

貫入抵抗値を用いた簡便的な干潟底生生物調査地点の 選定手法に関する基礎的研究

上田 薫利* ・上月 康則** ・倉田 健悟*** ・大谷 壮介****
桂 義教**** ・東 和之**** ・堅田 哲司**** ・村上 仁士*****

合理的な干潟生物調査の調査地点選定方法を提案することを目的に、貫入抵抗値に着目し、計測機器の選定、底質環境および生物群集との関連について調査検討した。その結果、貫入抵抗値の測定には山中式土壤硬度計が適していること、測定は最干潮時の1時間前後に、各地点6回以上行い、その平均値を用いることが望ましいことを明らかにした。また測定値は総合的な底質環境指標として扱えることと、優占する生物種の出現傾向と4つに分類された生物相に対応していることを示すことができた。以上の結果は、貫入抵抗値の分布から生物調査地点を選定できる可能性を示唆するものである。

1. 緒 論

自然再生推進法の施行に伴い、干潟の保全・再生への取り組みがさらに精力的となり、同時に各地で多くの干潟生態系の把握を目的とした調査が実施されている。しかし、既存のマニュアルに記載されている調査手法では精度良く生物相を把握することは難しく、その結果には大きな誤差を含む恐れがある(上田ら, 2002)。その原因の1つとして、調査地点の選定が調査担当者の経験的な“勘”によって行われており、客観性や科学性に欠けていることが挙げられる。底生生物の分布は潮位高や底質の粒度組成等に関連しているため(上月ら, 2000; 栗原, 1988; 和田・土屋, 1975)、調査地点の選定は、事前にこれらの値を参考に行うことが望ましい。しかしそのためにはさらに多大な時間、労力、費用を要する問題がある。そこで、本研究では過度な負担をかけず、簡便に調査地点を選定する方法について検討することを目的に、地盤の硬さを表す貫入抵抗値を指標として地点を選定する方法に関する基礎的な検討を行った。具体的には、まず2種類の硬度計の測定値の比較を行い、より簡便なものの選定を行った。次に貫入抵抗値の測定誤差や時間変化の検討から、貫入抵抗値の測定方法を示し、最後にそれらの値と生物種および生物群集との関連性について考察した。

2. 調査方法

(1) 2種類の硬度計の比較

硬度計には、従来の研究(上月ら, 2000; 奥宮ら, 2001)で用いられていたポータブルコーンペネトロメータのほか、山中式土壤硬度計がある。これらの機器で計測された貫入抵抗値や使用方法を比較し、より簡便に貫入抵抗値が測定できるものを選定した。検討にあたっては、2002年5月の大潮時に、勝浦川河口干潟の砂質から泥質

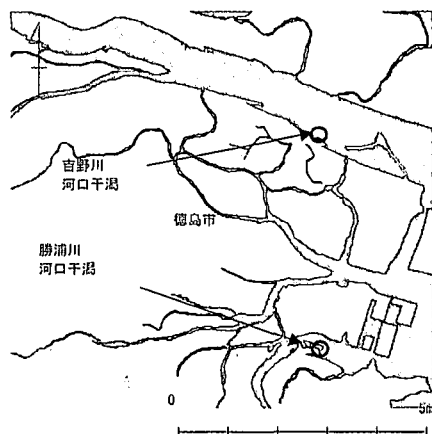
の地点を含む32地点で両測定器によって貫入抵抗値を測定し、その値の関係について検討した。なお山中式土壤硬度計は平面型のものを使用した。

(2) 貫入抵抗値の測定誤差と時間変化

貫入抵抗値の信頼性の評価を行い、適切な測定方法について検討した。徳島県勝浦川河口干潟の地点A～Dの4地点において、2002年4月～2003年1月の各月の大潮期に貫入抵抗値を測定した。実際には干出直後から1時間毎に各地点の貫入抵抗値を、1地点の測定につき各10回の測定を行った。また5月と1月には各地点の粒度分布も調べた。得られた結果から、測定回数を1～9回とした場合の貫入抵抗値の変動係数と経時変化を求めた。

(3) 底質と貫入抵抗値との関連

貫入抵抗値と物理・化学的な底質性状との関連を検討するために、2003年1月の大潮期の最干潮時1時間前後に、吉野川河口干潟の35地点で貫入抵抗値を測定した。同時に地盤高の測量と直径15mmのシリンジを用いて底質も採取し、含水率、強熱減量、粒度体積比、全有機炭素および全窒素の分析を行った。これらの調査結果から、底質環境と貫入抵抗値との関係について検討し、貫入抵抗値の重回帰モデルを作成した。



図一1 調査対象干潟(吉野川河口干潟と勝浦川河口干潟)

* 学生会員 理修 徳島大学大学院 工学研究科
** 正 会 員 工博 徳島大学大学院 工学研究科
*** 正 会 員 理博 島根大学工学部 工学研究センター
**** 学生会員 徳島大学大学院 工学研究科
***** フェロー 工博 徳島大学大学院 工学研究科

(4) 生物相と貫入抵抗値との関連

2002年4月に、勝浦川河口干潟の46地点で貫入抵抗値の測定と生物調査を行った。各地点の貫入抵抗値の測定は、概ね最干潮時の前後1時間以内に行った。生物調査では、一辺30cmの方形枠内の砂泥を深さ30cmまで採取し、2mm目のふるい上に残った全ての生物の同定と個体数の計数を行った。

貫入抵抗値と底生生物相との関連を検討するためには、まず10個体以上と比較的多く採集された13種の生物について、出現している地点と出現していない地点の貫入抵抗値を比較した。次に、全ての生物種の結果を用いてクラスター分析を行い、各地点を生物相の似通ったグループに類別し、生物相と貫入抵抗値との関連を調べた。

3. 調査および解析結果

(1) 2種類の硬度計の貫入抵抗値の関係（硬度計の選別）

吉野川河口35地点で山中式土壤硬度計とポータブルコーンペネトロメータの2種類の硬度計で測定した貫入抵抗値の関係を図-2に示した。なお、山中式土壤硬度計は底土の表層のみを測定する仕様であるため、ポータブルコーンペネトロメータの深度は5cmとした。両計測器で計測された単位は等しくはないものの、統計的に有意な関係($r^2=0.73$, $p<0.001$)にあることがわかった。本結果は1つの干潟で行われたものであるが、いずれの計測器でも干潟の貫入抵抗値を測定でき、両値の互換も可能であることを示している。また両計測器の使用方法などを比較すると、測定できる深度は表層部と限られるものの、小型でかつ短時間で一人で計測できる山中式土壤硬度計の方が本研究目的に適していると考え、貫入抵抗値の測定には本計測器を用いることとした。

$$y=0.59x-0.38$$

x : 山中式土壤硬度計の貫入抵抗値 (mm)

y : コーンペネトロメータの貫入抵抗値
(N/cm^2)

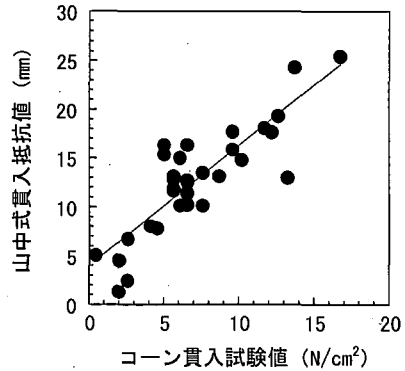


図-2 2つの硬度計の貫入抵抗値の比較

(2) 貫入抵抗値の測定方法（測定誤差と時間変化）

貫入抵抗値の信頼性を把握するために、勝浦川河口干潟で4月に測定した貫入抵抗値の測定回数と変動係数の関係を図-3に示した。貫入抵抗値の変化は干出直後からの経過時間や地点によっても異なり、1回の測定では変動係数10～50%の誤差を含むものの、5～6回の測定によってその変動係数は概ね10%以下と減少した。このことから、貫入抵抗値の測定には6回以上の測定が必要であり、以後は1地点につき7回測定を繰り返し、その平均値を解析に用いた。なお、7回の測定に要する時間は約1分間であった。

次に、干出直後からの時間経過に伴う貫入抵抗値の経時変化を図-4に示す。調査結果は各月とも概ね同様の傾向を示していたため、ここでは7月と10月の例を示した。地点AやBでは、時間の経過に伴う貫入抵抗値の変化はほとんどなかったが、地点CとDでは干出後の時間の経過に伴い値は増加した。この結果を調査地点の粒度分析の結果(表-1)を参考に、貫入抵抗値の経時変化について考察すると、貫入抵抗値はシルトの多い地点A、Bでは地盤干出後も大きな時間変化を示さなかったが、砂の卓越する地点C、Dでは時間と共にその値は増加し、底質が固くなっていくことがわかる。

実際の測定にあたってはその地点を代表する貫入抵抗

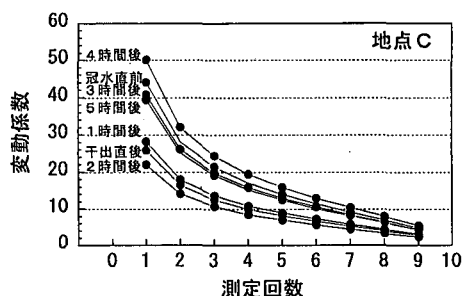
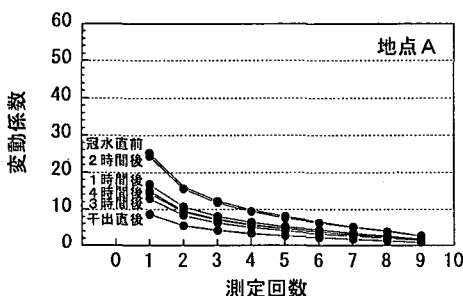


図-3 勝浦川河口干潟の地点Aと地点Cでの貫入抵抗値と測定回数の関係

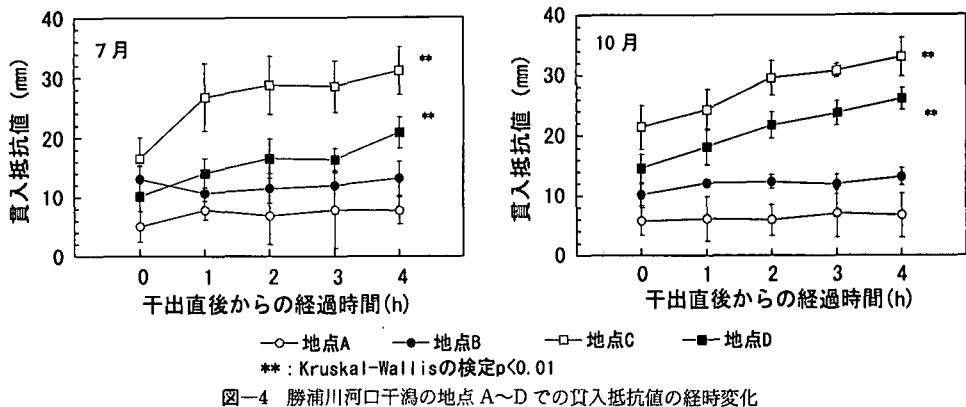


表-1 勝浦川河口干潟の地点 A～D の粒度分析結果

体積比 (%)	粘土	シルト	砂
	0.005 mm 以下	0.005～0.075 mm	0.075 mm 以上
地点 A	5.7	29.8	64.5
地点 B	7.0	27.6	65.4
地点 C	2.2	8.8	89.0
地点 D	3.4	15.7	80.9

い相関が見られる程度で統計的に有意な説明をすることはできなかった。

(3) 貫入抵抗値の環境指標性（底質と貫入抵抗値の関係）

貫入抵抗値と底質の物理・化学的性状との関係を把握するために、吉野川河口 35 地点の貫入抵抗値とシルト・クレイ率、含水率、強熱減量、最干潮時水位からの比高、全有機炭素および全窒素との関係を図-5 に、それらの相関係数を表-2 に示した。この結果より、貫入抵抗値は、シルト・クレイ率、強熱減量、最干潮時水位からの比高、全有機炭素および全窒素との間に有意な相関関係があり、貫入抵抗値も底質環境の 1 つの環境指標として扱うことができることがわかった。

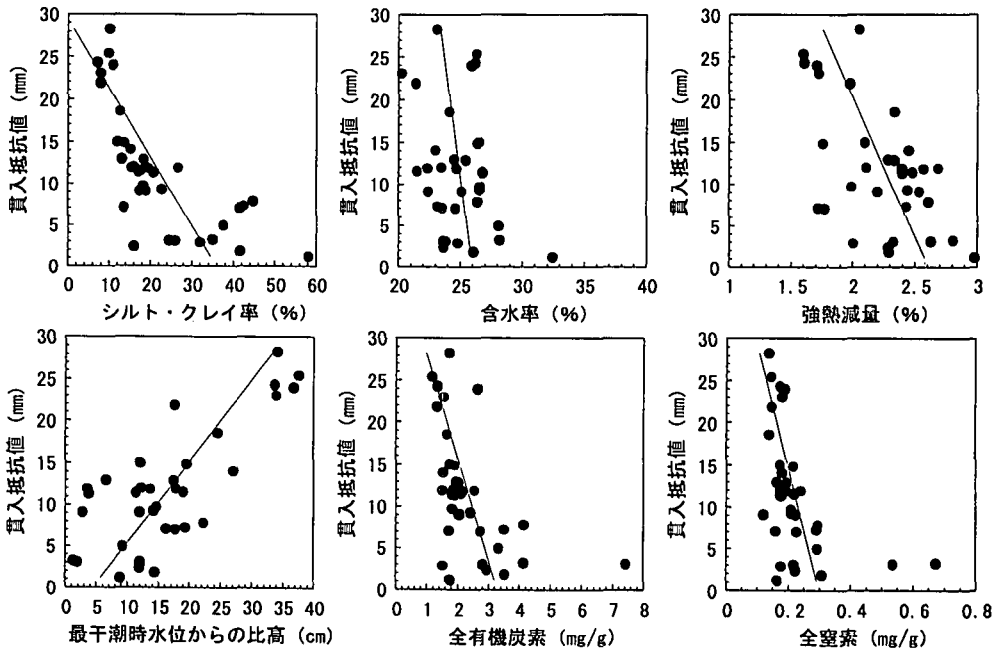


図-5 吉野川河口 35 地点での貫入抵抗値の各底質項目との関連

表-2 吉野川河口 35 地点での貫入抵抗値と各底質項目間の相関係数

	シルト・クレイ率 (%)	含水率 (%)	強熱減量 (%)	最干時水位 からの比高(cm)	全有機炭素 (mg/g)	全窒素 (mg/g)
貫入抵抗値(mm)	-0.72**	-0.29	-0.59**	0.76**	-0.51**	-0.47**

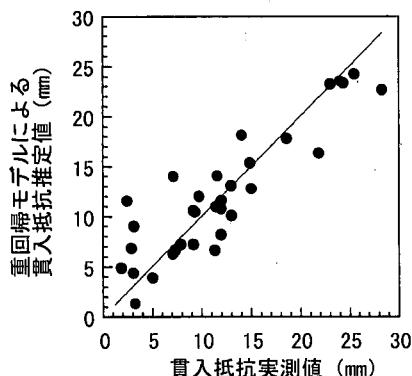
** : $p < 0.01$; * $p < 0.05$ 

図-6 貫入抵抗値の実測値と重回帰モデルによる推定値の関係

次に、6 項目全てを説明変数として、貫入抵抗値の重回帰分析を行ったところ、シルト・クレイ率と最干潮時水位からの比高の 2 変数を説明変数とする以下のような重回帰モデルが得られた ($r^2=0.8$, $p<0.001$)。

$$z=0.422x_1-0.300x_2+11.25$$

z : 貫入抵抗値 (mm)

x_1 : 最干潮時水位からの比高 (cm)

x_2 : シルト・クレイ率 (%)

また図-6 に貫入抵抗値の実測値とこの重回帰モデルによる推定値との関係を示すが、これらの値は、 $y=x$ の回帰式上にプロットされ、どちらか一方への偏りはみられず、本モデルの妥当性を示すことができた。

(4) 貫入抵抗値と生物相との関係

貫入抵抗値と生物相との関係を調べるため、まず貫入抵抗値と個々の生物種の出現あるいは非出現との関係について検討した。勝浦川河口 46 地点から採取された底生生物 29 種類のうち、個体数が 10 個体以上と比較的多く採取された 13 種類について、その種が出現した地点と出現しなかった地点の貫入抵抗値を比較した。その結果を示した図-7 から、アナジャコやオキシジミのように貫入抵抗値が相対的に低い地点で出現する種や、コメツキガニのように貫入抵抗値が高い所で出現する種があった。同様に 13 種の生物種についても検定した結果(表-3)、9 種類の出現傾向に統計的な有意差があり、貫入抵抗値からも多くの生物種の分布を説明することが可能であることがわかった。

次に、生物群集の観点から貫入抵抗値との関係を調べるため、各地点の生物種の個体数の優占率を変数としてクラスター分析(平方ユークリッド距離による Ward 法)を行ったところ、表-4 のように勝浦川河口の生物群集は大きく 4 つのグループに分類された。これらの 4 つの群集とそれらの地点の貫入抵抗値の関係を比較すると、有意に異なっており(Kruskal-Wallis の検定: $p < 0.001$)、生物群集と貫入抵抗値の間にも関連があることが示された。例えば、貫入抵抗値が約 5 mm と低い場合には、そこにはオキシジミやニホンスナモグリを優占種とするような生物群集があり、その値が約 13 mm と比較的硬い土壤にはソトオリガイを優占種とするような生物群

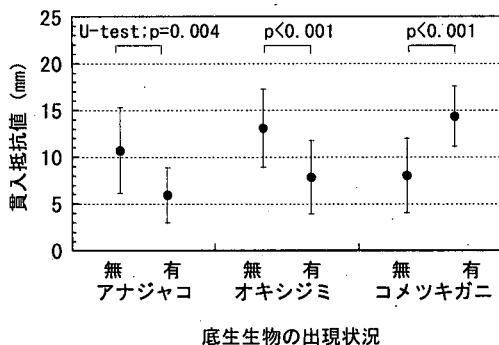


図-7 生物種の出現/非出現地点での平均貫入抵抗値の比較

表-3 勝浦川河口 46 地点から合計 10 個体以上採取された底生生物 13 種の出現した地点としなかった地点の貫入抵抗値の差異についての有意確率

	採集個体数	U-検定 有意確率
オキシジミ	100	<0.001
コメツキガニ	60	<0.001
ニカイチロ科	48	<0.001
アナジャコ	13	0.004
ハナグモリ	19	0.006
ヤマトオサガニ	52	0.011
ヘナタリガイ	117	0.022
ニホンスナモグリ	83	0.023
ソトオリガイ	637	0.047
チゴガニ	16	0.066
ホソウミナ	37	0.440
ヒメアカイソガニ属	131	0.496
コケゴカイ	20	0.656

表-4 クラスタ分析によって分類された各生物群集の優占種と貫入抵抗値

	地点数	優占種	貫入抵抗値(mm)の 平均値±標準偏差
グループ1	13	オキシジミ, ニホンスナモグリ	4.7±2.4
グループ2	6	ヘナタリガイ	8.5±3.1
グループ3	11	ヒメアカイソガニ属	10.0±3.2
グループ4	16	ソトオリガイ	13.3±3.4

集があると説明することができる。

従来、調査地点の選定にあたっては、調査担当者がまず対象とする干潟を地盤の高さ、粒度などを観察しつつ踏査し、生物調査地点を決めていた。特に地盤の硬さ、やわらかさなどは生物の分布に対応していることは経験的に知られており、定性的な調査項目の一つとなっていた。本研究では硬度計を使用すれば、簡便に貫入抵抗値として定量化できることに着目し、調査検討を行なったが、その結果干潟上の貫入抵抗値の分布から、合理的に生物調査地点を選定することも可能であることを示唆することができた。今後、複数の干潟で同様の調査を行い、貫入抵抗値と生物の分布との一般的な関係を見いだす予定である。

4. 結 論

① 硬度計の選定：既報で使用されているポータブルコーンペネトロメータと山中式土壤硬度計で得られた貫入抵抗値は相互に対応していたが、後者の計測器の方が使用目的や簡便性に優れていることがわかった。

② 貫入抵抗値の測定方法：貫入抵抗値の測定精度は1地点あたり6回以上測定するとその変動係数は10%未満となる。また砂が卓越する地点では干出後に時間変化するものの、その変動は干出後2時間以降には小さくなった。これらのことから貫入抵抗値の測定には、最干潮時の1時間前後に、各地点6回以上行い、その平均値を用いることが望ましい。なお、測定に要する時間は1地点で約1分間程度であった。

③ 貫入抵抗値の底質環境指標性：貫入抵抗値はシルト・クレイ率、強熱減量、全有機炭素、全窒素、最干潮時水位からの比高との間に有意な相関関係があり、底質環境を表す総合的な指標として扱える。特にシルト・クレイ率と最干潮時水位からの比高を説明変数に用い重回帰モデルを作成することができた。これら2つの底質指

標は、従来より底生生物の分布との間に関係があると言われており、貫入抵抗値を生物の分布を説明する一指標として扱うことの妥当性を示すこともできた。

④ 貫入抵抗値と生物群集との関係：勝浦川河口干潟で比較的多く採集された13種類の生物のうち、9種類の出現/非出現傾向は貫入抵抗値との間に関係が見られた。また4つに分類された各生物群集はそれぞれ異なる貫入抵抗値の地点にあった。

以上の結果は、貫入抵抗値から生物相を把握することの可能性を示唆するものであり、今後さらに複数の干潟で、貫入抵抗値と生物分布との関係の一般性を示し、貫入抵抗値の分布から生物調査地点を選定する方法を提案する予定である。

謝辞：底生生物の同定のご指導をいただいた大阪市立自然史博物館の山西良平氏、大阪府立水産試験場の有山啓之氏ならびに総合科学株式会社の松村勲氏に、ここで謝辞を述べる。

参 考 文 献

- 上田薫利・上月康則・倉田健悟・村上仁士・白鳥 実・桂 義教 (2002): 干潟生態系の構造把握を目的とした底生生物調査手法の現状と課題, 海岸工学論文集, 第49巻, pp. 1111-1115.
- 奥宮英治・桑江朝比呂・萩本幸将・小沼 晋・三好英一・野村宗弘・中村由行 (2001): 干潟泥底の強度特性と環境要因との関係—コーン貫入試験を用いた調査—, 港湾技研資料, No. 1002, 22 p.
- 栗原 康 (1988): 河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー, pp. 50-51.
- 上月康則・村上仁士・倉田健悟・福岡 亮・上田薫利・鎌田啓人 (2000): スナガニ類の生息場からみた吉野川汽水域干潟・ワンドの環境評価, 海岸工学論文集, 第47巻, pp. 1116-1120.
- 和田恵次・土屋 誠 (1975): 蒲生干潟における潮位高と底質からみたスナガニ類の分布, 日本生態学会誌, 第25巻, 4号, pp. 233-238.