

平成21年 5月30日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19580208

研究課題名（和文） 有明海の富栄養化に関する研究 -比較内湾学的アプローチ-

研究課題名（英文） Study on the eutrophication of the Ariake Sea -comparative study between the bays-

研究代表者

速水祐一（HAYAMI YUICHI）

佐賀大学・有明海総合研究プロジェクト・准教授

研究者番号：00335887

研究成果の概要：

有明海における赤潮増加の機構を解明するため、植物プランクトンと光環境の変動を中心にした現地調査・データ解析を行うと共に、生態系シミュレーションモデルを構築した。モデル構築にあたっては、有明海奥部の植物プランクトン生産に強く影響する光環境について十分な現況再現ができるように、現地で得たパラメータを用いて透明度の変動をモデル内部で計算できるようにした。さらに、有明海と瀬戸内海について、透明度・栄養塩・植物プランクトン量等の変動機構について比較検討した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,700,000	510,000	2,210,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：農学

科研費の分科・細目：水産学・水産学一般

キーワード：水圏環境・保全，有明海，赤潮，透明度，栄養塩，数値シミュレーション，懸濁物，植物プランクトン

1. 研究開始当初の背景

近年、有明海では赤潮が増加し、貧酸素水塊や底質悪化も深刻化、養殖ノリの色落ちや魚介類の斃死など大きな漁業被害を引き起こしている。赤潮の増加や貧酸素化は内湾の富栄養化によって生じる典型的な問題である。瀬戸内海や東京湾などでは、1970年代をピークに赤潮は減少し、近年は環境が改善さ

れる傾向にある。それに対し、有明海奥部では富栄養化問題が今まさに深刻化しつつある。有明海奥部の場合、瀬戸内海や東京湾と異なり、陸域からの栄養塩負荷量の増加がないにもかかわらず、富栄養化が進行している。これには、無機鉍物によって濁って透明度が低いという有明海の特徴が大きく関わっていると考えられる。

2. 研究の目的

上記のような背景のもと、本研究では、有明海の富栄養化の原因を明らかにするために、以下の影響に着目して研究をおこなう：1) 海水交換, 2) 光環境, 3) 二枚貝類による捕食, 4) 栄養塩濃度. そのためには、データ解析と実験によって有明海における富栄養化、特に赤潮増加の原因を究明する. さらに、植物プランクトン量の変動要因について他の内湾と比較した時に、有明海がどのような位置にあるのか明らかにする.

3. 研究の方法

(1) データ解析

佐賀県有明水産振興センター・福岡県有明海研究所によるモニタリングデータ、漁獲統計等を解析し、有明海奥部における赤潮、栄養塩濃度、成層強度等の変動機構について検討した. また、環境省による瀬戸内海広域総合水質調査データを用い、瀬戸内海のうち有明海奥部と同様に大河川の影響を強く受ける大阪湾・広島湾について、栄養塩・透明度・クロロフィル濃度の関係を検討し、有明海奥部と比較した.

(2) 現地観測

2007年8月から2008年7月まで、有明海奥部白石町沖の定線（図1）において、毎月1回、水中光量子量・水質等の観測を行うと共に、係留系による表層濁度等の連続観測を行った. また、植物プランクトンの現場培養実験を秋季・冬季に実施した.

モデルによる透明度変動の再現性確認に使用するためのデータセットを得るため、2008年5月6日に有明海奥部において透明度・表層懸濁物濃度等の分布変動について1潮汐間の反復観測を行った.

さらに、2008年7～8月には、2回の昼夜観測を含めて、15回の赤潮調査を実施した.

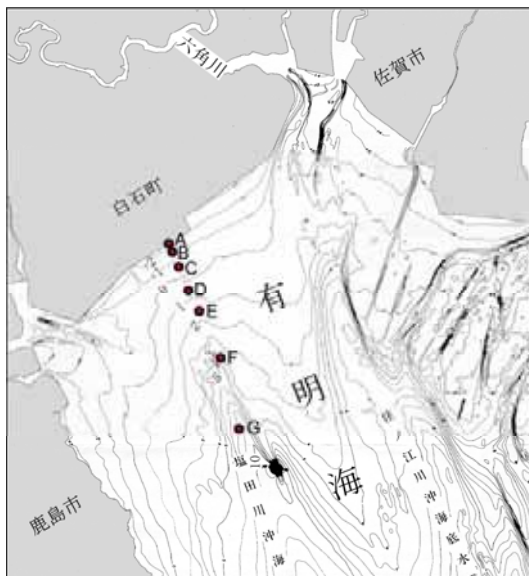


図-1 有明海奥部の地形及び月例観測の測点配置

(3) 数値モデル

FVCOM を用いた有明海流動シミュレーションモデルをベースに、有明海懸濁物動態モデル・低次生態系モデルを構築した. 懸濁物動態モデルでは、透明度の変動をモデル内部で動的に計算できるようにした. モデルを構築するにあたっては、上記(2)等によって有明海で観測によって得られたデータをモデル内のパラメータ決定に利用するとともに、モデルの検証にも用いた.

4. 研究成果

(1) データ解析結果

佐賀県有明水産振興センターによるモニタリングデータ、佐賀県の漁獲統計等を解析し、有明海奥部における秋・冬季のプランクトン沈殿量・植物プランクトン細胞数の増加には、サルボウを主とした二枚貝の減少による捕食の低下、透明度の上昇による光環境の改善が主要な要因となっており、成層強度の変化による影響は小さいことを示した. ただし、堤ら(2007)が指摘するように、有明海における水産試験場によるモニタリングデータについては、調査頻度や測定分解能の限界から、その代表性について疑問が示されている. そこで、佐賀県有明水産振興センター・福岡県有明海研究所によるモニタリングデータについて、観測前の河川流量履歴別に分けて解析を行った. 出水の影響を受けていないデータだけでみると、有明海奥部における成層強度の経年変化について明瞭なトレンドは認められなかった. 河川流量履歴別の平均的な水質分布からは、出水後に低塩分水塊が反時計回りに移動し、1週間以内に諫早湾以南の海域に流出することが分かった. これは、我々が2006年の出水後に実施した調査結果と一致する. また、この解析結果からは、有明海奥部における窒素・ケイ素と、リンの挙動の違いが明らかになった. 溶存無機窒素、ケイ素に比べると、塩分変動にともなったリン酸態リンの濃度変動は小さく、河口域における底泥による緩衝作用によってリンの濃度変動が押さえられているためと考えられた. 一方で、湾奥底層では、溶存酸素とリン酸態リン濃度の間に強い負の相関関係があり、底層の酸素濃度が低下すると底泥からのリンの溶出量が増加するためであると考えられた(山口・速水, 2009).

海域間比較についてはまだ検討不十分であるが、大阪湾・広島湾では植物プランクトン濃度が高いと透明度が低くなる一方で、有明海奥部ではこうした関係は見られなかった.

(2) 現地観測結果

① 光環境に関するパラメータ

2007年8月から2008年7月まで毎月行った調査の結果から、植物プランクトン量、透

明度、濁度、SS、光束消散係数の季節変化を明らかにした。水中光量子量の鉛直分布から0.3~2.5m層を代表する光束消散係数を求め、SS、透明度、濁度との関係を調べた。SSと光束消散係数の間には、図2に示すような関係が得られた。

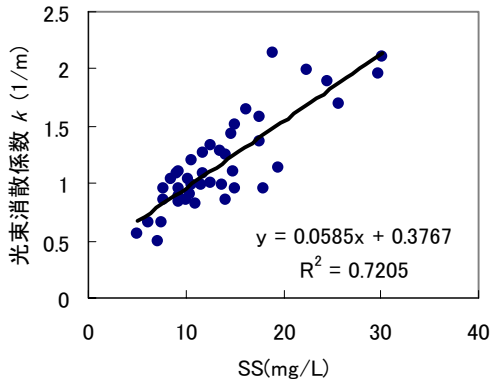


図-2 有明海奥部におけるSSと光束消散係数の関係

② 栄養塩動態の特徴について

2007年8月から2008年7月まで毎月行った調査の結果から、有明海奥部では、河川流量が増大する夏季以外に、秋季~冬季に栄養塩濃度の極大時期があることが分かった。特に、冠水した干潟上では非常に高濃度となっていた。アンモニア態窒素は秋季に高濃度となり、硝酸態よりも高くなった(図3)。続いて硝酸態窒素濃度が上昇し、1月にピークになった(図3)。これらは、植物プランクトンの減少による消費量減少と底泥からの溶出によると考えられた。リン酸態リン濃度は秋季に比較的高い時期が続いたが、春から初夏にかけて顕著に低下した。これは、河川流量が少ないことに加えて底泥からの溶出が減少するためと考えられた。また、2008年の7~8月の調査結果からは、河川流量が安定した状態では、有明海奥部の干潟近くでは、アンモニア態窒素濃度が大潮時に上昇、小潮時に減少するという変動がみられた。これは、

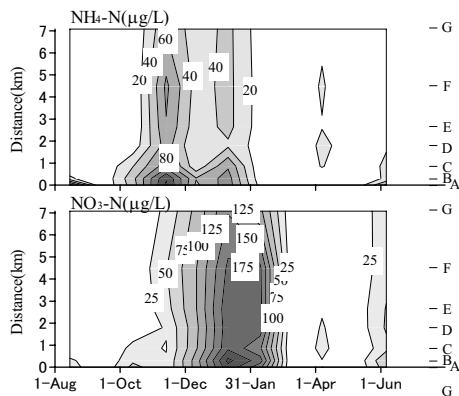


図-3 有明海奥部における表層水中アンモニア態窒素・硝酸態窒素濃度分布の季節変化

干潟の冠水と活発な潮汐混合によって、大潮時に干潟底泥からの栄養塩回帰が活発になることを示すと考えられた。以上の結果は、有明海奥部の栄養塩濃度変動に対して、干潟底泥からの回帰量の変動が重要な要素であることを示している。干潟面積が少ない現在の大阪湾や広島湾、伊勢湾などの海域に比べると、有明海奥部は干潟底泥からの栄養塩回帰の影響が極めて大きい海域であると考えられる。

③ 夏季赤潮調査結果

2008年夏季には、7月下旬から8月中旬にかけて有明海奥部で広範囲にシャットネラ赤潮が発生した。本研究では、シャットネラの栄養細胞が最初に確認されてから、赤潮が消滅するまでの過程を週2回程度の時間解像度で明らかにすることができた。また、昼夜観測によってシャットネラが日周鉛直移動を行う様子を捉えることができた。水深の浅い沿岸域では、夜間にはシャットネラは海底まで下降していた(図4)また、シャットネラの増加に伴って底層の溶存無機窒素濃度が低下し、浅海域ではほぼ枯渇したところでシャットネラ細胞数の増加が緩やかになった。これは、シャットネラは日周鉛直移動するため、浮遊珪藻が利用できないような底層の栄養塩を利用して増殖したことを示すと考えられる。

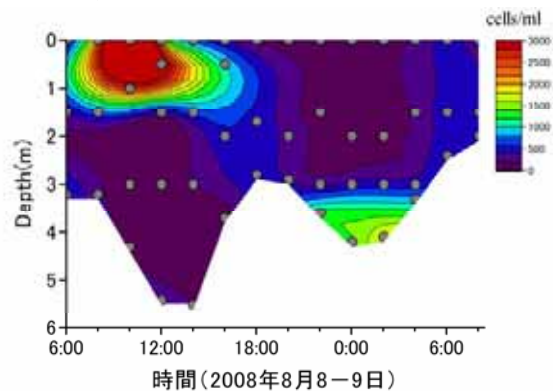


図-4 シャットネラの日周鉛直移動

(3) シミュレーション

① 透明度のシミュレーション

上記(2)の現地観測の結果を利用して、FVCOMをベースにした有明海の懸濁物輸送モデルを構築し、有明海奥部における1潮汐間のSS・透明度の分布変動について計算した。モデルの精度を検証するために、2008年5月6日の観測結果と比較した。当初、底泥の巻き上げパラメータについて湾内全域で一様とした状態では、透明度分布の再現性は極めて悪かった。しかし、巻き上げ特性について、底質との関数を作り上げ、実際の底質分布データと合わせて巻き上げパラメータの

マッピングを行うことで、現況再現精度は大幅に改善され、基本的な1潮汐間のSSおよび透明度分布変動は再現できるようになった(図5)。ただし、感潮河道における強い巻き上げと巻き上げられたSSの移流について十分に再現できておらず、感潮河道からの移流の影響を強く受ける水域では、透明度が過大評価になっている。

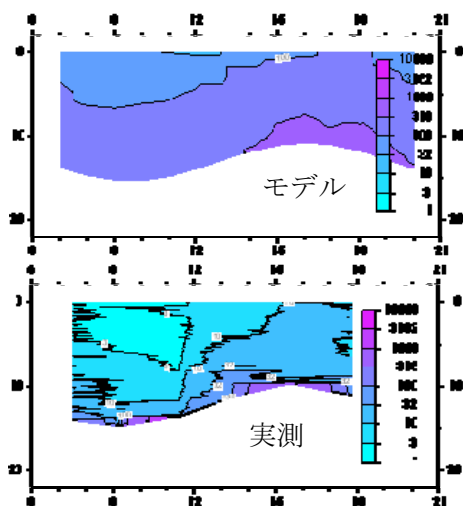


図-5 有明海奥部における1潮汐間のSS濃度分布の変化(実測とモデル)

②生態系モデル

上記(2)の現地観測の結果を利用して、FVCOMをベースにした有明海の低次生態系モデルを構築し、夏季の赤潮発生および貧酸素水塊形成の再現を試みた(図6)。

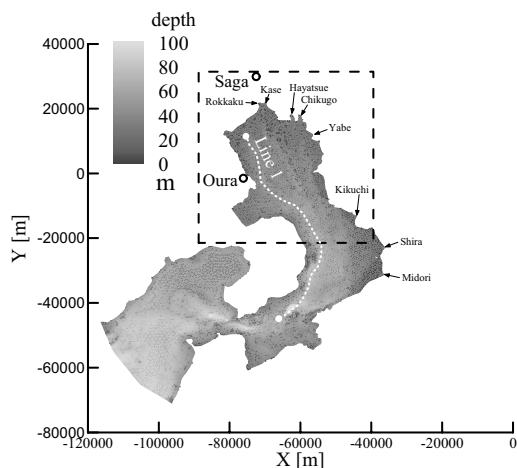


図-6 モデルの計算領域

その結果、小潮時に有明海奥部西岸域と諫早湾の2カ所に貧酸素水塊が形成されること、この貧酸素水塊は大潮時に緩和、小潮時に発達するなど、貧酸素水塊の基本的特性については再現することができた。しかし、植物プランクトン密度の変動については、実測

と一致しなかった。

したがって、植物プランクトン及び赤潮の変動機構について生態系モデルによって検討するためには、今後まだモデルの修正・改良が必要である。現地観測の結果からは、干潟からの栄養塩回帰や植物プランクトンの鉛直移動などの要素がまだモデルに組み込んでいないことが、こうした不一致の原因の1つであると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

- ①山口創一・速水祐一、有明海湾奥における出水後の低塩分水塊の挙動とその水質への影響、沿岸海洋研究、46、161-173、2009、査読有
- ②速水祐一・山口創一、浅海定線調査データをどう読むかー有明海における海洋モニタリングー、海と空、72、332-333、2008、査読無

〔学会発表〕(計 4件)

- ①吉田誠・片野俊也・山口創一・速水祐一、有明海における2008年夏期の*Chattonella* spp.の増殖と植物プランクトン組成、平成21年度日本水産学会春季大会、2009.3.29、東京海洋大学
- ②濱田孝治・他6名、有明海奥部における1潮汐間の透明度変化、2008年度日本海洋学会秋季大会、2008.9.27、広島国際大学呉キャンパス
- ③速水祐一・山口創一、有明海における浅海定線調査データの代表性について、2008年度日本海洋学会春季大会、2008.3.28、東京海洋大学
- ④速水祐一・山口創一、沿岸定線調査データをどうよむかー有明海における海洋モニタリングー、2007年度九州沖縄地区合同シンポジウム「沿岸海洋モニタリングの現状と課題」、2007.12.6、水産大学校

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0件)

○取得状況(計 0件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

速水 祐一 (HAYAMI YUICHI)

佐賀大学・有明海総合研究プロジェクト・准教授

研究者番号：00335887

(2) 研究分担者

濱田 孝治 (HAMADA TAKAHARU)

佐賀大学・有明海総合研究プロジェクト・准教授

研究者番号：30294979

※加 玲美 (KUWAE NARUMI)

東北大学・大学院生命科学研究科・非常勤研究員

研究者番号：20423618

※2007年度のみ