

有明海沿岸干潟域における生物生息場の 「回復」・「創成」・「工夫」による 自然再生へ向けた取り組み

ENVIRONMENTAL RESTORATION PROJECTS BY "RESTORATION",
"CREATION" AND "DEVICE" AT THE TIDAL FLAT IN ARIAKE BAY

滝川清¹・増田龍哉²・五十嵐学³・五明美智男⁴・森本剣太郎⁵

Kiyoshi TAKIKAWA, Tatsuya MASUDA, Manabu IGARASHI,
Michio GOMYO and Kentaro MORIMOTO

¹フェロー 工博 熊本大学教授 沿岸域環境科学教育研究センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

²正会員 博(工) 熊本大学特任助教 大学院先導機構 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

³正会員 工修 熊本大学研究員 沿岸域環境科学教育研究センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

⁴フェロー 博(工) 熊本大学客員教授 沿岸域環境科学教育研究センター (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

⁵正会員 博(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所 沿岸海洋研究部沿岸域システム研究室
(〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

Tidal flats in Ariake Bay were reclaimed from pre-Edo era to the post-WWII food shortage period for the main purpose of increasing farmland. In the process, high banks were constructed to protect farmland existing around the supratidal zone. This, however, has led to the loss of waterfront or coastlines, as well as the ecosystem innate to the tidal flats, including the habitat of benthos and saltwater plants.

In this study, it introduces environmental restoration projects by "restoration", "creation" and "device" at the tidal flat in Ariake Bay. It has been demonstrated that Ariake Bay has the potentiality that recovers the ecosystem if the habitat of benthos is restored.

Key Words : Ariake Bay, environmental restoration projects, tidal flat, ecosystem

1. はじめに

有明海は九州西部に位置しており、約5mにも及ぶ大潮位差の下、我国の干潟総面積の約40%に及ぶ広大な干潟(約190km²)が発達した大型閉鎖性内湾である。しかしながら、有明海の沿岸干潟域は江戸時代以前から戦後の食糧難の時代にかけては主に農地を広げるために干拓が行なわれ、高度経済成長期には工場や港湾施設などを造るために埋め立てられてきた。そのため、海岸線総延長約514kmのうち約80%が人工化しており¹⁾、潮上帯から潮下帯までの連続した地形をもった地盤標高の高い干潟は河口部に存在するだけで、それ以外の場所では殆んど姿を消している。それによって、地盤標高の高い場所に生息する生物の生息場は失われ、本来生物多様性の高いとされる沿岸干潟域は生物多様性が低くなっている。

生物多様性の保全に関する取り組みは国際的に進

められており、「生物多様性条約」が1993年に採択されている。条約には生物多様性国家戦略の策定、持続可能な利用の奨励、普及啓発に関する措置、研究の推進、国際協力など多方面にわたる施策・計画が定められ、生物多様性保全、持続可能な利用への取り組みも求められている。

我が国においても生物多様性国家戦略の策定を受けて、1995年に政府の生物多様性保全の取り組み指針として「地球環境保全に関する関係閣僚会議」が決定し、2002年3月に全面的に改定され「新・生物多様性国家戦略」が策定されている。さらに、2002年12月には、過去に損なわれた生態系やその他の自然環境を取り戻すことを目的として「自然再生推進法」が制定された²⁾。また、沿岸域の干潟・藻場・サンゴ礁の自然再生を進める上での技術指針として、「海の自然再生ハンドブック(2003)」,「順応的管理による海辺の自然再生(2007)」などが発刊され、沿岸干潟域での自然再生にむけての取り組みが

なお、本研究における「回復」はもともと存在し

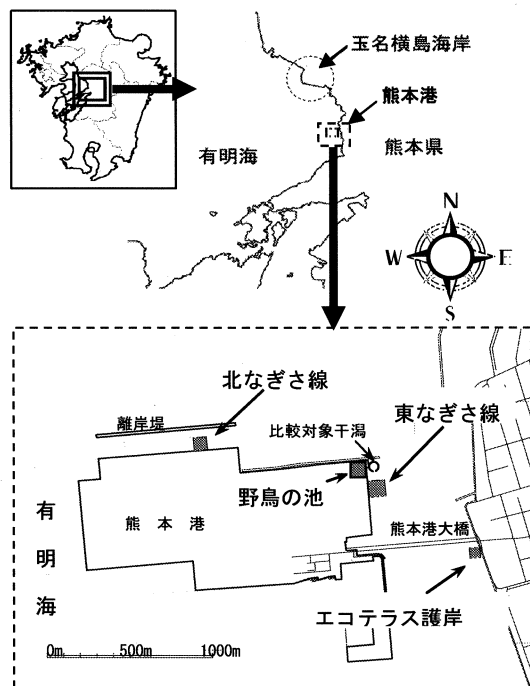


図-1 現地試験地位置図

ていた生物生息場を復元すること、「創成」は生物生息場を新たに造成すること、「工夫」は「回復」「創成」を行なう場合の構造的要素（微地形、材料など）の付加・改善と位置付けている。

2. 現地試験の概要と生息生物

現地試験地の位置を図-1、概況を表-1 に示す。

(1) 玉名横島海岸

a) 玉名横島海岸の概要

玉名横島海岸は有明海の熊本県沿岸北部の玉名市地先に位置しており、唐人川樋門より、横島干拓地前の堤防を経て、一級河川菊池川河口部に位置する末広開地先の有明樋門に至る10.1 kmの海岸である。この海岸は、農林水産省九州農政局が高潮や波浪、また有明海特有の干満差と軟弱な地盤のため、老朽化や地盤沈下が進んだ堤防の整備を行なっている。堤防の整備にあたり、防護だけではなく海岸の利用や環境にも配慮した海岸を造ることを目的として、2002年より海岸前面海域の地形変化などの環境特性を調査するとともに、生物生息機能、親水機能などを有する新しい海岸保全技術の開発を目的として様々な現地試験が実施されている³⁾。

b) 現地試験の概要と生息生物の変遷

有明海の東側海岸は、玉名横島海岸のように干拓地を防護する目的で直立護岸が整備され、堤防前面には円弧すべりを防ぐために、押え盛石が施しており、その前面には勾配のほとんど無い広大な干潟が広がっている。自然海岸においては潮下帯から潮上帯まで勾配を持った連続した地形が続き、地盤高に適応した生物が生息している。しかし、有明海の海岸線は人工化によって隔絶され、標高の高い干潟は河口域に存在するだけとなっている。そこで、玉名横島海岸では、堤防や消波ブロック、押え捨石などの構造物を残して防護能力を維持しつつ、本来その場所に生息していた生物の生息場を回復することを

表-1 現地試験地の概況

名 称	玉名横島海岸	野島の池	東なぎさ線	北なぎさ線	エコテラス護岸
造成完了年	2002 年 8 月	2002 年 10 月	2005 年 10 月	2006 年 9 月	2007 年 9 月
底 質	砂質	泥質	砂質	砂泥質	砂質・泥質
幅×奥行き	50m×15m	100m×100m	100m×100m	40m×60m	10m×20m
地盤高(T.P.)	-1.0~-0.5m	±0.0~+2.0m	±0.0~+2.0m	-2.0~+2.0m	-0.2~+2.0m
勾 配	-	1/36	1/30	1/12	-
特 徴	円弧すべりを防ぐための、押え盛石の代わりに砂を用いる「押え盛砂工」として、防災機能と生物生息機能を有する新しい海岸保全事業の開発を目指した人工前浜干潟。	航路浚渫土を用いて建設された熊本港の埋立地を掘削して造成された人工潟湖干潟。石積護岸によって外海と隔てられ、通水管により、海水が入り出している。	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デナリー曲線形に設定し、ちどり状に配置してある人工前浜干潟。	熊本港近傍の航路浚渫土砂を有効活用して造成した人工前浜干潟。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。	上段のテラス干潟は塩生植物の生息に適した高さに設定しており、中段は潮溜りにして稚魚などが逃げ込めるように、下段は粒度組成の異なる土砂を入れている(写真-1)。

目的として堤防の前面の押え捨石部において盛砂試験を実施した。

2002年に盛砂試験を開始し、底質や底生生物などのモニタリング結果をフィードバックしながら、2004年までに5タイプの試験区が造成された。初年度から実施している試験区における底生生物種数の変遷を見ると、調査開始から2003年6月までは5種前後であったが、それ以降は季節的な変動を伴いながら概ね10～25種と種の多様性が維持されており、総個体数も2003年6月までは約200個体/㎡以下であったが、2003年9月から12月までは約3,500個体/㎡と増加し、それ以降は約1,500個体/㎡で平衡状態に至った。このように、玉名横島海岸では盛砂による生物生息場の回復効果が確認されている（図-2）。

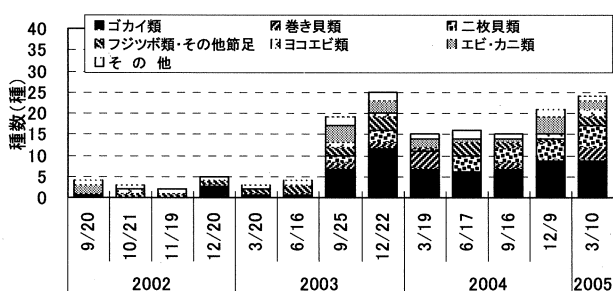


図-2 2002年盛砂試験区における生物種数の変遷

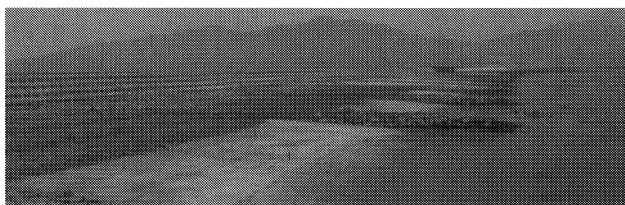


写真-1 玉名横島海岸



写真-2 熊本港「野鳥の池」

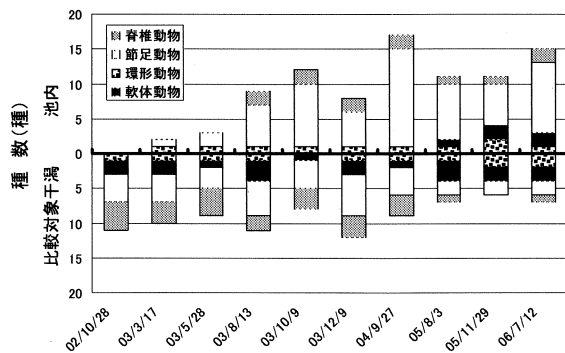


図-3 野鳥の池における生物種数の変遷

最終的には、堤防前面に敷設された消波ブロックのさらに前面に、沿岸流による漂砂を捕らえる目的で突堤群の設置による場の工夫を行ない、盛砂を行わない区間でも将来的には盛砂試験区と同様の状態へと遷移していくことが期待されている（写真-1）。

(2) 熊本港「野鳥の池」

a) 野鳥の池の概要

熊本港野鳥の池が造成されている熊本港は、広大な干潟上に、有明海の浚渫土を用いて建設された場所である。野鳥の池は、熊本港の約 10 年間放置された埋立地の一角に、野鳥観察及び環境学習の目的で熊本県によって造成された人工潟湖干潟である（写真-2）。石積護岸によって外海と隔てられ、池の東側と北側に 2ヶ所ずつ計 4ヶ所設置された通水パイプ（直径 1.0m）により、潮汐の干満に応じて海水が出入りしている。なお、池内へ初めて海水が導入されたのは、2002 年 11 月 4 日の夕刻の上げ潮時である。面積は、垂潮間帯 1,028㎡、潮間帯 4,222㎡、潮上帯 17,750㎡の計 23,000㎡で、地盤勾配は 1/36 ほどである。水深は干潮時（水面 T.P. + 0.55m）で平均水深 0.3m、最深部でも 1.0m 未満である。池内の底質は中央粒径が約 0.06mm の泥質干潟である⁴⁾。

b) 生息生物の変遷

造成直後は、埋立地を掘削するとともに、通水パイプで外海とつながっているだけであるため、全く生物は生息していなかった（図-3）。そのため、冬場は底生藻類が底泥上で膜状に繁茂していた。その後、2003 年 3 月には出入りする海水とともに流入したと見られるゴカイなどの環形動物やヤドカリが確認され、同年 8 月に池内で初めて脊椎動物（ムツゴロウ、トビハゼ）が確認された。その後、生物は徐々に増加し、2004 年 9 月には池内で確認された生物種数が野鳥の池外に位置する比較対照干潟のそれを大きく上回り、その状態を維持していた。2005 年からは池内で初めてフトヘナタリが確認され、2005 年には確認できなかったムツゴロウが 2006 年秋には再び姿を現すなど、その後も種数は動的平衡状態を保っている。池内の種数が比較対照干潟を上回った理由に節足動物が大きく影響を与えており、2006 年 7 月の時点では池内 10 種類、比較対照干潟 2 種類と実に 5 倍の差がある。なお、比較対象干潟の種数が減少傾向にある理由の詳細は不明であるが、比較対象干潟は熊本港の背後にあるせいで泥分が堆積しやすい環境であるためと推察される。

現在では、熊本県レッドデータリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定されているハマサジや準絶滅危惧種のフクドなど 6 種の塩生植物が繁茂し、アリアケガニやハクセンシオマネキなど多くの甲殻類が優占しており、有明海の熊本港周辺の干潟よりも豊かな生態系が構築されている。このように、野鳥の池は埋立地を掘削して海水を導入することで、新たな生物生息場の創成されている。

(3) 熊本港「東なぎさ線」及び「北なぎさ線」⁵⁾

a) 「東なぎさ線」及び「北なぎさ線」の概要

東なぎさ線を造成した熊本港東護岸前面は、地盤高が約 T.P. $\pm 0.00\text{m}$ 、中央粒径が約 0.06mm の泥質干潟で、対岸の干拓地まで平坦な干潟が広がっている。潮流は上げ潮時は北向き、下げ潮時には南向きへ流れており、波浪の影響を受けにくい場所である。ここに、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、潜堤をカテナリー曲線形に設定し、ちどり状に配置するという工夫を施した。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箇所配置されており、2005年10月に造成が完了した(写真-3)。

北なぎさ線を造成した熊本港北護岸前面は、地盤高が約 T.P. -2.00m 、中央粒径が約 0.04mm の泥質干潟で、 100m ほど沖に離岸堤が設置されている。潮流は、上げ潮時は東向き、下げ潮時には西向きへ流れており、波浪や季節風の影響を受けやすい場所である。ここに、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長さ 50m の突堤を 40m 間隔で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おり、2006年9月に造成が完了した(写真-4)。

b) 生息生物の変遷

東なぎさ線において確認された底生生物を、ちどり状潜堤の内側(東なぎさ線内)、外側(東なぎさ線外)、内側と外側で共通して確認された種数、調査区域で確認された総確認種及び熊本県レッドリスト(2004)や環境省レッドデータブックなどに記載されている注目種の種数を図-4に示す。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、ゴカイ綱の一種、ヤマトオサガニ、トビハゼなど9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14種で造成前の種数を大きく上回り、その後は造成1年後(2006年10月)まで15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やウネナシトマヤガイなどの二枚貝綱といった内在性の種を新たに多数確認でき、造成2年後の2007年10月の調査では東なぎさ線内で29種とその年の調査で最も多くの種が確認された。2008年1月の調査では東なぎさ線内外ともに確認種数は減少した。これは、冬季による生物活動の低下が原因と考えられる。その後、2008年5月の調査では種数

は2007年10月と同程度に戻り、造成3年後の2008年10月の調査では、東なぎさ線内で30種と全調査中最も多くの種が確認された。

東なぎさ線の造成から3年後までの調査で、巻貝綱13種、二枚貝綱18種、ゴカイ綱12種、軟甲綱33種、硬骨魚綱などその他11種の計88種が確認されている。その中には、熊本県レッドリスト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などの希少種も18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2年後までの調査で、巻貝綱13種、二枚貝綱15種、ゴカイ綱16種、軟甲綱27種、ナマコ綱などその他9種の計80種が確認され、その中には、熊本県レッドリスト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などの希少種も12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、アサリなどの二枚貝が優占している。さらに、造成1年半後の2008年4月には写真-5に示すリシケタイラギの生息が多いところでは9個体/ m^2 確認され、現在も成長を続けている。

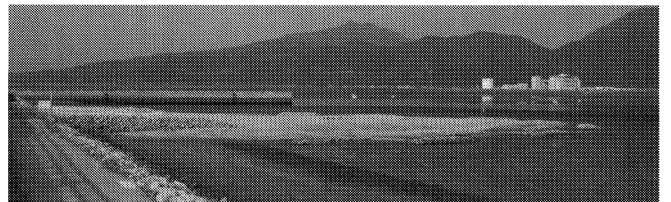


写真-3 熊本港「東なぎさ線」



写真-4 熊本港「北なぎさ線」

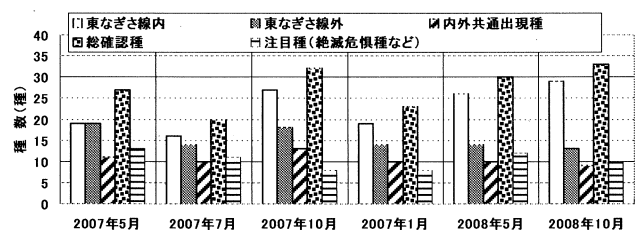


図-4 「東なぎさ線」における確認生物種数

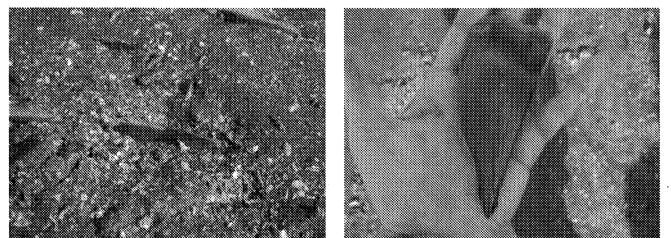


写真-5 北なぎさ線で確認されたリシケタイラギ

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、泥化が進行しており、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。

(4) エコテラス護岸

a) エコテラス護岸の概要

エコテラス護岸を造成した熊本港東側の沖新海岸は、飽託海岸の高潮対策として昭和33年より海岸保全施設整備事業が行なわれている場所で、約T.P. + 7.00mの護岸堤防が構築されており、前面は地盤高が約T.P. - 0.20m、中央粒径が約0.06mmの泥質干潟となっている。この護岸堤防の前面に、生物生息場を再生するために、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（図-5、写真-6）。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、ホソバノハマアカザ、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。また、ハマツナやハマサジなどの一年草や二年草は種子によって繁殖し、潮汐など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るため、種子の留まりやすさが種の存続と大きく関わっている。そこで、種子を留めるために、植栽後に一部碎石を撒くという工夫を施した。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。

b) 生息生物の変遷

植栽テラスの状況を写真-7 に示す。植栽した塩生植物は1年草や2年草であるため、植栽2ヶ月後

の2007年12月には全て枯れてしまった。ハマサジやフクドなどの2年草、地下茎で繁殖するシオクグが枯れてしまった理由として、標高や底泥が適していなかったためか、植栽時期の影響と考えられる。その後、植栽半年後の春に碎石を撒いた場所では撒かない場所に比べてハマツナの種子が多く留まり、植栽1年後の2008年9月には再繁茂させることができた。また、2009年2月には碎石を撒いた場所で新たに新芽が出てきており、今後再繁茂するものと期待できる。

潮溜りには造成直後からシラタエビやハゼ類の生息が確認され、その後も季節によって若干種組成は異なるものの年間を通じて生物が生息し、造成1年目までにボラの稚魚やシモフリシマハゼなどの魚類やガザミやシバエビなどのエビ・カニ類などの生物が計20種確認された。

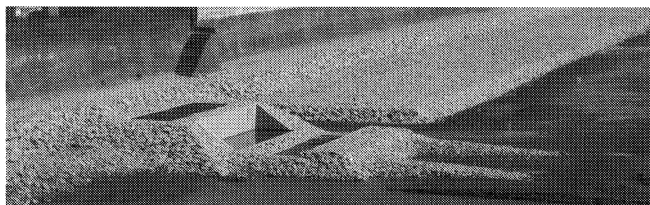


写真-6 エコテラス護岸

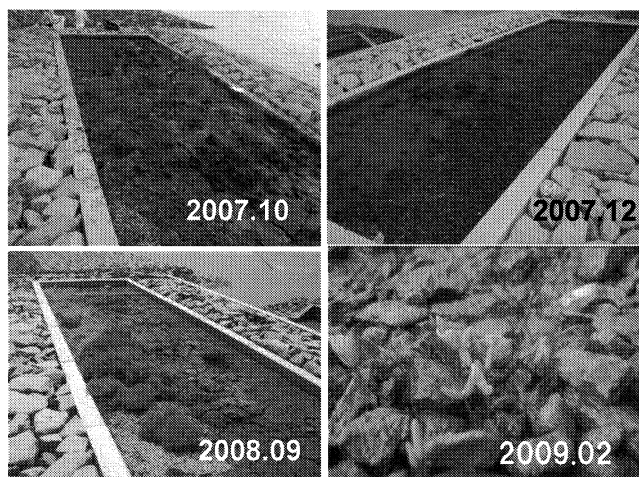


写真-7 植栽テラスの状況

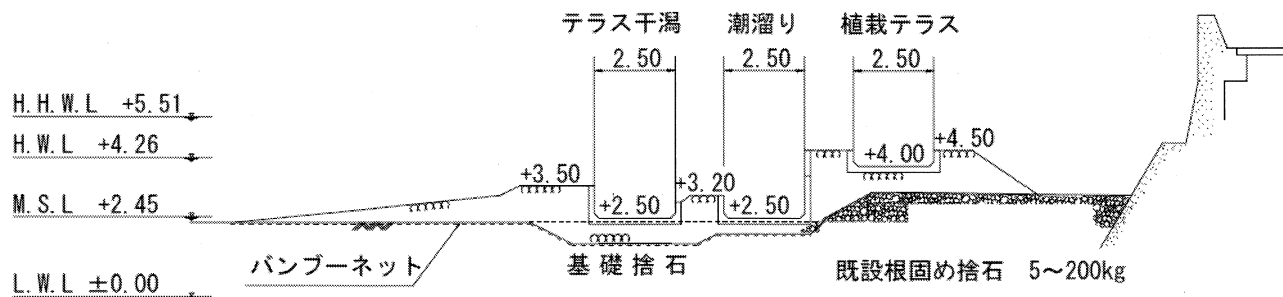


図-5 エコテラス護岸の横断面図

泥質のテラス干潟は前面の干潟底泥に生息していたヤマトオサガニやムツハアリアケガニが造成直後から生息しており、造成1年後も大きな変化はみられなかった。砂質のテラス干潟には造成半年後にコメツキガニやハクセンシオマネキの稚ガニが確認され、造成1年後には泥質・砂質テラス干潟合わせて計18種の生物が確認されている。

有明海の海岸堤防前面には、円弧すべりを防ぐために押え盛石が施してあり、生物の生息場が失われているが、植栽テラス・テラス干潟では生物生息場が回復され、潮溜りでは魚類やエビ類の新たな生物生息場が創成されている。

3. おわりに

沿岸干潟域での自然再生事業の事前段階としての再生実験事例として、有明海の沿岸干潟域に生物多様性の高い場を回復させるために、熊本県沿岸において潮間帯から潮上帯までの連続した地形を持つ干潟を人工的に造成し、著者らが2002年から現地試験を行なっている、生物生息場の「回復」・「創成」・「工夫」による自然再生へ向けた取り組みを紹介した。

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きている。

また、国土交通省九州地方整備局は管内の3海域（八代湾奥、有明海の三池港・大浦港）で干潟実験施設を造成し、浚渫土砂を干潟材料の一部として有効活用する泥質干潟造成技術の確立に向けた検討を行い、泥質干潟の保全・再生事業実施へ向けて効果

的な展開を進めている。熊本県は、環境学習や潮干狩りなどの干潟交流機会の増大や海域環境の保全及び改善を目的として、熊本港の北側に位置する百貫港において自然再生事業を行なっている。

今回紹介した試験地以外にも、有明海では干潟海域環境の再生に向けた類似試験が行なわれつつあり、今後も積極的な自然再生事業の実施が期待される。

謝辞：本研究は、農林水産省九州農政局玉名横島海岸保全事業、熊本県との共同研究、文部科学省科学技術振興調整費重要課題解決型研究等の推進「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験（平成17～21年度）」の補助によるものであり記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 環境省自然保護局：第5回自然環境保全基礎調査 海辺調査 総合報告書，pp.120-157，1998.
- 2) 海の自然再生ワーキンググループ：順応的管理による海辺の自然再生，2007.
- 3) 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，pp.1396-1400，2007.
- 4) 三迫陽介，森本剣太郎，滝川清，増田龍哉，幸田明子，山下絵里子：人工潟湖干潟における環境変動メカニズム解明に関する研究，海洋開発論文集，第22巻，pp.223-228，2006.
- 5) 増田龍哉，滝川清，森本剣太郎，畑田紀和，新井雅士：熊本港に造成された「なぎさ線」における生物生息環境の空間分布特性，海洋開発論文集，Vol.24，pp.717-722，2008.