

有明海干潟域におけるカニ類の活動による底質 浄化能力の定量評価の試み

ESTIMATION OF CAPACITY OF SEDIMENT PURIFICATION DUE TO CRAB
ACTIVITIES IN ARIAKE BAY

坂井真幸¹・五十嵐学²・増田龍哉³・滝川清⁴・森本剣太郎⁵

Masayuki SAKAI, Manabu IGARASHI, Tatsuya MASUDA,
Kiyoshi TAKIKAWA and Kentaro MORIMOTO

¹学生会員 熊本大学大学院 自然科学研究科 (〒860-8555 熊本市黒髪2丁目39-1)

²正会員 工修 熊本大学研究員 沿岸域環境科学教育研究センター (同上)

³正会員 博(工) 熊本大学特任助教 大学院先導機構 (同上)

⁴フェロー 工博 熊本大学教授 沿岸域環境科学教育研究センター (同上)

⁵正会員 博(工) 国土交通省 国土技術政策総合研究所 (〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1)

In Ariake Bay, various environmental degradations become a problem. The value of tidal flat which has purification function has been revised upward. It is important for clarifying its function and significance of existence to assess its value quantitatively. The purpose of the present study is to assess the function of sediment purification quantitatively at tidal flats in Ariake Bay. The capacities of sediment purification by the activity of *Macrophthalmus japonicus* and *Scopimera globosa* are verified in the field study, and moreover, the amounts of sediment purification in tidal flats are estimated.

Key Words : Ariake Bay, benthos, sediment purification function, quantitative evaluation, tidal flat

1. 緒言

有明海は、約5mの大きな干満差に起因し、日本の干潟総面積の約40%に及ぶ広大な干潟を有する。この干潟域は潮汐による干満によって干出と冠水を繰り返す特異な環境の下、独特の生態系を構築し、水質・底質浄化機能など様々な機能を有している。さらに、干潟は水鳥の生息地としてもラムサール条約の対象となるなど、世界的にも保護の必要性が認められている重要な場となっている。

しかしながら干潟は、水深が浅く人間の生活に近接した場であったことなどから、総合的・科学的・客観的な事前評価が十分に行なわれないまま、埋立や干拓などの開発が際限なく行なわれてきた。その一方で、有明海をはじめとする内湾域における水質・底質の悪化などの海域環境の悪化が問題となるにつれて、干潟が有する浄化機能が見直され、干潟環境保全・再生に向けて様々な事業が行なわれている。このような背景から、干潟の保全および今後の干潟再生事業の計画に当たり、干潟域における浄化

量を定量的に評価することは、その存在意義と機能を明確にする上で重要であると考えられる。

干潟域の浄化機能は、生物的、物理的および化学的作用により維持されている。その中でも生物的作用、特に底生動物の底質浄化機能に関する研究は、多毛類に関して多くなされている¹⁾が、カニ類に関しては大谷ら¹⁾、矢持ら²⁾および小野³⁾などの事例が散見されるのみで、有明海においてはほとんどなされていない現状にある。

そこで本研究では、有明海の干潟が有する底質浄化能力を定量的に評価することを最終目的として、有明海干潟域に広く生息するヤマトオサガニとコメツキガニの活動(摂餌、巣穴形成、移動)に着目し、それらを現地でも飼育しながら底質項目を測定することによって、カニ類の活動による底質浄化効果の算定を試みた。さらに、その結果から、有明海沿岸に位置する自然干潟(白川河口干潟、水無川河口干潟、住吉前浜干潟)におけるカニ類の活動による底質浄化量を試算した。

2. 現地実験概要

(1) 実験対象生物

ヤマトオサガニ (*Macrophthalmus japonicus*) は、北海道から沖縄の各地沿岸の泥質干潟に深さ10cm程度の巣穴を形成し生息している。甲幅が約40mm, 甲長が約25mmであり, 干潟が露出した直後および冠水する直前に摂餌活動を活発に行なっている³⁾。

コメツキガニ (*Scopimera globosa*) は、北海道から沖縄の各地沿岸の砂質底の干潟に深さ10~20cm程度の巣穴を形成し生息している。甲幅が約9mm, 甲長が約7.3mmであり, 干潮時に摂餌活動がみられるが, その活動は干潟が露出した直後が最も盛んである。また摂餌の際, 砂泥を小さな団子状に丸めて巣穴の周りに並べる習性があり, 活動後は巣穴を中心に砂団子が放射状に散在している³⁾。

(2) 実験方法

現地実験は, 有明海中央東部に位置する熊本港東に造成された東なぎさ線で行なった (図-1)。東なぎさ線は, 2005年10月に造成された人工前浜干潟であり, 泥質干潟と砂質干潟が隣接する特徴を持つ。実験を行なうに当たっては, 現地の実験対象地点において底泥を掘り起こし, 全面を5mmメッシュの金網で覆った直方体のゲージ (30×30×45cm) を深さ30cmまで埋設した。ゲージ内の底泥は, 生物を取り除くため, 先に掘り起こした底泥を4mmフルイでふるい, 残渣を取り除いたものを埋め戻して用いた。なお, 一度攪拌した泥の藻類量は3~4日で元の状態に戻る⁴⁾ことから, 本実験では底泥を埋め戻し3日間

放置した後に泥質干潟 (地盤高: T.P. -2.04m, 含水率: 約66.3%) にはヤマトオサガニを, 砂質干潟 (地盤高: T.P. -1.67m, 含水率: 約23.9%) にはコメツキガニをそれぞれのゲージに投入し, 6ケースずつ設置した (図-2)。

ゲージ内のカニの密度は, それぞれの生息密度の違いについて検証するために, 有明海の自然干潟に生息するヤマトオサガニとコメツキガニの最大生息密度をカニ密度中 (4個体/ゲージ) とし, その他にカニ密度小 (2個体/ゲージ), カニ密度大 (8個体/ゲージ) のゲージを各2ケースずつとし, カニ無のゲージ (直径50cm×高さ45cm) を各1ケースずつ設定した。

実験期間は2008年11月13日から12月11日の約4週間とし, 底質分析用の採泥は実験開始日, 1週目, 2週目, 4週目の計4回行なった。クロロフィルa (Chl. a), 強熱減量, 栄養塩 (全窒素, 全リン) を測定した。なお本研究では, Chl. aはカニの摂餌作用および攪拌作用の指標として, 強熱減量は有機物量の指標として表現している。表-1にこれらの分析・測定方法を示す。

Chl. aは, 干潟表面における底生藻類の現存量を把握するために底質を1×1cmコドラートにより0.1cm厚で1箇所から採泥し, それを分析に供した。なお, 砂質干潟では泥質干潟と比較して底生藻類の濃度が低く, 分析誤差が生じることが懸念されたため, 2×2cmのコドラートを用いて0.1cm厚で採泥した。強熱減量, 全窒素および全リンは, ゲージ内の深さ0.3cmまでの表層の底泥をすべて採取したものを分析試料とした。

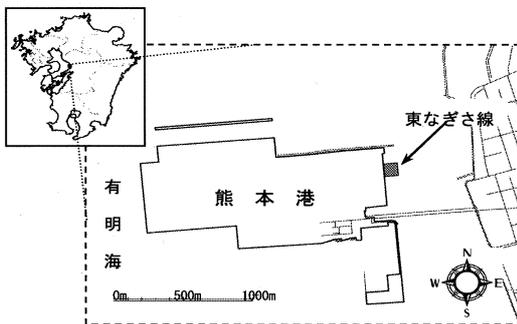


図-1 現地実験対象干潟位置図

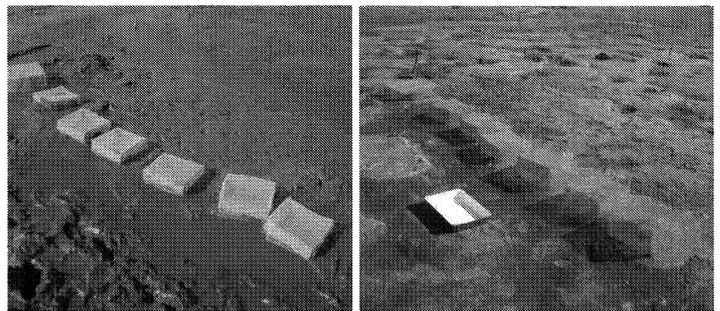


図-2 現地実験用ゲージ設置状況 (左: 泥質干潟(ヤマトオサガニ), 右: 砂質干潟(コメツキガニ))

表-1 底質調査項目及び分析・測定方法

項目	略号	単位	分析・測定方法
クロロフィルa	Chl.a	mg/m ²	河川水質試験方法(案).58 単波長吸光度法
含水率	-	%	底質調査方法Ⅱ.3
強熱減量	IL	%	底質調査方法Ⅱ.4
全窒素	T-N	mg/m ²	底質調査方法Ⅱ.18
全リン	T-P	mg/m ²	底質調査方法Ⅱ.19

3. 実験結果および考察

実験結果を示すに当たり、カニ有のゲージは、生息密度の異なる3種類のゲージを2ケースずつ設置しているため、密度毎に2ケースの平均値を求めてそれらを密度毎の代表値とした。以下に各底質調査項目の分析結果を示す。

(1) Chl. aの変化

図-3、図-4に実験期間中の泥質および砂質干潟におけるChl. aの変化を示す。泥質干潟における初期値は、カニ無のゲージで11.7mg/m²、カニ有のゲージで7.2~8.5g/m²となり、カニ無とカニ有のゲージで若干のばらつきが生じた。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目、2週目、4週目でそれぞれ27.8mg/m²、29.5mg/m²、5.0mg/m²となった。カニ有のゲージではそれぞれ6.2~10.3mg/m²、5.8~10.6mg/m²、6.3~9.8mg/m²となり、カニ有のゲージにおいて堆積物中のChl. aの大きな経時変化はみられず、生息密度の違いによる影響についても明確な違いはみられなかった。ここで、カニ無とカニ有のゲージを比較すると、実験開始1週目と2週目にカニ無のゲージの値が約3倍高い値を示した。このことから、ヤマトオサガニが生息することで堆積物中のChl. aの増加が抑制されていることが示唆された。

ヤマトオサガニの生物攪拌作用は、底生藻類のマット化を防ぎ、堆積物表層2mmの深さまで好氣的

な環境が維持されていたことが大谷ら¹⁾によって報告されている。本実験においても底生藻類のマット化が押さえられていたことから、ヤマトオサガニの活動によって、堆積物表層が好氣的環境を維持していたものと考えられる。なお、実験開始4週目におけるカニ無のゲージにおいて5mg/m²と大きく減少していた。砂質干潟において同様の現象がみられなかったことから、これは試料を1カ所からのみ採取したことによる分析誤差または泥質と砂質の限界せん断力の差異に起因する底質巻き上げ量の違いによるものと推測される。

砂質干潟における初期値は、カニ無のゲージで5.3mg/m²、カニ有のゲージで3.0~5.8mg/m²となり、概ね同様の値を示した。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目、2週目、4週目でそれぞれ9.4mg/m²、24.5mg/m²、29.0mg/m²と増加傾向を示した。カニ有のゲージではそれぞれ3.2~7.9mg/m²、8.3~16.2mg/m²、19.6~28.7mg/m²となった。全ての測定日において、カニ有のゲージにおけるChl. aの値がカニ無のゲージにおけるそれを下回っていたことから、コメツキガニの活動によって堆積物中のChl. aの増加が抑制されていることが示唆された。しかしながら、ヤマトオサガニと比較すると抑制効果は小さかった。これは、2種のカニの体長に起因した摂餌量および攪拌作用の違いにより、底生藻類の繁殖速度がコメツキガニのそれらを上回っていたためと推察される。

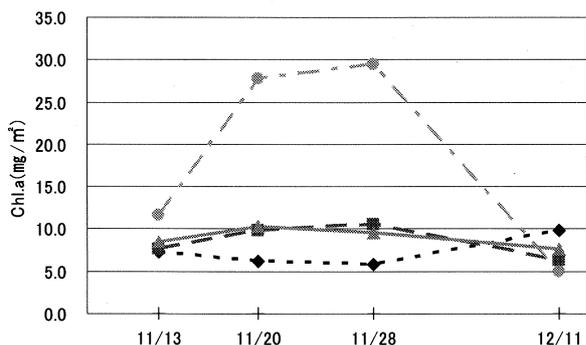


図-3 泥質干潟(ヤマトオサガニ)におけるChl. aの変化

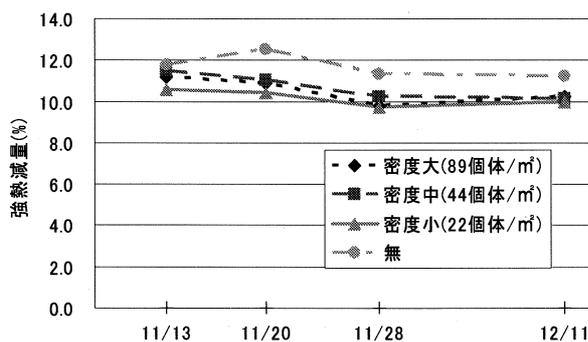


図-5 泥質干潟(ヤマトオサガニ)における強熱減量の変化

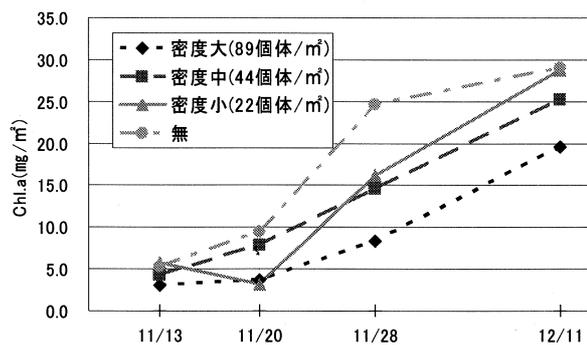


図-4 砂質干潟(コメツキガニ)におけるChl. aの変化

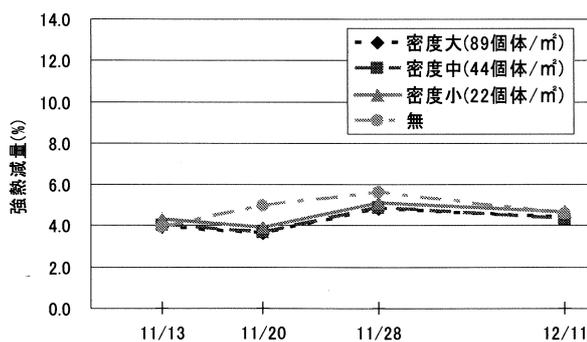


図-6 砂質干潟(コメツキガニ)における強熱減量の変化

(2) 強熱減量の変化

図-5、図-6に実験期間中の泥質および砂質干潟における強熱減量の変化を示す。泥質干潟における初期値は、カニ無のゲージでは11.8%，カニ有のゲージではそれぞれ11.2%，11.5%，10.6%といずれもほぼ同様の値を示した。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目，2週目，4週目でそれぞれ，12.5%，11.3%，11.2%となった。カニ有のゲージではそれぞれ10.4～11.0%，9.7～10.2%，10.0～10.2%となった。

砂質干潟における初期値は、カニ無，カニ有のいずれのゲージも3.9～4.3%となり，概ね同様の値を示した。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目，2週目，4週目でそれぞれ4.9%，5.6%，4.6%となった。カニ有のゲージではそれぞれ3.6～3.9%，4.8～5.1%，4.3～4.7%となった。

以上より，泥質干潟，砂質干潟いずれにおいても，カニ無とカニ有のゲージにおける差はあまり大きくは無いものの，カニ有の値がカニ無より低い値で推移した。このことから，カニ類の活動による強熱減量の抑制効果が示唆され，その程度はヤマトオサガニによるものの方が大きくなった。

また，泥質干潟，砂質干潟いずれもカニの生息密度の違いによる影響はみられなかった。この理由として，ヤマトオサガニとコメツキガニは，生息密度が高くなるにつれ，なわばりが小さくなる⁵⁾という特徴を有することから，ゲージ内の有機物を均等分しているため生息密度の違いによる差がみられなかったと考えられる。

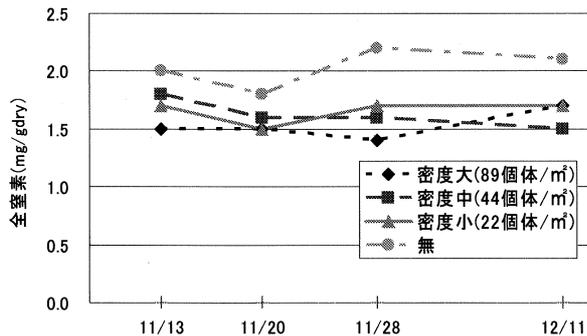


図-7 泥質干潟(ヤマトオサガニ)における全窒素の変化

(3) 全窒素の変化

図-7、図-8に実験期間中の泥質および砂質干潟における全窒素の変化を示す。泥質干潟における初期値は，カニ無のゲージで2.0mg/gdry，カニ有のゲージで1.5～1.8mg/gdryとなり，カニ無とカニ有のゲージで若干のばらつきが生じた。経時変化について，カニ無のゲージでは実験開始1週目，2週目，4週目でそれぞれ1.8mg/gdry，2.2mg/gdry，2.1mg/gdryとなった。カニ有のゲージではそれぞれ1.5～1.6mg/gdry，1.4～1.7mg/gdry，1.5～1.7mg/gdryとなった。このように，カニ無とカニ有のゲージにおける全窒素濃度は，初期値から大きな変化はみられなかったものの，日数の経過と共に両者の値の差が大きくなり，カニ有の値がカニ無より常に低い値で推移した。

砂質干潟における初期値は，カニ無，カニ有のいずれのゲージも0.10～0.12mg/gdryとなり，概ね同様の値を示した。経時変化について，カニ無のゲージでは実験開始1週目，2週目，4週目でそれぞれ0.27mg/gdry，0.35mg/gdry，0.50mg/gdryと僅かながら増加傾向となった。カニ有のゲージではそれぞれ0.14～0.16mg/gdry，0.16～0.24mg/gdry，0.23～0.37mg/gdryとなり，カニ無と同様に微増傾向を示し，カニ有の値がカニ無より低い値で推移した。

以上より，泥質干潟，砂質干潟いずれにおいても，カニ類の活動による全窒素の抑制効果が示唆され，その程度はヤマトオサガニによるものの方が大きくなった。

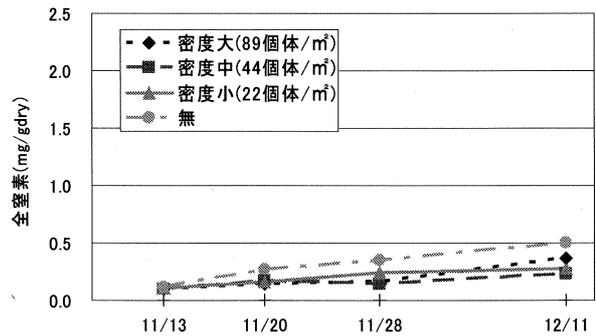


図-8 砂質干潟(コメツキガニ)における全窒素の変化

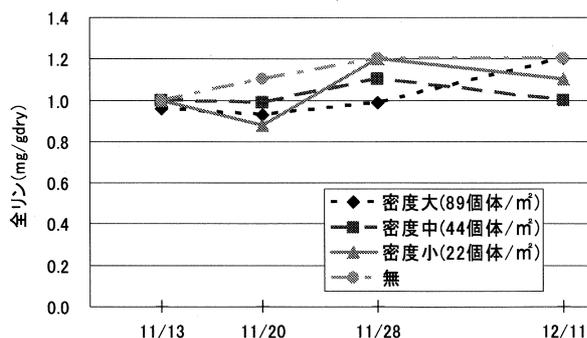


図-9 泥質干潟(ヤマトオサガニ)における全リンの変化

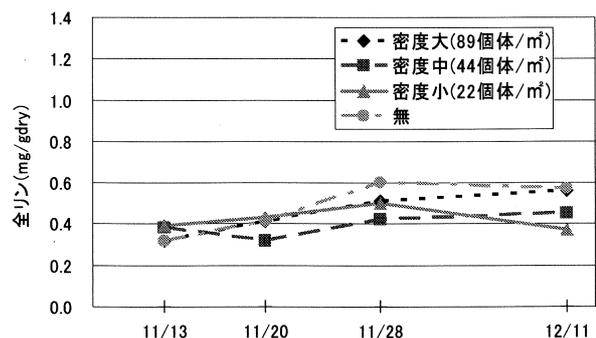


図-10 砂質干潟(コメツキガニ)における全リンの変化

(4) 全リンの変化

図-9、図-10に実験期間中の泥質および砂質干潟における全リンの変化を示す。泥質干潟における初期値は、カニ無、カニ有のいずれのゲージも0.96～1.00mg/gdryとなり、概ね同様の値を示した。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目、2週目、4週目でそれぞれ1.10mg/gdry, 1.20mg/gdry, 1.20mg/gdryと微増傾向を示した。カニ有のゲージではそれぞれ0.88～0.99mg/gdry, 0.99～1.20mg/gdry, 1.00～1.20mg/gdryとなった。

砂質干潟における初期値は、カニ無、カニ有のいずれも0.32～0.39mg/gdryとなり、概ね同様の値を示した。経時変化について、カニ無のゲージでは実験開始1週目、2週目、4週目でそれぞれ0.41mg/gdry, 0.60mg/gdry, 0.57mg/gdryとなった。カニ有のゲージではそれぞれ0.32～0.43mg/gdry, 0.42～0.51mg/gdry, 0.37～0.56mg/gdryとなった。

以上より、泥質干潟、砂質干潟いずれにおいても、カニ無とカニ有のゲージにおける差はあまり大きくは無いものの、カニ有の値がカニ無より低い値で推移した。このことから、カニ類の活動による全リンの抑制効果が示唆され、その程度は両者ほぼ同様であった。

4. カニによる底質浄化能力の評価

(1) 現地実験による底質浄化効果の算定

カニによる底質浄化効果の算定方法は、①前述したカニの生息密度毎のゲージにおける底質項目（強熱減量、全窒素および全リン）の代表値を用いて、実験開始1週目、2週目、4週目における各底質調査項目のカニ無のゲージとカニ有のゲージの差分を求め、②生息密度毎にその差分の平均値を算出し、それらを生息密度毎の底質浄化効果とした。③さらに、その値を用いて(1)式よりカニ1個体当たりの底質浄化効果を算定した（表-2）。

$$Y = \frac{\rho \times V \times X}{N} \quad (1)$$

ここで、 X ：生息密度毎の底質浄化効果、 V ：底質分析に供した採泥土の体積、 ρ ：土粒子密度、 N ：ゲージ当たりのカニの個体数、 Y ：カニ1個体当たりの底質浄化効果である。

ただし、干潟域における各項目の変化は他の生物の活動や気象条件、海象条件による影響など、様々な要因が考えられるが、本実験ではゲージ内の有機物量および栄養塩（全窒素、全リン）は全てカニの活動により変動するものと仮定した。

カニによる浄化効果は、ヤマトオサガニが有機物で1.20～5.66g/個体、全窒素で43.0～137.7mg/個体、全リンで10.9～36.7mg/個体、またコメツキガニが有機物で0.70～1.73g/個体、全窒素で13.7～53.6mg/個体、全リンで3.0～34.1mg/個体となった。このカニの生息密度毎に算定した値をヤマトオサガニとコメツキガニそれぞれで平均し、カニ毎の代表値を求めて比較すると、ヤマトオサガニが有機物で約2.3倍、全窒素で約2.5倍、全リンで1.2倍、ヤマトオサガニがコメツキガニより高い底質浄化能力を有することが示された。

ここで、本研究より得られたヤマトオサガニにおける全窒素の底質浄化効果と矢持ら²⁾によって算定された底質浄化効果との比較を行なった。矢持らによって算定された底質浄化効果は1個体当たり0.24g/m²、また本研究から得られた底質浄化効果は1個体当たり0.97g/m²となり、矢持らのものと比較すると本研究で得られた値が約4倍大きくなった。この理由として、矢持らは底質浄化効果を算定するに当たり、ヤマトオサガニの排泄物や脱皮殻に含まれる全窒素量などを差し引いて算定しているのに対し、本研究ではそれらを差し引かず全窒素の底質浄化効果を算定していること、またカニに限らず現地の干潟に生息する生物の排泄物には多くの窒素が含まれていることなどが考えられる。

表-2 カニによる底質浄化効果

		有機物			全窒素			全リン		
		分析結果 (%)	浄化効果 (%)	1個体当り (g/個体)	分析結果 (mg/gdry)	浄化効果 (mg/gdry)	1個体当り (mg/個体)	分析結果 (mg/gdry)	浄化効果 (mg/gdry)	1個体当り (mg/個体)
ヤマトオサガニ	密度大	10.3	1.4	1.20	1.53	0.50	43.0	1.04	0.13	10.9
	密度中	10.5	1.2	2.10	1.57	0.47	80.3	1.03	0.14	23.5
	密度小	10.0	1.6	5.66	1.63	0.40	137.7	1.06	0.11	36.7
	無	11.7	-	-	2.03	-	-	1.17	-	-
	平均			2.99			87.02			23.72
コメツキガニ	密度大	4.3	0.8	0.70	0.22	0.15	13.7	0.49	0.03	3.0
	密度中	4.3	0.8	1.40	0.18	0.19	35.4	0.40	0.13	23.8
	密度小	4.6	0.5	1.73	0.23	0.15	53.6	0.43	0.09	34.1
	無	5.0	-	-	0.37	-	-	0.53	-	-
	平均			1.28			34.23			20.32

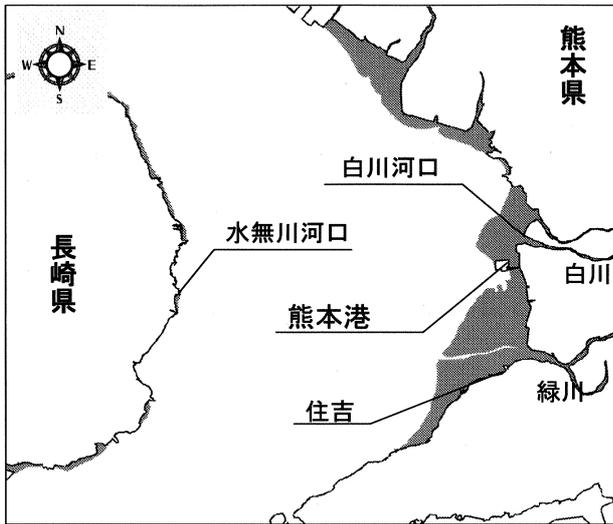


図-11 自然干潟の位置図

表-3 自然干潟における各項目の浄化量

	有機物 (kg/day)	全窒素 (g/day)	全リン (g/day)
白川河口干潟 (6,750m ²)	33.6	917	483
水無川河口干潟 (5,400m ²)	6.3	169	100
住吉前浜干潟 (6,150m ²)	22.6	634	261

(2) 自然干潟における底質浄化量の試算

底質浄化量は、筆者らが2008年9月から10月にかけて行なった有明海沿岸に位置する白川河口干潟、水無川河口干潟、住吉前浜干潟（図-11）におけるヤマトオサガニおよびコメツキガニの生息数の調査結果⁶⁾を基に、各干潟の調査区域で出現したそれらの全生息個体数と前節で算定した生息密度毎のカニ1個体当たりの底質浄化効果の平均値を掛け合わせて求めた。底質浄化量の試算結果を表-3に示す。

各干潟における6.3～33.6kg/dayの有機物浄化量は、平成18年度の熊本県の汚泥発生量より、熊本市民49～264人/dayの有機汚泥発生量に相当すると推定された。さらに、各干潟における栄養塩の浄化量（窒素：169～917g/day，リン：100～483g/day）は、既知の1人当たりの汚濁負荷量⁷⁾から、全窒素は15～83人/day，全リンは77～372人/dayの汚濁負荷量に相当することが示された。ただし、今回の調査区域は各干潟域の一部であり、またそこに生息している底生動物もヤマトオサガニとコメツキガニだけではないため、今回の実験結果のみを用いて底生動物の活動による底質浄化効果を試算すると過大、過小評価する恐れがある。

5. 結 言

本研究では、有明海干潟域において現地実験を行ない、自然干潟におけるカニ類の活動による底質浄化量の定量的な評価を試みた。以下に本研究で得られた主要な結論を示す。

- (1) 現地実験において、ヤマトオサガニとコメツキガニの活動による底質表層の有機物、全窒素、全リンの浄化効果を概算値ながら定量的に評価できた。
- (2) ヤマトオサガニとコメツキガニは、生息密度毎の底質浄化効果に違いはみられなかったが、1個体当たりの底質浄化効果では、密度小のゲージにおける効果が最も高いことが示された。
- (3) 冬季における白川河口干潟、水無川河口干潟、住吉前浜干潟におけるヤマトオサガニとコメツキガニによる有機物浄化量は熊本市民 49～264人/day が発生させる有機物量に相当し、栄養塩浄化量は全窒素で 15～83人/day，全リンで 77～372人/day の汚濁負荷量に相当することが示された。

謝辞：本研究は、文部科学省科学技術振興調整費重要課題解決型研究等の推進「有明海生物生息環境の俯瞰型再生と実証試験（平成17～21年度）」の補助によるものであり記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 大谷壮介，上月康則，酒井 孟，石山 哲，笹岡宏光，澳津賀仁，安葉映宏，村上仁士：干潟底質環境に及ぼすヤマトオサガニの生物攪拌作用に関する研究，海岸工学論文集，第 54 巻，pp.1191-1195，2007。
- 2) 矢持 進，岡本庄市，小田一紀：砂浜や泥浜に優占する底生動物の底質浄化能力，海岸工学論文集，第 44 巻，pp.1176-1180，1997。
- 3) 小野勇一，干潟のカニの自然誌，272p，平凡社，1995。
- 4) Byers, J.E. : Competition between two estuarine snails: implications for invasions of exotic species ,*Ecology*, Vol.81.No.5.pp.1225-1239, 2000.
- 5) 環境省：干潟生態系に関する環境影響評価技術ガイド資料集，p.10，2008。
- 6) 倉原義之介，清田政幸，森田将任，滝川 清，五明美智男，増田龍哉，五十嵐学：人工干潟造成事業の効果的な実施に向けた生物生息環境評価手法の活用，平成 20 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，VII-32，2009。
- 7) 流域別下水道整備総合計画調査指針と解説（平成 11 年版），日本下水道協会，1999。