

人工的に生成した干潟の成熟性評価に関する研究

川上 佐知* ・羽原 浩史** ・篠崎 孝**
鳥井 英三*** ・古林 純一**** ・菊池 泰二*****

自然再生を目的として人工干潟が各地で造成されているが、造成後の人工干潟がどの程度干潟本来の機能を発揮しているかを評価する技術は未だ確立されたものがない。本研究では、干潟生態系の中核をなす底生生物に着目し、環境条件の類似する自然干潟と比較することにより人工干潟の成熟性を評価する方法について提案した。その結果、底生生物の生態的特徴により分類することで、①生息状況の類似性、②新たに提案した PW 図による底生生物の大型化、③干潟への依存性の高い注目種の生活サイクルの確認が可能となり、概ね人工干潟の成熟性の評価が可能であることが明らかとなった。

1. はじめに

近年、失われた環境を取り戻すことを目的に、環境修復技術が様々な形で試行されている。人工干潟の造成もその一つである。一般に、干潟は生物生息、生物生産、水質浄化及び親水性等の機能を持つとされている。人工干潟の場合、造成という地形的再現だけではこれら機能を発揮することはできない。十分な機能の発現は干潟生態系の成立により発揮される。しかし、造成後の人工干潟について、どの程度自然の干潟に近づき、その機能を発揮しているかについては、未だ明確な議論がなされていないのが現状である。これは、①モニタリングデータの蓄積が不十分であること、②事後の評価方法が未だ確立していないこと等が原因として挙げられる。

諫早湾干拓事業では、干潟再生促進実験として 1996 年に 2 つのタイプの干潟を人工的に生成し、以来モニタリング調査を実施している。本研究では、干潟が機能を発揮するため最も重要な要素である干潟生態系において、その中核をなす底生生物（マクロベントス）に着目し、人工干潟の成熟性を評価する方法について検討した。

2. 実験施設とモニタリング調査の概要

(1) 実験施設の概要

実験施設は、諫早湾干拓事業により築堤した潮受堤防外側に位置し、異なる方法で人工的に生成した 2 つのタイプの干潟からなる。実験施設の平面図は、図-1 に示すとおりである。

type I は、1996 年 9 月に潜堤を築堤し、底泥の堆積を助長することで泥質干潟の再生促進を図ったものである。堆積効果は著しく、調査開始時より約 30 cm の堆積が確認されている。底質の粒度組成の経年変化は、図-2 (上段) に示すとおりである。2000 年頃までは、粘土・シルト分が 50～90% を占めており、堆積が進むに連れ、

徐々にムツゴロウ等の有明海特産種やトビハゼが type I 内で複数確認できるようになった。

type II は、周囲に土嚢を設置し、砂を客土することで砂質干潟の再生を図ったものである。粒度組成は、図-2 (下段) に示すとおりで、調査開始以来、砂分が 90% 前後を占めていたが、近年、徐々に泥質化が進み、2002 年冬季には type I と比較した粒度組成となっている。

(2) 実験施設におけるモニタリング調査

実験施設における底生生物のモニタリング調査は、施設設置から約 1 ヶ月後 (type I: 1996 年 7 月, type II: 1996 年 11 月) より、4～6 回/年の頻度で継続的に実施している。両施設とも、図-1 に示す 3 地点 2 層 (上層: 0～10 cm, 下層: 10～20 cm) の定点で、50 cm×50 cm の方形枠内を採泥後、同定分析を行っている。

モニタリング調査の結果は、図-3 に示すとおりであ

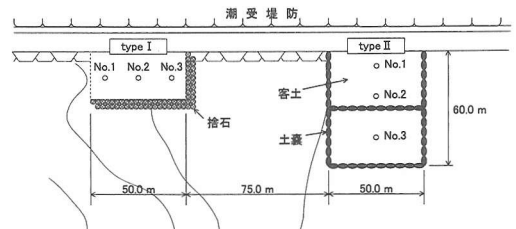
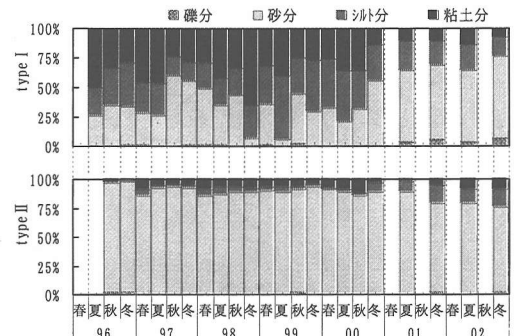


図-1 諫早湾干潟再生促進実験施設



* 2001 年以降は夏季及び冬季のみ調査を実施。

図-2 実験施設における底質の粒度組成

* 正会員 工修 復建調査設計(株)環境技術部
** 正会員 復建調査設計(株)環境技術部
*** 農林水産省九州農政局 諫早湾干拓事務所
**** 農林水産省九州農政局 都城盆地農業水利事業所
***** 理博 九州ルーテル学院大学

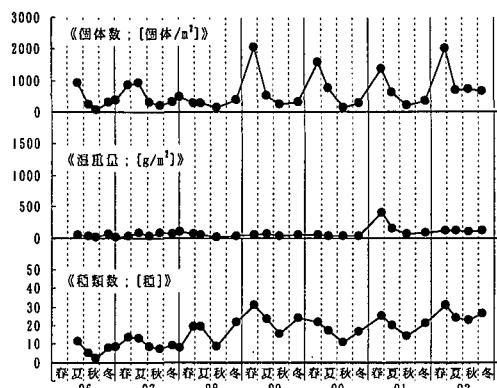


図-3(a) type Iにおける底生生物の出現状況

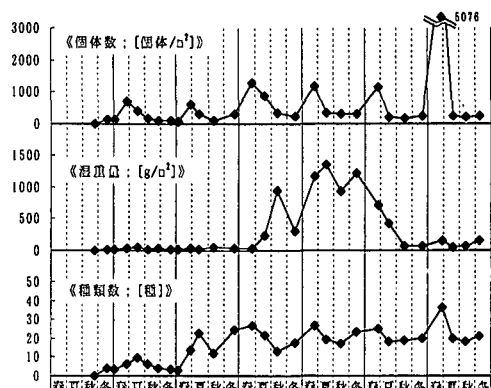


図-3(b) type IIにおける底生生物の出現状況

る。type Iでは、新たな土砂の投入は行わず、港堤の築堤のみで泥質干潟の生成を図ったため、施設設置直後の調査でも約 1000 個/m²の底生生物が確認された。個体数は4年目頃から、春に多く秋や冬に減少する周期的な季節変化が明確なものとなり、同様に種類数も4年程度で増加傾向から概ね20種前後の安定的な推移へと変化した。また、湿重量は、近年、徐々に増加傾向が見られるようになった。

一方 type II は、施設設置時に砂を客土しており、1996年秋季の初回調査では無生物状態であることが確認された。しかし、施設設置から1～2年程度で、周期的な季節変化が明確となり、種類数についても、施設設置から約2～3年で概ね安定的な推移が見られるようになった。湿重量は4年目頃から、アサリやシオフキガイ等の大型の底生生物が見られるようになり、急激に増加したが、近年は再び減少している。

3. 成熟性評価の考え方

(1) 人工干潟の成熟性

2.(2)のように、実験施設では施設設置後の2～4年程度で、底生生物の個体数や種類数には概ね安定的な傾向が見られるようになったが、人工干潟の“成熟性”については、一般に明確な定義付けがなされていない。そこで、筆者らは自然の干潟を成熟した干潟と仮定し、環境条件の類似する自然干潟と底生生物の生息状況を比較することで、人工干潟における成熟性について、ある程度の評価が可能と考えた。

また、干潟としての機能から見た場合、アサリ等の漁場や特定希少種の保全地を目的とした人工干潟を除けば、人工干潟と自然干潟は全く同じ種を再現する必要は必ずしもなく、同じ生態的特徴を持つ底生生物を、同程度再生し定着させることができれば、自然干潟と概ね同様の機能が創出されるものと考えられる。

そこで、生態的特徴として寿命及び食性に着目し、底生生物を表-1に示すように分類した。

表-1(a) 寿命別分類方法

分類群	代表種
1年未満(年複数回繁殖)	イトゴカイ、スピオ類 等
1～2年	シズクガイ、フサゴカイ 等
2～5年	アサリ、アナジャコ 等
5年以上	ハマグリ、シオフキガイ 等
寿命が不明の種	—

表-1(b) 食性別分類方法

分類群	主な餌	代表種
植食者	植食者	海苔、付着藻類
	植物・植食者	巻貝類の多く
内性性堆積物食者	付着藻類、懸濁物	ワレカラやモズゴエビ等
表在性堆積物食者	底泥内有機物	イトゴカイ科のゴカイ類等
懸濁物食者	底表面有機物	ドクロダムシ科ヨコエビ類等
肉食・堆積物食者	水中有機物	二枚貝、固着性のゴカイ類等
	肉食者	動物
肉食・堆積物食者	肉食・堆積物食者	動物、堆積物
肉食・堆積物食者	肉食・堆積物食者	ゴカイ科ゴカイ類等
肉食・堆積物食者	肉食・堆積物食者	シリス科ゴカイ類、エビ・カニ類
肉食・堆積物食者	肉食・堆積物食者	—
肉食・堆積物食者	肉食・堆積物食者	—

(2) 比較対照となる自然干潟の選定

type I及びtype II各々の比較対照となる自然干潟は、同一海域である有明海内の干潟とし、泥質干潟または砂質干潟の代表種であるシズクガイやアサリが例年確認されていることを並びに、粒度組成が比較的類似していることを前提に、type Iに対して筑後川河口区域、type IIに対して緑川河口区域の自然干潟を選定した。

なお、筑後川河口区域及び緑川河口区域では、諫早湾干拓事業と関連した調査として、1987年以降夏季に底生生物調査を実施しているが、本解析では実験施設の調査を開始した1996年から2001年までの調査データを使用した。また、両区域の底生生物調査は、エクマンバージ型採泥器(15 cm×15 cm)を用い船上から採泥後、同定分析を行っている。

4. 生態的特徴別の個体数及び種類数による成熟性評価

底生生物を寿命別に分類した場合の個体数及び種類数の経年変化を図-4(a)に、食性別に分類した場合を図-4(b)に示す。自然干潟の調査は夏季に行われており、実験施設についても夏季の調査結果を用い比較した。ただし、type II では1996年11月より調査が開始されたため、1997年以降の結果とする。

(1) 個体数による成熟性評価

底生生物を寿命別に分類した場合、調査施設の個体数は自然干潟に比べ、2年以上の寿命を持つ多年生生物の割合が多い傾向にあった。また、食性別に分類した場合は、ゴカイなどの多毛類やヤマトオサガニなどのカニ類が多く確認されるようになり、自然干潟に比して肉食・堆積物食者や雑食者等の割合が多い傾向にあった。

しかし、成熟した干潟と仮定した筑後川河口区域及び緑川河口区域の自然干潟では、調査を開始した1987年以降の結果を見たところ、確認された個体数に大きな経年的変動が生じており、自然干潟を基準として人工干潟の成熟性を評価するには至らなかった。自然干潟における個体数の変動要因としては、調査が船上よりエクマンバー型採泥器を用い実施されていることや、調査地点が河口部に位置し、河川の豊水や渇水等の影響を受けやすいこと等が考えられる。

(2) 種類数による成熟性評価

実験施設における底生生物の種類数は、年々増加傾向にあり、自然干潟と同程度もしくは上回る程の種類数であった。調査開始以降、type I 及び type II では各々約 90

種の底生生物が出現しているが、このうち、比較対照とした自然干潟でも確認された種は、共に 20 種程度であった。

しかし、寿命別及び食性別に分類することで、実験施設と自然干潟の種類数の構成比は、概ね類似した傾向にあり、種類数の急増や急減は見られず、安定的に推移していることが確認できた。加えて、寿命別に分類した場合、type I 及び筑後川河口区域のような泥質系干潟では、type II 及び緑川河口区域のような砂質系干潟に比べ寿命が1年未満や2～5年の種の割合が多く、底質環境に対応した底生生物により生態系が構成されていることも確認できた。

以上より、寿命や食性等の生態的特徴に分類し、底生生物の種類数やその構成比の経年変化を見ることで、実験施設内の生態系は概ね自然干潟と類似しており、成熟した状態になりつつあることが予想された。

5. 干潟への依存性及び生活サイクルによる成熟性評価

(1) PW (Populaion&Weight) 図の提案

自然干潟は、大型で生活史の長い生物が生存競争により生き残り、生態系が成熟するにしたがい、構成する生物はサイズの小さいものから大きなものへと遷移していく(桑江ら, 2000)。一般に、大型の生物ほど、生活史は長く成長や増殖に時間を要する。つまり、それだけ干潟における餌の需要量や繁殖活動への条件も増え、干潟への依存性が高くなると考えられる。

本研究では、図-5に示すように、種類別個体数と湿重量をパラメータとして、干潟への依存性の観点から底生

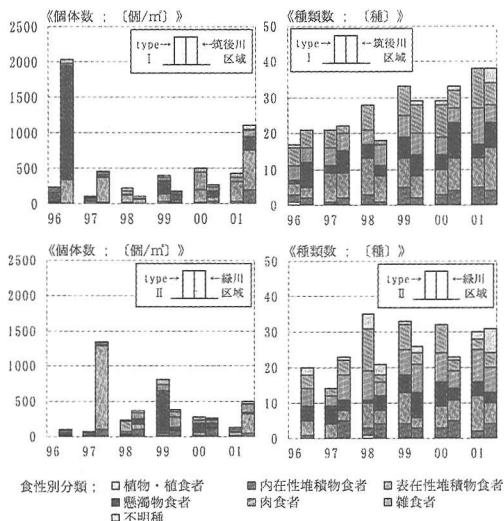


図-4(a) 寿命別に分類した場合の底生生物の出現比較

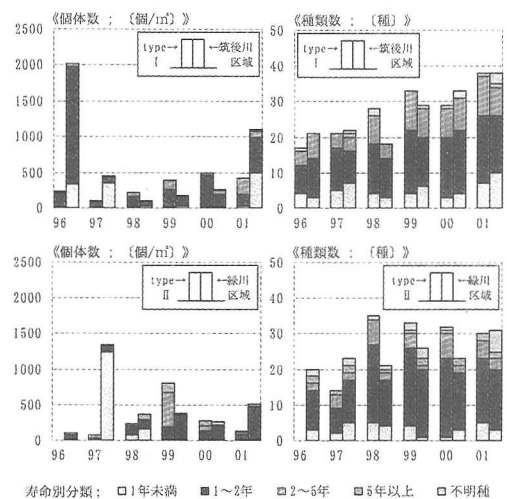


図-4(b) 食性別に分類した場合の底生生物の出現比較

生物を4つにグルーピングするためのPW (Population & Weight) 図を提案する。

“第1類”は、個体数及び湿重量ともに平均値を上回っている種で、比較的干潟への依存性が高い種といえる。また、第1類を中心に寿命の長い生物が増えてくることは、干潟の成熟性を現す指標ともなる。第2類のようにサイズが大きく個体数の少ない種は、干潟の影響で海水と一緒に偶然的に流入してきたような種の可能性があり、干潟環境を把握する上では指標となりにくい種である。また、第3類に分布する種は、サイズは小さいが個体数は多く、一般に生活史が短く次世代を多数生むような種が多く、第1類の種に比べ干潟への依存性は低い種

といえる。ただし、第2及び3類の種は、第1類への予備群として成長段階及び世代交代の過程にある種とも考えられる。特に、第1～3類で継続的に確認できる種は、同一干潟内で生活環を完了することができる種、または、周辺の干潟やごく浅い海域から生じた浮遊幼生が干潟上に着底変態することにより持続する種と予想でき、干潟の成熟性を評価する上での注目すべき種（以下、注目種と称す）と考えられる。第4類に分布している種は、個体数及び湿重量共に平均値を下回っており、生活史は短く小型で生活サイクルの早い種が多い。干潟生態系の変遷を考えれば、人工干潟のように新たに形成された場所で初期に出現するのは、このような種と考えられる。

(2) PW図を用いた成熟性評価

図-6に、1996年から2001年までの実験施設及び自然干潟におけるPW図を示す。PW図については、寿命別及び食性別分類の両方による検討を行ったが、種の生活史や偶然的に流入した種の判定に有効的と考えられる寿命別分類の結果を図-6では示している。

実験施設では、経年的に見て、徐々に底生生物の総種類数や総湿重量が増加し、第1類や第2類でも多年生生物が多く分布するようになってきていることから、実験施設が干潟として成熟化していることがわかる。

また、type I では、多年生の種であるヤマトオサガニ等

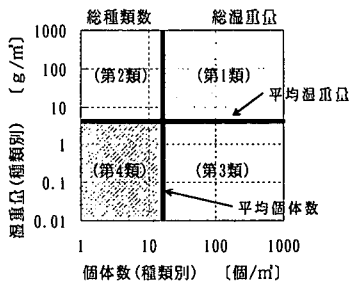


図-5 PW (Population&Weight) 図

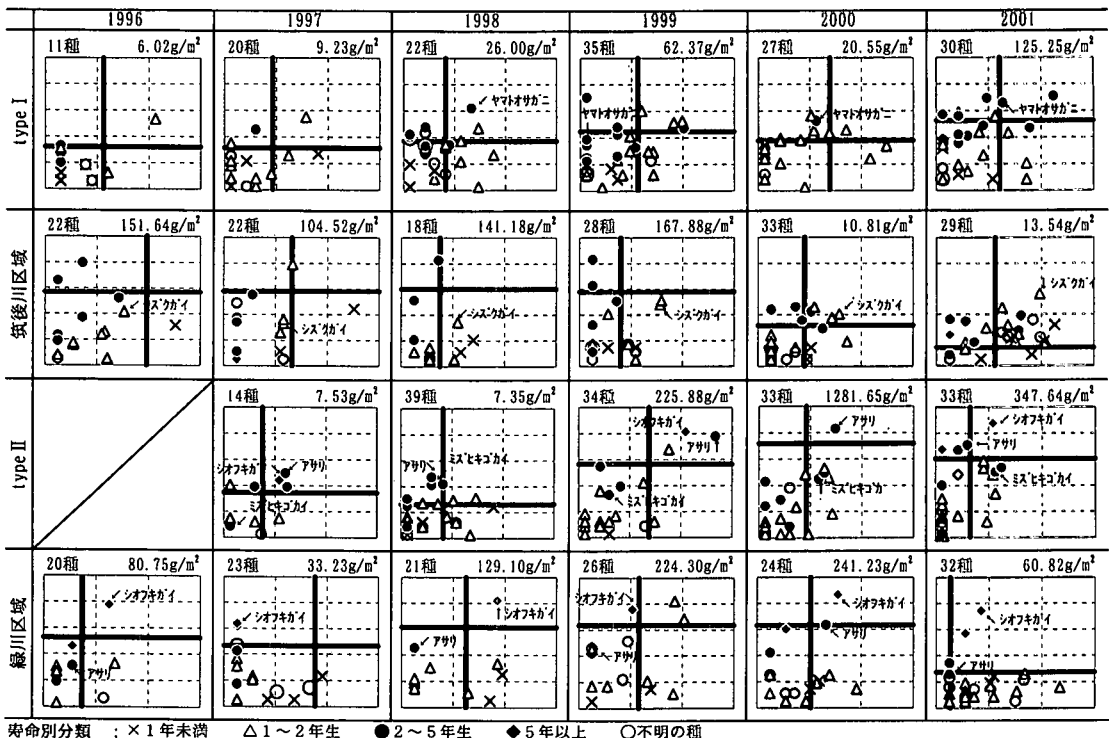


図-6 実験施設及び自然干潟におけるPW図

が第1～3類で継続的に確認されており、注目種である。同様に、筑後川河口区域では、シズクガイ等が注目種である。また、type II 及び緑川河口区域では、アサリやシオフキガイ等の二枚貝が共に注目種である。加えて type II では、汚染指標種であるミズヒキゴカイも注目種として挙げられることから、type II の干潟環境は概ね緑川河口区域に類似しているものの、多少富栄養化が進んでいることが考えられる。これら注目種の成長や世代交代等の安定的な生活サイクルの形成は、干潟の成熟性を評価する上で重要な指標となる。同種において世代の異なる個体が共存していくことで種の繁殖が安定化する。よって、干潟の成熟性評価のためには、注目種について、個体別サイズ計測を行う等のより詳細なモニタリング調査が望まれる。

一方、PW 図の分布形状をみたところ、type I では 1998 年頃から個体数と湿重量が共に突出した種は見られず、複数種が均等に分散分布するようになり、type II では 1999 年頃からアサリやシオフキガイ等の二枚貝の個体数と湿重量が突出して優占し、第1類に分布するようになった。この傾向は比較対照となる自然干潟と類似している。これは、底質環境の違いによる底生生物相の特徴が PW 図の分布形状に現れていると考えられる。

6. おわりに

(1) 成熟性評価法の提案

本研究では、干潟生態系の中核をなす底生生物に着目し、環境条件の類似する自然干潟を成熟した干潟であると仮定し比較する方法で、人工干潟の成熟性に関する評価を試みた。得られた知見は以下のとおりであり、この方法によって人工干潟の成熟性評価が概ね可能であることが明らかとなった。

① 人工干潟の機能が発揮されるためには、自然干潟の場合と同じ生態的特徴を持つ種が、どの程度定着するかが重要である。よって、底生生物を寿命や食性等の生態的特徴により分類し、種類数やその構成比につい

て、人工干潟と自然干潟の類似性を経年的に見ること、人工干潟の成熟性の定性的評価が可能となることが明らかとなった。

② 干潟生態系は成熟するにつれ優占種が大型で生活史の長い種へと遷移していく。種類別個体数及び湿重量をパラメータとした PW 図は、この傾向を明確に現すことができ、干潟生態系の成熟性を確認する上で有効な方法であることがわかった。

③ PW 図により、干潟内で成長や世代交代等が行われている可能性が考えられる注目種が選別できた。注目種的生活サイクルが安定的に繰り返されることは、干潟の成熟性を評価する上で重要な指標となることが明らかとなった。

(2) 今後の課題

上記の知見が得られた一方で、調査精度の違いにより、個体数のみを用いた比較解析からは、成熟性評価が難しいこともわかってきた。菊池 (1998) は、軟泥干潟における調査が一般に船上からの採泥となり、逃避するカニ類や中・大型多毛類の採集が難しいことなどを指摘しているが、干潟の成熟性を確認するための調査精度をどのように設定するかは今後検討していくべき課題の一つである。

また、現状では自然干潟において長期間に渡る十分な調査を行っている事例が少なく、環境条件の類似性の判定と、比較対照となる自然干潟の選定の方法についても検討していく必要がある。

参 考 文 献

- 菊池泰二 (1998): 干潟の生態学と環境調査, RACES, No. 3
- 竹門康弘・谷田一三・玉置昭夫・向井 宏・川端善一郎 (1995): 棲み場所の生態学, pp. 129-247.
- 桑江朝比呂・細川泰史・小笹博昭 (2000): メソコスモ実験による人工干潟の生物生態機能の評価, 海工論文集, 第 47 巻, pp. 1101-1105.
- 上田薫利・上月康則・倉田健悟・村上仁士・白鳥 実・桂 義教 (2000): 干潟生態系の構造把握を目的とした底生生物調査手法の現状と課題, 海工論文集, 第 47 巻, pp. 1111-1115.