

干潟生態系の現地調査手法と その精度に関する検討

STUDY ON TECHNIQUE OF INVESTIGATION OF ECOSYSTEM IN TIDAL FLAT

倉原義之介¹・増田龍哉²・五十嵐学³・滝川清⁴・五明美智男⁵・森本剣太郎⁶

Yoshinosuke KURAHARA, Tatsuya MASUDA, Manabu IGARASHI,
Michio GOMYO, Kiyoshi TAKIKAWA and Kentaro MORIMOTO

¹正会員 工修 東亜建設工業株式会社 (〒102-8451 東京都千代田区四番町5)

²正会員 博(工) 熊本大学特任助教 大学院先導機構 (〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1)

³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)

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フェロー 博(工) 熊本大学客員教授 沿岸域環境科学教育研究センター (同上)

⁶正会員 博(工) 国土技術政策総合研究所 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

Tidal flat has been developed due to its use and the disaster prevention only, for appropriate techniques of the field survey, calculation, and assessment on it have not been established. In this study, problems of the quantitative and qualitative survey are distilled, and the verification with the selection of survey point is carried out on the basis of field survey result on tidal flat. The result indicates that problems in the quantitative survey are complex according to the characteristic of habitat distribution of benthos, and the mud content and the ground level is important factor to select the field survey point on tidal flat.

Key Words : *Benthos, Environmental assessment, Surveying technique, Tidal flat*

1. はじめに

干潟には底生生物や魚類, 鳥類といった多種多様な生物が生息・来訪し, 産卵, 摂餌, 稚仔魚の生育の場としても機能している。さらに, そういった生物活動の下, 食物連鎖を通じた物質循環がバランス良く効率的に行なわれることで高い浄化機能を有している。しかしながら, 沿岸部に干潟をかかえる海域では, 利用や防災だけを目的とした開発行為が行なわれ, 環境を保全するための総合的・科学的・客観的評価が十分に行なわれておらず, 現在でも一方的な価値観から際限なく開発される状況にある。これは, 干潟環境の現状や機能, 保全措置に関する基礎知識の蓄積・普及が不十分で, さらに調査・予測・評価の適切な手法が未だに確立されていないという現状があるからである。

こうしたなか, 上田ら¹⁾は調査マニュアルの整理を行い, 既存の調査手法は指針が示されているのみで個々の判断に委ねられており, 調査結果の信頼性を客観的に評価する方法がないことを指摘している。また, 2008年には環境省によって「干潟生態系に関する環境影響評価技術ガイド」²⁾が発行され,

干潟の複雑な生態系を把握するためのストーリーを持った調査・予測・評価の手順がまとめられた。このガイドでは, 既存の調査手法では調査精度に限界があり, 生態系や地域性の特徴に合わせた調査手法を適宜選択, 検討することの重要性が述べられ, 話し合いから合意形成を得ることで信頼性を確保することの必要性も合わせて述べられている。しかしながら, 適切な調査手法を選定するためには調査者個人の高い技能が必要であり, 調査結果の信頼性の評価方法(合意形成の方法)などは, 今後干潟生態系の評価を行う上で重要な課題になると考えられる。

以上を踏まえ, 著者らは調査手法の具体的な把握能力や欠点に関する知見の更なる蓄積と新たな調査手法の検討が必要不可欠であると考えている。そこで本研究では, 定量調査について採取回数(面積)と精度の確認を行うと共に, 生物分布の特性に応じた調査時の問題点の抽出を行った。また, 定量調査では把握が困難な移動性の高い表在性大型底生生物について目視観測による量的調査を行い, その結果と精度について検討した。さらに, 干潟生態系調査における代表地点選定方法や調査項目について検討を行った。

2. 調査方法

定量調査における試料採取回数（面積）と精度の関係、目視観測の精度を検討するために次の調査を行った。①熊本港に造成された人工干潟「野鳥の池」、「東なぎさ線」において 5m×5m の調査範囲を設け、干潟表面で活動する底生生物を目視により観測した（目視観測）。その後、範囲内において、コドラート枠(0.25m×0.25m)を用いた深さ 0.2m までの採取を 3 回行い、採取毎に篩にかけて残った生物の種・個体数を計測した（定量調査）。また、野鳥の池では 2.5m×1m の範囲を深さ方向に 0m～0.2m と 0.2m～0.5m の 2 つにわけ採取し、東なぎさ線では 2.5m×2.5m の範囲を深さ 0.2m で 2.5m×1.0m と 2.5m×1.5m の平面方向にわけ採取し、篩にかけて残った生物の種・個体数を計測した（広範囲採取）。②熊本港の東に位置する沖新海岸に造成されたエコテラス護岸の 1 区画（2.5m×2.25m、深さ 50cm のコンクリート三面張の実験干潟）において、目視観測を行った後、コドラート枠(0.25m×0.25m)を用いた、深さ 0.2m までの採取を 9 回行った。その後、区画内を面積や深さ方向でいくつかに分けて採取し篩にかけて、残った生物の種・個体数を計測した。

干潟生態系調査において代表地点の選定方法を検討するために、有明海沿岸に位置する熊本県熊本市地先の白川右岸河口干潟（50m×135m）、宇土市地先の住吉前浜干潟（30m×200m）、長崎県島原市地先の水無川河口干潟（30m×180m）で観測枠を設定し、地形、底質、表在性生物目視観測、底生生物定量調査を行った。なお、調査は 2008 年 9～10 月に実施し、底質分析項目は粒度分布、T-N、CODsed、T-S、含水率で、底質と底生生物定量調査は 10m メッシュ、地形、表在性生物目視観測は 5m メッシュの交点でいった。各調査地点の位置を図-1 に示す。

3. 底生生物調査の精度に関する検討

(1) 定量調査の精度について

表-1 には、野鳥の池と東なぎさ線で行ったコドラート枠を用いた 3 回の採取毎の結果を広範囲採取の結果と合わせて示した。野鳥の池では、広範囲採取で 2 番目に個体の多いチゴガニが 3 回の採取では一度も採取されず、東なぎさ線では、他の 2 回の採取で多く採取されたコメツキガニが 1 回目の採取では観測されていない。また、両干潟において 3 回の採取で確認された種は広範囲採取の半数程度である。このように、一般的に行われるコドラートを用いた調査では、採取毎に結果大きな差を持つため、その精度について十分な注意を必要とするが、採取回数や面積について基準は存在していないのが現状である。

(2) 採取回数と確認種の割合

図-2 には、エコテラス護岸で行ったコドラート枠 9 回の採取結果から、ブートストラップ法を用いて確認種の割合と誤差範囲を算出した結果を示す。ブートストラップ法とは、標本データから復元抽出によるサンプリングを繰返し行うことで、母集団の推定量を算出する手法である。今回は 9 回の採取結果から、それぞれの採取回数分の復元抽出を行い、それを 1000 回繰り返すことで分散値を算出し、誤差範囲はこの分散値から 95%信頼区間を示した。

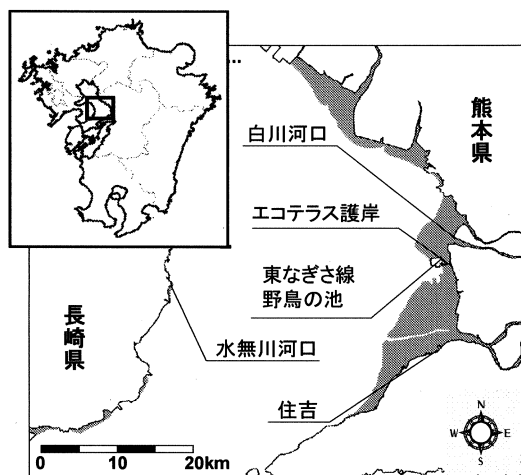


図-1 調査地点位置図

表-1 コドラート枠による採取毎の観測結果

野鳥の池				
種 名	①	②	③	広範囲
ハクセンシオマネキ	1		1	37
チゴガニ				8
稚ガニ（種不明）			1	5
フタバカクガニ				2
ヨコエビ SP	1			1
採取面積 (m ²)	各	0.0625		2.5
東なぎさ線				
種 名	①	②	③	広範囲
コメツキガニ		5	4	148
クチバガイ	1	1	1	88
ソトオリガイ				47
アラムシロガイ				1
採取面積 (m ²)	各	0.0625		6.25

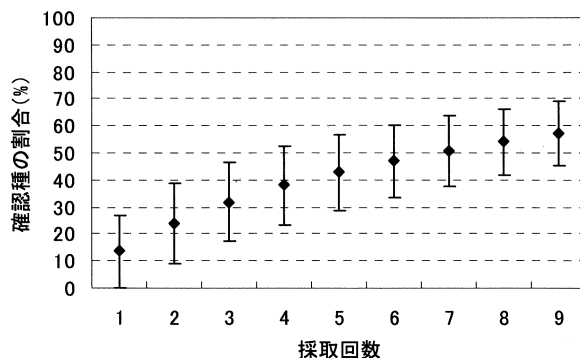


図-2 採泥回数と確認種の割合

2回の採取では全体の22%, 9回の採取では57%が平均で採取され、同じ採取回数で10~15%程度の誤差を持つ。生息する生物相の違いにより、精度に相違があると考えられるが、この結果より、直接採取による量的な調査では採取回数を大きく取ったとしても生息する全ての種を把握することは難しいと考えられる。このことは上田ら²⁾などによっても指摘されており、種構成や多様度といった把握には、量的調査のみでなく、定性調査などを組合せ整理する必要があるとしている。

(3) 採取面積と観測個体の誤差率

図-3は、異なるいくつかの生息密度について、採取面積と観測個体の誤差率の関係を示す。誤差率は、生物が大きな偏りを持たずに生息する($\sigma^2/\mu=1$, σ^2 :分散, μ :平均)と仮定して、区画法により分散を算出し、80%信頼区間から観測値に対する割合を示した。図より、誤差率50%以内で個体数を観測可能なのは、コドラート枠に換算すると2回の採取では生息密度50個/m²以上の生物、9回の採取では10個/m²以上の生物であることを示している。このとき一地点で採取される個体は、それぞれ平均で6.25個体と5.63個体となり、今回仮定した分布では、5~6個体が平均で採取されるように採取した場合に誤差率が50%程度となる。ただし、実際には底生生物は仮定した分布より大きな分散を持って生息しているため、これは最低限の条件を示したものである。

さらに、表-2は東なぎさ線において2.5×2.5m範囲を2.5×1.0mと2.5×1.5mの二つの範囲に分けて採取した結果を示している。ソトオリガイの結果を見ると、2.5×1.5mの区域で47個体と多くの個体が採取されているのに対して、2.5×1.0mの区域では一個体も採取されなかった。大きな調査面積を

用いて、隣り合う範囲を調査しているにも関わらず、結果に大きな違いが生じたのは、ソトオリガイなどの二枚貝がパッチ状に密集して生息する特性を有しているからである。このように底生生物は干潟上で不均一に分布しているため、採取面積を大きくするだけでなく、複数の場所に分けて採取を行うことで、結果の偏りを少なくする工夫を行う必要がある。

表-3に、生息分布の違いから、定量調査を行う場合の問題点をまとめた。

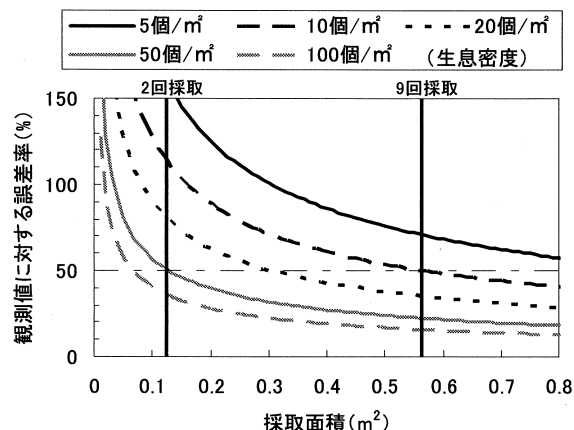


図-3 生息密度別の採取面積と誤差率の関係

表-2 隣接した採取地点の採取結果

項目	2.5×1.0m	2.5×1.5m	合計	生息密度(個/m ²)
種名				
コメツキガニ	77	71	148	23.7
クチバガイ	31	37	68	10.9
ソトオリガイ	0	47	47	7.5
アラムシロガイ	0	1	1	0.2
採取面積(m ²)	2.50	3.75	6.25	1.00

表-3 生息分布による底生生物の分類と定量調査時の問題点

凝集型		稀少型	
	<特徴> 集まって生息が見られる種		<特徴> 偶然紛れ込んだ種や生息密度が非常に低い種
	<調査時の問題点> 採取場所によっては個体が全く採取されず、逆に平均より多くが採取され課題な結果になる場合もある		<調査時の問題点> 定量調査による把握は難しい
離散型		移動型	
	<特徴> 縄張りを持つなどして散らばって平均的に分布する種		<特徴> 潮汐による汀線の移動や捕食のために広い範囲を移動する種
	<調査時の問題点> 採取地点による誤差は少ないが、生息密度が低い種や移動性が高い種が多く含まれ、採取が困難な場合がある		<調査時の問題点> 人が近づくと逃げてしまう場合が多く、定量調査での採取は難しい

(4) 底生生物の生息深さについて

表-4 は野鳥の池，エコテラス護岸で行った採取結果を 0～20cm と 20～50cm の深さごとにまとめたものである。表に示すように，種や個体の割合は少なくなるが 20cm 以深においても底生生物の生息は見られた。特に巣穴を形成するカニやエビなどの甲殻類が今回の観測では多かった。泥内の生息分布を把握するのは難しいため，底生生物の生息深さについては明確にはなっていない部分が多いが，一般にヤマトオサガニで 20cm～1m 程度，ムツゴロウや穴ジャコなどでは最大で 2m 近くまで巣穴を形成することが知られている。これらの深さまで，採取を広げることは現実的ではないが，データを考察する際には，採取深さで深の生物生息の可能性を考慮に入れる必要がある。

(5) 目視観測の精度検証

コドラートなどを用いた定量調査では調査に時間がかかることから，大きな調査範囲を設けることが難しく，(3)節で示したように，移動性の高い種や生息密度の低い主の把握が困難である。そこで，著者らはそのような底生生物の量的把握を目的として，目視観測を試みた。表-5 は野鳥の池で行った目視観測による観測結果を観測者毎に示したものである。観測者により結果にばらつきがあり，ヤマトオサガニやアシハラガニなど個体数の少ない種では見落としも見られるものの，定量調査と比較すると分散は小さい。さらに 1 地点あたりの観測時間が 10～20 分程度と短時間で調査が可能であり，移動性の高い甲殻類などの量的データを得るのに比較的有効と考えられる。ただし，この調査を行った際には生息する種の確認を事前に行ったが，実際の観測では生息する種について明らかになっていない場合が多く，観測者の同定能力が結果に影響することが考えられる。

表-6 は今回の調査で多くの個体が観測されたカニ類 4 種について，目視観測の結果と広範囲採取の結果からそれぞれ算出した生息密度を示す。この結果より，目視観測による観測個体数は，実際その場所に存在する個体数より少ない傾向にあり，その程度は種によって異なっていることが分かる。これは，観測時に干潟表面に出現している個体がある場所に生息する底生生物の一部であることを示している。さらに，種により大きな差が生じた理由としては，ハクセンシオマネキはヤマトオサガニやコメツキガニに比べて警戒心が強く，人が近くにいる状況では姿を見せにくいため，また，ケフサイソガニは肉食であり，干潟表面での活動時間が短いためと考えられる。今回は，検証に必要なデータが得られなかったが，これらの底生生物は干出後，時間の経過により活動状況に差が出るということが知られている，同種間で生息密度が異なる場合などを含めて今後検討を行う必要がある。

表-4 深さ別の採取個体数

野鳥の池 (採泥面積 2.5m ²)		
種 名	0～20cm	20～50cm
ハクセンシオマネキ	25	12
チゴガニ	7	1
稚ガニ (種不明)	5	
フタバカクガニ	2	
ヨコエビ SP	1	
エコテラス護岸 (採泥面積 1.0m ²)		
種 名	0～20cm	20～50cm
ヤマトオサガニ	16	2
アラムシロガイ	30	
ケフサイソガニ	3	1
テッポウエビ SP	1	3
稚ガニ (種不明)	3	
ゴカイ SP	3	2
ヨコエビ SP	5	
イチョウシラトリ	2	1
ヤドカリ	2	
タビラグチ	2	
ムツハアリアケガニ	1	

表-5 目視観測の観測者毎の観測結果

種 名	観測者				
	観測者 A	観測者 B	観測者 C	観測者 D	観測者 E
ヤマトオサガニ	1				2
チゴガニ	2	7	2	3	5
ハクセンシオマネキ	24	25	16	24	25
アシハラガニ	1	2	3	2	
トビハゼ	4	4	6	3	4

表-6 目視観測と広範囲採取により計算した生息密度

種 名	生息密度 (個/m ²)		密度比較
	目視	広範囲	
ヤマトオサガニ	8.5	23.5	2.8 倍
コメツキガニ	9	23.7	2.6 倍
ハクセンシオマネキ	1.5	14.8	9.9 倍
ケフサイソガニ	0.3	5.3	17.7 倍

4. 調査地点と調査項目の選定について

表-7 は，白川河口，住吉前浜，水無川河口干潟における調査の結果から，仮に一測線あたり 3 地点（「岸側」「沖側」「中間」と設定）の調査を行った場合の観測種数についてまとめたものである。このとき把握できる種は，一測線あたり 12～21 地点（10m 間隔）の調査と比べて半分程度になることを示している。多くの調査地点を設定して，十分な調査を行うことが理想的であるが，実際には調査に裂ける労力・時間は限られている。そのため，限られた項目・地点数で効率的に調査を行うことも重要な課題となる。

表-7 調査地点の選定による底生生物の観測種数

項 目 地点名	調査方法	調査地点毎の種数				
		岸側	中間	沖側	3 地点合計	全地点
白川河口 (5 測線・各 12 地点)	目視調査	3	4	3	6	10
	定量調査	7	4	6	10	18
	共通	2	2	3	4	8
	合計	8	6	6	12	22
住吉前浜 (3 測線・14 地点)	目視調査	5	0	3	7	12
	定量調査	2	0	2	3	15
	共通	2	0	1	3	8
	合計	5	0	4	7	19
水無川河口 (3 測線・21 地点)	目視調査	5	4	5	10	16
	定量調査	5	3	9	13	24
	共通	3	0	3	6	9
	合計	7	7	11	17	31

表-8 底質・地盤高の相関マトリックス

	CODsed (mg/gdry)	T-S (mg/gdry)	含水率 (%)	T-N (mg/gdry)	含泥率 (%)	地盤高 (m)
CODsed (mg/gdry)	1.00					
T-S (mg/gdry)	0.84	1.00				
含水率 (%)	0.79	0.73	1.00			
T-N (mg/gdry)	0.90	0.82	0.77	1.00		
含泥率 (%)	0.83	0.67	0.66	0.80	1.00	
地盤高 (m)	-0.26	-0.12	-0.36	-0.35	-0.34	1.00

表-8 には今回行った地形および底質調査の計 6 項目の全 186 地点における相関マトリックスを示す。CODsed や全窒素といった栄養塩は互いに高い相関を持ち、さらに含泥率とも概ね良い相関が出ている。これは、流入負荷が同程度の有明海中部に位置するこれらの干潟においては、干潟の環境が含泥率に大きく支配されていることを示している。また、生物は地盤高、つまりは干出時間によって棲み分けていることが知られている。図-4 に白川河口干潟における含泥率と優占種の平面分布を示す。含泥率の低い範囲および地盤の高い岸側ではコメツキガニが優先し、含泥率 65%以上でヤマトオサガニ、40~65%程度でチゴガニが優先する傾向がある。この結果からも、一干潟内で調査地点を選定する場合には、含泥率、地盤高が目安となると考えられる。また、塩生植物の繁茂地や滞・礫などの微地形の場所は粒度組成が同じでも、特異的な生物相を有するため、これらの場所も調査地点として選定することが望まれる。このように、代表的な環境指標を用いて調査位置を決定することで少ない調査地点数でも、より正確な調査結果を得る可能性がある。

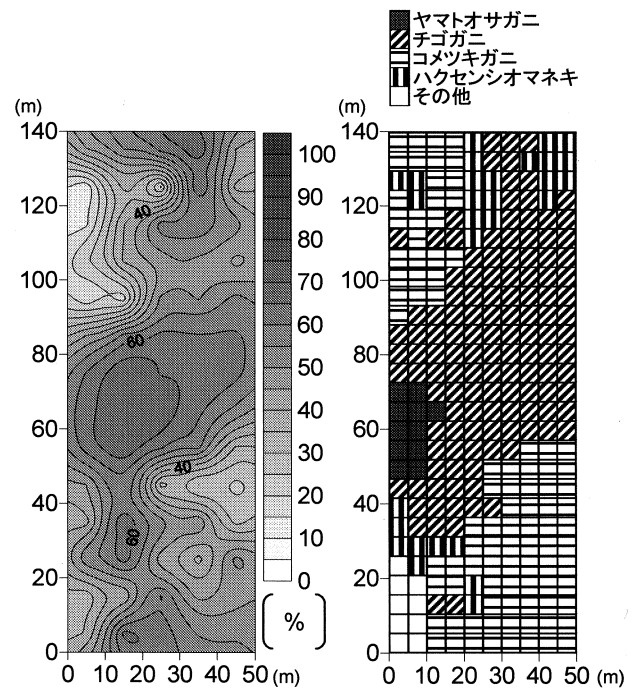


図-4 白川河口干潟における含泥率(左)と目視調査による優占種(右)の分布

5. まとめ

本研究では、定量調査の採取回数（面積）および表在性生物目視調査の精度の検討と、干潟生態系調査における代表地点選定方法や調査項目の検討を行った。まとめを以下に示す。

- ① 底生生物調査においては、定量調査のみで種の全体を把握することは難しく、定性調査が重要となる。
- ② 定量調査において誤差を少なくするためには、生息密度に対して十分な面積を採取する必要がある。一地点の採取で対象とする種が最低 5～6 個体は採取されるように採取面積を設定する必要がある。
- ③ 底生生物は偏って生息している種もいるため、複数の場所に分け採取することも必要である。
- ④ 底生生物の生息分布を凝集型、稀少型、離散型および移動型に分類し、それぞれの定量調査時における問題点を抽出した。
- ⑤ 目視観測では、実際の現存量よりも少ない個体が観測される傾向があり、その程度は種によって異なる結果となった。今回の調査では、ヤマ

トオサガニとコメツキガニで 3 倍程度、ハクセンシオマネキでは 8 倍程度であった。

- ⑥ 流入負荷が同程度の範囲では、干潟環境は大きく地盤高（干出時間）と底質の粒度組成に大きく決定されている傾向にあり、それらを指標として調査地点の選定を行うことを提案した。

謝辞：本研究の一部は、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 17～21 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) 上田薫利，上月康則，倉田健吾，村上仁士，白鳥実，桂義教：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，海岸工学論文集，第 49 巻，pp. 1111-1115，2002.
- 2) 環境省：干潟生態系に関する環境影響評価技術ガイド，環境省総合環境政策局 環境影響評価課，156p，2008.