

Ecology and

応用生態工学

January 2011 Vol.13 No.2

Civil Engineering

原著論文 ORIGINAL PAPER

空中写真利用による泥質干潟の潜孔性底生動物の簡易定量手法

馬場崎 正博¹⁾・高比良 光治²⁾・河口 洋一³⁾・島谷 幸宏⁴⁾・小野 勇一⁵⁾

1) 福岡市環境局温暖化対策部 〒810-0001 福岡市中央区天神1丁目8番1号

2) 九州環境管理協会 〒813-0004 福岡市東区松香台1丁目10番1号

3) 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 生態系管理工学研究室 〒770-8506 徳島市南常三島町2-1

4) 九州大学大学院工学研究院 流域システム工学研究室 〒819-0395 福岡市西区元岡744

5) 北九州市立いのちのたび博物館 〒812-0001 北九州市八幡東区東田2丁目4番1号

Simplified quantification method of the population of benthic animals with hole on a mud tidal flat by digital processing aerial photos

Masahiro BABASAKI¹⁾, Koji TAKAHIRA²⁾, Yoichi KAWAGUCHI³⁾,
Yukihiro SIMATANI⁴⁾, Yuichi ONO⁵⁾

1) Environmental Bureau of Fukuoka City, 1-8-1 Tenjin, Chuo-ku, Fukuoka 810-0001, Japan

2) Kyushu Environmental Evaluation, Fukuoka, 1-10-1 Matukadai, Higashi-ku, Fukuoka 813-0004, Japan

3) Institute of Technology and Science, The University of Tokushima, 2-1 Minami-josanjima, Tokushima 770-8506, Japan

4) Kyushu University Dept. of Civil Engineering Graduate School, 744 Motoooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan

5) Kitakyushu Museum of Natural History & Human History, 2-4-1 Higasida, Yahatahigashi-ku, Kitakyushu 812-0001, Japan

応用生態工学会

Ecology and Civil Engineering Society

原著論文 ORIGINAL PAPER

空中写真利用による泥質干潟の潜孔性底生動物の簡易定量手法

馬場崎 正博¹⁾・高比良 光治²⁾・河口 洋一³⁾・島谷 幸宏⁴⁾・小野 勇一⁵⁾

- 1) 福岡市環境局温暖化対策部 〒810-0001 福岡市中央区天神1丁目8番1号
- 2) 九州環境管理協会 〒813-0004 福岡市東区松香台1丁目10番1号
- 3) 徳島大学大学院ソシオテクノサイエンス研究部 生態系管理工学研究室 〒770-8506 徳島市南常三島町2-1
- 4) 九州大学大学院工学研究院 流域システム工学研究室 〒819-0395 福岡市西区元岡744
- 5) 北九州市立いのちのたび博物館 〒812-0001 北九州市八幡東区東田2丁目4番1号

Masahiro BABASAKI¹⁾, Koji TAKAHIRA²⁾, Yoichi KAWAGUCHI³⁾, Yukihiro SIMATANI⁴⁾, Yuichi ONO⁵⁾: Simplified quantification method of the population of benthic animals with hole on a mud tidal flat by digital processing aerial photos. *Ecol. Civil Eng.* 13(2), 101-111, 2011.

- 1) Environmental Bureau of Fukuoka City, 1-8-1 Tenjin, Chuo-ku, Fukuoka 810-0001, Japan
- 2) Kyushu Environmental Evaluation, Fukuoka, 1-10-1 Matukadai, Higashi-ku, Fukuoka 813-0004, Japan
- 3) Institute of Technology and Science, The University of Tokushima, 2-1 Minami-josanjima, Tokushima 770-8506, Japan
- 4) Kyushu University Dept. of Civil Engineering Graduate School, 744 Motooka, Nishi-ku, Fukuoka 819-0395, Japan
- 5) Kitakyushu Museum of Natural History & Human History, 2-4-1 Higasida, Yahatahigashi-ku, Kitakyushu 812-0001, Japan



Abstract: We attempted to determine the distribution of benthic animals and to quantify their population densities focusing on the life traces on a tidal flat. By processing digital photos taken from a radio controlled helicopter equipped with geographical positioning system, distribution of nest holes on the tidal flat of Imazu was obtained with the thirtieth effort of manual surveying on site. Benthic animals that build nests on tidal flat of Sone, Fukuoka prefecture represent about 50 per cent of population on the tidal flat, among them shrimps and crabs represent about 8 per cent. On the area where the percentage of clay and silt exceed 50 per cent, shrimps and crabs represent 28 per cent by wet weight. Distribution of a mud crab (Yamato osagani: *Macrophthalmus japonicus*) was identified by the distribution of the holes they make.

Key words: radio controlled helicopter, nest hole, population, Imazu and Sone tidal flat, *Macrophthalmus japonicus*

はじめに

日本の干潟は、生物学的生産性が高く漁場として利用

2010年6月15日受付, 2010年9月18日受理

1) e-mail: babasaki.m02@city.fukuoka.lg.jp

されてきたが、他の農業・工業・商業の土地利用からみて相対的に経済的価値が低い場所と見なされ、昔から水田としての干拓が行われ、戦後は特に昭和50年代の高度成長期には臨海工業立地として、昭和60年代以降は道路・下水道・住宅など都市問題を解決する場として埋め

立てられ、失われてきた。

しかし近年、干潟は海と陸と大気との接する場所として生物種も多様であり、高い生物生産力を有しており生物多様性を保持している貴重な空間であるとの認識が深まってきた。また、国においては、1995年には運輸省港湾局のエコ・ポート事業の開始をはじめ環境省の生物多様性国家戦略が、また2002年には新・生物多様性国家戦略の策定や、過去に失われた自然環境を取り戻すため、自然再生法が策定されるなど、干潟の再生や保全の施策が進められてきた(運輸省港湾局 1999; 環境省 2002)。

しかし、都市周辺の干潟は、生活排水の増大に伴う有機汚濁が進行し、還元泥の形成、赤潮の頻発やアナオサ(*Ulva pertusa*)の堆積などが顕著であり、底生動物が著しく減少する等、必ずしも保全が効果的には進んでいない。

これらの干潟の保全を図るには、水質・底質などの物理化学的な情報と、そこを生息基盤とする生物の分布や生息量との関係を定量的に評価する必要がある。しかし、底生動物の多くは埋存性のため底土を掘り返さないと分布域は明らかに出来ないほか、集中分布型であるため分布や生息量の定量的把握には多くの地点でサンプルを採取する必要がある。さらに泥質干潟の場合は軟弱地盤のため歩行さえも困難な場合が多く、干潮時の限られた時間内に調査点に到達し、底生動物を採取すること自体が難しい。このような理由から、広大な泥質干潟全域における底生動物の面的な分布や生息個体数の推定はほとんど行われていないのが実状である(和田 2000)。

現在の干潟調査法は、建設省河川局(1998)を基に25 cm 方形枠で泥を深さ15 cm まで掘り上げて、篩1 mm 目で選別したものを試料とし、種の同定、個体数の計測などを行うが、この方法では、砂泥中に巣穴を形成するカニ類、アナジャコ類、中大型多毛類などは分布密度が小さすぎるかまたは採泥深度が浅すぎてほとんど採集できない。菊池(1998)はこれを補完するため50 cm 方形枠内のサイズ別巣穴数からカニ密度を求め、甲幅と重量の関係を用いて総重量の推定をした結果、現在の干潟調査法では見落とされる量が多いことを指摘している。

干潟表面の穴数による底生生物の生息量の評価を行った例としては、東京湾の干潟において、ゴカイ類(*Polychaeta*)と1 cm 以下の穴の数及びヤマトオサガニ(*Macrophthalmus japonicus*)と3 cm 以上の穴の数と湿重量において相関が認められている(釜田ほか 1996)。

河口干潟のカニ類の分布と底質等の環境要因の関係を明らかにした事例としてはOno(1965)の研究があり、

スナガニ類の分布や活動が底質粒度や潮位と深く関係していることを報告している。和田(1978)は和歌山県沿岸各地のスナガニの分布状況を調べた結果、各地にもっとも普通にみられるものは、スナガニ(*Ocyropsis stimpsoni*)、ヤマトオサガニ、コメツキガニ(*Scopimera globosa*)、チゴガニ(*Llyoplax pusilla*)の4種で、中でもヤマトオサガニは各地の汀線付近の泥質干潟にきわめて普通にみられる種であるとしている。

ヤマトオサガニはコメツキガニ、チゴガニと比べて粒度の選択性が3種の中で最も広く(和田 1978)、ヤマトオサガニは冬季でも特に寒い日以外は活動しており(山口 1970)、河口の干潟に生息する大型のオサガニ類の一種である(Sakai 1976)としている。

以上のことから、ラジコンヘリコプターを用いて撮影した干潟表面の写真から巣穴数を把握し、ヤマトオサガニを代表種とする巣穴を持つ底生動物の分布特性を把握する手法の検討を行った。

空中写真を利用した干潟や沿岸域の調査では、汀線の変化、海岸線直背後地域の土地利用分布や植生分布などが調べられているが、底生動物の分布を調査した事例はない(長谷川 2001; 大林・小島 2002)。

ラジコンヘリコプター・デジタル写真を用いた巣穴分布調査

調査地域の概要

今津干潟は博多湾西部に位置し、瑞梅寺川河口の約80 haの泥質の河口干潟であり、干潟には瑞梅寺川と江の口川が流入している。

瑞梅寺川流域は、流域面積57.4 km²、1996年度では流域人口32,045人で、人口密度は558人/km²と低い。また、江の口川流域は流域面積4.3 km²、流域人口8,948人、人口密度2,080人/km²である。流域全体の下水道整備人口が6,889人である。上流に流域面積7.2 km²の瑞梅寺川ダムを有し洪水調節や沿川における灌漑用水などの補給、前原市や福岡市へ日最大22,000 m³の水を供給している(福岡市 1997a; 大都市統計協会 2003)。

1997年の福岡県土地利用基本計画図によると、この流域の土地利用状況は田畑33%、宅地10%、山林原野45%、その他12%と田畑が多く干潟の周囲にも干拓農地が広がっている(福岡県 2008)。

また、福岡市の2003年の今津干潟調査によると、干潟の底質は大部分が柔らかい泥質である。砂質は上流部の河口中央中洲、干潟河口部の一部で見られるのみである。

また、干潟生物は上流部はイトメ (*Tylorrhynchus heterochaetus*), ゴカイ類, ヤマトシジミ (*Corbicula japonica*) が分布し、大部分の泥質にはイトゴカイ (*Neoheteromastus lineus*) の仲間やヤマトオサガニが見られ、河口部はカキ礁が広く発達している。鳥類は干潟域においてクロツラヘラサギ (*Platalea minor*) をはじめガン・カモ類やシギ・チドリ類など31科51種の野鳥が観察されている (福岡市 2004)。

調査概要と調査方法

調査概要

調査日は2003年1月31日で調査地点は博多湾今津干潟 (Fig. 1) である。今津干潟は干潟の中央部は軟泥でカキが多く危険を伴うため、底生動物の調査はほとんどなされていない地域である。

そこで次の方法で調査を行った。

ラジコンヘリコプターを使用して撮影したデジタル写真から、画像を白と黒に二値化し巣穴を抽出した画像を作成し、サイズ別巣穴数のパソコンソフトによる自動計測を試みた。

ここでは、干潟面と巣穴の画像濃度の違いから巣穴を抽出した。画像濃度値のヒストグラムから閾値を決定し、干潟面を白、巣穴を黒で表示した二値化画像を作成した。また、この二値化画像と元のデジタル写真を比較し、巣穴がうまく抽出されているかを確認した。

サイズ別巣穴数の計測には、白と黒で構成される二値化画像の黒色部分の個数及び各黒色部分に構成ピクセル数を求める、探索アルゴリズムソフトを開発することにより行った。

調査方法

ラジコンヘリコプターによる干潟表面の写真撮影

ラジコンヘリコプターはヤマハ製の自立航行無人ヘリコプターを使用した。

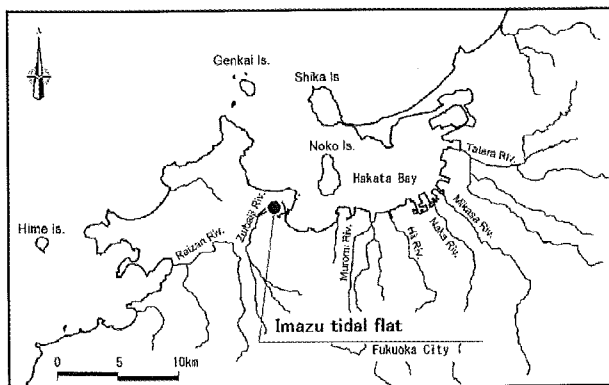


Fig. 1. Location of Imazu tidal flat.

搭載したカメラはCANNON EosD60 レンズ EF 135 mm F2.0 LUSM+プロテクトフィルターを使用した。撮影ファイルサイズは3,072×2,048 (約630万画素) である。

撮影手順の概要は次の通りである。

ラジコンヘリコプターの位置決めシステムはRTK-GPS (RealTime Kinematic Global Positioning System) を使用した。このシステムの測位原理は基準局、移動局 (ここではラジコンヘリコプター搭載) の2台の受信機を用いる方式で、基準局を位置が既知の地点に、また移動局を任意の場所設置し、2地点の搬送波の行路差の波数を基に高い精度で測位する手法である。

このシステムの経緯度の測定位置誤差は (±20 cm 以下) 高度位置誤差 (±30 cm 以下) の範囲である。

地図上に基準点を決定し、その基準点から100 m 間隔で撮影地点 (69 地点) を設定した。

画像処理と巣穴の計測

今津干潟での画像処理による巣穴の計測は、デジタルカメラの撮影画像を白と黒の二値化画像に変換し巣穴の面積を画素数として読み取り1 m²あたりに換算し集計した。撮影画像と二値化画像を Fig. 2 に示す。スケールの補正は、事前に同じ高度で撮影した1 m マーカの画像上のピクセル (画素) 数で補正した。ここでは1 m は606 pixel で、1 m²の画像は271 Kbytes である。この方法では面積に相当する画素のまとまりを穴として判定しており、穴の形状までは確認できない。

ヤマトオサガニと穴の関係の把握調査

2004年3月21日に、今津干潟の4地点それぞれでヤマトオサガニと干潟表面の穴を5カ所で調査した。ヤマトオサガニの採集は、地点毎に鉄板4枚を枠状 (50×

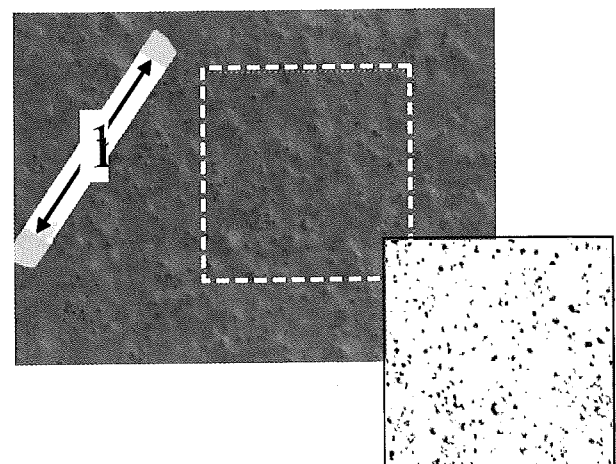


Fig. 2. Original photograph taken from radio controlled helicopter and its binary image.

50 cm, 深さ 30 cm) に差し込み, 穴数を把握するための写真撮影の後に枠に入った泥を深さ約 30 cm 掘削し, 4 mm 目の篩で選別する方法 (以下掘削コドラートと記す) で行った。

4 mm 目の篩で抜け落ちる小型の底生動物は, 25 cm 方形枠を用いて深さ 15 cm まで採掘して 1 mm 目の篩で選別し採集した。これは, ラジコンヘリコプターによる干潟表面の写真で直径 10 mm 未満の小さな穴が多数みられたため, その原因種を把握するためである。

調査結果

今津干潟における直径 20 mm 以上の穴数の分布を Fig. 3 に示す。河口域と北側流入部, 干潟中央部の滞筋沿いの穴の密度が高くなっている。

画像解析による直径別穴密度は直径 10 mm 未満が

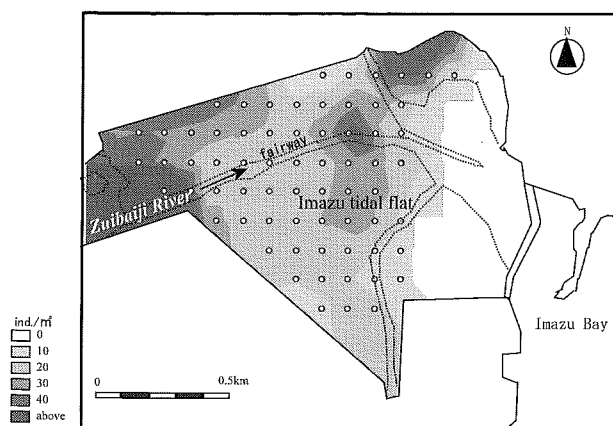


Fig. 3. Distribution of holes over 20 mm in diameter in Imazu tidal flat.

65.5%, 10- $<$ 20 mm が 28.7%, 20 mm 以上が 5.8% を占めていた。また, この画像処理ではカキ礁・干潟の凹凸などが巣穴として計測された。

ヤマトオサガニ

掘削コドラートで採取されたカニ類はヤマトオサガニが大部分であった。そのほかオサガニ (*Macrophthalmus abbreviatus*), コメツキガニ, ケフサイソガニ (*Hemigrapsus penicillatus*) もみられた (Table 1)。また, デジタル写真の解析で 20 mm 以上の穴が多いと推定された No 4 地点ではヤマトオサガニはみられず, 干潟の凹凸が穴として誤認されていた。

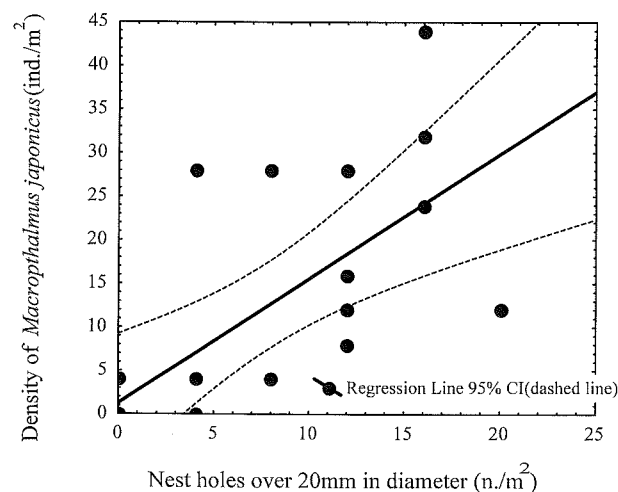


Fig. 4. Correlation the population density of *Macrophthalmus japonicus* with nest holes over 15 mm in diameter.

Table 1. Mean population density of benthic animals collected in Imazu tidal flat.

Using quadrat size	Animals (Japanese name)	Station			
		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4
50×50 cm	Crabs				
	<i>Macrophthalmus japonica</i> (Yamato-osagani)	8	26	15	0
	<i>Macrophthalmus abbreviatus</i> (Osagani)	0	0	0	2
	<i>Scopimera globosa</i> (Kometsukigani)	0	0	0	1
	<i>Hemigrapsus penicillatus</i> (Kefusa-isogani)	1	0	0	1
	Total	9	26	15	4
25×25 cm	Except crabs				
	Polychaeta (Tamou-rui)	384	922	1189	950
	Gastropoda (Fukusoku-rui)	80	5	53	48
	Bivalvia (Nimaigai-rui)	10	16	21	5
	Decapoda (Koukaku-rui)	335	80	112	336
	Total	809	1023	1375	1339

unit: ind./m²

25 cm 方形枠の底生動物調査結果によると、個体数では全地点でゴカイ類が優占している。このほか潜孔性のものとしては、テリザクラガイ (*Moerella iridescens*)、アサリ (*Ruditapes philippinarum*)、などの二枚貝類、ニホンスナモグリ (*Callianassa japonica*)、チゴガニ、ムツハアリアケガニ (*Camptandrium sexdentatum*) などのエビ・カニ類がみられたが、個体数はヤマトオサガニに比べると僅かであった。

ヤマトオサガニと巣穴数との関係

ヤマトオサガニと巣穴数との関係では、20 mm 以上 ($R^2 = 0.440, P < 0.05, n = 20, Y = 1.252 + 1.429X$) の巣穴数とヤマトオサガニの個体数に有意な相関がみられた (Fig. 4)。

曽根干潟での巣穴調査の有効性の検証

調査地域の概況

調査地域は北九州の曽根干潟である (Fig. 5)。
 曽根干潟は、北九州市の南東部に位置し、4本の河川が流入する517 haの前浜干潟である (Fig. 6)。流域人口は平成6年度で11.5万人である。淡水流入量は年間約7千万トン、そのうち曽根下水処理場の排水量が24.3%を占めている。河川からの土砂の供給量は、年間約3300トンと推計されている (北九州市 1999)。

干潟の水質は、CODが2.3~2.7 mg/L、T-Nが0.38~0.54 mg/L、T-Pが0.035~0.054 mg/L、底質は泥質から砂質で、年間を通じて155種の底生動物が確認されている。曽根干潟を利用する野鳥は、主に越冬のために飛来するガン・カモ類などの水鳥で、年間60種、最大約7000羽 (冬季) が確認されている。また、ズグロカモメ (*Larus saundersi*) が200羽以上飛来する全国でも有数の

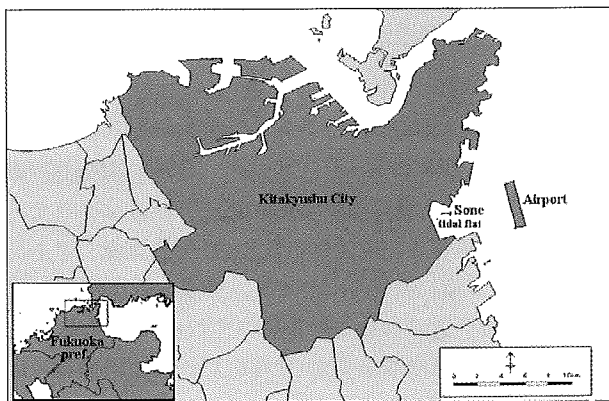


Fig. 5. Location of Sone tidal flat.

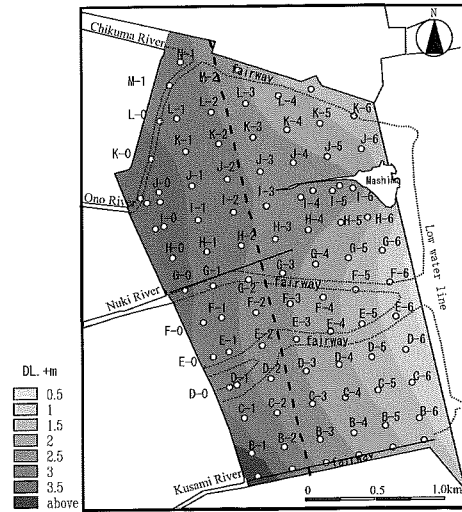


Fig. 6. Location of sampling stations and ground elevation in Sone tidal flat.

越冬地である (北九州市 1999)。

調査方法

底生動物

調査地点は、曽根干潟全域に250 m 間隔で格子状に設定し、B-1、C-6を除く72地点調査した (Fig. 6)。

調査方法は、調査地点毎に鉄板4枚を枠状(50×50 cm、深さ30 cm)に差し込み (以下掘削コドラートと記す)、カニ穴数を求めるための写真撮影の後に枠に入った泥を深さ約30 cm掘削し、4 mm 目の篩で選別し採集した。

調査範囲が広いため調査は Fig. 6 の点線より岸側と沖側の二つに区分し、2カ年にわたって実施した。岸側は地盤が高く、砂泥質から泥質でヤマトオサガニが多数生息する。沖側は地盤が低く細砂分が多い砂泥質で、有機物が少なくシオフキガイ (*Macra veneriformis*) 等の二枚貝が多い区域である (北九州市 1999)。

調査時期は岸側の泥質域が2000年9月26日、沖側の砂泥域が2001年9月29日である。

地盤高は北九州市未発表資料 (2000年10月調査) を用いた。

干潟表面の穴、底質

2000年の岸側調査で、掘削コドラート内のヤマトオサガニとオサガニの合計 (以下オサガニ類と記す) 個体数と写真による穴数の関係を調べた結果、次のことが判明していた。

オサガニ類の個体数と写真から読み取ったすべての穴数とは相関はなかったが、直径10 mm 以上の穴数とは良い相関が認められた

そこで、穴数から干潟全域のオサガニ類の個体数を推

定する方法として、大きさ別のみの穴調査を 2001 年に実施した。

調査時期は 2001 年 6 月 11 日および 9 月 29 日 (D-1, E-1, H-0, F-0 地点) である。調査地点は、底生動物調査点から D-6, B-6, K-6, M-2 を除き B-1 を加えた 69 地点である。

穴の調査は、50 cm の方形枠の横に直径 5 mm から 20 mm まで 5 mm 間隔の円を図示したプラスチックプレートをして枠内の干潟表面とともに写真撮影する方法で、各地点の周囲の 5 カ所で行った。穴の計数は、後日プリントした写真上で穴の直径を 4 区分して行った。

また、穴調査と同時に、粒度組成、強熱減量を調査した。

調査結果

底生動物・穴・底質

曾根干潟の全地点を通して出現した底生動物の種数は、69 種である。

また、これらを巣穴に着目して、環形動物 (Annelida)、腹足類 (Gastropoda)、二枚貝 (Bivalvia) については埋在性、表在性、寄生性に、エビ・カニ類は潜孔性、非潜孔性の生活型別に分類し、集計した。

72 地点の総個体数は 3225 個体であり、そのうち巣穴を形成する底生動物は、埋在性の環形動物が 165 個体で全体の 5%、二枚貝が 1167 個体で 36% であった。また潜孔性のエビ類が 51 個体、カニ類は 215 個体であり、潜孔性エビ・カニ類は全体の 8% であった。また、巣穴を形成する底生動物は約 1600 個体で、全体の約 50% を占めた (Table 2)。

潜孔性エビ・カニ類の個体数密度に比べて全穴数の密度の方が高いのは、環形動物や二枚貝類などの穴が含ま

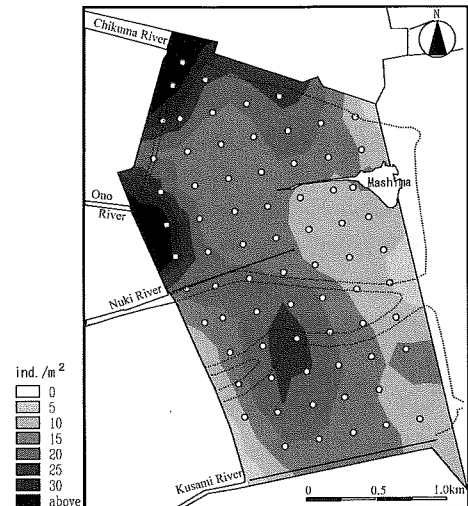


Fig. 7. Distribution of burrowing shrimps and crabs.



Fig. 8. Distribution of nest holes.

Table 2. Benthic animals by its life type collected in Sone tidal flat.

Group name	Life type	Numbers of species	Number of individuals	Biomass (g-wet wt)
Annelida	Infauna	15	165	12
Gastropoda	Epifauna	6	622	500
	Infauna	3	3	26
Bivalvia	Epifauna, Parasitic	3	783	354
	Infauna	11	1167	3672
Shrimp	Burrowing	7	51	34
	Non burrowing	6	21	5
Crab	Burrowing	4	215	339
	Non burrowing	4	40	20
Fish	—	4	20	5
Other	—	6	138	8
Total		69	3225	4975

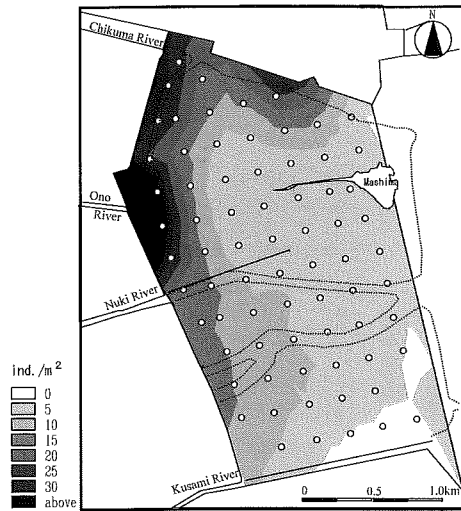


Fig. 9. Distribution of *Macrophthalmus japonicus*.

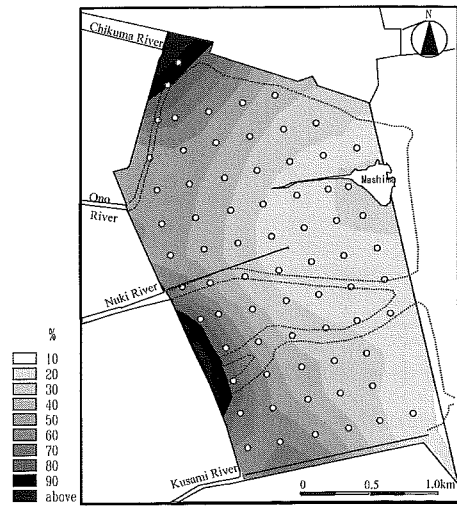


Fig. 11. Distribution of the silt and clay contents in the top 5 cm of the bottom sediment.



Fig. 10. Distribution of *Macrophthalmus dilatatus*.

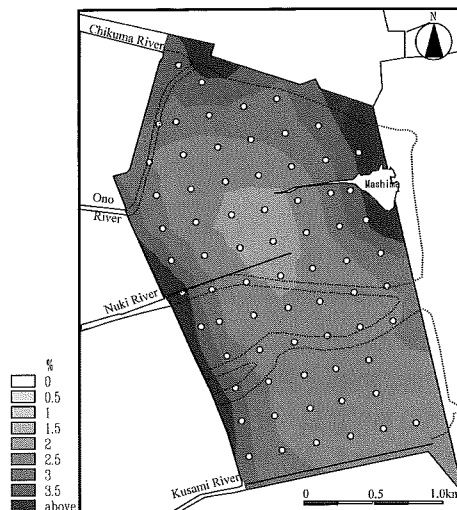


Fig. 12. Distribution of ignition loss in the top 5 cm of the bottom sediment.

れるためである (Figs. 7 and 8).

ヤマトオサガニは干潟の比較的陸域に近い滞筋に沿って多く分布している (Fig. 9). オサガニの分布域はヤマトオサガニより沖側で、ヤマトオサガニと棲み分けている (Fig. 10).

オサガニ類は、泥分率 (シルト+粘土の合計) が40%以上で、地盤高がDL 2.0 m より高く、強熱減量が2.0%以上の所に多く分布している (Figs. 6, 11 and 12).

泥分率が50%以上の泥質域における潜孔性エビ・カニ類の合計湿重量は119 gで、全底生動物の湿重量429 gの28%を占める。

直径別平均穴密度は、それぞれ5~10 mm が24.4 個/

m², 10~15 mm が10.8 個/m², 15~20 mm が6.8 個/m², 20 mm 以上が6.0 個/m²であった。

穴数・底質と底生動物の関係

底生動物の個体数密度が巣穴の密度や底質からどの程度説明できるか、個体数上位20種の底生動物について相関分析を行い検討した (Table 3).

その結果、穴の密度と有意な正の相関が得られ相関が高かった底生動物は、二枚貝のハナグモリガイ (*Glauconome chinensis*), 甲殻類のヤマトオサガニ, オサガニであった。

このうち、ヤマトオサガニは直径15 mm 以上及び直径

Table 3. Correlation coefficient of holes and benthic animals or bottom sediment quality.

Group	Species (Japanese name)	Whole num. of individ.	Hole diameter			
			ϕ 5-10 mm	ϕ 10-15 mm	ϕ 15-20 mm	Total
Bivalvia	<i>Musculus senhousia</i> (Hototogisu)	777				
Bivalvia	<i>Ruditapes philippinarum</i> (Asari)	675				
Gastropoda	<i>Cerithiopsis cingulata</i> (Henatari)	382				
Bivalvia	<i>Glaucome chinensis</i> (Hanagumori)	199				0.37
Gastropoda	<i>Retipecten festiva</i> (Aramusiro)	195				-0.27
Bivalvia	<i>Macra veneriformis</i> (Shiofuki)	135				
Decapoda	<i>Macrophthalmus japonicus</i> (Yamatoosagani)	126		0.38	0.48	0.52
Decapoda	<i>Macrophthalmus dilatatus</i> (Osagani)	84	0.41		-0.3	-0.3
Thecostraca	<i>Balanus reticulatus</i> (Sarasafujitsubo)	81				
Bivalvia	<i>Moerella rutila</i> (Yushiogai)	61				
Bivalvia	<i>Merisca capsoides</i> (Ichoshiratori)	40				
Bivalvia	<i>Cyclina sinensis</i> (Okishijimi)	35				
Thecostraca	<i>Balanus albicostatus</i> (Shirosufujitsubo)	35				-0.28
Polychaeta	<i>Glycera subaenea</i>	34				-0.35
Eunicida	<i>Lumbrineris</i> sp. (Giboshisome)	33	-0.25		-0.27	
Decapoda	<i>Upogebia major</i> (Anayako)	25			-0.25	
Gastropoda	<i>Baillaria cuningii</i> (Hosouminina)	24				
Polychaeta	<i>Heteromastus</i> sp. (Itogokai)	23				
Decapoda	<i>Philyra pisum</i> (Mamekobushigani)	20	-0.26			
Decapoda	<i>Hemigrapsus penicillatus</i> (Kefusaisogani)	16				
Sediments	Ignition loss		-0.33		0.33	0.27
	Silt and clay content		-0.29		0.62	0.47
Significant	Probability $P < 0.05$					

20 mm 以上の穴密度との間に相関があり、直径 15 mm 以上との相関係数及び回帰式は ($R^2=0.32$, $P<0.001$, $n=68$, $Y=0.68+0.35X$) であった。

ヤマトオサガニの相関が高いのは、ヤマトオサガニの甲幅 (mm) の平均値が 17.5 mm で正規分布を示していたことから、直径 15 mm 以上の大きな穴を主にヤマトオサガニが使用していたためと考えられる。

また 15 mm 未満で相関が良くないのは、ヤマトオサガニのほかにゴカイや貝類の穴が混在することが大きな要因である。

その他の相関を低くしている要因は、ヤマトオサガニの分布が滞筋に沿って偏在していること、放棄されたカニ穴の存在、他のカニ類の穴の混在などが考えられる。

巣穴とヤマトオサガニの調査が岸側で一年ずれているものの、ある程度の相関が認められるのは、生息基盤に変化が無く調査の季節もほぼ同時期であり、生息環境が比較的安定していたためと考えられる。

ヤマトオサガニの食物は砂泥中の有機物片であるが、強熱減量・塩分との単回帰による相関は認められなかった。

巣穴の大きさ別分布に着目した巣穴と底生動物の関係

面的に捉えた巣穴と底生動物の分布の単回帰による解析の相関が低い原因としては、①泥分率が適地であっても地盤高や塩分など他の環境要因が不適である場合や種の供給が元々少ない場合に個体数が少なくなること、②集中分布型の種では各地点の個体数のばらつきが大きく、採用したデータの精度が低いことが考えられる。

カニ類では、生活要求の近似している種が共存している場合や、比較的狭い面積内でも異質の底質が混合している地域では、いくつかの種が棲み分けて共存していることが指摘されている (Ono 1965)。

以上のことから、巣穴の大きさ別の出現頻度が類似する地点では、そこに生息する生物相が類似していると考えられる。すなわち、底質や地盤高などの環境が類似すると考えられる。従って、分布密度の粗密によるばらつきによる誤差を小さくし相関の精度を高めるため、巣穴のサイズ別個数に着目しクラスター解析を行った。調査地点毎の巣穴の大きさ別個数に着目し調査地点のクラスター解析し、類似性がみられる 10 グループに地点を分け、その平均値を基にヤマトオサガニと巣穴、底質との相関をとった。

その結果、ヤマトオサガニと直径 15 mm 以上の穴数の相関は、 $R^2=0.79$ ($P<0.001$, $n=10$, $Y=4.663+0.437X$) と高い相関が得られた (Fig. 13)。また、ヤマトオサガニ

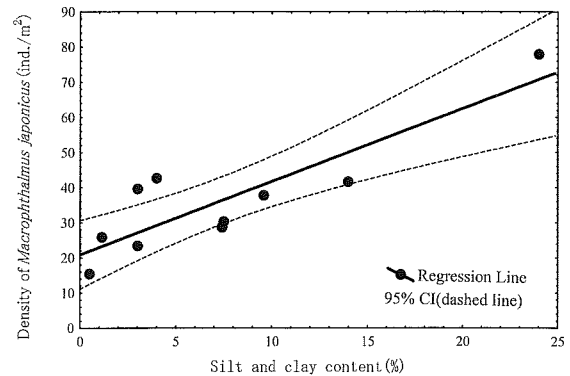


Fig. 13. Correlation of the density of *Macrophthalmus japonicus* with Nest holes over 15 mm in diameter.

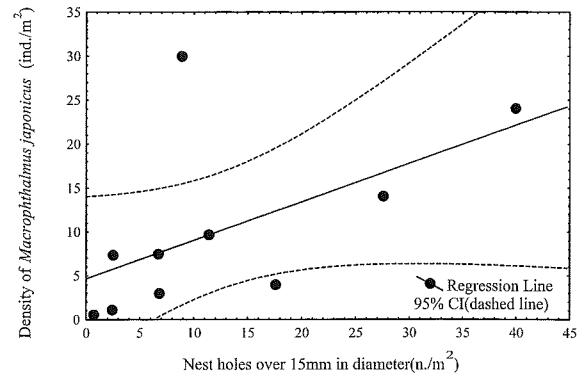


Fig. 14. Correlation of the density of *Macrophthalmus japonicus* with Silt and Clay contents.

と直径 20 mm 以上の穴数の相関も ($R^2=0.78$, $P<0.01$, $n=10$, $Y=0.41+0.92X$) と高い相関が得られ、この手法ではヤマトオサガニは、直径 15 mm 以上と直径 20 mm 以上とはほとんど変わらない相関となっている。

ヤマトオサガニと泥分率との相関は、 $R^2=0.76$ ($P<0.002$, $n=10$, $Y=20.91+2.077X$) と高い相関が得られた (Fig. 14)。これは、ヤマトオサガニの好む底質は粘土質であり (Ono 1965)、干潟の中下部にあって水はけが悪く泥質のところが多いとされる (和田 2000)、これまでの報告と一致する。

以上のことから、巣穴数、底質からヤマトオサガニの分布の推定が可能なが明らかである。

考 察

今津・曾根干潟における、写真利用による巣穴調査および底生動物調査から、次のことが判明した。

①写真による巣穴からの底生動物定量化は、簡易に潜

孔性底生動物の総個体数の分布を推定することができる。

②曾根干潟では、4 mm 目の篩上に残る大型の底生動物のうち、干潟表面に穴の痕跡を残す種類の個体数は全体の約 50% で、そのうち潜孔性エビ・カニ類は全体の約 8% であった。これを有機物量/湿重量比 (玉井 1989) の多毛類 0.147, 甲殻類 0.142, 軟体類 0.06 から有機物量に換算すると、潜孔性エビ・カニ類は魚類・その他を除く底生動物全体の 16% を占め、さらにこれを泥分率が 50% 以上の泥質干潟の調査地点に限ると約 48% となる。

③直径 15 mm または 20 mm 以上の穴数からヤマトオサガニの生息数および分布域が推定できる。④穴の大きさの混在特性は底生動物の混在特性を表しているとして推定される。⑤ヤマトオサガニは泥分率との相関も認められ、底質からのヤマトオサガニ数の推計も可能である。

福岡市 (1997b) の今津干潟のズグロカモメの採餌調査では、秋季はカニ類 100%, 冬季はカニ類 62.8%, ゴカイ類 17.5% と泥質干潟の底生動物を積極的に採餌している。

また、シギ・チドリなどの渡り鳥は視覚情報によって餌を採っており、巣穴を形成する底生動物は鳥類にとって重要な餌と考えられ、鳥類の生息環境の保全上からも巣穴調査は有効な方法といえる。

また、今回の曾根干潟底生動物調査では、現場での調査に 6 人×4 班編成で約 4 時間の調査を 2 回実施しており泥質干潟調査 68 地点の労力としては延べ 6 (人)×4 (班)×4 (時間)×2 (回)=192 (人・時間) と多大なものであった。それに比べ今津干潟のラジコンヘリコプター・デジタル写真による 69 地点の写真の取得の労力としては延べ 3 (人)×2 (時間)×1 (回)=6 (人・時間) と大幅に労力を縮減できる。

ただし、干潟表面に痕跡を残す生物のみを対象とすること、巣穴は多くの多毛類やカニ類が混在しており、必ずしも生物種を正確には捉えられないため、巣穴と底生動物の関係を現地で調べておく必要がある。

摘 要

写真利用による巣穴調査および底生動物調査から、次のことが判明した。

写真による巣穴から潜孔性の底生動物定量化は、簡易に総個体数の分布が推定できる有効な方法である。

曾根干潟では写真利用による巣穴を形成する底生動物は、個体数で約 50% 程度が把握でき、そのうち潜孔性エビ・カニ類は全体の約 8% であったが有機物量に換算す

ると 16% を占める。これを粘土・シルト含有量が 50% 以上の泥質干潟に限ると潜孔性エビ・カニ類は有機物量で約 48% となり、泥質干潟の底生生物量を把握する上で有効な方法であることが分かった。直径 15 mm 以上または 20 mm 以上の穴数からヤマトオサガニの生息数および分布域が推定できる。

謝 辞

本研究は (財) 河川環境管理財団の助成を受け、「自然環境定量評価研究会」(会長小野勇一) で、岡本久人氏、岩本浩氏、山内鋭司氏を初め多くの会員で調査した内容をまとめたものである。ラジコンヘリコプターによる解析は日立製作所の町田実氏、(有) オクト環境の奥田哲也氏に協力いただいた。

引用文献

- 大都市統計協会 (2003) 大都市比較統計年表平成 13 年。大都市統計協会: 18.
- 福岡県 (2008) 平成 7 年福岡県土地利用基本計画図。福岡県。
- 福岡市 (1997a) 平成 8 年度現況水質負荷量算定報告書。福岡市港湾局。
- 福岡市 (1997b) 今津干潟における貴重鳥類調査報告書。福岡市環境局: 37.
- 福岡市 (2004) 平成 15 年度今津干潟保全対策調査報告書。福岡市環境局: 1-23.
- 長谷川均 (2001) リモートセンシングデータ解析の基礎。古今書院: 126-129.
- 環境省 (2002) 新生物多様性国家戦略 自然の保全と再生のための基本計画。(株)ぎょうせい: 1, 274, 東京。
- 釜田美保・金井裕・植田睦之・成末雅恵他 (1996) 干潟面の穴の数による底生生物の生息量の評価。STRIX vol. 14: 201-203.
- 建設省河川局 (1998) 海岸域生物環境調査マニュアル。(財)リバーフロント整備センター: 44.
- 北九州市 (1999) 曾根干潟の生き物 曾根干潟環境調査結果。北九州市企画局: 1-4.
- 菊池泰二 (1998) 干潟の生態学と環境調査。News Letter No 3, 生態系工学研究会。
- Ono Y. (1965) On the ecological distribution of ocyroid crabs in the estuary. *Memoirs of the Faculty of Science, Kyushu University, Series E (Biology)* 4(1): 1-60.
- 大林成行・小島尚人 (2002) 最新実務者のためのリモートセンシング。(株)フジ・テクノシステム: 867-874.
- Sakai T. (1976) *Crabs of Japan and the adjacent seas*. Kodansha, Tokyo, vol. 3: 461.
- 玉井恭一 (1989) ベントスの生産量とその推定法, ③生産量推定にかかわる諸項目。海洋と生物 60: 49-53.
- 運輸省港湾局 (1999) 沿岸域環境の保全・創造に向けて一、干潟・藻場の保全・創造事業への取り組み一: 11-9.
- 和田恵次 (1978) 和歌山県スナガニ類とその分布について。The Nanki Biological Society 20(1): 20-21.

和田恵次 (2000) 干潟の自然史. 生態系ライブラリー 11 :
京都大学出版会 : 16-21, 京都.

山口隆男 (1970) ハクセンシオマネキの生態 (I), CALANUS,
No 2: 5-30.