

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター
島根大学汽水域研究センター
合同シンポジウム

「陸域-汽水域-沿岸域の共同研究の推進を目指して」

講演要旨集



2010年10月23・24日
熊本大学

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター・島根大学汽水域研究センター
合同シンポジウム

「陸域-汽水域-沿岸域の共同研究の推進を目指して」

主催：熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター・熊本大学拠点形成研究B（閉鎖性沿岸海域における環境と防災，豊かな社会環境創生のための先端科学研究・教育の拠点形成）；熊本大学拠点形成研究B（地域水循環機構に基づく持続的水資源利用のフロンティア研究）・熊本大学地下水環境リーダー育成プログラム・島根大学汽水域研究センター・島根大学循環型社会構築重点プロジェクト・汽水域研究会

10月23日12時～19時（見学旅行）

見学場所：宇土半島

熊本大学-松合（9918 台風高潮災害）-不知火永尾神社沖（海底湧水）-三角西港（明治期の港湾施設：重要文化財）-網田海岸（砂干潟とリップル）-熊本新港（泥干潟と環境修復事業）-熊本大学

案内者：嶋田純（熊本大学沿岸域センター）・滝川清（熊本大学沿岸域センター）・増田龍哉（熊本大学大学院先導機構）・秋元和實（熊本大学沿岸域センター）

10月24日9時～17時35分（シンポジウム）

会場：熊本大学工学部百周年記念館

内容：

9:00-9:05 開会の挨拶（熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター長）

9:05-11:50 シンポジウムⅠ

11:50-13:20 昼食+ポスター（コアタイム）

ポスター会場：百周年記念館1階ホール

13:20-15:20 シンポジウムⅡ

15:30-17:30 シンポジウムⅢ

17:30-17:35 閉会の挨拶（島根大学汽水域研究センター長）

懇親会（18:30-）

シンポジウムプログラム

会場：熊本大学工学部百周年記念館

シンポジウムⅠ (9:05-11:50)

「陸域-汽水域-沿岸域における環境研究の現状と課題」

9:05-10:00 陸域-汽水域-沿岸域の共同研究体制の必要性

野村律夫 (島根大・教育学, 汽水セ)

10:00-10:55 汽水域研究の現状 -中海の研究から-

瀬戸浩二 (島根大・汽水セ)

10:55-11:50 閉鎖性沿岸域研究の現状 ～有明海・八代海を例に～

滝川 清 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)・増田龍哉 (熊本大学大学院先導機構)

シンポジウムⅡ (13:20-15:20)

「中海の堤防開削における環境モニタリングとその問題点」

13:20-13:40 中海本庄水域の人為改変による水質・底質環境の変化

瀬戸浩二 (島根大・汽水セ)

13:40-14:15 中海本庄水域の人為改変による底生生物の変化

倉田健悟 (島根大・汽水セ)

14:15-14:50 本庄水域の堤防開削にともなう二枚貝漁業復活の展望と課題

山口啓子 (島根大・生物資源)

コメント (14:50-15:20)

1) 生物多様性の研究手法と問題点

逸見泰久 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

2) メイオバントス研究の重要性

嶋永元裕 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

シンポジウムⅢ (15:30-17:30)

「水域環境の人為改変における新たな研究手法の展開」

15:30-16:10 海底湧水の実態とそれに伴う栄養塩の供給

谷口真人 (総合地球環境学研究所)

16:10-16:50 難分解性有機化学物質による生態系の汚染と生物濃縮の態様

中田晴彦 (熊本大学・院・自然科学)

16:50-17:30 干潟域における生物生息場の回復手法と評価

増田龍哉(熊本大学大学院先端機構)・滝川清(熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)・
御園生敏治(熊本大学・院・自然科学)

ポスターセッション (9:00-17:00, コアタイム: 11:50-13:20)

会場: 百周年記念館1階ホール

「シンポジウム関連」

ラドンを用いた八代海における海底湧水の評価

小野昌彦(熊本大学・院・自然科学), 嶋田 純(熊本大学), 島崎英行(同), 徳永貴弘(熊本大学・院・自然科学)

排水処理施設における低カロリー甘味料の濃度分布とその周辺河川および地下水への排出について

折式田崇仁・中田晴彦(熊本大学・院・自然科学)

排水処理場における難分解性医薬品「X線造影剤」の存在と河川水の汚染状況

坊村忠士・中田晴彦(熊本大学・院・自然科学)

牡蠣による有明海沿岸の底質中難分解性化学物質(多環芳香族炭化水素)除去技術の開発 ～実証試験による効果の検証～

豊永悟史・中田晴彦・涌田智美(熊本大学・院・自然科学)・滝川清(熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

中海本庄水域の堤防開削に伴う底生有孔虫・貝形虫生物相の変化

高田裕行(島根大・汽水セ)・入月俊明(島根大・総合理工)・瀬戸浩二(島根大・汽水セ)・横瀬貴之・松本香織・砥上政隆・小草宏樹(島根大・総合理工)・野村律夫(島根大・教育)

中海堤防開削による本庄水域の底質環境の変化

重康智洋・山田瑞希・鈴木秀幸・山口啓子(島根大・生物資源)・瀬戸浩二・倉田健悟(島根大・汽水セ)

「環境変動系」

北海道能取湖における過去300年間の環境変化

齊藤誠(島根大・総合理工)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・香月興太(高知大・コアセンター)・園田武(東京農業大・アクアバイオ)・川尻敏文(西網走漁協)・渡部貴聴(網走市水産港湾部)

北海道東部網走4湖における過去300年の環境変遷

瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・斎藤誠(島根大・総合理工)・香月興太(高知大・コアセンター)・園田武(東京農大・アクアバイオ)・川尻敏文(西網走漁協)・渡部貴聰(網走市水産港湾部)

東南極、高塩分塩湖すりばち池堆積物の地球化学的特徴

中島広海(島根大・総合理工)・瀬戸浩二(島根大・汽水セ)・金子亮(東京大・大気海洋研究所)・伊村智(国立極地研究所)

出雲平野南西部における完新統の層序と古環境

岡崎裕子(島根大・総合理工)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・酒井哲弥(島根大・総合理工)・渡邊正巳(文化財調査コンサルタント株式会社・島根大・汽水セ)

「生物・生態系」

泥質干潟での物質循環作用に及ぼすヤマトオサガニの生物攪拌作用の影響

大谷壮介(京都大・院・流域圏総合環境質研究センター)・上月康則・山中亮一(徳島大・院・ソシオテクノサイエンス研究)・倉田健悟(島根大・汽水セ)・酒井孟・岩雲貴俊・斉藤梓(徳島大・院・先端技術科学教育部環境創生工学)

中海・宍道湖における野外飼育によるヤマトシジミの成長の違い

森崎夏輝(島根大・総合理工学)・瀬戸浩二(島根大・汽水セ)

「保全再生系」

朝酌川の水門開閉によるクロロフィル濃度とSS濃度の変化

小池祐介(島根大・生物資源)・倉田健悟(島根大・汽水セ)

現地見学会の集合場所およびシンポジウム・ポスター会場へのアクセス



- 建物の番号21が、工学部百周年記念館です。①のゲートは10月23日および24日に時間指定で開放します。ゲートを入ると正面に見えるガラス張りの建物です。
- 10月23日の現地見学会は、正午に熊本バスの小型バスが、工学部百周年記念館前を出発します。解散も同じ場所です。干潮を逃すと見学できません。建物前に時間厳守で集合をお願いします。
- 10月24日のシンポジウムおよびポスター会場も、同じ工学部百周年記念館です。



- 【JR熊本駅から】都市バス：第1環状線 [駅2] (大学病院・大江渡鹿経由) 「子飼橋」下車徒歩10分産交バス：楠団地，武蔵ヶ丘行き等「熊本大学前」下車
- 【JR上熊本駅から】都市バス：第1環状線 [駅1] (子飼橋経由) 「子飼橋」下車徒歩10分
- 【交通センターから】産交バス：楠団地，武蔵ヶ丘，大津行き等「熊本大学前」下車

見学旅行

10月23日12時～19時

見学場所：宇土半島

熊本大学-松合（9918 台風高潮災害）-不知火永尾神社沖（海底湧水）-三角西港（明治期の港湾施設：重要文化財）-網田海岸（砂干潟とリップル）-熊本新港（泥干潟と環境修復事業）-熊本大学

案内者：嶋田純（熊本大学沿岸域センター）・滝川清（熊本大学沿岸域センター）・増田龍哉（熊本大学大学院先導機構）・秋元和實（熊本大学沿岸域センター）

高密度比抵抗法を利用した海岸付近における潮汐変化に伴う塩淡境界面の変動の実態把握

○ 嶋田 純 (熊本大・理) ・渡辺啓介 (JR九州) ・谷口真人 (奈良教大・教育) ・宮岡邦任 (三重大・教育) ・小野寺真一 (広島大・総合)

淡水性地下水が海水と接し境界域を形成している海岸部の地下において、高密度電気探査を用いた比抵抗値測定によって比抵抗の断面2次元分布を把握すると共に、潮汐変動に伴う境界域の時間変化を追跡することにより変動の実態把握を試みた。

《測定方法》

2002年9月6～7日および9月18～21日に渡り、熊本県西部の宇土半島不知火町の第四紀火砕流堆積物からなる海岸域において、海岸陸域部から海底部に渡る断面2次元の高密度電気探査を行った。不知火町の位置する八代海は、平均3～5mの潮汐変化があり、わが国における極めて潮汐変動の大きな地域である。このような大きな潮汐変動が地下水と海水の塩淡境界に与える影響とその先に想定される海底下での湧出現象との関連性を捉えることを目的に調査を実施した。用いた装置は2種類で、9月前半の予備調査において(株)興和製 NEXT・400RS をもちいた電極間隔1m、測定断面長142mの詳細調査を行い、その後の9月中旬の調査では Advanced Geosciences 社製 Swift により、電極間隔10m、測定断面長270mの広領域調査を実施した。それぞれの調査時の測定では、1時間おきに同一断面において繰り返し測定を行い、潮汐変動に伴う測定断面内の海岸線(塩淡境界と対応)位置の時間変化に応じた断面内の比抵抗変化を追跡した。得られた測定結果は、地形補正と海水補正をした後、逆解析によって見かけ比抵抗分布を真の比抵抗分布として表し、その時系列変化について考察した。

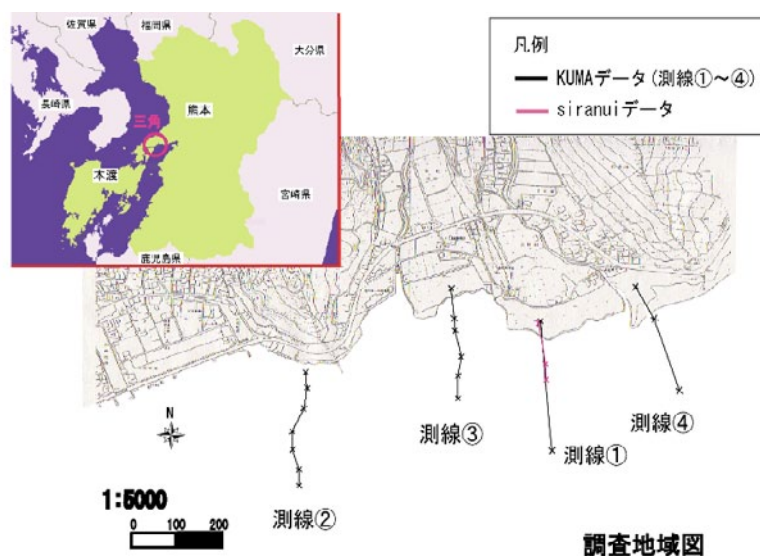


図1. 調査地域位置図と探査測線

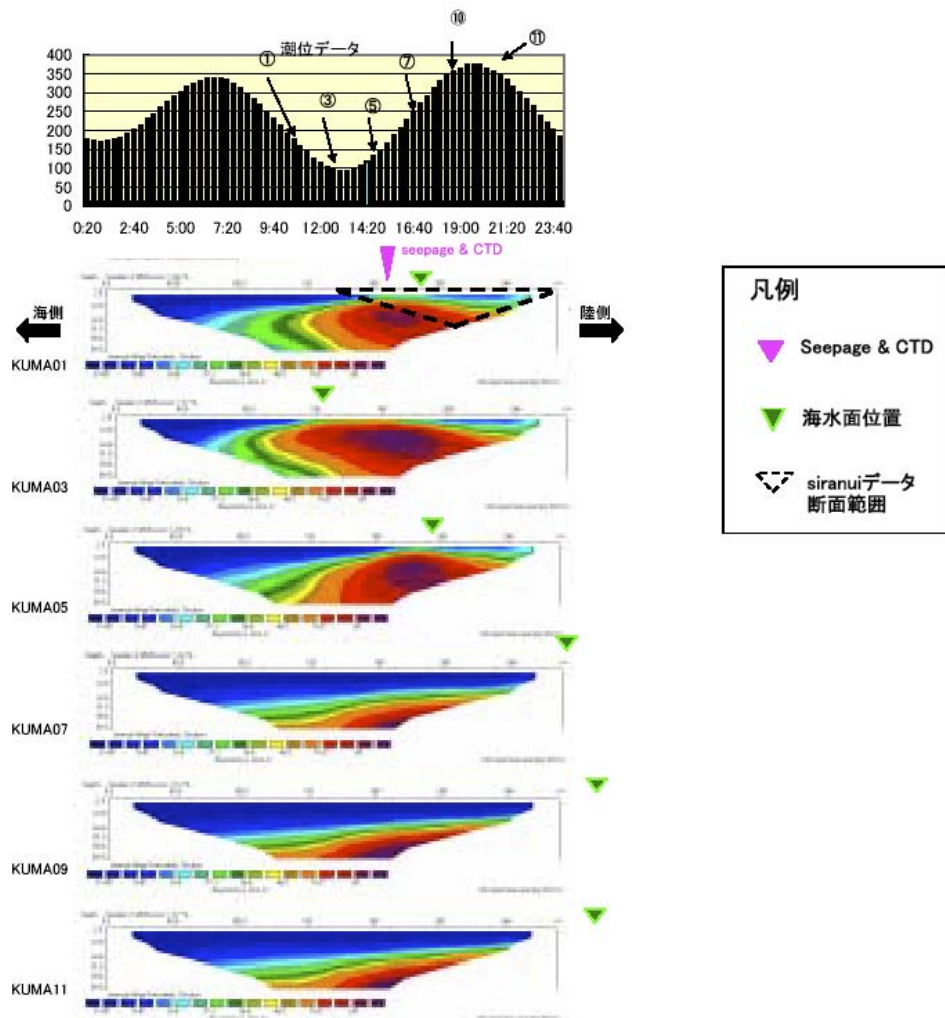


図2 測線①における潮汐変化に伴う比抵抗変化

《測定結果》

図2に示すように、側線①における広範囲の測定結果には、測定期間中の潮汐変動に伴って比抵抗値が著しく変化する様子が示されている。図中陸域付近において点線で三角形に囲った範囲は、電極間隔1mの詳細調査時の測定範囲であるが、得られた結果は、電極間隔が10倍であるにもかかわらず、潮汐変動に伴う比抵抗変化の状況はほぼ同等であった。図中下向きの三角形で示した海岸線の位置が時間と共に陸域に移動するにつれて海水侵入の影響と思われる低比抵抗域(0.1~10Ωm)が海側の浅部から次第に陸側の深部へと拡大する様子が見える。また、潮位が最も低いKUMA03の断面においては、陸域深部から上昇するような傾向の相対的に高い比抵抗域(90~150Ωm、恐らく淡水と思われる)が海域の浅部に向かって進展している。これらの比抵抗の変化は潮汐変化に伴う、海水と地下水の挙動を反映しているものと推測される。



写真-1 永尾地区の被災状況



写真-2 永尾神社の鳥居の倒壊状況（熊本日日新聞9月28日夕刊掲載）

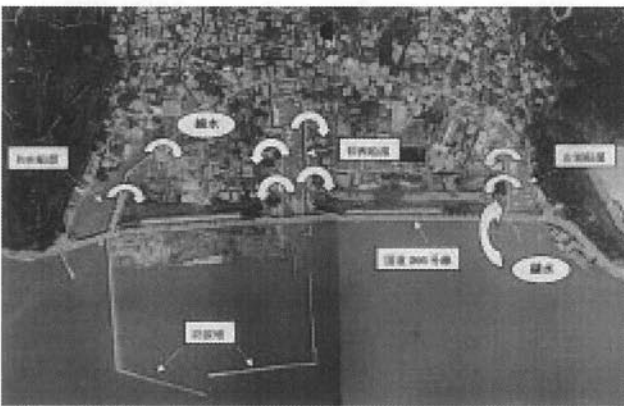


写真-3 松合地区

海岸堤防内に比べて自然海岸においては波浪の影響が大きいため、自然海岸での痕跡高には波の遡上高さなどが含まれている箇所がある。ここでは紙面の都合から図中の丸印で囲った永尾、松合、手場の3地区について報告する。

永尾地区の被災状況

不知火海湾奥の不知火町永尾地区では、午前4時ごろから暴風となり、午前5時半～6時ごろ波が天端高さT.P. + 2.5 mの海岸堤防を越流し、隣接した民家の1階部分が完全に壊された。住民は事前に2階に避難していたため無事であったが、海岸堤防はこの民家を起点に湾奥方向へ137.0 mの区間にわたって倒壊した（写真-1）。その他の被害としては床上浸水13戸、床下浸水31戸であり、国道266号も冠水した。なお、この地区での痕跡高さはT.P. + 4.9～5.6 mである。

また、同地区には神秘の火・不知火で有名な永尾神社があり、神社から約65 m沖の海中には鳥居（高さ5 m、鉄筋コンクリート製）が立てられていたが、今回の高潮と波浪により直径70 cmほどの脚部が足元より1.25 mのところまで折れ、神社に向かって倒れている（写真-2）。この鳥居は大潮の満潮時でも脚部が2 mほどしか海中に沈まず、これまでの台風で倒れたことはなかった。



写真-4 松合地区の被災状況（熊本日日新聞9月25日朝刊掲載）

松合地区の被災状況

不知火町松合地区では、松合漁港を囲むように約60戸が点在していた。この地区（写真-3）には3か所の船溜（湾奥より山須、仲西、和田船溜）があり、それぞれ幅20～30 m程度の開口部で不知火海と通じているが水門等は設置されていない。また、仲西・和田船溜の間には防波堤が設置されている。午前5時50分ごろ開口部より進入してきた海水が、船溜周囲の護岸（天端高T.P. + 3.2 m）を最大1.3 mも越流し、堤内地（地盤高T.P. + 0.5 m～）へ流入した（写真-4）。堤内地では平屋の天井付近まで一気に冠水したため、外に逃げる間がなく、ガラス窓を打ち破り自力で屋根に上がって難を



写真-5 手場地区の被災状況

逃れた方も多かったが、不幸にも逃げ遅れた12名の方が亡くなられた。また、聞き取り調査によると、両側船溜（山須，和田）の方が中央の仲西船溜よりも早く越水し、冠水は30分程度で引いたとのことである。

被災直後の現地調査では、被災状況の聞き取り調査はもとより、高潮の痕跡、沿道のガードレール等への付着物および沿道の植生や法面の崩壊跡などが詳しく調査された。その結果、一部報道にあったような国道266号線の堤防（天端約T.P. + 4.9～6.5 m）を海水が激しく越流あるいは越波したという痕跡は確認できなかった。

さらに、本学の痕跡調査でもこの地区の痕跡高は、T.P. + 4.1～4.5 mであり、また後述するように、熊本県の調査でも対岸の砂川、氷川などにおいてはT.P. + 4.1～4.2 mの高さで越流し、被災したとの報告がある。これらの結果より、松合地区での最大湛水位（T.P. + 4.5 m）は今回の高潮による最大潮位に相当するものと考えられる。

手場地区の被災状況

宇土半島南部の中央部に位置する三角町手場地区では、午前5時半ごろから越波がはじまり、海岸堤防（天端高T.P. + 4.5 m）が245.0 mにわたって崩壊した（写真-5）。背後地はエビ養殖場があるが現在は使用されておらず、また民家も離れていたため、被災規模が大きいにもかかわらず、床上浸水1戸と農地（イチゴ）被害があったのみで人的被害はなかった。崩壊した堤防跡を見ると松合側の数スパンは堤内側へ倒れているものの、それ以外は不知火海側に向いて崩れていた。さらに、この地区の自然海岸での痕跡高が、T.P. + 4.6～5.7 mであることから、手場地区での波浪の影響の大きさが確認できる。

八代干拓での河川氾濫状況

ここでは熊本県河川課が10月1日現在で取りまとめた被災状況を中心に報告する。



写真-6 砂川の被災状況

八枚戸川・砂川の被災状況

八枚戸川・砂川は背割堤により分けられており、右岸側が八枚戸川、左岸側が砂川である。まず八枚戸川では、河口の県道八代不知火線から上流の県道八代鏡宇土線までの2 km 区間において午前5時半ごろから越水（堤防高T.P. + 4.1 m）が始まり午前7時過ぎまで続いた。この越水により1 840 mにわたり堤防裏法面が崩壊し、40戸に床上浸水被害が生じた。また、砂川では河口の県道八代不知火線から上流1 770 m 区間において、午前5時40分ごろから越水（堤防高T.P. + 4.1 m）が始まり午前7時過ぎまで続いた。この越水により550 mにわたり堤防裏法面が崩壊し（写真-6）、20戸に床上浸水被害が生じた。両河川による浸水の解消は同日の14時過ぎであり、付近の住民70名が役場および小学校に自主避難した。

氷川の被災状況

氷川の右岸、河口から上流約3 kmの区間（竜北町若洲，網道，鹿野地区）において、午前5時半ごろから越水が始まった。さらに午前6時～7時にかけて河口から1 km 上流の県道八代不知火線・氷川大橋の直下流地点において約50 mにわたり破堤（堤防高T.P. + 3.5 m）し、他の区間からの越水と合わせて、大量の水が堤内に流入し、浸水被害が発生した（写真-7）。破堤箇所については、当日直ちに仮堤防工事に着手し、次の満潮時刻の午後8時ごろまでには140 mの仮堤防が完成した。その他の被害規模は、施設被害として右岸の裏法面崩壊1 600 m、左岸で同じく400 m、また一般被害では、床上浸水15戸、床上浸水270戸、浸水面積は592.4 ha、住民非難は約800人であった。

台風9918号および高潮の特性

八代港における潮位記録

図-2は9月24日の八代港における潮位記録（T.P. 表



写真-7 氷川の氾濫状況

示)を示しており、実線が実測潮位、点線は天文潮位である。実測潮位は第四港湾建設局八代港事務所が計測した記録紙から10分間隔で読み取り、天文潮位は八代港での40分潮の調和定数を用いた計算により推定した。この天文潮位の推定値は、台風前日の22日、23日の実測潮位と比較すると15~30cmほど、推定値の方が低い(この天文潮位の推定値との差は、今回の調査過程で明らかになったもので、今年の台風5号前後でも観測、また九州北部沿岸でも観測されており、現在のところ、明確な結論は得られていないが、最近の異常気象の一環である可能性もあり、調査中である)。八代広域消防署の風速データによると午前4時ごろから風速30m/sを超える強風が吹きだし、午前4時47分には八代での最大風速56.5m/s(風向:南)を記録しており、それに対応するように潮位も午前4時過ぎから急激に高くなっている。当日の八代港での満潮時刻は午前8時3分であったが、それよりも2時間早い午前6時3分に最高潮位268cmを記録しており、この値は既往最高潮位249cm(1971年9月6日)を上回るものであった。なお、長周期水位変動の補正は行っていないが、この時刻での潮位偏差は180cmと試算される。ところで、図中には松合地区での高潮痕跡高も示しているが、八代港が最大潮位を迎えた時刻には、松合地区ではすでに海水が船溜の堤防を越水している。つまり、八代港と松合地区は直線距離で約13kmしか離れていないにもかかわらず、この間に約2.0mの水位上昇が生じていることになる。

気象観測データから見た台風9918号

台風9918号によってもたらされた風の特徴について、九州・山口の气象台、測候所のデータを用いて調べた。まず、台風によって生じた最大瞬間風速を、図-3に示す。この図から、台風の進路の北西側ではほとんど40m/s以下であるのに対し、南東側では広範囲にわた

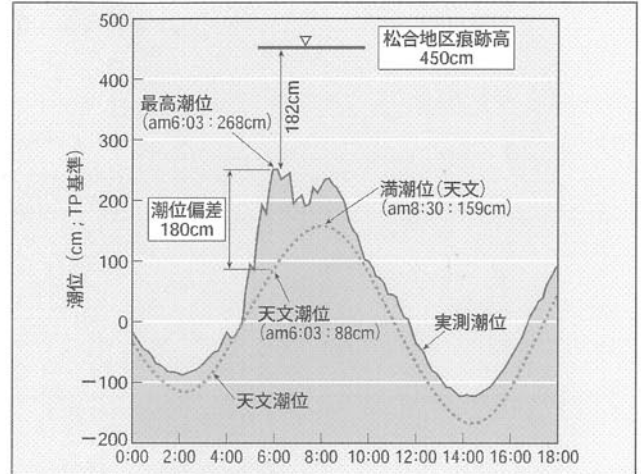


図-2 八代港における潮位記録

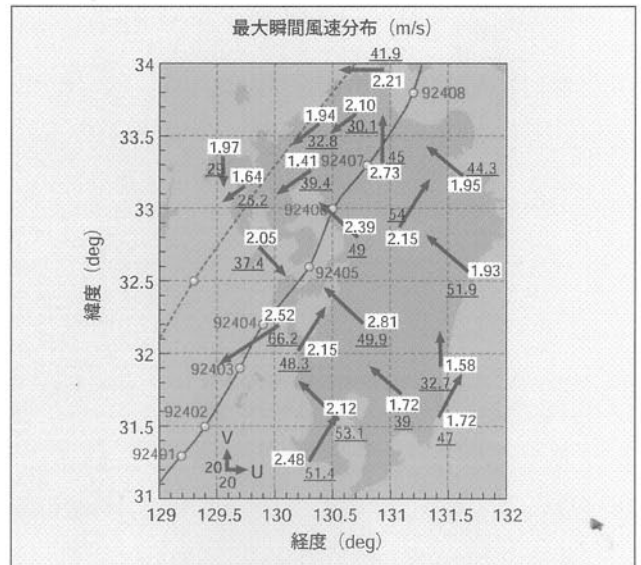


図-3 台風9918号に伴う最大瞬間風速(ベクトルと下線を引いた数値)、およびそれと最大風速(10分平均値)との比(突風率、白抜き背景の数値)。実線は台風9918号の経路(92403等は9月24日03時を表わす)。破線は台風9119号の経路。

り50m/sに及ぶ最大瞬間風速が観測されていることがわかる。

台風の突発的な風の特徴を表わすものとして、突風率(最大瞬間風速とそのときの10分平均風速との比)が挙げられる。今回は、最大瞬間風速を最大風速(10分平均)で割った値を算出し、一種の突風率として見た。その数値を図-3中の白抜き文字で示す。突風率は約1.5程度が典型的な値とされているが、今回の突風率は九州全体における平均で約2.08となった。台風9119号が九州に上陸したときも、九州の多くの観測点で2.0を超える突風率が観測されたと報告されているが、今回の厳密な意味での突風率は図の結果よりもさらに大きくなると考えられ、台風9918号の特性の1つである。

台風9119号との規模の比較を表-1に示す。上陸時の

表-1 台風 9119 号と台風 9918 号との比較

		T 9119	T 9918	
上陸時の記録	場所	佐世保市	荒尾市	天草町
	時刻	16:00	6:00	4:00
	暴風半径	300 km	150 km	190 km
	中心気圧	940 hPa	950 hPa	945 hPa
	風速	50 m/s	40 m/s	40 m/s
	移動速度	50 km/h	45 km/h	35 km/h
最大瞬間風速	人吉	48.8 m/s	49.9 m/s	
	牛深	52.1 m/s	66.2 m/s	
	熊本	52.6 m/s	49.0 m/s	
	阿蘇	60.9 m/s	54.0 m/s	
強風吹走時間 (熊本)	10 m/s 以上	14:00～20:00 (約 6 時間)	3:00～10:00 (約 7 時間)	
	25 m/s 以上	16:40～16:50 (約 10 分間)	5:20～5:40 (約 20 分間)	
熊本市から中心部 までの最接近距離		約 80 km	約 30 km	

勢力という点では、台風 9918 号よりも台風 9119 号のほうが大規模であった。しかしながら、上陸地点や進路から、台風 9918 号は台風 9119 号よりも 50 km 以上南西側を通過している。この経路の差が、不知火海域における海面気圧の著しい低下や強烈な突風をもたらし、重大な高潮被害に至ったと考えられる。

不知火海高潮災害が残したもの

“高潮が海岸堤防を越え、漁村を飲み込み犠牲者が出た” 第一報を疑いながら、12 名もの犠牲者が出た不知火町松合地区に急行した。これまで高潮も、高波も大きな被害を受けた経験のない温暖で静かな、小さい漁村に何が起こったのか？ 至る所で電柱倒壊や倒木等で道路が寸断されている中、現地への車のハンドルを握る間に、さまざまな思いが頭を巡る。昨年九州内の各大学の海岸工学者を中心に、各県海岸の高潮・津波に対するハザードマップ作りを始めた矢先であり、また、つい 2 週間前には、海岸の環境調査にこの地を訪れたばかりである。生々しい傷跡の残る現地に到着すると、誠に残念ながら、今回の災害はこの地にとって最悪の条件が重なりあったものであると即座に推察された。強い勢力の台風が最悪のコースを通り、これが大潮の潮位上昇時と重なり、南東に開いた湾奥に位置し、しかも前面には全国の 7.3 % に相当する干潟が拡がり極端に浅くなっている。さらには、この地点が今まで被災の経験がなかったことから、今回のような高潮・高波に対してハード的にもソフト的にも無防備状態であった。

このような類推が、災害の後付ながらもなされることに対して、ハザードマップ作成中の者として、悔しく残

念に思われてならない。今回の高潮・高波災害は、学術的にも技術的にも重大な多くの教訓と課題を残したと思う。

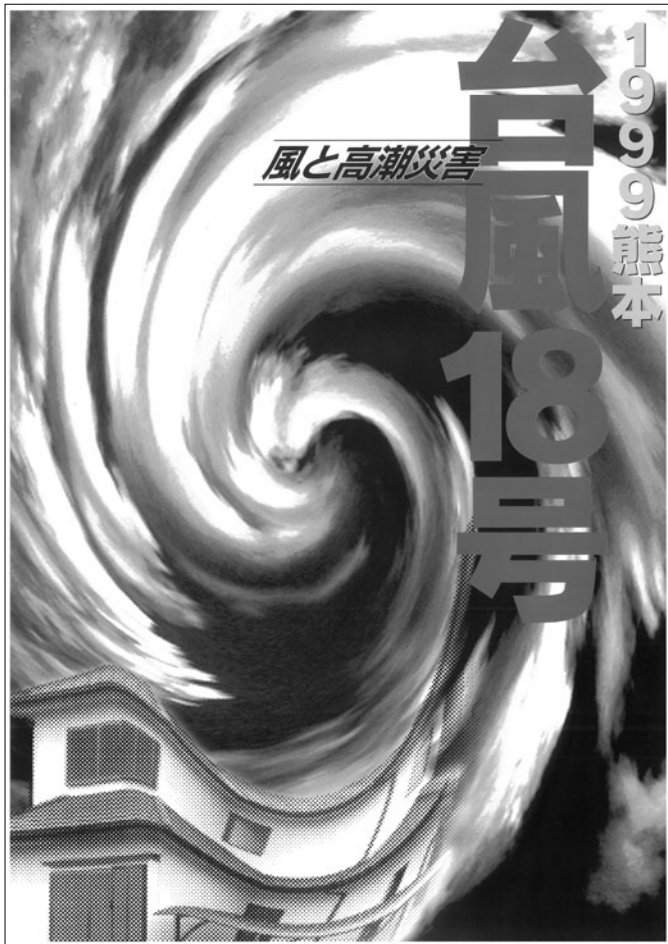
学術的には、まず、本報告中にも記したように、松合地区での潮位偏差約 3.5 m と八代—松合間での水位差約 2.0 m が説明できるか？ である。従来の静的な高潮と波浪推算の計算方法でどこまで説明できるか疑問である。高潮現象が大気と海水と地形との相互作用である原点に立ち、波浪変形を含めた動的相互作用系としての研究が進展されねばならない。また、被災地における社会的・経済的背景に対しての学術的検討も重要である。低くて古い堤防、低平地への人々の居住等々、歴史的経緯や行政とのかかわりを含めた地域環境の側面からの研究も必要である。

技術的には、まず第 1 に設計基準の考え方である。今回の高潮水位は既往最大潮位を遙かに 2.2 m も越えるものであった。すなわち、この地点が安全であるためには、今回のような最悪の条件に対して対処し得るものでなければならないということである。ある地点ごとに予想最大災害の条件を想定し、これに社会的・経済的背景と地理・地形等の制約の下に基準を決めるというきめ細かい対処をしていく必要があると思う。

第 2 には予報と避難のソフト面の充実である。今回の潮位記録は、不知火町から 10 km 以上離れた八代と三角にしか残っていない。異常な水位の上昇等をいち早く察知し、避難体制が取れるようにすべきであるし、“高潮は、満潮時以外は大丈夫” といった“誤報” 等も改めなければならない。このためには、正確な情報の提供や関連機器の整備充実が行われると共に、さらには、県や消防庁、気象庁、運輸省、建設省等の関連機関の気象関連の観測網が連携されて、防災・環境のための情報ネットワーク化が積極的に押し進められることを期待したい。

第 3 には海岸行政の 1 本化である。海岸災害は沿岸域一帯に及ぶが、行政の担当部署で分断される。幸いに、今回の災害に対し熊本県では、河川課を中心に対応、対策がいち早く取られたが、国との対応等今ひとつ足並みが揃わない。海岸線は一本で繋がっているが、人（行政）の都合で分断するのはまったくのエゴとしか言いようがない。海岸法が本年に改正され、海岸事業に学識経験者の意見が必要となったが、これを機会に“Coastal Doctor” を地方行政あるいは地区海岸ごとに複数人定め、連続して海岸管理を行うように制度化したらどうであろうか。ここに提言したい。

日本中の至る所に、不知火海、特に松合地区と同様な沿岸地区があると思われるが、第 2 の不知火災害地区が生じないように、今回の災害を教訓として受け止め、その課題を早急に解決していかねばならない。



熊本県土木部河川課
 096-363-1111 FAX 096-362-3277

平成3年の台風19号と似たコース 倒壊、浸水、かけ崩れ…被害深刻

熊本地方気象台によると、最大瞬間風速は牛深市で66.2メートル、阿蘇山で54.0メートル、人吉市で49.9メートル、県内全域で猛烈な強風が吹き荒れました。また、一気に12人の犠牲者を出した宇土郡宇土町の地区をはじめ、沿岸部では予想以上の被害に見舞われ、平成3年の台風19号以来の大被害となりました。家庭の全半壊、床上・床下浸水、がけ崩れや倒木、送電線の切断などの被害は県内全域に及び、交通網のマヒ、停電、断水などで県民生活に大きな混乱をきたしました。また、農林水産業への被害も大きく、その総額は136億円以上のはると見られています。

猛烈な風と大潮による満潮が重なって沿岸部では高潮発生

不知火町松合地区を襲ったと見られる24日の未明、不知火海では鹿児島から北の広範囲で海面が上昇していました。

観測所	管理者	所在地	観測時刻	風向	風速	備考
熊本	熊本気象台	熊本市東区	4.9.0	南南東	24.95.32	観測開始は午後2位
阿蘇山	阿蘇山気象台	阿蘇郡阿蘇町	5.4.0	南	24.97.28	観測開始は午後3位
人吉	人吉気象台	人吉市東区	4.9.9	東南東	24.93.08	観測開始は午後3位
牛深	牛深気象台	牛深市東区	6.6.2	東北東	24.93.17	観測開始は午後1位

観測所	管内	観測地点	観測時刻	風向	風速	潮位
高瀬	玉名土木	5.5.0	17.2	南	24.97.00	4.5.0 24.99.00
三角	松橋土木	4.6.3	2.9	南南東	24.95.50	4.7.0 24.99.00
八代	八代土木	4.6.7	3.6	南南東	24.95.50	4.4.7 24.99.00
水産	伊佐土木	3.8.0	2.3	南	24.94.00	3.8.2 24.97.00
中津	本庄土木	3.3.6	2.5	東	24.93.00	3.5.6 24.97.00
熊津	本庄土木	3.6.9	2.5	北西	24.95.00	3.4.7 24.99.00
熊本港	熊本土木	5.1.1	3.4	南	24.96.00	5.4.8 24.99.00
天門橋	松橋土木	-	2.7	南	24.95.00	* *
大矢野橋	熊本土木	-	1.8	南	24.95.00	* *
藤戸橋	熊本土木	-	1.7	南	24.94.00	* *
松島橋	熊本土木	-	2.3	南	24.95.00	* *
藤原	熊本土木	-	3.1	南	24.96.00	* *

台風18号による「松合地区」の異常潮位は、家庭の仮設等から熊本大学工学部(亀川 清教授)により、TP+4.5mが報告されています。これをもとに推算しますと、当日の三角港の(天文)潮位がTP+1.03ですので、通常より3.47mも高く、その内訳は、気圧低下によるぬい上げ量が約70cm、風による吹き寄せ量が2.77mという事になります。(TP:09.06～12年の6年間にわたって、東京湾湾岸局で測定した潮位を平均して求めたものであり、わが国における高さの標準値としているもの。)

浸水家屋多数、農作物には塩害も…。

台風18号による浸水被害は、県下全域で、床下が940棟、床上が19棟にも上りました。特に不知火海沿岸では、高潮に伴う家屋の浸水が広域的に発生。また、洪水や強風により農作物へも、深刻な被害がもたらされました。(資料:HI1.10.15.08)

24日の台風の進行状況と高潮の様子

上記の地図へ水位が最も高い部分が赤色で示されています。午前5時、不知火海の水位は、台風が近づいた牛深市近海や天草灘よりも低かった。ところが、午前5時、台風が豊後半島の南端まで進んだと、高潮の起こりやすい松合沿岸のような海軍港だけでなく、不知火海の岸付付近から北の広範囲で水位が上昇していた。地図上で赤くなっている天草郡鏡町・鏡町でも高潮による家屋被害が出た。また、台風の高潮とともに午前6時には有明海でも水位が高まったが、不知火海の高潮は依然として水位の高い状態が続いていた。(資料:熊本大学工学部 亀川 清教授 熊本日日新聞 平成11年10月5日(土曜日)掲載)

熊本城の櫓門も全壊 市内交通にも影響

最大瞬間風速49.0メートルを記録した熊本市では、強風のため熊本城の西大手櫓門が全壊したのをはじめ、重要文化財の各所が一部壊滅などの被害を受けました。また、各地で雨水が降り、冠水された道路や看板などが倒壊して交通が混乱。市内の30%近くで停電したほか、電柱の一部が倒壊、自動販売機のATMが止まったり、百貨店やスーパー、商店などでも商品が倒れたり、休業するなど都市機能にさまざまな影響が出ました。観光の停滞、乗客の被害も多く見られ、熊田に町では、百貨店米村観光さん(50)が自らの足を保護していた際に、倒れたガラスが胸に刺さって死に至るといふ痛ましい事故がありました。



眠り裂く暴風雨

16人の命を一刻に奪って… 国は、下益城郡松橋町に 災害救助法を適用

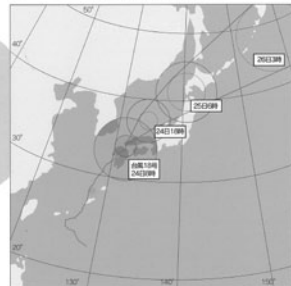
24日午前6時40分頃、宇土郡不知火町松橋地区を襲った高潮は、町内を越え東海を飲み込み、一気に12人の人命を奪いました。百年以上築かれた町がたつたこの地区が、このような大きな被害に襲われたのは初めて。大潮の高潮現象は、同日の気象庁発表の通り、高潮からの強風、気圧低下による海面の上昇、増水という地理的条件が重なったことなどが考えられます。高潮は海水面が異常に高くなる現象で、大潮など天候の影響で起こる「天文潮」と台風などの影響で起こる「気象潮」がありますが、今回この二つが重なって一気に海面が上昇する結果となりました。また、松橋地区は、南西に開かれた八代市の湾奥に位置するため、西側を通過した台風18号の中心から吹き出す強い南風が多量の海水を吹き寄せたことも原因と見られています。国からは、自治体調査員(県立熊野川上長官)が現場を視察、災害救助法が適用されました。



大型台風18号が直撃。 自然の猛威に県内大混乱、 各地のつめ跡も無残に…

大型で非常に強い台風18号は、平成11年9月24日午前4時ごろ天草郡宇土町付近に上陸、天草を横断して午前6時ごろ尾尾市付近に再上陸し、県内全域を30メートルから50メートルの猛烈な暴風雨に巻き込みながら山口県へ北上しました。各地で起きた強風と高潮は、家や田舎を飲み込み、ライフラインを切断し、16名もの人命を奪い、県内に多大な被害をもたらしました。

平成11年9月24日5時の天気図



台風18号

24日6時現在
中心で強い
中心位置 北緯32度50分
経緯131度10分
中心気圧 -950hPa
最大風速 40m/s
半径100km以内 50km以内
暴風圏 中心から150km
暴風圏 半径460km、北緯37°0分

25日6時予想
北緯41度0分、東経140度20分
を中心とする半径240km以内
暴風圏 中心から390km

26日3時予想
北緯48度0分、東経156度0分を
中心とする半径400km以内
暴風圏 中心から50km

24日18時予想
北緯37度50分、東経134度10分
を中心とする半径110km以内
暴風圏 中心から280km

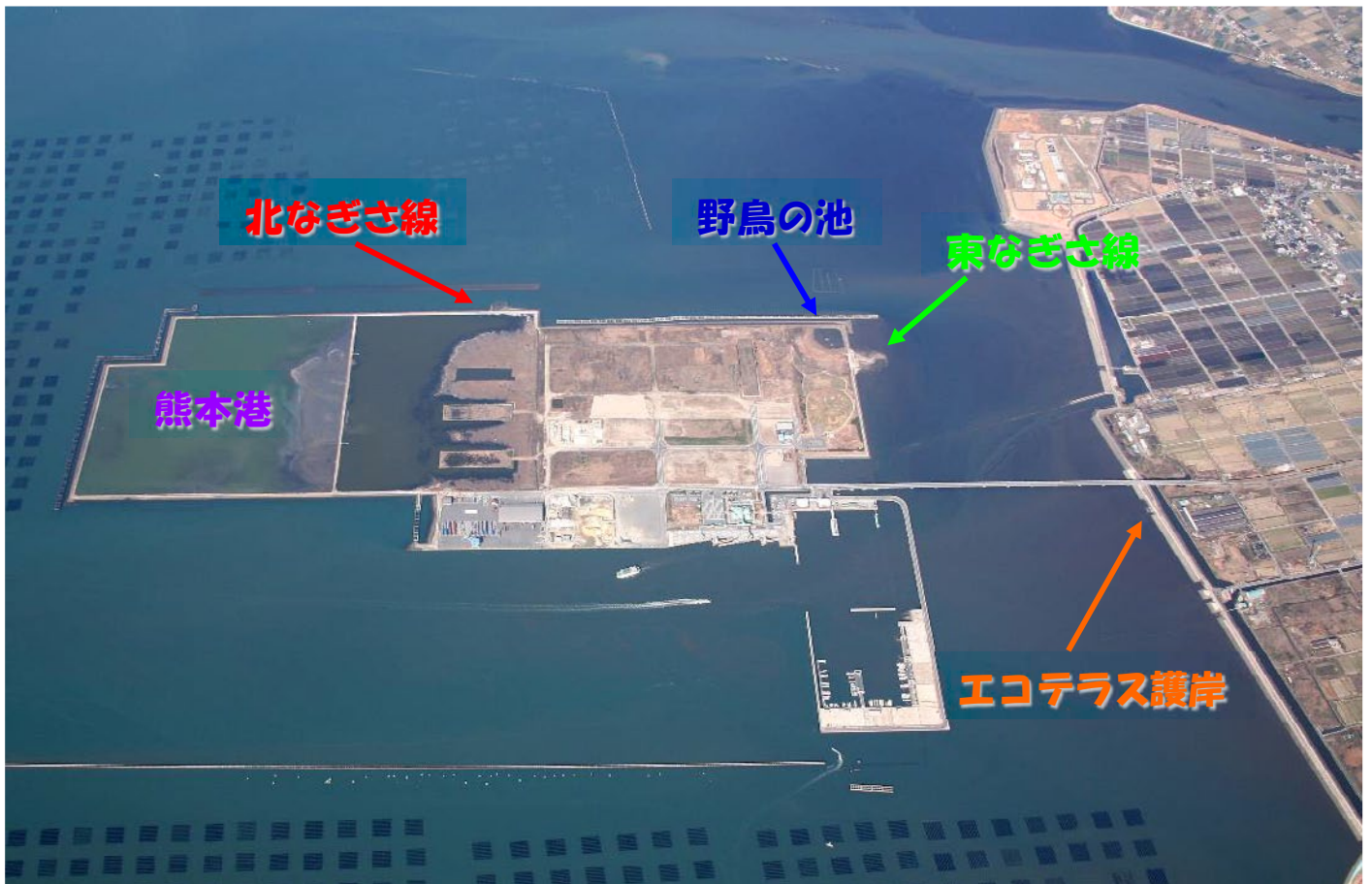
台風18号による河川・海津域状況(平成11年9月29日17時現在)

河川名	被災位置	被災延長	被害額(千円)	被災状況	原因	対応状況
2級河川 水川	龍北町龍川	1,570m	420,000	右岸堤防の一部が一部被災 左岸堤防の堤内堤外が一部被災	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	河川内の住居7戸が床上、床上下流水により避難 倉庫上により避難場所の確保完了(1~140m)
2級河川 水川	龍町芝口	400m	105,000	右岸堤防の一部が一部被災	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし
2級河川 龍川	龍町芝口	600m	120,000	右岸堤防の堤内堤外が一部被災	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	人員被害あり(死:1名) コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし
2級河川 砂川	小川町吉志	550m	50,000	右岸堤防の堤内堤外が一部被災 堤防崩壊の被害 被害	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	倉庫避難所(20坪) 倉庫上より避難場所の確保完了(1~550m) 龍町芝口は完全遮断済み
2級河川 八代川	松橋町砂川	1,800m	80,000	右岸堤防の堤内堤外が一部被災 堤防崩壊の被害 被害	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし 龍町芝口は完全遮断済み
河津川 糸原海津	不知火町糸原	200m	100,000	緊急避難所が壊壊(1~100m) 堤防崩壊の被害	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	緊急 緊急出口が確保 緊急避難所(避難所:2名)
河津川 不知火海津	不知火町亀松	1,200m	70,000	緊急避難所が壊壊(1~300m) 堤防崩壊の被害	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし
河津川 野津海津	龍町野津	160m	2,900	緊急避難所が壊壊	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし
河津川 糸原海津	糸原町木山	420m	15,000	緊急避難所が壊壊 緊急避難所(1~300m) 堤防崩壊(1000m以内)	高潮と強風に伴う 洪水による浸水	コンクリート護岸及びバレット堤防が壊れており、 高潮等中継水の確保はなし

水俣・芦北では、ほぼ全域で 停電、6万人の暮らしに影響

強風による送電線の切断、送電設備などによる停電は県下各地で発生しましたが、中でも被害が大きかったのが水俣・芦北地域です。台風通過後はほぼ全域で停電し、約6万人の生活に多大の影響が出ました。入浴者を抱える医療機関や福祉施設では、医療器具の動力や寝具の換気などに支障をきたすため被害はさらに深刻でした。通信網が作動しない交通も混乱。九州自動車道で、八代入吉を結ぶ国道219号が不通となったため、迂回する車道で一時は上り車線が30キロ以上の渋滞となりました。

見学地の位置と研究概要



干潟なぎさ線の回復技術実証試験



1. 研究の背景と目的



埋立て等による干潟・浅場の減少、
なぎさ線の消失、海岸の人工化

生物の生息場所の消失、自然の浄化能力の減衰

有明海の海岸線は、埋立て等により人工化してしまい、本来あるべき生態系が失われています。（有明海の海岸線のうち約80%が人工化しているといわれています。）それによって、自然の浄化能力が弱くなり、有明海の環境悪化に影響を及ぼしていると考えられています。

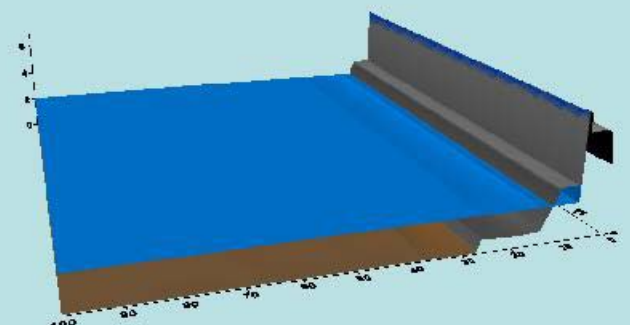
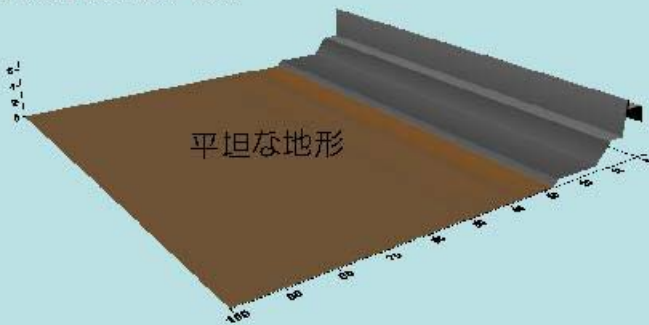
そこで熊本大学では、有明海の環境を良くすることを目的として、干潟やなぎさ線を回復することで（場の回復）、本来そこに生息していた動植物の生息場を回復させて、自然の浄化能力を回復させる研究を行なっています。

「干潟なぎさ線の回復」イメージ図

＜現在の海岸線＞

干潮時

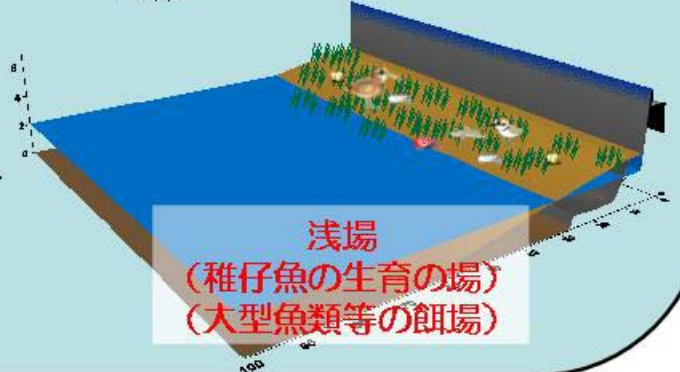
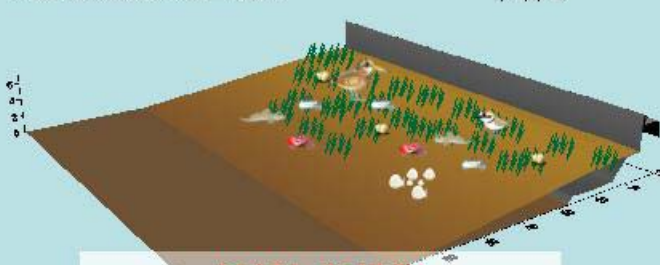
満潮時



＜なぎさ線の回復＞

干潮時

満潮時



連続した地形
(場が多様→生態系が多様)

浅場
(稚仔魚の生育の場)
(大型魚類等の餌場)

※なぎさ線とは、陸と海との境界線にあたる、満潮時に海水が浸かる場所のことです。

熊本港野鳥の池 (平成14年10月完成「熊本県」)

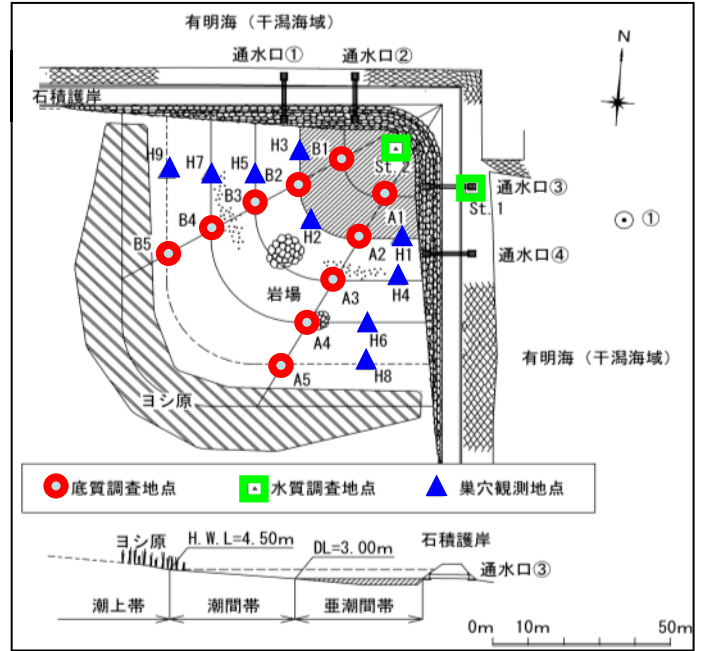


面積：100m×100m

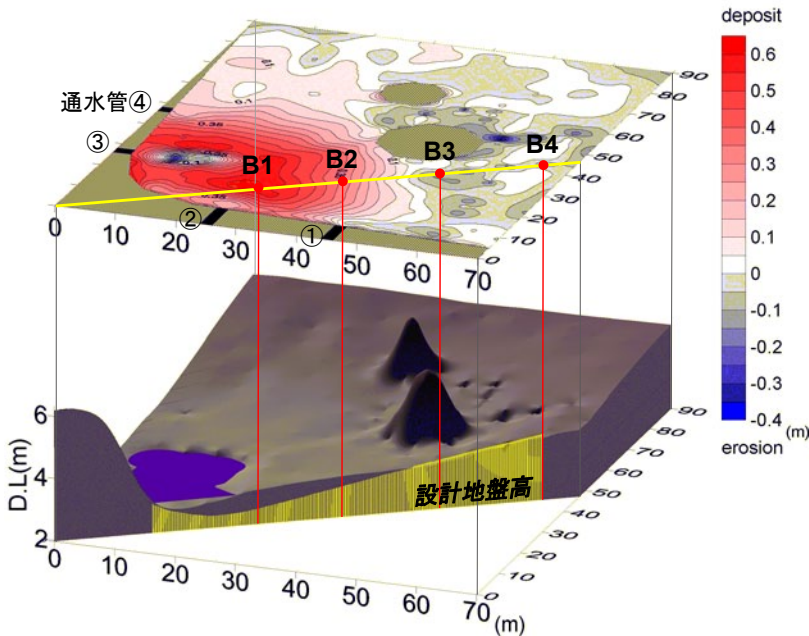
底質：泥質

(潟湖タイプ・浚渫土)

特徴：浚渫土砂を用いて建設された熊本港の一角を掘削して造成された潟湖干潟。4本の通水管が設置されており、潮汐の干満によって自由に海水が入り出している。



平面図と横断面図

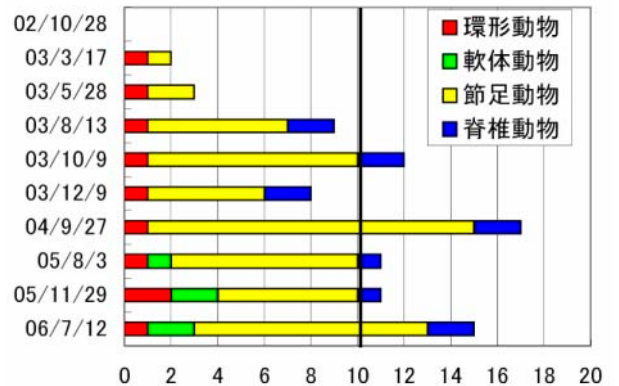


造成4年後の堆積・浸食状況

<地形変化>

野鳥の池は造成して5年が経過しましたが、毎年少しずつ地形が変化しています。

雨水の流れ込みや潮の干満によって、みおすじができた、潮溜りの近くに土砂が溜まって、ゆっくりと干潟が発達しています。



生物種数の変化

<生物の変化>

野鳥の池では造成した直後は全く生物はいませんでした。

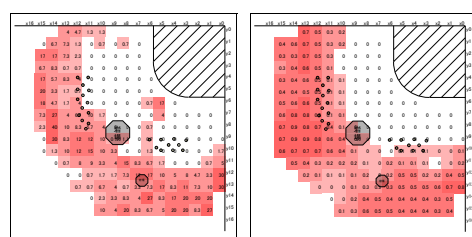
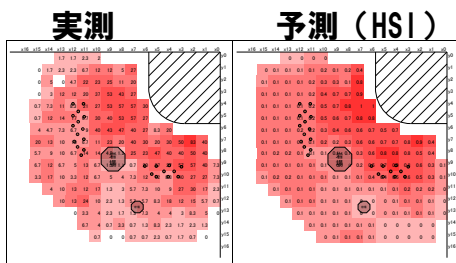
出入りする海水といっしょに、生物の子供や卵が野鳥の池に入ってきて、野鳥の池の環境に適した種類の生き物がたくさん棲み付いています。



ヤマトオサガニ



ハクセンシオマネキ



HSIモデルによる生物分布予測



シオマネキ



トビハゼとムツゴロウ

熊本港東なぎさ線 (平成17年10月完成)

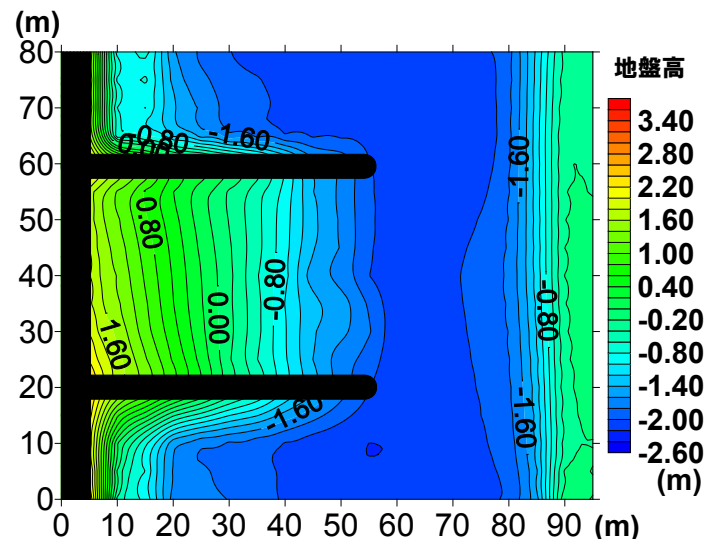
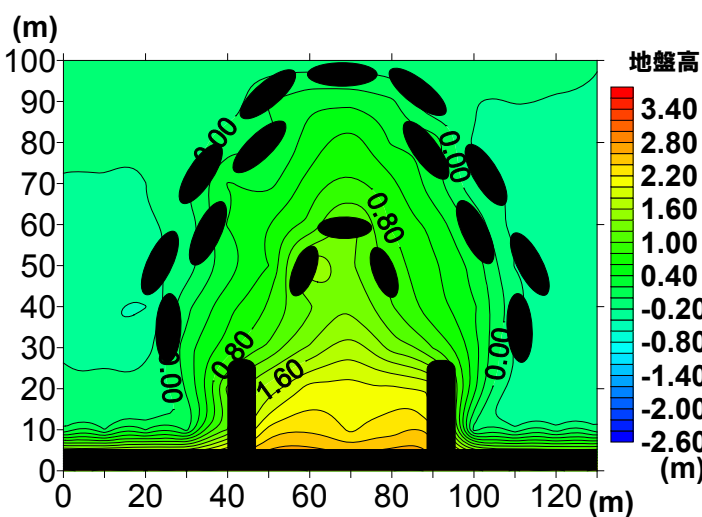


面積：100m×100m
 底質：砂質～砂泥質
 (前浜タイプ・海砂)
 特徴：自然干潟と連続した地形や生態系を創造するため、覆砂の流出を防ぐための潜堤をカテナリー曲線形に設定し、ちどり状に配置してある。

熊本港北なぎさ線 (平成18年9月完成)



面積：40m×60m
 底質：砂質～砂泥質
 (前浜タイプ・海砂浚土混合)
 特徴：熊本港近傍の航路浚渫土砂を有効活用して造成した前浜干潟。波当たりが強く、干潮時の汀線付近に造成する等、東なぎさ線とは異なる条件となっている。

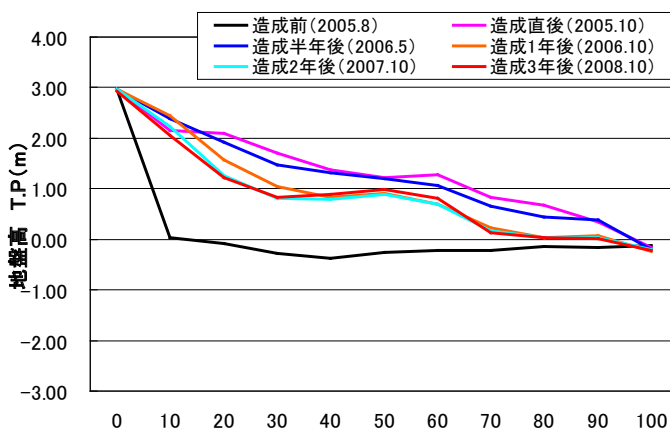


造成直後の地形図

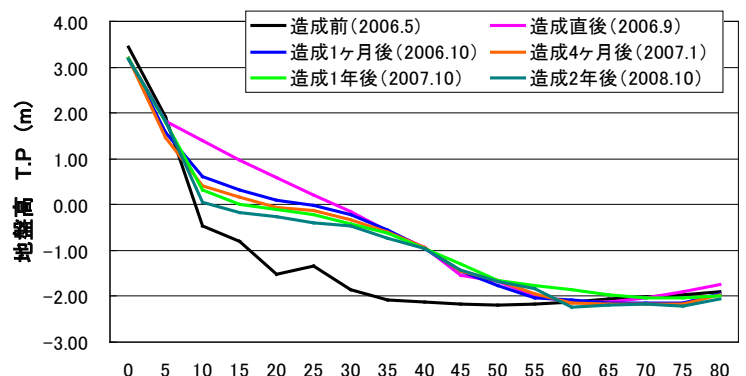
2. これまでの研究成果

<地形の変化>

造成直後から1年後までに台風などの影響で地形が浸食されましたが、その後は大きな地形変化はありませんでした。



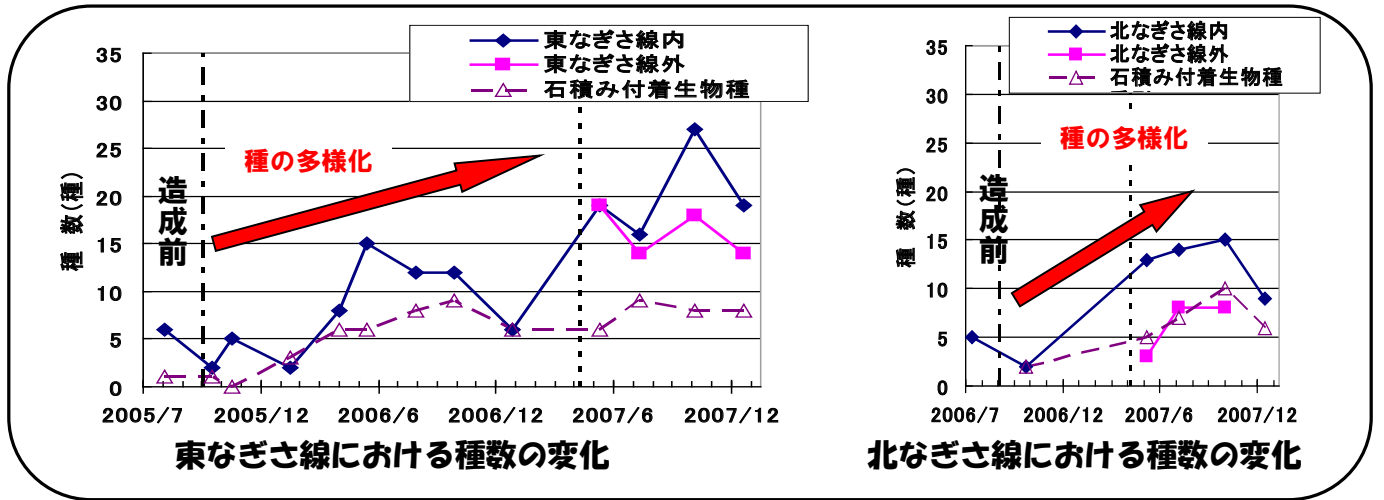
東なぎさ線の地形変化



北なぎさ線の地形変化

<生物の生息状況>

東なぎさ線や北なぎさ線では、カニやゴカイなどたくさんの種類の生物が定着しました。定着した生物の中には、絶滅危惧種などの希少な生物や、アサリやタイラギなどの有用水産生物が定着しています。また、満潮時にはそういった生物を食べに、小魚が集まってきたり、集まってきた小魚を食べる大型の魚や野鳥が集まってきたり、本来の生態系が回復されています。



有明海は生物の生息場さえ存在すれば、それに応じた生物も生息し、豊かな生態系が再生できる潜在能力を有していることが実証されています。

エコテラス護岸 (平成19年9月完成)



- 面積：10m×20m
- 底質：上段：泥質、中段：潮溜り
下段：砂質～泥質
- 特徴：堤防の前面に、防災機能だけでなく生物生息機能や親水機能を持たせるために生物生息環境や親水利用等に配慮した護岸。

有明海の護岸は、高潮や高波から背後地の田畑や住宅を守るために堤防が構築されています。しかし、それによって自然の海岸がなくなり、陸と海とが分断されて、なだらかで連続した地形の干潟がなくなることで、生物の生息場所が失われています。

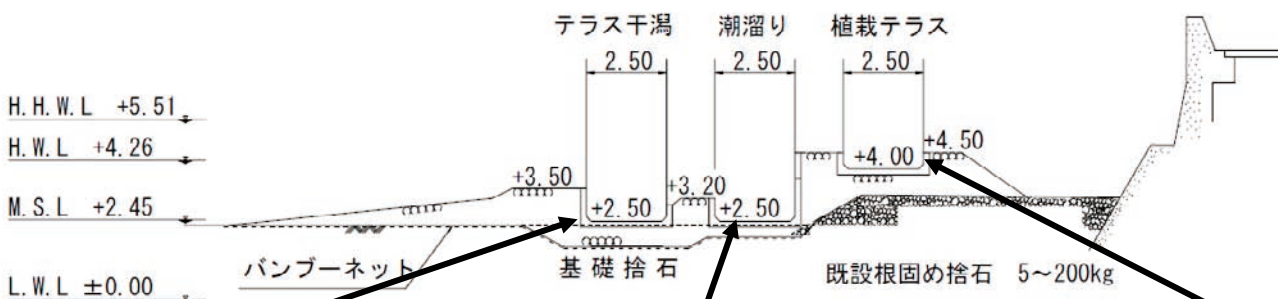
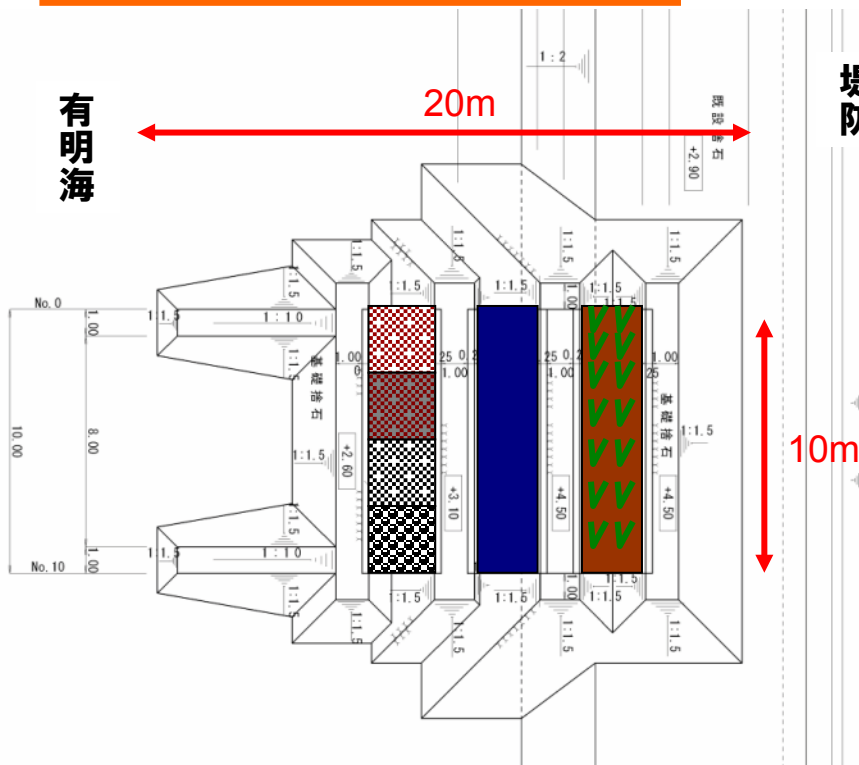
なぎさ線は人工化した海岸に、生物の生息場所をつかって、有明海的环境をよくしようという実証実験です。

今回造成したエコテラス護岸は、なぎさ線と同じように、人工化した海岸に防護だけではなく、生物が生息できるように、環境に配慮した護岸です。

＜潮溜りの生物＞

潮溜りには造成直後からエビなどが確認されて以来、年間を通じてハゼやボラ、エビやカニといった多くの生物が確認されています。これまでに約20種類の生物が確認されました。

堤防



塩生植物の植栽

エコテラス護岸で塩生植物の植栽実験を行いました。造成直後の2007年10月に野鳥の池に生えている塩生植物を移植し、みごと2年間再生産がおこなわれました。種子がとどまりやすいように碎石をまく工夫をしています。背後の堤防前面にも種がとどまって成長してます。



植栽直後



植栽11ヶ月後



植栽1年9ヶ月後



ハママツナ



ホソバノハマアカザ



ハマサジ



ウラギク



フクド



ナガミノオニシバ



シオクグ

塩生植物の植栽技術を確立するために、塩生植物がどんな条件の場所に生息しているのかを調べました。

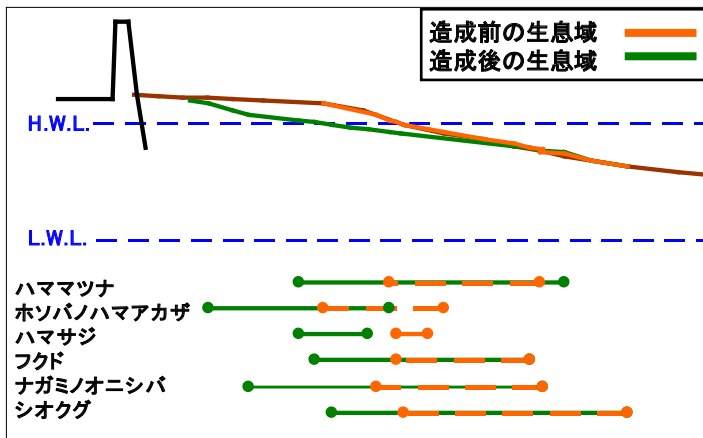
有明海の熊本県沿岸では河口部のわずか10箇所に生息しているだけで、7種の塩生植物が確認されました。

それらの塩生植物がどんな底質、塩分環境、地盤高の場所を好んで生息しているのかを調べました。

	種名	科名	種類	花期	草丈 (cm)	自生地分布
①	ハママツナ	アカザ科	1年草	9~10月	20~60	宮城県・四国・九州・沖縄
②	ホソバノハマアカザ		1年草	9~11月	40~60	北海道~九州
③	ハマサジ	イソマツ科	2年草	9~11月	30~60	三陸海岸以南の太平洋側・四国・九州
④	ウラギク	キク科	2年草	8~10月	20~55ときに100cm以上	北海道東部・関東以西の太平洋側・四国・九州
⑤	フクド		2年草	8~10月	30~50	近畿以西~九州
⑥	ナガミノオニシバ	イネ科	多年草	6~8月	10~20	関東以西~九州
⑦	シオクグ	カヤツリグサ科	多年草	4~7月	30~50	北海道~沖縄

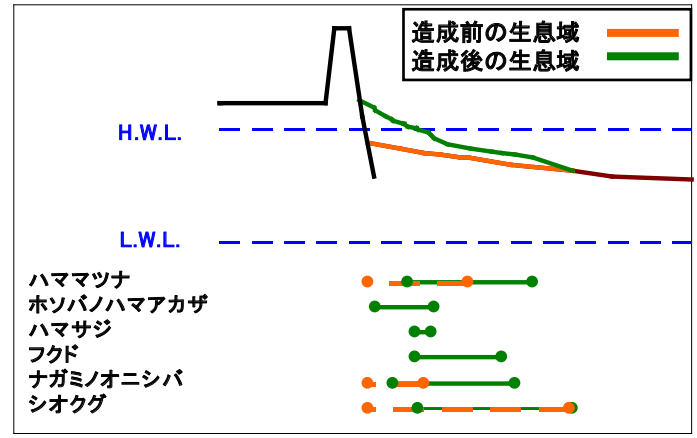
熊本県レッドデータリストでは、ホソバノハマアカザ、フクド、ナガミノオニシバ、シオクグが準絶滅危惧種、ハマサジが絶滅危惧Ⅱ類、ウラギクが絶滅危惧ⅡB類に設定されています。

a) 半自然海岸(前浜あり)の場合



削土をすることで生息可能域の拡大

b) 人工海岸(前浜あり)の場合



なぎさ線を作ることで生息種類数が増加

ただし、地盤だけでなく、下表のような含泥率や電気伝導度(塩分環境)も重要な生息条件となります。

塩生植物	含泥率 (%)	電気伝導度 EC (S/m)「塩分環境」
ハママツナ	47~94 (55~77)	0.015~10.570 (0.020~6.500)
ホソバノハマアカザ	47~85	0.007~0.039
ハマサジ	48~91 (50~91)	0.782~9.690 (0.800~4.780)
フクド	48~89 (55~70)	1.328~10.410 (1.400~6.255)
ナガミノオニシバ	64~81	0.008~12.250
シオクグ	10~97	0.174~12.410

* () 内は最適生息条件

干潟に生息する特有の植物群落は塩生植物群落と呼ばれています。塩生植物は、満潮時には水中に浸かり、干潮時には露出することが一つの特性で、塩ストレスを受けても栄養生長と生殖生長をすることができる耐塩性の強い植物です。そのため、塩生植物は塩水との関わりが極めて深く、まれに塩田跡にもみられることもあります。

代表的なハマアカザは淡水の環境でも育ちますが、種子が発芽した後、塩水を与えた方が生育は良くなるのが一般に知られています。また、シチメンソウやハマサジなどは、最大の生長量を示す条件の一つに少量の塩の存在を必要とすることも知られています。塩分環境を好む塩生植物は、他の陸上植物等に比べて多くのナトリウム塩を植物体内に取り込む植物で、最もその環境に適応したもので、土壌中の塩分が海水中の塩分の1/8~1/2程度に達するまで生育が可能です。一方、ハマゴウなどの海浜植物やコウボウムギなどの砂丘植物は、塩分が海水の1/32以上になると生長が抑制されるといわれています。ヨシは耐塩性植物と位置付けられ、淡水域から汽水域までの広い範囲の塩分濃度に適応できるため、塩分濃度の高い環境である塩生植物の生息地でもよく見られます、体内に取り込むナトリウム塩は一般の植物と同じくらい少ない植物です。

このように、塩生植物は、他の植物が生育できない塩分環境で生息することのできる、特有の生態特性を有する植物です。また、塩生植物には、ハママツナなどの一年草、ハマサジなどの二年草、ナガミノオニシバやシオクグなどの多年草があり、一年草や二年草は種子によって繁殖し、多年草は地下茎を発達させて増殖する種で、繁殖形態が異なっています。そのため、一年草や二年草は海水で種子が流されることにより分布を拡大することができますが、多年草は元の生息場所における繁殖しかできません。また、一年草、二年草は、種子の流出・消失が種の存続と大きく関わっています。

塩生植物は生態系の基盤を構成し、直接的な効果として甲殻類等小動物の生息場形成、水質浄化、地球温暖化防止などがあり、間接的な効果としてカニ類による底質浄化、さらには、防災、景観形成など干潟環境にとって重要な役割を担っています。特に野鳥やカニ類などにとって、塩生植物の生息地は棲家や摂餌の場で、塩生植物の繁茂は生態系の多様化につながると考えられます。

シンポジウム

「陸域-汽水域-沿岸域の共同研究の推進を目指して」

会場：熊本大学工学部百周年記念館

シンポジウムⅠ (9:05-11:50)

「陸域-汽水域-沿岸域における環境研究の現状と課題」

9:05-10:00 陸域-汽水域-沿岸域の共同研究体制の必要性

野村律夫 (島根大・教育学, 汽水セ)

10:00-10:55 汽水域研究の現状 -中海の研究から-

瀬戸浩二 (島根大・汽水セ)

10:55-11:50 閉鎖性沿岸域研究の現状 ～有明海・八代海を例に～

滝川 清 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)・増田龍哉 (熊本大学大学院先導機構)

陸域-汽水域-沿岸域の共同研究体制の必要性 Toward the Research Network for Freshwater, Brackish Water, Marine Water Environments

野村律夫(690-8504松江市西川津町1060 島根大学教育学部・汽水域研究センター)
nomura@edu.shimane-u.ac.jp

島近年の私たちの生活を取りまく水域環境が目まぐるしい変化を遂げています。大規模公共事業による流水域・海岸地形の改変，農地整備による流域管理，都市部の生活排水と汚濁，沿岸汽水域の水質変化と水産資源の減少など人間活動による水域への影響，そして，ますます顕著になった地球温暖化による海岸浸食や生物多様性の低下など，多くの具体的な問題が地球規模で起こっています。このような顕在化した環境問題は，多くの場合，地域の課題として扱われ，自然再生推進法が施行された今日では，国内の各地域で行政・企業・市民・大学が一体となった活動がなされています。このような私たちの身の回りの水域環境へ問われている課題は年々増加するばかりです。しかし多くの場合，それらを総合的に，しかもより広い立場で学術的観点から問い直してみる新たな学術の創生としては，いまだ現実のものとはなっていないように思われます。

現在の水域環境問題は，年々深刻化するばかりで，しかも多岐に亘っています。水領域の科学は，自然科学から社会科学まで広範囲にわたる研究領域が交錯しているため，個々の研究分野・地域だけでは，そのような社会的要請に対して十分に対応しきれいていません。このような状況から人間圏水域問題を新しい展開に導いていくには，多岐にわたる研究領域間で情報を共有し，英知を結集する必要があります。特に普段なじみのない研究領域間の交流は，人間圏水域研究の発展のため必要なことです。また，多岐にわたる研究領域を結集した共同調査・研究の企画を立案し，実行することも必要と思います。持続的社会的形成，健全な水域利用は，より自然を理解することからはじまります。私たちは，現在の大学付置研究施設が，いまここで，有機的な連携を図ることによって，今までにない新しい学術研究体制を発展させることができ，その成果を社会へ還元させることができると考えています。

その第一歩として、人間圏の水域を地域的に研究している実績のある研究施設が連携し，世界的な課題に対処できる人間圏水域科学研究のためのネットワーク化を図りたいと考えます。社会的な歴史的背景をもった水域の環境問題に取り組んでいる国内の研究施設間の連携は，ネットワーク化によって世界に先駆けた研究拠点として，多くの成果を問うことができると信じます。

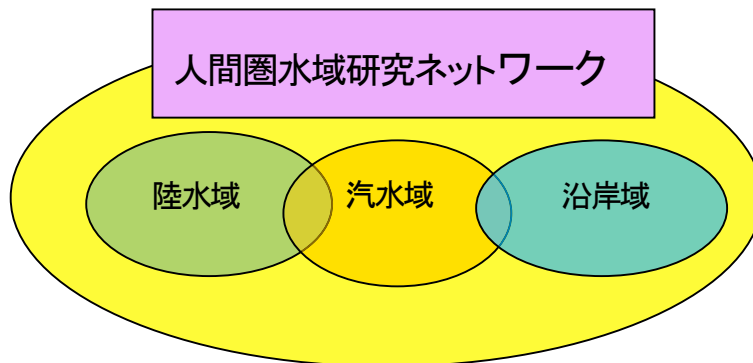
この提案で求めるネットワーク組織

○人間圏の水域を次の3つの領域で区分し，それぞれの自然保全・自然再生：水域技術開発，産業創出，環境教育等について理解を深める

・陸水域，汽水域，沿岸域

○人間活動によって環境問題が発生している水域を主な研究対象としている施設。

大学間ネットワーク方式による共同利用・共同研究拠点化構想



【文部科学省 参考資料】

国公立大学を通じた共同利用・共同研究拠点制度について

創設の趣旨等

- 個々の大学の枠を越えて、大型の研究設備や大量の資料・データ等を全国の研究者が共同で利用したり、共同研究を行う「共同利用・共同研究」のシステムは、我が国の学術研究の発展にこれまで大きく貢献。
- こうした共同利用・共同研究は、従来、国立大学の全国共同利用型の附置研究所や研究センター、大学共同利用機関等を中心に推進されてきたが、我が国全体の学術研究の更なる発展を図るには、国公立大学を問わず大学の研究ポテンシャルを活用して、研究者が共同で研究を行う体制を整備することが重要。
- このため、科学技術・学術審議会学術分科会研究環境基盤部会の報告（H20.5.27）を踏まえ、平成20年7月に、学校教育法施行規則の改正等により、国公立大学を通じたシステムとして、新たに文部科学大臣による共同利用・共同研究拠点の認定制度を創設。
※学校教育法施行規則第143条の2
 ※共同利用・共同研究拠点の認定等に関する規程（平成20年文部科学省告示第133号）

本制度の創設 → **我が国の学術研究の基盤強化と新たな学術研究の展開**

制度の概念図

制度の特徴

- ・国立大学の全国共同利用型の附置研究所等において行われてきた共同利用・共同研究システムを、公私立大学にも拡大。
- ・これまで全国共同利用型の附置研究所等は、一分野につき一拠点の設置を原則としてきたが、分野の特性に応じて複数設置することも可能に。
- ・従来の全国共同利用型の附置研究所等は、単独の組織単位で認められてきたが、複数の研究所から構成されるネットワーク型の拠点形態も可能に。
- ・学校教育法施行規則において、共同利用・共同研究拠点の制度的位置付けを明確化。

http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/21/06/_icsFiles/afieldfile/2009/06/25/1279611_4_1.pdf

（以下の文章は、文部科学省、平成21年6月25日発表より）

本制度は、大学に附置される研究施設のうち、全国の関連研究者が共同で利用することにより、我が国の学術の発展に特に資する施設を、文部科学大臣が拠点として認定し、国全体の学術の発展を図ることを目的としています。今回、認定される拠点は、当該分野の中核的施設であることはもとよりですが、関連研究者に対する共同利用等における支援を継続的に行っていくことが重要であります。そのためには施設を設置する大学の取組を含め、研究者への継続的・安定的な支援を強く期待します。

キーワード：人間圏水域研究ネットワーク A network for the research of human-related water areas.

汽水域研究の現状 - 中海の研究から -
The Study of Coastal Lagoon environments
- An example of Nakaumi Lagoon -

瀬戸浩二 (690-8504松江市西川津町1060島根大学汽水域研究センター)

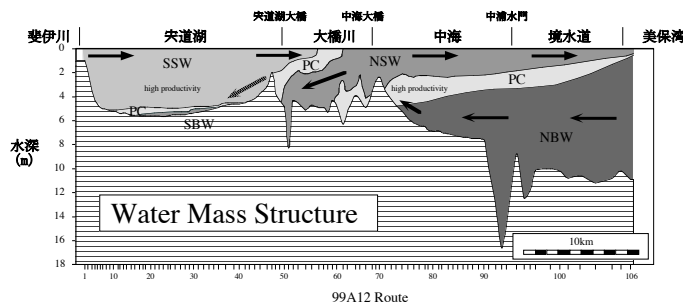
seto@soc.shimane-u.ac.jp

「はじめに」

汽水域は、淡水と海水が交わる水域であり、淡水域や海域と異なる環境を持っている。また、汽水域は平野部にあるため、人類の生活の場でもあり、人類による改変を古くから受けてきた。今回の例としてあげられた中海も例外ではなく、古くから人為改変を受けてきた。特に近年行われた中海でも大規模な公共事業により、干拓地や堤防が構築され、その過程で浚渫窪地ができるなど、原地形から大きく改変された。それに伴い、水質・底質環境や生態系にも大きな影響を与えられたことが知られている。その干拓事業も本庄工区の完成を見ぬままに 2002 年にすべて中止となり、その後始末とも言える事業が 2005 年から現在に至るまで行われている。この事業では、約 30 年間続いた本庄水域の環境が大きく変わることは確実であり、それに対応した観測を行う必要がある。中海では今も多くの問題を抱えているが、本講演では、本庄水域に関連した観測・研究体制に特化して、現状と課題について考えていきたい。

「中海について」

中海は、島根県東部から鳥取県西部の間の斐伊川水系河口部に位置する面積 86.2km² の海跡湖である。斐伊川水系河口部では、上流から低鹹汽水の宍道湖、大橋川、中海、境水道、美保湾の順に水域が分布している。この水域では、低塩分の宍道湖表層水塊、中塩分の中海表層水塊、高塩分の中海底層水塊が存在し、2 つの塩分躍層によって区分されている。中海底層水塊は、境水道側から流入し、宍道湖表層水塊と混合して中海表層水塊が形成される。中海底層水塊の境水道側は、溶存酸素に富み、大橋川付近では、夏季に貧酸素環境になりやすい。また、中海では、赤

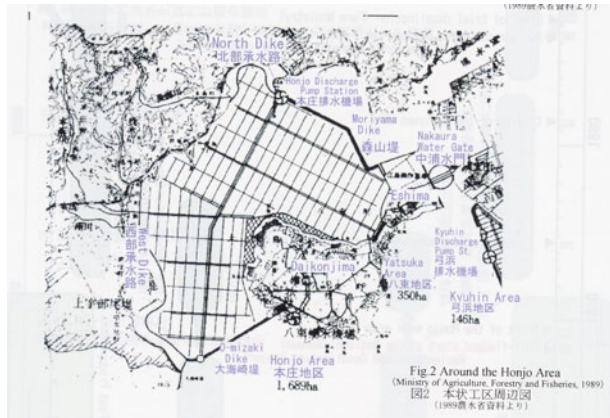


斐伊川河口域の水塊構造

潮などの環境イベントもしばしば発生する。塩分の低い宍道湖では時々アオコが大量発生し、中海にも影響を与えることがある。中海は、3つの堤防と大根島、江島によって、中海本体と本庄水域に分かれており、本庄水域は西部承水路を通じて中海表層水塊が流入していた。

「中海干拓・淡水化事業に関する経緯」

中海干拓・淡水化事業は、戦後の食糧難の現状から脱却するため、農地の開拓が積極的に行われたときにその一環として計画された。計画は、1954年に発表されたが、八郎潟などの浅い水域に



本庄水域周辺図 (高安 2004)

比べ、工事が難しいことから、着工が遅くなった。1963年に着工し、1974年に中浦水門が、1981年に森山堤完成し、本庄工区はほぼ閉鎖された水域となった。これにより淡水化事業の準備が完了し、中浦水門を閉じれば、中海・宍道湖が淡水域になるところまで完成した。しかし、淡水化することによって水質汚濁（アオコの大量発生）が起ることなどが懸念され、淡水化反対運動が起き、また、米あまりによる減反政策との整合性がとれなくなったことなどがら、2000年

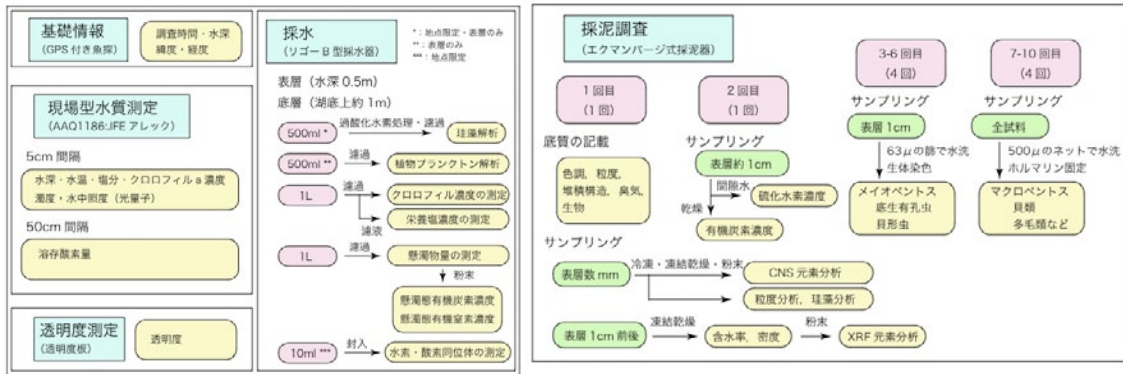
に干拓事業が、2002年に淡水化事業が中止となった。2005年から中浦水門の撤去（2009年に終了）、西部承水路堤の撤去・潮通し（2007年7月に潮通し、2010年にほぼ終了）、排水機場の撤去・潮通し（2008年5月に潮通し）、森山堤の60mの部分開削（2009年5月に潮通し）などの中止に対応した事業が行われた。

「観測・研究体制」

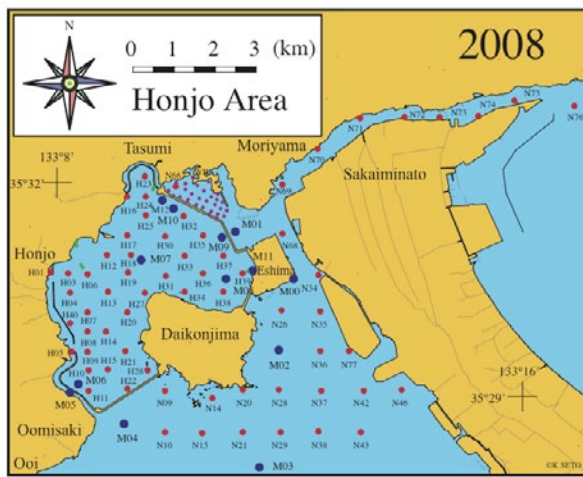
中止に対応した事業が行われるにあたり、当該水域の環境が変わることは確実であることは誰もが思うことである。しかし、どのように変わるかは観測してみないと明らかにならない。本庄水域は、通常の水域と異なり、人為的に掘られた溝や格子のような高まりが見られ、それがどのような効果をもたらすか予測するのは難しい。しかし、水域の将来的な利用を考えるならば、可能な限り詳細に観測し、それに対応しなければならぬ。ちょうどその折、島根大学の重点プロジェクトが発足し、学内研究者を中心にトータル5年の計画で観測・研究を行うことになった。ただ、大学の場合、単に観測するだけでは評価されないため、定常的な観測を行いつつ、それを利用した形での「研究」に取り組むことになった。当研究室では、本庄水域で起る環境変動が、どのように堆積物に記録されるかについて主に研究を行っている。しかし、このような長期的な研究は、プロジェクトとしては評価されず、厳しい評価を受けることになった。また、重要なイベントに対しては、国土交通省など同様に観測している機関と連携を模索したが、うまくいかなかった。

「調査・観測手法と結果」

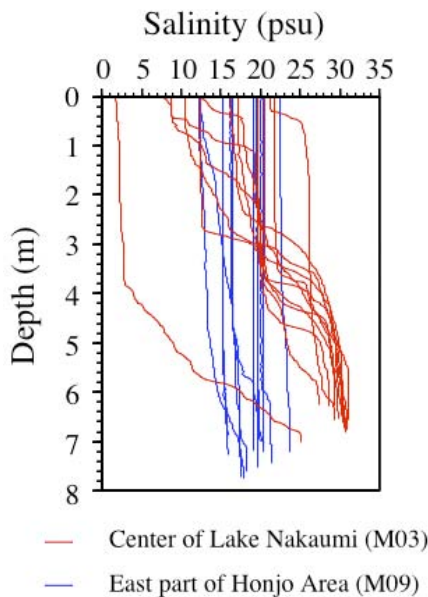
調査・観測は、得られるデータ数が多い方がより精度が高くなるが、時間や機材に限りがある以上、効率よくデータを得る必要がある。今回、本庄水域で行った観測は、現場型調査を重視し、効率よく、最大限にデータを得られるように調査デザインを行った。ここで行った定常的な調査は、12箇所の定点調査、60箇所のルート水質調査、約80箇所の広域定点調査である。前者2つは月1度、後者は年に1度行っている。



定点調査による観測項目



月定点調査と広域定点調査の観測地点



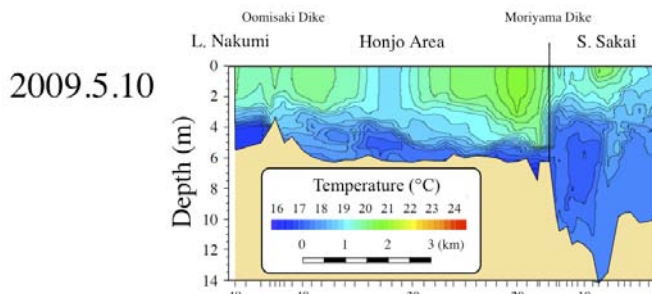
事業前の中海と本庄水域の塩分断面

定点調査は、多項目水質計を用いた水質観測、採水器を用いたサンプリング、底質の観測・サンプリング、ベントスのサンプリングを行っている。12地点は、それぞれ観測されるポイントを設定した。M01地点は、本庄水域に流入するであろう境水道の観測、M02地点は本庄水域に流入することによって中海本体の入口側にどのような影響を及ぼすかの観測、M03地点は中海の湖心で中海の代表地点の観測、M04地点は中海本体の奥部にどのような影響を及ぼすかまたは

大海崎側から本庄水域に流入する水塊の観測、M05地点は本庄水域西側の浅い水域の観測、M06地点は本庄水域西側の深い水域の観測、M07地点は本庄水域の湖心で本庄水域の代表地点の観測、M08地点は森山堤を部分開削したとき南側にどのような影響を与えるかの観測、M09地点は森山堤を部分開削したとき直前にどのような変化を与えるかの観測、M10地点は森山堤を部分開削したとき北側にどのような影響を与えるかの観測、M11地点は本庄水域東側の浅い水域の観測、M12地点は排水機場跡の潮通しの影響を見るための観測を行うために行っている。例えば、中海湖心(M03)と本庄水域森山堤側(M09)の塩分を比較するとそれぞれの塩分断面の特徴の違いがよくわかる。事業前の両地点の塩分断面は大きく異なる。しかし、森山堤部分開削後では、両地点の塩分断面が類似するよ

うになった。また、本庄水域西側の浅い水域のM05地点と東側のM11地点の溶存酸素量を比較すると、西部承水路堤の潮通しを行った後、貧酸素水塊が西側あるいは東側に湧昇していることが観測されている。このようにそれぞれの地点を比較することによって水域の特徴を理解することができる。

ルート水質調査は、水域の断面を切るような形で連続的に水質データを取り、各測定項目の特徴を把握するために行っている。例えば、水温の分布を見ると、水塊の動きを明らかにすることができる。



本庄水域の水温断面図

水温は春から夏にかけて高くなる傾向にあるが、水温の低い古い水塊を押し上げるような形で水温の高い新しい水塊が流入していることが観測された。これにより大御崎堤からの底層水塊の流入は波状に起っていることが明らかとなった。

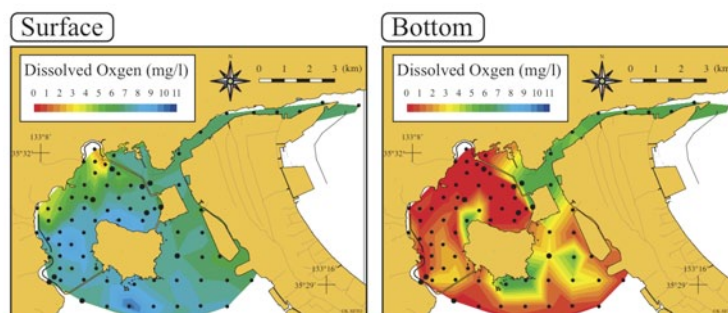
広域定点調査は、観測水域をメッシュ状に切り、各測定項目の分布の特徴を把握するために行っている。例えば、溶存酸素量の分布図をみると、底層では、東側で無酸素水塊が分布しているのが明らかとなる。西側では、水深の深い中央部に対して溶存酸素のある水塊が流入している。一方、表層では、北側に貧酸素水塊が湧昇しているのが見られる。これにより浅い水域に生息する生物に影響をもたらしていることが示唆された。

このような定期的な観測に対し、潮通しなどの各イベントに対応した集中調査等も行っている。これらを分析することによって、それぞれのイベントに対して短期的にどのような効果をもたらされたかが検証される。

「今後の課題と問題点」

これまですでに長期にわたり観測を行ってきた。しかし、その間得られたデータは膨大であり、解析が追いついていない。今後の将来予測を行うためには、それらのデータを解析し、活用することが求められる。

キーワード：部分開削，モニタリング，調査法 partial dike removal, monitoring, method of survey



底層と表層の溶存酸素量の分布

閉鎖性沿岸域研究の現状 ～有明海・八代海を例に～
TECHNIQUES FOR ENVIRONMENTAL IMPROVEMENT IN ENCLOSED WATERS,
”AN EXAMPLE OF ARIAKE AND YATUSHIRO BAY”

滝川 清(860-8555熊本市黒髪2丁目39-1 熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター)・
 増田龍哉(熊本大学大学院先導機構)
taki2328@kumamoto-u.ac.jp

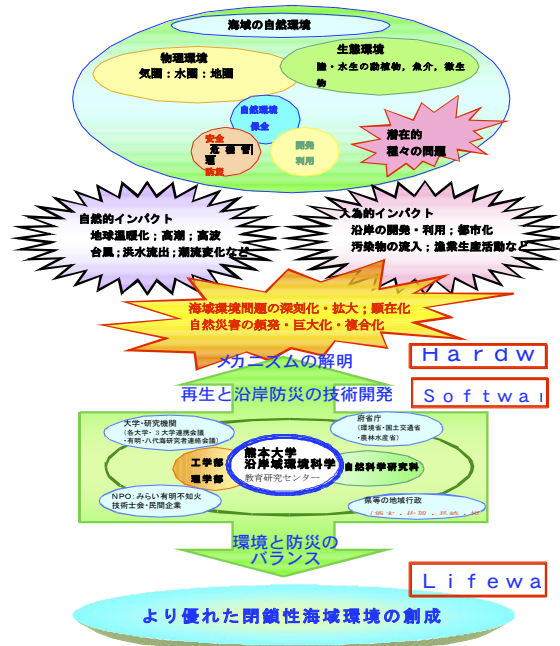
1. はじめに

有明海、八代海、東京湾、伊勢湾、瀬戸内海のような閉鎖性水域や各地の沿岸域の環境質、生態系、生物生産基盤の劣化は目に余るものがある。わが国が、安心して生活できる国、安全な国であるには、自然災害に対する防災基盤整備とともに生物生産基盤を維持し、国民のための食糧確保が危機状態においても可能なようにし、合わせて、国土の環境が生態系を保持しうる状況になければならない。このための努力は、各府省、各分野、各地にてなされているが、効果が目に見えるまでには残念ながら至っていない。環境や生態系の再生は、これらが自己修復機能を有している間に、つまり生物群やその生息環境が復元できる状況にある間になされなければならない。

有明海・八代海の両海域では、陸域からの栄養塩や有機物の流入量は既にかなり減少しているにもかかわらず回復の兆候を見せずに悪化の傾向を示している。この意味で、自己修復機能はかなり低下しており、環境劣化のスパイラルに入り込んでいる。海域で生物生産を持続的にするには、海域を利用する各分野の従事者の努力に加えて、陸域からの各種物質の発生・輸送・負荷の過程全域にわたり制御する技術システムと社会システムが必要である。具体的な改善目標を設定し、それを達成するために俯瞰的立場から科学的知見を駆使することは、この海域にとって焦眉の急である。

有明海・八代海再生のための特別措置法(平成14年11月29日)が制定され、各府省の連携により施策が実施され始めている。しかしながら、研究は、個々の事象解明のためのものや、環境修復でもある側面のみ注目したものがほとんどである。各府省所轄の研究機関はそれぞれに課された研究課題の範疇を限定的に扱うことがほとんどで、対象とする閉鎖性水域全分野を視野に入れて研究課題の範疇を定めることには制度上無理がある。また、環境改善に、現象解明や基幹技術開発のような基礎的な研究を積極的に経費と時間をかけても、直接つながっていないのが実態である。

また、地球温暖化の影響により水温の上昇、



海面上昇ともなう災害がすでに深刻化してきているが、大気環境の変化による気候変化、豪雨と渇水など両極端な現象の長期化と災害の巨大化が顕著に現れ、最近では、1999年9月の不知海高潮災害、2003年7月の水俣「土石流災害」、2004年には史上最大10個の台風上陸を記録、これに伴う豪雨・強風・高潮・高波による災害、また、同じく2004年10月の新潟県中越地震災害、2004年12月にはスマトラ沖津波・地震災害、2005年8月には、米国メキシコ湾岸を襲ったハリケーン・カトリーナなど、巨大災害の頻発化とともに同時発生（複合災害）が相次いでいる。

台風の常襲地帯でもある熊本県下では、強風、豪雨による洪水、土砂災害、また高潮・高波等の海象災害などに悩まされ、自然災害に対する防災・安全対策は欠かすことができない。その反面、台風9918号による高潮災害に見られるような高潮対策のための海岸堤防等の防災構造物の建設が自然環境を阻害している面もある。正に、この有明・八代海が直面する、二律相反した“環境と防災”の調和に関する早急な学術的・技術的対応を、緊急かつ積極的に行わねばならない。

すなわち、この海域では、「環境」と「防災」という相反する課題に直面している事実があり、環境あるいは防災のどちらかを選択するというような単純な課題ではなく、如何にして、この相反する、環境と防災に対処していくかという新たな課題があることを見据えなければならない。災害に強く安全でかつ環境と調和した、個性ある地域創りに関する早急な学術的、技術的対応へのマスタープラン作りを早急に創り上げねばならない。海域の環境と防災に関する **Hardware**（現象の理解・解明）および **Software**（海域の保全対策と水産資源の確保・維持など）の従来の課題対策に止まらず、さらに **Lifeware**（より高度な優れた海域環境の創成）の概念が今まさに必須の時である。

2. 有明・八代海環境悪化の要因と再生策

海域の環境は「地圏・水圏・気圏」の3つの環境基盤と、これに人を含めた「生態圏」の4圏より構成される複雑系にある。従って海域環境の改善に当っては、海域環境のメカニズム解明のための総合的な調査・研究は当然のこと、この3つの環境基盤と生態系に対して、「何が・どこまでできるか？」を科学的に検討することが最も重要である。このような視点から、環境悪化の著しいこの海域の改善・再生策の基本は、まず第一には、「人為的インパクトの低減」と自然環境の回復能力の再生、特に「干潟環境の回復と創造」および河川水を含めた「水質の改善」などの対策を行うことである。

この海域の急激な環境悪化の要因には、干潟域の減少、沿岸域の開発、流域の都市化や農薬使用に伴う汚染物質の流入、河川形態の変化、大洪水に伴う土砂・汚濁物質の大量流入、台風や海流の変動による高温海水の浸入や潮流の変化、さらには地球温暖化など地球レベルでの気候変動も考えられるが、特に閉鎖性の高い有明海・八代海における環境悪化の原因は、①人為的及び自然的な流入負荷と内部負荷の増加と、②高い浄化機能を有する干潟や塩性湿地の埋立てに伴う減少および自浄機能の低下、の大きく二つの原因が考えられる。

3. 再生へのマスタープラン

国家レベルでのこの海域についての取り組みは、2000年冬の「有明海ノリ不作」を契機に、有

明海及び八代海を豊饒な海として再生させることを目的とした「有明海及び八代海を再生するための特別措置に関する法律」が2002年11月に施行された。この法律により、環境省に有明海・八代海総合調査評価委員会が設置され、総合的な調査の結果に基づいて有明海・八代海の再生に係る評価により、2006年12月に委員会報告¹⁾がまとめられている。しかしながら、具体的な再生方策に関する議論が十分でなく、解明すべき課題も数多く残されている状況にある。

昨今、海域内の各地点ごとに、各省庁を中心に環境改善を目指した対策が数多く実施されているが、重要なのは、“個々の対策が有明海・八代海の世界全体にどのように影響を及ぼすか”を常に考えておくべきであり、“世界全体の環境のバランス”を前提とした“世界環境のゾーニング”を早急に策定しておく必要がある。

このような中で、熊本県では学術的未解明事象の究明を座して待つのみならず、疲弊している世界環境の再生に向けて“出来るところから取り組むべき”との地域からの強い要望を踏まえ、まず、環境の地域特性を把握し再生への方向性を探ることを目標に、学識者と県の関連部局、NPOを中心に「有明海・八代海再生に関わる情報交換会」を2003年10月より開始した。次に、この成果をふまえて、沿岸海域の具体的な再生方策およびその方向性（基本概念）等を取りまとめることを目的として、学識者及び一般住民・漁業代表者で構成する「有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会（委員長：滝川清）」を2004年8月に設置し、2ヵ年度にわたって検討を行うとともに、既存データの収集等の各種調査、委員会委員と地元との意見交換会などを重ね、2006年3月に委員会報告²⁾をまとめ、いわゆる「有明海・八代海再生のマスタープラン」として基本指針を示した。その一連のプロセスは、再生方策検討の実践的な手法として挙げられるとともに、有明海・八代海再生の県単位での総合的な取り組みとしては先駆的な試みである。

マスタープランとして取りまとめられた再生のあり方（提言）については、以下のホームページ上で詳細に公開されているので参照されると幸いである。

http://www.pref.kumamoto.jp/eco/saisei_plan/saiseikentou_1.htm

この提言を受け熊本県は、施策の調整・検討を行いながらケーススタディー地区のフォローアップなど（地域住民、NPOなどとの連携推進など）具体的な取り組みを開始したところである。

4. “回復・改善・創成・工夫・維持”による沿岸海域の環境再生の取り組み

有明・八代海の世界は複雑な環境要因に支配されており、その世界再生に当たっては科学的・総合的視点からの取り組みが必要で、世界環境再生の包括的目標は「多様性のある生物生息環境の改善・再生と維持」であり、これを実現するための技術が「底質環境改善」、「水環境改善」、「負荷削減」のための技術となる。再生技術の開発・適用に際しては、“生物生息環境の場を；①回復（失われた場をもとに戻す）、②改善（悪化した場を良くする）、③創成（新しく場をつくる）、④工夫（より良い場になるよう工夫する）、⑤維持（悪くならないよう維持する）”の認識が肝要である。ここでは、環境改善技術の実例として、その有効性が認められ再生方策として大いに期待されている「干潟なぎさ線の回復」について紹介する。

「干潟なぎさ線の回復」^{3) 4)} は、海岸線の人工化によって失われた本来水辺や海岸線にあたる潮上帯から潮下帯までの緩やかで連続した地形を創成することによって、生物や塩生植物等の生息場を復元し、干潟生態系が有している自己再生機能を回復させる技術である。熊本港で実証試験を行っており、2005年10月に「東なぎさ線」、2006年9月に「北なぎさ線」、2007年9月には防護護岸等のなぎさ線が造れない場所への対策として「エコテラス護岸」⁵⁾ を造成して調査を継続している。東および北なぎさ線は、2つの突堤の間に海砂や浚渫土を敷設して造成し、周囲は“ちどり”状の潜堤もしくは開放した形状としており、外部からの干潟土砂が出入りできる構造としている。その地形は潮汐や波・台風等により変形を受けたものの、造成約2年後には地形も安定、また造成した砂内部には干満に伴う海水の浸透によって常時保水性の高い地盤環境が形成されたりしている。なぎさ線の回復によって多種多様な生物の生息場が復元され、絶滅危惧種や希少種も多数確認されるといった多大の効果が実証されている。

ここで紹介した事例以外、「人工巣穴による底質改善」⁶⁾ では、底生生物の巣穴を人工的に再現し、干潮時に干出する干潟域では水位差、

干潟にならない場所では潮流を利用して、底泥中に上層水を輸送し、微生物活性により好気的環境を創出することで底質改善を行なう技術、また牡蠣を用いた「バイオレメディエーションによる堆積物中の有害物質除去技術」⁷⁾ など、ユニークな現地試験も行っている。

また、熊本県玉名横島海岸では、防護目的で建設された干拓堤防の前面に、連続突堤と盛砂工を施し「防護・環境と景観」に優れた新たな海岸堤防⁸⁾ の事業が九州農政局との共同調査により進めているところである。

3. おわりに

地域には、水・地形・地質・気候などの自然環境と、歴史的・文化的な側面を含む人間社会・経済の環境によってそれぞれ固有の環境特性が形成されている。従って、自然環境と調和し、将来にわたって好ましい潤いのある、個性豊かな地域社会創りにおいては、地域環境に関する広範な分野からの多面的かつ総合的検討が重要である。



熊本港「東なぎさ線」:人工護岸前面に「なぎさ線」を造成して地形の連続性と生態系の連続性を創出



熊本港「北なぎさ線」:多数のアサリ貝やタイラギ等の着床・生残を確認



エコテラス護岸:上段に植栽テラス、中段に潮溜まり、下段にはテラス干潟を配置



消失した生物生息場が回復するとともに景観・親水機能も向上(熊本県玉名横島海岸)

このような観点から、海域環境悪化の要因が不明のまま疲弊状態にあり、かつ毎年の高潮・高波、洪水などの水災害に悩まされつつ、さらに、巨大化・頻発化の兆候が著しい自然災害に対処しなければならない有明・八代海の沿岸海域においては、「環境の再生・維持」と「海岸の防災・保全」の両立は重要な課題であり、“災害に強く安全でかつ環境と調和した、個性ある地域創り”に関する早急な学術的、技術的対応へのマスタープランを早急に創り上げねばならない。

参考文献

- 1)有明海・八代海総合調査評価委員会：委員会報告，環境省，2006年12月。
- 2)有明海・八代海干潟等沿岸海域再生検討委員会：委員会報告書～有明海・八代海干潟等沿岸海域の再生に向けて～，熊本県，2006年3月。
- 3)滝川清・増田龍哉・森本剣太郎・松本安弘・大久保貴仁：有明海における干潟海域環境の回復・維持へ向けた対策工法の実証試験，海岸工学論文集，第53巻，pp. 1241-1246，2006。
- 4)増田龍哉・滝川清・森本剣太郎・前田恭子・柏原裕彦・島田康光：有明海熊本港周辺における「なぎさ線の回復」現地試験による生態系構築過程に関する研究，海洋開発論文集，第23巻，pp. 525-530，2007。
- 5)滝川清・増田龍哉：干潟なぎさ線の回復技術現地実証試験，文部科学省科学技術振興調整費重要課題型研究「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験」～熊大グループ編～，pp.46-55，2007。
- 6)増田龍哉・滝川清・森本剣太郎・丸山繁・木田建次・大久保貴仁：有明海干潟海域環境改善へ向けた人工巣穴による底質改善技術の現地実証試験，海岸工学論文集，第54巻，pp. 1131-1135，2007。
- 7)中田晴彦，豊崎康暢，涌田智美，守田裕美，滝川清：牡蠣を用いた有明海沿岸の化学汚染浄化技術の開発，海岸工学論文集，第55巻，pp.1286-1290，2008。
- 8)滝川清・黒木淳博・増田龍哉・森本剣太郎・松永浩二・西尾徹：「熊本県玉名横島海岸における防護と環境の調和を目指した新たな海岸保全技術の開発」，海岸工学論文集，第54巻，2007。

キーワード：閉鎖性海域、有明・八代海、環境改善、干潟

Key Words ; *enclosed waters, Ariake and Yatusiro Bay, environmental restoration, tidal flat*

シンポジウム

「陸域-汽水域-沿岸域の共同研究の推進を目指して」

会場：熊本大学工学部百周年記念館

シンポジウムⅡ (13:20-15:20)

「中海の堤防開削における環境モニタリングとその問題点」

13:20-13:40 中海本庄水域の人為改変による水質・底質環境の変化

瀬戸浩二 (島根大・汽水セ)

13:40-14:15 中海本庄水域の人為改変による底生生物の変化

倉田健悟 (島根大・汽水セ)

14:15-14:50 本庄水域の堤防開削にともなう二枚貝漁業復活の展望と課題

山口啓子 (島根大・生物資源)

コメント (14:50-15:20)

1) 生物多様性の研究手法と問題点

逸見泰久 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

2) メイオVENTS研究の重要性

嶋永元裕 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

中海本庄水域の人為改変による水質・底質環境の変化
**Brackish environmental change due to anthropogenic change in the
Honjo Area of Nakaumi Lagoon, Southwest Japan**

瀬戸浩二 (690-8504松江市西川津町1060島根大学汽水湖研究センター)

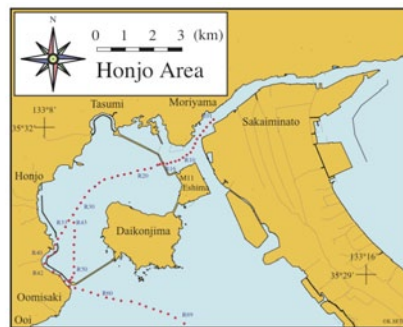
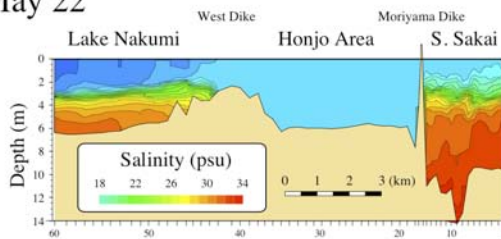
seto@soc.shimane-u.ac.jp

島根県から鳥取県にまたがる斐伊川水系河口域には、日本を代表する汽水湖である宍道湖・中海が分布する。そのような汽水湖（海跡湖）は、人類の生活圏に分布していることから、常に人為的な改変を受けている。中海でも大規模な公共事業により、干拓地や堤防が構築され、その過程で浚渫窪地ができるなど、原地形から大きく改変された。それに伴い、水質・底質環境や生態系にも大きな影響を与えられたことが知られている。特に中海北部の本庄水域は、森山堤、大海崎堤などによって、ほぼ隔離され、それまでの水域環境から大きく改変された。そのような中、中海北部本庄水域の干陸化事業は2000年に、中海・宍道湖淡水化事業は、2002年に中止となり、2006～2009年に西部承水路堤の撤去、森山堤の部分開削などの事業が行われることとなった。この事業により境水道から本庄水域に高塩分水塊が流入し、約25年間維持されてきた水域環境が再び大きく変化した。本講演では、人為的に閉鎖された水域の水質・底質環境が、開削によってどのように変化したかについて報告し、その問題点について検討を行う。

中海の底層水は、もともと境水道から本庄水域を経て中海に流入していた。中海干拓事業により1981年に完成した森山堤や大海崎堤などによって、底層水の流入は中浦水道を経由するようになり、中海の環境も著しく変化した。一方、本庄水域は幅150m前後、2.3kmの西部承水路（水深約3m）を通じて中海本体と流通することとなり、著しく閉鎖性の強い水域となった。しかし、中海底層の高塩分水が流入しにくくなったため、塩分躍層が形成されにくくなり、中海本体より酸化底質環境となった。また、表層水も流出しにくく、梅雨期などに低塩分水が宍道湖から中海本体に流入したときでも、本庄水域では大きな低塩分化は起らなかった。しかし、梅雨期の夏季では表層水がそれまでより低い塩分で安定するため、やや弱い塩分躍層が形成され、底層域では貧酸素環境になっている。また、梅雨期に宍道湖由来の低塩分表層水塊が流入しないこと、本庄水域の流域面積は中海本体と比較して極めて小さいことにより、陸域からの栄養塩の流入は比較的少ない。これまでの研究では、本庄水域はクロロフィルa濃度が他の水域と比較して少ないといわれていた。しかし、2006～2007年のクロロフィルa総量は、年間を通じて中海本体より高くなる傾向にあり、水域の閉鎖当時より富栄養化が進んでいることが示唆される。これは、本庄水域からの流出が少ないため、本庄水域内に栄養塩が蓄積され、時の経過とともに富栄養化したものと思われる。この富栄養化は、水路予定地の窪地から得られたコアの有機炭素濃度の増加傾向からも支持される。

2007年7月に本庄水域南西部の西部承水路堤の一部が撤去され、中海から直接、水塊が流入できるようになった。西部承水路堤の撤去以後、本庄水域はほぼ定常的に表層と底層に塩分差が形成されるようになり、それに伴って全体的に貧酸素化が起りやすくなった。本庄水域の溶存酸素

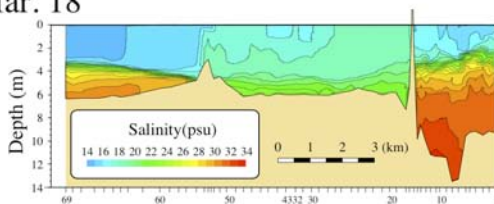
2006 May 22



ルート水質調査位置図

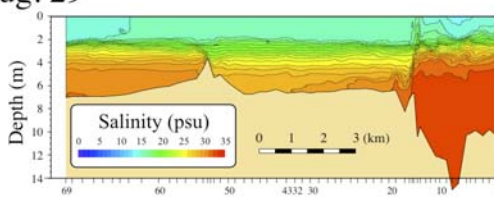
2007 Jul. **The removal of West Dike**

2008 Mar. 18



2009 May. **The removal of Moriyama Dike**

2009 Aug. 29



事業前、西部承水路堤撤去・潮通し後、森山堤部分開削・潮通し後の塩分断面図

量の分布をみると、本庄水域南西部が比較的高く、西方向に減少する傾向にある。もっとも西側にあたる森山堤付近の底層ではほぼ半年間が無酸素環境であった。南西部の比較的溶存酸素の高い底層水塊の塩分は、地中海の底層水塊より低く、表層水塊より高い。また、地中海底層水の溶存酸素より高いことから、地中海底層水から押し上げられた高塩分・低酸素の水塊が、表層水と混合して本庄水域に流入しているものと思われる。この底層水塊の流入は、波状に起こっていると思われる。春から夏にかけて

水温は高くなる傾向にあるが、水温の低い古い水塊を押し上げるような形で水温の高い新しい水塊が流入していることが観測された。恐らく、大海崎堤由来の底層水は定常的に流入しているのではなく、風による地中海底層水塊の押し上げと潮流・潮位のタイミングがあったときに流入しているものと思われる。流入した底層水塊は、酸素を消費しながら西に移動し、森山堤付近まで移動するころにはほぼ無酸素状態になっているようだ。夏季になると無酸素水塊は、本庄水域のほぼ全域に広がっている。この時期の表層と底層の塩分差は小さいため、比較的弱い定常的な風でも底層の貧酸素水塊が容易に湧昇するようになり、表層でも溶存酸素飽和濃度が10%を切ることも観測されている。これは深い底層部だけではなく、浅い水域にも無酸素水塊の影響を与えていることを示唆している。

森山堤での部分開削・潮通しは、5月11日～16日の間に174枚の矢板を撤去することによって行われた。撤去作業が始まる前の5月10日は、大海崎堤側から流入した底層水塊（大海崎堤由来の底層水塊）が本庄水域のほぼ全域に分布し、流入側と逆にあたる森山堤付近ではほぼ無酸

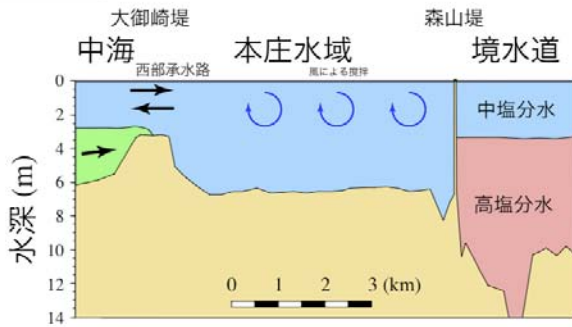
素状態になっていた。矢板の撤去は11日から始まったが、実際に境水道の高塩分水塊が本庄水域に流入したのは、12日からである。森山堤から200m離れた地点（水深約7m）では、12日14:30から13日17:20までに、塩分は約6psu上昇した。その間、溶存酸素量も約6mg/lに上昇した。森山堤から600m離れた地点（水深約6m）では、13日3:20から15日2:30までに塩分は約6psu上昇し、上昇するタイミングおよび上昇期間に差が生じている。溶存酸素量は、森山堤から約1km離れた地点でも約6mg/lに上昇した。このように境水道の高塩分水塊（森山堤由来の高塩分底層水塊）の流入により、森山堤付近の溶存酸素量は通常の生物が生息できる程度まで回復した。

潮通し工事が始まって1週間後では、森山堤由来の高塩分底層水塊は、ほぼ本庄水域中央部まで流入している。この高塩分水塊は、それまで存在した大海崎堤由来の底層水塊を押し上げる形で流入し、流入した水域までは溶存酸素量が増加した。一方で大海崎堤由来の底層水塊は、本庄水域西部では底層に存在し、ほぼ中央部で森山堤由来の底層水塊と拮抗している。2週間後には、森山堤由来の高塩分底層水塊は、本庄水域のほぼ全域に達している。しかし、この高塩分水塊は森山堤から西方向に向かうに従い、塩分は減少し、本庄水域西部では、大海崎堤由来の底層水塊の下層に薄く流入しているようだ。一度流入すると、本庄水域西部における森山堤由来の底層水塊は停滞し、新しい水塊が流入しなくなるため、潮通し以降無酸素に近い状態が継続した。一方、低酸素の大海崎堤由来の底層水塊は、森山堤由来の底層水に押し上げられたため、本庄水域の中層に存在するようになった。潮通しが行われる前は、大海崎堤由来の底層水塊と表層水塊の境界（塩分躍層）は比較的深いところにあり、湧昇が起こらない限り浅い水域では酸素に富む環境であった。潮通し後、大海崎堤由来の底層水塊が押し上げられることによって比較的浅い水域でも低酸素環境の影響を定常的に受けるようになった。また、クロロフィルa濃度は大海崎堤由来の底層水塊と表層水塊の境界の上側に高い傾向にあるが、それが押し上げられることによってクロロフィルa濃度の高いところも上昇し、その後さらに高い濃度になっている。

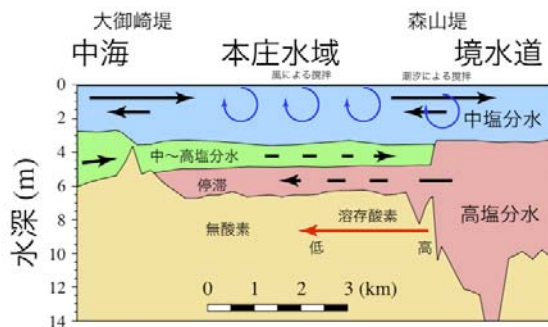
梅雨に時期になると、これまで入りにくかった宍道湖由来の低塩分の表層水塊が本庄水域全域にも入るようになり、表層と底層の塩分差が大きくなった。それにより本庄水域の水塊構造はより安定になり、中海の水塊構造に類似してきている。しかし、本庄水域の底層の水温は、中海底層より低く、中海より停滞している状況が観測されている。そのため、底層水塊では、ほぼ全域で無酸素環境に近い状況になり、森山堤から200m離れた地点でさえ、貧酸素環境になることが観測された。

10月になると、潮位の低下及び風による攪拌で水塊構造は壊れ、ほぼ全域で弱い塩分躍層が見られるか塩分躍層が見られない状況になっている。それに伴い貧酸素水塊は、ほぼ解消された。一度塩分躍層が壊れると、底層水の流入速度から1~2週間は、塩分躍層は発達しない。冬期ではその間に強風が吹くことが多いことから、夏期に見られるような水塊構造は、翌年の夏期まで見られなかった。2009年は、全体として例年より長く貧酸素環境が継続している。一方、表層では、それまでに見られた貧酸素水塊の湧昇は観測されていない。2009年度は例年に比べ気温が低かったことによるかもしれないが、森山堤由来の底層水塊の流入により水塊構造がより安定化したために起こりにくい状況にあったものと思われる。それに対し、中海本体では、ここ数年の中でもっとも貧酸素状態が継続した。これが直ちに森山堤潮通しの影響とは言えないが、その可能

工事前



森山堤部分開削・潮通し後



事業前、森山堤部分開削・潮通し後の水塊構造の変化

った。それらにより水塊構造が安定したため、浅海部では貧酸素水塊の影響を受けにくくなった。

汽水域の環境は不安定であることは誰もが知ることであり、本来は1~2年程度観測しただけでは、結論を導くことはできない。今後さらにモニタリングすることにより、潮通しの効果を検証し、その過程で得られる多くのデータを解析して、今後どのような対応をとるべきか検討しなければならない。

キーワード：部分開削，貧酸素水塊，水塊構造

Key Words ; partial dike removal, poor oxygen water, water mass structure

性も十分考えられるため、今後そのような観点からも注視して観測する必要がある。

2010年は、春の低温により、貧酸素水塊の形成が例年より遅かった。そのため本庄水域も中海本体も前年よりは貧酸素環境の期間が短い傾向にある。しかし、8月から宍道湖に大量発生したアオコの影響により、本庄水域や中海本体にも悪影響を与えている。

人為的に閉鎖された本庄水域を囲む堤防の部分開削を行った結果、高塩分水塊が流入し、複雑な水塊構造が形成された。しかし、流入量が制限されるため、開削場所から離れると底層水塊は停滞し、貧酸素化が進行した。それに伴い開削場所の反対側では無酸素環境が形成されている。一方で表層水塊も流入しやすくなり、低塩分の宍道湖由来の水塊が流入するようになった。

中海本庄水域の人為改変による底生生物の変化

Changes of benthos caused by anthropogenic changes in the Honjo area, Lake Nakaumi

倉田健悟 (〒690-8504島根県松江市西川津町1060島根大学汽水域研究センター)

kengo@soc.shimane-u.ac.jp

はじめに

島根県と鳥取県に位置する中海は日本で2番目に大きい汽水湖である。1960年頃より進められた干拓および淡水化事業の一部は実施されたが、最大の干拓地になる予定であった本庄水域は汽水域として存続することが2002年に決まった。干拓淡水化事業の中止後、地形を可能な限り元に戻すため、本庄水域を取り囲む堤防の撤去や一部開削を含む工事が計画された。2007年7月までに西部承水路堤の撤去がほぼ終了し、2008年5月30日に排水機場跡地の潮通しが行われ、2009年5月11日に森山堤の一部開削が実施された。

2007年以前、本庄水域は西側の西部承水路を通じて中海との間に流動がある閉鎖的な水域であった。西部承水路の開口部と水路の水深が浅かったため、中海から本庄水域に流入するのは上層部の比較的塩分が低い塩水であったことが知られている。このことにより、中海で強固な塩分躍層が観測されるのと対照的に、本庄水域では塩分躍層が貧弱で強風により上下混合が起りやすかったと考えられている。本庄水域の堤防の撤去や一部開削は、中海および境水道との水の交換の様式を大きく変えるため、これらの地形改変による水域の流動の変化や塩分躍層などの汽水環境の変化が予想された。

2010年の時点で、地形改変による汽水環境への影響を調べるための調査が複数の研究機関等によって行われている。発表者らは、西部承水路堤の撤去や森山堤の一部開削の前後における環境と底生生物群集の変化を調べるため、2006年より長期的な調査を開始した。地形改変の影響と年毎の環境条件の変化とを併せて底生生物の変化を考察するためには、数年間の継続的な調査が必要である。特に、2009年5月に行われた森山堤の一部開削の影響を見るためには、さらに数年の調査が必要であると考えている。

現在も調査を継続中であり、全ての試料の分析を終えていないが、暫定的な結果を随時報告することは有用であると思われる。今回は2006年5月から2009年8月までのデータの解析結果を紹介し、今後、追加されたデータを含めた解析結果を報告する予定である。

方法

本庄水域における変化を調べるのが主な目的のため、本庄水域（西部承水路を含む）に6地点、中海に3地点、境水道に1地点、合計10地点を調査地点として設定した。これらの10地点に加えて、本庄水域の浅い水深の場所としてM11地点を2006年7月より追加し、排水機場跡地の潮通しが行われるM12地点を2008年4月より追加した。

2006年5月よりおおよそ毎月1回、本庄水域と中海の定点においてEkman-birge型採泥器（採

泥面積 : 0.02m²) を用いて堆積物を採集した。2006年5月から7月までは各地点で4回の採泥を行って1試料とした。2006年8月以降は各地点で2回の採泥を1試料とし、各地点で2試料を採取した。船上で試料を0.5mm目合いのサーバネットに入れて水中で篩った後、サーバネットに残ったものをポリエチレン袋に入れた。試料を保冷して実験室へ持ち帰り、10%中性ホルマリン溶液を用いて固定して保存した。後日、試料の中から底生生物を選別して可能な限り同定し、個体数と湿重量を計測した。

出現した底生生物のうち、二枚貝類の多くは選別中に同定を行い個体数と湿重量を計測した。二枚貝類の中でも出現する頻度が多かった5種類について、個体数と湿重量のデータを整理した。その他に中海と本庄水域で出現する頻度が多かった種として多毛類のウミイサゴムシが挙げられる。本種は中海と本庄水域に生息する多毛類の中でも容易に同定が可能であったため、選別中に同定を行い、個体数と湿重量を計測してデータを整理した。

結果

中海は夏季に底層が貧酸素化し、生物相が貧弱になることが知られている。このため、夏季の底層の貧酸素化が進行する期間に着目し、2006年8月から10月まで、2008年8月から10月まで、2009年8月を「夏季貧酸素化期間」と定義した。なお、2007年7月から10月までは野外調査を実施したものの試料の処理が不可能となって欠測値の扱いとした。

中海と本庄水域では「夏季貧酸素化期間」の後、底生生物の個体数と湿重量が増え始める傾向が見られたため、本報告においては「夏季貧酸素化期間」によって区切られる4つの期間を定義した。2006年5月から7月までを「2006年期間」、2006年12月から2007年6月までを「2007年期間」、2007年11月から2008年7月までを「2008年期間」、2008年11月から2009年7月までを「2009年期間」と呼ぶことにする。

2006年期間にアサリは中海のM2と西部承水路のM5で多く出現したが、本庄水域の5地点(M6～M10)では採集されなかった。2007年期間においてアサリは中海の3地点と本庄水域のM9などで見られ、浅い水深のM5とM11では個体数が非常に多かった。2008年期間になると中海湖心のM3や本庄水域西部のM6でアサリの個体数が多くなった。2009年期間では本庄水域のM6に加えてその他の4地点(M7～M10)でも目立って個体数が多くなった。また、2009年期間の冬から春にかけて排水機場跡地前のM12で大量のアサリが採集された。

ホトトギスガイは2006年期間から2009年期間まで中海と本庄水域の両方において出現した。西部承水路のM5では2006年期間と2007年期間に個体数が非常に多かったが、西部承水路堤が撤去された後は2008年7月から10月の間を除いて個体数が少なくなった。また、2007年期間にM11で、2009年期間にM12でホトトギスガイの個体数が多かった。

ヒメシラトリの個体数の変化の傾向はアサリと似ているところがあった。中海では2006年期間から2009年期間まで変動があるものの、M2からM4のいずれかの地点で採集された。本庄水域のヒメシラトリの個体数は2006年期間と2007年期間において少なかったものの、2008年期間と2009年期間では採集される個体数が多くなった。また、本庄水域の5地点(M6～M10)を比較すると、2008年期間にM6でヒメシラトリの個体数が多く、2009年期間になるとM6に加えてその

他の4地点(M7~M10)でもヒメシラトリの個体数は多かった。さらに2009年期間はM5とM12においてもヒメシラトリが多く採集された。

中海のチョノハナガイは2006年期間は個体数が少なかったが、2007年期間、2008年期間および2009年期間においてはM2からM4のいずれの地点でも比較的安定して採集された。本庄水域では2006年期間にはチョノハナガイは採集されず、2007年期間と2008年期間に本庄水域東部の3地点(M8~M10)を中心に出現し始め、2009年期間の冬には4地点(M6~M9)で個体数が多くなった。森山堤が一部開削された後の2009年7月2日には開削部前のM9においてチョノハナガイの個体数が多かった。チョノハナガイは全期間を通じて本庄水域の水深の浅い地点(M5, M11)ではほとんど採集されなかった。

シズクガイは調査した地点の中では境水道のM1に最も多く見られ、次に中海のM2で個体数が多いことから、高塩分を好むことが示唆される。中海ではM2に加えてその他の2地点(M3, M4)においても2006年期間を除いてシズクガイが採集された。本庄水域におけるシズクガイの個体数の変化は、アサリとヒメシラトリの個体数の変化の傾向と類似していると言える。2006年期間に本庄水域の5地点(M6~M10)ではシズクガイは採集されなかったが、2007年期間に非常に少ない個体数が記録された。2008年期間になると本庄水域西部のM6で数個体が採集され、2009年期間ではM6に加えてその他の4地点(M7~M10)で個体数が増加した。

中海のウミイサゴムシの個体数の変化は、「夏季貧酸素化期間」として定義した期間に個体数が極小となり、これを除いた期間において個体数の増加が観察された。西部承水路堤が撤去された後の2008年期間と2009年期間における本庄水域の5地点(M6~M10)のウミイサゴムシの個体数は、西部承水路堤が撤去される前の2006年期間と2007年期間における個体数より明らかに多くなった。チョノハナガイの例に類似して、森山堤が一部開削された後の2009年7月2日以降の3回の調査におけるM9のウミイサゴムシの個体数は顕著に多かった。また、2009年期間の冬から春にかけて排水機場跡地前のM12において、アサリやホトトギスガイと同様に個体数のピークが観察された。

考察

個体数を指標にした場合、小さい個体の多寡に左右され、突出して個体数が多いデータの印象が大きくなりやすい。ここでは、中海3地点(M2~M4)と本庄水域5地点(M6~M10)において出現した主な底生生物6種の変化の傾向を比較するため、単位面積あたりの平均湿重量の対数を用いた。個体数と湿重量の両方のデータを参照し、以下の設問について議論を試みた。

(1) 中海の変化は本庄水域の対照とみなせるか?：2006年7月に梅雨前線による出水があり、中海の塩分が低下した。このような年毎の環境条件の変化が底生生物群集に影響している可能性があるため、地形改変による環境条件の変化と区別して議論する必要がある。そこでまず、中海における6種の変化について検討した。

中海のアサリ、シズクガイ、ウミイサゴムシは貧酸素化期間に入る前まで概ね1~10g/m²の範囲にあり、2006年期間から2009年期間まで大きな変化はないと見て良いであろう。ホトトギスガイは貧酸素化期間に入る前までに湿重量が増加する傾向が2007年期間から2009年期間までは

ほぼ同様であった。ヒメシラトリは2006年期間と2007年期間に比べると2008年期間と2009年期間では現存量が小さくなったように見える。チヨノハナガイは2007年期間の現存量が他の年より大きかったようである。

(2) 本庄水域で変化した種は? : アサリ, チヨノハナガイ, シズクガイの3種は2006年期間と2007年期間に比べると2008年期間と2009年期間で現存量が大きくなったと言えるであろう。ヒメシラトリについてもほぼ同様の傾向が読み取れる。ホトトギスガイは2006年期間から2009年期間まで大きな変化はないと見て良い。ウミイサゴムシは2009年期間の現存量が他の年より大きかったようである。

(3) 本庄水域で変化した原因は? : アサリ, ヒメシラトリ, シズクガイの3種は西部承水路堤が撤去された後の2008年期間に本庄水域西部のM6で個体数が増加し, 2009年期間に本庄水域東部の地点に分布を広げたという点で共通している。西部承水路堤の撤去により中海と本庄水域の間の流動が変わり, 二枚貝類の浮遊幼生の分散状況や着底後の生息環境が変化した可能性が考えられる。2008年期間と2009年期間において3種の現存量が増加したのは, 西部承水路堤の撤去の影響が大きいと推定される。アサリとヒメシラトリは2009年期間にM12で採集されていることから, 2009年期間における現存量の増加は排水機場跡地の潮通しが一因かもしれない。

本庄水域東部のM9で2009年期間のウミイサゴムシの現存量が大きかった原因の一部は, 森山堤の一部開削の影響であると推定される。特に2009年7月2日以降の個体数の顕著な増加は森山堤の一部開削によるものであろう。湿重量の変化からは見えないが, 個体数の変化を見るとウミイサゴムシは西部承水路堤の撤去と排水機場跡地の潮通しに対しても反応して本庄水域で増えたと考えられる。

チヨノハナガイは本庄水域で行われた地形改変に対する応答がウミイサゴムシに似ているように見える。2009年7月2日の個体数の増加は森山堤の一部開削によるものであり, 2008年期間と2009年期間の現存量は西部承水路堤の撤去に一部は起因するであろう。一方でチヨノハナガイとシズクガイは2009年期間にM12で個体数が増えていないことから, 両種の排水機場跡地の潮通しに対する反応はよく分からない。

ホトトギスガイはM5において西部承水路堤の撤去より以前はマットを形成するなど密集して生息していたが, 西部承水路堤の撤去により水路でなくなった後は個体数が激減した。ホトトギスガイは2009年期間にM12で個体数が増えており, 排水機場跡地の潮通しの影響があったと考えられる。

謝辞: 本発表の内容は, 島根大学プロジェクト研究推進機構重点研究部門「地域資源循環型社会の構築」および科学研究費基盤研究(A)課題番号19201017「ラムサール条約登録後の中海における汽水域生態系の再生と長期生態学研究」によって行われた研究の一部を含む。また, 野外調査と底生生物の選別には多くの方々を手伝っていただいた。ここに記して感謝を申し上げます。

キーワード: 底生生物, 人為改変, 中海

Keywords: benthos, anthropogenic change, Lake Nakaumi

本庄水域の堤防開削にともなう二枚貝漁業復活の展望と課題
Potentiality and problems of Honjo Area for bivalve fishery after the
partial removal of the reclamation dikes.

山口啓子(690-8504 松江市西川津町 1060 島根大学生物資源科学部)

Keiko YAMAGUCHI (Faculty of Life and Environmental Science, Shimane Univ.)

keiko@life.shimane-u.ac.jp

島根大学では汽水域研究センターを中心として、中海の生態系モニタリング調査を行っている。このようなモニタリングは長期的に継続していくことが何より重要であるが、一方でその成果を応用し、地域の要求へフィードバックしてゆくことも、重要な責務である。環境モニタリング調査結果のアウトプットの一つに水域漁業への情報提供がある。中海ではかつてサルボウガイやアサリなどの二枚貝や魚類で高い漁獲があった。しかし、中海干拓淡水化計画の進行とともに、環境悪化による漁業資源の減少や漁業権の放棄などにより漁業は衰退し、現在はほとんど漁獲のない状態にある。特に中海のように干潟がなく、水深5 m以上の泥質の湖盆部が広大に広がっている水域では、その下層部で何が起きているのか、漁業者自身では把握が困難である。

漁場環境を考えた時、溶存酸素濃度が底生生物に致命的な影響を与える要因であることは明白である。しかし、中海のような汽水域では、溶存酸素は潮汐・風・降雨などの気象条件・水塊の移動により短い時間に大きく変化するため、年1回のモニタリング調査によるスナップショット的な測定値だけでは、生物への影響を議論する際に必ずしも有効な指標とならない。このような場合、底質の還元状態で累積的な酸素条件を表現することが可能である。われわれの、中海生態系モニタリングにおいても、溶存酸素濃度のほかに底層の還元状態を表す指標として、底質間隙水の硫化水素濃度や底質の色度を測定している。特に、硫化水素は生物の生存に致命的な影響を与えることが知られている。比較的貧酸素に強いサルボウガイでも、高濃度の硫化水素が存在する場合、単なる無酸素と比べて致死日数が半分またはそれ以下に低下することが室内実験・野外実験によって確かめられた。サルボウガイは中海においてかつて主要な漁獲物であったため、地域の食文化として現在も根強く浸透しているが、本庄水域の干拓工事開始以降、漁獲はゼロとなっている。本庄水域は堤防建設前、重要な漁場であったため、堤防開削によりサルボウガイ漁場として再び機能するようになることが期待されている。

そこで、本講演では、モニタリング調査を二枚貝漁業に活かす方法として、調査のデータからサルボウガイの放流地選定を試験的に行った例を紹介し、モニタリング項目の有効性と適用可能性について検証を行うとともに、今後の課題について検討する。

環境モニタリングの結果より、森山堤防の一部開削によって、開口部の近傍における硫化水素濃度が低下し、海水の流入により底質の還元状態が緩和 or 解消されたことが示された。ただしこの改善効果は限定的であり、エリアが限られていることもわかった。これをうけ、島根県水産技術センター浅海部が、中海で採苗したサルボウガイの稚貝を本庄水域に試験的に放流し、生残率を調査した。その際、生態系モニタリングで測定した現在の中海本湖におけるサルボウガイの生

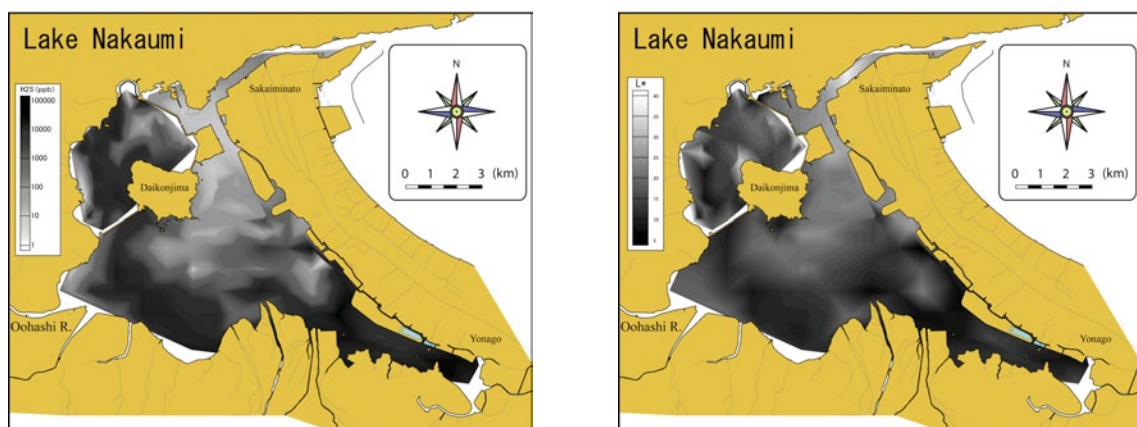
息湖底の硫化水素濃度を参考にして、生存可能性の高さが異なる3地点を放流試験地点として選定した。その結果、予想したとおりとなり、硫化水素濃度の測定が適地判定に有効であることが示された。

このように、還元状態を表す指標（間隙水の硫化水素濃度や底質表層の酸揮発性硫化物 AVS および明度）や、有機汚染を示す指標（強熱減量など）は、底質の粒度とならんで底生生物特に二枚貝の生息条件を判断する指標として有効であると考えられる。そこで、夏季広域モニタリング調査を行う際に、これらの値を中海全域 174 地点にて測定し環境マップを作成するとともに、サルボウガイの生息範囲周辺において桁引きにより生息傾向を把握し、サルボウガイの生息環境における各環境指標項目の閾値を検討した。その結果、硫化水素・AVS・明度・強熱減量で閾値が示されたと同時に、明度 L^* が底質の還元状態を反映する簡易的な指標として有効であることも示された。

また、開口部付近の還元状態を示す指標は 2008 年・2009 年・2010 年と徐々に低下しており、堤防開削によってサルボウガイの生息可能な水域がわずかながら拡大していることが示された。その変化がどの程度で安定するのか、今後の経過をモニタリングすることが強く求められる。

その一方で、本庄水域には格子状の盛り土（干拓事業の工事で、干陸後に道路とするために施された）が存在するが、この盛り土の両側で酸素供給や底質の還元状態・有機物濃度が異なっており、その分布から、盛り土が堤防開削部から低層を這うように差し込む新鮮な海水の拡散を抑制していることも推察された。今回の堤防開削が 60m と狭いため、DO の供給される海水の流入範囲が限られていることも指摘されており、今後、本庄水域で環境修復を進め、二枚貝漁業復活につなげてゆくためには、より大きな開削により、底質の浄化範囲を広げていくこと、および、覆砂など底質の改善も行っていく必要がある。

なお、この研究は、新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業「環境変化に対応した砂泥域二枚貝類の増養殖生産システムの開発」の研究課題の一部として行った。



図：2010 年 8 月中海広域調査における底質間隙水の硫化水素濃度（左）と L^* 値の分布（右）

キーワード：中海、サルボウガイ、硫化水素、酸揮発性硫化物、Nakaumi、*Scapharca kagoshimensis*, H_2S , AVS

生物多様性の研究手法と問題点

逸見 泰久 (熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター)

henmi@gpo.kumamoto-u.ac.jp

本講演では、沿岸域の底生動物における「研究手法の問題点」を、具体的な例を挙げてコメントする。諫早干拓や中海・宍道湖淡水化事業などの大規模事業から、堤防改修のような小規模な事業まで、人為的な沿岸域の改変においては底生動物のアセスメントやモニタリングが行われることが多い。また、「有明海異変」などの原因を特定するためにも、底生動物の長期モニタリングが行われている。しかし、以下の理由で、これらの調査は必ずしも有効なものになっていない。

(1) 調査地点へのアクセスの問題

水深が浅く満潮時でも船で入るのが難しい、軟泥干潟のため陸からのアクセスが困難、海苔などの養殖が行われているため目的の場所に侵入できないなどの理由で、調査地点を効果的に配置できない場合が少なくない。

(2) 調査回数の問題

同じ地点で何回繰り返して採集するかで結果が異なる。以前のアセスメントは1地点で3回繰り返して採集するのが一般的であったが、最近は1地点10回の採集も行われるようになってきた。

(3) 調査機器の問題

一般的に使われるスミスマッキンタイヤ採泥器やエグマンバージ採泥器では、せいぜい深さ30cmまでの泥しか採集できないため、それよりも深い場所に生息する大型の底生動物は多くの場合無視される。

(4) 同定精度の問題

同定能力の高い研究者の方が、より多くの種を同定できるため、調査結果では種多様性がより高く評価される。そのため、研究者が異なる調査結果を単純に比較することができない。また、一般に、貝類や甲殻類に比べて多毛類は同定が難しいため、多毛類の分類に精通した研究者では種多様性が高く見積もられる。

(5) 多様性の評価の問題

一般に、環境が多様な場所ほど種の多様性が高く見積もられる。逆も真で、環境が単調な泥干潟のような環境では種多様性が低く見積もられ、過小評価されることが多い。また、単調な環境に人為的な改変があると、種多様性が高くなる場合が多く、人為的な改変が種多様性にとってプラスにはたらくような印象を与える。

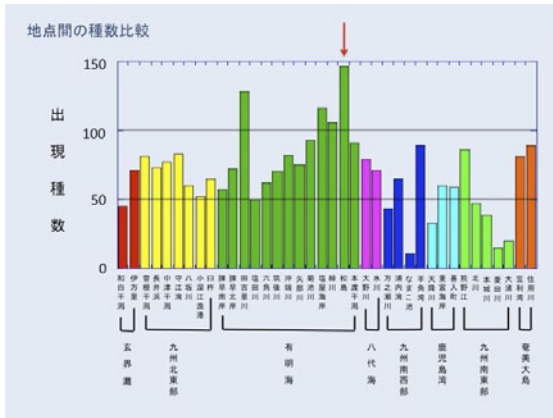


図1 全国干潟調査で確認された底生動物の種数(九州地区)。干潟(砂～泥)、転石、岩礁と環境が多様な上天草市松島(↓)で最も多くの種が確認された一方、有明海湾奥部の広大な泥干潟(塩田川、六角川、筑後川)では、それほど多くの種は確認されなかった。



図2 塩性湿地の再生。このように干潟の上部に塩性湿地を再生すると、干潟と塩性湿地の両方の生物が定着するため、一見多様性が上がったように見える。本来は、塩性湿地棲息種の多様性を、自然の塩性湿地と再生した塩性湿地の間で比較すべきである。

キーワード：底生動物，調査方法，アセスメント，モニタリング

メイオベントス研究の重要性

Meiofauna as an indicator of environmental conditions

嶋永元裕 (861-6102上天草市松島町合津6061熊本大学合津マリンステーション)

Motohiro SHIMANAGA (Aitsu Marine Station, Kumamoto University)

motohiro@gpo.kumamoto-u.ac.jp

メイオベントスは1mmの篩を通過し、31 μ mの篩に捕らえられる底生生物の総称である。1990年代初めまで、メイオベントスを用いた環境アセスメントは海外においても珍しかったが、現在欧米などでは沿岸域の環境を評価する方法として広く認知された方法となった。しかし、日本の環境評価の調査などでは主要な調査対象とはなっていないようである。

メイオベントスを環境評価の指標として用いることには、以下のようなメリットがある。

1. メイオベントスは水底ならどこにでもいる。
2. 感受性が高く、短期間で反応が見られる。
3. 大型底生生物が姿を消した劣悪な環境下においても存在する。
4. 種の多様性が高いため、群集構造の変化も評価できる。
5. 指標種となるものが広い範囲に存在する。
6. 世代交代時間が短く、感受性の高い繁殖段階における調査が可能である。
7. 小さい調査面積で多数の個体が得られるので、サンプル採集にコストがかからない。
8. 堆積物の機械的な(物理的な)攪乱には感受性が低いので、物理的な被害と汚染による被害を区別できる可能性がある。

一方で、メイオフアウナを用いた調査にはデメリットも存在する。

1. 情報の不足：汚染前の経時的な情報が存在しない。
2. 小さいので、一般に対するインパクトが小さい(ほとんどの人が存在に気づかない)
3. 時空間変異が高いので、同じ測点内で多数のサンプルを採集する必要がある(サンプル処理に時間がかかる)
4. 多くの未記載種が存在し、種レベルの同定が難しい。

本発表では、メイオベントスを用いた環境評価法をいくつか紹介するとともに、国内外で実際に行われた研究調査結果を示し、メイオベントスを用いた研究の利点と問題点を考察する。

キーワード：メイオフアウナ, 汚染, 環境評価

シンポジウム

「陸域-汽水域-沿岸域の共同研究の推進を目指して」

会場：熊本大学工学部百周年記念館

シンポジウムⅢ (15:30-17:30)

「水域環境の人為改変における新たな研究手法の展開」

15:30-16:10 海底湧水の実態とそれに伴う栄養塩の供給

谷口真人 (総合地球環境学研究所)

16:10-16:50 難分解性有機化学物質による生態系の汚染と生物濃縮の態様

中田晴彦 (熊本大学・院・自然科学)

16:50-17:30 干潟域における生物生息場の回復手法と評価

増田龍哉(熊本大学大学院先導機構)・滝川清(熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)・
御園生敏治(熊本大学・院・自然科学)

海底湧水の実態とそれに伴う栄養塩の供給

Submarine groundwater discharge and dissolved material transports

谷口真人（総合地球環境学研究所）

陸域から海域への水と物質の流出経路の一つは河川流出であるが、もうひとつは、これまであまり評価されていなかった海への地下水直接流出である「海底地下水湧出」である。水収支的には、海への直接地下水流出は全流出量の10%未満であるとされているが(表1)、地下水がもたらす物質輸送(負荷量)に関しては、通常、地下水の溶存濃度が河川水のそれよりも大きいことから、物質収支および生態系への影響の観点からは、より重要であるといえる。

表1 海洋への直接地下水流出の割合 (谷口, 2005)

著者	地下水流出の割合	手法
<i>Berner and Berner</i> ^{a)}	6 % of the total water flux	文献
<i>Church</i> ^{b)}	0.01 – 10 % of surface runoff	文献
<i>COSODII</i> ^{c)}	0.3 % of surface runoff	水文学的仮定
<i>Garrels and MacKenzie</i> ^{d)}	10 % of surface runoff	水収支
<i>Lvovich</i> ^{e)}	31 % of the total water flux	水収支
<i>Nace</i> ^{f)}	1 % of surface runoff	水文地質学的仮定
<i>Zektser et al.</i> ^{g)}	10 % of surface runoff	水収支
<i>Zektser and Loaiciga</i> ^{h)}	6 % of the total water flux	ハイドログラフ分離

これまで、研究方法と対象スケールを基準に、3つのタスクを設けて国際共同研究が進められてきた。海底地下水湧出の調査は、海外においては、フロリダ湾、豪州・パース、シシリア、ブラジル、モーリシャス、バンコク、マニラ、韓国などで行われ、また日本各地においても熊本不知火、黒部、鳥海山山麓、兵庫御前浜、伊予西条等の海岸で行われてきた(谷口, 2009)。

タイのバンコク湾では、湾に流入する河川水がもたらす栄養塩と、海底地下水がもたらす栄養塩類の比較が行われた(Burnett et al., 2007、図1)。硝酸に関しては、脱窒素の影響等を受けて、地下水がもたらす負荷量は河川水のそれより非常に小さいが、その他のアンモニア、リン、ケイ酸等は、河川水がもたらす負荷量に匹敵する量の負荷が、地下水のよりもたらされている様子が明らかである。乾季(1月)と雨季(7月)を比較すると、河川水・地下水とも、物質負荷量は雨季の方が多いが、乾期では全体の物質負荷量に占める地下水起源の負荷量の割合が高くなっている。

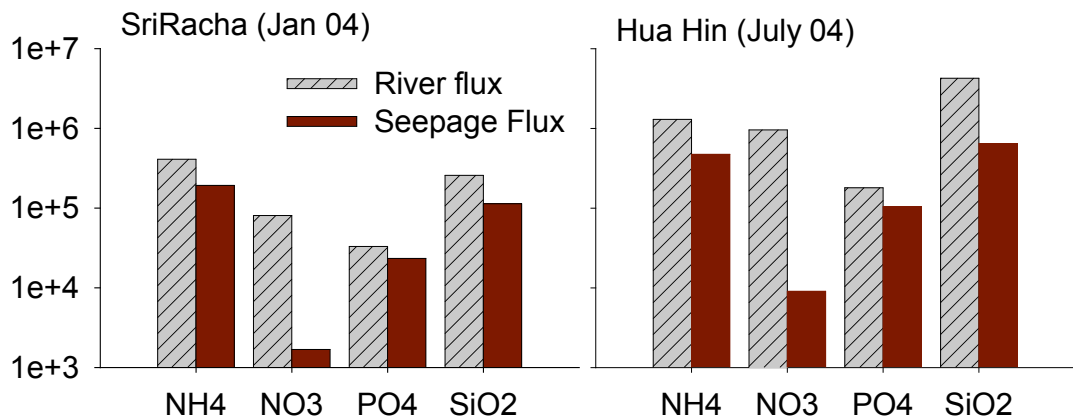


図1 タイ湾への河川流出（斜線）と地下水流出（塗りつぶし）による栄養塩の負荷（左図は乾季、右図は雨季, Burnett et al., 2007 を改変）

一方日本の各地では、海底地下水流出の定量的評価に加えて、沿岸生態へ影響評価に関する調査研究も開始された。沿岸における岩ガキの生息で有名な鳥海山山麓沿岸は、火山地域という地質学的な特徴のほか、年間降水量が多い気象学的特徴、標高 2236m の鳥海山が沿岸近くに存在するという地形学的な特徴を持つ。これらの特徴が沿岸における海底地下水湧水を形成し、その分布は釜磯海岸や女鹿湾など広範囲に及ぶ。海底地下水湧出量を直接測定するシーページメータ（地下水湧出量計）により連続自記測定を行った結果、釜磯海岸では1日当たり 198cm の海底地下水湧出量を記録した。海底湧出地下水を「陸域起源の淡水成分」と「海水起源の再循環海水成分」の2成分に分離した結果、陸域起源の淡水成分が 60 cm/日であった。つまり約3割の淡水と約7割の海水が混ざった汽水域に、岩ガキが生育していることになる。

海底地下水湧出を検知する方法の一つに、沿岸水のラドン濃度を調べる方法がある。鳥海山山麓の海岸沿いのラドン測定からは、釜磯海岸や女鹿湾等で高濃度のラドンが検出された。また女鹿の海岸から沖合いに 10km 程度までラドンを測定した結果によると、海岸から約 2km 程度まで、ラドン濃度が海水よりも高い地下水流出の影響が見られた。

また岩ガキの漁獲量と年間降水量との関係を調べたところ、平成6年(1994年)の渇水年を除くと、両者には弱いながらも相関関係がある。つまり降水量が多い年ほど、岩ガキの採取量が多い(図2)。汽水を好む2枚貝も、河川起源の淡水が海水と混ざった汽水と、地下水起源の淡水が海水と混ざった汽水とでは、温度などの物理環境や、淡水に溶け込んでいる栄養塩などその違いが大きい。この違いを明らかにするために、同位体をトレーサー(追跡子)として用いる方法がある。岩ガキの殻のストロンチウムを測定することにより、その成分のうち、どれくらいが淡水成分なのか、またその淡水が地下水起源なのか河川水起源なのか、という情報を得ることが可能になりつつある。

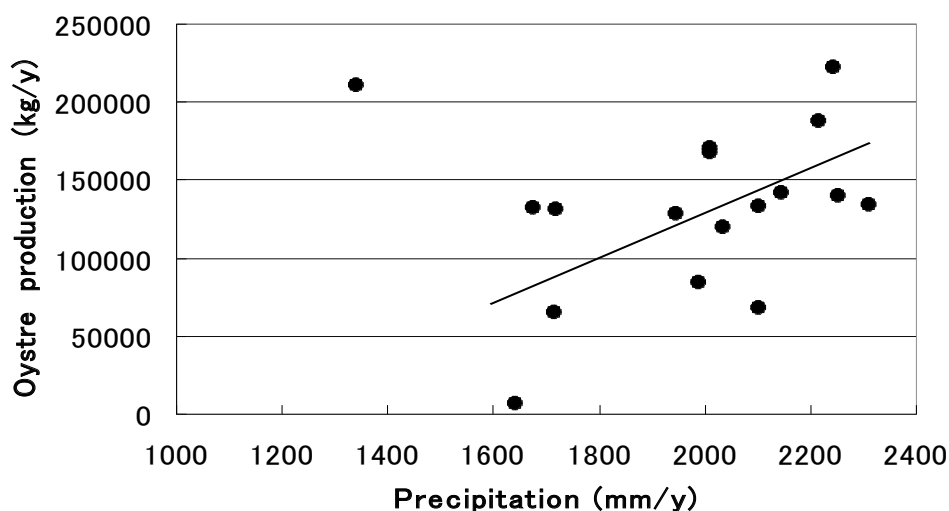


図2 山形県吹浦漁協の岩ガキ収穫量と年降水量 (谷口, 2010a)

鳥海山麓には多くの湾があるが、釜磯、女鹿、象潟などでは、湾ごとに岩牡蠣の大きさや形が異なる。鳥海山西麓の河川の発達の様子を調べると、吹浦や象潟の南には河川が発達しているのに対して、釜磯や女鹿では、大きな河川が発達が見られない。河川が発達していない湾では、陸から海への水の流出は、地下水（海底湧水）をとおして起こっていると考えられる。つまり、河川が発達のない釜磯海岸や女鹿湾では、必然的に海底湧出地下水が多く、釜磯や女鹿の岩ガキは、海底地下水湧出の影響を強く受けていると考えられ、岩ガキの殻のストロンチウム同位体比の測定結果もそれを指示している。

鳥海山麓の岩ガキばかりでなく、海底地下水湧出が沿岸生態系に影響を与えている例として、アサリと海底地下水湧出の関係がある。兵庫県加古川河口域の御前浜で、海底地下水湧出と沿岸域の地球物理測定（比抵抗：塩分濃度の指標）、地球化学測定（一般水質や酸素・水素・Sr 同位体比）、密度差を考慮した地下水流出数値モデル、等を用いた調査解析を行った。その結果、沿岸から沖合にかけて、海底地下水湧出量の分布にダブルピークがみられ、アサリ分布のダブルピークと一致する事が明らかになった。またこれらの分布域は、海底下の塩分濃度(比抵抗により測定)や、アサリの殻のストロンチウム同位体比とも整合性がみられた。

さらに愛媛県西条市の沿岸では、曳航によるラドン調査と、定点による湧出地下水の連続測定により、海底地下水湧出の量と分布域が明らかになっている。沿岸河口域にある「弘法水」付近では、10-40cm/日の海底地下水湧出量が観測され、西条平野のうち抜き井戸が多く分布する地域の北側と、周桑平野の高須付近で高濃度のラドンが測定された。これらの地域は、3次元地下水流動モデルによって計算された、地下水流出量の多い地域と比較的良好に一致している。石鎚山系にその源流を有する賀茂川が、一旦伏流して地下水を形成し、その後「打ち抜き井戸」として自噴し、あるいは沿岸に海底地下水

湧出として流出しており、陸と海を地下水がつかないでいる例が西条でもみることができる(谷口, 2010b)。

「森と海の連環」の中で、水と物質を運ぶ経路は、河川水だけではない。目には見えないが、地下水は様々な栄養塩を陸から海へはこび、一定の温度条件などを付与することで、沿岸生態系が保たれている地域が数多くあると考えられる。地下水がつかなく陸と海は、急峻な地形、火山性地質、降水量が多い気象条件などと相まって、日本では一般的に見られると考えられる。沿岸域の生態系の維持のためにも、この目には見えないが、水と物質の重要な移動経路の一つであり、陸と海をつなぐ「地下水」の評価が、今後さらに必要である。

参考文献

- 谷口真人(2005) : 海洋境界を通しての物質のフラックス、河村公隆・野崎義行編、地球化学講座第6巻「大気・水圏の地球化学」, 249-252, 培風館
- 谷口真人(2009) : 湧水一人が地下水と出会う時、秋道智彌ほか編『水と生活』、勉誠出版、79-103.
- 谷口真人(2010a) : 鳥海山の海底湧水、秋道智彌編『鳥海から考える人と水』、東北企画出版 51-69.
- 谷口真人(2010b) : 世界の地下水問題、総合地球環境学研究所編『未来へつなぐ人と水』、創風社、12-31.
- Burnett, W.C., G. Wattayakorn, M. Taniguchi, H. Dulaiova, P. Sojisuporn, S. Rungsupa, and T. Ishitobi (2007): Groundwater-derived nutrient inputs to the Upper Gulf of Thailand, **Continental Shelf Research**, 27, 176-190.

キーワード : 海底地下水湧出, 沿岸域, 栄養塩, 地下水, ラドン濃度

Key Words ; Submarine Groundwater Discharge (SGD), Coastal area, Nutrient, Groundwater, Radon activity

難分解性有機化学物質による生態系の汚染と生物濃縮の態様

Contamination and bioaccumulation of persistent organic pollutants in the marine ecosystems

中田晴彦 (860-8555熊本市黒髪2-39-1熊本大学大学院自然科学研究科)

Haruhiko NAKATA (Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University)

nakata@sci.kumamoto-u.ac.jp

はじめに

人工化学物質による海洋汚染を調べる際の視点は、大きく2つに分けられよう。一つは、化学物質が海洋生物に及ぼす影響を評価することであり、現在、汚染が原因で起こっている環境異変を発見し、そのメカニズムを解析することである。もう一つは、環境中に存在する化学物質の種類・量・マトリクスを把握することであり、それは化学物質の環境特性を理解して、将来起こり得る汚染リスクの最小化につなげることを目的としている。

前者の「影響評価」は、研究の動機や目的が明確でわかりやすい。ところが、実際に海洋環境で認められる異変の主な要因を化学物質の汚染に求めることは難しい。1950年～60年代の公害問題がクローズアップされた頃とは異なり、現在の閉鎖系海域で観察される異変の多くは、複数の要因が時系列に絡み合った結果と考えられるためである。ところが、化学物質による生物への影響が目に見える形で確認される例が、現在の有明海や八代海において報告されている。かつて船底塗料として使用された有機スズ化合物が、使用禁止から20年を経た今でも巻貝の生殖異常(インポセックス)を起こしている。本日の前半は、2001年から2008年にかけて発表者らが有明海沿岸で実施した巻貝に関する調査内容を紹介する。

海洋汚染を調べるもう一つの視点、「化学物質の環境特性の理解と汚染リスクの最小化」については、近年の化学物質の適正な製造・使用・管理・運営体制のグローバル化との関係で捉える必要がある。有害化学物質の環境負荷や越境汚染を防止するため、2004年にストックホルム条約(POPs条約)が発効した。環境残留性、生物蓄積性、毒性等が懸念される12種類の有機塩素化合物がリストアップされ、その製造・使用・輸出入等に国際的な規制が敷かれたが、昨年新たに有機フッ素化合物など9物質が追加指定された。これらは、最近になって高い環境残留性や長距離移動性が明らかになり、その後の毒性試験において環境負荷への懸念が高まった物質である。有機スズ化合物のように海洋生物に明らかな異常を起こしていないが、生態影響が明らかになって対策を取るのでは遅すぎるため、事前に一定の規制を設けることがその趣旨である。近年の化学物質の国際管理・運営法には、こうした「予防原則」の考え方に基づいた施策がとられている。

始めは環境中で容易に分解されるとされていた化学物質が、詳細に調べると沿岸海域を広範囲に汚染し、生態系の高次捕食者にまで生物濃縮する例が見つかっている。プラスチック製品に含まれる紫外線吸収剤や、香水・シャンプー等の生活関連物質に含まれている人工香料が該当する。物理化学性や事前の生物濃縮性試験のみで化学物質の環境挙動を完全に把握することは難しく、さらにこうした物質が海洋生物に与える影響はよくわかっていない。本日の後半は、発表者らが有明海やアジア沿岸で行っている新規の難分解性有機化学物質(紫外線吸収剤等)の環境特性に関する調査研究を紹介したい。

干潟域における生物生息場の回復手法と評価

REHABILITATION TECHNIQUE AND EVALUATION OF THE HABITAT IN TIDAL FLAT AREA

増田龍哉(860-8555熊本市黒髪2-39-1熊本大学大学院先端機構)・滝川清(熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター)・御園生敏治(熊本大学大学院自然科学研究科)

masuda@gpo.kumamoto-u.ac.jp

1. 背景と目的

有明海は我国の干潟総面積の約 40%に及ぶ広大な干潟が発達した大型閉鎖性内湾であるが、近年、貧酸素水塊の発生等の環境悪化に伴う諸現象が慢性化し、悪循環に陥っているものと懸念されている。その原因は地球温暖化や負荷の蓄積等様々な事象が考えられるが、沿岸域の開発や海岸線の人工化等による、本来水辺や海岸線に存在する潮上帯から潮下帯までの連続した地形の場所（以下なぎさ線）の減少も原因の一つとして挙げられる。特に、有明海の湾奥から熊本市南部を流れる緑川河口に至る有明海東海岸は、古くから干拓等が行なわれることでなぎさ線が消失しており、海岸堤防の前面には勾配のほとんど無い平坦な干潟が広がっているにすぎない。

なぎさ線は多種多様な生物の生息・生育の場として機能しており、そういった生物活動の下、食物連鎖を通じた物質循環がバランス良く効率的に行なわれることで高い浄化機能を有している。そういったことから、なぎさ線を回復することは、有明海の海域環境を再生する上で重要な役割を担うと考えられる。著者らは、有明海の干潟海域環境を回復・保全するために、なぎさ線を人工的に造成し、干潟生態系が有している自己再生機能（浄化機能）を回復（復元）させる「なぎさ線の回復」という対策工法の現地実証試験を行なっている。

本講演では、現地実証試験の経過と人工なぎさ線の創成による生息生物種および生物量の予測手法を考案・検証するとともに、その手法を用いて生物の生息基盤となる覆砂材の粒度組成や地盤高を変化させるといった構造の検討結果等を紹介する。

2. 現地実証試験地の概要

有明海の湾中央部東側に位置する熊本港の東側と北側に、2005年10月に「東なぎさ線」、2006年10月に「北なぎさ線」、2007年9月に「エコテラス護岸」を造成した（図-1）。

東なぎさ線は、熊本港東護岸前面に H. W. L. から現地盤の T. P. $\pm 0.00\text{m}$ まで、幅 $100\text{m} \times$ 奥行 100m の範囲で、潜堤をカタナリー曲線形に設定し、ちどり状に配置した。中央粒径が約 0.79mm の有明海産の海砂で覆砂を施し、中央部勾配は約 $1/30$ で、護岸の前面には潮上帯付近の覆砂の流出を防ぐための突堤が2本、中央部には生物の生息環境に多様性を持たせるための島堤が3箇所配置されている（写真-1）。

北なぎさ線は熊本港北護岸前面に H. W. L. から現地盤の T. P. -2.00m まで、土砂流失を防ぐための突堤を幅 $40\text{m} \times$ 奥行 50m で2本配置した。そこに、中央粒径が約 0.02mm の熊本港近郊の航路浚渫土砂を下層（現地盤から T. P. -1.50m まで）、浚渫土と中央粒径約 0.18mm の海砂を50%ずつ混合した土砂を中層、海砂のみを表層（厚さ 0.5m ）に使用した3層構造になっている。勾配は約 $1/12$ で、軟弱な浚渫土砂の流出を防ぐため、護岸から約 40m 沖に中仕切堤が設置されている（写真-2）。

エコテラス護岸は熊本港東側の沖新海岸前面に、捨石でマウンドを造った後、幅 9.5m 、奥行き 2.5m のコンクリート製側溝を階段状（テラス状）に3段並べ、2007年9月に造成が完了した。

上段は天端を H.W.L. (T.P. +2.05m) に設定し、前面の泥を入れた後、熊本県沿岸に自生しているハマツナ、ホソバナハマアカザ、ハマサジ、フクド、シオクグの5種類の塩生植物を植栽した。中段は天端を T.P. +0.75m に設定した潮溜りとなっており、側溝の壁面に多孔質パネルを使用している。また、潮溜りには多孔質ブロックを入れることで、生物の隠れ処を作っている。下段は天端を T.P. +0.55m に設定し、4等分に仕切りをした後、前面の干潟底泥と中央粒径が約 0.17mm の海砂をそれぞれ別区画に入れて、粒度組成が異なるテラス干潟となっている (写真-3)。

3. 現地実証試験の経過

東なぎさ線造成前の 2005 年 8 月の調査ではアラムシロ、テリザクラガイ、ヤマトオサガニ、トビハゼ等 6 種が確認された。造成半年後の 2006 年 4 月の調査では、確認種数が 9 種で造成前の種数を上回り、その後は造成 1 年後 (2006 年 10 月) まで 13 種程度で推移した。造成 1 年半後の 2007 年 5 月の調査からは定性調査に加えて定量調査を追加することで、環境省レッドデータブックで準絶滅危惧種に指定されているクチバガイ等の二枚貝綱といった内在性の種を新たに多数確認できた。造成 4 年後の 2009 年 10 月の調査では、東なぎさ線内で 29 種と全調査中最も多くの種が確認された (図-2)。東なぎさ線の造成から 4 年後までの調査で、アサリやハマグリ等の二枚貝綱、ウミナナやタマキビ等の巻貝綱、コメツキガニやテッポウエビ等の甲殻綱等に加え、種の同定が困難なため図には反映させていない環形動物のうち同定ができていない種を合わせると計 89 種の生物が確認されている。その中には、環境省や熊本県のレッドデータブックに記載されているイチョウシラトリやハクセンシオマネキ等の希少種も 20 種確認された。

北なぎさ線においても東なぎさ線同様徐々に生物種数が増加し、造成から 3 年後までの調査で計 80 種の生物が確認され、その中には、環境省や熊本県のレッドデータブックに記載されているマルテンスマツムシやサキグロタマツメタ等の希少種も 11 種確認された。また、北なぎさ線では東なぎさ線よりも現地盤の標高が 2m ほど低いため、アサリ等の二枚貝が優占している。さらに、リシケタイラギのような有用水産生物種も確認されている (図-3)。

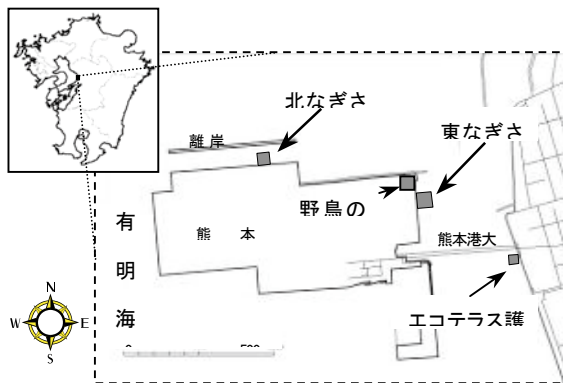


図-1 現地実証試験地の位



写真-1 熊本港「東なぎさ



写真-2 熊本港「北なぎさ



写真-3 エコテラス

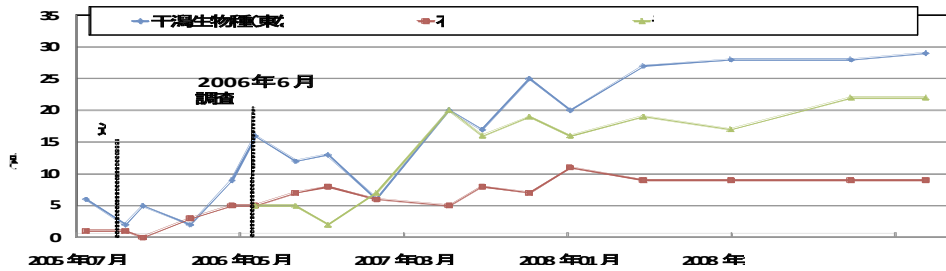


図-2 東なぎさ線における種類数の変化

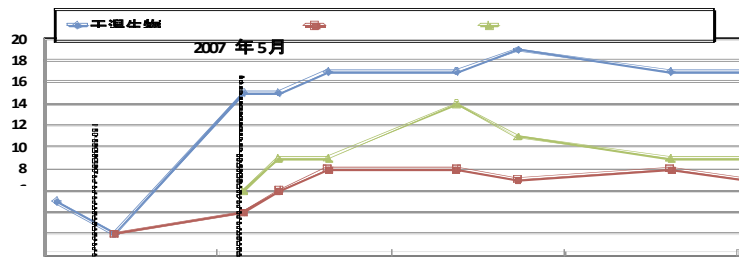


図-3 北なぎさ線における種類数の変化

東なぎさ線や北なぎさ線を造成した場所は、砂～砂泥質の干潟であったが、泥化の進行により砂～砂泥質干潟を好む生物は姿を消しつつある。しかし、なぎさ線を造成することで、それらの生物の生息場が復元できることが実証され、生物種の多様な場が外側の干潟を含めて空間的に回復されている。また、北なぎさ線は利用されていない港湾の石積み護岸前面における、希少種の保全・有用水産生物種の保全の場としての利用の可能性が示唆された。干潟なぎさ線を回復することによって種が多様化し、絶滅危惧種や希少種も多数確認されるなど、生物の生息場を復元する手法として有効であることが示された。

4. 生息生物の予測と評価

「なぎさ線の回復技術」を有明海の様々な場所で適用していく場合、事前にその効果や維持管理のタイミング等を予測・評価する必要がある。そこで、有明海においてなぎさ線が残っている自然干潟を調査し、その結果を用いて HSI (Habitat Suitability Index) を構築した。また、2005年に造成された東なぎさ線のモニタリング結果によりその精度を検証し、人工なぎさ線の構造を変化させた場合の生息生物種及び生物量の予測を行った。

比較干潟調査結果により、出現頻度の高かったコメツキガニ、クチバガイ等の計8種について HSI モデルを作成した。なお、モデルに用いた環境要因は底質の含泥率、CODsed、含水率、地盤高で、SI の結合には「最も適正の低い環境要因が制限的に影響を与える」という考えから限定要因法「 $HSI = \min(SI \text{ 含泥率}, SI \text{ CODsed}, SI \text{ 含水率}, SI \text{ 地盤高})$ 」を用いた。精度検証の結果、実測で個体数が確認された範囲は、HSI 値 0.3 以上の範囲内に概ね入り、一定の精度で評価を行っていることが示唆された (図-4)。

実際の設計値で予測した結果、島提内側の地盤が高い地点は地盤高が高く干出時間が長いため、生物の生息には不適な地点と推察された。そこで、これらの範囲に既に生息が予想されている種の生息域を広げることを目的に、「改良①：勾配を半分にし、干出時間を短くする。」、「改良②：

造成に用いた海砂に泥分を混入させる。」のように、構造を変化させた場合の生息生物種及び生物量の予測を行った。HSI モデルの環境要因のうち、設計段階で決定できないCODsed と含水率は地盤高（干出時間）、底質の粒度組成に大きく依存するため、調査結果を基に重回帰分析を行い、得られた回帰式から CODsed と含水率を推定した。改良①では、初期の設計案と比較して、生物の生息が見られなかったなぎさ線上部にコメツキガニの生息域が広がり、同様に評価種全体でハビタットが増加したと考えられる。一方、改良②では、砂質を好むコメツキガニの生息域が泥質を好むチゴガニの生息域に置き換わったこと等により、コメツキガニのハビタットが減少し、チゴガニのハビタットが増加すると予測された。

今回構築したモデルにより、人工なぎさ線の構造を変化させた場合の生息生物種および生物量の予測が可能であることが示された。しかし、今回のように単に構造の検討を行うだけでは、HEP を応用した真の狙いが達成できていない。また、底生生物の浄化能力等、客観的な干潟生物の重要性が明らかになることで、再生事業の価値が評価される。さらに、その評価の結果を公開し合意形成を得るためのシステムを作ることも重要であると考えられる。実際の事業では、自然環境の不確実性を踏まえたうえで、事業後にもモニタリングや再生された環境の維持管理が順応的に行われていく必要がある。HEP を用いた評価は、このような順応的管理においてもその指針として有効に働くと考えられる。

参考文献

滝川清・増田龍哉・五十嵐学・五明美智男・森本剣太郎（2009）：有明海沿岸干潟域における生物生息場の「回復」・「創生」・「工夫」による自然再生へ向けた取り組み，海洋開発論文集，Vol.25，pp.317-322。
 増田龍哉・倉原義之介・五十嵐学・五明美智男・滝川清・森本剣太郎（2009）：有明海における「なぎさ線の回復」効果の予測手法に関する研究，土木学会論文集B2（海岸工学），Vol.B2-65，No.1，pp.1206-1210。

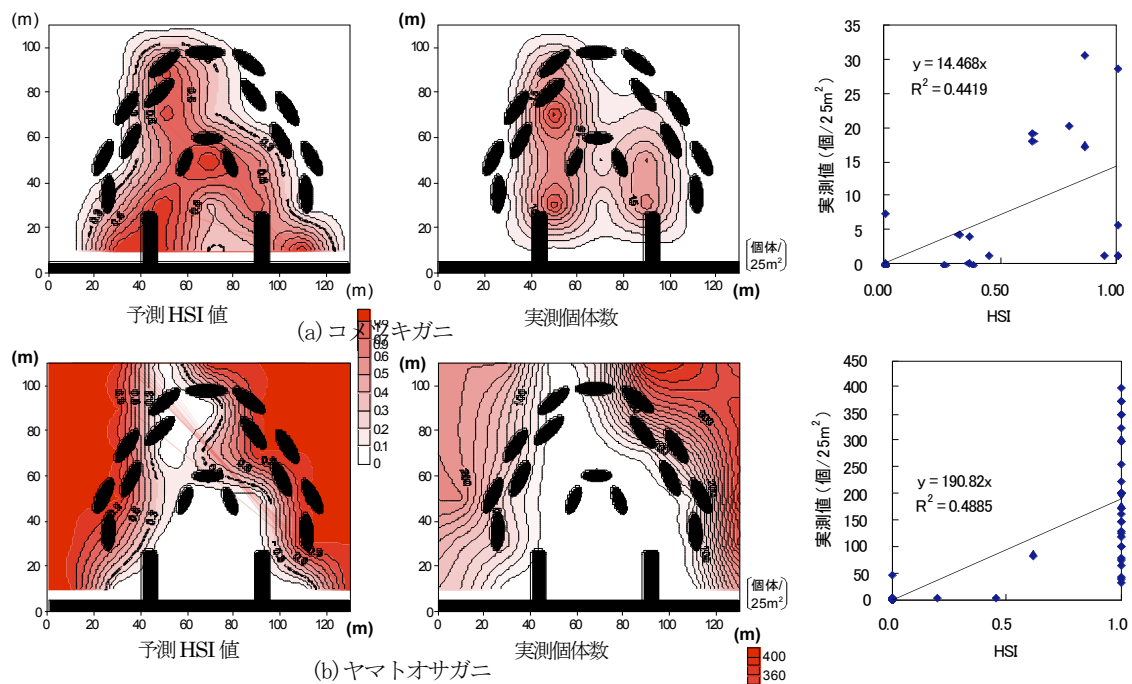


図4 コメツキガニ・ヤマトオサガニのHSI値・実測値分布と相関

キーワード：干潟、底生生物、生態系、なぎさ線、HIS tidal flat, benthos, ecosystem, shoreline, HSI

ポスターセッション

(9:00-17:00, コアタイム : 11:50-13:20)

会場 : 百周年記念館 1 階ホール

「シンポジウム関連」

ラドンを用いた八代海における海底湧水の評価

小野昌彦 (熊本大学・院・自然科学), 嶋田 純 (熊本大学), 島崎英行 (同), 徳永貴弘 (熊本大学・院・自然科学)

排水処理施設における低カロリー甘味料の濃度分布とその周辺河川および地下水への排出について

折式田崇仁・中田晴彦 (熊本大学・院・自然科学)

排水処理場における難分解性医薬品「X線造影剤」の存在と河川水の汚染状況

坊村忠士・中田晴彦 (熊本大学・院・自然科学)

牡蠣による有明海沿岸の底質中難分解性化学物質 (多環芳香族炭化水素) 除去技術の開発 ～実証試験による効果の検証～

豊永悟史・中田晴彦・涌田智美 (熊本大学・院・自然科学)・滝川清 (熊本大・沿岸域環境科学教育研究セ)

中海本庄水域の堤防開削に伴う底生有孔虫・貝形虫生物相の変化

高田裕行 (島根大・汽水セ)・入月俊明 (島根大・総合理工)・瀬戸浩二 (島根大・汽水セ)・横瀬貴之・松本香織・砥上政隆・小草宏樹 (島根大・総合理工)・野村律夫 (島根大・教育)

中海堤防開削による本庄水域の底質環境の変化

重康智洋・山田瑞希・鈴木秀幸・山口啓子 (島根大・生物資源)・瀬戸浩二・倉田健悟 (島根大・汽水セ)

ラドンを用いた八代海における海底湧水の評価
Evaluation of submarine groundwater discharge
in the Yatsushiro Sea by using radon

小野昌彦 (熊本大学・院・自然科学), 嶋田 純 (熊本大学),
島崎英行 (同), 徳永貴弘 (熊本大学・院・自然科学)
masa.ono@es.sci.kumamoto-u.ac.jp

海底湧水 (海底地下水湧出:SGD) とは, 地下水が直接海域へ流出する現象のことで, 水文学, 海洋学などの研究分野で注目を集めている. 地下水は河川などの地表水に比べて溶存成分が多いこと, また陸域由来の淡水が海水中に直接湧出することからも, 沿岸域環境下において生物的・化学的に与える影響が大きいと考えられる. そのため, 海底地下水湧出の実態把握とその定量的評価が重要である.

海底地下水湧出の評価に当たり, 地下水に含まれる天然由来のトレーサーが用いられることが多く, その中でも特に注目されているトレーサーがラドン (^{222}Rn) である. ラドンはウラン崩壊系列に属する放射性元素で, 半減期 3.82 日で α 崩壊しポロニウム (^{218}Po) となる. 地下水中のラドンの主な供給源は, 岩石に含まれるラジウム (^{226}Ra) であり, 地下水と岩石が接触している間は常にラドンが供給されるために地下水中のラドン濃度は高くなる. 一方で, ラドンは大気へ容易に散逸する性質を持つため, 大気と接触している地表水中のラドン濃度は低くなる. このような性質から, ラドンは海洋や湖沼, 河川などの地表水体における地下水湧出を検出する上で有効なトレーサーである.

今回研究対象地域とした八代海では, 1 級河川の球磨川が主要な陸域からの水や物質の輸送経路であると考えられている. しかしながら, 不知火永尾地区に代表される潮干帯における淡水の湧出や, 断層に伴う海底地下水湧出の存在が示唆されていることから, 地下水湧出が八代海における陸域からの物質輸送経路の一つとなる可能性がある. 本研究では, 特に不知火永尾地区を含む宇土半島南岸と, 八代干拓地沿岸を除く八代海東部沿岸を対象に, 2010 年 2 月および 9 月に調査を実施した. 現地調査では, 大気ラドン濃度測定器 RAD7 (Durrige Co.) および追加の測定機材, 小型の船舶を用いて沿岸域の海水中のラドン濃度を連続的に測定した. 本発表では, 9 月に実施した現地調査の結果と海底地下水湧出の可能性について報告を行う.

キーワード: 海底湧水, ラドン

Key words: submarine groundwater discharge, radon

排水処理施設における低カロリー甘味料の濃度分布と その周辺河川および地下水への排出について

Low-calorie sweeteners in wastewater treatment plant samples and its discharge profile into aquatic environment, river water and ground water

折式田崇仁・中田晴彦 (860-8555 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科)

Takanori ORISHIKIDA, Haruhiko NAKATA (Grad. of Sci. and Tech., Kumamoto Univ.)

103d8022@st.kumamoto-u.ac.jp

低カロリー甘味料は飲料等への需要の高まりを受け、近年製造・使用量の増加が予想される化学物質である。砂糖の数百倍もの甘味を有し、その代替として利用価値は高いものの、一部の人工甘味料は体内で分解されず、そのまま排泄されることが知られている。最近、欧州で行われた環境調査において、人工甘味料が河川水に高濃度で存在することが報告された¹⁾。また、飲料水用の地下水からも検出されており、人工甘味料による環境負荷や水生生物への影響に関心が高まりつつある。ところが、日本で人工甘味料の濃度分布を調べた例は少なく、その環境特性は明らかになっていない。そこで本研究は、8種の低カロリー甘味料を対象に排水処理施設の流入水、流出水および湧水と河川水を分析し、それらの濃度分布と環境特性の解析を目的とした。

2010年、九州内の5カ所の排水処理施設で流入水と流出水を採集した。また、本年2月から9月にかけて、施設周辺の河川の源流にあたる湧水帯から河口部までの約20kmの区間内の7地点において、湧水と河川水を採集した。分析方法は既報²⁾に従い、試料水(pH:3)を固相カートリッジに通水した後、40%アセトニトリル水溶液で目的物質を溶出した。試料溶液を濃縮したのち、HPLC-MSで甘味料の定性・定量を行った。

分析の結果、排水処理施設の流入水からアセスルファムK(AK)、スクラロース(SUC)、サッカリンNa(SA)、ステビオシド(STV)が検出された。全般に人工甘味料のAK、SUC、SAの濃度が高く、人間はこれらを含む飲食物を日常的に摂取・排泄している様子が窺えた。流入水と流出水中のAK、SUC濃度は同程度であり、このことは甘味料が排水処理で分解除去されず水環境中へ排出されることを示している。河川水を分析したところ、AK、SUC、SAが検出された(下図)。排水処理施設の下流に位置する地点1と3で濃度が高く、処理施設が甘味料の主要な排出源と考えられた。また、湧水からAKが検出されたことから、甘味料が地下水へ浸透している様子が窺えた。

AKは食品添加物として1999年に認可され、国内市場に流通した比較的新しい化学物質である。湧水に含まれるAKの存在は、地下水が形成された年代を推定する際の化学指標になる可能性がある。

キーワード：甘味料・排水処理施設・河川水・濃度分布

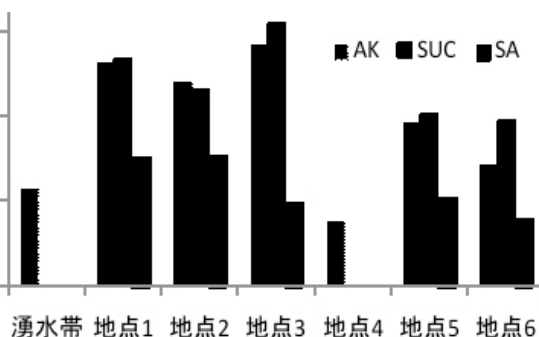


図 各採取地点における甘味料濃度

Sweeteners, Wastewater treatment plant, River water, Concentration distribution

1) Looset al. (2009) *J. Chromatog. A*, **1216**, 1126-1131. 2) 折式田ら (2010) 第19回環境化学討論会講演要旨集, 118-119.

牡蠣による有明海沿岸の底質中難分解性化学物質（多環芳香族炭化水素） 除去技術の開発 ～実証試験による効果の検証～

Development of Oyster Bioremediation Technique for Sediment Contaminated by Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) around the Ariake Sea.

豊永悟史・中田晴彦・涌田智美 (860-8555熊本県熊本市黒髪2-39-1熊本大学大学院自然科学研究科)・滝川清 (熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター)

092d8041@st.kumamoto-u.ac.jp

有明海沿岸の河口域では、難分解性化学物質の多環芳香族炭化水素 (PAHs) による重度な汚染が確認されており、沿岸生態系への影響が懸念されている¹⁾。当研究室では、牡蠣を用いて底質中の PAHs を除去する新たな汚染浄化技術の可能性を報告してきたが²⁾、その有用性を実環境中で評価するには至っていない。そこで本研究は、有明海沿岸の河口域で約 1,500 個の牡蠣を 8 ヶ月間飼育する実証試験を行い、底質中の PAHs 濃度の経時変化を調べて本技術の効果を検証した。

2008 年 10 月から 2009 年 6 月にかけて、熊本県天草地方 (非汚染域) から採集した牡蠣を試験区 (重度汚染域) に設置した塩ビ製架台 (1.7 m x 1.7 m) 上で 1 ヶ月間飼育して PAHs を蓄積させた。その後、人工海水を満たしたプールで牡蠣を 1 週間飼育しその体内から PAHs を排出させ、再度検体を架台上に戻す操作を 6 回連続で行った。実験期間中に架台直下 (試験区) と、架台から上下流それぞれ 2 m 離れた地点 (対照区) の底質をそれぞれ採集し、PAHs の分析を行った。

実験の結果、実験開始時 (10 月 23 日) の試験区の底質中 PAHs 濃度は、 $8,670 \pm 1,150$ ng/g (n=5, dry wt.) であったが、3 ヶ月後 (1 月 27 日) には $3,460 \pm 470$ ng/g となり、実験開始時の値に比べ約 60 %も減少した。このことは、牡蠣が試験区の底質中 PAHs を集中的に回収・除去した可能性を示しており、本技術の有用性が窺えた。一方、対照区の底質中 PAHs 濃度はいずれも試験区のそれに比べ 1.4~2.1 倍も高いものの、概ね試験区と類似の変動傾向を示した。対照区の濃度変化は、架台周辺の底質への PAHs の流入量の変化を反映している可能性が考えられた。また、牡蠣が対照区を含む広範囲の底質を浄化していることも考えられたため、牡蠣の濾過水量³⁾と本実験に供した検体数を基に総濾過水量を試算した。その結果、架台上の牡蠣は一潮汐あたり 65 m^3 の水を濾過しており、架台から 5.6 m も離れた場所の底質を浄化できる可能性が示された。

本研究により、牡蠣は表層底質の PAHs 除去の有用な生物指標であり、新たな汚染浄化法に発展する可能性が窺えた。とくに、底質表層に汚染度の低い「浄化済底質」が形成され、それが「フタ」になることで、中層以下の底質から汚染物質の新たな流出を防止する効果が期待できる。

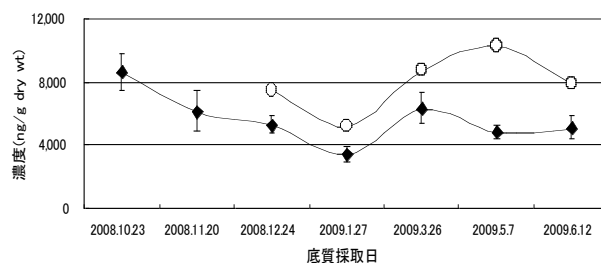


図 試験区および対照区の底質中 PAHs 濃度の変化

【参考文献】 1) 中田ら(2004) 日本水産学会誌 **70**, 555-566. 2) 中田ら(2008) 海岸工学論文集 **55**, 1286-1290. 3) 赤繁ら (2005) 日本水産学会誌 **71**, 762-767.

キーワード：牡蠣，多環芳香族炭化水素，有明海沿岸，底質，汚染浄化技術

Oyster, Polycyclic aromatic hydrocarbon, Ariake Sea, Sediment, Bioremediation

中海本庄水域の堤防開削に伴う底生有孔虫・貝形虫生物相の変化
Changes in faunal association of benthic foraminifers and ostracodes
with artificial changes in the Honjo area of Lake Nakaumi,
southwestern Japan

高田裕行¹・入月俊明²・瀬戸浩二^{1,*}・横瀬貴之³・

松本香織²・砥上政隆²・小草宏樹²・野村律夫⁴

690-8504松江市西川津町1060 ¹島根大学汽水域研究センター, ² 島根大学総合理工学部

³ 島根大学大学院理工学研究科, ⁴ 島根大学教育学部, * seto@soc.shimane-u.ac.jp

中海本庄水域では2009年5月に森山堤防の開削(幅60m)が行われ,本庄水域と境水道との間で水交換が行われるようになった.こうした人為的環境変化の影響に伴う底生有孔虫・貝形虫の変化について,森山堤防開削地点近傍のM9地点を中心に検討中の結果を,報告する.

(底生有孔虫) 底生有孔虫生体(染色)個体は,本庄水域M9地点で *Ammonia* “*beccarii*” forma 1, *Trochammina hadai*, *Miliammina fusca* の3種類が,産出した.*A.* “*beccarii*” forma 1 がもっとも多く,2007年12月以降,ほぼ連続的に産出する.本種の殻サイズ組成は明瞭な季節変動を示し,概して冬~春季に小型個体が多いのに対して,夏~秋季には幅広い分布を取る.また,その現存量は,2008年夏~秋季にかけては単調に減少したのに対して,2009年夏季において現存量はほぼ一定に推移している.以上のことから,*A.* “*beccarii*” forma 1 は,2007年冬季より本庄水域北東部で連続的に生息し始めたと考えられる.また,冬季における現存量の急激な増加は,サイズ分布から判断して,幼生の新規加入によると思われる.2007年冬季以降にみられる本種の現存量の増加は,本庄水域への底生有孔虫の移入がかつては散点的であった上に,その個体群が短期間に消滅していたのに対して,西部承水路撤去工事以降は,中海から本庄水域への個体群の移入が頻繁に起こり,定着しやすくなったことを暗示する.

(貝形虫) 森山堤防が開削される前の2009年3,4月および開削後の5-8月における本庄水域M9地点の貝形虫群集を検討した.結果として,2009年3月の試料からは *Cytherura miii* と *Xestoleberis hanaii* の2種が産出したが,すべて遺骸殻であった.前者は塩分が低い汽水域に生息する種で,部分的に付属肢が付着していた個体が存在したため,季節によっては生体がいる可能性もある.後者は岩礁の海藻に生息する種で,明らかに運搬された個体である.2009年4月は遺骸殻も確認することはできなかった.一方,開削後の5月以降,急激に貝形虫の遺骸殻は増加したが,生体は確認できていない.開削後における遺骸殻を構成する主な種は依然として *C. miii* と *X. hanaii* であったが,他に様々な保存状態を示す数10~50種近くの様々な海域に生息する種が混在していた.また,開削地点の東側のM1地点や大根島の南側で生体が確認されている代表的な泥底種の *Bicornucythere bisanensis* は,開削後のM9地点で遺骸殻も数個体しか確認できていない.このように,開削後,多産した多くの種の遺骸殻は運搬あるいは再堆積した個体で,東側から泥底種の生体が移動し,本庄水域へ定着している可能性は低いと推定される.

Keyword: 貝形虫, 底生有孔虫, 中海本庄水域 (ostracodes, benthic foraminifers, Honjo area)

中海堤防開削による本庄水域の底質環境の変化

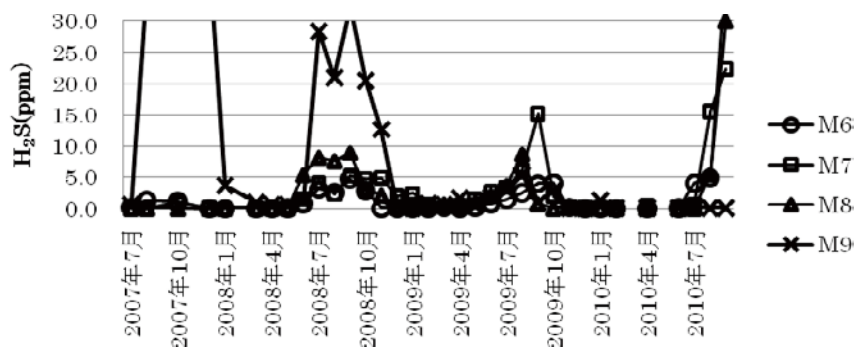
Change of the bottom environment in the Honjo area of Lake Nakaumi associated with the partial removal of dikes

重康智洋(690-8504松江市西川津町1060島根大学生物資源科学研究科)・山田瑞希(島根大学生物資源科学部)・鈴木秀幸(島根大学生物資源科学研究科)・山口啓子(島根大学生物資源科学部)・瀬戸浩二・倉田健悟(島根大学汽水域研究センター)

keiko@life.shimane-u.ac.jp

現在、日本各地の沿岸河口域の浅場では人為的な改変が進められ、環境の変化との関係が指摘されている。中海でも、近年の環境悪化の原因の一つとして、1970年代に行われた干拓・淡水化事業があげられる。特に、本庄水域は全域を堤防で囲まれており、極めて閉鎖的な水域となっていた。そのような中、2000年に本庄水域干拓事業中止が決定し、2006年より堤防開削事業を行うこととなった。本研究では、特に底質環境と H_2S に着目し、中海、本庄水域における開削前後での環境変化についてモニタリング調査を行った。また、本庄水域湖底には干陸時に道路とするための盛り土が存在する。盛り土の存在が周囲の環境に対しどのような影響を与えるのかを把握するため、凹凸の上部、下部で環境調査を行った。それらをもとに開削による影響を検討する。

まず、森山堤防開削地点付近に位置するM9の H_2S 濃度が、堤防開削前と比較して低下していたが、M6, M7, M8ではM9とは逆に開削後の値が高くなっていった(下図)。また、大海崎堤防付近に位置するM4の値も開削後の値の方が高くなっていった。これらは堤防開削を境に変化していることから、開削の影響によるものだと考えられた。また凹凸に着目した調査では、凸部と比較して、凹部では高い H_2S 濃度を示した。これは、盛り土によって水が停滞しやすい環境であることが原因の一つとして考えられた。また、凹部の中で森山堤防開削地点付近に位置する地点の方が、貧酸素状態であることは少なく、 H_2S も低い値を示していたことから、開削部分からの海水流入が影響していることが示唆された。



Key words: 中海 本庄 硫化水素 Nakaumi Honjo H_2S

ポスターセッション

(9:00-17:00, コアタイム : 11:50-13:20)

会場 : 百周年記念館 1 階ホール

「環境変動系」

北海道能取湖における過去 300 年間の環境変化

齊藤誠(島根大・総合理工)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・香月興太(高知大・コアセンター)・園田武(東京農大・アクアバイオ)・川尻敏文(西網走漁協)・渡部貴聴(網走市水産港湾部)

北海道東部網走 4 湖における過去 300 年の環境変遷

瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・齊藤誠(島根大・総合理工)・香月興太(高知大・コアセンター)・園田武(東京農大・アクアバイオ)・川尻敏文(西網走漁協)・渡部貴聴(網走市水産港湾部)

東南極, 高塩分塩湖すりばち池堆積物の地球化学的特徴

中島広海(島根大・総合理工)・瀬戸浩二(島根大・汽水セ)・金子亮(東京大・大気海洋研究所)・伊村智(国立極地研究所)

出雲平野南西部における完新統の層序と古環境

岡崎裕子(島根大・総合理工)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水セ)・酒井哲弥(島根大・総合理工)・渡邊正巳(文化財調査コンサルタント株式会社・島根大・汽水セ)

北海道能取湖における過去 300 年間の環境変化

An environmental change of the past 300 years in the Lake Notoro.

齊藤誠(690-8504 松江市西川津町1060, 島根大・総合理工)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大・汽水
域研究センター)・香月興太(高知大・コアセンター)・園田武(東京農業大・アクアバイオ学科)・
川尻敏文(西網走漁協)・渡部貴聴(網走市水産港湾部)

S099203@matsu.shimane-u.ac.jp

能取湖は、面積58.4km²、最大水深23.1mの楕円形の内海湖で、北海道網走市のオホーツク海沿岸に位置する。能取湖の湖盆は、中央部の水深約7.5mの地形的な高まりによって南北に分断されている。能取湖では1974年に湖北東部の湖口が開削されたことで、オホーツク海との水交換量が増加し環境が改善されたことが知られている。しかし近年は、青潮が発生するなど、水質・底質環境が悪化している。我々はこのような人為的環境変化イベントを堆積物の柱状試料から明らかにすることを目的とした研究を行っている。本発表では、北湖盆及び南湖盆から採取したコアを用いて能取湖の過去300年間の環境変化を考察した。北湖盆から採取された08Not-2Cコアは、主に泥質堆積物で構成されている。Ta-aテフラ(1739年)と思われる粗粒火山灰層が深度62cm付近に観察された。これは、分析を行った深度100cmまでの層準には少なくとも過去300年の記録が含まれていることを示唆している。同様な層相が南湖盆から採取された08Not-1Cコアでも観察された。両コアのCNS元素分析の結果、深度20cm付近の層準よりも下位では全有機炭素濃度が3~4%で安定している。それより上位では約2.5%に減少し、その値で安定している。有孔虫分析の結果では、*Trochammina* cf. *japonica*を主体とする群集から*Haynesina* sp. Aを主体とする群集へ同層準を境に交替した。これらは、同層準を境に外海の影響を受けるようになったことが示唆され、1974年の湖口開削の結果とみられる。また*H.* sp. Aは、深度約10cmをピークに減少する傾向にあり、近年の何らかの環境変化を示唆していると思われる。近年の環境変化を詳細に検討するため、2本のショートコアを分析した。09Not-3SCコアは南湖盆から採取され、深度14~8cmは生物擾乱が見られたが、それ以外の層準ではラミナが見られた。09Not-2SCコアは、生物擾乱によりラミナは確認できなかった。両コアはそれぞれ深度13.5cm及び9cmに*H.* sp. Aの産出数のピークが存在し、その上位ではあまり産出しない。このことから、能取湖全体において*Haynesina*多産イベントが深度10cm付近で起こったと考えられる。軟X線写真の観察によれば、09Not-3SCコアの深度14cmに高密度を示す層が見られる。この層準は粒度分析の結果から、他の層準と比べ粒度が相対的に粗く、洪水堆積物である可能性が高い。この層準は08Not-1Cコアの1974年の湖口開削の影響とみられる層準と*Haynesina*多産イベントの層準から1990年前後と考えられる。もし洪水堆積物と仮定すると過去の降水量の記録から、1992年の洪水に相当すると考えられ、同時期に*Haynesina*多産イベントが起こったことになる。

キーワード：能取湖, CNS 元素分析, 底生有孔虫 : Lake Notoro, CNS Analysis, Benthic Foraminifera

北海道東部網走4湖における過去300年の環境変遷

The environmental change during the 300 years in four lakes of Abashiri, east part of Hokkaido, Japan.

瀬戸浩二 (690-8504 松江市西川津町1060 島根大学汽水湖研究センター)・高田裕行 (島根大・汽水湖)・斎藤誠 (島根大・総理)・香月興太 (高知大・コアセンター)・園田武 (東京農大・アクアバイオ)・川尻敏文 (西網走漁協)・渡部貴聴 (網走市水産港湾部)

seto@soc.shimane-u.ac.jp

亜寒帯気候に属する北海道東部オホーツク海沿岸には、多くの汽水湖が分布する。特に網走市周辺では、能取湖、網走湖、藻琴湖、濤沸湖(網走4湖)など大小様々な汽水湖が分布し、日本有数の汽水湖群を形成している。汽水湖群の現在の環境はそれぞれ異なっており、またそれぞれの環境変遷史を持っている。

本研究では、能取湖、網走湖、藻琴湖、濤沸湖から得られた柱状試料を解析し、それらを比較することによって相違性を見だし、この地域全体の環境変遷を明らかにすることを目的としている。

網走湖と藻琴湖から得られた柱状試料は全体を通じてラミナを伴う泥質堆積物であった。網走湖では、深度1m付近にオリーブ灰から黒色に変化する層準が見られる。上位の黒色泥の層準は、現在のような強還元的水環境を示しているものと思われる。網走湖では、現在のような汽水環境が形成されたのは、1930年代と考えられており、色調が変化する層準がそれに相当するものと思われる。その下位にもラミナを伴う黒色泥層が見られ、古くから現在に近い環境を示していたことが示唆される。軟X線写真による観察によるとラミナのパターンは、網走湖と藻琴湖で類似する。藻琴湖では周期的なラミナセットが認められ、これらは年層だと考えられる。気象統計を見ると、網走周辺では、8～9月に降水量が多い傾向にある。恐らくラミナセットは周期的な降水量の変化に起因するものと考えられる。また、軟X線写真に見られるラミナの強弱は降水量の変化に関連しているように見える。水系の異なる網走湖と藻琴湖でラミナのパターンが類似することは、網走地域の降水量の変化に関係すると考えると説明しやすい。

藻琴湖では、深度350cmにTa-aテフラ(AD1739年)が確認された。網走湖では250cmに、能取湖では78cmに、濤沸湖では44cm付近に見いだされている。これらの汽水湖群の堆積速度の違いは、集水域の面積と湖沼面積に起因しているものと思われる。藻琴湖は網走4湖の中で相対的に最も集水域が広く、最も湖沼面積が小さい。したがって、藻琴湖のラミナの解析をさらに進めて行けば、近年の降水量の変遷史が詳細に明らかにされるものと思われる。

キーワード: 網走4湖, ラミナ, Ta-a テフラ four lakes of Abashiri, lamination, Ta-a Tephra

東南極, 高塩分塩湖すりばち池堆積物の地球化学的特徴
Geochemical feature of the sediment core from hypersaline
Lake Suribati in the Skarvsnes, East Antarctica.

中島広海 (690-8504 松江市西川津町1060島根大学)・瀬戸浩二 (島根大学汽水域研究センター)・
金子亮(東京大学大気海洋研究所)・伊村智 (国立極地研究所)

hiro_ixovoxi_cho@yahoo.co.jp

東南極大陸リュツォ・ホルム湾岸の露岩地域スカルプスネスに位置するすりばち池は、面積 0.41km²、最大水深 34m の塩湖である。湖面は海面下 33m と低く、海とは標高 15m の鞍部により隔てられている。また、湖水の塩分は 40~200psu と高く、水深 7~12m に塩分躍層が見られる。塩分躍層以深の底層水は強還元的な環境を示している。この湖はもともと海洋の一部であったが、氷床後退に伴う隆起により海から隔離されることによって形成された。その後、孤立した海水は蒸発・濃縮され、現在のような高塩分塩湖になったと考えられている。しかし、湖形成以降の湖水環境の変化は十分に明らかになっていない。本研究では第 46 次南極観測隊によって 2005 年に水深 9.53m より採取されたコア長 63cm の Sr4C-01 コアを用い、CNS 元素分析・XRF 元素分析・粒度分析を行った。なお、CNS 元素分析と XRF 元素分析は脱塩処理を行っていない。また、AMS¹⁴C 年代測定の結果、コアの基底部は約 3,500 cal yrs BP である。

Sr4C-01 コアは主にラミナを伴う黒色の有機質泥で構成されている。軟 X 線写真の観察によれば、深度 17cm 以深では全体的に高密度であるが、深度 17cm から上位に向かうほど低密になっている。また、いくつかの層準では顕著な低密度層準や高密度層準が見られた。粒度分析の結果、本コアの平均粒径は主に 6~7φであった。粒度の頻度分布では 3~4φと 6~8φにモードが見られるバイモーダルを示した。これは少なくとも 2つの供給メカニズムの存在を示唆する。全有機炭素(TOC)濃度はコアの基底~深度 10cm までは主に 1%で、いくつかの層準で 2%と高い値が、深度 19cm で 0.5%と低い値が認められた。深度 10cm 以浅では 2~3%と高い値を示している。C/N 比は主に 8 で、これは有機物の起源が湖内生産によるものであることを示している。C/S 比はコアの基底~深度 30cm までは 2前後で安定しているが、深度 30cm から上位に向い徐々に増加する。それにより、コアの基底~深度 30cm の年代では還元的環境を示し、深度 30cm から相対的に酸化環境になったものと思われる。XRF 元素分析により 11 の主要元素を測定した。Na₂O は深度 9cm 以深では 10~20wt%の間で変動し、深度 9cm から上位に向い増加していく傾向が見られる。この高い Na₂O の割合は脱塩処理を行っていないため、間隙水中の NaCl の影響によるものと考えられる。それを確認するため 1 試料のみ脱塩処理を行い再度測定した結果、約 3wt%になった。CaO と MgO は深度 9~30cm において約 5~15wt%と約 3~7wt%の間で増減を繰り返す大きな変動が見られた。また、SiO₂、Fe₂O₃、Al₂O₃、K₂O、TiO₂は、深度 30cm で著しく減少した。これらの分析の結果、水深 10m 前後の湖底環境は約 2,200 cal yrs BP に還元的な環境から酸化的な環境へ移行したと考えられる。これは塩分躍層の水深が深くなることによって起こったと思われる。

キーワード: 南極, コア, 塩湖, 完新世, 古環境, Antarctica, core, saline lake, Holocene, paleoenvironment

出雲平野南西部における完新統の層序と古環境

Holocene stratigraphy and paleoenvironments in the southwestern Izumo Plain, western Japan

岡崎裕子(690-0814 松江市西川津町 1060 島根大学地球資源環境学科)・瀬戸浩二・高田裕行(島根大学汽水域研究センター)・酒井哲弥(島根大学地球資源環境学科)・渡邊正巳(文化財調査コンサルタント株式会社・島根大学汽水域研究センター)

seto@soc.shimane-u.ac.jp

現在の出雲平野は、斐伊川や神戸川からの堆積物の供給により埋積されることによって形成された。これまでも出雲平野の形成史を明らかにすることを目的とした研究は多く行われている。本研究では、出雲平野南西部の環境変化を高解像度で復元することを目的としている。その目的のため、INB コアが機械ボーリングによって採取された。本発表では INB コアの層序と古環境の概要について報告する。

INB コアは全長 19.25m で、岩相から以下のように区分した。礫層(深度 19.25- 18.92 m)は、主に 1cm 前後の円礫～亜円礫を含む礫支持礫層で、沖積層基底にあたると思われる。緑灰色砂質シルト層(深度 18.92-15.94m)は、主にシルト～極細粒砂で構成されている。全有機炭素(TOC)濃度、全硫黄(TS)濃度が共に極めて低い値(0.1%以下)を示すことから、河川から無機碎屑物が多く供給される淡水環境であったと思われる。有機質シルト層(深度 15.94-10.52m)は、主にオリーブ黒色の塊状シルトで、時折弱いラミナを伴う。本層の上部からは、*Haplophragmoides canariensis* が産出する。11.02m 付近に K-Ah 火山灰(約 7300 年前)と思われる火山灰層が挟まれている。TOC 濃度は高い値を示し、C/N 比は比較的高い(17-18)ことから、陸源高等植物の供給される汽水環境であったと思われる。凝灰質砂層(深度 10.52-3.73m)は、軽石を多く含む細粒砂～極粗粒砂で構成されている。これは、三瓶山の大平山火砕流(約 3700 年前)の堆積物を起源とするものと思われる。約 50cm 下位の K-Ah 火山灰層と約 3000 年のギャップがあることから、本層堆積時に下位の層を削剥したものと思われる。砂質シルト層(深度 3.73-1.50m)は、ラミナ(一部クロスラミナ)を伴う細粒砂～シルトで構成されている。TOC 濃度は比較的高いが、TS 濃度は低い値を示す。また、C/N 比が比較的高い(20-24)ことから、陸源高等植物の供給される淡水環境であったと思われる。旧耕作土(深度 1.50-1.07m)は、砂を伴う有機質の泥で、稲やその他の植物の種を含む。埋土(深度 1.07m 以浅)は、礫を含む赤褐色の泥で、礫そのものも風化している。これまでの出雲平野におけるボーリングコアの古環境解析結果では、K-Ah 火山灰の層準は、ウニ化石などを含む海成堆積物であった。本コアでは、陸源高等植物起源の有機物を多く含む汽水域環境を示した。おそらく本コアは神戸川の河口域に位置し、出雲平野南西部の埋積過程の復元に貢献できる。

キーワード：出雲平野、層序、完新統、全有機炭素濃度 Izumo Plain, stratigraphy, Holocene, TOC

ポスターセッション

(9:00-17:00, コアタイム : 11:50-13:20)

会場 : 百周年記念館1階ホール

「生物・生態系」

泥質干潟での物質循環作用に及ぼすヤマトオサガニの生物攪拌作用の影響

大谷壮介 (京都大・院・流域圏総合環境質研究センター)・上月康則・山中亮一(徳島大・院・ソシオテクノサイエンス研究)・倉田健悟 (島根大・汽水セ)・酒井孟・岩雲貴俊・斉藤梓 (徳島大・院・先端技術科学教育部環境創生工学)

中海・宍道湖における野外飼育によるヤマトシジミの成長の違い

森崎夏輝(島根大・総合理工学)・瀬戸浩二(島根大・汽水セ)

泥質干潟での物質循環作用に及ぼすヤマトオサガニの生物攪拌作用の影響
The effect of material cycle by *Macrophthalmus japonicus* bioturbation
in muddy tidal flat

大谷壮介（京都大学大学院流域圏総合環境質研究センター）・上月康則・山中亮一（徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部）・倉田健悟（島根大学汽水域研究センター）
酒井孟・岩雲貴俊・斉藤梓（徳島大学大学院先端技術科学教育部環境創生工学専攻）

otani@biwa.eqc.kyoto-u.ac.jp

本研究は泥質干潟におけるヤマトオサガニの生物攪拌が物質循環に与える影響を明らかにすることを目的に研究を行った。まず、調査対象とした徳島県勝浦川河口干潟にて、底生微細藻類量とヤマトオサガニの個体群密度の経月変化を7年間計測し、藻類からヤマトオサガニへの物質循環量およびヤマトオサガニが藻類量に及ぼす影響について考察した。安定同位体分析からヤマトオサガニは底生珪藻を主な餌資源としており、ヤマトオサガニの活動期には一次生産量の4.8%を二次生産に利用していることがわかった。また、底生微細藻類量は一次生産活性の高い夏期にはChl a 量の顕著な増加は認められず、冬期に最大値が認められ、ヤマトオサガニの個体群密度の増減と対応関係にあった。このことから、底生微細藻類量には洪水などの物理的な作用と同時にヤマトオサガニの摂餌活動も大きな影響を与えており、夏期の底生微細藻類量を減少させていることが示唆された。

次に、ヤマトオサガニの生息密度を変化させた実験によって、摂餌活動が堆積物性状に与える影響について、検討を行った。現地・室内実験ともに、カニなしの実験区では底生微細藻類量は増加したが、カニの存在する実験区では底生微細藻類量は減少した。つまり、ヤマトオサガニの摂餌活動は底生微細藻類量を減ずるように作用することが明らかになった。さらに、室内実験にて、堆積物の鉛直方向の性状変化を測定したところヤマトオサガニの摂餌活動によって堆積物中のChl a 量およびAVSは減少し、その作用は2mmの深さにまで及んでいた。このことはヤマトオサガニの摂餌活動は好氣的な堆積物環境を維持させるように作用していることを示している。

さらに、二潮汐という短時間における底生微細藻類の量・質的変動を明らかにすることを目的に現地調査を行った。堆積物のChl a 量は干出直前や冠水直後などの干潟上に海水が流出入する際に減少し、干潟からの流出、底生動物による攪拌・摂餌、底生微細藻類自身による生産、さらに沈降・堆積によって変動していることを定量的に示すことができた。特に、堆積物の底生微細藻類の属組成は干出時と冠水時では付着性と浮遊性の藻類の割合は異なっており、セジメントトラップには付着性の藻類の割合が高かった。このように、二潮汐間では干潟上の藻類は静的な状態にあるのではなく、絶えず物理、生物的な作用を受け、昼夜で大きく変動していた。

また、ヤマトオサガニの巣穴は、その殆どがJ字型であり、その容積や表面積は累乗関数的に増加し、甲幅と巣穴の容積や表面積は統計的に有意な相関関係が認められ、干潟表面積は造巣活動により1.06~1.32倍増加した。これらを有機炭素分解量で評価すると、ヤマトオサガニの存在を考慮することで、干潟での有機炭素分解量は1.2~1.6倍増加し、干潟全体の炭素の循環における18~38%に相当する有機炭素分解量を担っていることがわかった。

キーワード：ヤマトオサガニ、底生微細藻類、生物攪拌、物質循環、干潟

中海・宍道湖における野外飼育によるヤマトシジミの成長の違い
The difference of growth rate of *Corbicula japonica* between Nakaumi
lagoon and Shinji by field experiment

森崎夏輝(690-8504 松江市西川津町 1060 島根大学総合理工学部)・瀬戸浩二(島根大学
汽水域研究センター)

seto@soc.shimane-u.ac.jp

島根県西部に位置する宍道湖は日本有数の汽水湖であり、ヤマトシジミの産地としても知られている。近年、宍道湖において夏季と冬季に大量斃死が起るようになってきたことが報告されている。その原因についてはまだ明らかになっておらず、解明する必要がある。本研究はその原因を明らかにするために野外飼育実験を行い、原因解明の糸口を明らかにすることを目的としている。

飼育実験は、ヤマトシジミが比較的高密度で生息する宍道湖東部付近 (S02 地点) で採取したものを異なる環境で約1ヶ月飼育し、その間の生残率と肥満度、大きさの変化を観測した。設置場所は、宍道湖湖心(S01 地点)の表層(2m)、底層(6m)、中海湖心(M03 地点)の表層(2m)、底層(7m)、本庄水域観測筏(2m)、江島港(1m)の6箇所である。飼育容器は円筒形のかごを用い、殻長17mm前後の個体を10個体入れた。これを一ヶ所につき4個設置し、そのうち3/4の個体について肥満度を測定した。また、宍道湖湖心及び中海湖心の表層では底質を入れた飼育容器を設置している。また、S02 地点では実験個体群の初生値として肥満度の計測を採取時に行った。

4月から8月まで表層に設置した飼育カゴの生残率は、ほとんど90%以上であった。8月に回収したものは、中海湖心では90%以上であったが、その他の水域では、70-85%と低かった。一方、底層に設置したものの生残率は、中海では6月回収したものから減少し、8月には宍道湖、中海の両湖心で全滅している。これは、夏季に見られる貧酸素水塊の形成によるものと思われる。採取地点(S02 地点)の肥満度の変化は、5月の0.03まで増加し、それ以降は減少する傾向にあり、8月までにはほぼ半減する。飼育実験を行ったものもそれとほぼ同様な変化が見られる。宍道湖湖心で飼育したものは、採取地点(S02 地点)の肥満度とほぼ同じもしくはやや高い値を示すが、中海湖心で飼育したものは、0.05程度と高い肥満度を示した。その他の水域は、それらの中間的な値を示す。成長量は、宍道湖より中海の方が高い。また、宍道湖では6月にもっとも成長する傾向にあるが、中海では7月にもっとも成長する。肥満度と成長量の間関係を見るとほぼ正の相関が認められる。

本実験の結果からヤマトシジミは中海湖心がもっとも適した環境であるといえる。今後、その環境観測をまとめ、その理由を明らかにして行きたい。

キーワード ヤマトシジミ, 中海, 宍道湖, 野外飼育, 成長速度, 肥満度 *Corbicula japonica*, Nakaumi lagoon, Like Shinji, Field experiment, Growth rate, Condition Index

ポスターセッション

(9:00-17:00, コアタイム : 11:50-13:20)

会場 : 百周年記念館 1 階ホール

「保全再生系」

朝酌川の水門開閉によるクロロフィル濃度と SS 濃度の変化

小池祐介 (島根大・生物資源) ・倉田健悟 (島根大・汽水セ)

朝酌川の水門開閉によるクロロフィル濃度とSS濃度の変化

Changes of chlorophyll a and suspended solid concentration between irrigation and non-irrigation periods in the Asakumi River

小池祐介(690-8504 松江市西川津町1060 島根大学生物資源科学研究科)・

倉田健悟(島根大学汽水域研究センター)

a089809@matsu.ipc.shimane-u.ac.jp

朝酌川は島根県松江市にある流路延長9.06km、流域面積32.4km²の河川である。下流には3つの水門があり、塩水の遡上を防ぐために灌漑期には閉鎖され、非灌漑期には開放される。現在、朝酌川では河川改修工事が計画されており、河川環境の保全または再生への配慮が求められている。そのためには朝酌川の河川環境の情報が必要であるが、上流から下流にかけて水質、生物相についての詳細な調査は行われておらず、朝酌川の水質や生物相は不明な点が多い。灌漑期は下流にある水門が閉鎖されるので、下流は止水域に近い状態となり、植物プランクトンの異常発生などが危惧される。本研究では朝酌川が抱えていると考えられる問題を明らかにするために水温、塩分、水深、D₀、SS、Chl. a、栄養塩、底生生物等を調査した。

島根県松江市福原町の虫野神社付近を始点とし、島根県松江市西尾町の松江市立女子高等学校付近を終点として、上流、中流、下流の代表地点、支流との合流地点を12地点選び、調査地点として設けた。塩分、水温、水深、D₀や電気伝導度については携帯型センサーを用いて現地で測定した。各地点の試水を室内に持ち帰り、後日SS、Chl. a、NO₃⁻-N、NH₄⁺-N、PO₄²⁻-P、TN、TPの測定を行った。St. 7、St. 8、St. 10、St. 12に自動記録型のセンサーを設置し、河床から20cmの底層の塩分、水温、水深(St. 12を除く)を測定した。

2009年4月6日～2009年9月15日の下流側のSS濃度は2008年9月28日～2009年3月13日より高い傾向が見られた。2009年の水門閉鎖後(4月)のSS濃度は閉鎖前(3月)と比べて5地点で高かった。2009年の水門開放後(10月)のSS濃度は水門開放前(9月)と比べて低い値を示した。2009年の水門閉鎖直後(4月)のChl. a濃度は、水門閉鎖直前(3月)より4地点で高かった。

2009年の水門閉鎖後(4月)の5地点のSS濃度が閉鎖前(3月)より高い理由として、水門が閉鎖されたことにより下流側が止水域に近い状態となり、上流側から流れてきたSSが加わったことが考えられる。2009年の水門開放後(10月)のSS濃度が水門開放前(9月)より低いのは水門が開放されてSSが手貝水門より下流側に流れたためと考えられる。2009年の水門閉鎖直後(4月)のChl. a濃度が水門閉鎖直前(3月)より4地点で高かったのは、水門が閉鎖されて止水域に近い状態となり植物プランクトンの増加しやすい環境となったためと考えられる。

キーワード

塩水, 貧酸素, 懸濁物, 植物プランクトン saline water, hypoxia, suspended solids, phytoplankton

主催

熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター・熊本大学拠点形成研究 B（閉鎖性沿岸海域における環境と防災，豊かな社会環境創生のための先端科学研究・教育の拠点形成）；
熊本大学拠点形成研究 B（地域水循環機構に基づく持続的水資源利用のフロンティア研究）・熊本大学地下水環境リーダー育成プログラム・

島根大学汽水域研究センター・島根大学循環型社会構築重点プロジェクト

汽水域研究会

2010年10月23日発行

発行 合同シンポジウム実行委員会

〒690-8504 松江市西川津町 1060

Tel&Fax: 0852 (32) 6099
