

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

FIELD STUDY ON THE ECOSYSTEM FORMATION PROCESS
BY RECOVERY OF SHORE LINE, IN ARIAKE SEA

増田龍哉¹・滝川清²・森本剣太郎³・前田恭子⁴・柏原裕彦⁵・島田康光⁶
Tatsuya MASUDA, Kiyoshi TAKIKAWA, Kentaro MORIMOTO,
Kyoko MAEDA, Hirohiko KASHIWABARA and Yasumitsu SHIMADA

¹正会員 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)

²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)

³正会員 博(工) 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学生会員 熊本大学 工学部環境システム工学科 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

⁵非会員 株式会社日本港湾コンサルタント 九州支社 (〒812-0014 福岡市博多区比恵町1-1)

⁶非会員 株式会社九州開発エンジニアリング (〒862-0912 熊本市泉ヶ丘33-17)

Ariake Sea, a typical closed bay on the west of the Kyushu Island, is a sea area where a vast tidal flat develops. Recently, various environmental degradations are reported occur in Ariake Sea, as red tidal and anoxic water. In this study, the ecosystem formation process by recovery of shore line, the aim in this method is to establish the technology that can artificially restore the tidal flat and the shore line in front of embankment development and to recover and maintain the ecosystem, was investigated in Ariake Sea. One year passed after shore line was constructed; benthos species has increased by the twice or more. The effect in the future can be expected by recovery of shore line.

Key Words : Ariake Sea, benthos, ecosystem, recovery, shore line, tidal flat

1. はじめに

日本を代表する大型閉鎖性内湾である有明海は、約 5m にも達する大潮位差の下、我国の干潟総面積の約 40%に及ぶ広大な干潟(約 200km²)が発達した海域である。近年、この有明海において、底質の悪化や赤潮の多発等に代表される環境悪化が慢性化し、悪循環に陥っているものと懸念されている。その原因には、地球温暖化や沿岸域の開発、流入負荷の変化等の様々な事象が考えられるが、その因果関係は明らかとなっていない。このような状況の下、2000年のノリ不作を契機として、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が行なわれ、2006年12月に環境変化の内容やその要因、再生へ向けた目標や具体的な再生策等がまとめられた。

筆者らは、有明海における海域環境の回復・維持の課題に対して、海岸線の人工化や干潟の減少、底質の悪化が著しい干潟環境を対象に、その改善技術を開発することを目的として、有明海の熊本県沿岸域で「耕耘による干潟改善策」、「人工潟湖干潟の創生」、「植栽による干潟改善策」、「なぎさ線の回復」、「人工巣穴による底質改善」などの現地実証試験を実施してきている。

その中のひとつである「なぎさ線の回復」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間帯から潮上帯までの緩やかで連続した地形(以下なぎさ線)を創造することによって、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(浄化機能)を回復させる改善策である。

本研究では、2005年から実施している「なぎさ線の回復」の現地実証試験による結果から、希有な生態系、生物多様性の回復効果について、地形と底質の造成後の変化と、底生生物を中心とした生態系構築過程について調査・研究経過を報告する。

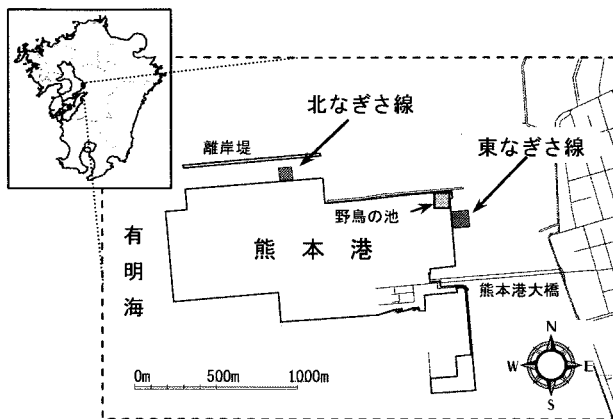


図-1 調査対象地位置図

2. 現地試験の概要

(1) なぎさ線の概要

熊本港は、有明海の湾中央部西側に位置し、船舶が利用する岸壁を除いて、周囲を石積み護岸によって囲まれた人工島である。この熊本港の東側と北側に、「東なぎさ線」、「北なぎさ線」を造成した。

各なぎさ線の位置を図-1、平面図を図-2、造成前と造成直後のセンターラインにおける横断図を図-3に示し、その概要を以下に記す。

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. ± 0.00 m、中央粒径が約 0.06mm の泥質干潟で、対岸の干拓地まで平ら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. ± 0.00 m まで、幅 100m $\times$ 奥行 100m の範囲で、潜堤をカデ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。2005 年 10 月に造成が完了し、造成直後に潮上帯付近に 3 種の塩生植物（ハマツナ、ホソバノハマアカザ、ハマサジ）の植栽を施した。

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. -2.00 m、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. -2.00 m まで、土砂流失を防ぐための突堤を幅 40m $\times$ 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. -1.50 m 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。

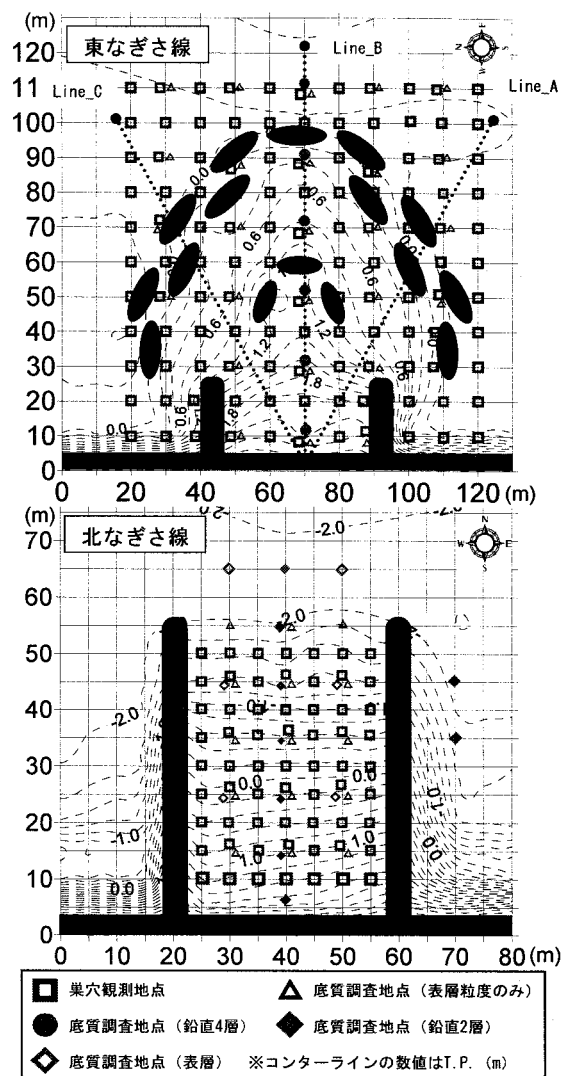


図-2 なぎさ線の平面図及び調査地点

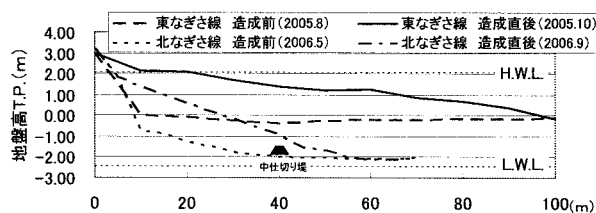


図-3 なぎさ線造成前後の横断図

表-1 追跡調査内容

調査内容	調査項目 (頻度)
生物	定性調査 (4回/年), 巣穴観測 (6回/年), 目視観察 (1回/月)
底質	粒度分布 (表層; 6回/年, 鉛直; 2回/年), IL, CODsed, T-S, T-N, T-P, 含水率 (2回/年)
地形	測量 (4回/年)

(2) 追跡調査方法

各なぎさ線において、造成直前から定期的に地形、底質、生物調査を実施している。調査地点を図-2、追跡調査内容、調査項目及び頻度を表-1 に示し、各調査の概要を以下に示す。

a) 地形調査

地形調査はトータルステーションを用いて、東なぎさ線では、東西方向に130m、南北方向に100mを10mメッシュ、北なぎさ線では、東西方向に80m、南北方向に95mを5mメッシュで測量した。

b) 底質調査

底質調査は2ヶ月毎に東なぎさ線26地点、北なぎさ線15地点で表層5cmの試料を採取し、粒度分析を行った。また、6ヶ月毎に東なぎさ線6地点、北なぎさ線15地点において、東なぎさ線では表層(0~1cm)、上層(9~11cm)、中層(19~21cm)、下層(29~31cm)の4層、北なぎさ線では15地点のうち9地点で表層と上層の2層、6地点で表層のみの1層の試料をコアサンプラーで採取し、粒度分布、IL、CODsed、T-S、T-N、T-P、含水率の分析を行った。

c) 生物調査

定性調査では、大潮時にマクロベントスを対象として、目視観察や採取により生物種を把握した。また、東なぎさ線では3つの測線 (Line_A, B, C) を設け、ベルトトランセクト法により地盤高の違いによる生物種の分布を調査した。東なぎさ線では巢穴観測地点121地点において10mメッシュで20cm×20cmのコドラート枠内、北なぎさ線では42から56地点において5mメッシュで40cm×40cmのコドラート枠内で巢穴数を計測した。なお、北なぎさ線では地形の浸食や調査時の潮位により、観測地点が一定ではない。

3. 調査結果及び考察

(1) 地形及び底質の変化

a) 東なぎさ線

東なぎさ線における造成直後から造成1年後の地盤高の差から、堆積浸食状況を示したコンター図を図-4に示す。造成直後から造成半年後まで大きな変化は見られなかったが、造成1年後には北東部と潮上帯に約20cmの堆積、北東部の南側、潮上帯の前面で約60cmの浸食が起こった。これは2006年8月の台風10号、2006年10月の台風13号により土砂が移動したものと考えられる。また、微地形の変化については、滞筋やタイドプールが地盤高の低い場所を中心に数箇所で見られるが、これらは潮汐によるものと考えられる。

東なぎさ線の中央線部における地形と表層含泥率の変化を図-5に示す。造成されてから約1年間で、潮上帯を除き全体的に浸食傾向にある。地盤高の低い地点では、浸食されることによって泥分が堆積しやすい環境となり、含泥率が増加したものと考えられる。潮上帯においては、含泥率が減少していることから、波浪等の影響によって細粒分が流されたものと考えられる。前面干潟の含泥率は概ね30%から60%で推移している。

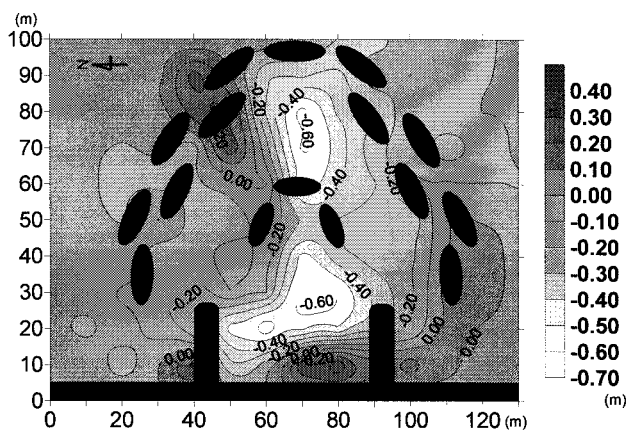


図-4 東なぎさ線における造成1年後の堆積浸食状況

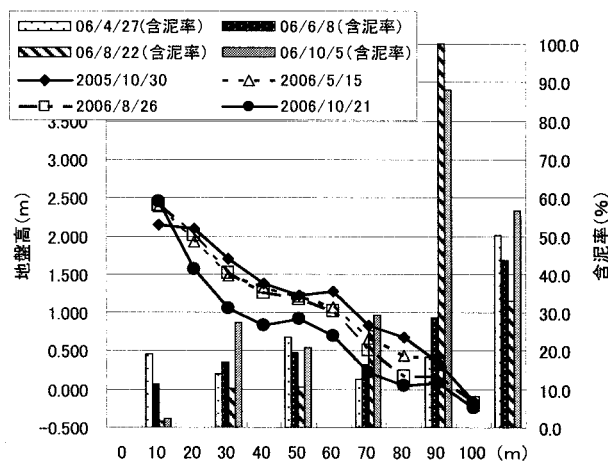


図-5 東なぎさ線における地形・含泥率の変化

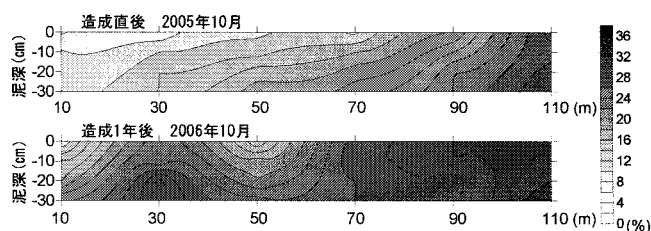


図-6 造成直後と造成1年後の含泥率鉛直分布

IL は造成直後に 4.0%前後、T-S は 0.05mg/gdry 以下、全窒素は 0.3mg/gdry 前後、全リンは 0.4mg/gdry 前後で、造成 1 年後も調査地点、鉛直方向ともに大きな変化はみられなかった。CODsed は造成直後に 0.5mg/gdry 前後で、造成 1 年後には護岸より 90m 地点の表層で 5.0mg/gdry と増加したが、その他の調査地点では鉛直方向ともに大きな変化はみられなかった。これは有機物を含んだ泥分の堆積によるものと考えられる。含水率は造成直後に護岸より 10m、30m 地点で 10%前後、50m、70m、90m 地点で 25%前後と地盤高が低くなるにつれて高い傾向が見られ、造成 1 年後も調査地点、鉛直方向ともに若干増加する傾向がみられた (図-6)。東なぎさ線における底質は、泥分の堆積が見られるが、造成直後の値と大きな変化がみられていないことから、安定した状態が維持されていると考えられる。

b) 北なぎさ線

北なぎさ線における造成直後から造成1ヶ月後の地盤高の差から、堆積浸食状況を示したコンター図を図-7に示す。北なぎさ線では北西からの波浪によって、造成1ヶ月後にもかかわらず、潮間帯高部で約80cmの浸食が起こり、東側の突堤背後に土砂が堆積した。潮間帯中から低部では離岸堤によって波が打ち消され、造成直後の状態を維持している。

造成直後のILは3.0%前後、CODsedは3.0mg/gdry以下、硫化物は0.03mg/gdry以下、全窒素は0.2mg/gdry前後、全リンは0.4mg/gdry前後であった。含水率は概ね15から30%で、地盤が高い地点ほど低い値を示した(図-8)。

(2) 生態系構築過程

a) 生物相の変化

東なぎさ線における底生生物種数の時系列変化を図-9に示す。造成前はヤマトオサガニやササゲミエガイなどの泥質干潟に生息する9種が確認された。造成後は、造成直後から生物の生息が確認され、生物の活動が乏しい冬季も維持されていた。造成半年後の春季には造成前の種数を上回り、夏季に24種とピークを示し、造成1年で造成前の約2倍にあ

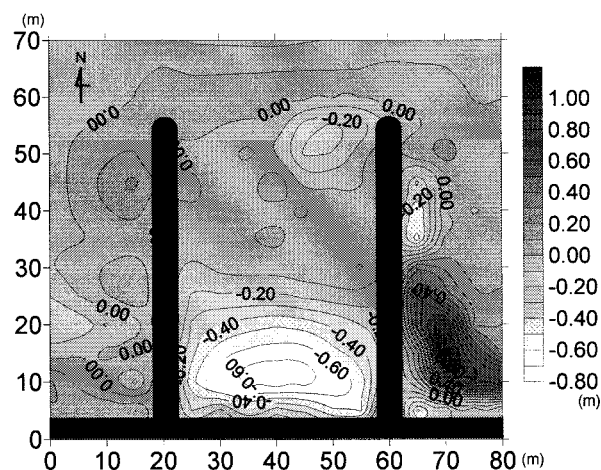


図-7 北なぎさ線における造成1ヶ月後の堆積浸食状況

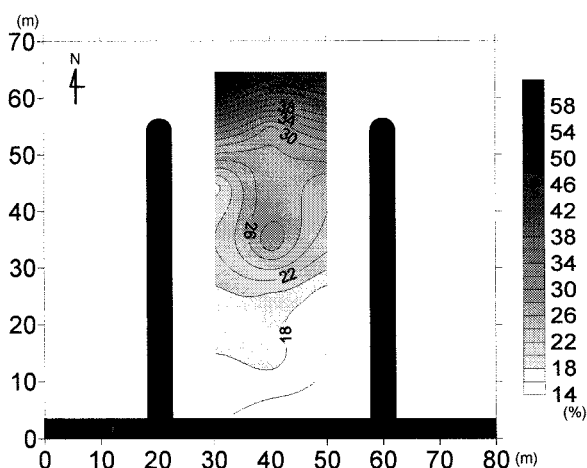


図-8 造成直後の表層含水率分布

たる20種の生物が確認されるようになり、種が多様化していることが明らかとなった。

生活様式でみると、表在性生物種は主にコメツギガニなどの節足動物やタマキビガイなどの軟体動物(腹足綱)で、造成直後から定着が確認され、4月以降の総種類数の約70%を占めている。これは覆砂の流出を防ぐための潜堤がちどり状に配置されていることから、移動性の高い表在性生物が、周辺の干潟等から進入しやすかったためと考えられる。

内在性生物種は主にゴカイなどの環形動物やアサリなどの軟体動物(二枚貝綱)で、4月より徐々に種数が増え続けている。これは、表在性生物は移動性が高いのに対し、内在性生物はほとんど移動しないことから、幼生の定着から成長までの間で、地形や底質の変化の影響を受けやすいためと考えられる。

北なぎさ線の造成前は、トゲイカリナマコなどの泥質干潟に生息する13種が確認された。個体数が最も多かったのはゴカイなどの環形動物で、ニマイガイなどの軟体動物は、個体数は多いものの、確認されたのはシズクガイ1種のみであった。造成後は、東なぎさ線と同様に表在性生物の生息が確認され始めている。造成直後の調査でコメツギガニやイソカナダマシ、干潟RDBで危険とされている希少種のアカシガイ等の生物が確認され、造成2ヶ月後の調査ではマテガイやケフサイソガニ、クルマエビも確認されている。また、突堤東側に流出して出来た干潟には、ツバサゴカイのU字型の棲管が多数確認されている。東なぎさ線よりも生物の生息が早いのは造成完了時期が東なぎさ線よりも1ヶ月早いことや、立地条件、干出時間の違いによるものと考えられるが、今後データを蓄積して比較する必要がある。

潮間帯高部から自然干潟まで、地形の連続性を持たせることによって、生物の定着を促進させ、種の多様性が豊かな生態系が構築されることが示唆され、ハクセンシオマネキなど、熊本県レッドリスト等に記載されている希少種も確認されていることから、希少な生態系、生物多様性の回復について今後の効果が期待できる。

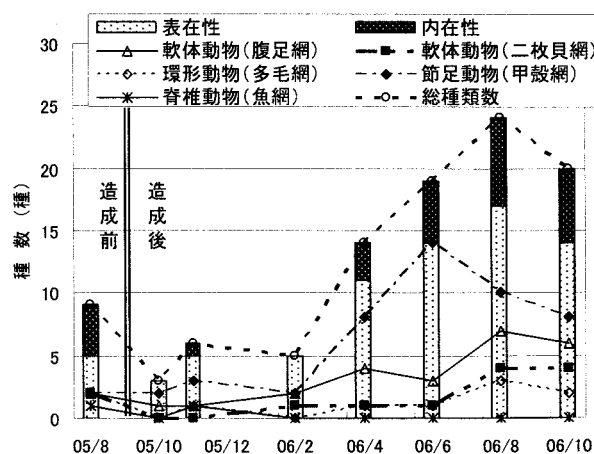


図-9 東なぎさ線における底生生物種数の変化

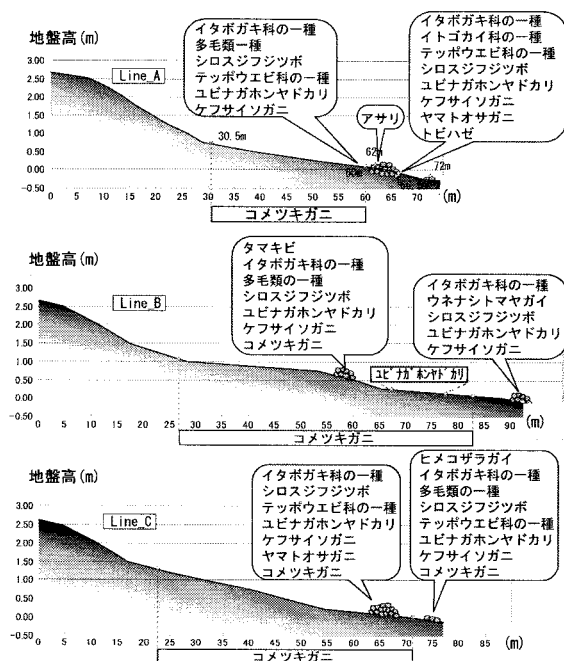


図-10 東なぎさ線における底生生物分布状況 (2006. 10)

b) 生物の分布状況

東なぎさ線における造成1年後の底生生物の分布状況を図-10に示す。Line A, B, Cともコメツキガニの分布域が広く、地盤高が T.P. ±0.00m から +1.30m の範囲で分布しており、その他の生物は潜堤や島堤付近で多く確認されている。ヤマトオサガニやトビハゼといった移動性の高い生物は通常は泥質干潟に生息しているが、潜堤部がちどり状に配置されていることから、外の干潟から東なぎさ線内へ侵入してきている。

東なぎさ線において最も多くの巣穴が確認された2006年6月の巣穴分布状況を図-11に示す。なお、東なぎさ線内で観測された巣穴はコメツキガニのものがほとんどで、東なぎさ線外で観測された巣穴は主にヤマトオサガニのものである。潮上帯付近では巣穴は確認されず、現地盤との境界から地盤高 T.P. +1.30m 付近までが巣穴の分布域となっている。これは、地盤の高い場所では干出時間が長いため、生物が生息できないためと考えられるが、東なぎさ線の近傍に位置する泥質潟湖干潟の「野鳥の池」では、同じ地盤高でも多数の巣穴が見られることから、底質の粒度組成や含水率も関係しているものと考えられる。また、北側で局所的に巣穴数の多い場所が見られる。これは年間を通じて見られる現象で、詳細な要因は不明だが、浸食が起きている場所で巣穴数が少ないことから、潮流などの外力条件が巣穴の形成に影響しているものと考えられる。

東なぎさ線内における地盤高0.50m毎の平均巣穴数及び東なぎさ線外の平均巣穴数の時系列変化を図-12に示す。なお、地盤高 T.P. +1.50m 以上で巣穴は確認されなかった。

最も巣穴が多く形成されているのは、0.00m から

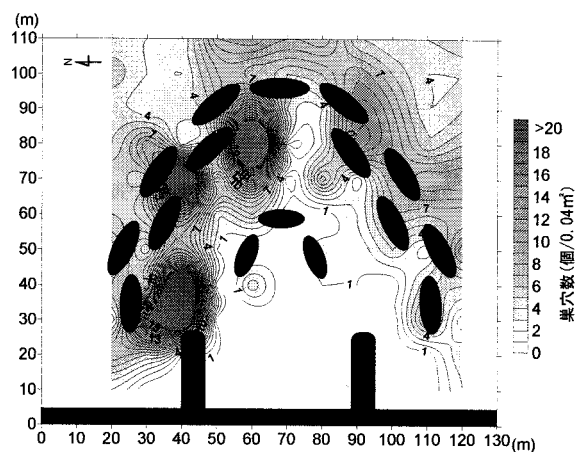


図-11 東なぎさ線における巣穴分布状況 (2006. 6)

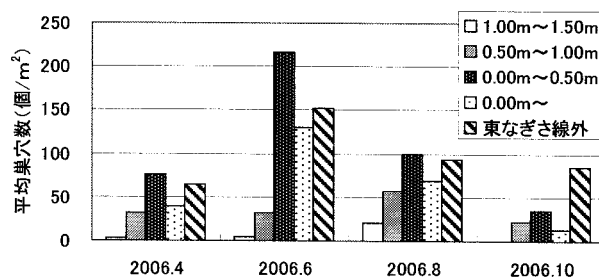


図-12 地盤高の違いによる平均巣穴数の時系列変化

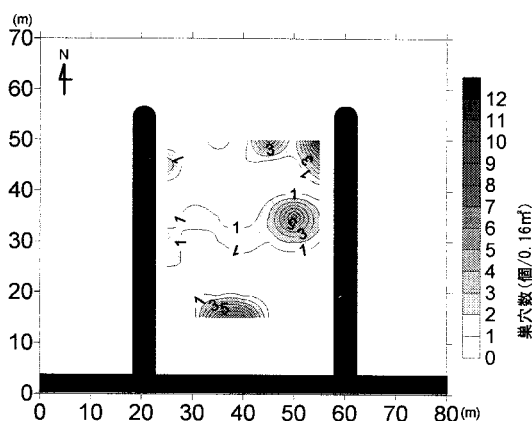


図-13 北なぎさ線における巣穴分布状況 (2006. 11)

0.50m で、4月と6月には外の干潟よりも巣穴数が多くなった。地盤高が0.50m以下の場所はちどり状に配置した潜堤付近であり、ここは自然干潟との境界であることから、場の多様性が巣穴数の多さ、つまりは生物個体数の多さにつながっているものと考えられる。また、これらの地盤高付近は自然干潟と同様の増減傾向を示しているが、地盤高0.50m以上の場所では8月にピークを迎えている。これは地盤高の低い場所から高い場所へ徐々に生態系が構築されつつあることを示唆している。10月における急激な巣穴の減少は台風によるものと考えられるが、台風後も生物が残っていることが確認され、ある程度の地形変化でも生物が全滅するわけではなく、なぎさ線で生態系が維持されていることが確認された。

北なぎさ線における2006年11月の巣穴分布状況を図-13に示す。潮間帯低部の汀線東側付近で巣穴



写真-1 塩生植物の生育状況 (2006.8)

が多く確認され、2 cmほどの大きな巣穴が確認されたことから、大型の節足動物の存在がうかがえた。また、潮間帯高部の中央部でも巣穴が確認され、浸食されて表層に現れた混合土の中にイソコツブムシが確認されている。

c) 塩生植物の植栽実験結果

東なぎさ線に植栽した塩生植物は、1年草と2年草であるため、植栽後に枯れてしまったものの、4月に発芽し、8月までは順調に生育していた(写真-1)。しかし、台風13号によって砂が堆積し、完全に埋没してしまった。

塩生植物は1年草や2年草が多いため、種子が出来る前になくなってしまうと完全に絶滅してしまうため、今後、植栽方法や植栽部の基盤整備について検討が必要である。

4. おわりに

有明海の熊本港周辺で実施している「なぎさ線の回復」による現地実証試験の追跡結果から、生物の生息基盤となる地形及び底質の変化と、底生生物の種数及び分布の変化から「なぎさ線の回復」による生態系構築過程について調べた。その結果、地形変化が見られたものの、定着した生物は台風後も維持されており、自然の自己デザインによってその場に合ったなぎさ線が創生されつつあると考えられる。

「なぎさ線の回復」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、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、有明海の

干潟海域環境改善に有効な改善策であることが示唆された。

しかし、回復された干潟生態系がどれくらいの自己再生機能(浄化機能)を有し、どれくらいの期間持続するのかなど多くの課題を残している。今後、追跡調査を継続しながら基礎的なデータを取得するとともに、自然干潟と比較するなどして評価基準を設定し、「なぎさ線の回復」によってどのような質を有した生態系がどれくらいの期間提供できるのかを明らかにしていく予定である。

謝辞：本研究は、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」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) 滝川清, 田中健路, 外村隆臣, 増田龍哉, 森岡三郎, 酒井勝: 有明海干潟環境改善へ向けた対策工とその効果, 海工論文集, 第50巻, pp. 1226-1230, 2003.
- 2) 滝川清, 増田龍哉, 田中健路, 弥富裕二: 創生された人工干潟における環境変動のメカニズムに関する研究, 海工論文集, 第51巻, pp. 1201-1205, 2004.
- 3) 森本剣太郎, 滝川清, 古川恵太, 増田龍哉, 田中健路, 三迫陽介: 創生された潟湖干潟の特性と環境変動メカニズムの解明に関する研究, 海岸工学論文集, 第52巻, pp. 1171-1175, 2005.
- 4) 滝川清, 増田龍哉, 森本剣太郎, 田中健路, 大久保貴仁, 西原孝美, 吉田秀樹: 有明海干潟海域環境改善へ向けた泥質干潟耕耘の効果に関する研究, 海工論文集, 第52巻, pp. 1201-1205, 2005.
- 5) 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.
- 6) 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, 海工論文集, 第53巻, pp. 1206-1210, 2006.
- 7) 釜田美穂, 金井 裕, 植田睦之, 成末雅恵, 黒沢令子, 小坂正俊, 福井和二, 塚本洋三, 梶希代美, 金子利子: 干潟面の穴の数による底生生物の生息量の評価, STRIX, Vol. 14, pp. 201-203, 1996.
- 8) 小野勇一: 干潟のカニの自然誌, 平凡社, pp. 272, 1995.