に注目します。周期が1日程度の日周潮は、干拓事業の影響を受け難いので考えないことにします。

図-2は有明海を含む広い海域におけるM₂分潮の振幅の経年変化を示したものです。地点は図-3を見て下さい。農水省の多比良を除いて、他は気象庁所属です。1980年頃から全般的に潮汐が減少しています。中でも有明海内部の大浦、多比良、三角の減少が急です。この減少は干拓事業と平行して進行していること

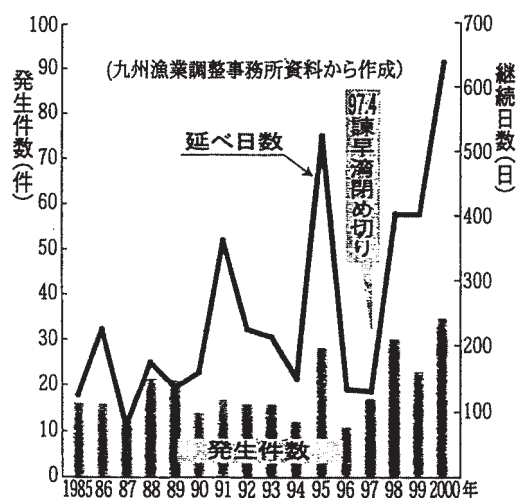


図-1 有明海の赤潮発生状況の経年変化

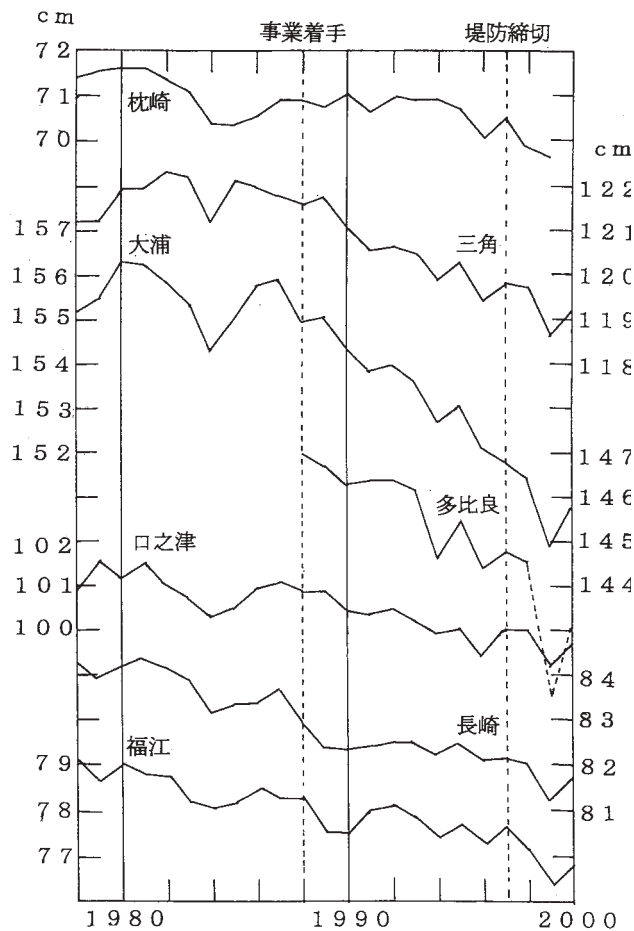


図 - 2 M₂分潮の振幅の経年変化

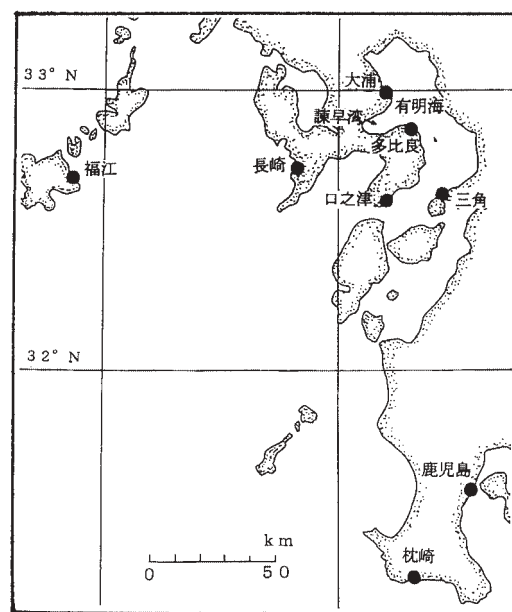


図 - 3 検潮所の位置

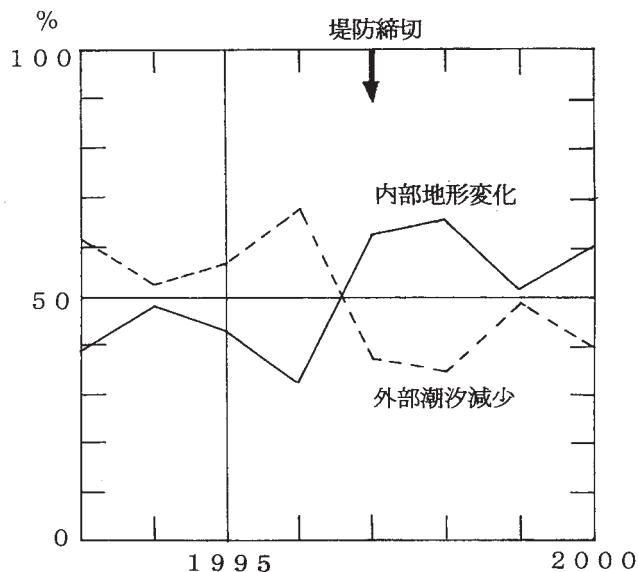


図 - 4 M₂分潮の振幅減少に対する内部地形変化と外部潮汐減少の効果の比較

が注目され、これは事業によって湾の面積が小さくなり、共振潮汐が弱まったことが主要な原因と考えられます。

しかし外部の海でも潮汐が減少傾向にあるので、これを主因とする考えも出されました。それでデータを基に解析して、湾奥近くの大浦に対する湾内部の地形変化の効果と、湾外部の潮汐減少の効果と比較すると、図 - 4の結果が得られます。これによると、堤防締切までは外部の効果が勝っているが、締切後は内部の効果が勝っていることが理解できます。内部の地形変化はほとんど干拓事業によるものと判断されます。

以上の結果より堤防締切後において、潮汐減少の約

65%は内部の効果、約35%は外部の効果と考えられ、減少の主体は干拓事業にあるといえます。具体的には干拓事業の影響で事業前に比べて、湾奥のM₂分潮の振幅が3.2 cm、比率で2.1%程度減少したと判断されます。なお2.1%は、堤防の締切りで失われる面積が有明海の総面積に占める割合にちょうど一致しています。ちなみに、大潮差では8.5 cmの減少になり、外海の効果まで含めると13.1 cmという大きな減少になります。

なお堤防締切による潮汐の減少は数値計算によっていくつか試みられています。数値的にはまだ一致した見解には達していませんが、内部効果が勝っている

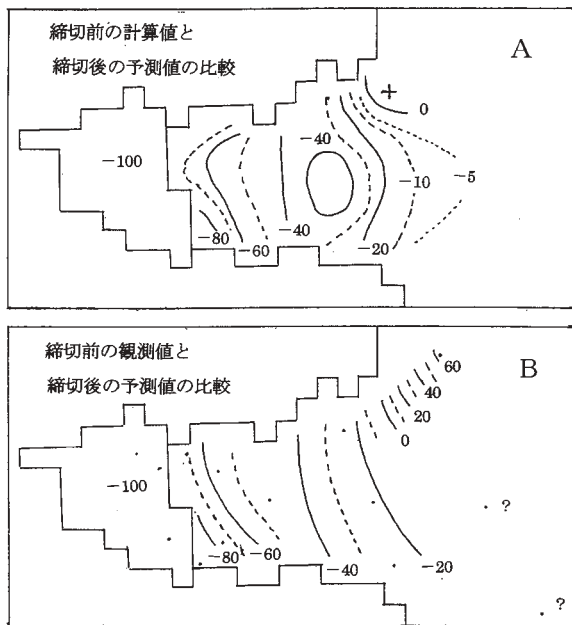


図 - 7 アセスデータから求まる締切前後における潮流変化率(%)、A、Bとも大潮最強流の上げ潮と下げ潮の場合の平均値

う大きな減少が見られます。さらに有明海中央の深い測点においてすら13%も、しかも表層では23%も流れが弱まっていることが注目されます。なお、諫早湾口の北岸寄りの浅海では、10から30%潮流が増大するのに対して、南側島原半島寄りには20%程度潮流が減少しています。これらの変化は漁師の経験とほぼ一致しています。

なお西海区水産研究所や有明海4県の水産研究機関が合同して行った一斉調査によれば、有明海の潮流は以前に比べて、全般的に12%程度減少しているという結果が得られました。諫早湾外北側浅海の潮流の増加は、地形変化による局所的な現象と見なされます。ここで共振潮汐の性格として、上げや下げの場合に湾内の各断面を通る総流量の減少量は、湾口に近づくほど大きくなり、湾口で減少量が最大になることに注意を喚起しておきます。

現実の流れは周期的な流れの他にいわゆる恒流(残差流や平均流ともいわれる)が加わっています。これは一方向に流れて行くので、湾内における海水の交換や物資の循環さらに生物の生産にとって非常に大きな役割を果たしています。漁民の経験によると、恒流もかなり変わってきたといわれます。また水産研究機関によってもその可能性が指摘されました。一般には恒流の水平分布が注目されますが、河川水の流入や風による鉛直循環も重要です。この恒流を理解するには、時間的空間的に密な観測が必要ですが、これが困難であるため、その実態も、変動の状況もまだよく分かっていません。

4. 潮汐・潮流に関する当初のアセスメントとその後のレビューのおかしさ

以上のように、干拓事業によって有明海の潮汐と潮流は大きく減少しました。それでは、事業前に提出された環境影響評価書ではどのように評価されているのでしょうか。

(1) 潮汐の評価の問題

当初のアセスでは、「締切後の潮位(注:大潮時の満潮位または干潮位の意味)の予測結果は、諫早湾から有明海の湾中央部にかけて1-2cm程度締切前より上昇することが予測されるが、この変化量は有明海の潮位差3-5mに比べると、1%にみたないものであり締切による影響はほとんどないものと考えられる」と結んでいます。ここでは、事業が潮汐に及ぼす影響を把握する上に、最適の潮汐振幅または潮差の変化を取り上げなくて、なぜだか大潮時における満潮面(または干潮面)の高さの変化を予測対象に選んでいます。

ところが現実の満潮面(または干潮面)そのものは、平均海面の年変化や経年変化さらに気象擾乱の影響が重なって、事業がもたらす海面変化量を遥かに越える変化をしているので、予測結果の検証は困難です。事実当局は、2001年に環境省に提出したアセスメントのレビューにおいては、その他の影響で満潮面(または干潮面)の上昇は10cm程度にもなって、1-2cmの上昇という当初の予測結果は検証されていません。すなわち、分潮の振幅や潮差を対象にすれば潮汐の明確な減少は予測できたはずなのに、検証が困難な要素で予測して、事業の影響は無視できるというおかしな結論を導いています。実際は前記のように、大潮差で8.5cmもの大きな潮汐の減少が生じているのです。

(2) 潮流の評価の問題

潮流に関する当初のアセスは、「従って、諫早湾湾奥部の締切による潮流の変化は、諫早湾内に限られ、諫早湾湾口部およびその周辺海域の潮流に著しい影響を及ぼすことはないものと考えられる」と結論しています。潮流への影響は考えなくてよい程度とのこの評価が、漁民が干拓事業を認める重要な根拠になったと聞いています。しかし実際は図-5、6に示したように、締切後には諫早湾湾口付近から有明海中央にかけてもかなり大きな変化が認められました。

そこで評価書掲載のデータを用いて変化量を求めてみました。結果を図-7に示します。なお、このため

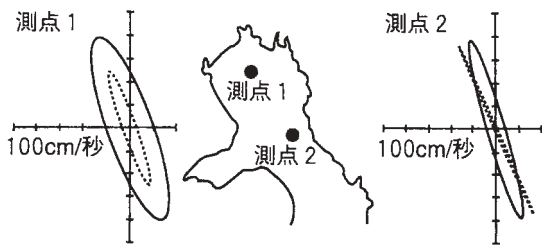


図 - 8 潮流計算の精度を示す潮流楕円の比較、実線は観測、点線は計算

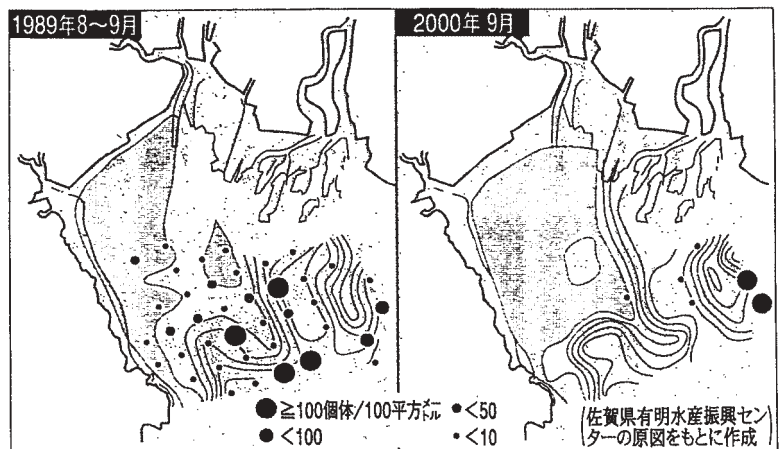


図 - 9 泥化した海底の拡大とタイラギの生息域の縮小

に評価書中の付図に示された計算結果を読みとって、観測結果などと比較しますが、その際多少の読取り誤差が含まれることを諒承願います。図 - 7 (A) は締切前の計算値に対する締切後の予測値の変化率を表し、(B) は締切前の観測値に対する締切後の予測値の変化率を示しています。単位は%で、マイナスは締切後の減少を意味します。これらは大潮の上げ潮と下げ潮の最強流について得た結果を平均したものです。図 - 7 (A) (B) とともに、図 - 6 の下段に示した観測された潮流の変化率の分布をかなりよく近似しています。なお図 - 7 には、外海の潮汐減少の効果は含まれていません。

この結果によれば、すでに環境影響評価書をまとめる時点で、諫早湾口付近で20から30%に達する無視できない大きさの減少が予測できました。それにもかかわらず、変化は小さいと結論したのは不可解なことです。

(3) その他の問題

当初のアセスでは予測計算の精度について、「潮位と潮流ともに、再現性は良好であると判断した」とあります。そこで評価書にあるM₂分潮の潮流楕円の再現計算結果を、代表的な2点について図 - 8 に示しておきました。潮流楕円は、方向と大きさが刻々と変化する潮流ベクトルの先端を結んだもので、楕円形状になります。水深が大きくて常時海水に覆われる地点では、測点2が代表するように再現性は許容できます。しかし湾奥干潟前面の測点1では、計算値は実測値の60%に過ぎません。これは干潮時に広大な海底が干上がる海域での計算は、きわめて高度な計算技術が必要なためです。ゆえに干潟が発達した有明海に対しては、この計算手法は評価書と異なり問題を含まないといえます。

図 - 5 に示したように、諫早湾外の有明海における流れの測定地点はわずか3点のみです。これでは干拓事業が有明海の流れに及ぼす影響予測に必要な基礎データを得ることは困難で、事業当局の影響評価に対する態度に疑問が生じます。また海水交換や物質循環に対して重要な役割を果たす恒流に対する干拓事業の影響も、評価されていません。

5. 潮汐・潮流の変化が有明海の環境に与える影響

図 - 2 に示した潮汐の減少は、干潟が発達した有明海では、広い面積の干潟が消滅することを意味します。いま直線状の海岸と海底を考えると、理論的に干潟の総面積に潮汐の減少率を掛けたものが、干潟の喪失面積になります。環境庁によれば、干拓事業前の有明海における干潟の総面積は207平方キロメートルです。工事着手前年から2000年までのM₂分潮の、干拓事業による減少率は2.1%でした。ただし日周潮は事業の影響を受けないのでこの効果を差し引くと、結局350ヘクタールというかなりの広さの干潟が消滅することになります。これにさらに諫早湾内の堤防締切による莫大な面積の干潟・浅瀬の喪失が重なるのです。海洋環境に対する干潟・浅瀬の重要性を考えたとき、このように広大な干潟・浅瀬の喪失は、有明海の環境悪化に強く関係していると思われます。

一方、潮流の減少は上下の水の混合を弱めるので、上層と下層の海水の密度差は大きくなって、海水は停滞しやすくなり、海水交換も弱まります。さらに佐賀県の水産振興センターによれば、図 - 9 に描かれているように、最近是非常に細かい底質が海底を広く覆うようになり、いわゆる海底の泥状化が進んできました。

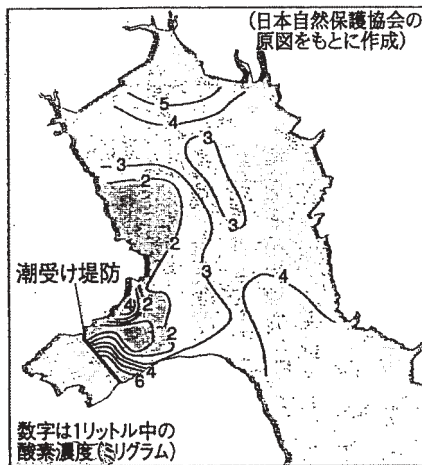


図 - 10 貧酸素水塊の分布

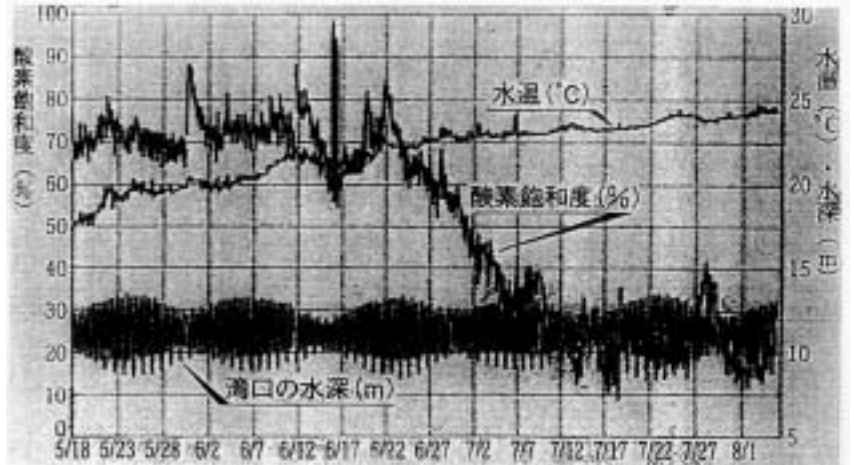


図 - 11 酸素飽和度 (%) の時間変化、諫早湾口

これはいうまでもなく潮流が弱くなった結果です。さらに海水の透明度も高くなってきました。東京湾などの通常の内湾では、透明度が低いのは汚濁が進んだ証拠ですが、有明海では逆に強い潮流のため海底からの巻き上がりが活発で透明度が低い方が環境にとってむしろ好都合だといわれます。というのは、鹿児島大学の佐藤博士の表現によれば、大量の浮泥は滋養に富んだスープのようなものであり、有明海の高い生物生産と浄化能力に深く結びついているからです。

このように干拓工事のために潮汐・潮流が弱くなり、その結果として有明海の海水の停滞と海水交換の衰え、また海底の泥状化と透明度の変化、さらに広大な干潟・浅瀬の喪失が重なって、有明海は海水浄化能力が弱まり、生産力も低下してきました。これはまた次節に述べる貧酸素水塊や赤潮の発生とその拡大に密接に結びついています。

6. 水門と流れ、潮汐、環境との関係

調整池内では陸域からの流入水が停滞し、富栄養化して水質が悪化し、底にはヘドロ化した底質が厚く堆積しています。中に溜まった水は、外海の水面が内側の水面よりも低いときに水門を開け、その下方を通過して外に排出されます。このとき水門を通る水の勢いは非常に強いので、底泥が巻き上げられ、これを含む多量の汚濁水が外に激しく流れ出ます。汚濁水は淡水で軽いので外側で海水に会うとすぐに浮かび上がって、表層を広がっていきます。排出水は豊富な栄養塩類を含むので、酸素の供給を受けて植物プランクトンが多量に生成され、赤潮なども発生しやすくなります。すなわち有明海全体にとって大きな汚濁負荷源になっています。長崎大学の石坂博士らは諫早湾口付近で最初

に赤潮が発生し、やがて有明海全体が赤潮に覆われる衛星画像を示して注目を惹きました。

これより前に日本自然保護協会は、堤防外側の諫早湾のかなり広い範囲に、これまでの常識を越えて調整池よりむしろ厚い50 cm以上ものヘドロ層が堆積し、黒く悪臭を放っているという調査結果を報告しました。これは調整池から巻き上げられて運び出された汚濁物質と共に、そこで活発に生産された有機物が多量に沈殿堆積していることを示唆します。このような底層では海水は当然貧酸素化します。この状況は日本自然保護協会が観測結果をまとめた図 - 10に明瞭に認められます。貧酸素の底層水が水門開口部から諫早湾に広がり、さらに有明海へと広く伸びています。

海水1リットル中に溶存酸素が、3ミリグラム以下ではエビ、カニ、イカ、タコなどは生存できないし、これが2ミリグラム以下では貝類も生存することができないのです。事実この海域では貝類の生産が激減し、タイラギはもう何年間も水揚げがありません。長崎大学の東博士はすでに諫早湾を締切った直後から、夏場には諫早湾湾口部付近に貧酸素水塊が形成されることを見出し、これが底棲生物の環境を破壊していることに警告を発してきました。そして東博士は、この貧酸素化は調整池からの汚濁水の排出と共に、堤防締切りによって潮流が弱まったために、底層へ酸素が供給されなくなったことが、基本的に重要であると指摘しています。この貧酸素化の状況は、図 - 11に描かれた西海区水産研究所による溶存酸素の連続測定の結果に、綺麗に捉えられています。諫早湾湾口部の底層では、6月20日ころから急速に溶存酸素が減少し、8月10日ころに台風で海水がかき混ぜられるまで貧酸素状態がつづいたことを示しています。

以上のことを含めて総合的に考察して、事業主体の

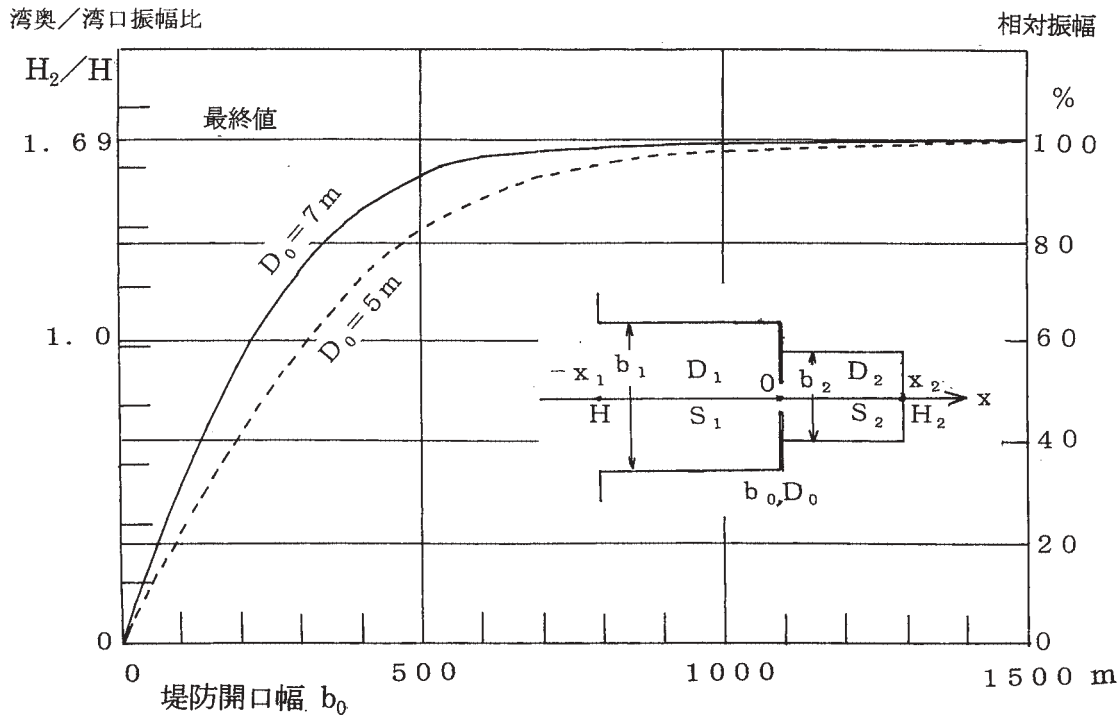


図 - 12 湾奥のM₂分潮振幅の堤防開口部幅に伴う変化

農水省が設けたいわゆる第三者委員会においてすら、「諫早湾干拓事業は重要な環境要因である流動および負荷を変化させ、諫早湾のみならず有明海全体の環境に影響を与えていると想定される」との見解を出し、水門開放による調査の必要性を述べています。いまや水門を開放し、さらに広げて堤防を撤去することが有明海の環境を回復する上に最も望ましいとの意見が、一般に広がっています。現在の水門を開放したり、開口幅を広げると、流れがどのように変化し、海水交換がどの程度良くなるかということは、数値計算では多少試みられています。

だが、堤防内部の潮汐が水門の状況に応じてどの程度回復するかについての検討結果は、まだ見出されないようです。そこで大略の概念を得るために、元地震研究所の梶浦博士の理論を適用して予備的な検討を行ったので、その結果を紹介します。

結果は図 - 12に描かれています。これは内挿図に示してあるように、湾の奥を口の開いた堤防で締切った場合で、諫早湾が有明海の横腹にくっつく場合と地形状況が少し違いますが、およその傾向は知り得ると思います。湾の大きさや深さなどは有明海と諫早湾を考慮して決めました。横軸は水門開口部の幅を、縦軸の左目盛は湾奥と湾口のM₂分潮の振幅比を、右目盛は堤防7kmを全開した場合に対する湾奥振幅の相対値(%)を表しています。開口幅が広くなると変化は小さくなるので、図では開口幅が1500メートルまでが描

かれています。なお水門は1つにまとめてあります。

図によると開口幅が1kmを越すと、湾奥の潮汐は堤防がない場合とかなり近くなるのが分かります。ただし潮汐はそうであっても、湾内外の潮流の大きさと方向の分布は、開口部の広さや位置によって大きく異なり、海水交換の強さは堤防のない場合に比べてかなり劣ると考えられます。現状の水門幅は南北の水門を合わせて250mです。そこでこれを全開したとすれば、堤防がない場合の半分かそれ以上の潮汐の回復が期待されます。

ただしこれは変化のオーダーを与えるもので、正確な知識を得るためには、現実に即した数値計算や水理模型実験が必要です。

7. むすび

ここでは諫早湾干拓事業が、有明海の潮汐・潮流にどの程度の変化をもたらしたかを中心に紹介し、これが有明海の環境にどのような悪影響を及ぼしているかに触れました。そしてこの潮汐・潮流の有意な変化は、すでに当初の環境影響評価書のデータの中で読み取れるにも拘わらず、事業当局は影響は無視できる程度と評価して関係者を納得させ、事業の実施に入ったことは、故意的との印象すら与えます。

ただし、近年の有明海における著しい環境や生物生産の悪化や漁業の衰退を、すべて干拓事業のみに帰す

ことはできません。種々多様な生産活動と社会活動の活発化による陸域と海域における汚濁負荷の増加、ノリ酸の投入、筑後川大堰を代表とする大量取水に伴う流入河川流量の減少、干拓埋立、飛行場建設、その他の地形変化等々が、有明海の環境を次第にむしばんできたことは否定できないのです。

しかし、だからといって干拓事業が有明海の環境の悪化に果たした重大な役割を逃れることはできません。干拓事業は悪化の傾向を一段と加速させ、より顕在化させたと見なされます。膨大な干潟浅瀬を喪失させ、多量の汚濁負荷を排出し、潮汐潮流を弱める潮受堤防が存在する限り、有明海の富栄養化は止まることはなく、より深刻化が考えられます。海の農業といわれるノリ養殖は気象に大きく依存し、極めて不安定です。今年は気象と適切な処置によりノリは幸いに豊作でしたが、富栄養化阻止のメカニズムが働かない現状では、昨年同様の大きな不作がいつ起こるか分かりません。

長崎大学の中田博士は「有明海の海洋環境」のシンポジウムのあいさつで、有明海の現状は入り口か、もっと深刻かは分からないが、少なくともこのままでは環境がスパイラル的に悪化していく可能性が高いというような内容を述べました。筆者も同感です。子孫に計り知れぬ大きさのマイナス資産を残すこの環境悪化のスパイラルから抜け出すためには、上に述べたその

他の悪化要因の排除と削減に努めることはもちろんですが、何よりもまず、事業当局主催の第三者委員会ですら、干拓事業は流動と負荷の点で有明海の環境に影響を与えている、と判断を下したことを真剣に受けとめ、干拓事業を見直し、さらに事業を中止することが基本的に必要と考えます。

このとき私たちは、低地のゆえに排水不良で苦しむ地元農民の苦衷も推察しなければなりません。しかしこの問題の解決の方法は、干拓事業の完成か否かの二者択一では決してないことを十分に理解しておく必要があります。考えてみれば、当初の干拓事業計画ではこの災害対策など念頭になかったのです。そして強引な農地造成だけでは事業の実施が困難な情勢になったので、これ幸いと災害の問題を抱き合わせて表面に立て、本来の農地造成の実施に漕ぎ着けたのでした。しかし、いまや諫早湾干拓事業が有明海を荒廃に追いやり、負の資産として子々孫々に莫大な負担を強い続ける最大の要因であることは、ほぼ間違いないといえます。これは地元農民の方たちも望むところではないと思います。事業中止を訴える人たちも、農民たちの望む本来の災害対策の実現を支援して、干拓事業の中止による有明海再生の道を共に進む方策を、探っていくことがきわめて重要であると考えます。（2002.3.16）