

有明海における改良型人工巣穴を用いた 底質改善技術の現地実証試験

FIELD EXPERIMENT TO IMPROVE A SEDIMENT USING
“NEW ARTIFICIAL NEST HOLE” IN ARIAKE BAY

岩尾大輔¹・五十嵐学²・増田龍哉³・滝川清⁴・三小田徹⁵
Daisuke IWAO, Manabu IGARASHI, Tatsuya MASUDA,
Kiyoshi TAKIKAWA and Toru MIKOTA

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

²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 (同上)

³正会員 博(工) 熊本大学特任助教 大学院先導機構 (同上)

⁴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 (同上)

⁵株式会社 ネイチャー 代表取締役 (〒816-0855 福岡県春日市天神山5-100)

To solve the various environmental degradations caused by sediment deterioration, it was devised the sediment improved technique by using “Artificial nest hole”, and then a field experiment had been performed since 2006 in Ariake Bay. However, problems like a deposition of floating mud and an adherence of organism in the artificial nest hole were caused. So, a field experiment has been performed by using the new artificial nest hole which improved their problems since 2009. This experiment shows that the new artificial nest hole has an inhibition effect of floating mud deposition and attached organism, and a sediment purification effect.

Key Words : Ariake Bay, artificial nest hole, floating mud, sediment, benthos

1. はじめに

有明海では赤潮の頻発化や貧酸素水塊の発生などの環境悪化が顕在化してきており、これらは水質・底質の悪化が原因と考えられている。特に、底質の泥化・嫌気化といった底質環境の悪化は、硫化水素や貧酸素水塊の発生を招き、生物へ悪影響を及ぼすと懸念されている。そして、この生物生息環境の悪化が底質環境の更なる悪化に繋がるという悪循環に陥るため、有効な底質環境改善策の実施が急務となっている。

このような背景のもと、筆者らは、水位差を利用し、底質内部へ新鮮な海水を供給することで底質の改善を図るという「人工巣穴」を用いた底質改善技術を考案し、2006年より現地実証試験を行ってきた¹⁾²⁾³⁾。その結果、人工巣穴は海水の供給による底質改善効果を有し、人工巣穴本体が生物の着床基盤となる等、一定の成果が得られている³⁾。しかし、時間経過とともに人工巣穴内部では浮泥の堆積及び付着生物の増加が確認され、海水供給機能による底質改善効果が3~6ヶ月程度の持続期間に止まるとい

う問題点が示唆された⁴⁾。そこで筆者らは、人工巣穴内部への浮泥堆積および生物付着を抑制する改良型人工巣穴を新たに考案・製作し、2009年6月から現地実証試験を行なっている。

本研究では、人工巣穴の設置 24 週間後 (6 ヶ月後) までの追跡調査結果から、人工巣穴内部及び周辺部への浮泥堆積抑制効果ならびに人工巣穴による底質及び生物生息環境の改善効果を検証し、改良型人工巣穴の現地適用可能性を検討した。

2. 改良型人工巣穴の形状

改良型人工巣穴は、写真-1に示すA0タイプ、A1タイプ、A2タイプ及びSタイプの計4タイプを設計・製作した。各タイプとも多孔性人工巣穴にアクリルパイプ (内径5cm) を挟み込んだ形状となっている。この多孔性人工巣穴は、5号碎石 (20~13mm) を主材とした全長40cmの多孔質コンクリート製である。

A0タイプは、浮泥堆積や付着生物への対策を施さず、他のタイプとの比較検討に用いる。A1及びA2タ

イブは、A0タイプのアクリルパイプ上部に笠を取り付け、それぞれの傘の形状は異なる。これにより、傘の近傍では常時乱流が発生し、それによって冠水時に巻き上げられた浮泥の移流・拡散方向が変わることによる人工巣穴内部への浮泥堆積抑制効果を期待した。Sタイプは浮泥防止策としてA1タイプと同じ笠を取り付け、更に生物の付着を防止するためにアクリルパイプの内外に潮位変動に伴って上下運動をする浮き（発泡スチロール）を有する。

3. 現地実証試験の概要

(1) 人工巣穴設置場所

人工巣穴は、図-1に示す熊本市西部の坪井川河口北側に位置する百貫港付近の干潟域に設置した。各タイプのアクリルパイプの長さを50cmと100cmに変えた計8種類の人工巣穴を各4基ずつ製作し、現地に図-2のように配置した。全ての人工巣穴において、設置間隔を100cm、底質への挿入深さを32cmとした。また、人工巣穴設置場所近傍の干潟上（A2タイプから6m南側の地点）を比較地点（EX1）とし、人工巣穴設置地点との比較を行なった。

(2) 調査概要

調査は浮泥堆積調査、底質調査、底生生物調査を表-1に示す調査日で行なった。以下に各調査方法について述べる。

a) 浮泥堆積調査

浮泥堆積調査は、人工巣穴内部と人工巣穴設置場所周辺の2種類を行なった。

人工巣穴内部の浮泥堆積調査は、アクリルパイプ上端から管内の浮泥堆積面までの距離を計測し、基準面（写真-1）からの人工巣穴内部の浮泥堆積量を求めた。なお、Sタイプは管内の発泡スチロールによって計測が困難なため、Sタイプを除く人工巣穴（24基）で調査を行なった。

人工巣穴設置場所周辺の浮泥堆積調査は、設置場所及びその周囲での干潟の洗掘・堆積傾向を調べることで、人工巣穴設置による浮泥堆積への影響を検証した。

両調査とも設置日から設置2ヶ月後までは2週毎に行ない、その後の調査については気象や海象状況等から判断して2週毎あるいは1ヶ月毎とした。

b) 底質調査

底質調査は直径7.5cmのステンレスサンプラー（2本）を用い、巣穴直近で約40cmの深さまで採泥した。採泥した試料は脱型後、表層（0～1cm）・上層（7～13cm）・中層（17～23cm）・下層（27～33cm）の4層に区分し各種の底質分析試料とした。分析項目は粒度組成、含水率、硫化物、ORP、全炭素(TC)、全窒素(TN)、泥温とした。調査は設置日から設置6ヶ月後まで1ヶ月毎に行なった。

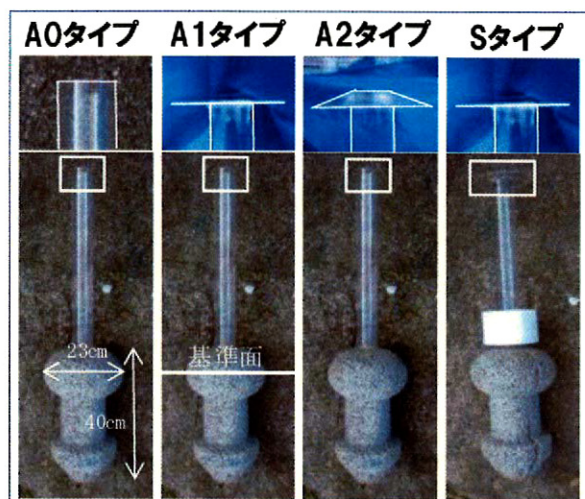


写真-1 人工巣穴の形状

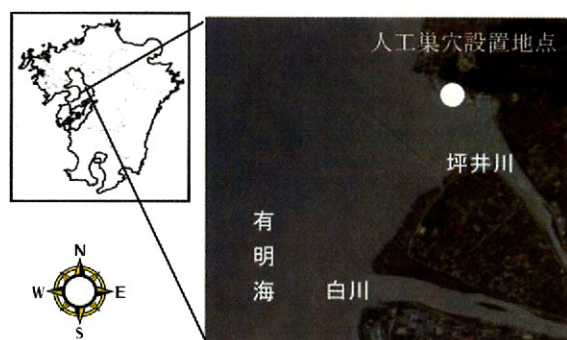


図-1 人工巣穴設置場所

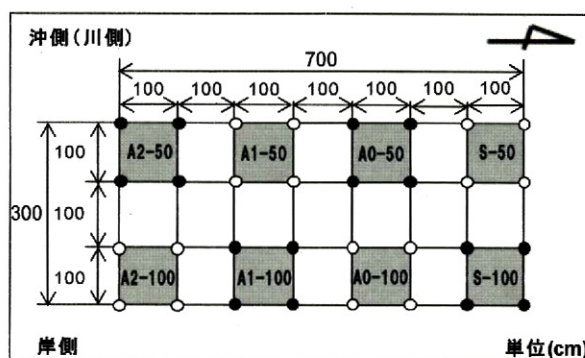


図-2 人工巣穴配置図

表-1 調査実施日

年月日	調査時期	浮泥	底質	生物
2009/6/11	設置日		○	○
6/24	2週後	○		
7/8	4週（1ヶ月）後	○	○	
7/24	6週後	○		
8/7	8週（2ヶ月）後	○	○	
9/1	12週（3ヶ月）後	○	○	○
10/5	16週（4ヶ月）後	○	○	
10/21	18週後	○		
11/2	20週（5ヶ月）後	○	○	
12/3	24週（6ヶ月）後	○	○	○

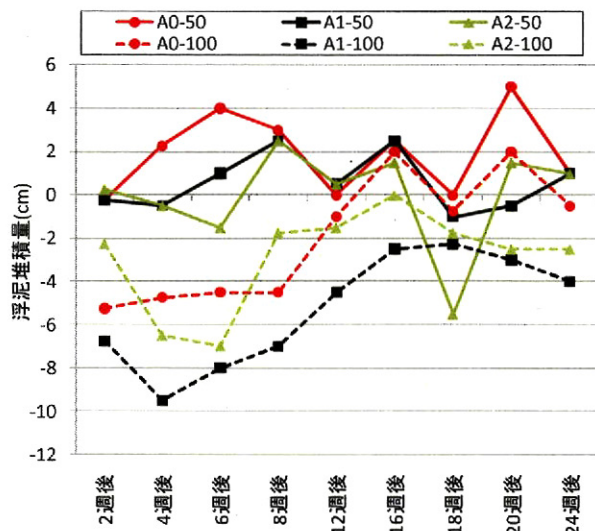


図-3 人工巣穴内部の浮泥堆積量変化

c) 底生生物調査

底生生物調査は、各タイプの巣穴4基の中心を採泥地点とし、25cm×25cmのコドラートを用いて10～15cmの深さで2回採泥を行なった。その採泥した試料を1mm目の篩にかけ、残った底生生物について種数、個体数、湿重量を計測した。調査は設置日、設置3ヶ月後、設置6ヶ月後に行なった。

4. 現地実証試験結果

(1) 浮泥堆積調査

a) 人工巣穴内部の浮泥堆積

図-3に人工巣穴内部の浮泥堆積量の経時変化を示す。浮泥堆積量は、その値が過大あるいは過小評価されることを防ぐために、各タイプとも調査で得られる4つのデータのうち最大値と最小値を除いた2つのデータの平均値を用いた。

設置2週後にはアクリルパイプの長さ100cmの人工巣穴が50cmのそれと比べて平均で約4.6cm堆積量が小さかった。その後、50cmのタイプは堆積量が横ばい、100cmのタイプは堆積が進行する傾向が見られたものの、調査期間中を通して100cmのタイプが50cmのタイプより浮泥堆積量が小さく、設置24週後においても平均で約3.3cmの差があった。

浮泥対策をしていないA0タイプと笠による浮泥対策をしたA1・A2タイプを比較すると、50cmの人工巣穴では、調査期間を通してA1・A2タイプの浮泥堆積量がA0タイプより小さく、その差は平均でA1タイプが約1.4cm、A2タイプが約2.0cmであった。また、100cmの人工巣穴でも設置12週以降A1・A2タイプの浮泥堆積量がA0タイプより小さく、平均ではA1タイプで約3.4cm、A2タイプで約0.9cmであった。なお、A1タイプとA2タイプで明確な差は見られなかった。



写真-2 設置24週後での洗掘状況

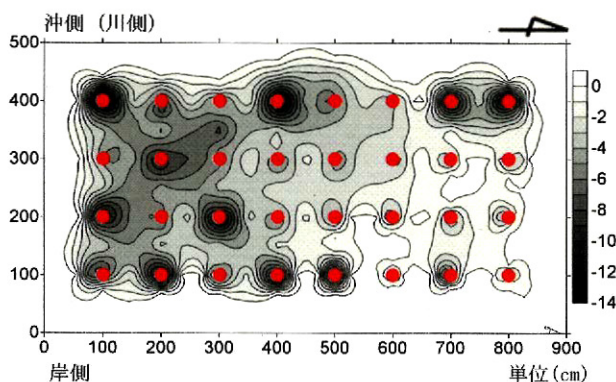


図-4 設置24週後での洗掘コンター図

b) 人工巣穴設置場所周辺の浮泥堆積

人工巣穴設置2週後には洗掘が生じ、人工巣穴の近傍に潮溜まりが確認された。その後は時間の経過とともに洗掘による潮溜まりが人工巣穴設置場所全体に広がり（写真-2）、南側と沖側で洗掘が大きくなる傾向が見られた（図-4）。人工巣穴設置場所周辺の洗掘に関しては、設置24週後において水平距離で平均31cmまで潮溜まりが広がっていた。

(2) 底質調査

a) 全炭素・全窒素

図-5に表層での全炭素(TC)の経時変化を示す。設置直後は各設置地点においてばらつきがあり、比較地点が全地点中最も低い値であった。しかし、設置4週後には比較地点で全炭素量が増加したのに対し、人工巣穴設置地点では全てのタイプで減少した。

設置8週後には比較地点・人工巣穴設置地点ともに全炭素量が増加した。これは、夏季の有機物増加傾向や、7月25日に観測された137mm/dayの降雨（気象庁熊本地方気象台の観測結果）によって河川からの流入負荷が増大したためと考えられる。しかし、比較地点では13.6mg/g-dry増加したのに対し、S-

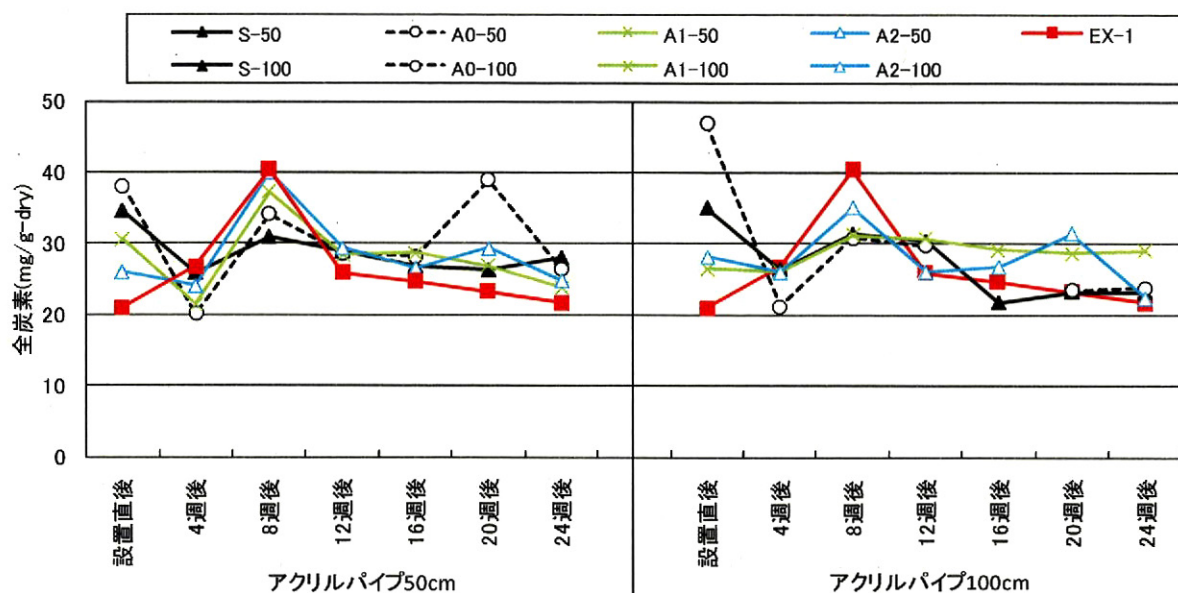


図-5 表層における全炭素の経時変化

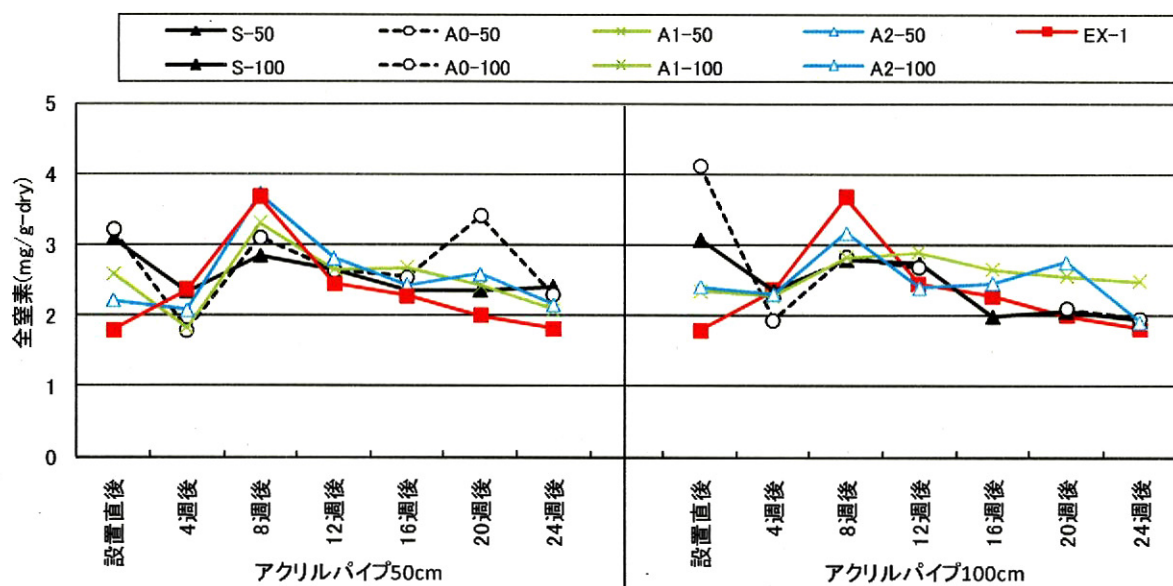


図-6 表層における全窒素の経時変化

100で5.0mg/g-dry, A0-100で9.6mg/g-dry, A1-100で5.2mg/g-dry, A2-100で9.0mg/g-dryとなり、アクリルパイプの長さが100cmのタイプでは比較地点と比べて増加量が低く抑えられた。

設置12週以降、人工巣穴設置地点は比較地点より全炭素量が高い傾向を示したが、比較地点との差を設置直後調査と設置24週後調査で比較すると、A1-100タイプを除く全てのタイプにおいてその差が小さくなった。特にA0-100タイプは、比較地点との差が、設置直後に約26.0mg/g-dryであったのに対し設置24週後では約2.2mg/g-dryであった。

図-6に表層での全窒素(TN)の経時変化を示す。全窒素も全炭素と同様に、人工巣穴設置地点は設置直後に高い値を示したものの、設置4週後には比較地点より低い値となり、その後も比較地点と同程度の

値で推移する傾向を示した。

b) 硫化物

図-7に表層での硫化物の経時変化を示す。全炭素・全窒素と同様に設置直後の硫化物の値にばらつきが見られ、比較地点より高い値を示したタイプが多く見られた。特にS-100タイプは、設置直後に0.54mg/g-dryという高い値を示したが、設置4週後には全地点の中で硫化物の減少量が最も大きくなり、さらに設置16週以降は水産用水基準である0.2mg/g-dryを下回る値で推移した。

A2-100タイプにおいても設置直後の硫化物の値が比較地点より高かったが、設置4週後以降は比較地点と比べて同等あるいは低い値で推移し、設置直後及び設置8週を除く調査において水産用水基準(0.2mg/g-dry)を下回る値を示した。また、設置8週

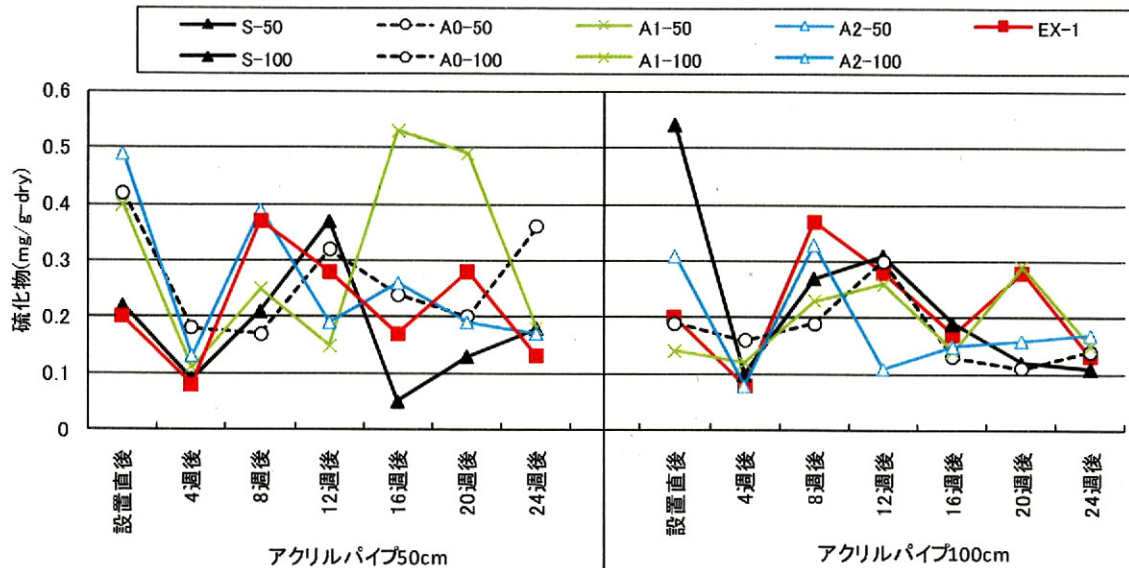


図-7 表層における硫化物の経時変化

後に見られた硫化物量の増加は、比較地点でも見られることなどから、夏季の有機物増加に伴うものと考えられる。

設置20週後に比較地点で硫化物が増加傾向を示した。しかし、全炭素の値は減少傾向を示していることから、有機物の増加に伴うものではないと考えられる。この突発的な硫化物の増加に対し、A1タイプを除く人工巣穴では硫化物の増加が低く抑えられた。

(3) 底生生物調査

a) 生物種数

図-8に各タイプの生物種数の経時変化を示す。比較地点・人工巣穴設置地点ともに、設置24週後に生物種数が減少する傾向を示した。これは、季節の影響や、2009年10月7日に九州を通過した台風によって生物生息場が乱されたものと考えられる。

調査期間を通してA0-100タイプとA1-100タイプの生物種数が比較地点のそれと比較して多く、A0-100タイプではオサガニ属の一種、A1-100タイプではテッポウエビ属の一種といった比較地点で確認されていない生物種が確認された。

b) 生物個体数

図-9に各タイプの生物個体数の経時変化を示す。生物個体数についても生物種数と同様に、多くの地点で設置24週後に個体数の減少が見られた。調査期間を通して、比較地点の個体数が人工巣穴設置地点のそれより多かった。比較地点ではゴカイなどの環形動物が多く確認され、A0-100タイプではテリザクラなどの軟体動物が多く確認された。

c) 生物湿重量

図-10に各タイプの生物湿重量の経時変化を示す。全体的に軟体動物の割合が高い傾向が見られた。A0-100タイプ・A2-100タイプにおいて、設置24週後に軟体動物の生物種数・個体数ともに減少しているのに対し、湿重量は増加した。また、A0-100タイプ

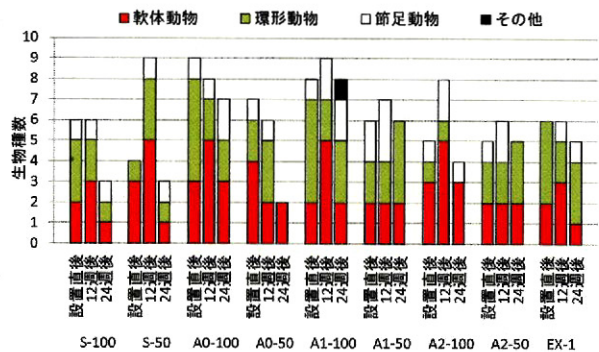


図-8 生物種数の経時変化

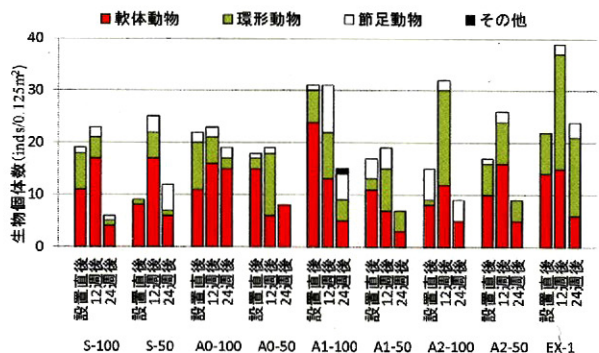


図-9 生物個体数の経時変化

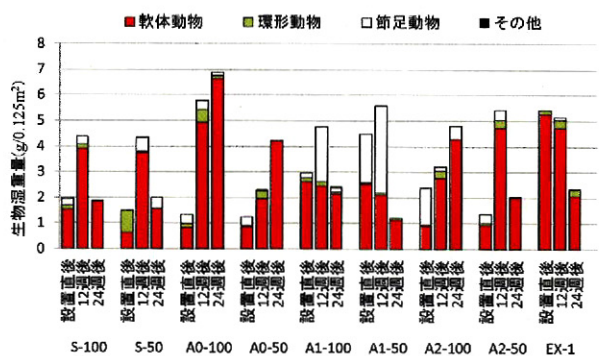


図-10 生物湿重量の経時変化

において、設置12週後から設置24週後で個体数の多いテリザクラの一個体当りの湿重量が35%増加していることなどから、A0-100タイプで多く確認された軟体動物が定着・成長したと考えられる。A2-100タイプについては、設置24週後に新たに出現した湿重量の大きいシオフキガイによるものと考えられる。

5. 考察

人工巣穴内部への浮泥堆積抑制効果は、アクリルパイプの長さが50cmのタイプより100cmのタイプで大きかった。これは、100cmの人工巣穴が50cmのものと比較して、①干潟表層からアクリルパイプ上端までの距離が大きいため、表層からの浮泥の巻き上げの影響を受けにくい、②浸水時間が短いため、海水中の浮泥の進入が抑えられる、という理由が考えられる。また、笠を取り付けることによる人工巣穴内部への浮泥堆積抑制効果も確認され、その効果は、先に述べた干潟表層からの浮泥の巻き上げの影響を受けやすい50cmタイプで顕著に見られた。

人工巣穴設置場所周辺の浮泥堆積については、人工巣穴設置後、時間の経過とともに設置場所及びその周囲まで洗掘が進んだことから、人工巣穴を設置することで流れに乱れが生じ、人工巣穴近傍及びその周辺に浮泥が堆積しにくい場が形成されていると考えられる。

人工巣穴設置直後の底質調査結果より、人工巣穴設置場所は比較地点と比べて有機物が堆積しやすく、硫化物が多いなど、底質環境の悪い場所であったと考えられる。しかし、人工巣穴設置4週後には比較地点と同程度まで改善し、その後も比較地点と同様の傾向を示した。このことから、底質環境の悪化した場所に人工巣穴を設置することで、底質環境の改善及びその維持が期待できると推察される。

また、突発的な有機物の増加に対して、人工巣穴設置地点は比較地点よりその増加量が小さいことが確認された。これは、①人工巣穴を設置したことで比較地点に比べて有機物が溜りにくい場になった、②人工巣穴の持つ海水供給機能によって好気的な有機物分解が促進された、などの要因が考えられる。

硫化物についても同様の傾向が見られ、人工巣穴の設置は底質環境の維持に有効であると推察される。

人工巣穴のタイプ別に見ると、S-100、A0-100、A2-100タイプで底質改善効果が大きく、アクリルパイプの長さが100cmのタイプの有意性が示唆された。100cmのタイプは、人工巣穴内部への浮泥堆積抑制効果が確認されたことから、持続的な底質改善効果が期待できる。

人工巣穴設置地点の底生生物については、比較地点より多くの種数が確認されたり、生物湿重量が増加するなどの効果が見られた。また、既往の研究において、人工巣穴の生物生息場としての機能が確認されており³⁾⁴⁾、改良型人工巣穴においてもその効

果が期待できると考えられる。

他の海域において人工巣穴の適用を考える場合、既往の研究及び本研究結果をそのまま利用するのではなく、その海域の特性に合った形状等を考え、その適用可能性を検証することが必要である。例えば、本研究で用いた人工巣穴の底質内部への海水供給機能は、有明海特有の潮位差を利用したものであるが、潮位差の小さい海域などではこの水位差が利用しにくいいため、位置水頭の低下を圧力水頭で補い、底質内部へ海水を供給するなどの改良が必要である。

6. おわりに

本研究により得られた主要な結論を以下に示す。

- (1) 改良型人工巣穴の人工巣穴内部及び周辺部への浮泥堆積抑制効果が確認された。人工巣穴内部への浮泥堆積抑制効果はアクリルパイプの長さが100cmのタイプでより顕著だった。
- (2) 底質環境の悪化した場に人工巣穴を設置することで、有機物の堆積しにくい場が形成され、有機物・硫化物の改善効果や突発的な硫化物の増加を抑制する効果などが確認された。また、その底質改善効果はアクリルパイプの長さが100cmのタイプで見られた。

また、今後の課題は以下のとおりである。

- (1) 人工巣穴内部への浮泥堆積抑制による、底質改善効果の持続性を検証する。
- (2) 人工巣穴設置場所周辺の浮泥堆積抑制効果を定量的に評価する。

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（平成17年～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) 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.1206-1210，2006。
- 2) 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。
- 3) 丸山繁，滝川清，増田龍哉，森本剣太郎：有明海の再生に向けた人工巣穴による底質及び生物生息環境改善効果，海洋開発論文集，第24巻，pp.711-716，2008。
- 4) 岩尾大輔，五十嵐学，増田龍哉，滝川清，森本剣太郎：有明海における人工巣穴による干潟海域環境改善効果の評価，海洋開発論文集，第25巻，pp.293-298，2009。