

（参考） 有明海・八代海等の環境等変化（まとめ） （3章関係）

1. 汚濁負荷

有機物や栄養塩の海域への流入は、赤潮や貧酸素水塊発生等の要因となる可能性があることから、有明海・八代海へのCOD、T-N及びT-Pの汚濁負荷量について1965～2013年度までの経年変化を推定した。

排出負荷量とは、家庭（生活系）、事業場（産業系）、家畜（畜産系）、山林、田畑等（自然系）といった各発生源から排出される負荷量であり、八代海のT-Nを除き、有明海・八代海ともに1975～1985年度頃が高く、徐々に減少している。八代海のT-Nについては、長期的な変動傾向はみられない。

流入負荷量とは、河川等を通じて海域に流入する負荷量であり、両海域とも、1975～1985年度頃に高い年度が多く、1998年度以降は低い傾向にある。

陸域からの流入負荷量に加え、直接負荷量（降雨、ノリ養殖（酸処理剤及び施肥）、魚類養殖、底質からの溶出）を含めた海域への汚濁負荷量を試算した。

有明海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後は減少傾向にある。

- ・陸域からの流入負荷量がCOD、T-Nで全体の80～90%以上を占め、T-Pでは全体の70～90%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の6～30%（最小値～最大値）、T-Pでは全体の19%未満である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の2割弱、T-Nでは全体の1割未満、T-Pで5%未満を占める。
- ・ノリ養殖（近年）の負荷量は、T-Pでは全体の5.9%以下、T-Nでは1.2%以下、魚類養殖の負荷（T-N、T-P）も全体の1%未満である。

八代海への直接負荷量を含めた汚濁負荷量については、CODは陸域からの流入負荷量とほぼ同じ傾向にあり、1975～1980年度頃に高く、その後は減少傾向にある。

T-N及びT-Pは、2006、2009年度頃が最大であり、近年はやや少ない傾向にある。

- ・陸域からの流入負荷量について、CODは全体の65～90%程度、T-Nは全体の35～70%程度、T-Pは全体の14～67%程度を占める。
- ・底質からの溶出量は、T-Nでは全体の9～32%程度（最小値～最大値）、T-Pでは全体の17～55%程度（最小値～最大値）である。
- ・降雨の負荷量は、CODでは全体の13～34%程度、T-Nでは全体の5～15%程度、T-Pで2～6%程度である。
- ・魚類養殖（近年）の負荷量はT-Nでは全体の4割弱、T-Pでは全体の6割程

度を占める。

2. 河川

有明海・八代海に流入する代表的な河川について流況に関する情報を整理した。土砂供給に関連するデータとして、経年的なモニタリングデータが存在する河床変動関連についても経年変化を整理した。

筑後川の1973年～2014年の平均年間総流出量は36.6億 m^3 (最大66.3億 m^3 、最小16.5億 m^3)、球磨川の1970年～2014年の平均年間総流出量は38.6億 m^3 (最大78.3億 m^3 、最小15.7億 m^3)であり、降水量に応じて変化している。

筑後川の河床は、1970(昭和45)年以降では約1,100万 m^3 分の低下がみられた。なお、1970年より前の期間においても、筑後川において砂利採取等が行われており、1953(昭和28)年からの50年間で3,300万 m^3 分低下しており、最盛期の採取量は年間200万～300万 m^3 と言われている。その内訳は、砂利採取が2,490万 m^3 、河川改修が500万 m^3 、ダム堆砂が260万 m^3 、干拓利用が160万 m^3 となっている。1953(昭和28)年からの河床変動をみると、砂利採取によって下流側が緩やかな勾配となり、土砂流出が停滞(河川の土砂運搬能力が低下)するとともに、海からガタ土の流入が増大しているものの、1983(昭和58)年以降、全川的に河床は概ね安定している。

六角川(牛津川)では、データのある1977(昭和52)年以降では、順流区間及び感潮区間とも河床は概ね安定している。

緑川における1970(昭和45)年～2003(平成15)年間の砂利採取量とダム堆砂量は700万 m^3 であり、球磨川における2000(平成12)年までの砂利採取量とダム堆砂量の累計については合計700万 m^3 に達するとの報告がある。砂利採取等による河床の低下は、菊池川、緑川、球磨川でもみられたが、砂利採取の減少等により近年では概ね安定している。

また、代表的な河川について、河川を通じた陸域からの土砂供給の減少及びその要因について以下に考察した。

筑後川の掃流砂量については、ばらつきがあるものの減少傾向が認められ、砂の現存量の減少、河床の緩勾配化が原因として指摘されている。

1950～60年代の砂利採取等により筑後川から海域へ砂の供給量が減少したものであることから、筑後川における人為的な砂の持ち出しが底質の細粒化の一因となる可能性がある。

なお、近年では砂利採取量は減少し、年間1万 m^3 程度となっている。2000年から2008年の筑後川流域全体の土砂収支計算によれば、年間12.5万 m^3 の土砂が有明海へ流入していると推計されているが、過去からの変動量は明らかでない。

白川では、1950～1960年代と1990年代以降では懸濁土砂に関する流量とSS流出負荷量の関係は変化しており、同じ流量に対するSS流出負荷量が30年間で10分の1程度に減少している。白川非感潮域からのSS流出負荷量は年間4.8～10.2万トンとの報告がある。

3. 潮位・潮流

潮位差の減少や平均潮位の上昇は、潮流流速の減少につながる可能性がある。また、潮流流速の減少は底質の泥化(細粒化)や成層化等にもつながる可能性がある。

[潮位の変動]

有明海では1日2回の満潮と干潮を迎える際の潮位差が大きく、潮位差は湾口から湾奥に向かって増大し、湾奥では大潮期には最大約6mに達する。潮位差の年平均値とその変動幅の経年変化は湾奥ほど大きく、例えば、湾奥の大浦の年平均潮位差は1979年頃(潮位差約345cm)と1995年頃(同337cm)に極大、1988年頃(同325cm)に極小をもつ変動が観測され、1979年頃と1995年頃の極大値を比較すると年平均潮位差が9cm減少していた。

極大と極小をもつ年平均潮位差の変動は、月の軌道の昇交点の周期変化(18.6年周期)が最も大きな影響を及ぼしている。極大値の比較による年平均潮位差の変動は潮汐振幅の減少によって生じている。潮汐振幅の減少の要因については、1)有明海内の海水面積の減少(内部効果)、2)平均水位の上昇(外部効果)、3)外洋潮汐振幅の減少(外部効果)などが挙げられているが、その影響度合いに関する見解は異なる。

平均潮位は、1970年以降、有明海及び外洋で上昇傾向が観測されている。

八代海においては、1980年以降、有明海と同様に平均潮位の上昇と潮位差の減少傾向が観測されている。

[潮流の変動]

潮流に影響を及ぼす要因としては、1)干拓・埋立等による海水面積の減少、2)平均水位の上昇、3)外海の潮汐振幅の減少があげられる。近年の有明海では、これらの要因により、平均的にみれば潮流流速が減少していると考えられる。

なお、実際の内湾での潮流には、潮位差により生じるもののほか、気象による影響や密度差による影響も複雑に関係するため、潮流の観測は難しく、その結果の比較は容易ではない。

干拓による潮流流速への影響については、諫早湾から島原半島沿岸での流速の低下を示す次のような複数のモニタリング又はシミュレーションの報告がある。

- ・諫早湾内の環境モニタリング結果(1989年(平成元年)及び1998年(平成10年)～2004年(平成16年))から、諫早湾の湾奥部、湾中部及び湾口部では堤

防締切り後に潮流流速が低下する傾向がみられた。

- ・島原半島沿岸部の観測結果(1993年と2003年)では、潮流流速は約21~27%減少した。
- ・シミュレーションによると、潮流への諫早湾干拓事業の影響は諫早湾から島原半島沿いに限られ、有明海湾奥部に関しては諫早湾干拓事業による湾奥部の流速の変化は月の昇交点運動による潮汐振幅の変動の影響に比べて小さい。

また、ノリ養殖施設の影響については、有明海奥部における潮流流速の観測から、養殖期に平均で流速が約23%弱まるとの報告がある。なお、ノリ網の柵数については1970年以降、減少傾向である。

熊本港建設による影響については、数値シミュレーションの結果、港の周辺で20~30cm/sの潮流流速の変化があり、潮位差への影響は港の周辺で±2cm程度との報告がある。

有明海では、干拓・埋立て、海岸線の人工化(護岸化)、港湾等の人工構造物の構築、ノリ網の敷設(柵数は1950年代後半から急増、1970年頃をピークに減少)がなされてきた。さらに外海の潮位上昇に伴って潮位上昇が見られている。有明海において長期間にわたって生じてきた海水面積の減少や潮位上昇等の事象は、物理的条件として、有明海の潮流を減少させる方向へ働くものと考えられる。海水面積の減少や潮位上昇等の潮流速への影響については、複数の観測やシミュレーションが行われている。

4. 水質

1970年頃から現在までの水質の経年変化を示した。

環境基準達成率の推移については、以下のとおり。

- ・CODについては、有明海では、1974年度以降、80%以上で推移している。八代海では、100%の年もあったが、近年は60~90%で推移している。橘湾では30~100%で推移しているが、ここ数年は100%となっている。
- ・全窒素及び全燐については、有明海では2006年度以降、40%で推移しており、達成率が低い。八代海では近年は75~100%で推移している。橘湾では全窒素及び全燐の類型指定はされていない。

有明海における水質の主な動向(統計的に有意かつ10年間で10%(0.25℃)以上の変化。有意水準5%)については、以下のとおり。

- ・水温は、1978年度から2012年度にかけて、4測点で上昇。
- ・塩分は、1980年度から2013年度にかけて、顕著な変化はみられない。
- ・CODは、1974年度から2013年度にかけて、4測点で減少、1測点で増加。
- ・T-Nは、1980年度から2013年度にかけて、2測点で減少、1測点で増加。
- ・T-Pは、1980年度から2013年度にかけて、3測点で増加、1測点で減少。

- ・SSは、1980年度から2012年度にかけて、3測点で減少。
- ・透明度は、1970年度から2014年度にかけて、1測点で上昇。

八代海における水質の主な動向については、以下のとおり。

- ・水温は、1978年度から2012年度にかけて、3測点で上昇。
 - ・塩分は、1980年度から2013年度にかけて、顕著な変化はみられない。
 - ・CODは、1974年度から2013年度にかけて、顕著な変化はみられない。
 - ・T-Nは、1980年度から2013年度にかけて、1測点で減少。
 - ・T-Pは、1980年度から2013年度にかけて、1測点で増加。
 - ・SSは、1980年度から2012年度にかけて、顕著な変化はみられない。
 - ・透明度は、1979年度から2014年度にかけて、1測点で増加、1測点で減少。
- (詳細は資料4-4表5、表6を参照)

水温の上昇は、夏場の赤潮の形成、エイ類の来襲による有用二枚貝の食害、ノリ養殖等に影響を与える可能性があり、留意が必要である。

5. 底質環境

有明海において2014年までに行われた調査によると、湾奥部及び中央部の東側の底質は主にシルト及び砂質シルトであって含泥率が高く、中央部の西側から湾口部にかけては砂質及び礫質であった。

熊本沖では硫化水素臭を伴う泥が堆積し、また、大浦沖・諫早湾口ではシルト質の底泥が堆積している。堆積速度からみて底質の泥化は熊本沖では1970～1980年前から始まったとみられる。

有明海について、2001年頃以降の調査結果から底質の経年的傾向(10年間で10%以上の変化)を整理したところ、11測点のうち、T-Nは2測点で増加傾向・1測点で減少傾向、CODは4測点で増加傾向・1測点で減少傾向、強熱減量は1測点で減少傾向、T-Sは3測点で増加傾向、粘土シルト含有率は1測点で増加傾向・1測点で減少傾向を示し、他の測点及びT-Pでは増減傾向はみられなかった。

ノリ酸処理剤・施肥の影響については、酸処理剤の底質への移行に関する調査結果によれば、ノリ漁場における水質や底質から有機酸は殆ど検出されなかった。

八代海について、2001年頃以降の調査結果から底質の経年的傾向を整理したところ、10測点のうち、T-Nは1測点で増加傾向、T-Pは2測点で減少傾向、CODは7測点で増加傾向、強熱減量は1測点で増加傾向、粘土シルト含有率は1測点で増加傾向・1測点で減少傾向を示し、他の測点及びT-Sでは増減傾向はみられなかった。

(底質の変動傾向の詳細は、資料4-5表1、表2を参照)

6. 貧酸素水塊

有明海・八代海での底層溶存酸素量の状況について示した。(底層溶存酸素量については、2016年3月に生活環境項目環境基準に追加(基準値:2~4mg/L以上)されており、今後、海域毎の類型指定の検討が進められることになる。)

有明海における底層溶存酸素量の年間最低値は、データのある1972年以降、福岡県・佐賀県の6測点のうち佐賀県の2測点で低下傾向がみられ、その他の測点は横ばい傾向であった。このうち、佐賀県の有明海湾奥西部の1測点では、他の有明海奥部の測点と比べ、最近10年間(2005年~2014年)で2mg/L又は3mg/Lを下回る回数(各4回、9回)が多く、また、過去と比べても、2mg/L又は3mg/Lを下回る回数が増えている。

2004年から実施されている有明海奥部における底層溶存酸素量の連続観測の結果によると、濃度低下の程度や継続期間には年による違いがあるものの、2004年から2015年までの12年のうち、全ての年で最低値が3mg/Lを下回っており、うち11年については2mg/Lを下回っている。

有明海における主要な貧酸素水塊は、夏季に有明海奥部と諫早湾の2カ所で別々に発生する。鉛直的には、貧酸素水塊は密度躍層よりも下層に形成され、有明海奥部では湾奥浅海域で特に溶存酸素濃度が低下する。さらに、有明海奥部・諫早湾の貧酸素水塊は潮汐混合の影響を強く受けており、潮流が弱い小潮時に発達しやすく、潮流が強い大潮時には緩和あるいは解消することが多い。

有明海奥部では、出水によって大量の淡水が供給されたり、小潮時に潮汐混合が弱まって沖合いから海底に沿って高密度水が進入すると、密度成層が発達する。成層強化によって密度躍層が発達すると、表層から躍層以深への酸素供給が減少する。また、躍層の上ではしばしば赤潮が発達し、赤潮が終息すると大量の有機物が底層に供給され、底泥・底層水の酸素消費が増大する。このようにして急速な貧酸素化が生じる。さらに、底生動物がへい死すると、底質悪化と貧酸素化が進行し、底層水は無酸素状態となる。

八代海では、八代海中部において1989年以降で3mg/L以下の溶存酸素濃度が4回観測、2mg/L以下の溶存酸素濃度が1回観測されている。

7. 藻場・干潟

有明海・八代海での藻場・干潟面積の経年変化を示した。

有明海では、江戸時代以前から干拓が続けられており、これまでに全体で26,000

ha を超える面積の干拓が行われてきたが、その干拓速度は昭和後期に大きく増加した。データがある1978年度から1989～1991年度で比較すると、この間に、干潟は22,070haから20,713ha(6.1%減)、藻場は2,066haから1,640ha(20.6%減)に、各々減少している。1997年には諫早干拓事業により、1,550haの干潟が減少した。

八代海においては、1978年度から1989～1991年度の間に、干潟は4,604haから4,405ha(4.3%減)、藻場は1,358haから1,339ha(1.4%減)に、各々減少している。

8. 赤潮

有明海・八代海等で発生する赤潮の種類と特徴は次のとおりである。

- ・小型珪藻は年中赤潮を形成するが、ノリ漁期に赤潮を形成すると、色落ちを引き起こす場合がある。
- ・大型珪藻による赤潮は秋季～冬季に発生し、ノリの色落ちによりノリ養殖業に大きな漁業被害を与える。
- ・ラフィド藻による赤潮は夏季に発生し、魚類へ被害を与える。
- ・渦鞭毛藻による赤潮は夏季に発生し、水産生物の大量死を引き起こし大きな漁業被害を与える。

有明海における赤潮の年間発生件数(1978～2014年)は、1998年頃から増加傾向が見られ、2000年代の発生件数は1970～1980年代の概ね2倍程度となっている。原因プランクトン別にみると、珪藻類による赤潮発生頻度が高く、渦鞭毛藻やラフィド藻がこれに続く。ラフィド藻の割合が増加しているものの、構成種の大きな変化はみられない。

赤潮被害の年間発生件数は、1998～2003年まで他の年に比べ多い傾向がみられた。原因プランクトン別にみると、年による変動が大きいものの、その多くが、珪藻類によるノリの色落ち被害である。

八代海における赤潮の年間発生件数(1978～2014年)は、1998～2000年頃から増加しており、1970～1980年代と比較して2000年代の赤潮発生件数は概ね2倍程度であるが、原因プランクトン別にみると、ラフィド藻や渦鞭毛藻の割合は6割程度と大きく変化しておらず、2000年代中頃に珪藻類の割合の増加がみられた。

赤潮被害の年間発生件数は、1988～1990年及び1998～2010年に多く、原因プランクトン別にみると、*Cochlodinium polykrikoides* と *Chattonella* 属による被害件数が多く、養殖魚(ブリ、トラフグ等)のへい死により特に大きな被害が発生している。

橘湾における赤潮の年間発生件数は0～3件であり、長期的な増加や減少傾向はみられない。原因プランクトン別にみると、ラフィド藻や渦鞭毛藻が主体となっている。

赤潮被害の年間発生件数は、調査期間を通じて少なく、有明海や八代海の発生件数の1/5～1/10程度であり、長期的な赤潮件数の増減傾向はほとんどみられない。原因プランクトン別にみると、*Cochlodinium polykrikoides* と *Chattonella* 属による被害件数が多く、養殖魚(ブリ、マダイ、トラフグ等)のへい死により大きな被害が発生している。

9. 生物

(1) ベントス(底生生物)

比較的以前のデータがある有明海北西部における1989年夏季と2000年夏季の調査によると、全マクロベントス(小型の底生動物)の平均密度は半分以下に減少しているとの報告がある。これは主にチョノハナガイ等の二枚貝類の減少によるものであった。また、1989年夏季と2006年夏季の調査においても、二枚貝類の減少により個体数の平均密度は減少していたとの報告がある。

有明海(11地点)・八代海(10地点)における2005年頃以降の経年的傾向を整理した。

有明海では、種類数については、総種類数が1地点で増加傾向・2地点で減少傾向、軟体動物門は2地点で増加傾向・1地点で減少傾向、節足動物門は1地点で増加傾向・4地点で減少傾向がみられた。個体数については、総個体数は増減傾向がみられず、軟体動物門は1地点で増加傾向、節足動物門は3地点で減少傾向がみられた。

八代海では、種類数については、総種類数が2地点で減少傾向、節足動物門は1地点で減少傾向がみられ、軟体動物門は増減傾向がみられなかった。個体数については、総個体数は2地点で減少傾向、節足動物門は1地点で減少傾向がみられ、軟体動物門は増減傾向がみられなかった。

(ベントスの変動傾向の詳細は、資料4-9表1、表2を参照)

(2) 有用二枚貝

有明海でのタイラギの漁獲は1970～1990年までは数年おきに高い漁獲量(最大23,716t/1979年)が生じたが、長崎県では1990年代から、佐賀県・福岡県では2000年頃から漁獲がなくなり、以降有明海全域で殆ど漁獲されなくなった。2009～2010年にかけて、わずかに漁獲量の回復がみられた(最大1,078t/2010年)が、以降は再び低迷し、2012年より休漁となっている。

サルボウの漁獲は、1970年代初頭に佐賀県沿岸を中心に高い漁獲量(最大24,252t/1972年)があったが、その後、へい死(原因は不明)が発生して漁

獲量が減少した。へい死は1985年を境に収束し、1990～1996年にかけて1万高い漁獲量(最大17,299t/1994年)があったが、近年の生産量は数千tレベルと減少傾向にあり、変動幅も大きい。

アサリの漁獲は、1977～1983年をピーク(最大90,386t/1983年)に、その後減少し、1990年半ばから2千t前後で推移してきた。2005から2008年にかけて有明海全域で資源が一時的に回復し、漁獲量も増加した(最大9,655t/2006年)が、2009年以降漁獲量が減少している。

(3) 魚類

有明海の漁業生産量(漁獲量とノリ収穫量(重量)の合計)は増減を繰り返しながら推移してきている。有明海では漁獲量(海面漁業)に占める貝類の割合が高く、貝類の漁獲量は、昭和50年後半から急速に減少して最近5年間では2万tを下回っている。他方、有明海のノリ収穫量は、増減を繰り返しつつ増加傾向にあり、有明海の漁業生産量に占めるノリ収穫量の割合は8割以上(重量ベース)となっている。

有明海の魚類漁獲量は、1987年をピーク(1万3千t台)に減少傾向を示しており、2013年の漁獲量は過去最低となる2千791tとなった。有明海の主要魚種の大半を占める底生種の漁獲量が減少している。

八代海の漁業生産量(漁獲量、魚類養殖生産量、ノリ収穫量の合計。熊本県のみ)は、1994(平成6)年頃までは増加傾向にあったが、その後減少傾向にある。このうち、八代海の魚類養殖量は1994(平成6)年までは増加していたが、その後減少傾向にある。ノリ収穫量は2003(平成15)年から1千tレベルと減少傾向。八代海においては漁業生産量に占める魚類養殖生産量の割合が年々高くなっており、2001(平成13)年以降は、魚類養殖生産量が海面漁業の漁獲量(年約8千t)を上回っている。

八代海の魚類の漁獲量については、有明海ほどの減少傾向はみられていない。1982年をピーク(1万9千t台)に変動を繰り返しながらも緩やかな減少傾向を示し、2003年及び2006年には9千t台まで落ち込んだ。しかし、それ以降は再び回復傾向にあり、2013年の漁獲量は1万8千tを超えている。

また、有明海・八代海等には、国内でこの海域にしか生息しない動植物が多数生息しており、ここではムツゴロウについて整理した。

ムツゴロウは、有明海全域の調査によると1972年には20尾/100m²を超える高い出現頻度であったが、1980年代に急減した。佐賀県の調査によると1990年代に出現密度の緩やかな回復がみられ、2012年の調査においては、10尾/100m²を超えるなど回復している。