

6. 干潟生態系とその機能

6.1 底生生物の生息環境とその変化要因

砂泥地の潮間帯生物、いわゆる干潟生物にも岩礁地と同様に帯状の鉛直分布がみられる。また、生物はその場所の潮位ばかりでなく、底質粒度にも大きく影響される¹⁾。

定量研では2007年度に曽根干潟で底生生物、底質および地盤高の調査を実施するとともに²⁾、1995年度に北九州市が実施した同様の調査結果³⁾をもとに、地盤高・底質と底生生物との関係を解析した²⁾。ここでは、その解析結果に新たな知見や図表を加えて紹介する。

なお、各調査方法については、第5章2節1項の「底生生物」に記載のとおりである。

6.1.1 地盤高・底質と底生生物の分布との関係

1995年度10月および2007年度10、11月の底生生物調査で出現した主な底生生物25種の分布と地盤高、含泥率(粘土+シルト)、底質のCOD_{sed}との関係を図6.1.1に示す。図の見方を含泥率のハクセンシオマネキ(下から4段目)の個体数と含泥率との関係を例に示す。横軸の含泥率0%と25%の中央の縦軸の頂点の値は含泥率0%(以上)~25%(未満)の地点でハクセンシオマネキが出現した地点のみの個体数の平均値16個体/m²である。ハクセンシオマネキは含泥率25%(以上)~50%(未満)の地点で出現していないため、その区間の値を0とした。同様に含泥率50%(以上)~75%(未満)、75%(以上)~100%(未満)の地点ともにハクセンシオマ

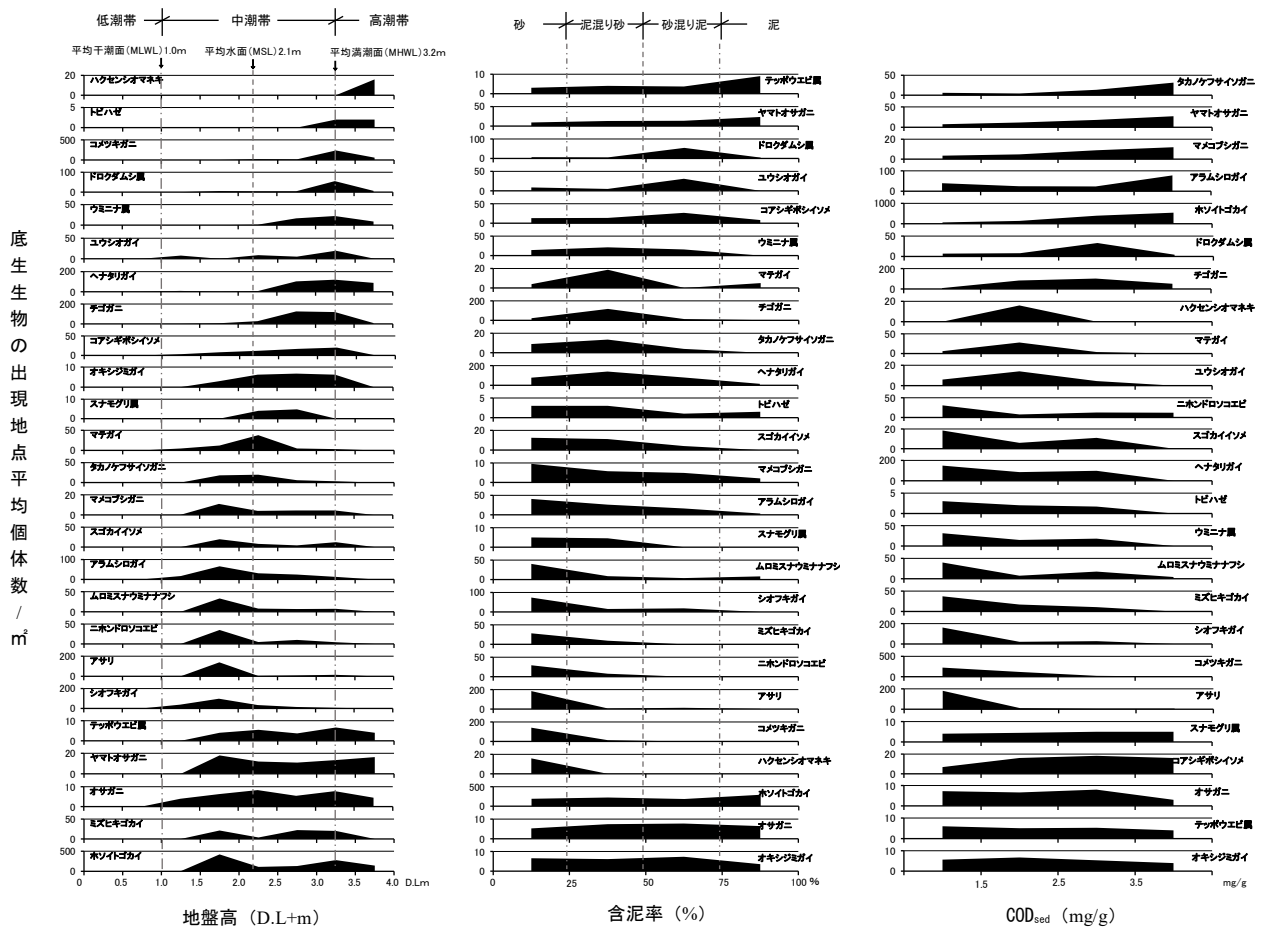


図 6.1.1 地盤高、底質の含泥率、COD_{sed}と底生生物の分布との関係

ネキは出現していないため、各区間の中央の値を0とし、これらの値を結んで面グラフとした。図中の砂から泥の間の粒度区分は、図 6.1.2 に示す砂-シルト-粘土の3成分比⁴⁾を基に、曾根干潟の粘土成分が25%以下であることを踏まえ、含泥率(粘土+シルト)25%未満を砂(sand)、25%以上50%未満を泥混じり砂(silty sand)、50%以上75%未満を砂混り泥(sandy silt)、75%以上を泥(silt)として表した。

地盤高と底生生物の分布との関係(図 6.1.1 左図)をみると、カニ類のハクセンシオマネキが調査地点内では最も高い地点のみで出現した。ここは大野川河口沖の砂州であり、高潮帯に属する。そのほか、曾根干潟では比較的高い地盤高3m以上の地点では魚類のトビハゼ、カニ類のコメツキガニ、小型甲殻類のドロクダムシ属などが多く出現した。

平均水面(地盤高約2m)より高い中潮帯上部から高潮帯にかけては巻貝類のウミニナ属やヘナタリガイ、二枚貝類のユウシオガイ、オキシジミガイ、マテガイ、カニ類のチゴガニ、多毛類のコアシギボシイソメが多く出現した。

一方、平均水面より低い中潮帯下部では、カニ類のタカノケフサイソガニ、マメコブシガニ、多毛類のスゴカイイソメ、小型甲殻類のニホンドロソコエビやムロミスナウミナナフシ、二枚貝類のアサリやシオフキガイ、巻貝類のアラムシロガイなどが多く出現した。

テッポウエビ属、ヤマトオサガニ、オサガニ、多毛類のホソイトゴカイ、ミズヒキゴカイは中潮帯から高潮帯までの広い範囲に出現した。

含泥率(図 6.1.1 中央図)や COD_{sed} (図 6.1.1 右図)と底生生物の分布との関係を見ると、テッポウエビ、ホソイトゴカイ、ヤマトオサガニは含泥率または COD_{sed} が高い地点ほど多い傾向にあり、スゴカイイソメは含泥率が低い地点ほど多い傾向にある。したがって、これらの分布は地盤高よりも底質により依存していると考えられる。ヤマトオサガニについては、1995年当時から干潮線に近く地盤高が曾根干潟の中では低いP17とP23地点のシルトがたまった箇所を確認されていたこと³⁾、貫川河口の海床路先端付近に曾根漁港につながる橋の桁が造られたころから、桁周辺に泥がたまり、そこでそれまで見

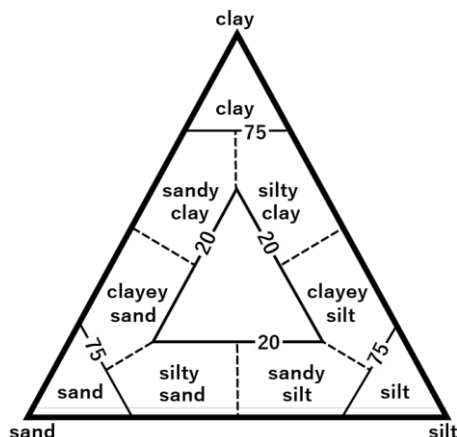


図 6.1.2 砂-シルト-粘土の3成分比による堆積物の命名 (Shepard, 1954)⁴⁾



写真 6.1.1 曾根干潟の干潮線付近にたまった泥質に分布するヤマトオサガニ個体群

られなかったヤマトオサガニが増えた筆者の観察記録から、ヤマトオサガニの分布は地盤高よりも底質に影響されるものと考えている(写真 6.1.1)。さらにつけ加えると、小野⁵⁾による河川干潮域での研究では、ヤマトオサガニは潮間帯下部に、チゴガニ、コメツキガニは上部に分布し、ヤマトオサガニが潮間帯上部に主に分布する曾根干潟とは異なる結果を得ていた。これは、ヤマトオサガニが浅い水中および汀線通過時に摂食し、チゴガニ、コメツキガニが干出中にだけ摂食するといった時間、場所に関する摂食習性や乾燥抵抗性と垂直分布が結びついているため⁶⁾と考えられている。

曾根干潟における底生生物の鉛直分布は、ヤマトオサガニが底質により依存して潮間帯中部付近まで分布していることを除くと、一般的な潮位・底質(泥・砂底)と干潟生物の分布(表 6.1.1⁷⁾)と概ね一致している。

表 6.1.1 潮位と干潟生物の分布

生息帯		種類
潮上帯		アカテガニ, ベンケイガニ, フタバカクガニ, スナガニ, ハマトビムシ
潮間帯	ヨシ原	フトヘナタリ, カワザンショウガイ, アシハラガニ
上部	泥底	ヘナタリガイ, カワアイガイ, イボウミナ, ホトギスガイ, チゴガニ, ヤマトオサガニ, シオマネキ
	砂底	ウミナ, アラムシロガイ, ホソウミナ, ウネナシトマヤガイ, オサガニ, コメツキガニ, ケフサイソガニ
中部	泥底	オキシジミガイ, ゴカイ
	砂底	アサリ, シオフキガイ, マテガイ, ヒメシラトリガイ, ユウシオガイ, キサゴ, スゴカイ, ウミイサゴムシ, ミズヒキゴガイ
下部	砂底	キセウタガイ, ツメタガイ, ツバサゴカイ

(出典:秋山, 松田⁷⁾, 曽根干潟出現種のみ抽出し一部改変)



写真 6.1.2 アナジャコの死骸に群がるアラムシロガイとヤマトオサガニ(2022年9月25日)

このほか、マメコブシが砂質で COD_{sed} の高いところに多い傾向がみられたことは特筆すべき点である。一般に砂質は泥質に比べて COD_{sed} は低いため、砂質で COD_{sed} が高いところは干潟でも特異な場所といえる。マメコブシと同様に砂質の COD_{sed} の高いところで多いのがタカノケフサイソガニ、アラムシロガイである。これらは干潟の掃除屋と呼ばれ、小動物の死体に集まる特徴をもつ⁸⁾。マメコブシガニは、弱って半開きになった二枚貝類の殻をこじあけて肉をとり出して食べる⁹⁾。アラムシロガイは、その死肉の匂いを感じて集まり横取りすることがある⁸⁾。したがって、これらの種は基本的には COD_{sed} の低い砂地に生息しているものの、死肉によって一時的に COD_{sed} が高くなった場所に集まった結果、 COD_{sed} の高い場所に多い傾向がみられたものと考えられる。

砂質で COD_{sed} の低いところでは、アサリ、シオフキガイ、コメツキガニ、ムロミスノウミナナフシなどが多くみられている。

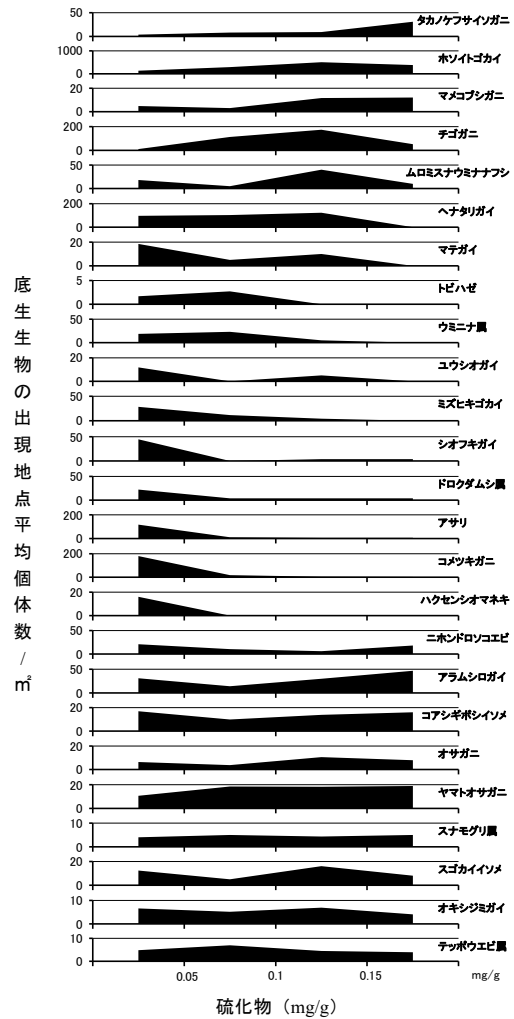


図 6.1.3 底質の硫化物と底生生物の分布との関係

COD_{sed} と硫化物の濃度には後述のように相関があるため(図 6.1.5), 底生生物と COD_{sed} との関係(図 6.1.1 右図)と底生生物と硫化物との関係(図 6.1.3)は類似している。ただし、ドロクダムシ属については COD_{sed} が比較的高く、硫化物の低いところで多くみられており、本種の生態的特徴とも考えられるが、これは1地点のデータによるものであり、今後、精査が必要である。

図 6.1.4 は、底生生物と地盤高および底質との関係を、各底生生物が出現した地点の地盤高および底質の値の範囲(細棒線)、各底生生物が出現した地点の平均個体数より大きい地点の底質の範囲(太棒線)で再整理したものである。ハクセンシオマネキ、ドロクダムシ属、アサリについては出現地点のデータが少なく明瞭ではないものの、曽根干潟の底生生物の多くが地盤高、含泥率、 COD_{sed} 、硫化物など複数の環境要因に対して生息適域が存在し、帯状に分布していることが分かる。

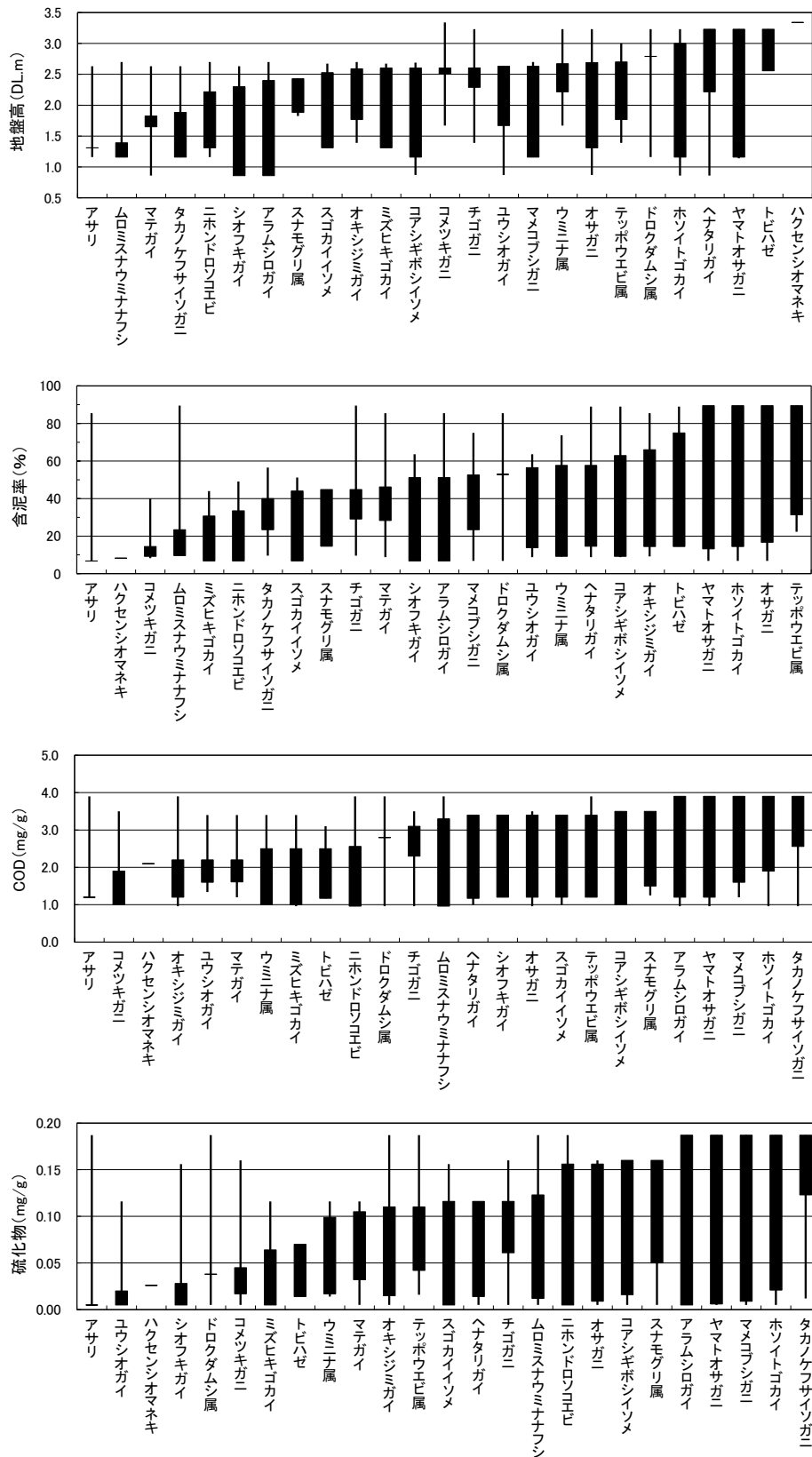


図 6.1.4 地盤高および底質の底生生物の分布との関係

細棒線:各底生生物が出現した地点の地盤高および底質の値の範囲

太棒線:各底生生物が出現した地点の平均個体数より大きい地点の底質の値の範囲

6.1.2 底質変化と底生生物との関係

曾根干潟における底質の経年調査結果(第4章4項の「底質」)の解析から、北干潟の岸側では硫化物の増加と ORP (酸化還元電位) の低下が、南干潟の沖側では地盤高と ORP の低下が明らかとなった。

底生生物では、間島北側でアサリ、シオフキガイの減少、それに替わる有機汚濁種のホトギスガイの増加が確認された。また、干潟南側ではシオフキガイをはじめとする二枚貝類の減少が明らかとなった。

ここでは、底質の粒度(含泥率)、COD_{sed}、硫化物、ORP、T-N、T-P 相互間の関係を既存資料で整理し、これら底生生物の変化要因について考察する。

(1) 底質の分析項目相互間の関係

1995 年度に調査された底質の分析項目間の相関関係をみると、含泥率(シルト+粘土)が 90%以上となる海域では底質の COD_{sed} は高いが、干潟域では含泥率が低くても COD_{sed} が高くなる地点がいくつかみられる(図 6.1.5)。

干潟域と海域の両データでは COD_{sed} と Ig-Loss、硫化物、T-N に高い相関がみられるが、干潟域のみでは各底質の値の変動範囲が狭く、相関は低くなっている。

ORP は底質の酸化・還元状態を示す指標であり、干潮時に空気と接触する干潟域で高く、海域では-100mV を下回る還元状態の地点が多い。一般に、干潟域でも有機物濃度が高く微生物による分解が盛んな場所では還元状態となり、嫌気性イオウ細菌が増殖して硫化物の生成が多くなる。そのため、ORP は硫化物と負の相関が高くなっているものと考えられる。

2007 年度の干潟域の COD_{sed} と硫化物の関係をみると(図 6.1.6)、間島北側の P9 地点は COD_{sed} に対して硫化物が異常に高い。この P9 地点を除くと COD_{sed} と硫化物の相関は高く、硫化物/COD_{sed} 比がある一定の傾向から外れた特異な場所(以下、「特異点」という)の検出に有効な指標になると考えられる。

そこで、貫川河口の海床路に対して垂直に設定した 3 測線 16 地点における COD_{sed} と硫化物との関係をみると(図 6.1.7)、干潟に広く設定した P 地点に比べると

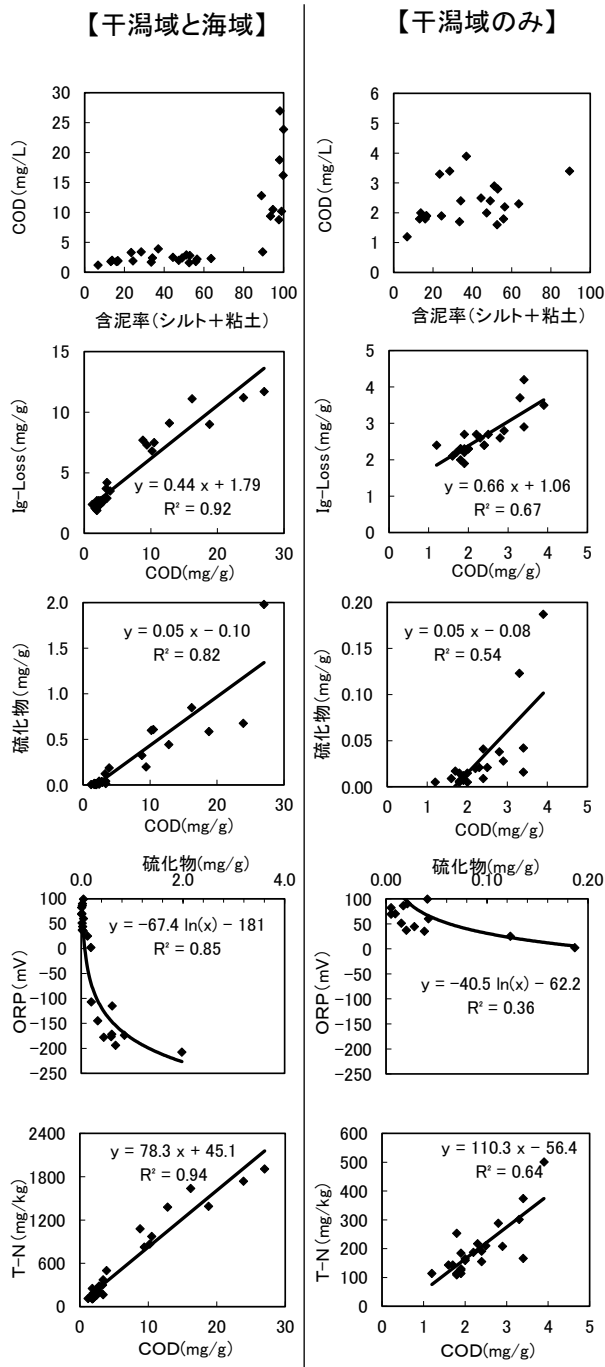


図 6.1.5 底質項目間の関係(1995 年度調査による)

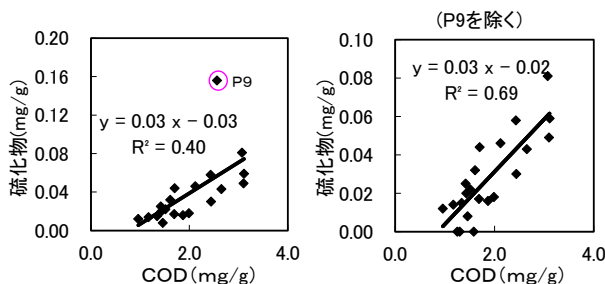


図 6.1.6 底質の COD と硫化物との関係 (2007 年度調査による)

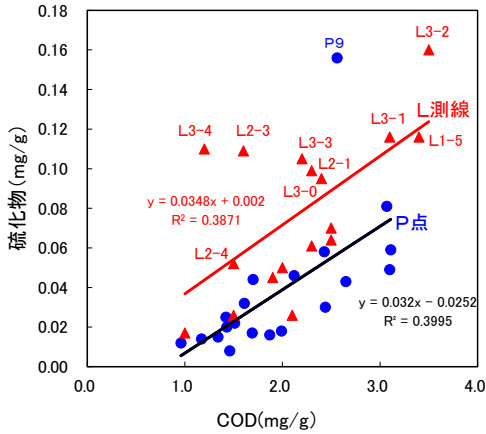
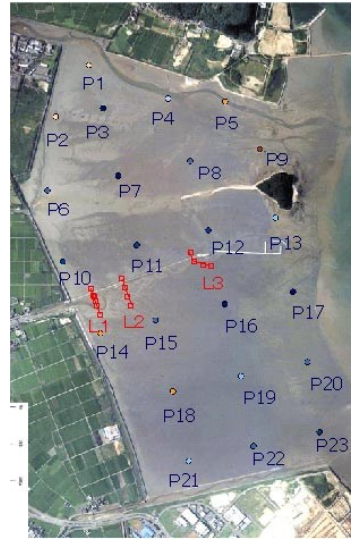


図 6.1.7 底質の COD と硫化物との関係
(図 6.1.6 に 2007 年度に実施した右図の滞筋の L 測線調査結果を加えた図)



COD_{sed} に対する硫化物濃度は高い。これは、滞筋の特徴かもしれないが、今のところその要因は不明である。しかしながら、P 地点と L 測線の近似直線の傾きは概ね一致しており、この直線から離れる L3-2~L3-4, L2-3 を特異点として検出できる。硫化物/COD_{sed} 比が特異点の指標となる理由としては、有機汚濁がある程度進むと、その分解に使用される酸素の供給が追いつかず底質が還元状態となり、硫化物の生成量が多くなるためと考えられる。すなわち、この特異点は底生生物のうち酸化的環境を好む種にとっては生息が困難な地点と言える。

なお、干潟域の COD_{sed}、硫化物の濃度は海域の 10 分の 1 程度と低いことを認識しておく必要がある(図 6.1.5)。

(2) 底生生物と底質との関係

水塊の成層化などで底層への酸素の供給が少なくなり、底質中の有機物の分解で消費される酸素の量が供給量を上回ると、底層は還元状態となり、硫化物濃度が高くなる。底泥表面や泥中では酸素不足または硫化水素の毒性による底生生物の死亡・減少が生じる。

そこで、硫化物濃度と底生生物の個体数、湿重量、1 個体の大きさの指標となる湿重量/個体数比との関係(図 6.1.8)をみると、海域までのデータを含めると、硫化物の増加に伴い、底生生物の個体数や湿重量が減少することが分かる。一方、干潟域では干潮時に酸素が供給されるため硫化物濃度が 0.2mg/g 以下と低く、硫化

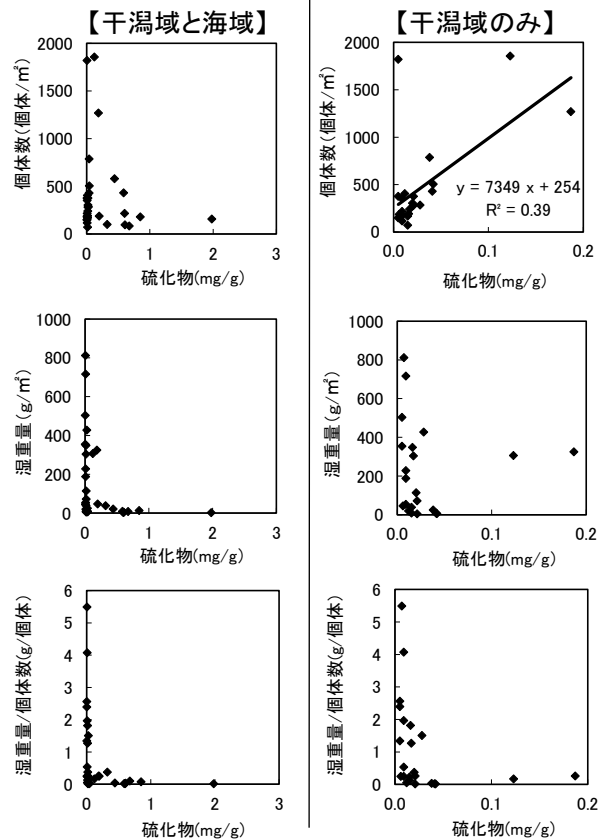


図 6.1.8 底質の硫化物と底生生物との関係
(1995 年度調査による)

物の増加にともない底生生物の個体数も増加する傾向にある。しかし、湿重量は硫化物が高いと小さくなる。これは硫化物濃度が高くなると、1 個体の重量の大きい二枚貝類が減少し、出現する底生生物の種類がイトゴカイやドロクダムシ類などの小型のものに変化するためと考えられる。

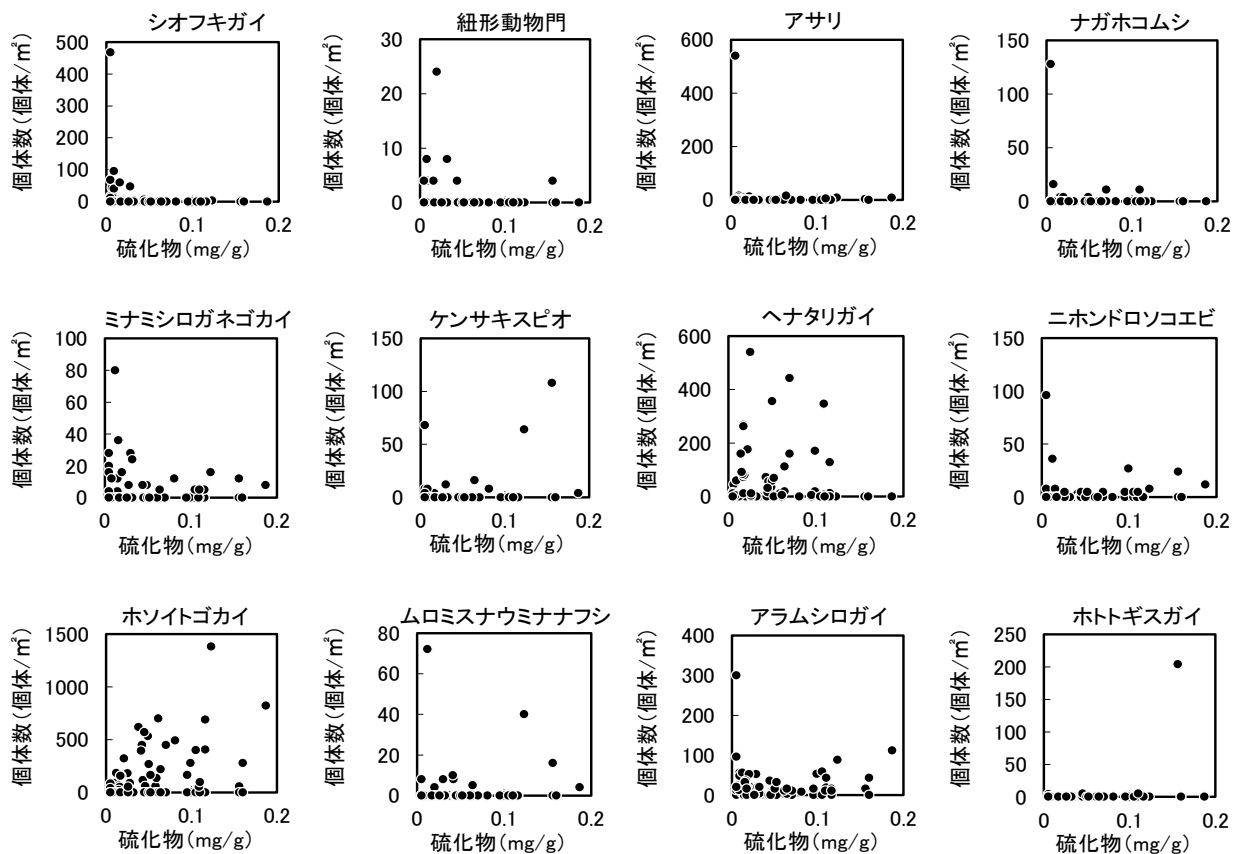


図 6.1.9 底質の硫化物と主な底生生物との関係(2007 年度調査による)

主な出現種と硫化物との関係(図 6.1.9)をみると、間島北側の P-9 で 1995 年度に多くみられたアサリ、シオフキガイは硫化物 0.03mg/g 以下の低いところでしか出現していない種類であり、それに替わって出現したホトギスガイは硫化物濃度の高いところで生息可能な種類であることが分かる。ただし、それぞれ 1 点のみのデータであるため、今後さらなる情報収集により精査する必要がある。そのほか、二枚貝類に比べると 1 個体の重量が軽いゴカイの仲間のホソイトゴカイやケンサキスピオは曾根干潟の中では比較的高い硫化物濃度でも生息可能であることが分かる。また、巻貝類のヘナタリガイは硫化物が 0.1mg/g 以上になる地点では出現していないのが特徴である。

東京都内湾では硫化物 0.2~0.3mg/g¹⁰⁾、強熱減量 5~6%¹¹⁾、大阪湾では硫化物 0.1~0.2mg/g 前後に種数のピークがみられ¹²⁾、木村らはこの付近の値が多様な生物が共存できる環境条件と考えた¹⁰⁾。また、硫化物が 0.2~0.3mg/g を超えると種数や個体数は急激に減少し、2mg/g を超えると種数は 10 種以下に、個体数や湿重量

はほとんど確認できない状況になるとされている¹⁰⁾。曾根干潟の硫化物濃度は、0.2mg/g 未満であり、前述のとおり個別の種の分布には影響していると考えられるものの、東京湾および大阪湾の事例からすると、底生生物の種類数や個体数全体を大きく押し下げるほどの濃度ではないようである。

(3) 底生生物の変化とその要因

1995 年度と 2007 年度の底生生物調査結果を比較して確認された底生生物の大きな変化の一つは、前述のとおり南干潟における軟体動物門(特に二枚貝類のシオフキガイ)の減少である。それ以外にも、南干潟では節足動物の湿重量の減少、環形動物の湿重量の増加なども起こっている(図 6.1.10)。この要因の一つとして、底質の含泥率の増加や還元化が考えられる。

そこで、底生生物の門別個体数や湿重量と含泥率、還元化の指標として硫化物との関係、軟体動物門の中でも巻貝類と二枚貝類と底質との関係性の違い、その要因等について以下に検討する。

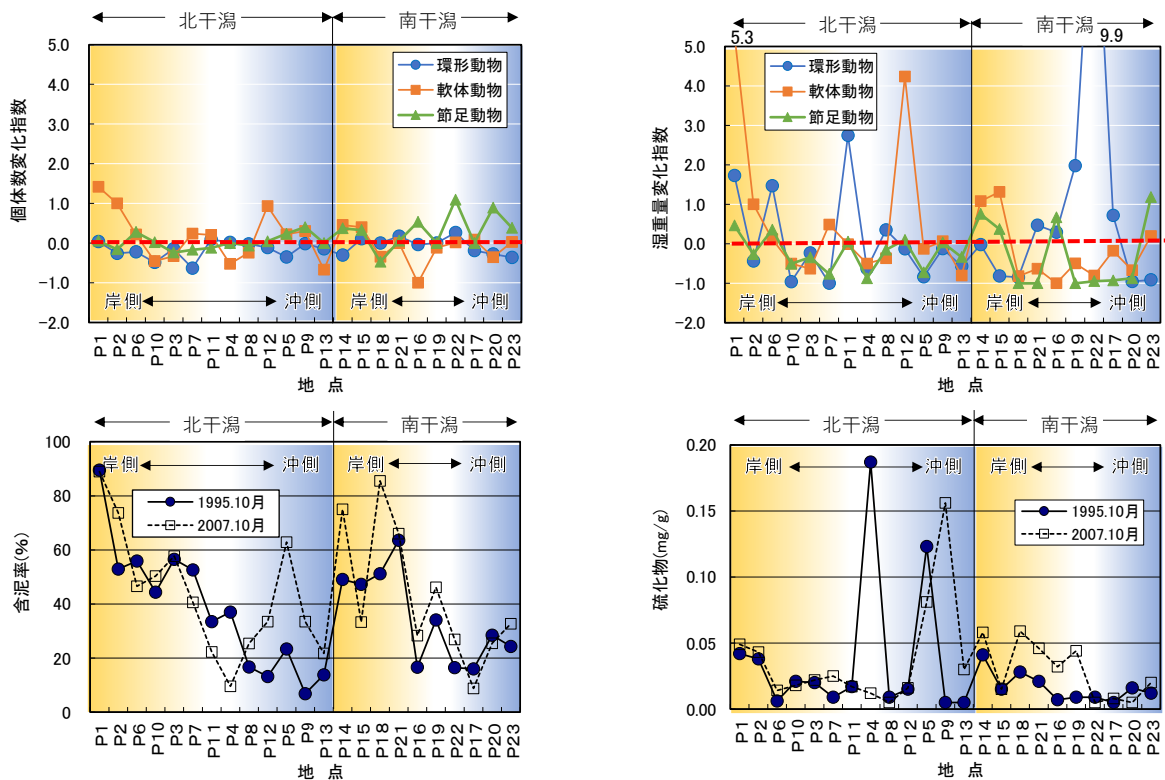


図 6.1.10 底生生物の門別個体数および湿重量の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化指数(上段)と各年度の底質(含泥率,硫化物)(下段)

軟体動物門、特に巻貝類の個体数変化指数(第 5 章 2 節 1 項「底生生物」参照)は、2007 年度の含泥率が約 50%より低い場合に小さい傾向にあり(図 6.1.11 上図)、含泥率が低いと個体数の増加が抑えられている可能性がある。この理由として、含泥率が低いところは潮流が速いまたは波浪が大きく干潟上に巻貝類が定住しにくいこと、餌とする底泥上の有機物が少ないこと(図 6.1.5 最上段図)が考えられる。

環形・軟体・節足動物門ともに、2007 年度の硫化物が 0.06mg/g を超えた地点では、個体数変化指数が負の値をとり、個体数が減少している(図 6.1.11 下図)。また、同時に個体数変化指数の変動幅も小さくなり、硫化物 0.06mg/g 以下では硫化物以外の要因が個体数の増減に大きく関わっている可能性が考えられる。

湿重量変化指数についても、硫化物 0.06mg/g を境として、それを超えると変動幅が小さくなり、各動物門ともに変化指数がほぼ 0 で、湿重量の増加がみられなくなっている(図 6.1.12 下図)。そのうち、巻貝および二枚貝類については、硫化物 0.06mg/g 以上は湿重量変化指

数が負の値で、2007 年度の硫化物の増加が二枚貝類や巻貝類の減少要因となった可能性がある。このほか、巻貝類の湿重量変化指数の包絡線(図 6.1.12 の赤破線)は含泥率 50%付近までは含泥率の増加とともに増加し、含泥率 50%を超えると減少しており、巻貝類の湿重量増加の適域が含泥率 40~60%のように窺える。

底質の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化を底生生物と同様に底質の変化指数として次式で表し、底生生物との関係を見ると(図 6.1.13, 表 6.1.2), 節足動物門、二枚貝類、巻貝類では、個体数変化指数と底質変化指数がともに負となった一部の地点を除くと、個体数変化指数と底質変化指数には負の相関がみられ、硫化物の増加が個体数の減少に影響していることが示唆される。

底質変化指数

= (2007年度の数値-1995年度の数値)/1995 年度の数値

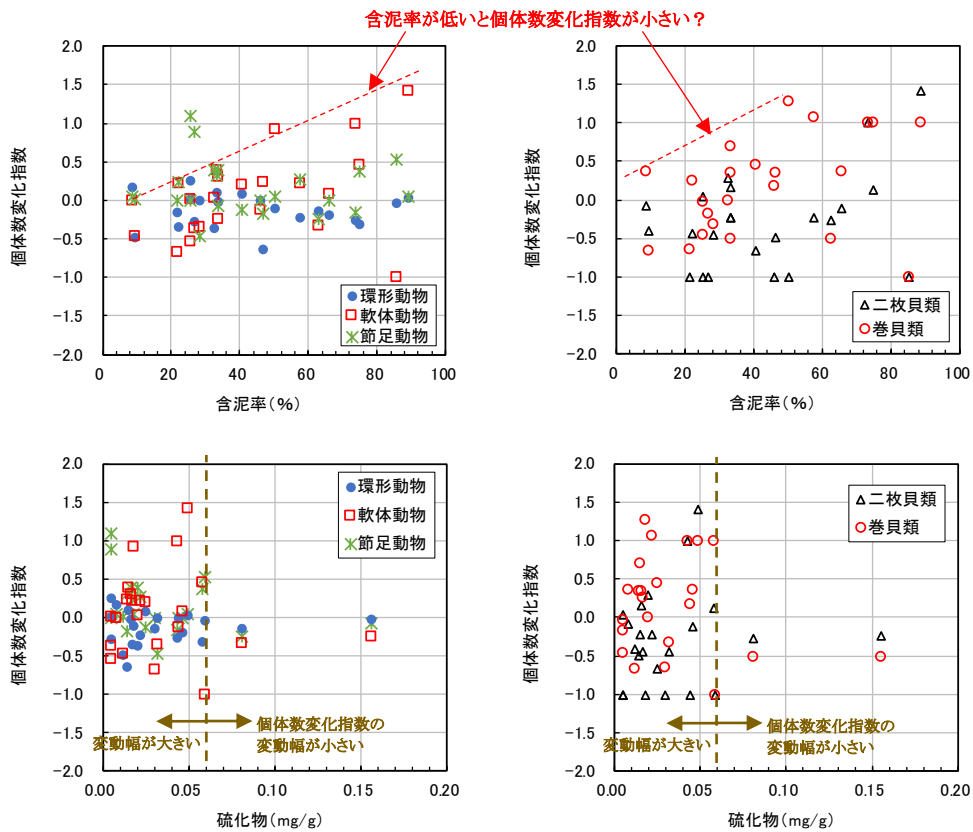


図 6.1.11 底生生物の門別および二枚貝類・巻貝類別個体数の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化指数と 2007 年度の底質(含泥率, 硫化物)との関係

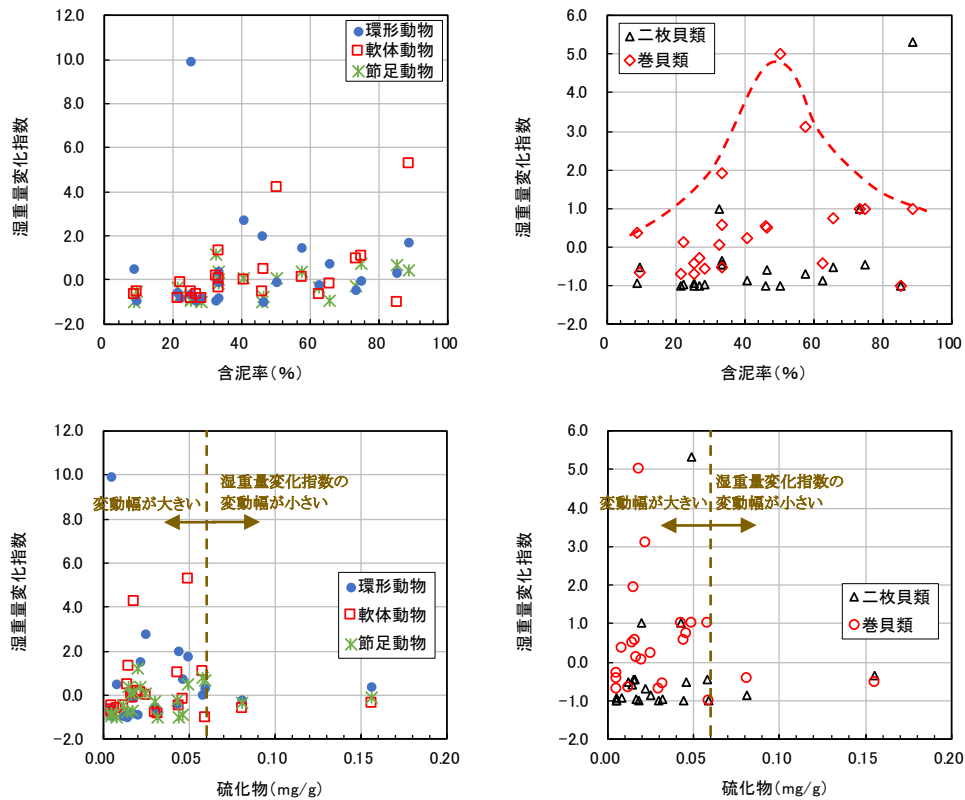


図 6.1.12 底生生物の門別および二枚貝類・巻貝類別湿重量の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化指数と 2007 年度の底質(含泥率, 硫化物)との関係

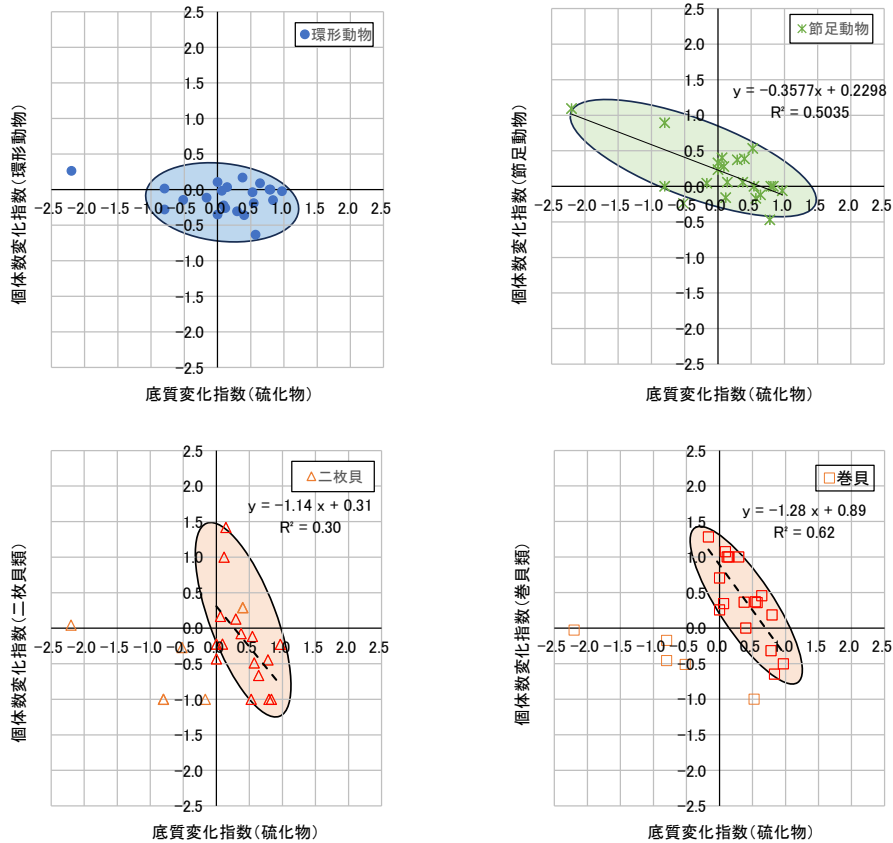


図 6.1.13 底生生物の環形動物門・節足動物門・二枚貝類・巻貝類個体数の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化指数と底質の硫化物変化指数との関係

表 6.1.2 底生生物個体数および底質の 1995 年度から 2007 年度にかけての変化指数

調査地点	底生生物(個体数変化指数) ^{※1}					底質(変化指数) ^{※2}	
	環形動物	軟体動物			節足動物	含泥率	硫化物
		巻貝	二枚貝				
P1	0.04	1.42	1.00	1.42	0.06	-0.01	0.14
P2	-0.26	1.00	1.00	1.00	-0.16	0.39	0.12
P3	-0.22	0.21	1.08	-0.22	0.28	0.02	0.09
P4	-0.49	-0.46	-0.66	-0.40	0.02	-0.74	-14.58
P5	-0.15	-0.33	-0.51	-0.27	-0.24	1.69	-0.52
P6	-0.63	0.24	0.36	-0.49	-0.17	-0.17	0.57
P7	0.09	0.21	0.45	-0.66	-0.12	-0.23	0.64
P8	0.01	-0.53	-0.46	-1.00	0.00	0.52	-0.80
P9	-0.02	-0.25	-0.50	-0.23	-0.06	3.93	0.97
P10	-0.11	0.93	1.28	-1.00	0.04	0.13	-0.17
P11	-0.35	0.22	0.26	-0.43	0.23	-0.33	0.00
P12	-0.02	0.30	0.35	0.17	0.40	1.54	0.06
P13	-0.15	-0.67	-0.65	-1.00	0.00	0.57	0.83
P14	-0.30	0.46	1.00	0.13	0.37	0.53	0.29
P15	0.11	0.40	0.70	-0.22	0.33	-0.30	0.00
P16	0.00	-0.35	-0.32	-0.45	-0.47	0.70	0.78
P17	0.17	0.00	0.36	-0.07	0.06	-0.45	0.38
P18	-0.04	-1.00	-1.00	-1.00	0.53	0.67	0.53
P19	0.00	-0.12	0.19	-1.00	0.00	0.35	0.80
P20	0.26	0.02	-0.03	0.04	1.09	-0.11	-2.20
P21	-0.19	0.09	0.37	-0.12	0.00	0.04	0.54
P22	-0.28	-0.36	-0.17	-1.00	0.89	0.63	-0.80
P23	-0.36	0.03	0.00	0.29	0.39	0.35	0.40

※1 赤色, 緑色の数値は相関式, 決定係数 R^2 の計算に使用.

※2 底質(変化指数)

= (2007年度の数値-1995年度の数値)/1995年度の数値

底生生物湿重量と底質の含泥率および硫化物の両変化指数との関係をみると(図 6.1.14, 表 6.1.3), 個体数との関係とは異なり, 環形動物, 節足動物, 二枚貝類, 巻貝類ともに各図の包絡線は単峰型を示した. したがって, 硫化物の濃度の大きな低下もしくは大きな増加は, 環形動物, 節足動物, 二枚貝類, 巻貝類の分類群に関係なく, 湿重量増加の制限要因または湿重量の減少要因の一つと考えられる. ただし, 硫化物の濃度の変化の程度に関係なく, 湿重量が大きく減少する場合も多々みられる. この原因としては, 調査スパンが 10 年以上と大きいため, その間の底質の硫化物を含めた干潟環境の変化, それに伴う底生生物の変化, 干潟環境とは独立した底生生物の変化, など様々な要因が考えられる. 底質の硫化物の濃度変化についても, 干潟域は波浪による底質攪乱が大きいことから, 硫化物濃度が一端増加しても, その後の調査までの間に低下し, 元の濃度に戻った可能性も考えられる.

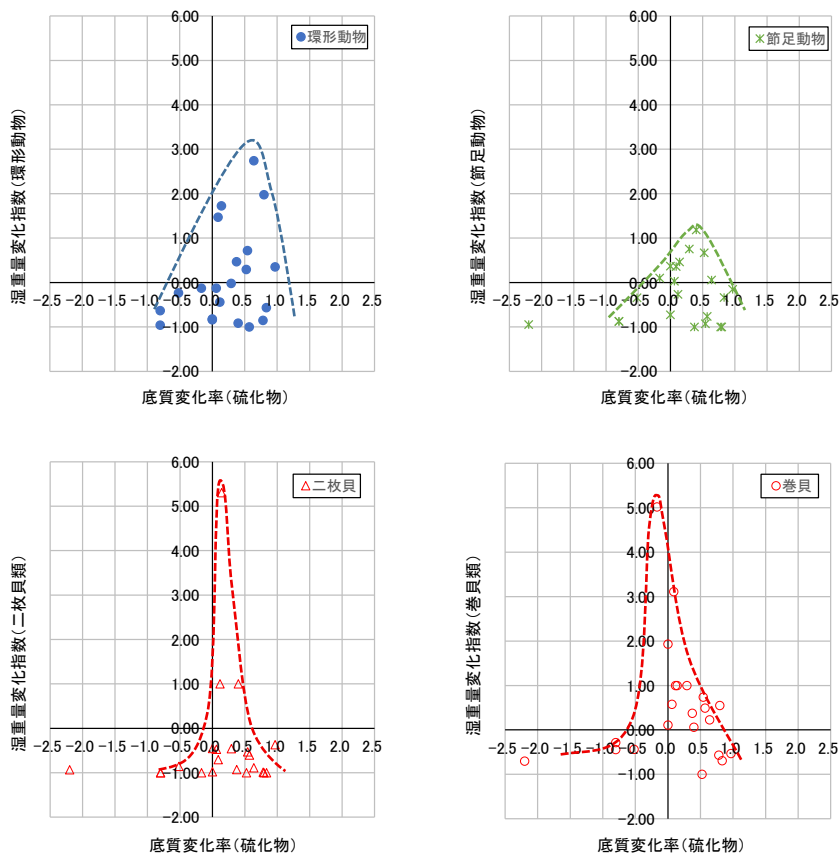


図 6.1.14 底生物の環形動物門・節足動物門・二枚貝類・巻貝類湿重量の1995年度から2007年度にかけての変化指数と底質の硫化物変化指数との関係

表 6.1.3 底生物湿重量および底質の1995年度から2007年度にかけての変化指数

調査地点	底生物(湿重量変化指数)					底質(変化指数) [※]	
	環形動物	軟体動物			節足動物	含泥率	硫化物
		巻貝	二枚貝				
P1	1.73	5.31	1.00	5.31	0.47	-0.01	0.14
P2	-0.44	1.00	1.00	1.00	-0.26	0.39	0.12
P3	1.47	0.12	3.11	-0.71	0.36	0.02	0.09
P4	-0.96	-0.50	-0.68	-0.52	-0.51	-0.74	-14.58
P5	-0.23	-0.63	-0.44	-0.85	-0.34	1.69	-0.52
P6	-1.00	0.49	0.49	-0.60	-0.76	-0.17	0.57
P7	2.74	-0.01	0.22	-0.89	0.06	-0.23	0.64
P8	-0.63	-0.50	-0.44	-1.00	-0.87	0.52	-0.80
P9	0.35	-0.37	-0.53	-0.37	-0.15	3.93	0.97
P10	-0.13	4.24	5.02	-1.00	0.10	0.13	-0.17
P11	-0.84	-0.13	0.11	-0.98	-0.72	-0.33	0.00
P12	-0.13	0.07	0.58	-0.47	0.03	1.54	0.06
P13	-0.57	-0.81	-0.70	-1.00	-0.33	0.57	0.83
P14	-0.02	1.08	1.00	-0.46	0.76	0.53	0.29
P15	-0.82	1.31	1.93	-0.45	0.37	-0.30	0.00
P16	-0.85	-0.82	-0.57	-0.99	-1.00	0.70	0.78
P17	0.47	-0.63	0.37	-0.93	-1.00	-0.45	0.38
P18	0.29	-1.00	-1.00	-1.00	0.67	0.67	0.53
P19	1.98	-0.49	0.55	-1.00	-1.00	0.35	0.80
P20	9.90	-0.81	-0.70	-0.93	-0.95	-0.11	-2.20
P21	0.72	-0.18	0.74	-0.53	-0.93	0.04	0.54
P22	-0.96	-0.67	-0.28	-1.00	-0.87	0.63	-0.80
P23	-0.91	0.19	0.06	1.00	1.18	0.35	0.40

※底質(変化指数)

= (2007年度の数値-1995年度の数値)/1995年度の数値

底生物の湿重量変化指数が最も高くなる硫化物の変化指数は、貝類や節足動物が 0~0.5 であるのに対して環形動物が 0.5 以上とやや大きく、底質の還元的状態への耐性の強い環形動物の特性を示している可能性がある。今後、さらにデータを集積することで、この点も明らかにしていきたい。

また、曾根干潟では 2004 年ごろからアオノリ類が突如増加する現象がみられ、カプトガニが産卵する護岸沿いの砂地に 5 月ごろに多量に漂着するようになった(写真 6.1.3)。2007 年 6 月 30 日にも海床路突端南側にアオノリ類が多量に堆積し、一部腐敗している状況が観察された。また、本調査の事前踏査時の 2007 年 10 月 13 日に海床路突端周辺で死んでまもないシオフキガイが多数確認され(写真 6.1.4)、1995 年度から 2007 年度にかけての底質や底生物の変化は、このような不定期におこる短期的なイベントの影響の可能性もあり、以下にその可能性について考察する。

(4) アオノリ類の増加と底質・底生生物の変化との関連性

曾根干潟におけるアオノリ類の分布の詳細は今のところ不明であるが、2008年5月の現地踏査では干潟北側に流入する竹馬川沿いのP9地点周辺にアオノリ類が多くみられた(写真 6.1.5)。また、間島の南側や干潟南側にも冬季にはアオノリ類が分布していたと考えられるが、5月時点では少なくなっていた。

アオノリ類は、一般に淡水の影響のある河口域に生育する。また、新崎ら¹³⁾によると、ノリ養殖場では水質汚濁の進行とともにアオサやウスバアオノリ類が増えたとし、これらアオノリ類は水質汚濁・富栄養化に対して抵抗力が強く、汚濁域でよく繁茂するようになると欧米沿岸でいわれていることと一致するとしている。

曾根干潟周辺海域および流入河川の水質は、前述のように近年横這いで推移していることから、干潟域への陸域および海域からの流入負荷量に大きな変化はないと考えられる。一方、曾根干潟周辺における埋立の進捗に伴う干潟南側での波浪の減少、干潟全域および前面海域における海水交換の減少が定量研によるシミュレーションにより推察されている¹⁴⁾。特に、竹馬川河口を流れ出た水粒子は、北干潟の濤を流れ出て一端干潟沖に出た後、間島の東側を南へ下り、潮汐による岸沖方向の往復流として地盤高の低い南干潟に入り、岸際まで達する(第4章2節の図 4.2.7)。したがって、間島北側の竹馬川沿いに繁茂していたアオノリ類の葉体の一部が千切れ、または葉体そのものが流失し、潮流によって南側の干潟に流れ込み、一部が堆積し、そこで腐敗した可能性がある。

このアオノリ類の堆積による底生生物の窒息死は、「アオノリ類の分解による多量の酸素消費→底泥の還元化→硫化水素の増加→貧酸素、硫化水素の毒性によるシオフキ等二枚貝類の斃死」の一連の流れが仮説として考えられる。これを明らかにするためには、干潟へのアオノリの浮遊・堆積から分解、底生生物が死滅に至る過程を詳細に調査する必要がある。

なお、曾根干潟におけるアオノリの大量発生はその後みられていない。



写真 6.1.3 曾根南干潟西側堤防沿い(朽網川河口付近)に漂着したアオノリ類
(2008年5月18日撮影)



写真 6.1.4 死んでまもないシオフキガイと貝殻
(2007年10月13日撮影)



写真 6.1.5 竹馬川沿いに繁茂するアオノリ類
(2008年5月17日撮影)

6.1.3 まとめ

- ・曾根干潟における底生生物の分布と地盤高や底質粒度との関係は、ヤマトオサガニが底質により依存して潮間帯中部付近まで分布していることを除くと、潮位・底質(泥・砂底)と干潟生物の分布との一般的な関係と概ね一致していた。
- ・砂質は泥質に比べて COD_{sed} は通常低いが、マメコブシ、タカノケフサイソガニ、アラムシロガイは砂質でも COD_{sed} の高い特異なところに多く分布していた。その要因として干潟の掃除屋とよばれるこれら生物が死肉に集まっていた可能性が考えられた。
- ・曾根干潟の底生生物の多くが地盤高、含泥率、 COD_{sed} 、硫化物など複数の環境要因に対して生息適域が存在し、帯状分布していることが分った。
- ・底質の分析項目相互間の関係を見ると、海域では含泥率が 90%以上になると COD_{sed} が高いが、干潟域では含泥率が低くても COD_{sed} が高い地点がみられた。干潟域と海域の両データでは COD_{sed} と Ig-Loss、硫化物、T-N に高い相関がみられたが、干潟域のみでは各底質の値の変動範囲が狭く、相関は低くなっていた。ORP は硫化物と負の相関が高くなっていた。
- ・底生生物と底質との関係を見ると、干潟域と海域の両データでは硫化物の増加にともない底生生物の個体数や湿重量が減少する傾向がみられた。干潟域のみでは、硫化物の濃度が 0.2mg/g と低いためか、同様の関係はみられなかったが、硫化物の増加にともない底生生物1個体あたりの湿重量が減少しており、出現種が小型化しているものと考えられた。
- ・1995 年度と 2007 年度の底生生物の出現状況を比較すると、南干潟ではシオフキガイなど二枚貝類の個体数の減少がみられた。また、節足動物の湿重量の減少、環形動物の湿重量の増加がみられた。
- ・節足動物、二枚貝類、巻貝類では、個体数変化指数と底質の硫化物変化指数に負の相関がみられ、硫化物の増加が個体数の減少に影響していることが示唆された。
- ・底生生物湿重量と底質の含泥率および硫化物の両変化指数との関係から、硫化物濃度の大きな低下もしくは大きな増加は、底生生物の分類群に関係なく、湿

重量の増加の制限または減少要因の一つと考えられた。

- ・曾根干潟における底生生物の減少要因の一つとして、アオリ類の大量発生と死滅・腐敗等の可能性も考えられた。

(高比良)

参考文献

- 1) 堀越増興, 菊池泰二: 第II編ベントス 第8章 潮間帯のベントス群集 8.1 砂泥地潮間帯の生物, 海藻・ベントス, pp.300-304, 東海大学出版会, 1976.
- 2) 小野勇一(自然環境定量評価研究会): 河川整備基金助成事業「河口干潟生態系の評価・モニタリングに有効な指標生物抽出技術および群集比較法等の開発」報告書(助成番号 19-1215-024), 45 pp., 河川環境管理財団, 2008.
- 3) 北九州市経済局, (財)九州環境管理協会: 曾根漁港海域環境調査委託報告書(平成8年3月), 1996.
- 4) 松本英二: 5.1.3 粒度分布の表現, 沿岸環境調査マニュアル(底質・生物篇), p.34, 恒星社厚生閣, 1986.
- 5) Ono, Y.: On the ecological distribution of ocyroid crabs in the estuary. Mem, Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E (Biol.), 4, pp.1-60, 1965.
- 6) 堀越増興, 菊池泰二: 第II編ベントス 第10章 汽水域のベントス群集 10.2 河口域, 海藻・ベントス, pp.300-304, 東海大学出版会, 1976.
- 7) 秋山章男, 松田道生: 干潟の生物観察ハンドブック—干潟の生態学入門—, 335pp., 東洋館出版社, 1974.
- 8) 石井久夫, 山西泰二: III. 干潟での生活 2. 食べ物 (6) 動物の死体, 第27回特別展「干潟の自然」, pp.26-27, 大阪市立自然史博物館, 2000.
- 9) 風呂田利夫ほか: 干潟の生物データブック エビカニ類 マメコブシガニ, 干潟ウォッチングフィールドガイド, pp.22-23, 大阪市立自然史博物館, 2000.
- 10) 木村賢史, 岩田理恵, 高木容子, 山澤俊宏: 清水港(折戸湾)における底生生物の分布構造とその環

- 境因子との関係, 東海大学紀要. 海洋学部, pp. 29-41, 東海大学海洋学部, 2007.
- 11) 木村賢史, 西村 修, 木幡邦男, 西村 康, 稲盛悠平, 須藤隆一:干潟・内湾の底層環境と底生生物の出現との関係について, 第 2 回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム, pp. 65-70, 海洋シンポジウム実行委員会, 2003.
- 12) 水産資源保護協会:大阪湾調査資料, 大阪府立水産試験場, 1982.
- 13) 新崎盛敏, 新崎輝子:第 3 章 海藻の人工養殖, 海藻のはなし, pp.140-187, 東海大学出版会, 1978.
- 14) 小野勇一(自然環境定量評価研究会):河川整備基金助成事業「河口干潟生態系における環境評価手法の研究」報告書(助成番号 14-1-Ⅱ-2-5), 40 pp., 河川環境管理財団, 2003.

6.2 鳥類の採餌・休息場としての干潟の役割

6.2.1 鳥類の餌生物

曾根干潟を採餌場として利用している鳥類は、1995～1996年の北九州市の調査結果¹⁾を基に再整理したところ、表 6.2.1 に示す 53 種であった。これらの鳥類の餌生物を既存文献²⁾⁴⁾で調べてみると、多毛類(ゴカイの

仲間)、二枚貝類、巻貝類、エビ類、カニ類、その他の甲殻類(シヤコ、エビジャコ)、魚類など干潟に生息する様々な動物のほか、陸上の昆虫や植物も餌としている。

多くのシギ・チドリ類は、カニやココエビなどの甲殻類、ゴカイ類を採食する⁵⁾。チドリ類の採餌行動は短い嘴で、少し歩いては地面をつつき、これを繰り返す⁵⁾。このよう

表 6.2.1 北九州市による 1995～1996 年の調査¹⁾で曾根干潟域において確認された鳥類の既存文献²⁾⁴⁾による餌生物

No.	鳥類 (分類)					餌生物 (○: 餌生物、●: 主な餌生物)												
	目	科	種	渡り形態別	主生息域別	多毛・貧網類	貝類		節足動物					魚類	その他の動物	植物		
							二枚貝	巻貝	エビ類	カニ類	その他甲殻類	昆虫類						
1	カイツブリ目	カイツブリ科	カイツブリ	留鳥	水鳥			●	●	●				●	●	●		○
2			ハジロカイツブリ	冬鳥	水鳥			●	○				●ゾエア	○	○			
3			カンムリカイツブリ	冬鳥	水鳥			○	○				○水昆	○	●		○	
4	ペリカン目	ウ科	カワウ	留鳥	水鳥										●			
5	コウノトリ目	サギ科	ダイサギ	留鳥	水辺鳥								○水昆	○	○			
6			チュウサギ	夏鳥	水辺鳥					○		●サリガニ	○	●	●			
7			コサギ	留鳥	水辺鳥					○		○サリガニ	○	○	●			
8			アオサギ	留鳥	水辺鳥				○		○		○	○	●			
9	ガンカモ目	ガンカモ科	ツクシガモ	冬鳥	水鳥	○	●	●	●	●		●トビ		●	○		○	
10			マガモ	冬鳥	水鳥		○	○	○		○		○水昆	○	○		●	
11			カルガモ	留鳥	水鳥		○	○	○				○水昆	○			●	
12			コガモ	冬鳥	水鳥			○	○				○水昆	○			●	
13			ヨシガモ	冬鳥	水鳥		○	○	○				○水昆	○			●	
14			オカヨシガモ	冬鳥	水鳥				○				○水昆	○	○		●	
15			ヒドリガモ	冬鳥	水鳥		○	○	○				○水昆	○			○	
16			アメリカヒドリ	冬鳥	水鳥				○				○水昆	○			●	
17			オナガガモ	冬鳥	水鳥				○				○水昆	○			●	
18			ハシビロガモ	冬鳥	水鳥		●	●	●				○水昆	○			○	
19			キンクロハジロ	冬鳥	水鳥		●	●	●				○水昆	○	○		○	
20			スズガモ	冬鳥	水鳥		●	●	●	○			○	○	○		○	
21			ピロードキンクロ	冬鳥	水鳥		●	●	●	○			○水昆	○				
22			ホオジロガモ	冬鳥	水鳥	○	●	●	●	○			○エビ・ジヤコ	○	○	○	○	
23			ミコアイサ	冬鳥	水鳥				○				○エビ・ジヤコ、トビ	○水昆	○	●	○	
24			ウミアイサ	冬鳥	水鳥				○	○	○	○	○エビ・ジヤコ	○水昆	○	●		
25	ワシタカ目	ワシタカ科	ミサゴ	留鳥	陸鳥										●			
26	チドリ目	ミヤコドリ科	ミヤコドリ	冬鳥	水辺鳥	○	●	●	●	○					○	○	ナマコ	
27		チドリ科	シロチドリ	留鳥	水辺鳥	○			○				○トビ					
28			メダイチドリ	旅鳥	水辺鳥	○				○			○	○			○	
29			ダイゼン	冬鳥	水辺鳥	○			○	○	○		○トビ	○	○		○	
30		シギ科	トウネン	旅鳥	水辺鳥	○			○	○	○		○トビ	○	○			
31			ハマシギ	旅鳥	水辺鳥	○	○	○	○				○トビ	○	○			
32			オバシギ	旅鳥	水辺鳥	○	○	○	○				○トビ	○	○			
33			アカアシシギ	旅鳥	水辺鳥	○	○				○		●水昆	○				
34			アオアシシギ	旅鳥	水辺鳥			○	○	○	○		○シヤコ、トビ	●水昆	○	○		
35			カラフトアオアシシギ	旅鳥	水辺鳥				○	○			○ヨコエビ	○	○			
36			キアシシギ	旅鳥	水辺鳥			●	○		●		●トビ	○	○	●		
37			イソシギ	留鳥	水辺鳥				○	○				●	○			
38			ソリハシシギ	旅鳥	水辺鳥								●	○				
39			オオソリハシシギ	旅鳥	水辺鳥	○			○	○	○		○トビ	●	○			
40			ダイシャクシギ	冬鳥	水辺鳥	○	○	○	○	○			○シヤコ		○	○	○	
41			ホウロクシギ	旅鳥	水辺鳥	○	○		○		○		○シヤコ		○	○	○	
42			チュウシャクシギ	旅鳥	水辺鳥	●	●	●	●	●	●		●トビ	●	○	●		
43		カモメ科	ユリカモメ	冬鳥	水鳥	○				○			○エビ・ジヤコ	●	○	●		
44			セグロカモメ	冬鳥	水鳥	○	○	○	○	○	○		○エビ・ジヤコ、フシツボ、ヒトデ	○	○	○	○	
45			カモメ	冬鳥	水鳥	○	○		○	○	○		○	○	○		○	
46			ウミネコ	留鳥	水鳥									●	●	●	カ	
47			ズグロカモメ	冬鳥	水鳥									○	○			
48			クロハラアジサシ	旅鳥	水鳥	○								●	○	○		
49			コアジサシ	迷鳥	水鳥											●		
50	スズメ目	セキレイ科	ハクセキレイ	留鳥	陸鳥									●	●			
51			セグロセキレイ	留鳥	陸鳥			○	○	○				○	○		○	
52		カラス科	ミヤマガラス	冬鳥	陸鳥	○		○	○					○	○	○	○	
53			ハシボソガラス	留鳥	陸鳥	○		○	○	○	○			○	○	○	○	
種類数						20	19	28	38	21	16	22	43	48	32		26	

注1. 餌生物は日本鳥類大図鑑Ⅰ～Ⅲ(清棲 幸保著, 講談社)から、曾根干潟に生息している可能性高いものを抽出。

注2. 餌生物のトビはトビムシ(端脚類)を示す。

な採餌法は「つつき法」⁶⁾と呼ばれている。千葉県の小櫃川河口干潟におけるシロチドリの採餌観察結果によると、カニ類、ゴカイ類の採餌回数が多く、カニ類では特にコマツキガニが大部分を占めていたという⁷⁾。

シギ類の嘴はチドリ類よりは長く、その長さや形状(真つすぐ、上または下に反り返っているものなど)は種類によって様々である⁵⁾。特定の鳥類の嘴の長さが、特定の餌生物に適合していることは一般的に知られている⁸⁾。嘴の短いシギは地面をつつきながら歩き回り、長めの嘴をもつシギは嘴を干潟の中に差し込んで、泥の中に潜っている動物を見つける⁵⁾。この採餌法は「さぐり法」と呼ばれている⁹⁾。

干潟におけるシギ・チドリ類の餌の種類は、同一鳥類でも季節、場所によって異なり、極めて多様である。視覚で餌をとるチドリ類は捕獲前に餌の種類を確認できるが、さぐり食のシギ類は遭遇した餌を選択なしに摂食すると考えるのが妥当とのことである⁶⁾。さぐり食のハマシギはゴカイを主に捕食する⁶⁾。ダイシャクシギ、アカアシシギ、ミヤコドリは視覚食であるという⁶⁾。一方、ダイシャクシギは嘴の先の接触感覚が大変よく発達したさぐり食という⁹⁾。本種は、嘴をカニの巣穴に差し込んで、上手にカニを引っ張り出して食べる⁵⁾。トウネン、オバシギなど脚が短いシギ類は水の中に入るのが不得意で、浅い水辺を歩きながら眼で餌をみつけて捕らえるという⁹⁾。

ハマシギの嘴の届く範囲は 3cm 程度、アカアシシギは 4cm、ダイシャクシギは 15cm^{6),9)}、オオソリハシシギは 9cm 程度⁹⁾で、採食可能深度は種によって異なっている⁶⁾。ダイゼンも視覚によって捜し、基質表面のゴカイ科の一種 *Nereis diversicolor* の動きをたよりに見つけているらしい⁸⁾。また、オオソリハシシギは、主にタマシキゴカイ科 *Arenicola marina* が排糞のため干潟上に出てくるのを見ながら待って捕食し⁸⁾、ミヤコドリは二枚貝をよく食べるという⁵⁾。

このほか、トウネンやハマシギなどの小型シギ類は、バイオフィーム^{注1)}も餌としていることが、近年明らかとなっている¹⁰⁾。

6.2.2 鳥類の採餌・休息場としての干潟の役割

北九州市が1995年8月の小潮時、および同年9月、翌年1月、2月、3月、5月の大潮時の日中、それぞれ満潮時と干潮時に調査した結果を用いて、鳥類の種別採餌個体数と休息個体数を干潟域で合計してみた。

全調査を通して干潟域で確認された採餌個体数が最も多かったのは、図 6.2.1 に示すようにユリカモメ、次いでツクシガモ、ハマシギ、マガモ、ヒドリガモの順であった。これら5種のうち、ハマシギを除くと休息個体数ともに多かった。ハマシギの干潟域での休息個体数は少なく、もっぱら干潟を採餌場として利用していると考えられた。多くのカモ・カモメ類は、採餌個体数よりも休息個体数が多い傾向にあった。特にオナガガモ、アオサギ、ウミネコ、セグロカモメなどは休息個体数の割合が高かった。ハマシギ、チュウシャクシギ、ダイゼン、シロチドリなどのシギ・チドリ類、ミヤマガラス、ハシボソガラスなどのカラス類は採餌個体数が休息個体数より多いか同程度で、採餌場としての干潟の利用価値がカモメ・カモ類に比べて高いものと推察された。なお、ミヤマガラスは干潟での休息個体は確認されず、もっぱら採餌のために利用していた。

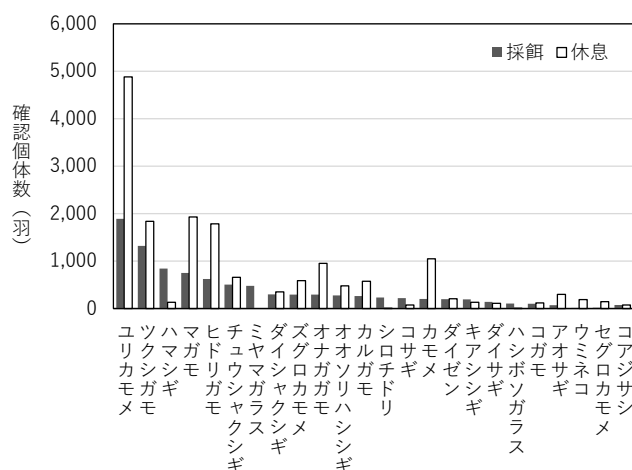


図 6.2.1 鳥類の種別採餌・休息個体数
(採餌・休息それぞれ個体数上位 20 種を掲載)

注1) 微細藻類、バクテリア、およびそれらが細胞外に放出される多糖類粘液で構成されたごく薄い層(0.01~2mm)の総称で静穏な干潟堆積物表面によく発達する¹⁰⁾。

6.2.3 干潟域における鳥類の採餌・休息個体数の分布

1995年、1996年の北九州市による鳥類の調査結果を干潟の23メッシュに区分し、採餌・休息別の個体数を合計したものを図6.2.2に、この種類別分布に基づく鳥類のクラスター解析結果を図6.2.4、図6.2.5に示す。クラスター解析は、土居ら¹⁾の方法に準じて類似度を求めて行った。鳥類間の距離を非類似度(=1-類似度)で表し、類似度にはHorn指数を使用した。クラスター間の結合方法は群平均法によった。本解析にはフリーの統計解析ソフトR(ver.4.12)を用いた。

鳥類全体では、採餌場としては図6.2.2(左側)に示すように間島の北側と南側の干潮線付近の利用が多く、間島西側と海床路周辺、および干潟南側の西側堤防沿いの利用は少ないようであった。一方、休息場としては同図(右側)に示すように、大野川河口、その北側の堤防付近、竹馬川河口付近が多く利用されていた。大野川河口には周辺と比べて地盤高の高い砂州があり、中潮から大潮の満潮時を除くと干出しているため、多くの鳥類が満潮時に休息場として利用していた。大野川北側の堤防沿いは冬場の強い北西の風を避けることができ、それによって生じる波も穏やかなため、鳥類にとつ

て良い休息場となっていると考えられる(写真6.2.1～写真6.2.5, 撮影日は調査年と異なる)。

図6.2.3に示す採餌場によるクラスター解析結果をみると、採餌場所が類似する鳥類(概ね非類似度0.3以下)はA～Jのグループに分けることができた。図6.2.5に示す種別の採餌場の分布を比較すると、A, B, D, Eグループは南干潟の干潮線付近を比較的良く利用していた。Cグループのコガモは図6.2.6に示す休息場(Sグループ)と同様に、竹馬川の河口のみを利用していた。Fのヒドリガモは竹馬川河口や周辺の滞、干潮線付近に多く、魚食性の強いGグループのダイサギ、コサギは北干潟の滞周辺に多い傾向があった。Iのオナガガモのグループは間島北側を主な採餌場としていた。Hグループのチュウシャクシギは間島北側の滞付近に多いほか、南干潟も広く採餌場として利用していた。Jグループのシロチドリは採餌個体は、貫川河口付近に多くみられた。

図6.2.4に示す休息場によるクラスター解析結果をみると、休息場所が類似する鳥類(概ね非類似度0.3以下)はK～Uのグループに分けることができた。図6.2.6に示す種別の休息場の分布をみると、セグロカモメをはじめとするKグループの5種は大野川河口を休息場として主に利用していた。そのうち、オナガガモは採餌場と

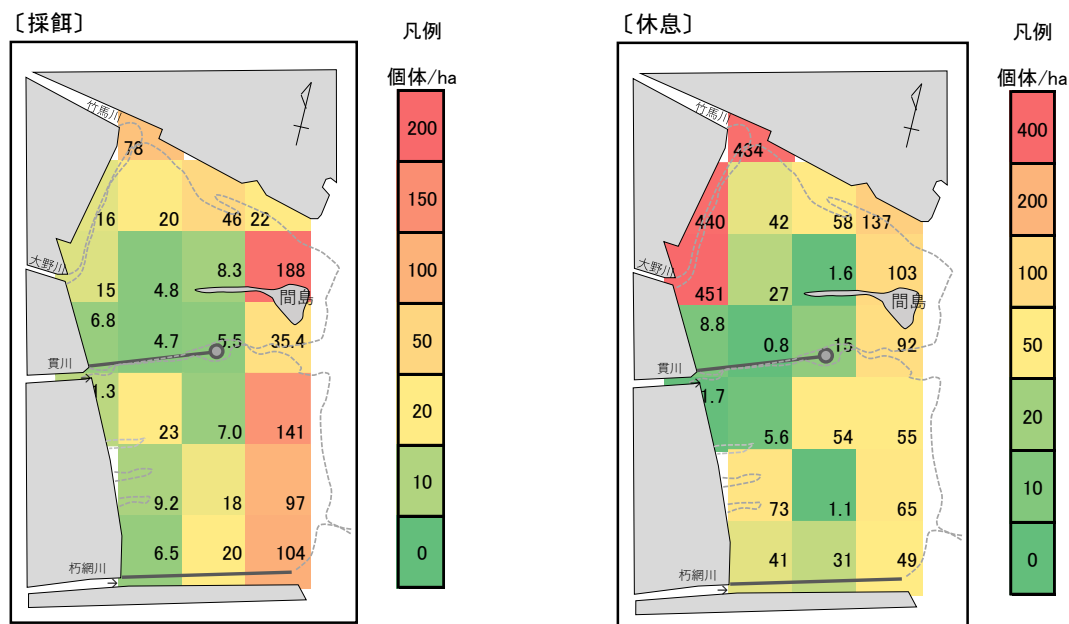


図 6.2.2 採餌・休息個体数の分布 (1995～1996年の6回調査の合計/ha)

して多く利用している間島北側も休息場として利用していた。ユリカモメとズグロカモメの M グループは、大野川河口の砂州のほか、大野川河口北側の堤防沿い付近も休息場として多く利用していた。ツクシガモ、カルガモの L グループは大野川河口のほか、竹馬川河口や南干潟の堤防、朽網川導流堤付近を多く利用していた。キアシシギ、ダイゼンの Q グループは南干潟の岸よりを主な休息場として利用していた。魚食性の強いダイサギ、アオサギの R グループは竹馬川河口やその他瀾筋周

辺で多い傾向にあった。ヒドリガモ、コガモの S グループは竹馬川河口のほか、朽網川河口導流堤付近に休息個体が多い傾向にあった。N グループの魚食性の強いコアジサシは南干潟の干潮線付近、O グループのカモメは南干潟の干潮線付近ほか大野川河口からその北側の堤防、P グループのダイシャクシギは大野川河口ほか南干潟干潮線付近、T グループのマガモは間島北側の瀾筋付近ほか竹間川河口付近に多い傾向にあった。

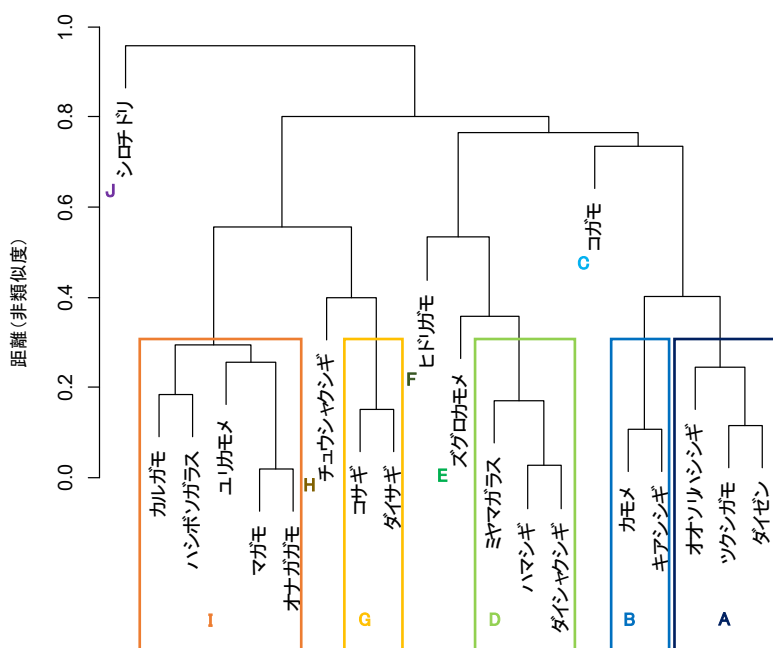


図 6.2.3 採餌個体数の分布による鳥類のクラスター解析結果 (採餌個体数合計上位 20 種で解析)

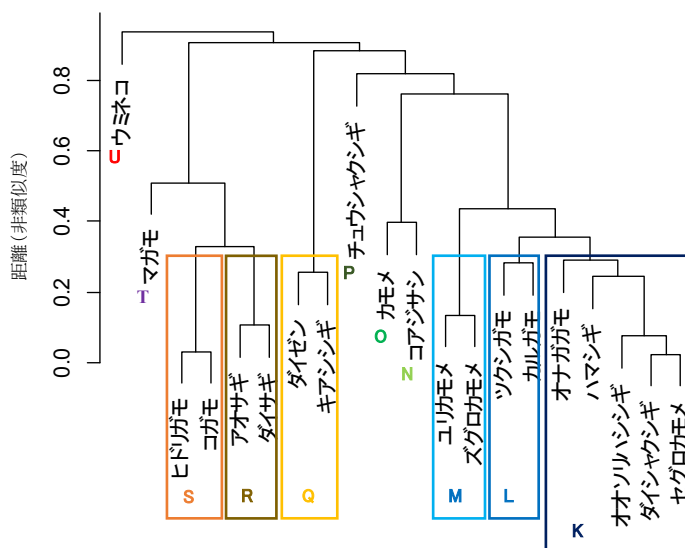


図 6.2.4 休息個体数の分布による鳥類のクラスター解析結果 (休息個体数合計上位 20 種で解析)



写真 6.2.1 大野川河口前の砂州で休息する鳥類
〔主にズグロカモメ, 2022年2月20日, 12時42分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



写真 6.2.2 大野川河口前の砂州で休息するズグロカモメ
〔2022年2月.20日, 12時27分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



写真 6.2.3 大野川河口北側のヨシ原周辺で休息する鳥類
〔主にツクシガモ, 2022年2月20日, 11時57分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



写真 6.2.4 大野川河口北側のヨシ原周辺で休息する
ツクシガモ
〔2022年2月20日, 12時5分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



写真 6.2.5 満潮時に南干潟で休息するツクシガモ・マガモ
〔2022年2月20日, 11時48分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



写真 6.2.6 大野川河口の濤筋で採餌するツクシガモ
〔2022年2月.20日, 14時6分,
中潮, 満潮 11時30分 358cm(苜田)〕



図 6.2.5 鳥類の採餌個体数の分布(1995~1996年の6回調査の個体数合計/ha, 上位20種のみ)
各メッシュ内の数値は採餌個体数の合計/haを示す。A~Jは図6.2.3のクラスター区分に対応。

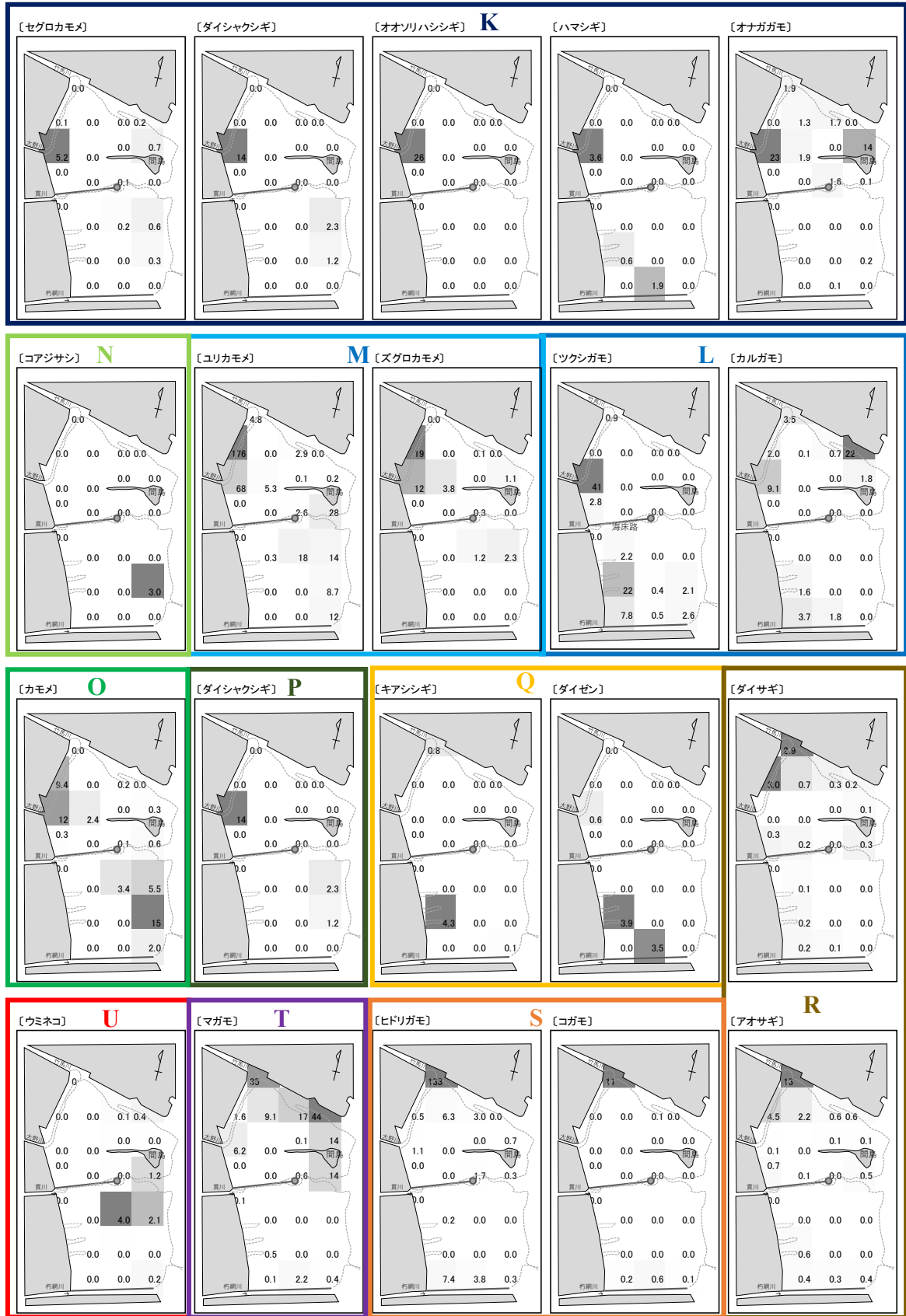


図 6.2.6 鳥類の休息個体数の分布(1995~1996年の6回調査の個体数合計/ha, 上位20種のみ)

各メッシュ内の数値は休息個体数の合計/haを示す. K~Uは図6.2.4のクラスター区分に対応.

ハマシギ、ダイゼンの休息個体数が朽網川沿いの導流堤中央付近も多かったが、満潮時に導流堤上にいたものである。この導流堤はカモ類も休息場として良く利用していた。一方、西側堤防上は道路となっており、車や人通りが多いためか、ほとんどの鳥類は休息場として利用していなかった。

鳥類の採餌・休息個体の分布は、調査年や調査日、また潮汐や潮時によって当然異なるものである(写真 6.2.5, 写真 6.2.6 参照)。特に、今回示した結果は、ある調査日の満潮時と干潮時の採餌・休息個体のスナップショットを合計したものであり、各鳥類の曾根干潟における最適な採餌場を示しているかの判断は難しい。例えば、採餌個体数が干潮線付近に多い場合、鳥類が対象とする餌が多いためなのか、水際で餌を採りやすいためその時間だけそこに多いのかの判断は難しい。

そこで、これらの課題を解決するため、定量研ではズグロカモメとダイシャクシギの採餌行動の経時的調査を2002年に実施した。以下にその概要を紹介する。

(高比良)

6.2.4 ズグロカモメの採餌生態

曾根干潟には、環境省のレッドリスト¹²⁾で絶滅危惧II類に指定されているズグロカモメが生息している。こ

での本種の主食はオサガニ類と言われている^{13),14)}。

そこで、ズグロカモメの採餌行動とオサガニ類を含めた餌生物との関係を把握するため、ズグロカモメと同様にオサガニ類を主食とするダイシャクシギの行動を併せて調査し、比較した。また、ズグロカモメが採餌する瞬間を目視観察し、餌生物の種類を把握した¹⁵⁾。

(1) ズグロカモメ・ダイシャクシギの採餌行動調査

1) 調査方法

調査は、2002年2月6日の午前10時から15時半の上げ潮時に行った。なお、当日の気温は13.4℃と例年の3月上旬並に高く、ヤマトオサガニは干潟上で活発に活動していた(表 6.2.2)。

曾根干潟においては潮位による鳥類の採餌位置の変化が認められているため、潮位変化にあわせて観察

表 6.2.2 採餌行動調査日の天候・潮汐等

調査日時	2002年2月6日 10:00~15:30
天 候	晴れ (気温13.4℃ : 12時測定)
気 温	13.4℃ (12時測定)
潮 汐※ (長 潮)	満潮 3:59 (260cm) , 15:38 (263cm)
	干潮 9:42 (163cm) , 22:35 (88cm)

*潮汐はフリーソフトTIDEforWIN(<http://fmie.cside7.com/>)による

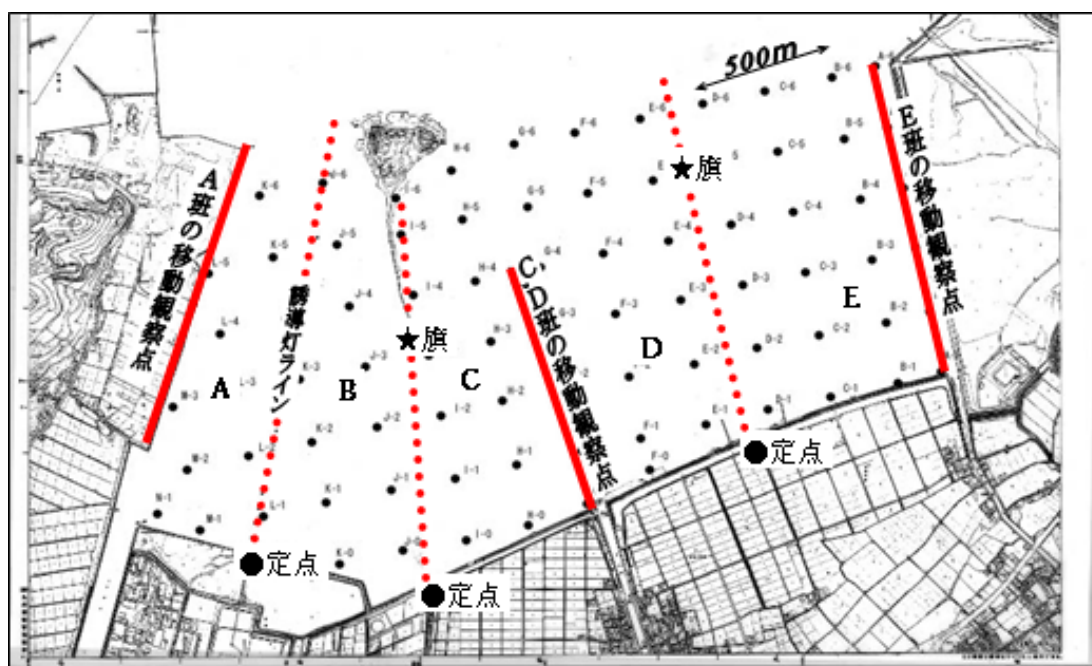


図 6.2.7 ズグロカモメ採餌生態調査における観測地点と観測範囲分割概念図

することとし、鳥類の採餌位置および個体数の計測誤差を最小にするため観測範囲を A～E の 5 つの範囲に分割し(図 6.2.7)、スナップ・リーディング法^{注2)}を用いて観測した。

鳥類の位置を広域かつ奥行きのある干潟において正確に測定するために、上述の分割観測範囲の両端それぞれ(定点)に観測員を配置した(図 6.2.8)。予め両観測員間の距離を計測し、これを基軸線とした。各観測員はスナップ・リーディング観測時に、鳥類の位置と基軸線がなす角度を角度測定器 (COMPAS GLASS SHAKUJI KEIKI CO.LTD)を用いて測定した。観測後、各観測員が測定したそれぞれの角度と基軸線から、鳥類の位置を出した。また、汀線の位置等も同様の方法で計測した。

2) 調査結果および考察

鳥類の採餌位置および汀線位置の経時変化を図 6.2.9 に示す。また、鳥類の採餌個体数と汀線からの距離との関係を図 6.2.10 に示す。この調査によって次のことが明らかとなった。

- ①ズグロカモメは汀線付近での採餌が多いが、汀線の沖側より陸側の割合が高い。
- ②ズグロカモメは、汀線付近以外でも濘筋や海水の残っている場所で採餌する。
- ③ダイシャクシギは、汀線付近での採餌行動が顕著であり、潮の遡上にあわせて採餌場所も移動する。

オサガニ類とこれら鳥類の採餌場の分布を比較すると、図 6.2.11 に示すようにヤマトオサガニの多い区域は地盤高が高い北側堤防沿いであるため、大潮時しか汀線が来ず、主要な採餌場とはなりにくい。したがって、潮の大小に関係なく汀線が来る地盤高の低い沖側や干潟南側のオサガニの主分布域がズグロカモメやダイシャクシギの主要な採餌場となっているものと考えられる。

以上の結果から、ズグロカモメ、ダイシャクシギの採餌行動は、採餌場所が餌生物の密度に依存する「密度依存型」ではなく、汀線付近を主な採餌場とする「汀線依

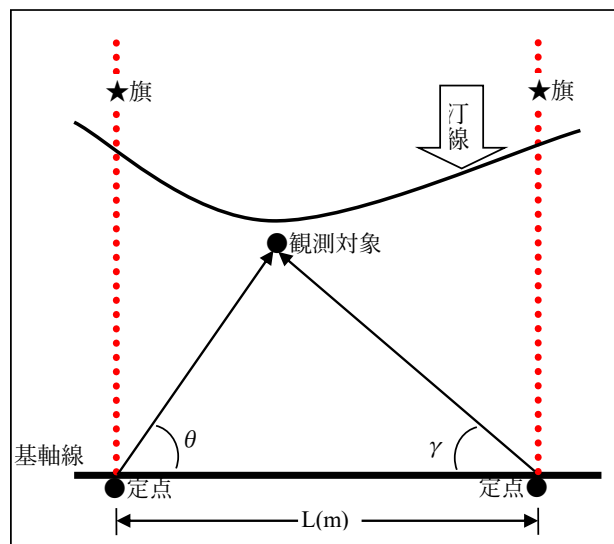


図 6.2.8 観測対象鳥類の位置測定概念図

存型」であることが明らかとなった。しかし、図 6.2.10 に示すようにズグロカモメはダイシャクシギに比べると汀線への依存度がやや低く、汀線以外の場所も採餌に利用していることが明らかとなった。

小野¹⁶⁾によると、ヤマトオサガニは渚線が通過する時間帯によく活動する「なぎさ線型」とし、干潟が露出している時間帯を広く利用するハクセンシオマネキ・チゴガニ・コメツキガニなどの「潮間帯型」と区別している。ズグロカモメやダイシャクシギの採餌場に主に生息するオサガニが「なぎさ線型」であるかは未確認であるが、このような底生生物の活動時間帯と鳥類の採餌行動は深く関係しているものと推察される。

したがって、今後干潟域の環境影響評価等で鳥類と底生生物との関係を調査する場合は、両者の平面的分布のみならず、本鳥類調査で実施したような潮時別分布や行動の把握が重要と考えられる。

(岩本)

注2) スナップ・リーディング法: 観測範囲を分割しても、干潟で常に移動している鳥の計測においては対象をダブルカウントする可能性がある。そのため各観測員は予め設定した時点(基本的に瞬間)において、鳥の個体数等を計測した。

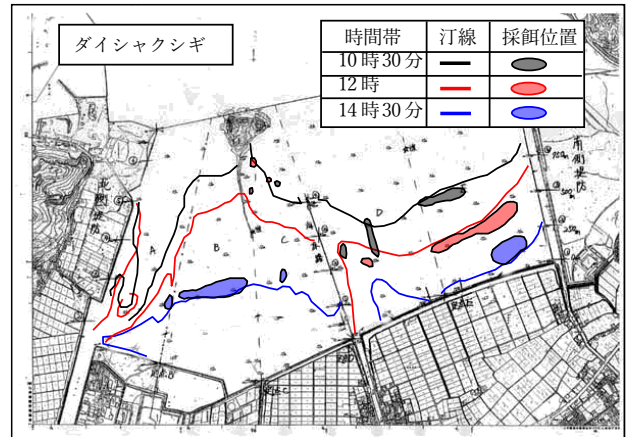
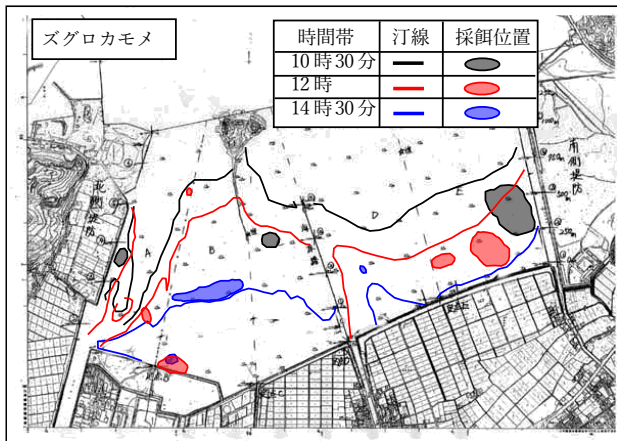


図 6.2.9 ズグロカモメ・ダイシャクシギの採餌場所および汀線の経時変化

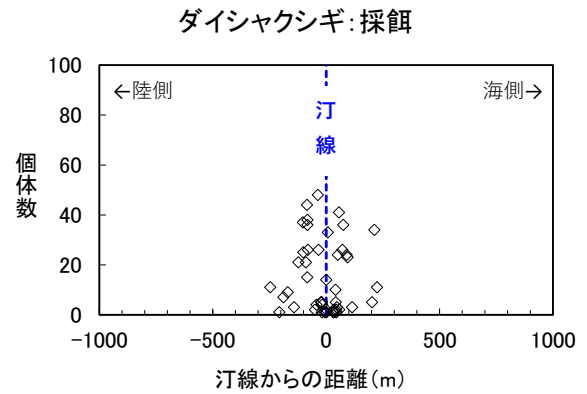
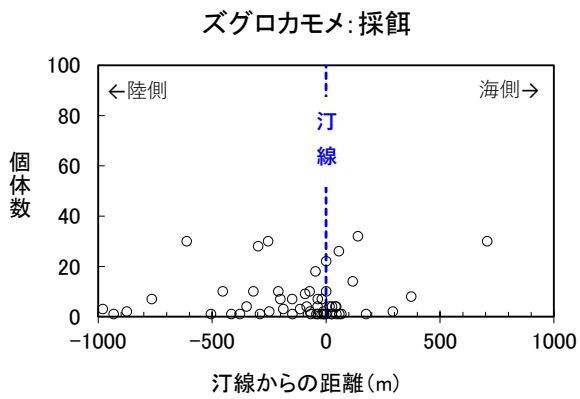


図 6.2.10 ズグロカモメ・ダイシャクシギの採餌位置と汀線との関係

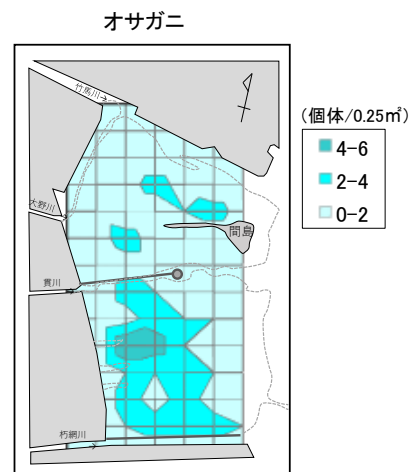
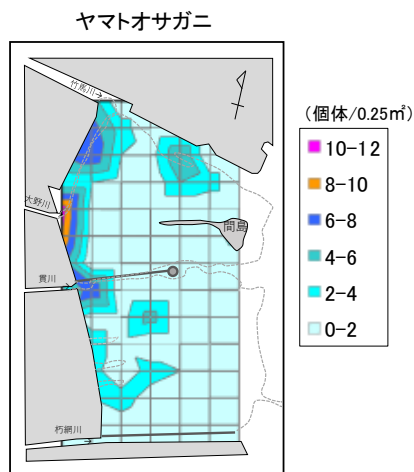


図 6.2.11 オサガニ類の分布

(「図 8.2.3 底質, 巣穴, 底生生物の分布」より)

(2) 目視観察によるズグロカモメ餌生物調査

曾根干潟におけるズグロカモメの餌生物の種類に関する調査には 1996 年に北九州市が¹⁾, 2003 年に定量研が実施した¹⁵⁾²⁾ 例がある. それぞれ「北九州市調査」, 「定量研調査」として以下に紹介する.

1) 北九州市調査

a) 調査方法

ズグロカモメの採餌方法は主に「飛翔採餌」(図 6.2.12)と「つつき捕り」がある¹⁴⁾. 前者は低空を飛翔しながら急降下して瞬間的に嘴で干潟表面の餌を捕獲する. 後者は歩行中に干潟上を盛んにつつきながら餌を探して捕獲する. いずれの場合も観測者が餌を識別できる時間は瞬間である. そこで, 調査は干潟各所のズグロカモメを観察できるように 3 班に分けて配置し, 日の出から日没までの1時間ごとに, ある特定の1個体を原則として 5 分間追跡し, その間に食べた餌の種類別, 大きさ別の数を記録した. これを各時間内に数回繰り返した.

餌の種類判別は, 双眼鏡および望遠鏡を用いて可能な限り行った. 餌の大きさはズグロカモメの嘴の長さ(25~28mm)³⁾を基準にして, その 0.5 倍(約 1.5cm)以下を「小」, それ以上を「大」と区分した.

調査は, 1996 年の 2 月 7 日~9 日にかけて実施した. 各調査日の天候, 潮汐等は表 6.2.3 に示すとおりである. 気温は各調査日も 6~7℃と低かった. 特に 9 日は小雪混じりで風が強く, 午後はカニも巣穴に入って干潟上に現れなかった. また, ズグロカモメの採餌行動もほとんどみられなくなったため, 調査は 15 時で切り上げた.

b) 調査結果および考察

① 採餌方法

ズグロカモメの採餌方法別採餌回数をみると, 図 6.2.13 と表 6.2.4 に示すように「つつき捕り」が「飛翔採餌」と同じかそれより多い傾向にあった. 3 回の調査を合計すると, 約 70%が「つつき捕り」, 残りの 30%が「飛翔採餌」であった.

当時, 本調査にご指導・ご協力いただいた武石全滋氏(北九州市自然史博物館学芸員(調査当時))によると, 以前の観察では「飛翔採餌」が「つつき捕り」に比べて多かったとのことであった. この違いについて武石氏

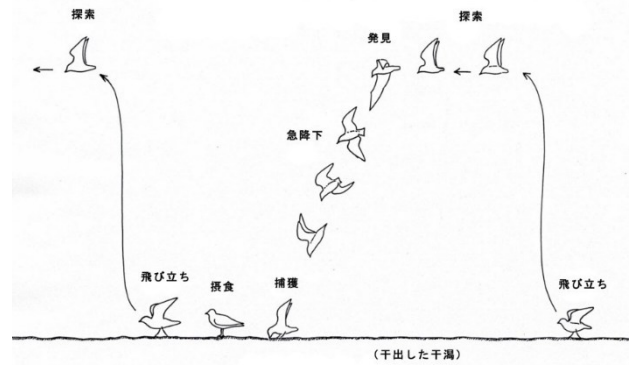


図 6.2.12 ズグロカモメの採餌行動(飛翔採餌)¹⁴⁾

表 6.2.3 北九州市によるズグロカモメ餌生物調査日の天候・潮汐等

調査回	1回目	2回目	3回目
調査日	1996年2月7日	2月8日	2月9日
天候	晴~曇り	曇り	曇り一時雪
気温	7℃	7℃	6℃
潮汐	中潮	中潮	中潮
潮位 (cm)	満潮	353	350
	干潮	64	63
		66	

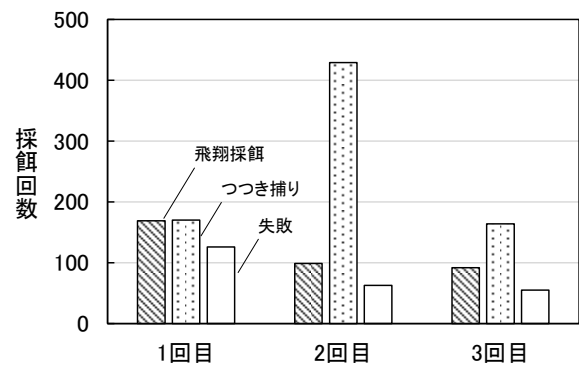


図 6.2.13 北九州市の調査によるズグロカモメの採餌方法別採餌回数

は, 今回は風が強く気温が低かったため主な餌であるカニ類が干潟上に出てこなかったのが原因ではないかと推察された. また, 「飛翔採餌」は大型のカニを短時間で見つけられる利点がある一方, 風が強いと飛翔自体が困難であり, エネルギーを消耗するなどの不利な点もあると考えられた.

表 6.2.4 北九州市の調査によるズグロカモメ餌生物調査結果

【調査1回目】 調査日: 1996年2月7日

調査 時間帯	飛翔採餌(餌個体数)						つつき捕り(餌個体数)		失敗 (回)	延べ観察 時間(分)	採餌・休息個体数割合(%)		推定平均 潮位 [※] (cm)	
	カニ大	カニ小	ゴカイ	魚	エビ	不明	カニ小	不明			採餌	休息		
7~8時	9	1	0	0	0	0	9	5	32	28	82	98.9	1.1	183
8~9時	4	9	0	0	0	27	9	76	17	85	98.8	1.2	266	
9~10時	0	1	0	0	0	3	1	4	10	57	0	100	322	
10~11時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	356	
11~12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	347	
12~13時	2	0	0	0	0	0	0	0	11	25	100	0	298	
13~14時	3	1	3	0	0	7	4	39	10	75	82.3	17.7	230	
14~15時	1	4	0	0	0	9	0	0	11	50	72.7	27.3	160	
15~16時	10	2	2	0	0	11	0	0	8	63	55.9	44.1	99	
16~17時	15	10	7	0	0	6	0	0	23	133	68.9	31.1	65	
17時~	3	4	0	0	0	6	0	0	8	38	84.2	15.8	67	
合計	47	32	12	0	0	78	19	151	126	608	-	-	108	

【調査2回目】 調査日: 1996年2月8日

調査 時間帯	飛翔採餌(餌個体数)						つつき捕り(餌個体数)		失敗 (回)	延べ観察 時間(分)	採餌・休息個体数割合(%)		推定平均 潮位 [※] (cm)
	カニ大	カニ小	ゴカイ	魚	エビ	不明	カニ小	不明			採餌	休息	
7~8時	1	0	0	0	0	13	0	3	12	24	73.6	26.4	144
8~9時	2	1	2	0	0	6	6	79	6	42.5	83.1	16.9	228
9~10時	1	3	1	0	1	13	0	31	4	58.5	53.3	46.7	296
10~11時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	341
11~12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	353
12~13時	1	0	0	0	0	2	0	0	3	15	0	100	323
13~14時	0	0	6	0	0	5	0	28	3	40	100	0	262
14~15時	5	3	1	1	0	5	0	282	19	85	89.4	10.6	190
15~16時	4	1	0	0	0	8	0	0	5	66	80	20	124
16~17時	4	0	1	0	0	8	0	0	11	39	91.8	8.2	80
17時~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84.3	15.7	60
合計	18	8	11	1	1	60	6	423	63	370	-	-	81

【調査3回目】 調査日: 1996年2月9日

調査 時間帯	飛翔採餌(餌個体数)						つつき捕り(餌個体数)		失敗 (回)	延べ観察 時間(分)	採餌・休息個体数割合(%)		推定平均 潮位 [※] (cm)
	カニ大	カニ小	ゴカイ	魚	エビ	不明	カニ小	不明			採餌	休息	
7~8時	3	5	2	0	0	12	0	0	12	50	74.5	25.5	113
8~9時	5	3	2	0	0	11	0	44	13	63	77.6	22.4	190
9~10時	13	11	1	1	0	3	0	70	7	68	82.1	17.9	262
10~11時	3	2	0	0	0	14	0	50	23	40	8	92	317
11~12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	343
12~13時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	333
13~14時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	290
14~15時	0	0	0	0	0	1	0	0	0	5	64.1	35.9	227
15~16時	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	156
16~17時	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100
17時~	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70
合計	24	21	5	1	0	41	0	164	55	226	-	-	66

※推定平均潮位はフリーソフトTIDEforWIN(<http://fmie.cs.cide7.com/>)による

【調査1~3回目の合計】 調査日: 1996年2月7~9日

調査 時間帯	飛翔採餌(餌個体数)						つつき捕り(餌個体数)		失敗 (回)	延べ観察 時間(分)
	カニ大	カニ小	ゴカイ	魚	エビ	不明	カニ小	不明		
7~8時	13	6	2	0	0	34	5	35	52	156
8~9時	11	13	4	0	0	44	15	199	36	190.5
9~10時	14	15	2	1	1	19	1	105	21	183.5
10~11時	3	2	0	0	0	14	0	50	23	40
11~12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12~13時	3	0	0	0	0	2	0	0	14	40
13~14時	3	1	9	0	0	12	4	67	13	115
14~15時	6	7	1	1	0	15	0	282	30	140
15~16時	14	3	2	0	0	19	0	0	13	129
16~17時	19	10	8	0	0	14	0	0	34	172
17時~	3	4	0	0	0	6	0	0	8	38
合計	89	61	28	2	1	179	25	738	244	1204

② 餌の種類

ズグロカモメの餌の種類については、図 6.2.14 に示すように採餌行動が確認された約半数について、カニ類、ゴカイ類、魚類、エビ類などの大きな分類群で判別することができたが、観測地点から遠くにいるズグロカモメの餌や、近くでも小型の餌の判別は困難を極めた。餌の種類を判別できたものでは、カニ類が 8 割以上を占め、そのカニ類のほとんどはオサガニ類であった。採餌された餌は、大きなものでも嘴の長さの 2 倍(約 5cm)を超えるものはなかった。

判別できなかった餌の多くは、「つつき捕り」によるものであり、この方法によって捕られるものは小型のものが多く、確認が困難であった。よく観察すると、小型の丸いものを食べているようであり、小型のカニまたは貝ではないかと推察された。

③ 採餌量

日の出から日没まで調査を実施した表 6.2.4 に示す 1～2 回目の調査結果を用いて、ズグロカモメ 1 羽が 1 日に食べる餌の量を表 6.2.5 に示すように採餌・休息個体の比率(採餌行動個体数割合 R)を考慮して推定した結果、カニの大・小合わせて 30～60 個体を採餌していることになった。

曾根干潟におけるカニ類調査¹⁾におけるオサガニ類の甲幅(X)と体重(Y)の関係式 $Y=0.000124 \times X^{3.24}$ から、オサガニ類の平均甲幅約 18mm の湿重量は約 1.5 g となり、1 日のカニ採餌量 30～60 個体は約 45～90g に相当した。この重量は、ヤマトオサガニの湿重量(x)と乾重量(Y)の相関式¹⁾ $Y=0.21X-0.012$ から、乾重量 10～20g に換算され、ズグロカモメの親鳥体重から次式により推定される 1 日あたりの摂餌量約 20g と概ね一致した。

鳥類の体重(W)と摂餌量(Y_c)の関係式¹⁷⁾は、

$$Y_c (\text{g-dry/羽} \cdot \text{日}) = 0.601 W^{0.670} \text{ で表せる。}$$

ここで、ズグロカモメの体重 $W=195 (\text{g/羽})^{2)-4)$

を代入すると

$$Y_c (\text{g-dry/羽} \cdot \text{日}) = 0.601 (195)^{0.670} = 21$$

となる。

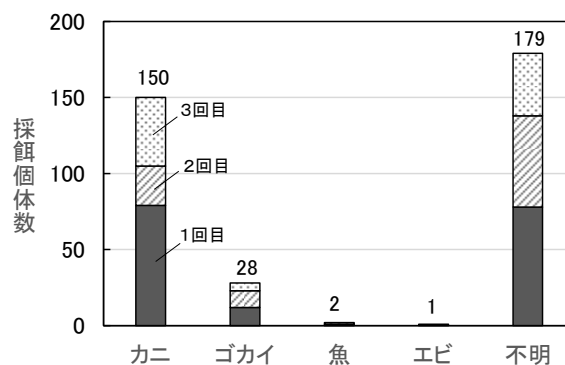


図 6.2.14 北九州市の調査によるズグロカモメの餌の種類別採餌個体数(飛翔採餌)

ズグロカモメによる 1 日あたりのカニの採餌個体数が 30～60 個体/羽であることから、曾根干潟で越冬する平均約 140 羽(1997 年度 10～3 月の平均¹⁸⁾)が曾根干潟滞在期間中(10 月～翌 3 月の 180 日)に採餌するオサガニ類の個体数を推計すると、次式のように 75～150 万個体になった。

ズグロカモメが曾根干潟滞在期間中に採餌するオサガニ類の総個体数

$$= 30 \sim 60 \text{ 個体/日} \cdot \text{羽} \times 180 \text{ 日} \times 140 \text{ 羽} \\ = 75 \sim 150 \text{ 万個体}$$

これは、オサガニ類の推定生息数(1995 年秋季の推計値)約 5,000 万個体¹⁾の 1.5～3%であり、ズグロカモメの餌としてオサガニ類は十分な量が存在していると考えられた。

(高比良)

表 6.2.5 北九州市の調査によるズグロカモメ採餌量の推定

【調査1回目】

調査 時間帯	捕食餌個体数計			延べ観 察時間 (分) t	捕食餌個体数/羽・時間			ズグロカモメ 採餌行動 個体数割 合 R(%)	ズグロカモメの採餌・休息を考 慮した捕食餌個体数/羽・時間		
	カニ大 a	カニ小 b	不明 c		カニ大 A=a × 60/t	カニ小 B=b × 60/t	不明 C=c × 60/t		カニ大 F _a =A × R	カニ小 F _b =B × R	不明 F _c =C × R
7～8時	9	6	41	82	6.6	4.4	30	98.9	7	4	30
8～9時	4	18	103	85	2.8	12.7	72.7	98.8	3	13	72
9～10時	0	2	7	57	0	2.1	7.4	0	0	0	0
10～11時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11～12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12～13時	2	0	0	25	4.8	0	0	100	5	0	0
13～14時	3	5	46	75	2.4	4	36.8	82.3	2	3	30
14～15時	1	4	9	50	1.2	4.8	10.8	72.7	1	4	8
15～16時	10	2	11	63	9.5	1.9	10.5	55.9	5	1	6
16～17時	15	10	6	133	6.8	4.5	2.7	68.9	5	3	2
17時～	3	4	6	38	4.7	6.3	9.5	84.2	4	5	8
合計(1日あたり)	47	51	229	608	38.8	40.7	180.4	—	31	33	156
平均	4.3	4.6	20.8	55.3	3.5	3.7	16.4	60.2	2.8	3	14.1

【調査2回目】

調査 時間帯	捕食餌個体数計			延べ観 察時間 (分) t	捕食餌個体数/羽・時間			ズグロカモメ 採餌行動 個体数割 合 R(%)	ズグロカモメの採餌・休息を考 慮した捕食餌個体数/羽・時間		
	カニ大 a	カニ小 b	不明 c		カニ大 A=a × 60/t	カニ小 B=b × 60/t	不明 C=c × 60/t		カニ大 F _a =A × R	カニ小 F _b =B × R	不明 F _c =C × R
7～8時	1	0	16	24	2.5	0	40	73.6	2	0	29
8～9時	2	7	85	42.5	2.8	9.9	120	83.1	2	8	100
9～10時	1	3	44	58.5	1	3.1	45.1	53.3	1	2	24
10～11時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11～12時	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12～13時	1	0	2	15	4	0	8	0	0	0	0
13～14時	0	0	33	40	0	0	49.5	100	0	0	50
14～15時	5	3	287	85	3.5	2.1	202.6	89.4	3	2	181
15～16時	4	1	8	66	3.6	0.9	7.3	80	3	1	6
16～17時	4	0	8	39	6.2	0	12.3	91.8	6	0	11
17時～	0	0	0	0	0	0	0	84.2	0	0	0
合計	18	14	483	370	23.6	16.0	484.8	—	16	13	401
平均	1.6	1.3	43.9	33.6	2.1	1.5	44.1	59.6	1.5	1.1	36.4

2) 定量研調査

a) 調査方法

ズグロカモメが採餌する瞬間にズグロカモメが捕獲した餌の種類を識別するために、以下の2つの方法を試みた。

調査は2名1組で2班を作り、方法Aは干潟中央の海床路を、沖側1.5km先から陸側に歩きながら片側約200m両側約400m範囲内のズグロカモメの行動を観察した。方法Bは大野川河口の堤防上の定点から、半径400m範囲内のズグロカモメの行動を観察した。観察器具は8～9倍の双眼鏡および20倍の望遠鏡を使用した。

調査日は2003年1月25日で、観察時間はいずれも午前7時40分から午前10時40分までの3時間。干潮は午前7時43分。天候は晴れ、風向は北西、弱風、気温は調査開始時5℃、終了時8℃であった(表6.2.6)。

b) 調査結果および考察

当日の調査時間帯の気温は5～8℃と低く、干潟上を這い回るオサガニ類の姿は見られなかった。

餌生物の内訳は表6.2.7のとおりであるが、カニは一呑みできるほどの小さなサイズであるため種は不明であった。魚は2回確認されたが、これも一瞬で飲み込むほど小さく、種不明であるが形状からハゼ類と思われた(写真6.2.7)。

46回の採餌のうち、食物の種類が不明であった回数は全体の76%を占めた。これは観察距離の問題と、餌生物が小さく瞬時に飲み込まれたため判別ができなかったことによる。餌を捕るためズグロカモメが着地する場所は、ほとんどが干潟上の水溜りであった。このような場所では、オサガニ類ほかスジハゼやヒメハゼ等のハゼ類の稚魚が多く観察されることから、これらが餌となっている可能性が高い。実際、2022年11月8日の事前調査の際は、オサガニ類を採餌するズグロカモメを確認し、写真撮影に成功した(写真6.2.8)。

(岩本)

表 6.2.6 定量研によるズグロカモメ餌生物調査日の天候・潮汐等

調査日時	2003年1月25日 7:40～10:40
天候	晴れ
気温	5℃(開始時)～8℃(終了時)
潮汐 (長潮)	満潮 1:38 (291cm), 14:01 (312cm) 干潮 7:42 (93cm), 20:35 (87cm)

*潮汐はフリーソフトTIDEforWIN(<http://fmie.cside7.com/>)による

表 6.2.7 定量研によるズグロカモメの採餌調査結果

区域	総観察回数 ①+② (回)	食物の内訳(個体)					不成功 ② (回)
		カニ	魚	ゴカイ	不明	小計 ①	
方法A (海床路班)	25	4	0	5	9	18	7
方法B (大野川班)	31	0	2	0	26	28	3
計	56	4	2	5	35	46	10



写真 6.2.7 ズグロカモメ採餌状況
(餌:形状からハゼ類と思われる)



写真 6.2.8 ズグロカモメ採餌状況(餌:オサガニ類)

6.2.5 底生生物現存量と鳥類の生息に必要な餌量との関係

曾根干潟に多くの鳥類が飛来し、ゴカイ類や貝類などを餌として捕食している。しかし、その餌量は鳥類にとって十分足りているのであろうか。

北九州市の 1995 年度の調査・検討結果¹⁾を以下に紹介する。なお検討は、調査月の底生生物の現存量(乾重量)と、各月に曾根干潟に飛来して餌をとった鳥類の摂餌量(乾重量)を推定・比較することによった。

(1) 底生生物の現存量および鳥類に必要な餌量の推定方法

1) 底生生物の現存量(乾重量)の推定方法

底生生物の現存量(乾重量)は、まず、各調査月の 23 地点の調査で得られた各地点の分類群別湿重量 W (g-wet/m²) を、曾根干潟で採取された底生生物の分類群別湿重量と乾重量の関係式を用いて分類群別乾重量(g-dry/m²)に換算した。その式は次式で表せる。

底生生物の分類群別乾重量 D (g-dry/m²) = 分類群別湿重量 W (g-wet/m²) × 分類群別乾重量換算係数 k

ここで、分類群別乾重量換算係数 k は、曾根干潟で採取された底生生物の実測データに基づき次のように決定した¹⁾。

環形動物門 多毛類 : $k=0.150$ (乾重量/湿重量)

(内訳) *Lumbrineris* sp.: 0.101 ± 0.012 (n=5)
 スゴカイイソメ: 0.162 ± 0.014 (n=3)
 チロリ: 0.113 ± 0.001 (n=3)
 ミズヒキゴカイ: 0.132 ± 0.000 (n=1)
 ツバサゴカイ科: 0.154 ± 0.000 (n=1)
 フサゴカイ科: 0.237 ± 0.000 (n=1)
 平均値: 0.150 ± 0.044 (n=6)
 ここで n は計測サンプル数を示す

節足動物門 甲殻類 : $k=0.250$ (乾重量/湿重量)

(内訳) ヤマトオサガニ: 0.202 ± 0.0218 (n=20)
 ニホンサナモグリ: 0.299 ± 0.0278 (n=6)
 平均値: 0.250 ± 0.003 (n=2)
 ここで n は計測サンプル数を示す

軟体動物門

二枚貝類: $k=0.0356$ (肉質乾重量/殻付き湿重量)
 巻貝類: $k=0.0774$ (肉質乾重量/殻付き湿重量)

(内訳)
 二枚貝 シオフキガイ: 0.0259 ± 0.005 (n=20)
 アサリ: 0.0490 ± 0.003 (n=20)
 イチョウシトリガイ: 0.0317 ± 0.006 (n=14)
 平均値: 0.0355 ± 0.001 (n=3)
 巻貝 ウミニナ: 0.0581 ± 0.022 (n=4)
 ヘナタリガイ: 0.0635 ± 0.005 (n=5)
 アラムシロガイ: 0.1107 ± 0.015 (n=4)
 平均値: 0.0774 ± 0.004 (n=3)
 ここで n は計測サンプル数を示す

次に、各地点の分類群別重量に各地点が属するメッシュ面積(S_m)を掛け、これらを合計した。

なお、底生生物の現存量の試算に使用した基本データは、第 5 章 2 節の図 5.2.1, 図 5.2.2 で示した 1995 年度の干潟 23 地点の底生生物(マクロベントス)調査結果¹⁾から、鳥類の餌となりにくいカキ類、フジツボ類を除いたものである。また、カニ類については、マクロベントスの調査に比べて現存量の推定精度の高い $1 \times 1m$ のカニ類目視調査結果(1995 年 10 月実施)¹⁾を使用した。

2) 鳥類の摂餌量(乾燥重量)の推定方法

ある鳥類の体重(W_i)と 1 日の摂餌量(Y_i)の関係は、次式で表される¹⁷⁾。

$$Y_i = 0.601 W_i^{0.670}$$

ここで、

Y_i (g - dry/羽・日) : i 番目の鳥の摂餌量

W_i (g) : i 番目の鳥の体重(日本鳥類大図鑑²⁴⁾に準じたが、未記載のものについては類似種から推定)

そこで、各月に曾根干潟で採餌していた鳥類の摂餌量の合計 B_m (kg-dry/月) を次式で推定した。

$$B_m = \sum_{i=1}^s (n_i \times Y_i \times D/1000)$$

ここで、

S (種/月) : 干潟域で底生生物の採餌が確認された鳥類の各月の種数

n_i (羽) : 各月の i 番目の鳥の採餌最大個体数

D (日) : 各月の日数、ここではすべて 30 日とした

(2) 底生生物の現存量および鳥類の採餌量推定結果

曾根干潟における1995年度時点の底生生物の現存量は、図 6.2.14、表 6.2.8 に示すように、乾重量で約 60～120 トン、平均で約 91 トンと推計された。ただし、カニ類については前述のとおり 1995 年 10 月の調査結果を各月で使用しており、カニ類の季節変化は考慮していない。

主要分類群別では、1 個体あたりの湿重量が大きな二枚貝類やカニ類の占める割合が大きくなっている。また、季節別では二枚貝類の出現個体数が少なかった 8 月に少なくなっていた。

鳥類の 1 か月あたりの採餌量は、図 6.2.15、表 6.2.9 に示すように、乾重量で約 0.5～7 トン、平均で約 3.5 トンと推計された。年間での鳥類の採餌量はこの平均約 3.5 トン/月の 12 倍の約 42 トンと推定される。

したがって、年間では底生生物現存量の平均 91 トンの 5 割程度(42 トン/91 トン=0.46)が鳥類の採餌量となっていることになる。一般的には底生生物の年間生産量(P)は現存量(B)の 2～3 倍¹⁹⁾であるため、曾根干潟における底生生物の生産量は 180～270 トンで、鳥類の採餌量 42 トンはその 16～23%に相当する。仮に、底生生物が 1995 年 8 月のように約 60 トンと少なかった場合、底生生物の年間生産量は 120～180 トンで、鳥類の採餌量 42 トンはその 23～35%となる。つまり、1995 年度時点における曾根干潟における底生生物現存量は、当干潟に生息する鳥類の餌を十分賄えられていると考えられる。また、越冬のため曾根干潟を多くの鳥類が訪れている 1995 年 10 月から翌年 3 月までの底生生物の現存量の減少量は約 20 トン(=123-103 トン)で、その間の鳥類による採餌量は約 36.8 トン(=(7.1+6.5+4.8 トン)×2 倍)と推定され、鳥類による採餌が冬場の底生生物の減少要因の一つにもなっていると考えられる。

以上の曾根干潟における鳥類の餌量の推定は 1995 年度時点のものであるが、第 5 章 2 節 1 項の図 5.2.10 で示したように 2012 年度以降、底生生物現存量(殻付き湿重量/m²)は 1995 年度の約 10 分の 1 以下となっており、餌不足が懸念される。特に、曾根干潟では二枚貝類の減少が大きいため、二枚貝類を主な餌とする鳥類への影響が懸念される。実際、第 5 章 2 節 2 項で示し

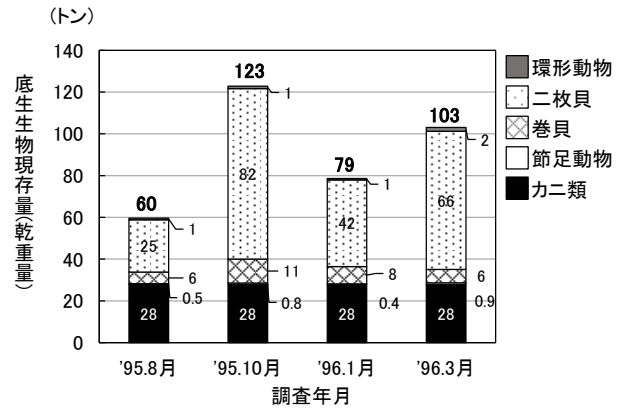


図 6.2.14 曾根干潟における底生生物現存量の推定結果

注) カニ類については、底生生物調査(マクロベントス)とは別に 1995 年 10 月に実施したカニ類の生息状況調査(0.5×0.5m コドラート(深さ 0.3m)×5 回採り/地点の平均値)の結果を使用し、そのため節足動物のデータからはカニ類を除外した。また、鳥類の餌となりくいフジツボ類やカキ類も除外した。

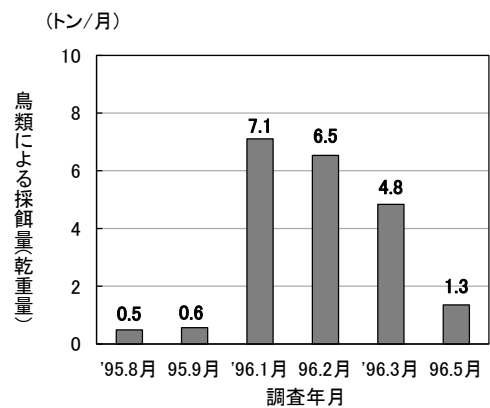


図 6.2.15 曾根干潟を採餌場として利用する鳥類の採餌量の推定値

たように、曾根ではガンカモ目ガンカモ科、チドリ目カモメ科に属する冬鳥の減少が著しく、その中にはスズガモ等二枚貝類を主要な餌とする鳥類も含まれている。

表 6.2.8(1) 曽根干潟における底生生物現存量の推定結果(1995年8月)

地点	湿重量W(g-wet/m ²)					乾重量D(g-dry/m ²)					メッシュ 面積 Sm(m ²)	現存量B(kg-dry)					合計
	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類		環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	
	Wa	Wb	Wc	Wd	We	Da=Wa × 0.150	Db=Wb × 0.0355	Dc=Wc × 0.0774	Dd=Wd × 0.250	De=We × 0.250		Ba=Da × Sm × 10 ³	Bb=Db × Sm × 10 ³	Bc=Dc × Sm × 10 ³	Bd=Nd × Sm × 10 ³	Be=De × Sm × 10 ³	
B-1	0.16	0.00	0.00	3.00	55.0	0.024	0.000	0.000	0.750	13.750	88,800	2	0	0	67	1,221	1,290
B-2	3.70	0.16	0.00	2.20	57.9	0.555	0.006	0.000	0.550	14.475	76,300	42	0	0	42	1,104	1,189
B-3	2.50	35.52	92.24	1.70	13.0	0.375	1.261	7.139	0.425	3.250	250,000	94	315	1,785	106	813	3,113
B-4	0.40	0.00	0.00	0.60	7.4	0.060	0.000	0.000	0.150	1.850	193,800	12	0	0	29	359	399
B-5	0.60	11.44	5.04	0.00	8.3	0.090	0.406	0.390	0.000	2.075	55,900	5	23	22	0	116	166
B-6	0.00	1.70	4.13	0.00	75.2	0.000	0.060	0.320	0.000	18.800	188,400	0	11	60	0	3,542	3,614
B-7	0.80	3.64	58.00	0.00	37.8	0.120	0.129	4.489	0.000	9.450	250,000	30	32	1,122	0	2,363	3,547
B-8	0.00	3.96	7.64	1.50	16.3	0.000	0.141	0.591	0.375	4.075	250,000	0	35	148	94	1,019	1,295
B-9	0.50	0.00	23.72	0.00	27.8	0.075	0.000	1.836	0.000	6.950	294,200	22	0	540	0	2,045	2,607
B-10	1.20	1.16	0.86	0.00	21.5	0.180	0.041	0.067	0.000	5.375	134,700	24	6	9	0	724	763
B-11	0.00	1.76	25.24	0.00	16.1	0.000	0.062	1.954	0.000	4.025	250,000	0	16	488	0	1,006	1,510
B-12	0.00	181.68	9.48	0.00	21.1	0.000	6.450	0.734	0.000	5.275	250,000	0	1,612	183	0	1,319	3,115
B-13	1.00	400.12	5.80	0.00	15.2	0.150	14.204	0.449	0.000	3.800	251,200	38	3,568	113	0	955	4,673
B-14	3.40	0.00	0.00	1.90	44.5	0.510	0.000	0.000	0.475	11.125	84,400	43	0	0	40	939	1,022
B-15	0.40	29.44	2.36	0.00	14.3	0.060	1.045	0.183	0.000	3.575	250,000	15	261	46	0	894	1,216
B-16	0.40	899.64	19.28	0.00	21.7	0.060	31.937	1.492	0.000	5.425	250,000	15	7,984	373	0	1,356	9,729
B-17	2.00	163.80	3.80	0.00	8.0	0.300	5.815	0.294	0.000	2.000	259,400	78	1,508	76	0	519	2,181
B-18	0.50	170.28	1.56	0.00	26.4	0.075	6.045	0.121	0.000	6.600	281,900	21	1,704	34	0	1,861	3,620
B-19	1.20	222.80	0.00	0.00	21.2	0.180	7.909	0.000	0.000	5.300	250,000	45	1,977	0	0	1,325	3,347
B-20	1.80	8.24	0.76	0.00	9.2	0.270	0.293	0.059	0.000	2.300	282,200	76	83	17	0	649	824
B-21	3.00	271.96	25.64	0.40	24.1	0.450	9.655	1.985	0.100	6.025	256,800	116	2,479	510	26	1,547	4,677
B-22	0.40	376.84	1.68	0.10	13.1	0.060	13.378	0.130	0.025	3.275	250,000	15	3,344	33	6	819	4,217
B-23	2.00	1.52	0.96	0.60	12.0	0.300	0.054	0.074	0.150	3.000	418,600	126	23	31	63	1,256	1,498
合計											5,116,600	818	24,983	5,590	472	27,748	59,611

注)カニ類は、1995.10月のコドラート調査結果を使用
 軟体動物:カキ類を除く
 節足動物:フジツボ・カニ類を除く

表 6.2.8(2) 曽根干潟における底生生物現存量の推定結果(1995年10月)

地点	湿重量W(g-wet/m ²)					乾重量D(g-dry/m ²)					メッシュ 面積 Sm(m ²)	現存量B(kg-dry)					合計
	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類		環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	
	Wa	Wb	Wc	Wd	We	Da=Wa × 0.150	Db=Wb × 0.0355	Dc=Wc × 0.0774	Dd=Wd × 0.250	De=We × 0.250		Ba=Da × Sm × 10 ³	Bb=Db × Sm × 10 ³	Bc=Dc × Sm × 10 ³	Bd=Nd × Sm × 10 ³	Be=De × Sm × 10 ³	
B-1	0.84	0.32	0.00	0.44	55.0	0.126	0.011	0.000	0.110	13.750	88,800	11	1	0	10	1,221	1,243
B-2	1.41	0.00	0.00	0.29	57.9	0.212	0.000	0.000	0.073	14.475	76,300	16	0	0	6	1,104	1,126
B-3	0.56	107.20	2.60	0.00	13.0	0.084	3.806	0.201	0.000	3.250	250,000	21	951	50	0	813	1,835
B-4	1.76	17.40	47.60	5.24	7.4	0.264	0.618	3.684	1.310	1.850	193,800	51	120	714	254	359	1,497
B-5	4.92	23.64	28.52	5.08	8.3	0.738	0.839	2.207	1.270	2.075	55,900	41	47	123	71	116	399
B-6	0.26	0.58	31.68	0.00	75.2	0.039	0.021	2.452	0.000	18.800	188,400	7	4	462	0	3,542	4,015
B-7	0.28	118.72	67.76	0.00	37.8	0.042	4.215	5.245	0.000	9.450	250,000	11	1,054	1,311	0	2,363	4,738
B-8	0.64	12.16	24.52	4.16	16.3	0.096	0.432	1.898	1.040	4.075	250,000	24	108	474	260	1,019	1,885
B-9	2.52	4502.92	137.52	0.52	27.8	0.378	159.854	10.644	0.130	6.950	294,200	111	47,029	3,131	38	2,045	52,355
B-10	1.06	0.26	1.15	0.06	21.5	0.159	0.009	0.089	0.015	5.375	134,700	21	1	12	2	724	761
B-11	0.60	201.68	82.72	0.00	16.1	0.090	7.160	6.403	0.000	4.025	250,000	23	1,790	1,601	0	1,006	4,419
B-12	1.72	25.08	9.40	0.00	21.1	0.258	0.890	0.728	0.000	5.275	250,000	65	223	182	0	1,319	1,788
B-13	2.88	446.40	50.40	0.52	15.2	0.432	15.847	3.901	0.130	3.800	251,200	109	3,981	980	33	955	6,056
B-14	1.32	1.95	0.00	0.10	44.5	0.198	0.069	0.000	0.025	11.125	84,400	17	6	0	2	939	964
B-15	0.24	2.68	3.96	0.08	14.3	0.036	0.095	0.307	0.020	3.575	250,000	9	24	77	5	894	1,008
B-16	2.36	795.36	14.24	0.00	21.7	0.354	28.235	1.102	0.000	5.425	250,000	89	7,059	276	0	1,356	8,779
B-17	0.40	348.80	3.60	0.40	8.0	0.060	12.382	0.279	0.100	2.000	259,400	16	3,212	72	26	519	3,845
B-18	0.84	401.72	22.72	0.00	26.4	0.126	14.261	1.759	0.000	6.600	281,900	36	4,020	496	0	1,861	6,412
B-19	0.64	222.00	4.88	0.00	21.2	0.096	7.881	0.378	0.000	5.300	250,000	24	1,970	94	0	1,325	3,414
B-20	0.12	322.64	24.72	1.08	9.2	0.018	11.454	1.913	0.270	2.300	282,200	5	3,232	540	76	649	4,503
B-21	1.28	62.68	5.64	0.00	24.1	0.192	2.225	0.437	0.000	6.025	256,800	49	571	112	0	1,547	2,280
B-22	1.48	695.52	19.24	0.36	13.1	0.222	24.691	1.489	0.090	3.275	250,000	56	6,173	372	23	819	7,442
B-23	7.04	0.00	12.40	0.00	12.0	1.056	0.000	0.960	0.000	3.000	418,600	442	0	402	0	1,256	2,100
合計											5,116,600	1,252	81,575	11,482	805	27,748	122,862

注)カニ類は、1995.10月のコドラート調査結果を使用
 軟体動物:カキ類を除く
 節足動物:フジツボ・カニ類を除く

表 6.2.8(3) 曾根干潟における底生生物現存量の推定結果(1996年1月)

地点	湿重量W(g-wet/m ²)					乾重量D(g-dry/m ²)					メッシュ 面積 Sm(m ²)	現存量B(kg-dry)					合計
	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類		環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	
	Wa	Wb	Wc	Wd	We	Da=Wa ×0.150	Db=Wb ×0.0355	Dc=Wc ×0.0774	Dd=Wd ×0.250	De=We ×0.250		Ba=Da ×Sm× 10 ³	Bb=Db ×Sm× 10 ³	Bc=Dc ×Sm× 10 ³	Bd=Dd ×Sm× 10 ³	Be=De ×Sm× 10 ³	
B-1	2.00	1.28	0.08	0.48	55.0	0.300	0.045	0.006	0.120	13.750	88,800	27	4	1	11	1,221	1,263
B-2	2.53	0.13	0.00	2.31	57.9	0.380	0.005	0.000	0.578	14.475	76,300	29	0	0	44	1,104	1,178
B-3	0.28	71.96	0.32	0.00	13.0	0.042	2.555	0.025	0.000	3.250	250,000	11	639	6	0	813	1,468
B-4	0.84	0.00	0.04	0.24	7.4	0.126	0.000	0.003	0.060	1.850	193,800	24	0	1	12	359	395
B-5	2.12	0.00	38.56	1.96	8.3	0.318	0.000	2.985	0.490	2.075	55,900	18	0	167	27	116	328
B-6	0.35	0.87	3.20	0.36	75.2	0.053	0.031	0.248	0.090	18.800	188,400	10	6	47	17	3,542	3,621
B-7	0.36	19.08	50.00	0.00	37.8	0.054	0.677	3.870	0.000	9.450	250,000	14	169	968	0	2,363	3,513
B-8	0.92	0.76	3.40	0.80	16.3	0.138	0.027	0.263	0.200	4.075	250,000	35	7	66	50	1,019	1,176
B-9	2.64	7.88	64.44	1.88	27.8	0.396	0.280	4.988	0.470	6.950	294,200	117	82	1,467	138	2,045	3,849
B-10	1.09	34.34	0.00	0.06	21.5	0.164	1.219	0.000	0.015	5.375	134,700	22	164	0	2	724	912
B-11	0.32	2.00	145.56	0.00	16.1	0.048	0.071	11.266	0.000	4.025	250,000	12	18	2,817	0	1,006	3,853
B-12	0.32	20.00	3.68	0.28	21.1	0.048	0.710	0.285	0.070	5.275	250,000	12	178	71	18	1,319	1,597
B-13	1.24	19.40	37.12	0.08	15.2	0.186	0.689	2.873	0.020	3.800	251,200	47	173	722	5	955	1,901
B-14	0.06	0.00	0.00	0.25	44.5	0.009	0.000	0.000	0.063	11.125	84,400	1	0	0	5	939	945
B-15	0.96	43.80	9.00	0.12	14.3	0.144	1.555	0.697	0.030	3.575	250,000	36	389	174	8	894	1,500
B-16	1.12	1540.16	5.68	0.12	21.7	0.168	54.676	0.440	0.030	5.425	250,000	42	13,669	110	8	1,356	15,185
B-17	2.52	591.12	20.68	0.24	8.0	0.378	20.985	1.601	0.060	2.000	259,400	98	5,443	415	16	519	6,491
B-18	0.16	608.72	18.84	0.00	26.4	0.024	21.610	1.458	0.000	6.600	281,900	7	6,092	411	0	1,861	8,370
B-19	0.24	736.52	20.52	0.08	21.2	0.036	26.146	1.588	0.020	5.300	250,000	9	6,537	397	5	1,325	8,273
B-20	0.48	111.76	6.80	0.44	9.2	0.072	3.967	0.526	0.110	2.300	282,200	20	1,120	149	31	649	1,969
B-21	0.64	99.52	0.00	0.00	24.1	0.096	3.533	0.000	0.000	6.025	256,800	25	907	0	0	1,547	2,479
B-22	0.48	574.52	5.60	0.00	13.1	0.072	20.395	0.433	0.000	3.275	250,000	18	5,099	108	0	819	6,044
B-23	0.64	54.44	6.20	0.20	12.0	0.096	1.933	0.480	0.050	3.000	418,600	40	809	201	21	1,256	2,327
合計	—					—					5,116,600	671	41,504	8,296	416	27,748	78,636

注)カニ類は、1995.10月のコドラート調査結果を使用
 軟体動物:カキ類を除く
 節足動物:フジツボ・カニ類を除く

表 6.2.8(4) 曾根干潟における底生生物現存量の推定結果(1996年3月)

地点	湿重量W(g-wet/m ²)					乾重量D(g-dry/m ²)					メッシュ 面積 Sm(m ²)	現存量B(kg-dry)					合計
	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類		環形動物	二枚貝	巻貝	節足動物	カニ類	
	Wa	Wb	Wc	Wd	We	Da=Wa ×0.150	Db=Wb ×0.0355	Dc=Wc ×0.0774	Dd=Wd ×0.250	De=We ×0.250		Ba=Da ×Sm× 10 ³	Bb=Db ×Sm× 10 ³	Bc=Dc ×Sm× 10 ³	Bd=Dd ×Sm× 10 ³	Be=De ×Sm× 10 ³	
B-1	1.76	0.00	0.00	0.28	55.0	0.264	0.000	0.000	0.070	13.750	88,800	23	0	0	6	1,221	1,251
B-2	4.08	0.99	0.00	1.04	57.9	0.612	0.035	0.000	0.260	14.475	76,300	47	3	0	20	1,104	1,174
B-3	1.12	274.00	27.68	0.00	13.0	0.168	9.727	2.142	0.000	3.250	250,000	42	2,432	536	0	813	3,822
B-4	10.04	0.60	3.76	3.60	7.4	1.506	0.021	0.291	0.900	1.850	193,800	292	4	56	174	359	885
B-5	2.20	114.96	59.36	5.12	8.3	0.330	4.081	4.594	1.280	2.075	55,900	18	228	257	72	116	691
B-6	0.56	5.79	36.36	0.64	75.2	0.084	0.206	2.814	0.160	18.800	188,400	16	39	530	30	3,542	4,157
B-7	1.60	152.32	47.96	0.08	37.8	0.240	5.407	3.712	0.020	9.450	250,000	60	1,352	928	5	2,363	4,707
B-8	3.52	8.36	17.80	2.04	16.3	0.528	0.297	1.378	0.510	4.075	250,000	132	74	344	128	1,019	1,697
B-9	1.48	279.20	73.32	2.40	27.8	0.222	9.912	5.675	0.600	6.950	294,200	65	2,916	1,670	177	2,045	6,872
B-10	3.56	0.61	0.00	0.64	21.5	0.534	0.022	0.000	0.160	5.375	134,700	72	3	0	22	724	820
B-11	1.52	53.44	8.24	0.56	16.1	0.228	1.897	0.638	0.140	4.025	250,000	57	474	159	35	1,006	1,732
B-12	3.56	999.52	31.96	1.04	21.1	0.534	35.483	2.474	0.260	5.275	250,000	134	8,871	618	65	1,319	11,006
B-13	3.04	803.88	15.12	1.24	15.2	0.456	28.538	1.170	0.310	3.800	251,200	115	7,169	294	78	955	8,610
B-14	0.32	0.03	0.00	0.24	44.5	0.048	0.001	0.000	0.060	11.125	84,400	4	0	0	5	939	948
B-15	1.68	36.40	0.44	0.16	14.3	0.252	1.292	0.034	0.040	3.575	250,000	63	323	9	10	894	1,298
B-16	2.32	1700.08	3.84	0.28	21.7	0.348	60.353	0.297	0.070	5.425	250,000	87	15,088	74	18	1,356	16,623
B-17	1.28	1188.48	18.84	0.36	8.0	0.192	42.191	1.458	0.090	2.000	259,400	50	10,944	378	23	519	11,915
B-18	0.60	377.40	0.00	0.00	26.4	0.090	13.398	0.000	0.000	6.600	281,900	25	3,777	0	0	1,861	5,663
B-19	1.92	75.08	5.88	0.04	21.2	0.288	2.665	0.455	0.010	5.300	250,000	72	666	114	3	1,325	2,180
B-20	1.64	35.28	12.20	0.32	9.2	0.246	1.252	0.944	0.080	2.300	282,200	69	353	266	23	649	1,361
B-21	3.56	370.28	1.80	0.00	24.1	0.534	13.145	0.139	0.000	6.025	256,800	137	3,376	36	0	1,547	5,096
B-22	1.20	732.36	5.28	0.00	13.1	0.180	25.999	0.409	0.000	3.275	250,000	45	6,500	102	0	819	7,466
B-23	4.48	97.96	2.92	0.08	12.0	0.672	3.478	0.226	0.020	3.000	418,600	281	1,456	95	8	1,256	3,096
合計	—					—					5,116,600	1,907	66,047	6,467	900	27,748	103,069

注)カニ類は、1995.10月のコドラート調査結果を使用
 軟体動物:カキ類を除く
 節足動物:フジツボ・カニ類を除く

表 6.2.9 曾根干潟を採餌場として利用する鳥類による採餌量の推定結果

No.	分類			最大採餌個体数(羽)						体重 ^{注)} W _i (g)	1個体の 1日の採餌量 Y _i (g/羽/日)	全個体の各月の採餌量 B _m (kg-dry/月)						
	目	科	種	1995年		1996年						1995年		1996年				
				8月	9月	1月	2月	3月	5月	8月	9月	1月	2月	3月	5月			
1	カイツブリ目	カイツブリ科	カイツブリ			2	1			175	19			1	1			
2			ハジロカイツブリ			31	6	51		298	27			25	5	42		
3			カンムリカイツブリ			25	5	25		(450)	36			27	5	27		
4	ペリカン目	ウ科	カワウ				1			2,000	98				3			
5	コウノトリ目	サギ科	ダイサギ	91	68		1	3	31	1,500	81	220	165		2	7	75	
6			チュウサギ	8						(1,000)	61	15						
7			コサギ	130	85	2	5	3	29	(600)	44	170	111	3	7	4	38	
8			アオサギ	24	37		3	1	14	1,200	69	50	77		6	2	29	
9	ガンカモ目	ガンカモ科	ツクシガモ			657	514	344	90	985	61			1,200	939	628	164	
10			マガモ			1,217	1,126	881	1	1,095	65			2,386	2,208	1,727	2	
11			カルガモ			115	58	91	3	1,073	64			222	112	176	6	
12			コガモ		2	29	4	69		363	31		2	27	4	65		
13			ヨシガモ			2		9		699	48			3		13		
14			オカヨシガモ			24	2	24		945	59			43	4	43		
15			ヒドリガモ		5	260	227	368		758	51		8	398	348	564		
16			アメリカヒドリ					1		(758)	51					2		
17			オナガガモ			437	393	118		912	58			758	681	205		
18			ハシビロガモ			10	2	10		536	40			12	2	12		
19			キンクロハジロ			1	36	8		758	51			2	55	12		
20			スズガモ			1	38	14		788	52			2	60	22		
21			ビロードキンクロ					1		1,400	77				2			
22			ホオジロガモ			86	23	66		821	54			139	37	107		
23			ミコアイサ			1		1		628	45			1		1		
24			ウミアイサ			107	118	45		933	59			188	208	79		
25	ワシ科	ワシ科	ミサゴ	1						1,550	82	2						
26	チドリ目	ミヤドリ科	ミヤドリ			2	2			565	42			3	3			
27		チドリ科	シロチドリ			28	162	42	4	52	8		7	41	11	1		
28			メダイチドリ			10				69	10			3				
29			ダイゼン			38	84		76	245	24		27	60			55	
30		シギ科	トウネン			5				35	7		1					
31			ハマシギ			626	49		169	63	10			180	14		49	
32			オバシギ		1					157	18		1					
33			アカアシシギ						1	131	16						0	
34			アオアシシギ	2	6				18	196	21	1	4				11	
35			カラフトアオアシシギ		3					157	18		2					
36			キアシシギ		4				189	124	15		2				86	
37			イソシギ	1	1		2		2	55	9	0	0		1		1	
38			ソリハシシギ	4	48				9	86	12	1	17				3	
39			オオソリハシシギ		30				298	313	28		25				252	
40			ダイシャクシギ		4	125	96	66	8	821	54		6	202	155	107	13	
41			ホウロクシギ		16			5	9	799	53		25			8	14	
42			チュウシャクシギ	16	2				514	395	33	16	2				509	
43		カモメ科	ユリカモメ		71	560	1,652	781		298	27		58	459	1,353	640		
44			セグロカモメ			46	36	65		1,232	71			98	76	138		
45			カモメ			115	44	113		(500)	39			133	51	131		
46			ウミネコ		15	1				561	42		19	1				
47			ズグロカモメ			109	148	53	1	195	21			67	91	33	1	
48			クロハラアジサシ		3					79	11		1					
49			コアジサシ						76	76	11						25	
50	スズメ目	セキレイ科	ハクセキレイ		1		3	2		26	5		0		0	0		
51			セグロセキレイ					1		27	5					0		
52		カラス科	ミヤマガラス			430	48			379	32			414	46			
53			ハシボソガラス	12	5	9	40	41	15	(450)	36	13	5	10	43	44	16	
合計				289	478	5,286	4,726	3,263	1,553	-	-	-	490	566	7,108	6,533	4,839	1,349

注) 括弧内の数値は近縁種からの推定値

6.2.6 まとめ

曾根干潟の鳥類による利用状況を既存文献および既存調査をもとに整理・解析した結果、次のことが明らかとなった。

- ・曾根干潟に飛来する鳥類は、曾根干潟に生息するゴカイ類、貝類、エビ・カニ類、魚類等ほか様々な動植物を餌としている。
- ・鳥類は曾根干潟を採餌場や休息場として利用し、鳥類全体・年間を通してみると、採餌場としては干潮線付近、特に間島北側が、休息場としては大野川河口から竹馬川河口にいたる堤防沿い、特に地盤高が高く中潮から大潮の満潮時を除くと干出している大野川河口の砂州は満潮時の休息場として多くの鳥類が利用していた。
- ・採餌・休息場の分布は種類によって異なるもののいくつかのグループに分類することができた。中でも魚食性の高いダイサギ・コサギ・アオサギは、滞筋付近を採餌場または休息場として利用する傾向がみられた。
- ・オサガニ類が主要な餌とされるズグロカモメ、ダイシャクシギは汀線付近での採餌個体が多く、ヤマトオサガニの多い岸際での採餌は少なかった。特にダイシャクシギはその傾向が顕著であり、採餌場所が餌生物の密度に依存する「密度依存型」ではなく、「汀線依存型」といえる。
- ・ズグロカモメの餌の目視による確認は難しく、判別できたものの多くはオサガニ類で、そのほかゴカイ、魚、エビ類が確認された。また、小型のカニまたは貝と思われるものを食べていたが、種類は特定できなかった。
- ・ズグロカモメ1羽が食べていたカニの量は1日あたり大小合わせて30～60個体(約45～90g)であり、曾根干潟で越冬するズグロカモメ約140羽(1995年度当時)の餌量は75～150万個体と推定された。この量は曾根干潟に生息するオサガニ類約5,000万個体の1.5～3%に相当し、ズグロカモメの餌としては十分な量と考えられた。
- ・曾根干潟に飛来する鳥類の1995年度の年間の採餌量は約42トンと推定され、曾根干潟の底生生物の生産量180～270トンの16～23%に相当し、底生生物だけで鳥類の餌を十分賄えられていると考えられた。

しかし、2012年度以降、曾根では底生生物の現存量が1995年度の約10分の1以下に減少し、特に減少の大きかった二枚貝類を主な餌とする鳥類への影響が懸念された。

(高比良, 岩本)

参考文献

- 1) 北九州市経済局, (財)九州環境管理協会:曾根漁港海域環境調査委託報告書(平成8年3月), 1996.
- 2) 清棲幸保:日本鳥類大図鑑Ⅰ, 講談社, 本文 pp.1-444, 1979.
- 3) 清棲幸保:日本鳥類大図鑑Ⅱ, 講談社, 本文 pp.445-898, 1979.
- 4) 清棲幸保:日本鳥類大図鑑Ⅲ, 講談社, 本文 pp.899-1002, 1979.
- 5) 和田 岳 : 3. 鳥, IV. 干潟の生物, 第27回特別展干潟の自然, 大阪市立自然史博物館, pp.42-44, 2000.
- 6) 秋山章男: 2.2 干潟の鳥類, 河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー(栗原 康編著), 東海大学出版会, pp.96-108, 1998.
- 7) 吉安京子,尾崎清明:小櫃川河口干潟におけるシロチドリ *Charadrius alexandrinus* の個体数の季節変動と餌内容, 山階鳥類研究所研究報告, 34 巻, 1号, pp.126-135, 2002.
- 8) D.S.McLusky : 4.4 鳥類, 第4章 二次消費者 肉食者, エスチャリーの生態学(中田喜三郎訳), 生物研究社, pp.136-143, 1999.
- 9) 長谷川 博:干潟の鳥の観察, 自然と楽しむ野外観察 自然の教室 (日本鳥類保護連盟編), 出版科学総合研究所, pp.143-147, 1980.
- 10) 桑江朝比呂, 三好英一:小型シギ類における未知の餌の探求を通じた干潟生態系の再生, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2., pp. I 1176- I 1180, 2012.
- 11) 土居秀幸, 岡村寛:生物群集解析のための類似度とその応用-R を使った類似度の算出, グラフ化, 検定-, 日本生態学会誌, 61 巻, 1 号, pp. 3-20, 2011.

- 12) 環境省:別添資料3 環境省レッドリスト2020, 環境省レッドリスト2020の公表について, 令和2年3月27日報道発表資料, 2020.
<https://www.env.go.jp/press/files/jp/114457.pdf> (参照2025年4月29日)
- 13) 武下雅文, 佐本一雄, 林 修:福岡県曾根干潟におけるズグロカモメの越冬数の年変化と季節変化, *Strix*, 12, pp.107-114, 1993.
- 14) 武石全慈:日本の絶滅危惧海鳥類 絶滅危惧 II 類(VU) ズグロカモメ, 世界アルバトロスデー&シーバードウィーク, 2020.
https://albatrossday.org/seabirds/VU/Saunderss_GuII.html (参照2025年4月29日)
- 15) 小野勇一(自然環境定量評価研究会):河川整備基金助成事業「河口干潟生態系における環境評価手法の研究」報告書(助成番号14-1-II-2-5), 40 pp., 河川環境管理財団, 2003.
- 16) 小野勇一:干潟のカニの自然誌, 平凡社・自然叢書29, 272 pp., 平凡社, 1995.
- 17) 黒田長久:鳥類生態学, 出版科学総合研究所, 614pp., 1982.
- 18) 北九州市, (財)九州環境管理協会:平成9年度曾根干潟環境調査(定点観測調査)業務委託報告書 平成10年3月, 1998.
- 19) 堀越増興, 菊池泰二:ベントス, 海藻・ベントス, 東海大学出版会, pp. 249-255, 1976.

6.3 カブトガニ

6.3.1 カブトガニの概要

曾根干潟は、カブトガニの産卵・繁殖場としてよく知られており、カブトガニは曾根干潟のシンボルともいえるであろう。カブトガニは、数億年前からその姿をほとんど変えておらず、いわゆる「生きている化石」と呼ばれる生物である。特に、中生代のジュラ紀にヨーロッパからアジアにかけて生息したメソリムルス(*Mesolimulus walchi*)というカブトガニは、今、地球上に生きているカブトガニ類とほとんど見分けがつかないほどよく似ている¹⁾。図 6.3.1 の左図が 1~2 億年前の中生代の代表的なカブトガニの化石(全長 6cm)の写真^{1), 2)}であり、右図が曾根干潟に生息する現生のカブトガニ(全長 64cm)の写真である。

カブトガニは、分類学上、鋏角亜門のカブトガニ目に属する節足動物で、「カニ」と名付けられているが、クモやサソリなどが含まれる鋏角類に分類されている。

生活史をみると、産卵は前面に干潟が広がる砂浜でおこなわれ、幼生のときは干潟で生息し、十数回の脱皮を経て成体になり、10 齢程度で、海域の深い海に移動して、そこで生活をしている。

カブトガニの生息場所は世界的に限られたところしかない。中国や日本などのアジア大陸の東海岸からタイやベトナムなどの東南アジアの海岸およびベンガル湾までのアジア大陸の南海岸、北米大陸の東海岸からメキシコ湾の海岸³⁾で、基本的にアジア大陸と北米大陸の東海岸から南海岸である。

日本沿岸におけるカブトガニの分布は、関口³⁾による



図 6.3.1 カブトガニの化石種¹⁾と現生種

と、「瀬戸内海の沿岸各地と、九州北岸一帯だけに限られており、少なくとも本州の中部以北および九州の中部以南には生息していない。」と述べている。昭和初期においては瀬戸内海の各地で生存が確認されていたが、昭和 60 年代には生息地が激減して瀬戸内海では産卵と幼生の生息が確認される場所は数か所のみとなった。現在では、周防灘から伊万里湾にいたる山口県と北部九州の海岸が主要な生息地となっている。近年、沿岸域の開発等により生息できる海岸が減少しており、環境省のレッドデータブック(日本の絶滅のおそれのある野生生物の種についてそれらの生息状況等を取りまとめたもの⁴⁾では絶滅危惧 I 類(CR+EN)に指定されている。カブトガニが生息する地域の自然環境の保護・保全がなされねば、この先カブトガニが絶滅する可能性が危惧されている。

カブトガニの調査・研究に関しては、日本カブトガニを守る会が精力的に行っている。図 6.3.2 は、曾根干潟、守江湾(大分県杵築市)、玉喜海岸(山口県下関市)、伊万里湾(佐賀県伊万里市)の各湾・海岸に産卵に現れたつがい数をあらわしている⁵⁾。曾根干潟は、4 地域のうち最も産卵つがい数が多いが、それが周期的に変動している。2005 年に最初のピークが起これ、約 10 年後の 2016 年に二度目のピークが起きた。二度ともピークの次の年には、曾根干潟でカブトガニ成体の死がいが多数確認される大量死が発生しており、2006 年では約 350 個体、2017 年には約 500 個体のカブトガニの死がい確認された。この大量死の原因はいまだに判明していない。大量死以後、つがい数が急激に減少し、

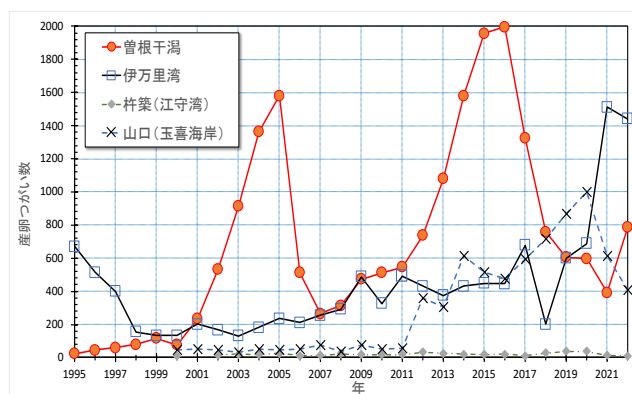


図 6.3.2 九州北部と山口県におけるカブトガニの産卵つがい数⁵⁾

2007年に底に着き、その後徐々に回復して2012年以降急激に増大し2016年に過去最大となった。

伊万里湾では1995年の670つがいから減少し、2001年からは200つがい前後で推移し、2007年以降緩やかな増加傾向であったが、2018年以降急激な増加に転じた。玉喜海岸では、2011年までは守江湾と同様に100つがい以下で推移していたが、それ以降急激に増大している。

6.3.2 カブトガニ幼生の調査方法

幼生の調査方法は、図 6.3.3 に線で示したルート上を4～5人で踏査し、目視観察により発見した幼生の個体数と前体幅、全長を計測するとともに簡易GPSでその位置を測定した。この調査は、定量研が2006年より行っており、2015年までは図 6.3.3 左図の薄茶色線のルートをすべて踏査していたが、2016年以降は図 6.3.3 右図の緑色、赤色の線をルートとした。この調査は、8月もしくは9月に行われた。また、4月から11月までの毎月1回右図のP14からP18を経由してP15に至るルートにおける幼生調査も行った。

調査項目は、簡易GPSで測定した幼生の発見位置、幼生の大きさの指標になる前体幅と尾を含めた全長である。図 6.3.4 は、カブトガニ幼生(以降、幼生)の前体幅と全長を写真に示す白線で定義しており、この幼生では前体幅が30mm程度であるので右表より推定6齢となる。脱皮をするたびに1齢加算される。前体幅と齢との関係は川原⁶⁾や山崎ら⁷⁾により図 6.3.4 の右表のように提案されており、前体幅を計測することにより齢を推定することができる。

6.3.3 カブトガニ幼生の分布状況

図 6.3.5 の左図は、2006年の調査で出現した幼生の位置(★)を示したものである。右図中の円は、測量測点を中心とした半径125mの円であり、その円内の幼生の個体数を集計した。2006年、2013年、2021年の結果を図 6.3.6 の棒グラフで表している。なお、集計円外にいた幼生は最も近い円で集計した。結果をみると、2006年においては、地盤高の濃い青色で示した沖側を除いて干潟のほぼ全域に幼生が分布しており、北干潟で

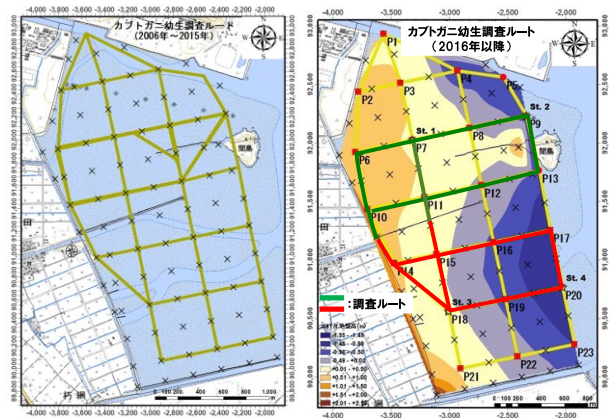


図 6.3.3 調査ルート
(左図:2015年以前,右図:2016年以降)



齢	前体幅(mm)
1	～ 6.5
2	6.5 ～ 9.5
3	9.5 ～ 13.4
4	13.4 ～ 18.3
5	18.3 ～ 25.4
6	25.4 ～ 35.0
7	35.0 ～ 46.9
8	46.9 ～ 61.6
9	61.6 ～ 79.8
10	79.8 ～ 102.3

図 6.3.4 カブトガニ幼生の大きさの計測と推定齢の前体幅の範囲

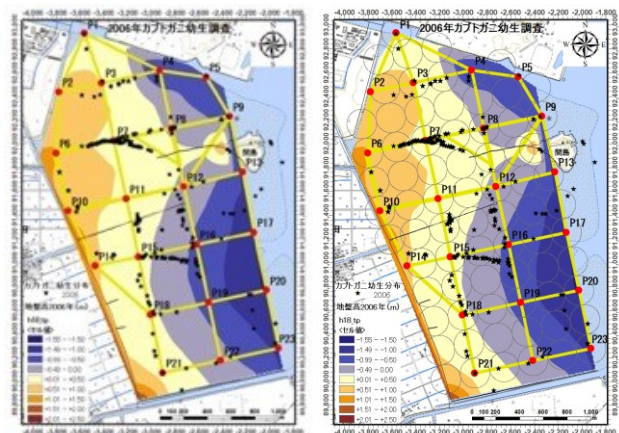


図 6.3.5 カブトガニ幼生の出現分布(左図:2006年)と個体数集計円(右図)

306個体、南干潟で299個体が出現した。2013年では幼生が北干潟には2個体しか出現しておらず、南干潟においても限られた分布範囲で52個体のみであった。2021年においては、短いルートではあるが、北干潟で16個体、南干潟で117個体を確認した。このように、近年において幼生の出現範囲が限定され、特に北干潟では幼生がほとんど出現しない状況になっている。その要因は不明である。

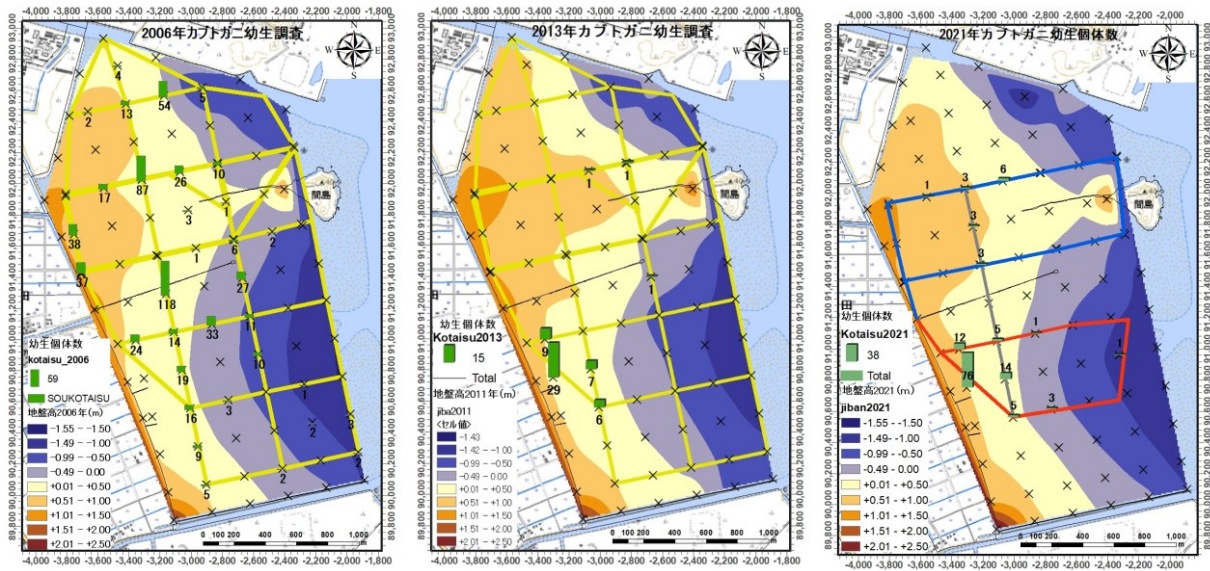


図 6.3.6 カブトガニ幼生の出現個体数(左図:2006年, 中図:2013年, 右図:2021年)

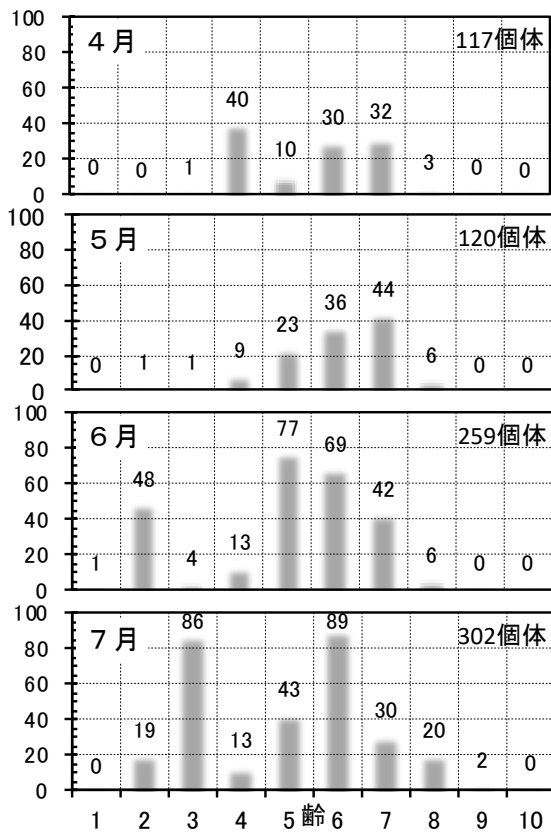


図 6.3.7 P14-P18-P15 における各月の齢別幼生個体数(4月~7月)

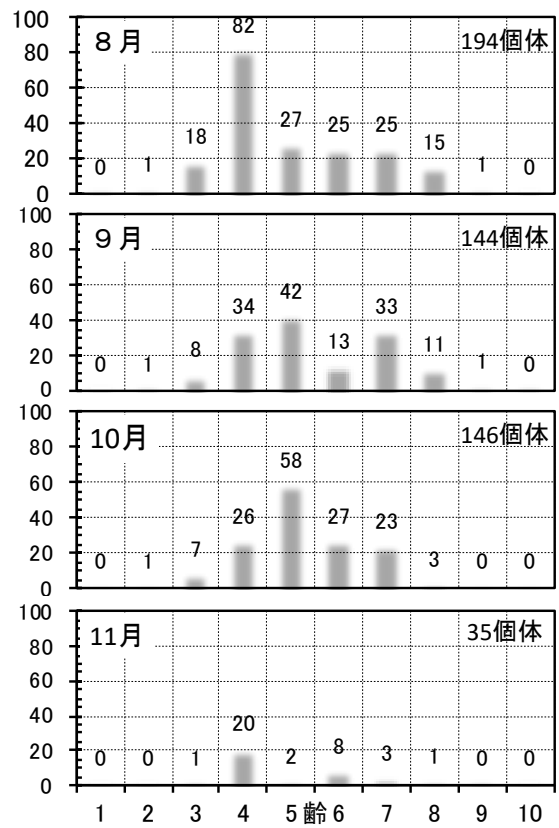


図 6.3.8 P14-P18-P15 における各月の齢別幼生個体数(8月~11月)

4月から11月までの毎月1回、P14からP18を經由してP15に至るルートにおける幼生調査より得られた15年間の月別・推定齢別の平均個体数を、齢を横軸として図6.3.7(4月~7月)と図6.3.8(8月~11月)に示している。前述したように、幼生の齢を推定する際に用いた前体幅の範囲は、川原⁶⁾や山崎⁷⁾を参考として図6.3.4

の右表を用いた。月ごとの平均個体数としては、7月が302個体と最も多く、次が6月の259個体、3番目が8月の194個体と夏季に出現する個体数が多い結果となっている。また、推定齢に関しては、山崎⁷⁾によると、「第1齢幼生は第1年目には脱皮をせぬまま冬を越し、第2年目は3回の脱皮を行なって第4齢で第3年目に

入る。第3年目は第4回と第5回の脱皮を済ませて、第6齢で第4年目に入る。」とっており、この現象を示す結果が図 6.3.7 と図 6.3.8 に示されている。すなわち、6月で第2齢が多いことから第1齢が脱皮をして第2齢になり、それが6月から7月の間に脱皮をしたことで7月に第3齢が多く、さらに8月では第4齢が多いことから7月から8月の間で第3齢が脱皮をして第4齢になったと考えられる。さらに、6月に第5齢が多く、7月に第6齢が多くなっていることから、この間で1回脱皮が起きていると考えられる。

6.3.4 南・北干潟におけるカブトガニ幼生個数と産卵つがい数の経年変化

北干潟と南干潟に位置する15年間で共通のルート上で出現した幼生の個体数を北ルート(青△)と南ルート(赤○)(図 6.3.3 右図の緑色と赤色のルート)に分けて経年的に示したのが図 6.3.9 である。図中には日本カブトガニを守る会が計測した産卵つがい数(図 6.3.2 参照)も黒線で示されおり、図の左軸が幼生個体数、右軸がつがい数(折線グラフ)となっている。まず、幼生個体数を南北で比較すると、南ルートの幼生個体数は、ピークの年が産卵つがい数とは異なるが、つがい数と同様に周期的な変動をしている。一方、北ルートでは2006年には南ルートと個体数がほぼ同じであったが、その後は減少して2009年以降は0から十数個体で推移している。2006年からの15年間の平均個体数では、南ルートが180個体であるのに対して北ルートでは25個体と、南ルートは北ルートの7倍程度多いことになる。このように南干潟に比べて北干潟で幼生個体数が少ない理由のひとつは、産卵つがい数の違いが考えられる。林⁸⁾によると曾根干潟で確認されている産卵場所は6か所であり、南干潟には朽網川河口、松山海岸、貫川河口の3か所、北干潟には吉田海岸、大野川河口、間島の3か所が位置している。各産卵場所における産卵つがい数⁹⁾を北干潟と南干潟で集計して経年的に示したのが図 6.3.10 である。図をみると、南干潟で産卵するつがい数が北干潟より常に2~4倍上回っており、この違いが北ルートで幼生個体数が少ない要因の一つであると考えられる。しかし、つがい数に比べて幼生個体数があま

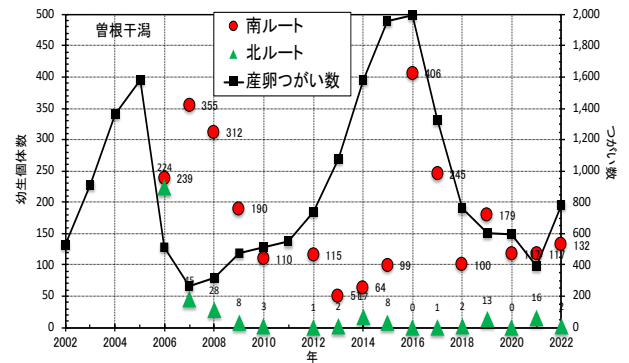


図 6.3.9 南・北ルートにおける幼生個体数と産卵つがい数の経年変化

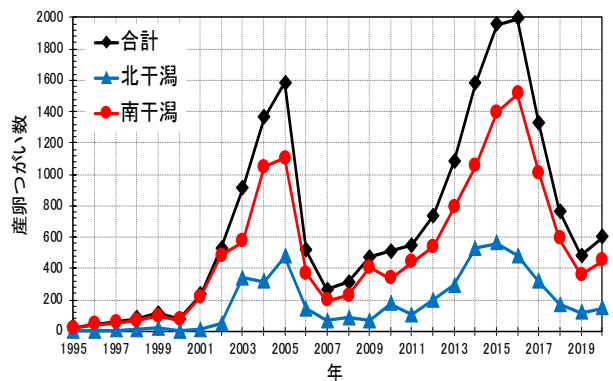


図 6.3.10 南干潟と北干潟の産卵場所における産卵つがい数の経年変化

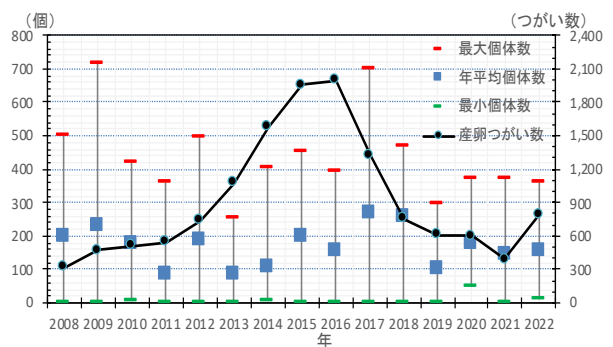


図 6.3.11 南干潟の P14-P18-P15 ルート上に出現した幼生の平均値と最小・最大値の経年変化

りにも少ない要因は他にもあると思われるが、今のところ不明である。

図 6.3.11 は、4月から11月に月1回行っている幼生調査データより8か月間の平均値と最大値・最小値を求め経年的に図示したものである。平均値とつがい数との相関はみられない。平均値が100~200個体の年が多く、経年的に減少する傾向もみられていない。最大値は年により700個体以上出現するときもある。

6.3.5 カブトガニ幼生の生息環境⁹⁾

幼生個体数の集計結果(2006年と2007年)より幼生の生息分布を地形や主要な底質要素の平面分布状況と重ね合わせて、幼生が多く生息している環境を調べた。図 6.3.12 は、幼生個体数と等高線図を重ね合わせたもの(左図)と縦軸が幼生個体数、横軸が地盤高のヒストグラム(右図)であり、6 齢以下と7 齢以上で表示している。両図をみると幼生が多く生息していた範囲は、地盤高 0.0~0.5m であった。また、地盤高 1.0m 以上の干潟のところでは出現した幼生は皆無であり、沖側の地盤高-1.0m 以下では7 齢以上のみ約 50 個体確認された。年齢が高いほど干潟の沖側でも生息することが示唆される。

図 6.3.13 は、幼生個体数と底質硬度との関係を表したものである。図から底質硬度(貫入抵抗値)が 0~25mm までの範囲に幼生が生息しており、10~15mm に

多く生息していた。また、10mm 以下の柔らかい干潟では 6 齢以下が大半であった。

図 6.3.14 は、幼生個体数と含泥率との関係を表したものである。図から含泥率が 20~85% の広い範囲に幼生が生息していた。特に、60~80% の範囲には約半数の幼生の生息が確認された。また、6 齢以下は含泥率が 60% 以上に約 240 個体出現したが、50% 以下になると半分以下の 100 個体程度であった。幼生は、泥の中に身を隠す性質があるため、含泥率がある程度高いところ、すなわち底質硬度の低いところに多く生息していると考えられる。

図 6.3.15 は、幼生個体数と COD の関係を表したものである。図から COD が 1~4mg/g の範囲に幼生が生息していた。3mg/g までは COD が高くなると個体数が増加する傾向がうかがえる。水産用水基準によると底質 COD は 20mg/g(乾泥)であるので、今回の COD の値は

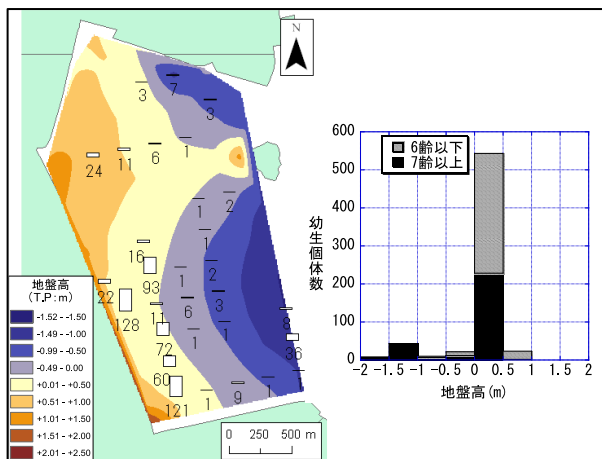


図 6.3.12 幼生個体数と地盤高

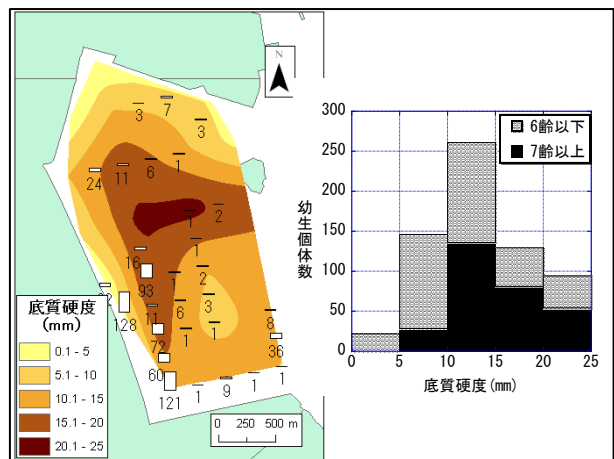


図 6.3.13 幼生個体数と底質硬度

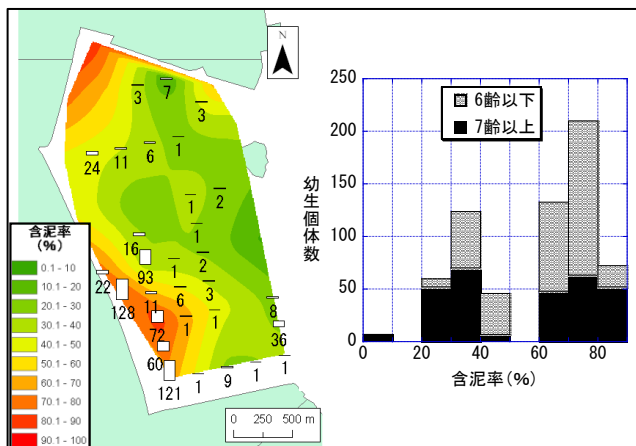


図 6.3.14 幼生個体数と含泥率

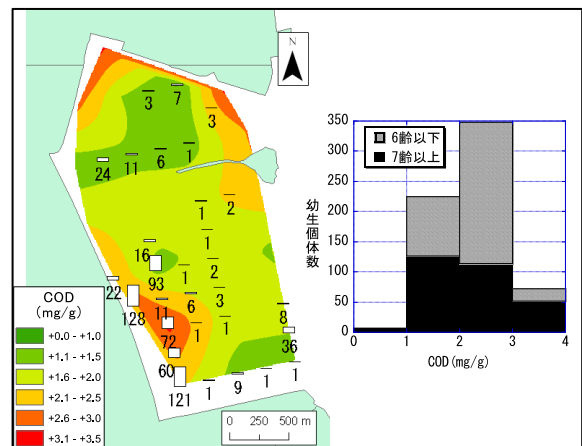


図 6.3.15 幼生個体数と COD

かなり低い値となっており、幼生の生息環境としては問題ないと思われる。その中でも 1~3mg/g に集中しており、この間で約 9 割が出現した。

表 6.3.1 は、原らによる 2006 年の結果と 2007 年の結果をまとめたもの¹⁰⁾である。これらの結果を比較するとある程度類似している結果が得られた。しかし、2006 年と 2007 年で最も異なる項目は含泥率であり、2006 年に比べ 2007 年の方がより幅広い含泥率で幼生が出現していた。一方、地盤高では 2006 年の方が-0.5m~+1.0m と幅広い地盤高で幼生が出現した。

6.3.6 カブトガニの環境指標の可能性

カブトガニの生活史をみると、砂礫浜で産卵し、幼生時代は泥質の干潟で生活し、成体になると沖の海域で生活するようである。このように、カブトガニは成体になるまでに砂礫浜と泥浜の 2 つの環境が必要であることから、それらの浜の健全性を示す環境指標種とみなせる可能性があると考え。特に、幼生時代を過ごす泥浜の環境が重要であると思われるが、それらは表 6.3.1 に示すとおりであり、これらのデータの蓄積によりカブトガニ幼生の生息環境を明らかにすることができれば、泥浜における環境の健全度の目安になる可能性があると考え。

6.3.7 まとめ

- 1) 曾根干潟におけるカブトガニの繁殖状況は、危機的であると言わざるを得ない。その理由は、幼生数が減少傾向で、特に北干潟では 2009 年以来、多いときでも十数個体で、多くの年は一桁の個体数で推移しているからである。
- 2) 産卵つがい数は、2000 年以降、増加と減少を繰り返しており、最初のピークは 2005 年に、二度目のピークは 2016 年に起こり、それぞれ原因不明の成体の大量死による急激な減少傾向を伴っている。
- 3) 南干潟の幼生出現数は産卵つがい数の変化にそれなりに対応しているが、北干潟では、前述したように、このような増減の傾向はなく減少傾向が続いている。この現象の要因を明らかにするために、今後とも幼生の生息調査を行うとともに、泥浜の自然環

表 6.3.1 カブトガニ幼生の生息環境

調査年	地盤高 (TP:m)	含泥率 (%)	含水比 (%)	底質硬度 (mm)
2006 年	-0.5~1.0	20~50	30~40	/
2007 年	0.0~0.5	20~80	30~40	5~20
調査年	表層貫入率 (m)	強熱減量 (%)	COD (mg/g)	硫化物 (mg/g)
2006 年	/	2~3	/	/
2007 年	0.0~0.2	/	1~3	0.02~0.08

境を注意深く観察する必要がある。

- 4) 4 月から 11 月までの毎月 1 回行っている幼生調査より得られた 15 年間の月別・推定齢別の平均個体数は、7 月が 302 個体と最も多く、次が 6 月の 259 個体、3 番目が 8 月の 194 個体と夏季に出現する個体数が多い結果となっている。
- 5) 幼生が多く生息している自然環境を調べた結果によると、地盤高が 0.0~0.5m の範囲に集中し、沖側の地盤高-1.0m 以下では 7 齢以上のみが確認された。また、底質の含泥率が 20~85% の広い範囲に幼生が確認されており、底質硬度 (貫入抵抗値) では 0~25mm の範囲に幼生が生息し、10~15mm に最も多く生息していた。

(小島)

参考文献

- 1) 関口晃一: 日本カブトガニの現況, 日本カブトガニを守る会, 1993.
- 2) 西井弘之: カブトガニ辞典, p.16, 1975.
- 3) 関口晃一: III 章分布, カブトガニの生物学: 関口晃一編, 制作同人社, pp.21-36, 1999.
- 4) 環境省生物多様性センター: 環境省絶滅危惧種検索, <https://ikilog.biodic.go.jp/Rdb/env> (参照 2022 年 6 月 30 日)
- 5) 日本カブトガニを守る会: カブトガニ, No.16, 1996~No.43, 2023.
- 6) 川原大: 杵築湾におけるカブトガニ幼生の生息状況, 関口晃一 (編) 日本カブトガニの現状, pp.87-104, 1989.
- 7) 山崎柄根, 牧岡俊樹, 斉藤淳: V 章形態, 関口晃一編, カブトガニの生物学: 制作同人社, pp.63-177,

1999.

- 8) 林修: 曾根干潟のカブトガニの現状, かぶとがに, No. 41, 2021.
- 9) 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 伊藤陽, 西岡晃, 高比良光治: 曾根干潟におけるカブトガニ幼生と底質に関する一考察, 海洋開発論文集, 第 24 巻, pp.729-734, 2008.
- 10) 原喜則, 小島治幸, 鄒曙光, 田中邦博, 奥村博樹, 西岡晃: 曾根干潟におけるカブトガニ幼生生息環境の物理特性に関する基礎的研究, 海洋開発論文集, 第 23 巻, pp.447-452, 2007.

6.4 大野川河口ヨシ原の環境と生物

干潟に形成されたヨシ群落(ヨシ原)は、干潟域と陸域の移行帯であり、地盤高や植生といった生息基盤が連続的に変化するため、生物多様性の高い場所である。

一方、干潟と同様に開発行為を受けやすい場所であるため、干潟のヨシ原に依存している生物は、レッドデータブックに記載された希少な種が多くみられる。

ここでは、曾根干潟最大のヨシ原である大野川河口のヨシ原における、底生動物およびその生息環境について定量研の調査結果を報告する。

6.4.1 調査方法

(1) 調査位置

大野川河口の北側に位置するヨシ原(図 6.4.1, 図 6.4.2)に測線を設定した。測線は堤防を基点とし、海岸線からほぼ垂直に沖側へ向かい、植生が完全にみられなくなる場所を終点として設定した(図 6.4.3)。

測線の基点と方向は毎年同じ場所・方向とした。

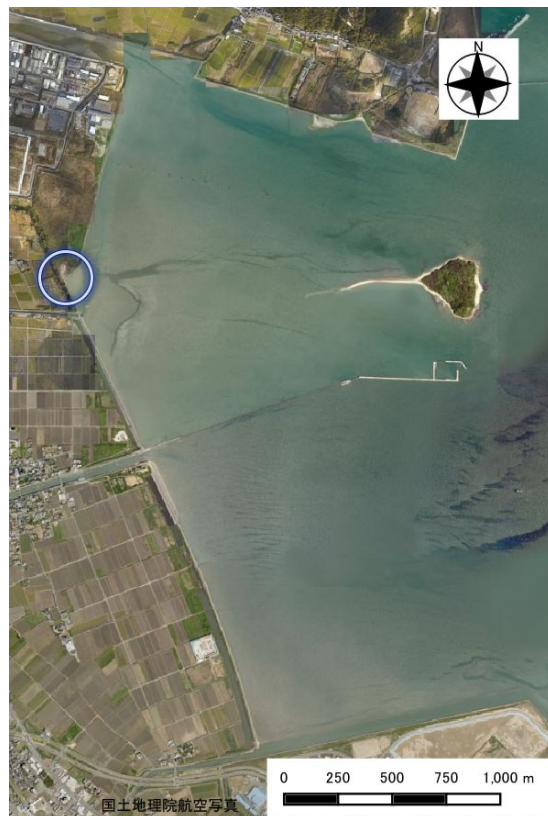


図 6.4.1 ヨシ原の目視観察調査位置



図 6.4.2 調査を行ったヨシ原

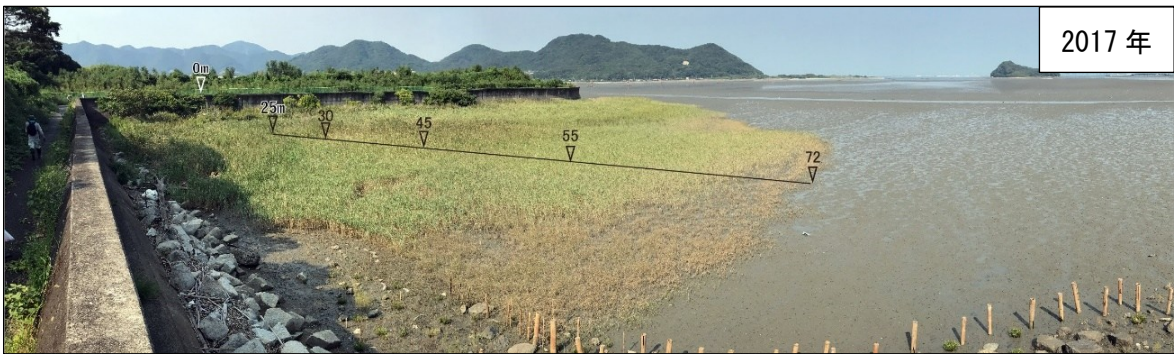


図 6.4.3 目視観察測線の外観(1) (2015年～2018年)



図 6.4.3 目視観察測線の外観(2) (2019年～2022年)

(2) 調査日

調査は2015年から毎年1回、ヨシ原に生息するカニ類、貝類等の活動が活発になる夏季から秋季に実施した。年ごとの調査日は表 6.4.1 のとおりである。

(3) 調査方法

設定した測線において、植生の異なる地点を数カ所設定し、各地点の周辺を踏査して、目視観察によって生息している種類を記録した。

表 6.4.1 ヨシ原の目視観察調査実施日

回数	実施日
1	2015年 9月 13, 27日
2	2016年 9月 17日
3	2017年 10月 1日
4	2018年 9月 9日
5	2019年 9月 15日
6	2020年 10月 4日
7	2021年 9月 19日
8	2022年 9月 24日

6.4.2 調査結果

(1) 測線の外観

1) 測線の延長

2015年から2022年までの調査において、護岸から沖方向へ植生がみられなくなる場所までの測線延長は70～84mであった(図 6.4.3)。

2) 測線の植生

調査期間をとおして植生の種類や分布に大きな変化はみられなかった。護岸からの沖方向への植生は以下のとおりである。

護岸から約10mまではアカメガシワなどの陸上植物、低木が生育していた。10mよりも沖側にはアイアシが高密度に生育しており、30m程度の場所には漂着ゴミが集積するなどして植物が生育せず、裸地の状態になっている場所もみられた(図 6.4.4)。

さらに沖側はヨシが生育し、その草丈は1.5m程度と高かった。護岸から50m程度沖側になるとヨシの草丈が次第に低くなり、60mを超えると草丈が50cm程度にまで低くなり、生育密度も低下した。次第にシオクグがみられるようになり、植生の前端部はシオクグのみが生育していた。

このように、調査測線は、基点となる護岸から沖へ向けて、陸生植物から塩沼地植物、さらには裸地の干潟というように、主に地盤高によると考えられる植生の変化が確認された。

ヨシ原の範囲は基点から75～90mで、台風などによる波浪やごみの堆積の影響で年による多少の変化はみられるものの、経年的な増加または減少傾向はみられていない。



図 6.4.4 ヨシ原の漂着ゴミ

(2) 目視観察による出現種

1) 出現種数と重要種

調査期間をとおして貝類12種、エビ・カニ類11種、魚類1種の合計25種の生物が確認された(表 6.4.2)。

各年の出現種数は16～20種であり、継続的な増加・減少傾向はみられなかった。

出現種のうち、環境省の海洋生物レッドリスト¹⁾および環境省レッドリスト2020²⁾(いずれも略称「環境省RL」)や福岡県のレッドデータブック³⁾(略称「福岡県RDB」)に掲載されている重要種は15種であった。全出現種のうち、半数以上の60%が重要種という結果になった。

2) 地盤高の変化による出現種の変化

調査測線は、地盤高が沖方向へ向けて次第に低くなっており、出現種も地盤高の変化に応じて変化した。護岸近くで地盤が高く、陸生植物が生育する場所ではアカテガニやクロベンケイガニといった陸域も利用するカ

表 6.4.2 目視観察による出現種

調査場所: 大野川河口のヨシ原

確認種	調査年度								重要種*
	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	
1 軟体動物門 マキガイ綱 原始腹足目 アマオブネガイ科 ヒロクチカノガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
2 ヌキスズメガイ科 ヒナユキスズメガイ	○								●
3 中腹足目 タマキガイ科 マルウズラタマキガイ	○	○	○	○	○		○		
4 カワサシヨウガイ科 クリロカワザンシヨウガイ			○	○	○		○	○	●
5 ヒラドカワザンシヨウガイ	○	○	○	○	○	○	○		
6 ウミナ科 フトヘナタリガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
7 シマヘナタリガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
8 クロヘナタリガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
9 ヘナタリガイ	○	○		○	○		○		●
10 ホソウミナ					○				
11 原始有肺目 オカミガイ科 オカミガイ		○	○	○	○	○	○	○	●
12 キヌカツギハマシイノミガイ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
13 節足動物門 甲殻綱 エビ目 テッポウエビ科 テッポウエビ属	○	○							
14 ホヤトカリ科 ユビナガボンヤトカリ	○	○				○		○	
15 コメツギガニ科 チゴガニ		○							
16 ムツハリアケガニ科 アリアケガニ				○					●
17 オサガニ科 ヤマトオサガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	
18 スナガニ科 シオマネキ		○	○	○	○	○	○	○	●
19 ヘンケイガニ科 アカテガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	
20 クロベンケイガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	
21 クシテガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
22 モクスガニ科 ハマガニ	○	○	○				○		●
23 アシハラガニ	○	○	○	○	○	○	○	○	
24 ヒメアシハラガニ					○	○			●
25 脊椎動物門 硬骨魚綱 スズキ目 ハゼ科 トビハゼ	○	○	○	○	○	○	○	○	●
計 種 数	18 種	20 種	17 種	18 種	19 種	16 種	17 種	16 種	15 種

*重要種の選定基準

海洋生物レッドリスト2017(環境省, 2017年3月), 環境省レッドリスト2020(環境省, 2020年3月)
 福岡県の希少野生生物-福岡県レッドデータブック2014 (福岡県, 2014年8月)

ニ類がみられた。ヨシが生育する場所では地盤高の高い範囲に有肺類のオカミガイがみられた。地盤高が低くなってくると巻貝類のシマヘナタリガイ、クロヘナタリガイがみられた。さらに沖側になるとヨシの生育密度が低くなり、ここにはシオマネキがみられた。シオクグが生育する範囲ではフトヘナタリガイがみられ、魚類のトビハゼもみられるようになった。植生のみられない裸地干潟では、ヤマトオサガニやトビハゼが生息していた。

3) 重要種

本調査で出現した重要種について整理した。なお、重要種の選定基準は表 6.4.3 のとおりである。これらの分布・生息環境については安達(2012)⁴⁾を参考とした。

表 6.4.3 重要種の選定基準

環境省 RL	環境省報道発表資料 環境省版海洋生物レッドリストの公表について(2017年3月) および環境省レッドリスト2020の公表について(2020年3月) EX:絶滅 CR:絶滅危惧 I A 類 EN:絶滅危惧 I B 類 CR+EN:絶滅危惧 I 類 VU:絶滅危惧 II 類 NT:準絶滅危惧 DD:情報不足 LP:絶滅のおそれのある地域個体群
福岡県 RDB	福岡県の希少野生生物-福岡県レッドデータブック2014(福岡県:2014年8月) EX:絶滅 CR:絶滅危惧 I A 類 EN:絶滅危惧 I B 類 CR+EN:絶滅危惧 I 類 VU:絶滅危惧 II 類 NT:準絶滅危惧 DD:情報不足 LP:絶滅のおそれのある地域個体群

①ヒロクチカノコガイ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:VU
分布・生息環境	大規模な内湾奥部に開口する河口汽水域の軟泥質底に生じた水溜まりなど止水中の転石や朽木、漂着物に付着し、流水中にみられることはない。



②ヒナユキスズメガイ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	内湾奥部の河口域に発達した後背湿地周辺の砂泥底に深く埋もれた石の下面に付着する。軟体は赤い。



③カワザンショウガイ類

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT (クイロカワザンショウガイの場合)
分布・生息環境	河口のヨシ原内やその周囲の泥底・砂泥底表層などの場所を好む。近年の分類では数種に分類されている。



④フトヘナタリガイ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	内湾奥部河口域のヨシ原、塩生湿地内に生息する。活動期にはヨシの茎に登ることも多い。堆積物を餌にする。



⑤シマヘナタリガイ

重要種選定基準	環境省 RL:CR+EN 福岡県 RDB:EN
分布・生息環境	大規模な内湾奥部の河口汽水域におけるヨシ原泥底の飛沫帯から高潮帯に生息。ヨシの茎や岸壁など高さ2mまで登る。



⑥クロヘナタリガイ

重要種選定基準	環境省 RL:CR+EN 福岡県 RDB:VU
分布・生息環境	大規模な内湾奥部の河口汽水域の中・低潮帯において、軟泥底に生じた水溜まりなどを匍匐する。シマヘナタリガイのようにヨシの茎に登ることはない。



⑦ヘナタリガイ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	内湾奥部の河口汽水域砂泥底の中・低潮帯に生息する。



⑧オカミガイ

重要種選定基準	環境省 RL:VU 福岡県 RDB:VU
分布・生息環境	内湾奥部の河口域に発達したヨシ原湿地内の高潮帯泥上に生息。真夏や冬季は泥中や朽木の下などに潜る。



⑨キヌカツギハマシノミガイ

重要種選定基準	環境省 RL:VU 福岡県 RDB:VU
分布・生息環境	内湾奥部の河口域に発達したヨシ原湿地内の高潮帯泥上に生息。健全な個体群の生息地はヨシ原から連続する陸上植物も残されている場合が多い。



⑩アリアケガニ

重要種選定基準	環境省 RL:VU 福岡県 RDB:EN
分布・生息環境	ヨシ原周辺やフクドなど塩生植物群落の内部・周辺の泥地に巣穴を掘って生息。巣穴を覆うように先端が細い煙突状構造物をつくる事がある。



⑪シオマネキ

重要種選定基準	環境省 RL:VU 福岡県 RDB:EN
分布・生息環境	内湾や河口域の塩生湿地周辺の泥質干潟に生息。大潮干潮線付近を分布の中心とし、夏季に繁殖する。



⑫クシテガニ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	発達した塩生湿地を持つ大型河川の河口域に出現する。肉食性、雑食性でアシハラガニなど他のカニ類も捕食する。



⑬ハマガニ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	ヨシ原を主な生息場所とするため、高潮帯から潮上帯にかけての自然環境が悪化しているところでは個体数が少ない。



⑭ヒメアシハラガニ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:NT
分布・生息環境	砂泥質干潟に巣穴を掘って生活する。やや堅く乾燥した干潟に多い。肉食性が強く主としてハクセンシオマネキ、チゴガニなどのカニ類を捕食する。



⑮トビハゼ

重要種選定基準	環境省 RL:NT 福岡県 RDB:VU
分布・生息環境	内湾や河口の干潟に生息。干潮時には発達した胸びれで泥面をはい回り、微細藻類やゴカイなどを食べる。潮が満ちてくると岸辺の石や木などにはい上がる。主に空気呼吸を行い、皮膚から酸素を補給する。



6.4.3 まとめ

大野川河口ヨシ原における2015年から2022年までの調査において、25種の貝類、エビ・カニ類、魚類が確認され、そのうちレッドデータブック等に記載されている重要種が15種と多くを占めていた。

重要種の多くは、河口のヨシ原やそこから続く陸生植物への移行帯を生息環境として必要としている種であった。

河口、ヨシ原、陸生植物への移行帯のような環境は、治水事業や開発行為の対象となりやすいことから、ここを生息環境とする種は絶滅の危機に瀕していることが多い。大野川河口のヨシ原は曾根干潟では最大規模のヨシ原となっていることから、重要な生息環境と考えられる。

(宇野)

参考文献

- 1) 環境省:環境省版海洋生物レッドリストの公表について, 2017年3月21日報道発表資料.
<https://www.env.go.jp/content/000037629.pdf> (参照 2024年4月9日)
- 2) 環境省:環境省レッドリスト 2020 の公表について, 2020年3月27日報道発表資料 別添資料3 環境省レッドリスト2020,
<https://www.env.go.jp/content/900515981.pdf> (参照 2024年4月9日)
- 3) 福岡県環境部自然環境課:福岡県の希少野生生物 福岡県レッドデータブック 2014—爬虫類/両生類/魚類/昆虫類/貝類/甲殻類その他/クモ形類等—, 276pp., 2014.8.
<http://www.fihes.pref.fukuoka.jp/~kankyouseibutsu/rdb/rdb2014/all.pdf>(参照 2024年4月9日)
- 4) 安達健夫:干潟の絶滅危惧動物図鑑 海岸ベントスのレッドデータブック, 285pp., 東海大学出版会, 2012.

6.5 干潟の浄化機能

干潟域では、一般に図 6.5.1 に示すように河川・下水処理場等から流入した水中の窒素、リン等の栄養塩を植物プランクトンや付着藻類等の微細藻類が吸収し光合成をして増殖する一次生産²⁾が行われている。この一次生産によって作られた有機物(主に微細藻類の細胞)とその分解産物等は、それらを餌とする干潟の一次消費者のゴカイ類、貝類、カニ類等の底生生物の餌として、懸濁物食者により水中から、また堆積物食者により底泥中から取り除かれる。曾根干潟を代表する懸濁物食者は、水中に漂う有機物を鰓でろ過して捕食するアサリやシオフキ等の二枚貝類(堆積物食のユウシオガイ、テリザクラガイ等のニッコウガイ科³⁾を除く)である。また、代表的な堆積物食者は、干潟の泥表面や泥中の有機物を捕食するイトゴカイ等の環形動物門(懸濁物食のスピオオ科、モロテゴカイ科、フサゴカイ科等⁴⁾を除く)や節足動物門のヤマトオサガニ等スナガニ科のカニ類⁵⁾である。これらの底生生物はさらに二次消費者の魚類や鳥類等の餌となり、一部は当該海域内から取り除かれる。我々人間も、漁業の主に採藻という形で一次消費者、主に

採貝という形で二次消費者、主に採魚や鳥猟という形で三次消費者となって、一次生産によって作られた有機物を直接または間接的に消費している。

しかし、一次生産が過剰になると、特に静穏な閉鎖性海域では赤潮の増加や貧酸素化の問題が起こる。貧酸素化は、夏季の高水温や降雨に伴う海水の成層化によって鉛直混合がなくなり、表層からの酸素の供給が断たれる一方、海底に沈降・堆積した有機物、または水中の有機物(動物・植物プランクトンなど)の分解によって溶存酸素が消費・減少する現象である⁶⁾⁻⁸⁾。その程度によってはそこに生息する生物が死滅する。この要因となる懸濁態有機物を除去する過程を下水処理の分野では二次処理、懸濁態有機物の元となる窒素、リン等の栄養塩を水中から除去する過程を三次処理(高度処理)と呼ぶ⁹⁾。この二次処理、三次処理に相当する干潟の機能を水質浄化機能と定義するのが一般的である⁹⁾。

木村ら¹⁰⁾は、アサリ等の軟体動物やゴカイ等の環形動物による浄化量(図 6.5.1 の①+②)を、これらの現存量等をもとに簡便に推定する方法を考案している。この推定に用いられている浄化の基本的考え方は主に次の

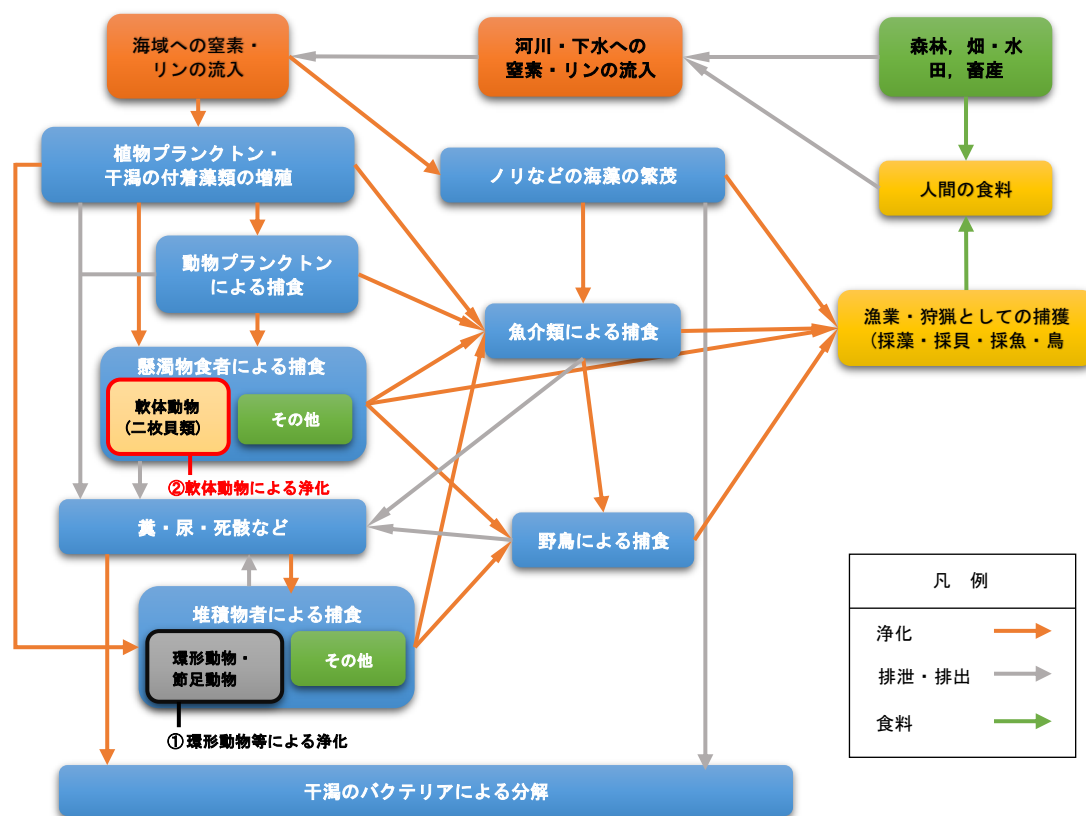


図 6.5.1 干潟における浄化機能の模式図と浄化量試算の対象とした浄化能(①, ②)

(木村賢史¹⁾の図を参考に作図)

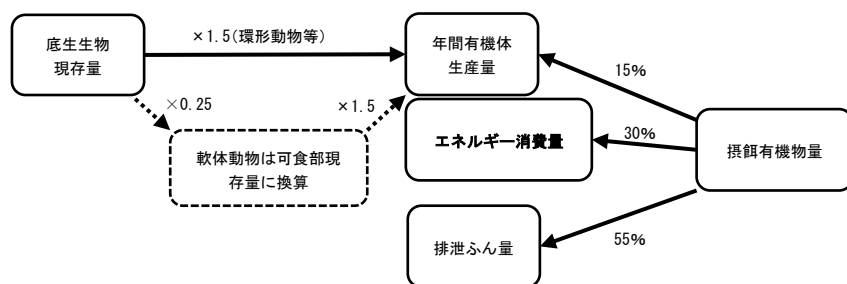


図 6.5.2 底生生物の現存量, 年間生産量, 摂餌有機物量との関係

(木村賢史ら¹¹⁾の図を一部改変)

2点である。

一つはアサリ等の二枚貝類のほとんどは、水中に懸濁するプランクトン等の有機物(水質 COD はその量の指標)を餌とする懸濁物食者であり、餌とした有機物を自らの生命維持と成長に転換して消費することである。もう一つは、これらが食べた有機物の一部が糞として排泄され、干潟上にいずれ堆積する(底質 COD や強熱減量はその量の指標)。これら堆積物の一部は、同様に干潟上に堆積した植物プランクトンや付着藻類、その他の生物およびこれらの分解産物とともにゴカイ等環形動物(堆積物食者)が餌として吸収することである。

この木村らによる干潟底生生物による浄化量の推定方法^{1),10)-12)}に則って、以下に曾根干潟における浄化量を試算する。

6.5.1 干潟による浄化量の試算方法

(1) 底生生物の生産量からの有機物除去量の推定

底生生物の現存量, 年間有機体生産量, 摂餌有機物量との関係を図 6.5.2 に示す。一般的には底生生物の年間生産量(P)は現存量(B)の2~3倍^{1),11)-13)}であるが、不安定な底質環境を考慮して1.5とした^{1),11),12)}。この生産量のうち、アサリ等の二枚貝類の殻を除く可食部の有機体部分(殻を貝全量の3/4とすると可食部は残りの1/4)は、この海域の有機物を餌にして形成されたものと考えた¹¹⁾。この有機体部分は摂餌有機物量の15%が移行し、30%が生体維持のためのエネルギーとして消費され、残る55%が糞として排出されるとした^{1),11),12)}。したがって、摂餌有機物量は年間有機体生産量を15%で割って求め、求めた摂餌有機物量にそれぞれ30%、

55%を掛けてエネルギー消費量, 排泄糞量を求めた^{1),11),12)}。

曾根干潟の浄化量試算の対象とした底生生物は、節足動物(殻の重量の大きいフジツボ類を除く)を含む環形動物(以下、「環形動物等」という)、軟体動物は二枚貝類のみ(殻の重量の大きいカキ類を除く)とし、巻貝類は除外した。当試算で使用した底生生物の現存量は、1995年8月, 10月, 1996年1月, 3月の曾根干潟における23地点の平均湿重量(g/m²)である¹⁴⁾。浄化量試算の対象面積は第5章の図 5.2.2 に示した23地点が含まれる23メッシュ(メッシュ外の隣接する干潟面積を含む)の干潟合計面積約512ha¹⁴⁾とした。

なお、曾根干潟にはオサガニ類, スナモグリやアナジャコ類などゴカイ類や貝類に比べて大型の底生生物が比較的多く生息している¹⁵⁾が、当該調査時の採取法^{注1)}では採取深や採取面積の不足により、現存量が過小評価されていると考えられる。

(2) 底生生物の摂餌によるCOD除去量の推定

底質からの年間COD除去量の推定は、ゴカイの1日の摂餌COD量(mg/日/1g, 1g 個体)をもとに環形動物等の現存量から求めた。水中からの年間COD除去量の推定は、アサリの1日の摂餌COD量(mg/日/可食部1g, 全重量4gの個体)から、二枚貝類の現存量から求めた。計算手順を表 6.5.2 に示す。

ゴカイの1日の摂餌COD量(mg/日/1g 個体)は、ゴカイの1日の有機物摂餌量(湿重量)である30(mg•wet/日/1g 個体)をもとに次のように求める。

注1) 採泥器(1/20 m²)または25cm 方形枠による約10~15cm 深の5回採泥。

まず、このゴカイが1日に食べる有機物量(mg・wet / 日/1g 個体)を乾重量(湿重量=乾重量×5)に換算するために1/5を掛ける。この有機物量に相当する対象干潟の泥量(mg)は、強熱減量(%)=[泥中有機物量(mg)/泥量(mg)]×100の式の変換から、泥中有機物量(mg)/強熱減量(%)×100となる。ここでの泥中有機物量はゴカイが1日に食べる有機物量(乾重量)の30(mg・dry / 日/1g 個体)/5となる。ここで得られた、ゴカイが1日に食べる泥量(mg・dry / 日/1g 個体)に底質のCOD(mg/g)/1000(g/mg)を掛けるとゴカイが1日に食べるCOD量

(mg・dry/日/1g 個体)となる。ここで、1000(g/mg)で割るのはゴカイが1日に食べる泥量の「mg」と底質CODの分母の「g」の単位を合わせるためである。以上の説明を式で表すと次のとおりである。

$$\begin{aligned}
 & \text{ゴカイの1日の摂餌COD量(mg/日/1g 個体)} \\
 & = [30(\text{mg}\cdot\text{wet} / \text{日}/1\text{g 個体})/5] / \text{強熱減量}(\%) \times 100 \\
 & \quad \times \text{底質COD}(\text{mg}/\text{g}) / 1000(\text{g}/\text{mg}) \\
 & = (30 \times \text{底質COD} \times 100) / (\text{強熱減量} \times 5 \times 1000) \\
 & = (30 \times \text{底質COD}) / (\text{強熱減量} \times 50)
 \end{aligned}$$

表 6.5.2 曾根干潟における底生生物の1995年度現存量からの浄化量の推定

項 目		計 算 式	単 位	8月	10月	1月	3月	平均		
生産量からの有機物除去量の推定	現存量(湿重量)	環形動物等	Bk	g/m ²	5.7	11.5	6.3	4.4	7.0	
		軟体動物(二枚貝類のみ)	Bn	g/m ²	121	361	197	318	249	
		計	Bg = Bk + Bn	g/m ²	127	373	204	322	256	
	年間生産量(湿重量)	環形動物等	Pk = Bk × 1.5	g/(m ² ・年)	8.6	17.3	9.4	6.7	10.5	
		軟体動物(可食部)	Pn = Bn × 1.5 × 0.25	g/(m ² ・年)	45	135	74	119	94	
		計	Pg = Pk + Pn	g/(m ² ・年)	54	153	83	126	104	
	摂餌有機物量		EO = Pg / 0.15	g/(m ² ・年)	360	1,019	556	839	693	
	内訳	除去有機物量	有機体生産量	Pg (= EO × 0.15)	g/(m ² ・年)	54	153	83	126	104
			エネルギー消費量	Ec = EO × 0.3	g/(m ² ・年)	108	306	167	252	208
			計	DO = Pg + Ec	g/(m ² ・年)	162	459	250	378	312
	排泄糞量		EO × 0.55	g/(m ² ・年)	198	560	306	461	381	
	干潟面積(ha)		Sm	ha	512	512	512	512	512	
干潟全体での除去有機物量	有機体生産量	Sp = Pg × Sm	トン/年	277	782	427	644	533		
	エネルギー消費量	Se = Ec × Sm	トン/年	553	1,567	855	1,290	1,065		
	計	SDO = Sp + Se	トン/年	830	2,349	1,282	1,934	1,598		
摂餌COD量からのCOD除去量の推定	底質COD(10月のみ調査:2.3)		Mcod	mg/g・dry	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
	底質強熱減量(10月のみ調査:2.6)		Migl	%	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
	水質COD(8月:2.3, 10月:2.5, 1月:2.2, 3月:1.3)		Wcod	mg/L	2.3	2.5	2.2	1.3	2.1	
	ゴカイ1gあたりの1日の摂餌COD量		CK = (30 × Mcod) / (Migl × 50)	mg/(g・m ² ・日)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	貝類1gあたりの1日の摂餌COD量		CN = Wcod × 0.3 × 18L × 0.6/4g	mg/(g・m ² ・日)	1.9	2.0	1.8	1.1	1.7	
	年間摂餌COD量	環形動物	PKcod = Bk × CK × 365日/1000	g/(m ² ・年)	1.0	2.1	1.1	0.8	1.3	
		軟体動物	PNcod = Bn × CN × 365日/1000	g/(m ² ・年)	84	264	130	128	155	
		計	Pcod = PKcod + PNcod	g/(m ² ・年)	85	266	131	128	156	
	内訳	COD除去量	有機体生産に使われたCOD量	CDO = Pcod × 0.15	g/(m ² ・年)	13	40	20	19	23
			エネルギー消費に使われたCOD量	CDE = Pcod × 0.3	g/(m ² ・年)	26	80	39	39	47
			計	CD = CDO + CDE	g/(m ² ・年)	38	120	59	58	70
			排泄糞となったCOD量	EOcod = Pcod × 0.55	g/(m ² ・年)	47	146	72	71	86
干潟全体での除去COD量		SCD = CD × Sm	トン/年	196	613	301	296	359		

太字:「曾根漁港海域調査委託報告書」北九州市経済局,(財)九州環境管理協会 平成8年3月¹⁴⁾の調査結果

アサリの摂餌 COD 量 (mg/年/g) は、4g 個体のろ過水量 18L [1L/1 時間×18 時間 (24 時間のうち干出す 6 時間を除く)], ろ過効率 60%, 懸濁 COD 比率 30% として求める。式で表すと次のとおりである。

$$\begin{aligned} & \text{アサリの年間摂餌 COD 量 (mg/年/g)} \\ & = [\text{水質 COD (mg/L)} \times \text{懸濁 COD 比率 30 (\%)} / 100 \times \text{ろ過水量 18 (L/日)} \times \text{ろ過効率 60 (\%)} / 100 \times 365 \text{ 日}] / \text{アサリ全重量 4 (g)} \end{aligned}$$

6.5.2 干潟による浄化量の試算結果

(1) 底生生物の生産量からの有機物除去量の推定

曾根干潟における環形動物と軟体動物の生産量から推定された浄化量を表 6.5.2 (上段) に示す。この試算によると、1 年間に干潟から除去される有機物量は平均で、これら底生生物の身体になる有機体生産量 104g/m² と、生存のためのエネルギー消費量 208g/m² の合計の 312g/m² と推定された。干潟全体では約 1,598 トンとなった。

(2) 底生生物の摂餌による COD 除去量の推定

曾根干潟に生息する環形動物の摂餌により 1 年間に底泥中から除去される COD 量、およびアサリ・シオフキの摂餌により 1 年間に水中から除去される COD 量の合計は、表 6.5.2 (下段) に示す平均で、これら底生生物の身体になるために使用される 23g/m² と、エネルギーで消費される 47g/m² の合計の 70g/m² と推定された。干潟

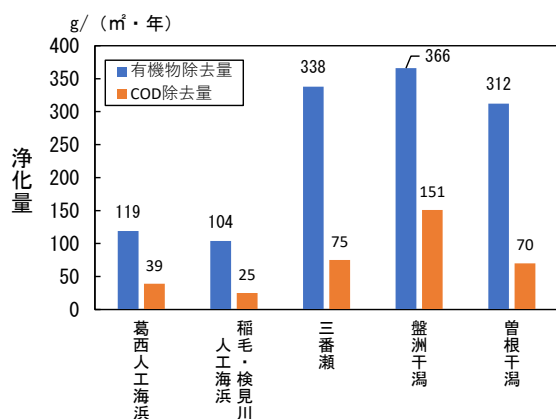


図 6.5.3 曾根干潟における底生生物による浄化量
他の干潟・海浜との比較

(参考文献¹²⁾のデータを加えて作図)

全体では約 359 トンとなった。

以上の 2 つの方法で推定された曾根干潟の浄化量を、稲盛らが同様の方法で推定^{注2)}した干潟・海浜¹²⁾と比較すると、図 6.5.3 に示すように、三番瀬 (千葉県)、盤洲干潟 (千葉県) などの自然の干潟とほぼ同等の浄化能力をもち、葛西 (東京都) や稲毛・検見川 (千葉県) などの人工海浜よりも浄化能力が高いことが分かる。

三河湾の一色干潟 (愛知県) の COD 除去能力はさらに高く、175g/m²・年との試算がある¹⁶⁾。一色干潟全体 (1,000ha) では 1,750 トン/年の除去量であり、曾根干潟 (約 500ha) の約 359 トン/年の約 5 倍にあたる。

表 6.5.3 に示す曾根浄化センターの流入水・放流水の流量および水質の結果¹⁷⁾から、下水処理による COD の年間除去量を次式により計算すると約 2,200 トンで、曾根干潟の底生生物による COD 年間除去量約 359 トンの約 6.1 倍となった。

曾根浄化センターによる COD 年間除去量 (t)

$$\begin{aligned} & = [\text{流入水 COD 年平均値 (mg/L)} \times \text{年間流入水量 (m}^3\text{)} \\ & \quad - \text{放流水 COD 年平均値 (mg/L)} \times \text{年間放流量 (m}^3\text{)}] \\ & \quad \times 10^3 \text{ (L/m}^3\text{)} / 10^6 \text{ (t/mg)} \\ & = [121.2 \text{ (mg/L)} \times 19,461 \text{ (10}^3\text{m}^3\text{)} - 8.1 \text{ (mg/L)} \times 18,436 \\ & \quad \text{(10}^3\text{m}^3\text{)}] \times 10^3 \text{ (L/m}^3\text{)} / 10^9 \text{ (t/mg)} \\ & = 2,209 \text{ (t)} \approx 2,200 \text{ (t)} \end{aligned}$$

また、第 5 章の図 5.2.10 で示した曾根干潟 8 地点 (P1, P7, P9, P13, P15, P17, P21, P23) の底生生物の経年データから、曾根干潟における有機物除去量と COD 除去量の経年変化を前述の木村らの方法^{1),10),11)}を用いて表 6.5.4 に示すように推定した。

表 6.5.3 曾根浄化センター流入水・放流水の
流量および水質¹⁷⁾

項目	単位	2017年度	2018	2019	2020	2021	平均	
流量	流入水量	10 ³ m ³ /年	19,511	19,109	19,854	19,769	19,060	19,461
	全放流量	10 ³ m ³ /年	17,198	17,142	18,999	19,872	18,968	18,436
水質 (平均)	浮遊物質(SS)	mg/L	301	281	263	176	187	242
	強熱減量	mg/L	403	459	469	334	289	391
	BOD	mg/L	220	220	200	170	150	192
	COD	mg/L	140	140	130	96	100	121
	全窒素	mg/L	38	37	40	33	37	37
	全りん	mg/L	2	4.5	4.8	3.8	4.4	3.9
	浮遊物質(SS)	mg/L	2	1	1	1	1	1
	BOD	mg/L	1.4	1.5	<1.0	<1.0	<1.0	1.2
	COD	mg/L	8.2	8.3	8.1	7.7	8.0	8.1
	全窒素	mg/L	11	10	11	11	11	11
全りん	mg/L	0.17	0.17	0.17	0.28	0.17	0.19	

注 2) 曾根干潟を除く他の干潟では、貝類は主にアサリやバカガイなどの二枚貝類が生息している¹⁰⁾。

ここで、干潟の面積、水質のCOD、底質のCODおよび強熱減量の値は年度による差は小さいものと考え、1995年度の値をそのまま使用した(表中の太字)。例えば、使用した水質CODの2.1mg/Lは、4章の図4.3.8(1)に示した2022年度秋季とほぼ同じ値である。また、底質COD_{sed}は、図6.5.4に示すように年による変動はあるものの1995年以降は概ね誤差の範囲内である。底質の強熱減量の経年データはなかったが、第6章の図6.1.5に示したようにCOD_{sed}との相関が高いことから、COD_{sed}と同様に経年で大きな変化はないものと推察した。

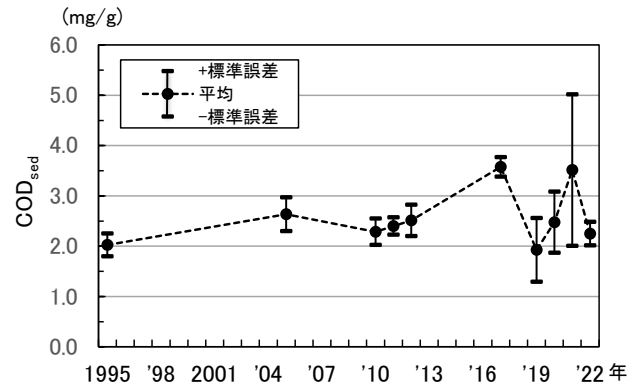


図 6.5.4 曾根干潟 8 地点の底質 COD_{sed} の経年変化 (8 地点:P1, P7, P9, P13, P15, P17, P21, P23)

表 6.5.4 曾根干潟における浄化量の経年変化の推定(軟体動物は二枚貝類のみ対象)

項目	計算式	単位	調査年度												
			1995	1998	2005	2007	2010	2011	2012	2019	2020	2021			
生産量からの有機物除去量の推定	現存量 (湿重量)	環形動物等	Bk	g/m ²	5.1	7.6	4.0	3.5	1.2	3.9	5.9	3.5	9.7	3.5	
		軟体動物(カキ類を除く二枚貝類のみ)	Bn	g/m ²	685	303	183	28	3.7	47	16	11	11	2.3	
		計	Bg = Bk + Bn	g/m ²	690	311	187	32	5	51	22	15	21	6	
	年間生産量 (湿重量)	環形動物	Pk = Bk × 1.5	g/(m ² ・年)	7.7	11.4	6.0	5.3	1.8	5.9	8.9	5.3	14.6	5.3	
		軟体動物(可食部)	Pn = Bn × 1.5 × 0.25	g/(m ² ・年)	257	114	69	11	1	18	6	4	4	1	
		計	Pg = Pk + Pn	g/(m ² ・年)	265	125	75	16	3	24	15	9	19	6	
	摂餌有機物量		EO = Pg / 0.15	g/(m ² ・年)	1,764	834	498	105	21	157	99	63	125	41	
	内訳	除去有機物量	有機体生産量	Pg (= EO × 0.15)	g/(m ² ・年)	265	125	75	16	3	24	15	9	19	6
			エネルギー消費量	Ec = EO × 0.3	g/(m ² ・年)	529	250	149	32	6	47	30	19	38	12
		計	Do = Pg + Ec	g/(m ² ・年)	794	375	224	48	9	71	45	28	57	18	
排泄糞量		EO × 0.55	g/(m ² ・年)	970	459	274	58	12	86	54	35	69	23		
干潟面積 (ha)		Sm	ha	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	512	
干潟全体での除去有機物量	有機体生産量	Sp = Pg × Sm	トン/年	1,355	640	382	81	16	120	76	48	96	32		
	エネルギー消費量	Se = Ec × Sm	トン/年	2,708	1,280	763	164	31	241	154	97	195	61		
	計	SDo = Sp + Se	トン/年	4,063	1,920	1,145	245	47	361	230	145	291	93		
摂餌COD量からのCOD除去量の推定	底質COD (1995.10月:2.3)	Mcod	mg/g・dry	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	
	底質強熱減量 (1995.10月:2.6)	Migl	%	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	
	水質COD (1995.8月:2.3, 10月:2.5, 1996.1月:2.2, 3月:1.3の平均2.1)	Wcod	mg/L	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	
	ゴカイ1gあたりの1日の摂餌COD量	CK = (30 × Mcod) / (Migl × 50)	mg/(g・日)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
	貝類1gあたりの1日の摂餌COD量	CN = Wcod × 0.3 × 18L × 0.6/4g	mg/(g・日)	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	
	年間摂餌COD量	環形動物	PKcod = Bk × CK × 365日/1000	g/(m ² ・年)	0.9	1.4	0.7	0.6	0.2	0.7	1.1	0.6	1.8	0.6	
		軟体動物	PNcod = Bn × CN × 365日/1000	g/(m ² ・年)	425	188	114	17	2	29	10	7	7	1	
		計	Pcod = PKcod + PNcod	g/(m ² ・年)	426	189	114	18	3	30	11	7	9	2	
	内訳	COD除去量	有機体生産に使われたCOD量	CDO = Pcod × 0.15	g/(m ² ・年)	64	28	17	3	0	4	2	1	1	0
			エネルギー消費に使われたCOD量	CDE = Pcod × 0.3	g/(m ² ・年)	128	57	34	5	1	9	3	2	3	1
計		CD = CDO + CDE	g/(m ² ・年)	192	85	51	8	1	13	5	3	4	1		
排泄糞となったCOD量		EOcod = Pcod × 0.55	g/(m ² ・年)	234	104	63	10	1	16	6	4	5	1		
干潟全体での除去COD量		SCD = CD × Sm	トン/年	981	436	263	42	6	69	25	17	20	5		

太字:「曾根漁港海域調査委託報告書」北九州市経済局,(財)九州環境管理協会 平成8年3月¹⁴⁾の調査結果

干潟全体における浄化量は、図 6.5.4 に示すように有機物除去量および COD 除去量ともに 2007 年度以降は 1995 年度の 10 分の 1 を下回り、年によっては 100 分の 1 以下まで減少し、2021 年度現在、回復の兆しはみられていない。この主な要因は二枚貝類の減少である。

このように曾根干潟における浄化量の推定値は二枚貝類の減少とともに、大幅に減少しているが、この推定に用いた水質、底質の COD 値に大きな変化はみられていない。言い換えると、曾根干潟における二枚貝類の大幅な減少、およびそれに伴う水質・底質の COD の浄化量の大幅な減少は曾根干潟の水質・底質の COD にほとんど影響していないことになる。この要因として、次の 2 つが考えられ、以下に考察する。

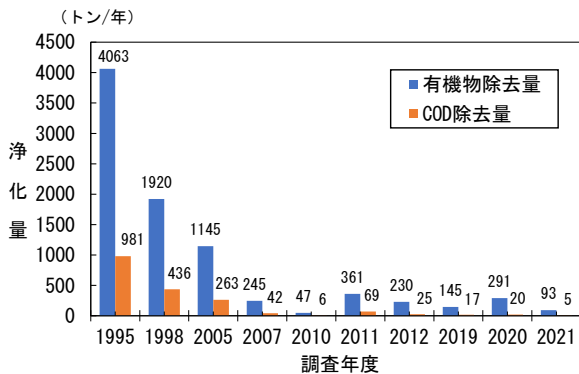


図 6.5.4 曾根干潟における底生生物による浄化量の経年変化(軟体動物は二枚貝類のみ対象)

- ① 陸域からの COD 負荷量が減少し、干潟の浄化量減少分をカバーした
- ② 海域からの COD 負荷量が減少し、干潟の浄化量減少分をカバーした

6.5.3 底生生物による COD 浄化量の減少が干潟域の水質・底質の COD に影響しない理由の検討

(1) 陸域からの COD 負荷量が減少し、干潟の浄化量減少分をカバーしたのか

曾根干潟における主要流入河川の水質の経年変化をみると、図 6.5.5 に示すように 1995 年度以降の COD は、流量の最も多い竹馬川の場合は概ね横ばいであり、次に流量の多い朽網川、3 河川の中では流量の最も少

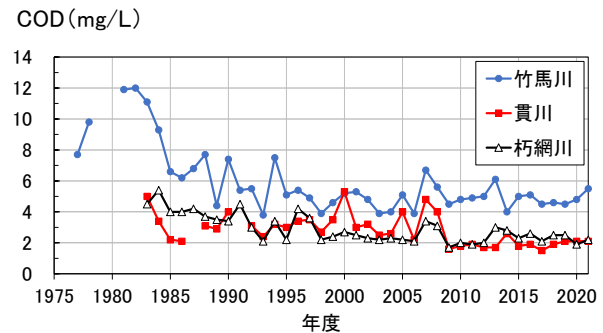


図 6.5.5 曾根干潟主要流入河川の水質の経年変化^{18),19)}
(参考文献のデータを基に作図)

表 6.5.5 曾根干潟への流入河川による COD 年間負荷量の推定

年度	年降水量 (mm/年) Pa	年流量(10 ³ m ³ /年) ^{※1} A.T.D=Pa × 流域面積 × 比流量				年平均COD(mg/L) ^{※2} C				年COD負荷量(トン/年) CL=A.T.D × C				
		竹馬川	大野川	貴川	朽網川	竹馬川	大野川	貴川	朽網川	竹馬川	大野川	貴川	朽網川	計
		1984	1,785	12,181	825	652	4,243	9.3	4.5	3.4	5.4	113	4	2
1985	2,609	17,804	1,207	952	6,202	6.6	3.2	2.2	4.0	118	4	2	25	148
1986	2,689	18,350	1,244	981	6,393	6.2	3.1	2.1	4.0	114	4	2	26	145
1987	2,130	14,536	985	777	5,064	6.8			4.2	99			21	
1988	2,276	15,532	1,053	831	5,411	7.7	3.6	3.1	3.7	120	4	3	20	146
1989	2,115	14,433	978	772	5,028	4.4	2.7	2.9	3.5	64	3	2	18	86
1990	2,218	15,136	1,026	810	5,273	7.4	3.7	4.0	3.4	112	4	3	18	137
1991	2,853	19,469	1,319	1,041	6,782	5.4			4.5	105			31	
1992	1,791	12,222	828	654	4,258	5.5	2.9	3.1	3.0	67	2	2	13	84
1993	2,799	19,101	1,294	1,022	6,654	3.8	2.1	2.4	2.1	73	3	2	14	92
1994	1,328	9,063	614	485	3,157	7.5	3.5	3.2	3.4	68	2	2	11	82
1995	2,365	16,139	1,094	863	5,622	5.1	2.6	3.0	2.2	82	3	3	12	100
1996	2,185	14,911	1,010	798	5,194	5.4	3.3	3.4	4.2	81	3	3	22	108
1997	3,039	20,739	1,405	1,109	7,225	4.9	3.0	3.5	3.6	102	4	4	26	136
1998	2,098	14,317	970	766	4,988	3.9	2.2	2.7	2.2	56	2	2	11	71
1999	2,279	15,552	1,054	832	5,418	4.6	2.6	3.5	2.4	72	3	3	13	90
2000	1,867	12,741	863	681	4,438	5.2	3.3	3.3	2.7	66	3	4	12	85
2001	2,249	15,348	1,040	821	5,347	5.3	2.7	3.0	2.5	81	3	2	13	100
2002	1,867	12,741	863	681	4,438	4.8	2.6	3.2	2.3	61	2	2	10	76
2003	2,626	17,920	1,214	958	6,243	3.9	2.2	2.5	2.2	70	3	2	14	89
2004	2,777	18,951	1,284	1,014	6,602	4.0	2.2	2.6	2.3	76	3	3	15	96
2005	1,594	10,878	737	582	3,789	5.1	2.8	4.0	2.2	55	2	2	8	68
2006	2,780	18,971	1,286	1,015	6,609	3.9	2.1	2.2	2.1	74	3	2	14	93
2007	1,779	12,137	822	649	4,228	6.7	3.7	4.8	3.4	81	3	3	14	102
2008	1,964	13,403	908	717	4,669	5.6	3.2	4.0	3.1	75	3	3	14	95
2009	2,160	14,737	999	788	5,134	4.5	2.0	1.6	1.7	66	2	1	9	78
2010	2,252	15,368	1,041	822	5,354	4.8	2.2	1.8	2.0	74	2	1	11	88
2011	2,430	16,583	1,124	887	5,777	4.9	2.2	1.9	1.9	81	2	2	11	96
2012	1,807	12,328	835	659	4,295	5.0	2.2	1.7	2.0	62	2	1	9	73
2013	2,097	14,310	970	765	4,985	6.1	2.7	1.7	3.0	87	3	1	15	106
2014	1,975	13,474	913	721	4,694	4.0	2.4	2.6	2.8	54	2	2	13	71
2015	2,077	14,170	960	758	4,936	5.0	2.3	1.8	2.3	71	2	1	11	86
2016	2,333	15,921	1,079	852	5,546	5.1	2.4	1.9	2.6	81	3	2	14	100
2017	1,930	13,171	893	704	4,588	4.5	2.0	1.5	2.1	59	2	1	10	72
2018	1,788	12,202	827	653	4,251	4.6	2.3	1.9	2.5	56	2	1	11	70
2019	1,889	12,891	874	689	4,491	4.5	2.3	2.1	2.5	58	2	1	11	73
2020	1,919	13,096	887	700	4,562	4.8	2.2	2.1	1.9	63	2	1	9	75

※1 年流量(m³)=年降水量(mm)²⁰⁾ × 各河川の流域面積(ha)¹⁴⁾ × 比流量(1.911m³/mm・ha)¹⁴⁾
 ※2 年平均COD:北九州市データ¹⁹⁾、水質データのない大野川は他3河川の平均値とした。

表 6.5.6 曾根浄化センター放流水の排出負荷量の推定^{14),17)}

項目	単位	1980	1984	1989	1993	2002	2003	2004	2005	2006	2017	2018	2019	2020	
全放流量 [※] (DV)	10 ³ m ³ /年	1,098	4,099	11,060	14,929	15,890	17,305	17,380	15,668	18,362	17,198	17,142	18,999	19,872	
放流水の水質 (Wq)	BOD	mg/L	2.4	4.7	8.7	1.9	1900	1900	1900	1900	1900	1	2	1	1
	COD	mg/L	7.5	8.9	12	8.8	1900	1900	1900	1900	1900	8	8	8	8
	全窒素	mg/L	2.7	2.1	1.7	1.3	1900	1900	1900	1900	1900	11	10	11	11
	全りん	mg/L	2.6	2.0	0.8	0.7	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0
排出負荷量 (PL=DV × Wq/10 ³)	BOD	トン/年	3	19	96	28	32	28	30	37	24	26	19	20	
	COD	トン/年	8	36	133	131	137	133	130	114	130	141	154	153	
	全窒素	トン/年	3	86	188	194	159	173	167	157	173	189	171	209	219
	全りん	トン/年	3	8	9	10	2	2	4	3	3	3	3	3	6
難分解性CODの指標	BOD/COD	—	0.32	0.53	0.73	0.22	0.23	0.21	0.21	0.26	0.28	0.17	0.18	0.12	0.13

※1980～1993年の全放流量は、処理水量と記載された値。

ない貫川は僅かに減少傾向にある。

そこで、各河川の年間 COD 負荷量の経年変化を表 6.5.5 に示すように推定してみた。なお、河川流量については経年の実測データがないため、近隣の頂吉地点、東谷地点の降水量より、比流量から推定した。また、大野川の COD 測定データは既存資料が見当たらなかったため、竹馬川、貫川、朽網川の平均値を使用した。

一方、竹馬川の水質調査地点(新開橋)より下流にある曾根浄化センター放流水の年間 COD 排出負荷量を、表 6.5.6 に示すように放流水の年平均水質に年間の全放流量を乗じて求めた。

以上の計算から求めた曾根干潟流入河川および曾根浄化センターから排出される COD 負荷量の合計は、図 6.5.6 に示すように 1990 年度ころから概ね横ばいと推定される。また、量的にも 200 トン/年程度であり、たとえこの負荷量が 0 となったとしても、1995 年度当時 1,000 トン/年あった浄化量をカバーできる量ではない。したがって、干潟浄化量(COD 換算値)が大幅に減少したにも関わらず、曾根干潟の水質(COD)に大きな変化がみられない要因として、「①陸域からの COD 負荷量の減少が干潟の浄化量の減少分をカバーした」という仮説は成立しないと考えられる。

一方、曾根浄化センターから排出される COD を質の面からみると、表 6.5.6 に示すように難分解 COD の指標である BOD/COD^{注3)}比²¹⁾が低下傾向にある。ここで、難分解 COD とは、COD としては検出されるが、微生物による分解が進みにくく、BOD としてはほとんど現れない有機物に由来する COD 成分を意味する^{22),23)}。下水道

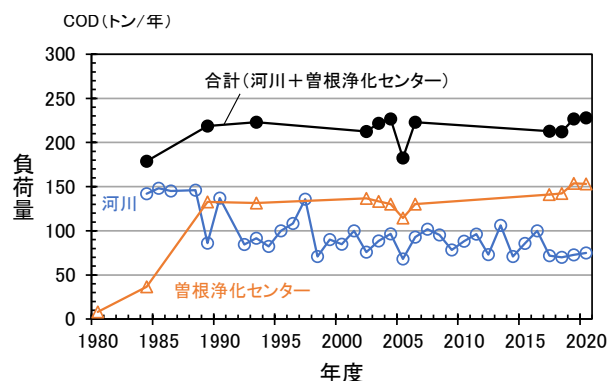


図 6.5.6 曾根干潟流入河川および曾根浄化センター放流水からの COD 負荷量

における BOD/COD 比は、0.5 以上が易分解性、0.1 以下が難分解性の目安とされている²⁴⁾。曾根浄化センター放流水の BOD/COD_{Mn} 比は 1995 年度ころは 0.22 であったが、2020 年度には 0.13 と半減し、近年では難分解性の有機物がさらに多くなったと推察される。また、放流水は表 6.5.3 に示すように SS が 1mg/L 以下であることから、放流水に含まれる有機物のほとんどは水溶性であり、干潟に放流水が流れ込んでも懸濁物食者である二枚類等は直接餌として利用できない。したがって、放流水の COD が干潟生物によって利用できるようになるには、難分解 COD が時間をかけて干潟や海域で分解され、やがてできた無機態(一部は有機態)の窒素やリンを植物プランクトンが吸収・増殖した後、つまり、次に示す前面海域の COD に変化した後ということになる。

(2) 海域からの COD 負荷量が減少し、干潟の浄化量減少分をカバーしたのか

干潟沖の S16 地点の水質 COD は、第 4 章の図

注3) COD の分析は過マンガン酸カリウム法。

4.3.6(1)に示したように1980年ころから減少傾向にあり、1995年ころから2020年の25年間で約0.28mg/L(回帰直線の傾き0.011mg/L・年×25年=0.275)減少していると推定される。

ここで、曾根干潟23地点^{注4)}の平均地盤高をT.P-0.23m(2021年北九州市測量結果)、平均水面をT.P+2.1m(苅田港)とすると、平均水深は2.33m[=2.1m(-0.23m)]となる。これに曾根干潟の面積512haを乗じると干潟上の平均水量は $1,193 \times 10^4 \text{m}^3$ [=2.33m × (512 × 10⁴)m²]である。

この平均水量に25年間で減少したCOD:0.28mg/Lを乗じると、3.34トン[≒0.28mg/L × (10⁹トン/mg × 10³L/m³) × 1,193 × 10⁴m³]となり、この量が干潟沖から干潟に流入するCOD負荷量の減少分である。これが1日2回の干満で干潟の水と交換され、干潟沖のCOD濃度が毎日一定に保たれていると仮定すると、年間では沖合からのCOD負荷量が約1,219(≒3.34トン×365日)トン減少したことになる。

この量は、図6.5.4に示した1995年度時の底生生物によるCOD浄化量の推定値981トン/年をやや上回っており、二枚貝類の大幅な減少による浄化量減少分をカバーしている可能性がある。

この海域からのCOD負荷量の減少は、第4章第3項で示した水質改善、言い換えると貧栄養化によるものと考えられる。

6.5.4 まとめ

曾根干潟における1995年度の底生生物の生産量から推定された年間の有機物除去量は312g/m²となり、干潟全体では約1,598トンと見積もられた。また、底生生物の摂餌量から推定された底泥および水中からの年間COD除去量は70g/m²で、干潟全体では約359トンとなり、これは曾根浄化センターにおけるCODの年間除去量約2,200トンのおよそ6分の1に相当する。

さらに、2007年度頃から曾根干潟では二枚貝類が大幅に減少したことから、干潟代表8地点の2007年度以降の底生生物現存量データを用いて浄化量の経年変

化を推定した。その結果、2007年度以降の浄化量は、いずれの年においても1995年度の10分の1を下回っていることが明らかとなった。

一方で、曾根干潟の水質・底質のCODに1995年度以降大きな変化はみられておらず、この要因として、海域からのCOD負荷量の減少、言い換えると貧栄養化が浄化量減少分をカバーした可能性が示唆された。

ただし、今回の曾根干潟における浄化量の試算は、曾根干潟で生息量の多いオサガニ類や巻貝類による浄化能を十分反映した手法ではなく、今後、曾根干潟の生物相や生態系を考慮した浄化量推定方法の検討・確立が必要と考えられる。

(高比良)

参考文献

- 1) 木村賢史:第3節 水質浄化場としての人工干潟(海浜)の設計, 沿岸の環境圏, フジ・テクノシステム, pp.1122-1136, 1998.
- 2) 三島次郎:1.エネルギー流と利用効率, 5 牛肉のステーキとマグロの刺身—エネルギー流れ—, トマトはなぜ赤い, 東洋館出版社, pp.35-45, 1992.2.
- 3) 金谷 弦, 伊谷 行:浜辺の環境とベントス, 海岸動物の生態学入門—ベントスの多様性に学ぶ—(日本ベントス学会編), 海文堂出版, pp.2-18, 2020.
- 4) 菊池泰二:食うものと食われるもの, 海底動物の世界(自然選書), 中央公論社, pp.99-140, 1981.
- 5) 大阪市立自然史博物館, 大阪自然史センター:干潟の生き物, 干潟を考える干潟を遊ぶ(大阪市立自然史博物館叢書 3), 東海大学出版会, pp.21-80, 2008.
- 6) 砂村倫成:第11章 嫌気環境の微生物, 水圏微生物学の基礎, 恒星社厚生閣, pp.197-218, 2015.9.
- 7) 古谷 研:3.科学環境, 第1章, 水圏生物科学入門, 恒星社厚生閣, pp.18-22, 2008.9.
- 8) 神菌真人, 江藤拓也, 荒田敏生:豊前海の貧酸素水塊形成と降水量との関係, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 第1号, pp.217-224, 1993.3

注4) 測量地点のN-1, L-1+120, L-2, L-4, K-6, J-0, J-2, J-4, J-6, H-0, H-2, H-4, H-6+50, F-1+120, F-2, F-4, F-6, D-2, D-4, D-6, B-2, B-4, B-6.

- 9) 鈴木輝明:干潟域の物質循環と水質浄化機能, 地球環境, Vol.11, No.2, pp.161-171, 2006.
- 10) 木村賢史, 三好康彦, 嶋津暉之, 紺野良子, 赤澤豊, 大島奈津子:人工海浜(干潟)の浄化能について, 東京都環境科学研究所年報, pp.89-101, 1992.
- 11) 木村賢史, 三好康彦, 嶋津暉之, 赤澤豊:人工海浜の浄化能力について(2), 葛西人工海浜およびその地先における底生生物の現況とその浄化能力の検討, 東京都環境科学研究所年報, pp.141-150, 1991.
- 12) 稲盛悠平, 木村賢史, 松村正利:3.干潟の浄化能力と底生生物が浄化に果たす役割, 第5章「干潟の生態系保全とエコテクノロジー」, ビオトープの計画と設計ー生物生息環境創造ー, 工業技術会・研修社, pp. 151-158, 1997.
- 13) 堀越増興, 菊池泰二:ベントス, 海藻・ベントス, 東海大学出版会, pp.249-255, 1976.
- 14) 北九州市経済局, (財)九州環境管理協会:曾根漁港海域環境調査委託報告書(平成8年3月), 1996.4.
- 15) 小野勇一(自然環境定量評価研究会):河川整備基金助成事業「河口干潟生態系における環境評価手法の研究」報告書(助成番号 14-1-II-2-5), 40 pp., 河川環境管理財団, 2003.
- 16) 佐々木克之:干潟・浅海域の浄化力ー有明海の環境悪化の要因を考えるー, 特集 有明海と長良川で何がおこっているのか?, 科学, Vol.71, No.7, pp. 902-911, 2001.
- 17) 北九州市:下水道管理年報(平成14年度版～平成18, 平成29～令和3年度版).
- 18) 北九州市:北九州市の公害(第10号～22号), 1975～1988.
- 19) 北九州市環境局:北九州市の環境(環境白書)平成元年度版～令和5年度版, 1989～2023.
https://www.city.kitakyushu.lg.jp/shisei/menu01_0435.html(参照2025年5月5日)
- 20) 国土交通省気象庁:過去の気象データ検索, 頂吉地点(1995.4～2012.2), 東谷地点(2012.3～2021.3). <https://www.data.jma.go.jp/stats/ctrn/>
- 21) 服部 廉, 渡邊 博, 新谷 健, 高田文子, 水野勝:河川水中の難分解性有機物についての検討ー公共用水域常時監視データの検討と河川水長期分解性試験ー, 愛知県環境調査センター所報, 39, pp.35-39, 2011.
- 22) 今井章雄:難分解性有機物とは何か, 水環境学会誌, 47(A), 10, pp.349-355, 2024.
- 23) 滋賀県環境政策課:各発生源由来有機物の生物分解調査概要(琵琶湖研究), 1997.
<https://paperzz.com/doc/5905971/1> 章-難分解性有機物
- 24) 建設省都市局下水道部:下水中の難分解性有機物に関する調査報告書, 1986.