

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

上田 薫利* ・上月 康則** ・倉田 健悟**
村上 仁士*** ・白鳥 実**** ・桂 義教****

効率的な干潟底生生物調査方法と調査結果の信頼性評価方法を提案することを目的に、調査マニュアルと既存調査結果の解析を行った。その結果、調査マニュアルでは調査方法の指針を示すに留まり、調査結果の信頼性を客観的に評価する方法はみあたらなかった。調査結果を解析した結果、生物相を把握するためには定性調査の結果に、定量調査のそれを補完することが必要であり、信頼性評価として定性調査での大型表在性生物種の確認率を用いることを提案した。また優占種の判断には定量調査と定性的定量調査の結果の整合性から検討する必要があること、従来の定量調査では把握された生物現存量に大きな誤差を含む恐れがあることを示すことができた。

1. 緒 論

干潟環境への関心の高まりと環境アセスメントの法制化に伴い、干潟生態系の把握を目的に各地で底生生物調査が実施されている。調査は調査マニュアルを参考に底生生物相を把握することとなっているが、ここでは調査地点の配置や地点数は地域性に配慮して適宜設定することとなっており、調査結果の精度管理に関する記述もない。菊池 (1988) は、このような調査方法や調査結果に関する問題点を指摘しているが、この観点から具体的に検討した事例は見あたらない。調査データは事業の環境影響や環境機能の評価の一次資料であるが、その信頼性を評価するシステムや方法は未だ見あたらない。

そこで著者らは、第三者でも簡易に調査結果の信頼性を評価できる手法を提案することを目的に、まず既存調査マニュアルの整理を行い、次に既存の現地調査結果を統計的に解析することから、調査方法の特徴と課題を抽出した。最後に、適切な調査方法や調査結果の信頼性評価手法を 2, 3 提案した。

2. 使用データおよび調査・解析方法

2.1 データ解析に用いた既存資料

解析データには「平成 8 年度河川水辺の国勢調査年鑑 (魚介類調査、底生動物調査編)」((財) リバーフロント整備センター編, 1998) を用いた。本研究では、国勢調査の実施河川のうち干潟を有する 13 河川のうち、十分にデータのあった 10 河川の河口地点での夏季の結果を解析対象とした。

平成 8 年度の国勢調査では、底生生物の定量調査と定性調査が併用され、調査方法は「平成 5 年度版河川水辺の国勢調査マニュアル」((財) リバーフロント整備センター, 1993) に従っていた。定性調査とは、一般に、異なる環境に配慮しながら、様々な場所で目視により種の

確認や採集を行う手法であり、調査範囲の生物相を把握することを目的としている。一方、定量調査は一定面積を採泥し、それをふるうことにより生物を採集する手法であり、定量的な生物量を把握することを目的としている。

2.2 現地調査

定量調査での試料採集回数とその誤差に関する検討のために、次のような実験を行った。2001 年 4 月～8 月の大潮期に、吉野川河口の上・下流にある 2 つの干潟 (干潟 A, 干潟 B) で、優占種ヤマトオサガニを対象とする定量調査を行った。干潟 A の 10 地点、干潟 B の 8 地点で、一辺 50 cm の方形枠内を深さ 20 cm まで採泥し、2 mm 目のふるいでヤマトオサガニを採集した。調査にあたっては、事前に 20 cm 以深ではヤマトオサガニが採集されないことを確認した上で調査を行った。得られた結果から、採集回数を 1～7 回あるいは 1～9 回とした場合の変動係数を求め、調査地点数による採集誤差について検討した。なお干潟 A のヤマトオサガニの生息面積は 5,325 m²、干潟 B は 4,600 m² であった。

3. 調査・解析結果および考察

3.1 生物調査マニュアルの検討

国内で用いられている主な生物調査マニュアルについて、マニュアルの目的、干潟底生生物調査ならびに干潟での水質・底質調査項目に関する記載の有無などを整理し、表-1 に示した。これらのマニュアルのうち、干潟底生生物調査方法を具体的に記載していたのは、「海洋調査技術マニュアル」((社) 海洋調査協会, 1990) と「平成 9 年度河川水辺の国勢調査マニュアル」((財) リバーフロント整備センター編, 1998) の 2 種類のみであった。

この 2 つのマニュアルの内容を表-2 に示すが、そこでは干潟底生生物調査として、定量調査ならびに定性調査の両手法について記載があった。定量調査は、各マニュアルとも、沿岸から沖合方向に設定した測線上で行うこととされている。試料採集地点数については「河川水辺の国勢調査マニュアル」では、水位と関連づけて測線上

* 学生会員 理修 徳島大学大学院 工学研究科
** 正会員 工博 徳島大学大学院 工学研究科
*** フェロー 工博 徳島大学大学院 工学研究科
**** 学生会員 徳島大学大学院 工学研究科

の4カ所と規定しているが、測線の設定方法についての記載はなかった。また、「海洋調査技術マニュアル」でも、採集地点は数カ所を適宜決定するとされ、採泥の面積や深さも「事前に対象水域の環境特性や対象生物の特性などを十分に把握、検討が必要」という程度に留められていた。

一方、定性調査については、「海洋調査技術マニュアル」では、ベルトトランセクト法という測線を目視観察する方法があげられているのみである。「河川水辺の国勢調査マニュアル」でも、「多種多様な場所で生息している生物をまんべんなく捕らえるようにする」や「十分な時間をかけて採集を行う」という程度で、具体的な採集範囲やその時間の記載はなかった。

このようにマニュアルには実際の調査方法の具体的な記載はなく、基本的な事項しか述べられていないことがわかった。これは干潟や生態系は地域性が大きく、事細かく方法や手順を示し、画一的な方法で調査を指導する

ことはかえって混乱を招くこと恐れがあることを考慮したためと思われる。つまり、質の高い調査データを収集するためには、調査担当者の高い技能が必要であり、具体的には“なぜその調査方法を採用したのか？”について説明できることと、客観的なデータの信頼性評価が必要とされる。

3.2 生物相の把握

10の干潟での調査結果について、定量調査のみや定性調査のみで確認された種類数、両調査で確認された種類数を図-1に示した。定量、定性のみで確認された種や両調査で確認された種の総種類数に対する割合（平均値±標準偏差）をみると、定量調査のみによる確認種は10.6±11.7%、定性調査のみによる確認種は63.8±22.4%、両調査での確認種は25.6±15.8%であった。このことから、調査対象域や精度による相違があると考えられるものの、全確認種の平均90%程度は定性調査方法で把握していることがわかる。

表-1 各調査マニュアルの目的ならびに干潟調査に関する記載の有無

資料名（発行者）	目 的	発行年	干潟生物	干潟環境
海洋環境調査法（日本海洋学会編集）	海洋環境の保全に的確に対応するため、海洋環境調査を正確に実施するための指針とする	1979	×	×
沿岸環境調査マニュアル（日本海洋学会編集）	沿岸海洋調査のための調査指針とする	1986	×	×
海洋調査技術マニュアル—海洋生物編—（（社）海洋調査協会）	開発に伴う予測評価ならびに漁業のための海洋生物調査を実施するための参考図書とする。	1990	○	×
自然環境アセスメント技術マニュアル（（財）自然環境研究センター）	自然環境アセスメントの技術向上や普及を図る	1995	×	×
平成9年度河川水辺の国勢調査マニュアル（（財）リバーフロント整備センター）	河川水辺の国勢調査を実施するための具体的な手法を整理したものである。国勢調査は、河川事業や河川管理を適切に推進するため、定期的、継続的、統一的な河川の河川情報の収集整備を行うことを目的としている。	1998	○	×
港湾分野の環境影響評価ガイドブック（（財）港湾空間高度化センター、港湾・海域環境研究所）	公共水面の埋立および港湾計画の策定において、円滑かつ適切に環境影響評価を実施する	1999	△	△
海洋観測指針（気象庁）	改定後、気象官署観測業務規定の海洋観測で定めている観測種目と方法に限定された、海洋観測の標準化と精度の維持が目的である。	1999	×	×
自然環境のアセスメント技術（II）（環境庁企画調整局編集）	環境影響評価法の施行後、環境アセスメントの技術の向上を目的として技術検討会が設けられ、その中間報告書としてまとめられた。	2000	×	×

注：干潟生物は干潟底生生物についての記載の有無を、干潟環境は水質・底質などの生息環境項目についての記載の有無を記す。

○は記載があるもの、×は記載がないもの、△は項目の記載はあるが、調査方法の具体的な記載がないことを示す。

表-2 各調査マニュアルの干潟底生生物調査手法

資 料	定量調査	定性調査
平成9年度 河川水辺の国勢調査マニュアル	①横断方向の測線を設定する ②測線上で地盤高に応じて4個所に地点を設定する ③各箇所30×30 cmの範囲を採泥する ④0.5 mm目のふるいで濾し、生物を採集する ⑤試料の同定・計数を行う	①調査範囲をヨシ原、干潟の砂泥上、護岸等の環境に区分する ②各環境において、1 mm程度のネット、スコップなどを用いて採集する
海洋調査技術マニュアル	①メッシュ状に区分あるいは横断方向の測線上に調査地点を設定する ②採泥枠は一辺が25 cmから50 cm程度、場合によっては100 cmを用いる。深さは概ね10~25 cm程度。ただし、事前に環境特性や対象生物の特性などを十分に把握し、検討する ③数箇所方形枠内の採集を行う ④試料の同定・計数を行う	①ベルトトランセクト法を用いて、方形枠内を観察する

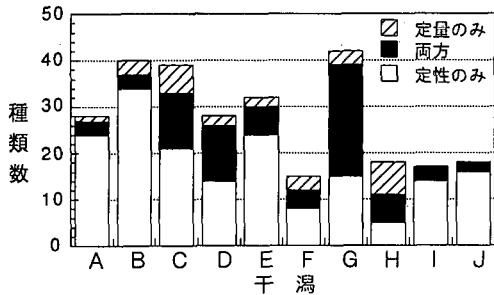


図-1 各干潟における定性・定量調査の確認種類数

表-3 干潟Cでの調査結果

生活様式	和 式	サイズ (mm)	定性	定量	両調査
表在性	カワザンショウガイ	3~9	●	●	
	イソコツブムシ近似種	5~8	●	●	●
	イシマキガイ	10~30	●		
	アラムシロガイ	15~20	●		
	シロスジフジツボ	15~20	●	●	●
	ユビナガホンヤドカリ	(貝殻)15~50	●	●	●
	タマキビガイ	15	●	●	●
	ホトトギスガイ	22	●	●	
	ウミナナ	35	●	●	●
	フトヘナトリガイ	40	●	●	●
	スジエビモドキ	40	●		
	カワアイガイ	50	●		
	チゴガニ	(甲長)7	●		
	コメツキガニ	(甲長)9	●	●	●
	ユビアカベンケイガニ	(甲長)14	●		
	ウモレベンケイガニ	(甲長)16	●		
	ヒメアシハラガニ	(甲長)18	●		
	カクベンケイガニ	(甲長)22	●		
内在性	アシハラガニ	(甲長)27	●		
	ヤマトオサガニ	(甲長)29	●		
	ケフサイソガニ	(甲長)31	●		
	ハマガニ	(甲長)37	●		
	マガキ	150	●	●	●
	ヨコエビ亜目の一組 1	3~15	●	●	●
	ヨコエビ亜目の一組 2	3~15	●	●	
	ヨコエビ亜目の一組 3	3~15	●		
	ヨコエビ亜目の一組 4	3~15	●		
	シリス科の一種	10~30	●		
	クチバガイ	25	●	●	●
	イソシジミ	39	●	●	
内在性	ヤマトシジミ	40	●	●	●
	アサリ	40	●		
	エビジャコ	50	●		
	イソゴガイ	100	●		
	ミズヒキゴガイ	30~150	●		
	Naineris 属の一種	40~200	●		
	ミドリユムシ亜科の数種	50~120	●		
	ゴカイ	50~150	●	●	●
	チリメンイトゴカイ	100~300	●		
計 39 種類			33	18	12

表-4 大きさ・生活様式別の確認種類数と確認率

	全確認種		定性調査		定量調査	
	表在性	内在性	表在性	内在性	表在性	内在性
小型	2	4	1	3	2	2
			(50)	(75)	(100)	(50)
大型	21	12	20	9	8	6
			(95)	(75)	(38)	(50)

注：数字は確認種類数を、()は各区分別全確認種に対する割合を表す。

定性調査で把握した種の特徴をみるために、干潟Cでの調査結果を表-3にまとめた。確認種の特徴として、その大きさと生活様式を併せて記した。なお、ここでの大型種とは目視での確認が容易となる1 cm以上のもので、それ以下のものを小型種と区分した。また生活形態は、底土等の表面で生活する表在性と底土の内部で生活する内在性に区分した。一般に底土に巣穴を掘って生活するスナガニ類や石下などにいるイワガニ類は、内在性として扱われるが、夏季には干潟で観察することが容易であることからここでは表在性として扱った。

この干潟でも、確認された総計39種類のうち33種類(84.6%)が定性調査により、また18種類(46.2%)が定量調査により確認され、両調査で共に確認された種は12種類(30.8%)であった。またこの結果を確認種類の大きさと生活様式の区分を用い、区分に含まれる種類数の整理を行った(表-4)。この表から、定性調査では大型で表在性の種の95%を確認しており、その割合は他の区分の生物よりも高かった。さらに10の干潟での結果をまとめた図-2からも、定性調査での大型表在性の生物の確認率は高く、平均95%であった。これに対し、小型内在性の生物の確認率は低く、かつ地域差も大きいことがわかる。

真の生物相が不明なために、本来の調査精度を評価することはできないが、この図中の確認率は一般的な調査方法で実施された定性調査結果の傾向を示していることから、得られたデータをこの図と比較することから、経験的な信頼性は評価できるとと思われる。特に安定して確認率の高い大型表在性生物のデータを用いた信頼性評価は有用と考える。ただし、干潟生態系に関する知見が未だ不十分な中では評価結果を問題にするのではなく、干潟の地域性などを勘案し、その理由を検討することも評価の意義であり、それらの知見が集積されればさらに質の高い調査も可能と思われる。

次に、定性調査で見落とされやすい生物種について検討する。10の干潟での調査結果より、定量調査では確認できたが、定性調査では確認できなかった生物種を抽出し、その見落とし率を表-5に示す。定性調査によって見落とされた種類数は10の干潟で25種類あったが、この表より特に定性調査で見落とされやすい種はゴカイ類で、半数以上の干潟調査で見落とされていたことがわかる。以上のことから定性調査だけで生物相を把握することには限界があり、定量調査と補完しながら生物相を整理する必要があることがわかる。

3.3 生物現存量の把握

定量調査によって確認された種について図-2と同様にまとめた(図-3)。この図より、大型内在性の生物の他は定量調査では確認しにくいことがわかる。特に大型

表在性の確認率は約 20%と低く、これは表在性の大型種は移動性の高いものが多いこと、分布に偏りがあることや個体数密度が低いことなどがその理由に考えられる。

生態系の評価には優占種やその現存量を用いる場合があるが、この結果から従来の定量調査だけで、優占種を把握することは極めて難しいことがわかる。優占種を適切に判断するためには、「海洋調査技術マニュアル」((社)海洋調査協会、1990)に記載されているような生物量の多少を5段階で評価する定性的定量調査を定性調査時に行い、その結果と定量調査結果との整合性から判断することも有用な方法であろう。

また優占種が的確に判断されたとしても、限られた試料採集ではその現存量に誤差を含む恐れがある。そこで、吉野川河口では、甲幅が約 3～4 cm、深さ 15～20 cm 程

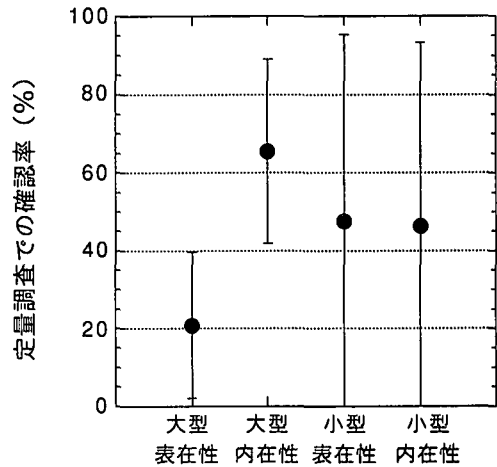


図-3 大きさ・生活形態からみた定量調査での確認率

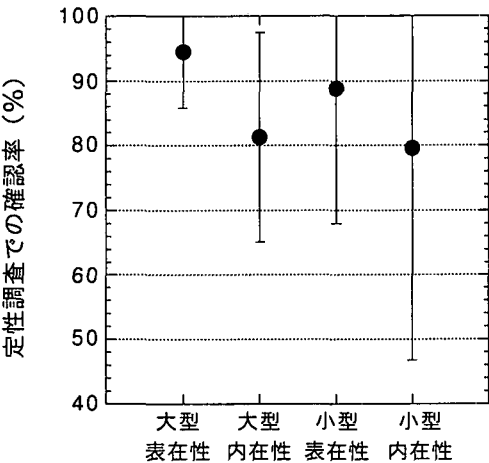


図-2 大きさ・生活形態からみた定性調査での確認率

表-5 定性調査による見落とし種とその確率

類別	種	見落とし率
表在性小型種	カワザンショウガイ,	1/6
	タナイス類,	1/3
	コツムシ類,	2/9
表在性大型種	ホトギスガイ,	1/5
	マガキ,	1/5
	コウロエンカワヒバリガイ	1/4
	フジツボ類	1/6
	オウギガニ類など	1/1
内在性小型種	ヨコエビ類,	3/9
	ウミナナフシ類	1/2
内在性大型種	アサリ,	2/3
	イソシジミ,	1/1
	ゴカイなどの多毛類	6/10
	ミドリユムシ亜科の数種	1/1
	ヒル類	1/2

注：見落とし率は定性調査により落とされた河川数/定性および定量調査により、確認された河川数を示す。

度の巣穴に生息するヤマトオサガニが優占するが、このヤマトオサガニを対象に採集回数と変動係数の関係性を求めた(図-4)。各干潟とも、調査回数を増やすほどに誤差は減少する傾向はみられるものの、季節変動は大きく、その傾向は両干潟でも異なっていた。限られた検討結果であるが、誤差を半分程度に減少させるためには試料を少なくとも3～4回は採集する必要があることがわかる。

ちなみに、「河川水質試験方法(案)」(建設省河川局、1997)によると、測定精度は「水質試験での定量下限は有機化合物ではCVが20%、無機物では10%の変動係数の誤差内の濃度または量を原則」とされている。生物の定量下限にこの精度を短絡的にあてはめることはできないが、仮に変動係数20%を原則とした場合、干潟Aでは2～6回、干潟Bでは2～3回の試料を採集しなければならない。

全ての調査でこのような事前の検討や調査が可能とは思えないが、生態系モデルや量的評価を伴う環境評価を行う場合には、これらの精度上の課題に充分に配慮して調査を行うべきである。

4. 結 論

①干潟調査方法について記載のあった調査マニュアルでは、調査地点の選定や面積、所要時間などは地域性に応じて、調査担当者が判断することとなっていた。そのため調査データの質を高めるためには、まず客観的にデータの信頼性を評価できる手法の確立が必要であることを示した。

②確認された生物種の内、平均90%程度の種は定性調査で把握されていた。しかし定性調査で内在性種や小型種を確認することは難しいことを示すことができた。

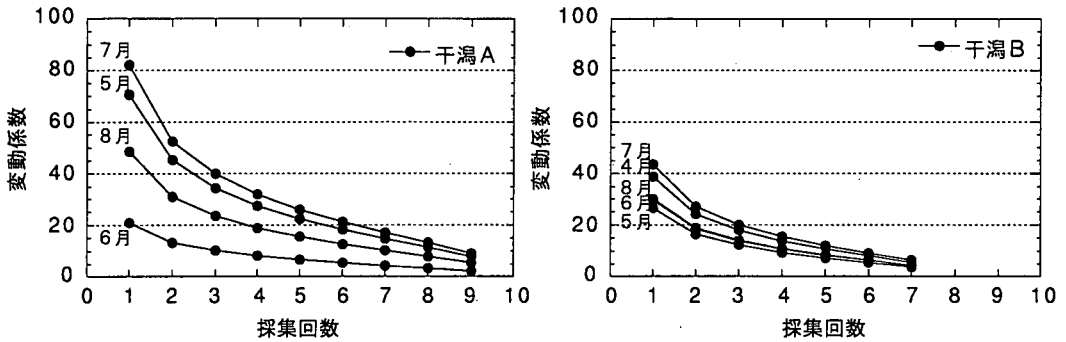


図-4 ヤマトオサガニの採集回数と変動係数の関係

③これまでの定量調査では、優占種を判断することも困難であることがわかった。また同一な環境であっても1回のみの採集では定量評価に大きな誤差を含む可能性があることを示すことができた。

④信頼性高く生物相を把握するためには、定性調査と定量調査を補完すること、見落とししやすい生物種を認識しておくことなども有効な方法の一つである。生物量調査にあたっては、まず定性的定量調査も行い、その整合性を検討し、優占種を選定すること、事前に採集回数と採集個体数誤差の関係を検討した後に生物採集を行うと調査誤差の少ないデータを収集することができることを示した。調査結果の信頼性の評価手法については、得られた結果が定性調査での大型表在性生物の平均的な確認率の範囲内にあるかをチェックすることを提案した。

この他にも底生生物は底質や水質等の環境と深く関連している(栗原編著, 1988; 上月ら, 2000)が、適切な生息環境を指標とした干潟の区分方法についても検討すべきである。今後はこれらの知見を踏まえて実効性のある現実的な干潟生物調査方法の検討を行う予定である。

参 考 文 献

(社)海洋調査協会 (1990): 海洋調査技術マニュアル 海洋生物

編, pp. 98-124.

環境庁企業調警局編(2000): 自然環境のアセスメント技術(II), pp.127-225.

菊池泰二 (1998): 干潟の生態学と環境調査, RACES, No. 3, 気象庁編 (1999): 海洋観測指針, 200 p.

栗原康編 (1988): 河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー, pp. 50-51.

建設省河川局編 (1997): 河川水質試験方法(案), pp.31.

上月康則・村上仁士・倉田健悟・福崎亮・上田薫利・鎌田磨人(2000): スナガニ類の生息場からみた吉野川汽水域干潟・ワンドの環境評価, 海岸工学論文集, 47, p. 1116-1120.

(財)港湾空間高度化センター・港湾・海域環境研究所 (1999): 港湾分野の環境影響評価ガイドブック, pp. 107.

(財)自然環境研究センター (1995): 自然環境アセスメント技術マニュアル, 638 p.

日本海洋学会編 (1986): 沿岸環境調査マニュアル(底質・生物篇), pp. 217-257.

花輪伸一・佐久間浩子編 (1996): WWF JAPAN サイレンスレポート第3巻, 182 p.

(財)リバーフロント整備センター (1993): 平成5年度版河川水辺の国勢調査マニュアル(案)(生物調査編), pp. 69-115.

(財)リバーフロント整備センター (1998): 平成9年度版河川水辺の国勢調査マニュアル(案)(生物調査編), pp. 101-179.

(財)リバーフロント整備センター編 (1998): 平成8年度 河川水辺の国勢調査年鑑(魚介類調査, 底生動物調査編).