

熊本港野鳥の池における干潟造成後の 環境の短期的な遷移過程に関する研究

STUDY ON PRINT SAMPLE OF JAPANESE MANUSCRIPT
FOR ANNUAL JOURNAL OF CIVIL ENGINEERING IN THE OCEAN, JSCE

森本剣太郎¹・三迫陽介²・滝川 清¹・古川恵太⁴・田中健路⁵・増田龍哉⁶
Kentaro MORIMOTO, Yosuke MISAKO, Kiyoshi TAKIKAWA, Keita FURUKAWA,
Kenji TANAKA and Tatsuya MASUDA

¹正会員 工博 熊本大学大学院研究員 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

²学生会員 工学 熊本大学大学院 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

³正会員 工博 熊本大学教授 沿岸域環境教育センター (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

⁴正会員 工博 熊本大学客員教授 沿岸域環境教育センター (〒239-0826 横須賀市長瀬3丁目1-1)

⁵正会員 理博 熊本大学助手 工学部 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

⁶正会員 工学 アジアプランニング株式会社 水環境部門 (〒862-0970 熊本市渡鹿7丁15番27-101号)

Ariake Sea, a typical closed bay on the west of the Kyushu Island, has suffered to external impacts. However it is still unclear which factor and process is more/less dominant. In this study, field observation was conducted inside the artificial tidal flat to model the physical, chemical and ecological system in tidal flat for the preservation or recovery of the coastal environment in Ariake Sea. Within one year since the artificial tidal flat was completed, the environment in the artificial tidal flat has become to settle in the surrounding it. The external meteorological and tidal condition controls the sub-tidal zone to the supra littoral zone has been constructed naturally, and such topography from the sub-tidal zone to the supra littoral zone has been constructed naturally, and such topographical condition preserves a steady environmental condition for habitat.

Key Words : Artificial tidal flat, Ariake Sea, Benthos, Environmental-change, Substance-circulation

1. はじめに

九州西部に位置する有明海は日本を代表する大型閉鎖性内湾であり、約5mにも達する大きな干満差の条件の下、我国の干潟総面積の約40%に及ぶ広大な干潟が発達した海域である。この干潟環境は、潮汐などに起因する流動場や気象条件、底生生物や微生物の活動状況に応じ、微妙なバランスを形成しつつ絶えず変化している。かつてはこれらの微妙なバランスが均衡し保持されてきた環境にあり、底生生物など生態系の生息環境としての基盤となり、アサリを主体とした採貝漁場としても重要な役割を果たしてきた。しかしながら、近年、沿岸域の開発や河川からの栄養塩流入の質の変化とともに量の増加などにより、内湾への水質負荷が増大した。それらの人為的インパクトによる底質や水質の悪化が、干潟の本来有する浄化機能の低下につながっているものと考えられる。

これらの負荷増大の一端として、2000年12月から翌年1月におけるノリの色落ち被害や、赤潮の大量発生などに見られる環境悪化に伴う諸現象が顕在化しており、早急な干潟環境の浄化機能の再生・回復が社会的に強く求められている(滝川ら2003)。有明海の環境特性に関連する過去の研究では、底質と底生生物の調査研究による研究(北園ら2001)や気象条件と水質の連続観測からの研究(鯉渕ら2003)などのように、それぞれの分野の観点に基づいた研究が行われてきている。しかし、海域における気圏、水圏、地圏、生物圏にまたがる物質・エネルギー循環(4圏間相互作用)に関して、統合的見地から環境変動要因の評価および環境改善に向けた方策に関しては、十分な研究が行われていないのが現状である。今後の有明海において、沿岸域の開発利用を進めていく上でも水質・底質の環境変化や生態系の変動を連動的に予測していくことが不可欠であると考えられる。

以上を背景として、干潟域をはじめとする有明海海域の環境変動要因の分析とその影響評価を目的として、熊本港北東角の人工干潟（2002年10月竣工）を対象として、水質・底質・生物調査が行われてきている（滝川，2004）。本研究ではこの人工干潟の追跡調査より、物質収支の観点から人工干潟の効果や特性について解析を行った。

2. 人工干潟における現地調査

(1) 人工干潟「野鳥の池」の概要

本調査対象である熊本港親水緑地公園、野鳥の池（以下「野鳥の池」と略す。）は、野鳥観察および環境学習を主目的として、熊本港北東角に造成された人工干潟である。野鳥の池の概略図を図-1に示した。野鳥の池は石積護岸によって外海と隔てられている。図より通水管（直径1.0m）が池の東側と北側に2ヶ所ずつ計4ヶ所設置され、潮汐の干満に応じて海水が自由に出入りしている。2002年10月に施工が完了し、池内へ初めて海水が導入されたのは2002年11月4日であった。地盤勾配は約1/36で、周りの干潟域（約1/600）より急勾配である。常に海水が溜まっている亜潮間帯が存在しており、水深は干潮時（水面DL+3.0m）で平均水深0.3m、最深部で1.0m未満である。池の周囲を囲むように生育しているヨシ原は、満潮時でも冠水しない潮上帯となっている。面積は造成された時点で亜潮間帯1,028m²、潮間帯4,222m²、潮上帯17,750m²の計23,000m²であった。池内の土壌は含泥率70%前後のいわゆる泥質干潟である。また比較対照地として野鳥の池の東側約30mに位置する泥質干潟①、②（以下「比較対照干潟」と略す。）においても調査を行った。

(2) 調査方法

地形調査では目盛付きの杭を地盤高0.5m間隔で、亜潮間帯内のDL+2.5mからH.W.Lの4.5mまで、Aライン、Bラインの2測線計10地点に設置して定点観測を行った。（図-1参照）また亜潮間帯の2地点を除いた潮間帯8地点については、ポータブル型単管式コーンペネトロメータを用いて貫入試験を行い、池内の干潟が完全に干出して1時間以内にコーン支持力を測定した。

底質調査は、地形調査と同じ地点と比較対照干潟の2地点において、コアサンプラーにより深さ約30cmの柱状試料を採泥した。それを表層（0～0.5cm）、上層（～9～11cm）、中層（～19～21cm）、下層（～29～31cm）の4層に分割し、粒度分析、含水比、CODsed、強熱減量、硫化物含有率、ORP、pHについて分析した。

水質調査は多項目水質計HORIBA W-23XDを池内に常設し計測する連続観測と、サンプル瓶を用いて採水したものを持ち帰り分析する詳細調査を行った。連続観測では図-1のSt.2地点において、水質計を底面から0.3mの位置に固定するものと、水質計を浮かべ水面から10cmの水質を計測した。また、通水管③の野鳥の池の外である

St.1地点においても、底面付近に水質計を設定した。測定項目は、pH、DO、導電率、塩分、全溶存固形物質、海水比重、濁度、ORP、水温である。詳細調査では流入直前と流出直後の海水をSt.2地点において採水した。また流入と流出の海水をSt.1地点において採水した。分析は、SS、DO、COD、D-COD、T-N、D-T-N、NO₂-N、NO₃-N、NH₄-N、T-P、D-T-P、PO₄-P、クロロフィルa、フェオフィチンについて行った。

生物調査は定性調査と定量調査に大別される。底生調査では、大潮時に捕獲や目視、そして巣穴観測によって生物種や個体数の移り変わりを調査した。巣穴観測は、図-1に示す△地点において1m²のポイントを設置し観測を行った。定量調査は池内DL+3.0mの2地点、DL+3.5mの2地点、比較対照干潟2地点で、ステンレス製のコドラート枠を用いて、幅25cm×奥行き25cm×深さ20cmの土を採泥した。その土を通過粒径1mmのフルイにかけ、そこに残った底生生物について種の同定を行い、それぞれ個体数と湿重量を計測した。また、亜潮間帯に生息する魚類等も投網・タモ網を用いて捕獲調査を実施した。

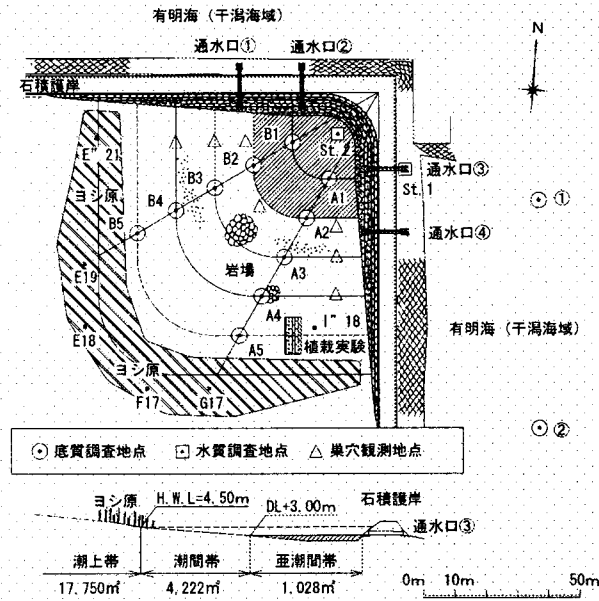


図-1 「野鳥の池」の概略図

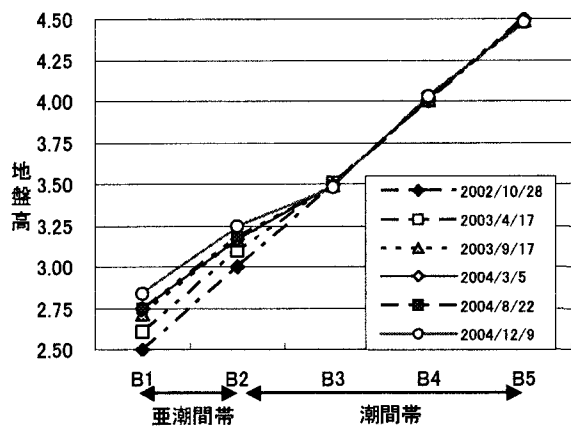


図-2 野鳥の池の地形変動

3. 調査結果および考察

(1) 地形・底質

野鳥の池の地形は、通水開始後約6ヶ月で亜潮間帯と水際で約10cmの堆積が見られ、約2年で25～30cmの堆積が見られた(図-2)。これは、池外からのSS負荷によるものと、野鳥の池の背後地である緑地公園からの雨水の流れ込みや潮汐変動によって底泥が浸食され、亜潮間帯から水際にかけて堆積したとも考えられる。

コーン貫入試験ではほぼ全地点、全層で夏に柔らかくなる傾向にあった。これは泥温の変化や生物活動によるものと考えられる。また潮間帯低部のB2地点(図-3)では2003年10月と比べて、2004年10月は軟化していた。これは後述する巣穴数の増加によるものと土砂の堆積により粘土分、シルト分が増加したことによるものと考えられる。

粒度分析は通水開始から15日後の2002年11月19日と、本年度2004年12月9日の結果を亜潮間帯B1地点と潮間帯B3地点で比較したものを、それぞれ図-4と図-5に示す。

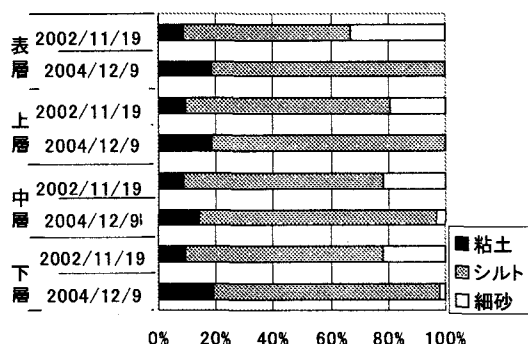


図-4 亜潮間帯B1地点の粒度分布変動

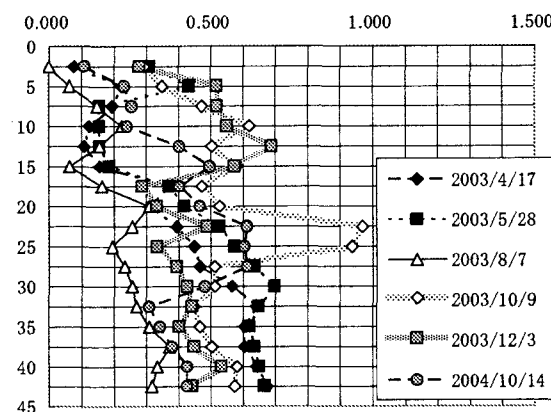


図-3 潮間帯B2地点のコーン支持力の季節変動鉛直プロファイル

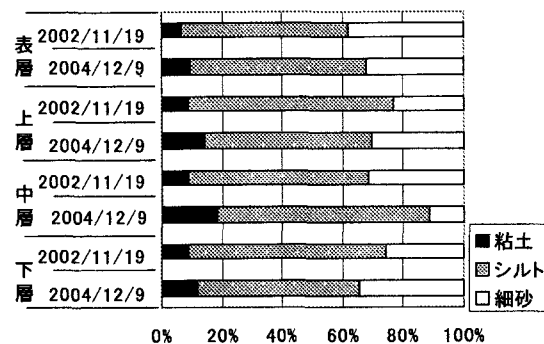


図-5 亜潮間帯B3地点の粒度分布変動

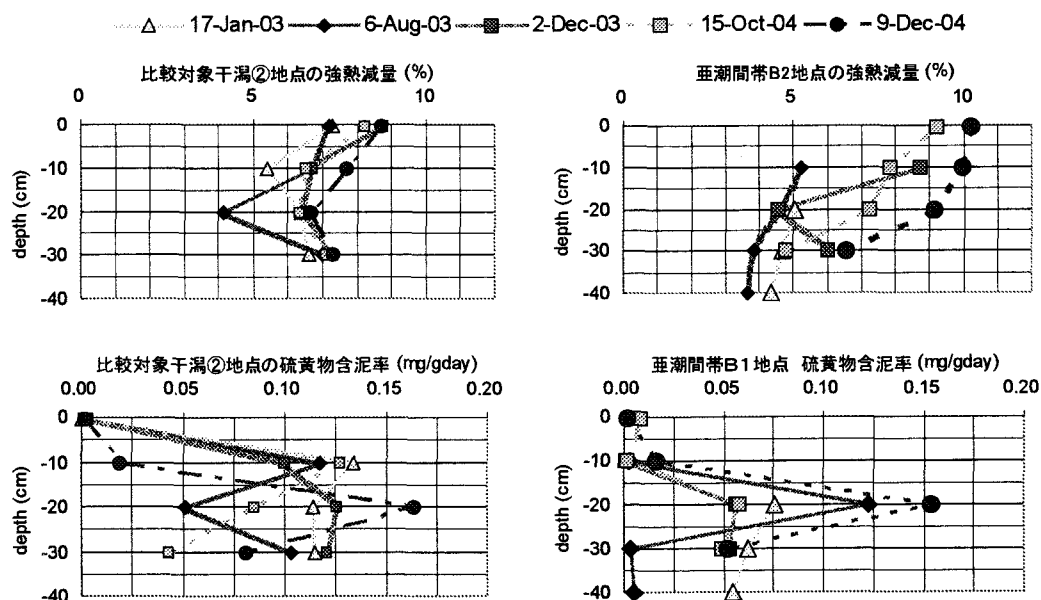


図-6 底泥の季節変動鉛直プロファイル

この間約2年で亜潮間帯B1地点では、全層において粘土、シルト質が増加し、含泥量が増加した。現在の下層は通水前の表層にあたるため、潮間帯が浸食されることによりこの地点に堆積した土砂は粒径の小さい粘土、シルト質が多かったことが示唆された。潮間帯B3地点では亜潮間帯に堆積した分、表層の粘土、シルト質が減少しているかと思われたが、減少することなく逆にわずかながら

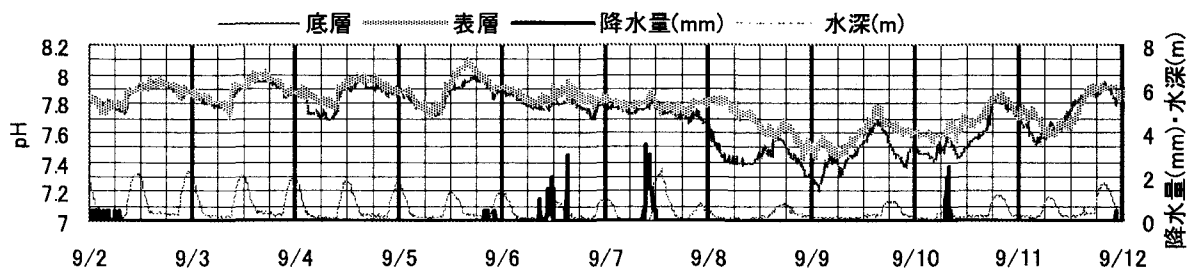


図-7 降水量、池内水深とpHの変動

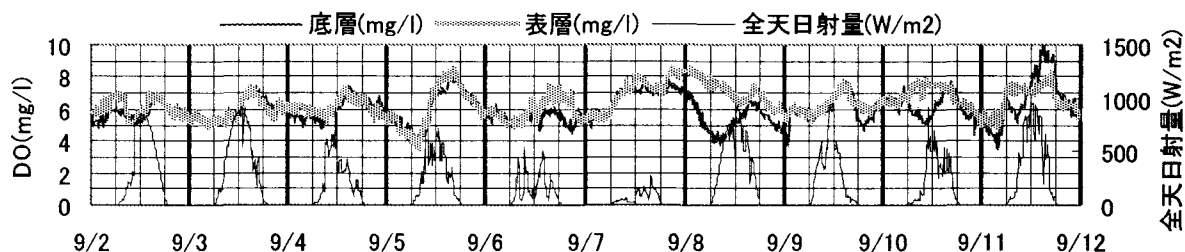


図-8 全天日射量とDOの変動

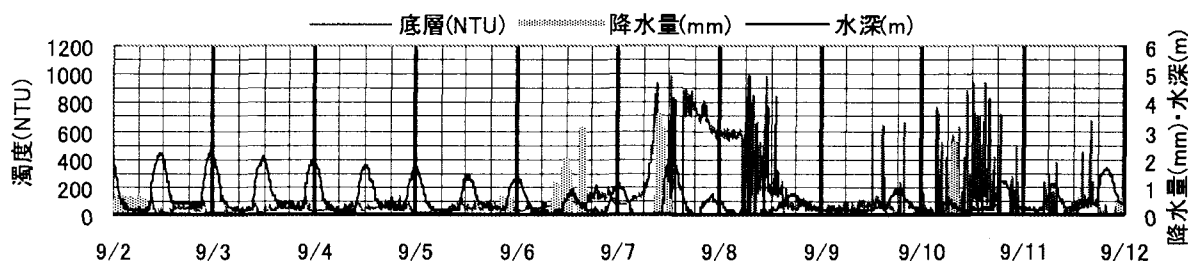


図-9 降水量、池内水深と濁度の変動

増加している。これは表層の粘土分、シルト分は亜潮間帯に流されるが、なくなった分が潮上帯や後背地から雨水の流れ込みにより供給されるためと考えられる。

底泥中の分析した項目の鉛直プロファイルについて、比較対照干潟と池内亜潮間帯の結果を図-6に示す。強熱減量は、比較対照干潟、池内亜潮間帯ともに夏に低下し、冬に増加する傾向を示した。これは生物活性が高い夏に有機物が分解され、生物の活性が低い冬に増加したものと考えられる。この傾向は池内潮間帯を含む採泥した全地点において同様に見られた。硫化物は、比較対照干潟と池内亜潮間帯に存在は確認されたが、池内潮間帯ではほとんど確認されなかった。これは潮間帯が、潮汐によって常に好気的環境を維持されたと考えられる。亜潮間帯では-20cmの層で大幅な増加傾向が見られた。この地点は、もともと表層の部分で硫化物含有率の多かった地点で、2年間の堆積がより嫌気的な環境を維持され増加したものと考えられる。

(2) 水質・気象

図-7～9は、pH、DOと濁度の変動と気象条件との関係を示した。調査地点の野鳥の池は白川河口の南西

約1.5kmに位置しているため、河川からの淡水の供給によって塩分濃度が変動しやすい環境下にある。なお、降水量と全天日射量は野鳥の池の北側約120mに建設した干潟観測塔の計測したデータである。6日、7日には台風18号により熊本市内は、2日で合計88mmの降水量が確認された。この時池内の水深が急激にあがっていることから、短時間に集中して降雨があったことが確認できる。その後、8日、9日となかなかpHも塩分も回復しないのは、小潮時と重なったためと考えられる。大潮時には池内の海水容積の92%が流入水になるのに対し、小潮時には46%で、池内に溜まったpH(塩分も)の低い海水は外海水と交換されなかったと考えられる。またそのときの外海水も、白川などから普段より多くの淡水が流れ込んでいることが予想されることもひとつの要因として考えられる。pHが昼間に高くなるのは、植物プランクトンの光合成によって水中のCO₂が消費され、O₂が生成されたためで、実際DOもpHのグラフと同じ挙動を示しており、昼間は日照量の増加に伴い増加し、日照量のなくなる夜には植物プランクトンによる光合成が起らず呼吸によるO₂の消費だけが起るため低下した。8日の底層におけるDOの低下は、多量の降雨に伴う底泥の

巻き上げによるもので、図-9が示すように同じ日に濁度が底層で大幅に増加していることから、降雨による底泥の巻き上げが起こったことが確認できる。底層における濁度の変動は潮汐によるものが8~145NTUで、降雨による変動は0~967NTUであった。このことから池内底層における濁度の変動は潮汐よりも降雨の影響を多く受け、底泥の巻き上げなどが起きていると考えられる。8,9日の小潮が過ぎたあとは、10,11日の前線停滞の影響を受けたため、pH、DOと濁度はゆっくりではあるが徐々に底層の値が表層に近づきつつあり、台風一過による擾乱の効果が元の状態に回復しつつある様子が確認できた。

(3) 生物

野鳥の池内と比較対照干潟の通水前からの出現種類数の変動を図-10に示した。比較対照干潟の生物相は多毛類（イトゴカイ、sp）と甲殻類（ヤマトオサガニ）を主として、トビハゼやムツゴロウも見受けられ、確認された出現種は11種であった。比較対照干潟は含泥量80%以上の泥質干潟で、種類数は少ないものの、ムツゴロウやムツバリアケガニなどの泥質干潟にしか生息しない種が確認された。野鳥の池内の干潟では、造成工事途中（通水前）には雨水がたまり、昆虫が生息する程度であった。しかし、2002年11月の調査でヤドカリが確認されて以来、亜潮間帯付近から徐々に生物が増え始めた。ゴカイ、sp、カニ類、トビハゼという順序で増加していき、2003年10月の調査では出現種類数が12種となり比較対照干潟を上回った。また、2004年9月の調査では、シオマネキ、ハクセンシオマネキなども見受けられるようになり、池内干潟の出現種類数は17種となった。これらの生物は地盤高によって棲み分けしていることから、池内干潟の地盤勾配が約1/36で、連続性のある干潟環境が創生されていることが池内干潟の出現種類数増加の要因として考えられる。また、貝類などの軟体動物は池内では確認されていないため、今後軟体動物の定着による種類数の増加も期待される。

図-11は池内潮間帯の巣穴数の変動を表したものである。「小」は直径5mm以下の小さい巣穴、「大」は直径5mm以上の大きい巣穴を示している。巣穴直径5mmという基準は、ゴカイによって作られた巣穴のほとんどが直径5mm以下であるという仮定のもと設定したものである。したがって巣穴「大」は、主にゴカイなどを捕食するヒ

メアシハラガニやトビハゼなどの肉食者と堆積物の底生の珪藻や有機物を餌とするチゴガニなどによって作られたものである。巣穴「大」は春から秋にかけて徐々に増加し、10月から11月をピークとし、12月以降、冬になると大きく減少した。これは節足動物や脊椎動物が冬の水温低下などの厳しい環境に耐え切れず死亡したことや、冬眠したことによるもので、巣穴「小」は季節変化よりも巣穴「大」の増減に伴う変動がある程度見られた。つまり、肉食者である節足動物、脊椎動物が多数存在するとき、環形動物であるゴカイは捕食され減少し、肉食者が少数の時、ゴカイは繁殖し増加したのであろう。

4. まとめ

野鳥の池は、周りに自然の干潟が広がる海域に浚渫土砂で埋め立てられた敷地を掘り込み、通水管を設けたシンプルな人工潟湖干潟という特異性を持つ。自然環境にしながら実験水槽レベルに近い詳細な追跡調査を地形・底質、水質、生物それぞれに対して行った。これらの変動と気象との関連についても検討を行った結果、図-12に示す4圏間相互作用図が得られた。

①潮汐や降雨による潮間帯の浸食やSSの流入により亜潮間帯と水際で土砂が堆積した。それらは粒径0.05mm以下の粘土、シルトが大半を占めるため、含水比や有機物の増加につながった。また土砂の堆積により底層は嫌気的な環境が保たれたため、有機物の増加と共に硫化物増加を引き起こした。また粒径が小さくなり含水比が増加し

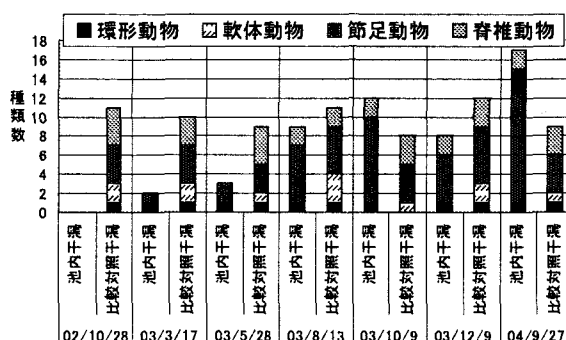


図-10 野鳥の池内と比較対象干潟における出現種類数の変動

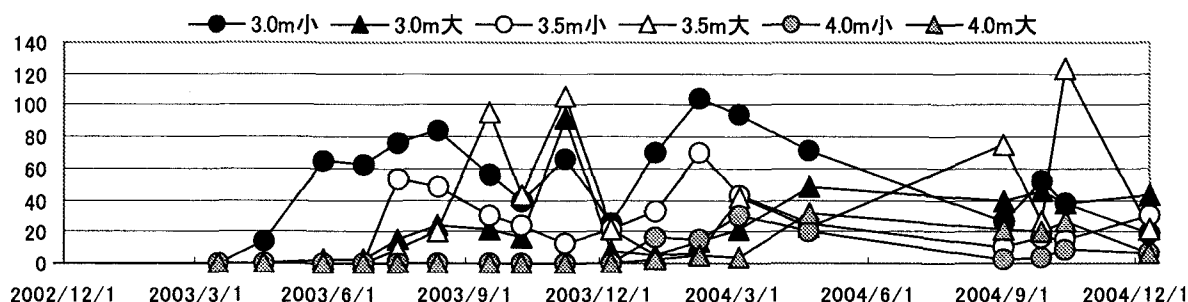


図-11 池内潮間帯D.L=3.0, 3.5, 4.0mの巣穴数の変動

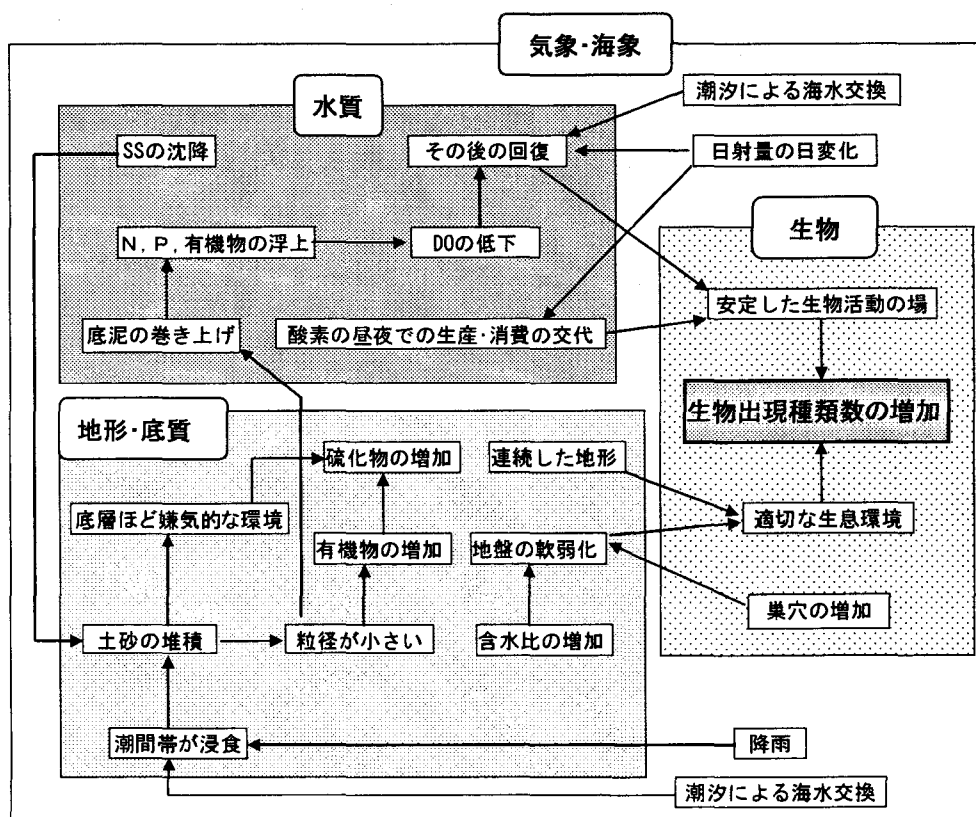


図-12 野鳥の池の調査結果で明らかとなった4圏間相互作用図

たことは、巣穴の増加と共に地盤の軟弱化を促進させた。
②また粒径が小さい土砂が堆積したことにより、底泥の巻き上げが起りやすくなっていると考えられる。特に昼の干潟干出時には底泥の巻き上げによりN, P, 有機物が浮上していることが確認された。それらを分解しようとする微生物の働きにより酸素が消費されDOの低下が起きた。しかしDOの低下は一時的なもので、植物プランクトンの光合成や海水交換により、台風後であっても2, 3日後には平均的な濃度にまで回復した。日射量の日変化により、昼夜の生産・消費の交代という定常的な変動パターンも示していることから、野鳥の池は安定した生物活動の場として機能している。

③生物の出現種類数が増加したのは、亜潮間帯から潮上帯まで干潟が連続して形成していること、潮間帯底部ほど地盤が軟弱化していることがこれにあたる。また安定した生物活動の場として機能していることも当然出現種類数増加が証明している。

④野鳥の池が施工されて約2年半が経過した現時点で、軟泥化が進み、勾配も若干緩やかとなり周りの自然干潟環境に近づきつつあるが、亜潮間帯の存在、地形勾配や植生の影響を受け、野鳥の池の生物出現の様相は異なっていることが確認できた。

上記のように、野鳥の池はわずか短期間で図-12に示す4圏間相互作用が見られるようになった。生物種の多

様化や水質浄化能力の向上過程において、地形・底質、水質、生物、そして気象・海象条件がどのような相関関係を保ち、また変動していくかを明らかにすることは干潟環境の再生・回復により有益な指針となると思われる。今後も調査を継続することにより、こうした機能発揮のプロセスが明らかになり、ひいては有明海の干潟環境改善に繋がる。

参考文献

- 1) 滝川 清, 増田龍哉, 田中健路, 弥富裕二 (2004) : 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, 海岸工学論文集, 第51巻, pp1201-1205
- 2) 滝川 清, 田中健路, 外村隆臣, 西岡律恵, 青山千春 (2003) : 有明海の過去25年間ににおける海域環境の変動特性, 海岸工学論文集, 第50巻, pp1001-1005
- 3) 北園芳人, 鈴木敦巳, 林康弘, 喜津木郁人, 滝川清 (2001) : 有明海と八代海の干潟における底質特性と底生動物の豊かさに関する研究, 海岸工学論文集, 第49巻, pp1131-1135
- 4) 鯉渕幸生, 佐々木淳, 有田正光, 磯部雅彦 (2003) : 有明海における水質変動の支配要因, 海岸工学論文集, 第50巻, pp971-975