

ミチゲーション技術としての人工干潟の造成

—生態系と生息環境の追跡調査—

今村 均*・羽原浩史**・福田和国***

1. ま え が き

持続可能な開発としてミチゲーション（自然環境への緩和）の概念が認識されつつあるなか、その定義や解釈、あるいは計画、評価等の要素技術についての論議がされ始めている（TECHNO-OCEAN '92, 1992）。そこで具体的な実施例から研究を展開することが、特に必要と思われる。

ここでは、ある開発行為によって現状の生物生息環境や生態系に負の影響を与える恐れのある場合に、何らかの低減、あるいは、より正に転じる施策をミチゲーションの事例とする。そこで、埋立により消滅する干潟の代替として創造した人工野鳥干潟（ON SITE 事例）と、陸上の開発によって発生する建設残土を有効利用して、アサリや藻場の生息干潟を造成（OFF SITE 事例）した2つの事例について、造成前後の生態系および生息環境の追跡調査からその評価をおこない、今後、社会的に要求が高まるであろうミチゲーションを目的とした人工干潟造成に関連する課題とその方策を示唆する。

2. 人工干潟の位置付け

干潟は、環境庁調査（1992）によると、埋立・浚渫等で過去13年間に戦前の約40%の面積が消滅し、その存

在自体が重要視されている。また、機能や役割から干潟・海浜の位置付けを整理すると、図-1に示すように、①卵稚仔のナースリーや貴重な、あるいは豊かな生態系を維持する自然環境保全の場として、②水産有用生物（アサリ等）の増養殖や漁業生産の場として、③潮干狩りや海水浴、自然観察（バードウォッチング）等の快適な親水空間として、④物理・生物学的効果による海域浄化の場として位置づけられる。さらに、今日では、⑤建設副産物（建設残土や浚渫土）の有効利用の場（処理場）として、人工干潟を位置づけることができる。調査の対象とした人工干潟は、主に、機能①と③を目的として造成された事例1、②と⑤を目的とされて造成された事例2である。しかし、各機能①～⑤は相互に関連している面も考えられる。

3. 人工干潟（事例1）

（1）造成概要

調査の対象とした人工干潟の位置を図-2に示す。流通拠点港湾の整備、都市再開発用地の確保、港湾環境の整備、廃棄物処理場の確保などを目的として、約154haを埋立てる計画がされた。この埋立事業にともない、計画地に隣接する河口部に鳥類の採餌・休息の場となっている干潟が大部分消滅することとなった。このような鳥類の集まる水辺は、ここを訪れる人々にとって豊かな自然を感じる空間として、あるいは潮干狩り場として重要

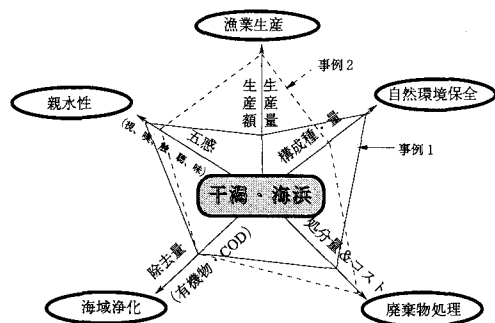


図-1 (人工)干潟・海浜の機能と評価

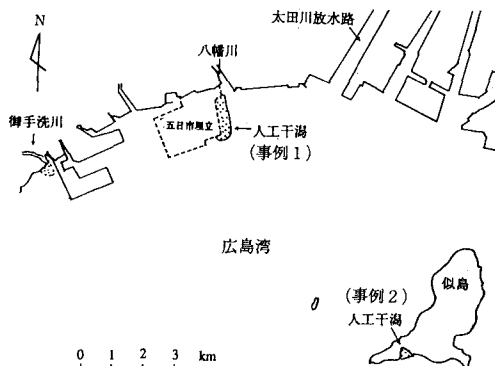


図-2 人工干潟位置

* 正会員 五洋建設(株) 技術研究所 第六研究開発室

** 正会員 復建調査設計(株)環境技術部

*** 正会員 広島県三原土木建築工事事務所

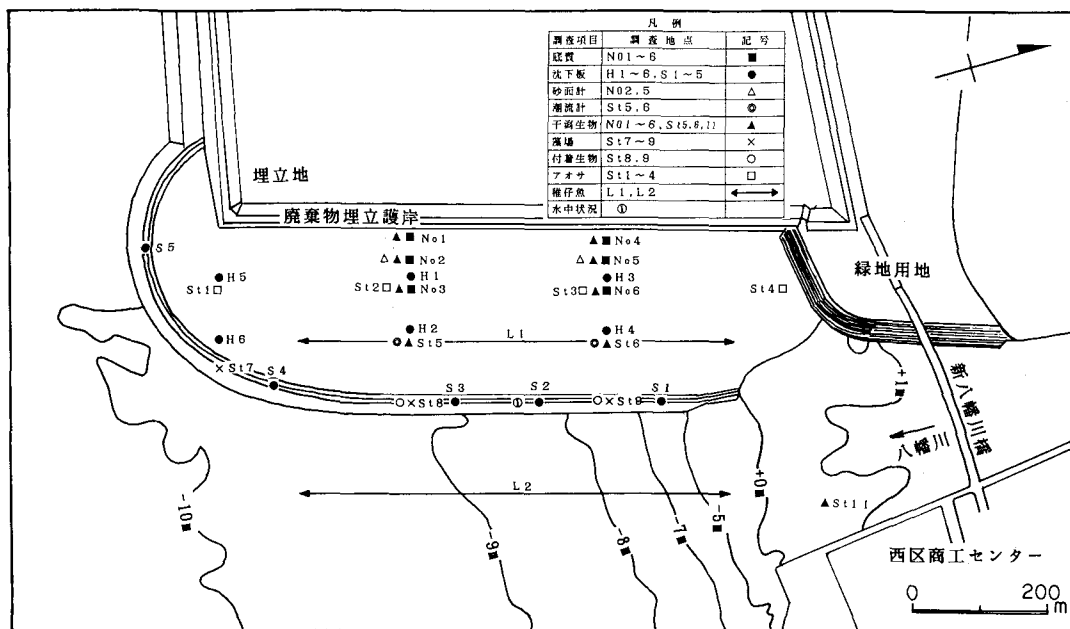


図-3 事例1 (平面図・調査点)

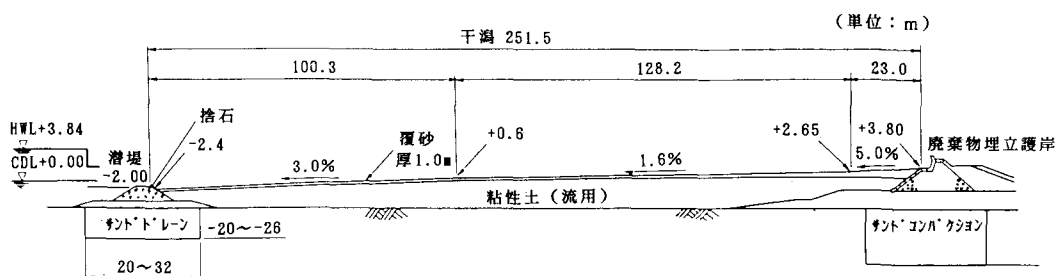


図-4 事例1 (断面図)

な干潟であった。そこで、埋立によって消滅する干潟の代替・補填として、図-3に示すように現存の干潟と同規模（延長約1 Km、幅約250 m、面積約24 ha）の人工干潟が造成された(福田ら, 1992)。また、ここでの干潟の構造は、養浜砂の沖合いへの流出を防ぎ、造成後の安定性を向上し、さらに使用砂量の軽減を図るため潜堤構造が採用された。また、ここでは図-4に示すように干潟の下部用材として埋立護岸の造成で発生した床掘土を造成干潟の下部に有効利用し、表面を層厚1 mの海砂で覆砂した。

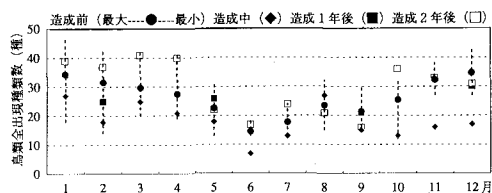
(2) 調査概要

調査は人工干潟の工学的安定性と環境保全効果の確認に着目しておこなわれ、さらに、生態系の調査を捕捉して実施した。工学的安定性としては人工干潟が軟弱な浚渫土で造成され、上部は海砂により覆砂されている点から、沈下と漂砂についての追跡調査を実施した。環境保全効果としては鳥類の飛来地として機能を果たすことが

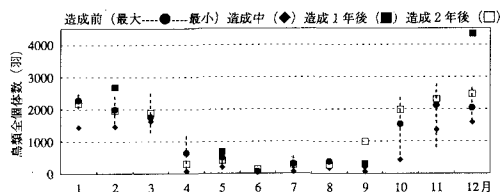
要求されているため、飛来状況およびその前提となる底質、干潟生物の回復状況について実施した。さらに、海域全体として、潜堤の生態的機能（付着基質）や稚仔魚等についても実施した。よって、調査項目は、底質・漂砂・沈下・鳥類・ベントス・藻場・付着生物・稚仔魚調査等である。また実施時期は造成前と、後の2カ年経過（2～4回/年）である。なお、調査地点を図-3の中に示す。

(3) 調査結果

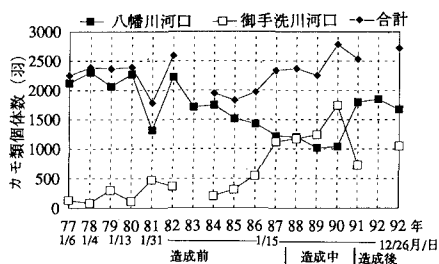
鳥類の飛来状況は、図-5、図-6に示すように、造成前の天然干潟（八幡川河口域）での季節変動調査（'83.9～'84.8）結果と比較して、出現種類数、個体数ともに造成工事中（'87.6～'90.12）には減少していたが、造成1年目（'91.2, 5, 9, 12）には種類数ではやや劣るものの個体数では造成前と遜色のない状況である。但し、12月の4335羽の増加は主にユリカモメの飛来（個体数約40%）が原因である。そして、造成2年目（'92.4～'93.3）



図—5 鳥類出現種類数



図—6 鳥類出現個体数



図一7 力毛類出現数

には、種類数、個体数ともに回復している。

また、冬季の優先種(個体数約 50-80%)であるカモ類(主にヒドリガモ)の年変化については、図-7 に示すように、造成以前は 2000 羽以上で推移('77~'82)していたものが徐々に減少し工事着工前('87)では 1217 羽まで減少している。さらに、工事期間中('88~'90)は 1039 羽まで減少した。しかし、人工干潟の完成直後('91)から急激に増加(1802 羽)し、造成前の'83 年当時までに増加している。

一方、八幡川から約5 km離れた御手洗川の河口干潟(図-2 参照)の変化を見ると、八幡川と負の相関がうかがえる。すなわち、造成工事中は近くの干潟に移動していたが、人工干潟が完成すると再度、舞い戻ってきていることがわかる。

そこで、鳥類の餌環境について調査した結果、カモ類の餌となるアオサの湿重量は、河口側ほど多く1.8~0.1 kg/m²であった。また、シギ・チドリ類の餌となる多毛類(ゴカイ)や二枚貝類(アサリ)などのベントスの状況は、図-8に示すように、地盤高が低い(CDL +0.45 m)程、個体数、湿重量とも多い。また、'92年6月の増大は個体数ではモチゴカイ(約50%)、湿重量ではアサリ(約95

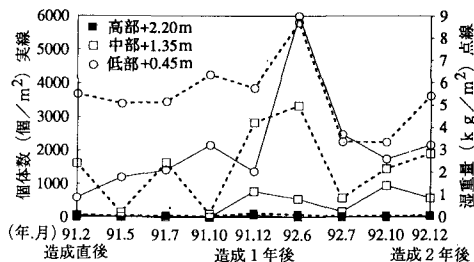


図-8 ベントス出現量

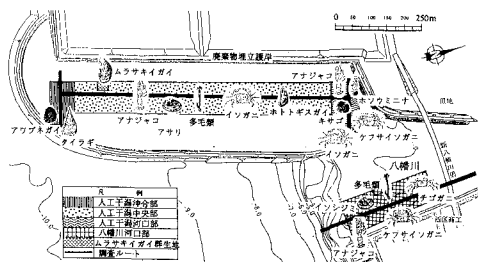


図-9 ベントス出現状況 (1992.8)

%)であり、低部での生物相は河口干潟を上回るほどであった。

ベントスの生息環境は、干潟の粒度組成が造成後7ヶ月には礫分20%，砂分76%，シルト・粘土分4%となり、河口干潟の粒度組成と同様であった。

造成後 14 ヶ月間の 4 地点 (H 1~H 4) の沈下量は、20~40 cm 程度であった。

漂砂については、河川から供給される砂によって堆砂が予測される河口区域 (No. 6) では、堆砂傾向 (20~30 cm/年) がみられ、波浪によって沖側区域は全般に侵食傾向 (-20~-50 cm/年) であった。また、'91 年 7 月末に山陰沖を通過した台風 9 号の影響で、No. 2 の地点では約 25 cm/月の侵食が観測された。また、地盤高別の漂砂状況は、全般に中部 (CDL+1.45 m) で侵食傾向、高部 (CDL+2.20 m) で堆砂傾向であった。

一方、これらの漂砂等による空間変化（地盤高、粒度組成の変化）は生態系の観点からは、干潟全域のベントスの出現種の多様性（全出現種類数 90 種）に現れ（図一 9）、むしろプラス効果として評価されるものと推察された。

4. 人工干瀉（事例 2）

(1) 造成概要

南向きの静かな入り江でありながら、底質が厚く堆積するシルト質（シルト分以下 80 %）で、地盤高が低いため、アサリ等の水産有用生物の発生生育が不可能な海底環境のために未利用な湾があった。そこで、図-10 に示

ようにアサリの漁場、潮干狩り場、ガラモ場の造成地として整備することが望まれていた。一方、広島市内から発生する建設残土やカキ殻の処分先が求められていた。

そこで、各々の要求を合致させたいわゆる OFF SITE のミチゲーションが実施された。干潟の構造は図-11 に示すように、建設残土を干潟下部の造成用材として有効利用し、表面を厚層 50 cm の海砂で覆砂した (干潟 2.5 ha)。さらに、潜堤下部にもカキ殻を有効利用し、その上を人頭大の石 (ϕ 0.2 m 程度) を設置 (藻場 0.6 ha) して海藻の増殖基質とした。さらに、干潟部の一部ではアマモ場の造成試験が実施 (広島市水産振興協会, 1991) されている。

(2) 調査概要

調査は干潟造成による底質の安定性 (残土の溶出の有無、底質変化) と、主要対象生物である、アサリ、ガラモ・アマモ場の生息・繁殖状況を把握することを主な目的として、また海域での生態系を捕捉するため稚仔魚や潜堤付着生物についても実施した。また、調査地点を図-10、図-11 に示す。ここでは、経年的な変化をみるため (造成後3カ年間で冬季) に追跡調査を継続して実施した。

(3) 調査結果

底質調査の結果、干潟域外 (St.1) では COD が 6.2~8.6 mg/g、硫化物が 0.06~0.23 mg/g、強熱減量が 5~9.4 %、含水率が 37~57 %、T-N が 0.49~1.22 mg/g、T-P が 0.06~0.49 mg/g に対し、干潟域 (St.2-6) 表層では、COD が 0.1~2.4 mg/g、硫化物が 0~0.18 mg/g、強熱減量が 1~2.8 %、含水率が 11~21 %、T-N が 0~0.11 mg/g、T-P が 0~0.11 mg/g であり、底質環境が改善されていることがわかる。

また、建設残土層の柱状採泥の結果、COD が 2.6~5.8 mg/g、硫化物が 0.01~0.04 mg/g、強熱減量が 2.1~5.1 %、含水率が 20~24 %、T-N が 0.1~0.29 mg/g、T-P が 0.01~0.11 mg/g であり、建設残土の表層への溶出はみられなかった。

ベントス調査の結果を図-12 に示す。これより、干潟外での個体数が経年的に減少しているのに対し、干潟内では造成1年後から増加 (マイクロオトヒメ) がみられる。また、湿重量においては、干潟内では造成2年後から増加が顕著である。なお、造成2年後での干潟内・外の湿重量の増大は、マガキによるものであった。

さらに、アサリについては、造成2年後に約 5 ton (200 g/m²) の稚貝を放流したこともあって、個体数、湿重量ともに経年的に増加しており、造成3年後の最大地点では生息密度 1700 個/m²、湿重量 6.2 kg/m²であったことからアサリの生産資源が良好であったことがわかる。ま

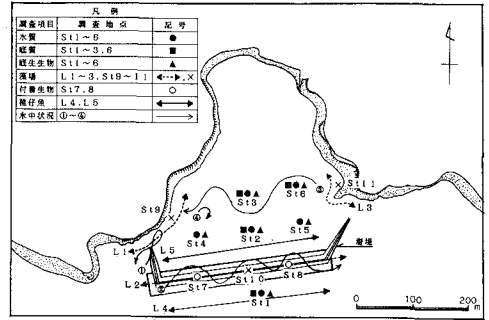


図-10 事例2 (平面図・調査地点)

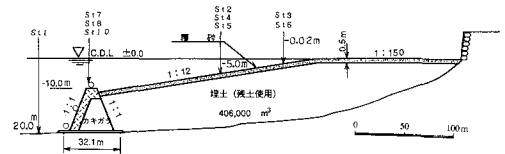


図-11 事例2 (標準断面図・調査地点)

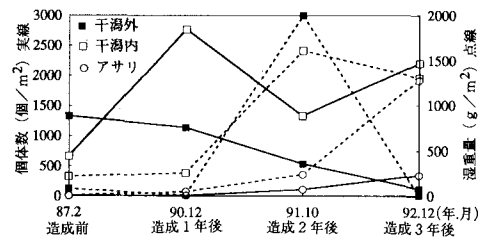


図-12 ベントス経年変化

た、潮干狩りの入場者数は 1991 年 5~9 月の 63 日間で 9,187 人であり、潮干狩り場としても十分に機能していることがうかがわれた。

また、出現種類数については、1/20 m²当たり、各測点での出現種類数 8~27 種であり、全出現数では 120 種類であった。

藻場調査の結果を図-13 に示す。ガラモ場造成区域 (L.1, L.3) ではヒエモク、ノコギリモク等の褐藻植物によってガラモが形成されており、造成地区以外の区域とあわせて連続したガラモ場となっていた。なお、潜堤上ではアナアサが付着した程度で海藻はほとんど付着していなかった。また、潜水観察の結果からは、潜堤上部や表面に砂やシルトが覆っている箇所がみられた。

潜堤付着生物調査の結果、出現種はミネフジツボ、フナガタガイ、ヒトデ、マボヤ等 5 種類であった。また、St.8 で、個体数 239 個/m²、湿重量 377 g/m²であった。

5. 浄化機能の試算

前述したように干潟や海浜の役割の一つとしては海域

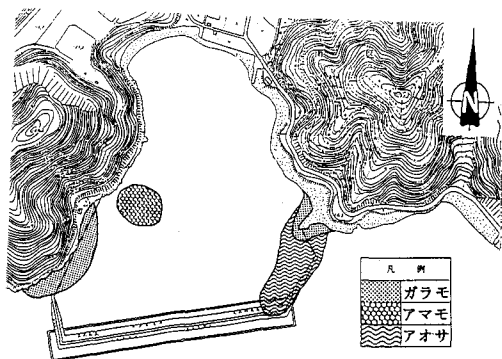


図-13 藻場の分布状況

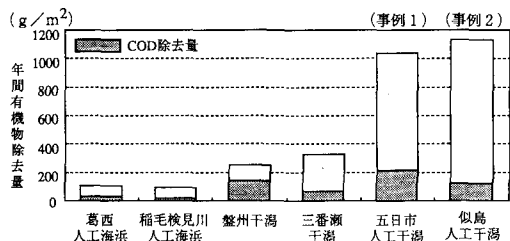


図-14 浄化機能の算定

の浄化があげられるが、そこで、人工的に造成された干潟による海域浄化能力について検討してみる。

木村賢史ら(1992)によると、東京湾での人工・天然干潟についての浄化の試算は、ベントス調査結果からアサリ(軟体類)による懸濁性のCODの除去量とゴカイ(多毛類)による底質の有機物の除去量から算定している。ここでも、他の干潟との比較の意味で同様な方法で試算をおこなう。なお、本試算では、調査で得られた人工干潟部のデータすべての平均値(調査時期、地点)を試算に用いた。つまり、ベントス現存量は、事例1では829 g/m²、事例2では960 g/m²、年間生産量は、事例1では1244 g/m²・年、事例2では1440 g/m²・年、軟体類と多毛類の構成比は、事例1では85%:7%、事例1では98%:2%、底質CODが事例1では0.7 mg/g・dry、事例2では3.0 mg/g・dry、底質強熱減量が事例1では

2.6%、事例2では3.3%、水質CODが事例1では2.4 mg/l、事例2では1.0 mg/l、の条件のもとで比較算定した。

算定の結果を図-14に示す。これより、当該人工干潟での浄化能力はかなり大きく、天然干潟をも上回る結果となった。このことはまた、それだけベントスの現存量や種類数が多く、生態的にもすぐれていたことを示すものでもある。

6. あとがき

当該人工干潟は両干潟も養浜構造としては潜堤を採用しており、干潟部のみならず、干潟海域全体としての生態系を評価する必要がある。つまり、藻場や付着生物の基質としての潜堤の機能も十分に発揮するように、潜堤部の天端長や高さを水深(光量)や漂砂移動(特に堆積)を考慮して設計すべきことが潜水観察では示唆された。

また、ミチゲーションとしての視点では、多様な立場(水産業、環境保護等)からの価値感で対象生物があげられるため、必然的に、生態系としての生息環境をとらえる必要がある。しかし、個別の生物に対してさえ、その現状(現存量、環境要因等)を定量的に把握し評価することは困難なことであり、まして、生態系となると、なおさらのことである。特に、個々のデータの信頼性もさることながら、評価手法についての検討の必要性を痛感している。今後も調査実施の継続により、経時変化として生態系の安定化に要するタイムスケールについて検討を進める予定である。

参考文献

- 環境庁自然保護局(1992): 沿岸域の自然環境について, 第274回海洋産業定例研究会資料。
- 木村賢史ら(1992): 人工海浜(干潟)の浄化について, 東京都環境科学研究所年報, pp. 89-100。
- 広島市水産振興協会(1991): 藻場造成適地選定調査業務報告書, 平成3年3月。
- 福田和国・横山正樹・羽原浩史(1992): ミチゲーションを目的とした人工干潟造成事業, 土木施工, 33巻10号, pp. 53-60。
- TECHNO-OCEAN '92 INTERNATIONAL SYMPOSIUM (1992): PROCEEDINGS VOLUME I, pp. 344-391。