

# 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

A FUNDAMENTAL STUDY ABOUT A PHYSICAL CHARACTERISTICS OF  
HORSESHOE CRAB LARVA HABITAT ENVIRONMENT IN SONE TIDAL FLAT

原喜則<sup>1</sup>・小島治幸<sup>2</sup>・鄢曙光<sup>3</sup>・田中邦博<sup>4</sup>・奥村博樹<sup>5</sup>・西岡晃<sup>6</sup>

Yoshinori HARA, Haruyuki KOJIMA, Shuguang YAN, Kunihiro TANAKA, Hiroki OKUMURA  
and Akira NISHIOKA

<sup>1</sup>正会員 修士(工学) 九州共立大学技師 環境土木工学科(〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

<sup>2</sup>正会員 工博 九州共立大学教授 環境土木工学科(〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

<sup>3</sup>正会員 博(工) 九州共立大学助手 環境土木工学科(〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

<sup>4</sup>正会員 博(工) 九州共立大学教授 環境土木工学科(〒807-8585 北九州市八幡西区自由ヶ丘1-8)

<sup>5</sup>非会員 学士 株式会社 三洋コンサルタント 九州支店(〒802-8534 北九州市小倉北区京町3-14-17)

<sup>6</sup>非会員 修士(水産学) 株式会社 三洋コンサルタント 九州支店(〒802-8534 北九州市小倉北区京町3-14-17)

The Sone tidal flat in Kitakyushu city has a dry flat of about 517ha during ebb tides. It is one of the nicest spots for the wild bird observation through the four seasons. It is also famous as the breeding ground of Horseshoe crab (*Tachyplesus tridentatus*). Although large-scale landfills have been recently constructed around the Sone tidal flat, number of Horseshoe crab breeding pairs laying eggs have been increasing. The aim of this study is to identify changes in wave environments due to the large-scale landfills through a numerical wave model and to understand physical habitat environments of Horseshoe crab larvae through field studies.

A drastic decrease in the wave intensity due to the large-scale landfills is confirmed and may be one of the reasons for increase in number of the breeding pairs. Also, basic physical characteristics of Horseshoe crab larva's habitat environments are identified and discussed.

**Key Words:** Numerical wave model, Topographic survey, Bottom sediment, Horseshoe crab larva habitat

## 1. はじめに

福岡県北九州市小倉南区にある曾根干潟(図-1)は、幅(南北)約3km、干出距離(東西)が約1.7km、最大干出面積が約517haあり、北九州市内に存在する干潟の中で最大である。また、沖合約3kmには人工島方式の新北九州空港が位置している。この空港島の一部は、苅田土砂処分場(S57年度に護岸完成)を利用したもので、現状の護岸はH10年度に完成し、H18年3月に空港が開港した。また、南側では、苅田港の整備に伴う新松山地区の埋立が施工中である。苅田港沖合で波浪が観測されており、その観測データによると高波浪の波は東から東南東方向が卓越しており、30年確率波としては波高2.5m、周期6.2秒である。

曾根干潟は、カブトガニの繁殖地としても有名である。カブトガニは、生きてる化石と呼ばれる生物で、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る。最近では、沿岸域の開発により生息

できる海岸が減少し、絶滅危惧種に該当しているが、曾根干潟においては、図-2のように産卵に現れるつがい数がH12年度の約80つがいからH17年度の約1600つがいに急増している<sup>1)</sup>。

カブトガニの産卵場の自然環境については、人工的に産卵場を創造・整備するためにいくつかの調査・研究がなされている。古くは関口<sup>2)</sup>の調査・研究があり、近年では、清野ら<sup>3)、4)</sup>や眞間<sup>5)</sup>が大分県守江湾の産卵地の地形・堆積物・波・流れの特性について研究しており、また、清野ら<sup>6)</sup>は曾根干潟の自然産卵地と人工産卵地の調査を行っている。

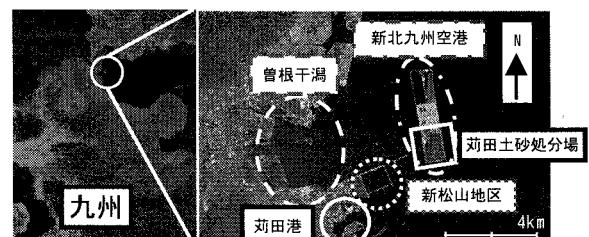


図-1 曾根干潟位置図

古川<sup>7)</sup>は福岡県志摩町の小富士地区にカブトガニ産卵場を整備し良好な結果を得ている。しかし、カブトガニ幼生の生息環境についての研究は少ない。曾根干潟において、カブトガニの産卵つがい数やカブトガニ幼生の生息個体数の調査を林<sup>8), 9)</sup>が毎年行っているが、標高や粒度組成といった生息環境に関する調査は行っていない。

本研究は、曾根干潟周辺における空港島や新松山地区の埋立造成などの大規模建造物による波浪環境への影響を数値計算により調べ、干潟の地形や底質、カブトガニ幼生の生息個体数について現地調査を行い、曾根干潟のカブトガニ幼生の生息環境の物理特性を明らかにすることを目的とする。

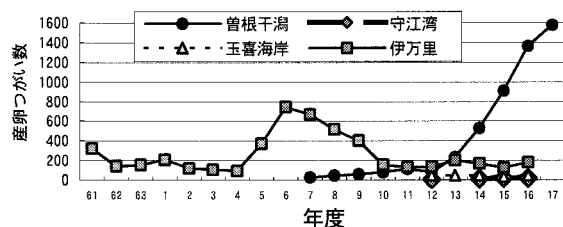


図-2 カブトガニの産卵つがい数<sup>1)</sup>

## 2. 研究方法

### (1) 波浪計算

波浪計算モデルは、間瀬ら<sup>10)</sup>の回折効果を考慮した多方向不規則波浪の浅海変形モデルを用いた。計算領域(図-1の右図)は、南北10km、東西15kmとし、格子間隔は20mとした。計算条件は、波向き(ENE, E, ESE)を3ケース、潮位(HWL, MSL)を2ケース、干潟周辺の大規模建造物の違いを表-1の4ケースとし、計24ケースで計算を行った。入力周期と波高は、6.07s, 2.43mとした。また、計算結果として波高の分布や波高低下率を求めるとともに、海底せん断応力やシールズ数を算出した。

表-1 波浪計算の地形ケース

|      |                     |
|------|---------------------|
| ケース1 | 干潟前面にない状態(S57年度以前)  |
| ケース2 | 荻田土砂処分場(S57年度)      |
| ケース3 | 荻田土砂処分場と新松山地区(H7年度) |
| ケース4 | 新松山地区と空港島(H10年度)    |

### (2) 地形調査

干潟域の測量は、図-3に示すように、南北にA～Nまでの測線記号を振り、東西方向に番号を振っている86測点(●印)である。H18年10月6日～8日に電子平板とトータルステーションを用いて行った。その結果を過去の資料<sup>11)</sup>と比較した。

### (3) 底質調査

調査地点は、図-3に示すP1～P23の23測点(○印)であり、試料は長さ30cmの円筒状で、H18年

8月7日～9日に採取した。粒度、含水比、強熱減量などの分析を行った。その結果を過去の資料<sup>11)</sup>と比較した。

### (4) カブトガニ生息調査

底質調査の23点で半径2.5m円内の底生生物の目視調査し、カブトガニ幼生の個体数と前体幅などの計測を行った。各測点に行くルート(図-3中の実線)を決め、そのルート間で発見したカブトガニ幼生も同様の計測を行い、簡易GPSでその位置を測定し、カブトガニが多かった9地点(☆印)は底質の採取も行った。上述の地形および底質の調査結果とカブトガニ幼生の生息個体数との関係を調べた。また、図-3の大円は確認されている産卵場所付近を示している。

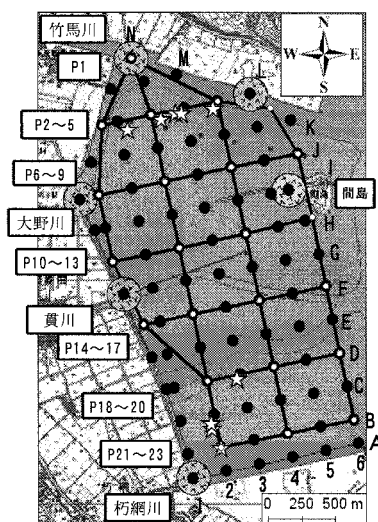


図-3 調査地点位置図

## 3. 結果と考察

### (1) 波浪計算結果

図-4は、潮位HWLの波向きE方向における各ケースの波高分布図であり、色が薄いほど波高が低くなっている。干潟域において、ケース1, 2では北側を除いてはほぼ1m前後の波高であるが、ケース4では0.6m以下となっている。図-5は、図-4のケース1の波高を基準としたケース2, 3, 4の護岸前と干潟開口部の波高低下率を表している。護岸前と干潟開口部ともに各ケースで著しく波高が低下している。特に、ケース4の波高低下率は、開口部で最大70%、護岸前で50%程度となっている。図-6は、同じ条件における波浪計算の結果をもとに算出したシールズ数の平面分布である。これを見るとケース1の値が最も高くなっており、干潟内で10前後の範囲が広く分布している。ケース4が最も低くなっており、その値が2～3の範囲で広く分布している。図-7は、図-6のケース1を基準にしたケース3(左図)、4(右図)のシールズ数の低下

率である。両ケースとも低下率が大きく、特にケース4では、80%以上低下しているところがある。

図-8 は、潮位 HWL で ESE 方向におけるケース2（上図）とケース4（下図）の波高と波向きをベクトルで表したものである。ケース2では、空港島と陸の間の海域から外海の波が屈折効果により干潟の北側部分に直接入り込んでいるが、新松山地区の埋立により開口部が狭められたケース4では、干潟に作用する波のほとんどが回折波で、波高が著しく減少している。波向き ESE 方向の場合には、新松山地区の埋立による影響が大きいと言える。また、図は掲載していないが、ENE 方向でも干潟域の波高の低下が確認でき、波高が最も低いのはケース4であり、空港島の影響が大きかった。干潟周辺の大規模建造物の影響で、ENE、E、ESE いずれの波向きにおいても干潟域の波高の低下が確認できた。

H7 年度の松山埋立とそれに続く空港島の建設により波浪強度が著しく低減した後に顕著な産卵つがい数の増加がみられたこと、原ら<sup>11)</sup>の研究と本研究によると干潟の地形や水質、底質などの環境は H7 年度以降と著しい変化が認められないことなどから、波浪環境の変化と産卵やふ化、幼生の生存率との関係は必ずしも明らかにされていないが、著しい波浪強度の低減が H12 年度以降の顕著な産卵つがい数の増大に影響を及ぼした可能性が高いと考える。また、池田ら<sup>12)</sup>は“H6 年前後の曽根干潟における穏やかな波浪条件（台風が少ない）によるふ化個体数や幼生生存率の増大、これらの生息を支える干潟周辺の水質・底質環境が保全されてきたこと等が産卵成体群の増加している要因である”と述べている。

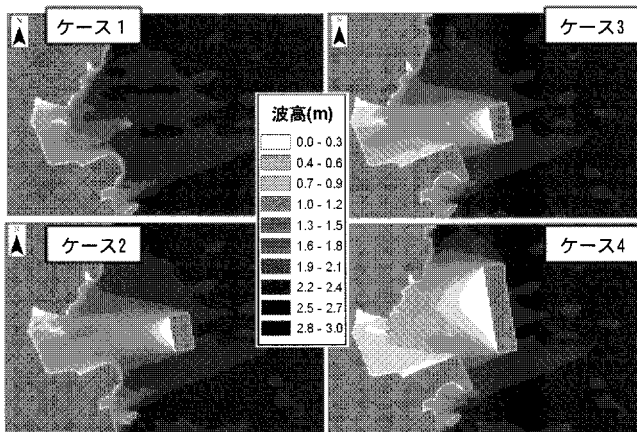


図-4 潮位HWLのE方向における各ケースの波高分布

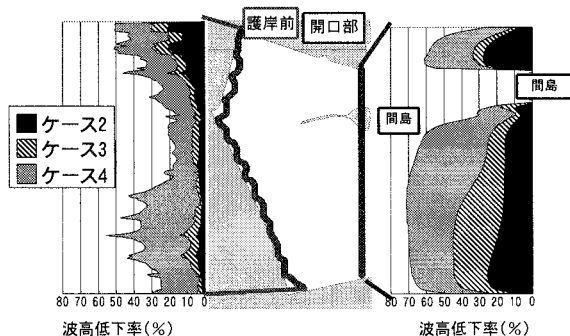


図-5 ケース1を基準としたE方向の波高低下率

## (2) 干潟の地盤高変化

図-9 は、左側に H18 年度の測量結果の等高線図であり、右側は H17 年度と H18 年度の地盤高差分平面図を表している。図中の○は測点を表している。左図は、間島背後の T. P. 0m ラインのトンボロ地形が特徴的である。右図は、黒色が堆積、色が薄くなるにつれ侵食が大きいことを示している。図をみると堆積している所は少なく全体的に侵食傾向にあり、間島の西側 I-6 周辺で約 0.5m の低下が見られた。原因としては、測量前に九州を通過した台風 10 号、13 号（8 月 18 日、9 月 17 日）の影響が考えられる。

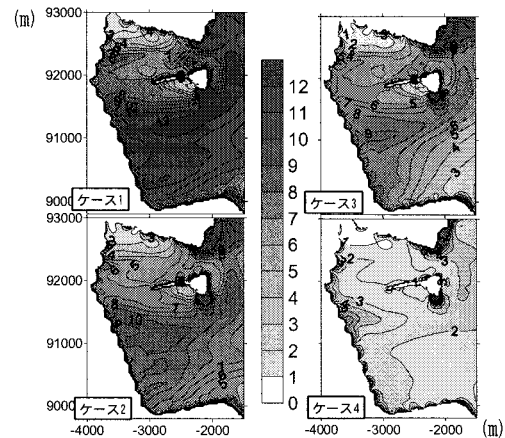


図-6 潮位HWLのE方向におけるシールズ数の平面分布

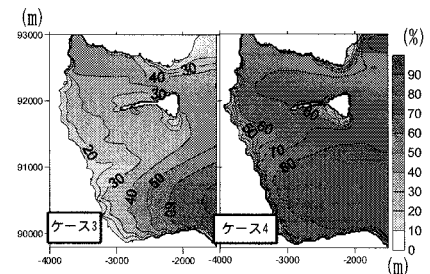


図-7 シールズ数の低下率平面分布

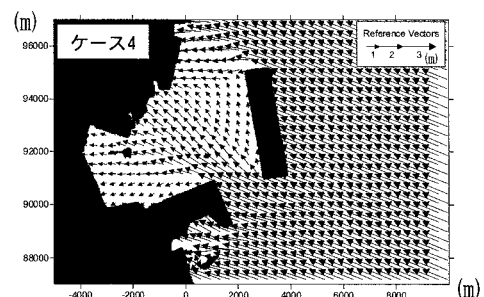
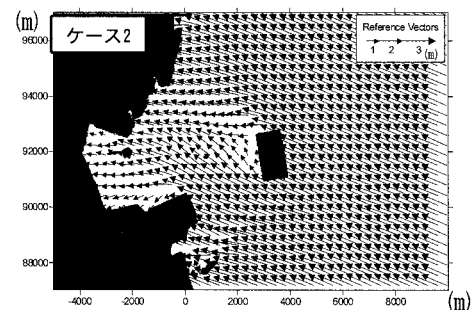


図-8 潮位HWLのESE方向における波高と波向き

### (3) 底質環境

図-10 の左図は、H18 年度の含泥率（粘土分とシルト分を足したものの割合）の平面分布図であり、右図は H17 年度と H18 年度の含泥率の差分平面図である。左図の含泥率は、陸に近いほど高く、沖に行くにつれて低くなる傾向がある。最も高いのは竹馬川河口の P1 で約 85%であり、沖側の低い値としては 20%前後であった。右図は、色が濃い部分が前年度より増加、薄い部分は減少となっている。P4 と P20 付近で含泥率が増加し、P9 と P10 付近では減少していた。他の測点では、大きな変化は見られなかった。また、中央粒径の平均は 0.17mm であった。

図-11 は、H18 年度の強熱減量（左図）と含水比（右図）の平面分布図である。左図の強熱減量は、沖側の方が高くなる傾向があり、間島の北の P9 と南の P13 で約 7%と最も高くなっている。右図の含水比は、ほとんどの測点で 40%以下となっている。

### (4) カブトガニ幼生の生息実態

#### a) 発見したカブトガニ幼生個体数と推定齢

図-12 は、今回の調査で発見できたカブトガニ幼生（以降、幼生とする）の齢を推定する際に用いた前体幅の範囲を示した表と推定齢ごとの個体数を示したものである。幼生の齢は、前体幅から推定できると言われており、林<sup>8)</sup>・<sup>9)</sup>と川原<sup>13)</sup>を参考にした。幼生個体数の合計は 607 匹で、6 齢が約 300 匹と最も多く、2 番目に多いのは 4 齢の約 160 匹、3 番目に多いのは 7 齢の約 120 匹となっている。1, 2 齢は全く発見することが出来ず、また、5 齢もほとんど発見することが出来なかった。川原<sup>11)</sup>によると 1 齢の前体幅が約 5mm, 2 齢が約 8mm と非常に小さいため干潟で発見するのは非常に困難であるために発見することが出来なかった可能性が高い。また、2～8 齢までは年 2～3 回脱皮するといわれている。これにより、5 齢が少ない要因は、6 齢が他よりも発見個体数が多いことから、多くの 5 齢の幼生が 6 齢へ調査前に脱皮したが、4 齢から 5 齢へには本調査以降に脱皮した可能性があると考えられる。

#### b) カブトガニ幼生の平面分布

図-13 左図は、幼生（▲）と成体（■）の生息分布を示したものである。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 GIS で集計しその個体数を棒グラフで右図に表している。また、色付の円は、各産卵場に最も近い円である。なお、間島東側に生息していた 2 匹は、本来の調査ルートを大きく外れており、また標高や底質のデータが全くないため、解析時に除外した。右図の集計結果をみると幼生が多いエリアや少ないエリア、全く存在しないエリアが明確に表れている。カブトガニの産卵場に近い方が幼生の個体数が多くなる傾向があると考えていたが、そのような傾向は見られなかった。右図を地形や底質の平面図と重ね合わせて、幼生が多く生息している環境はどのような環境かを調べた。

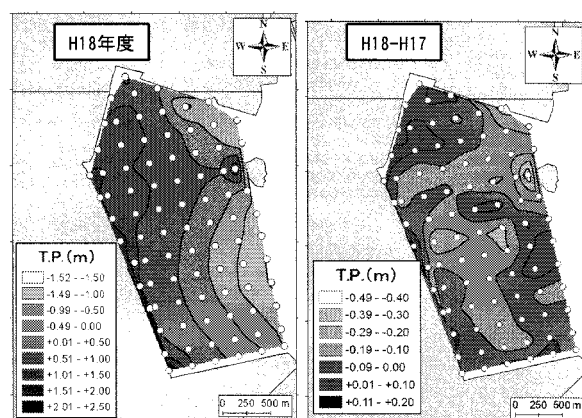


図-9 H18年度測量結果（左）と差分図（右）

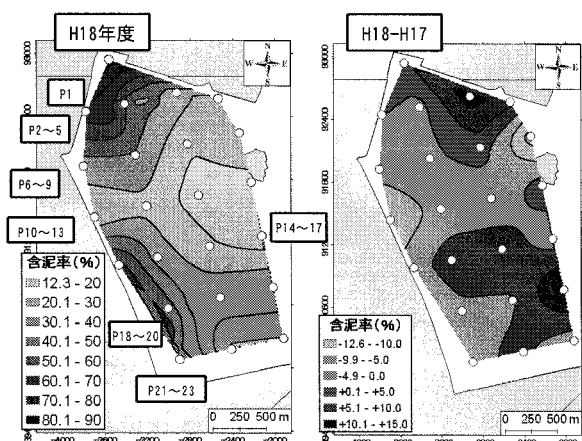


図-10 H18年度含泥率（左）と差分図（右）

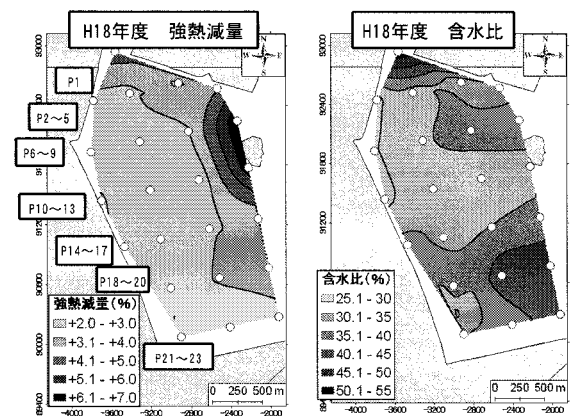


図-11 強熱減量（左）と含水比（右）

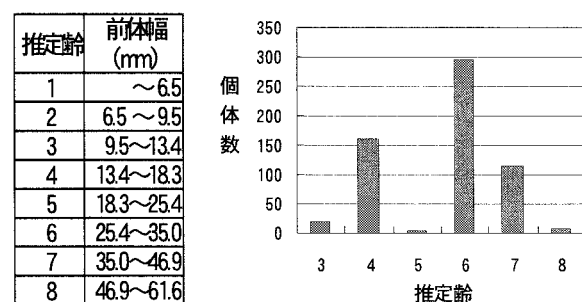


図-12 推定齢と前体幅の関係と各齢におけるカブトガニ幼生個体数

### c) 集計結果における幼生の生息環境

図-14～17 は、幼生個体数と各種環境要素の平面図を重ね合わせたもの（左図）とそれぞれの相関図（右図）を示している。相関に関しては、いくつかの関数を試したが、2次関数の相関係数が高かった。また、幼生の最適な生息環境が2次関数の頂点付近にあることを示唆している。図-14 は、幼生個体数と地盤高の関係を表したものである。両図をみるとT.P. -1.0m 以下にはほとんど生息しておらず、T.P. 1.0m 以上の地盤高のところでは、幼生は皆無だった。幼生が多く生息していた範囲は、T.P. -0.5 ～ -1.0m であった。右図の相関係数Rは 0.319 であった。

図-15 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 20～60%の広い範囲に幼生が生息していた。特に、20～40%の範囲に多くの幼生の生息が確認できる。また、測定された含泥率の範囲では、70～85%のところでは発見されなかった。相関係数Rは 0.379 であった。

図-16 は、幼生個体数と強熱減量との関係を表したものである。強熱減量が 2～3%の範囲の狭い範囲に集中している。しかし、強熱減量が高い測点は竹馬川河口あるいは沖側にあるため、地盤高などの影響により幼生が存在しなかった可能性がある。相関係数Rは 0.141 であった。

図-17 は、幼生個体数と含水比との関係を表したものである。図から含水比が 25～40%の範囲にほとんどの幼生が生息していた。相関係数Rは 0.287 であった。含水比は、生息環境のパラメータにならない可能性があるが、調査時にタイドプールや滞筋などに多くの幼生が生息していたため何らかの湿潤度に関するパラメータが必要であると考えられる。

これらの結果を、真間<sup>5)</sup>が守江湾での幼生生息場の環境条件として挙げている“50μm径が 0.2～0.4mm, T.P. -0.3～-0.4m の平均潮位前後の常に湿潤状態にある干潟、波浪や河川流による直接的影響を受け難い安定した場、産卵場から分散してこれの河川や潮の流れが近傍にあること”と比較すると、曽根干潟の幼生生息環境は類似していると言える。また、幼生が多く生息していた場所は、図-6 に示すように、シールズ数の低下率が 60～80%のところである。これは、波あたりが弱くなることにより、幼

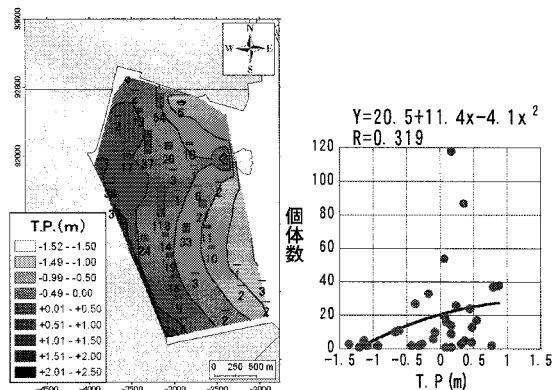


図-14 個体数と等高線図（左）と相関図（右）

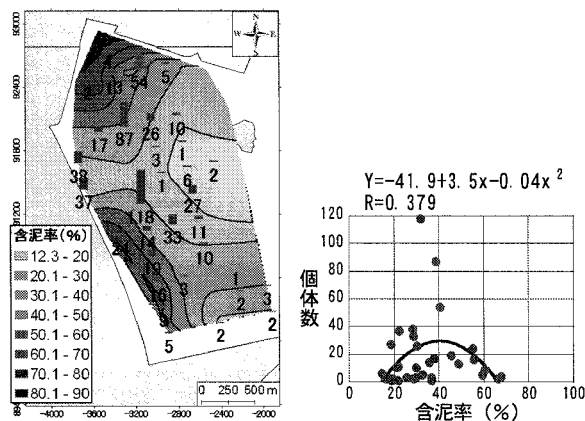


図-15 個体数と含泥率（左）と相関図（右）

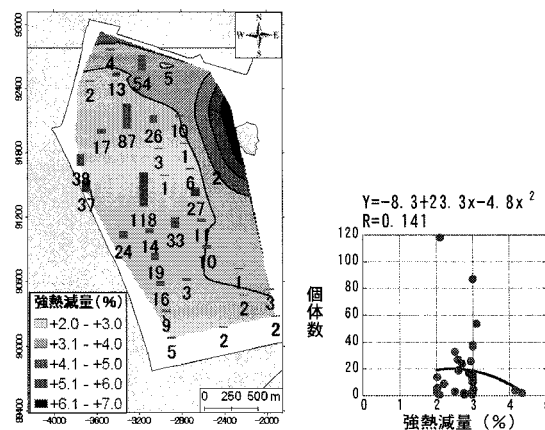


図-16 個体数と強熱減量（左）と相関図（右）

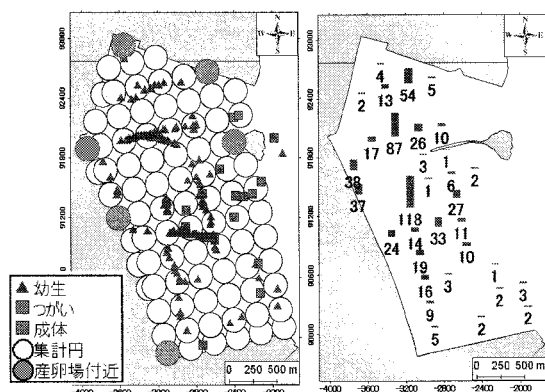


図-13 カブトガニの分布（左）とカブトガニ幼生の集計結果（右）

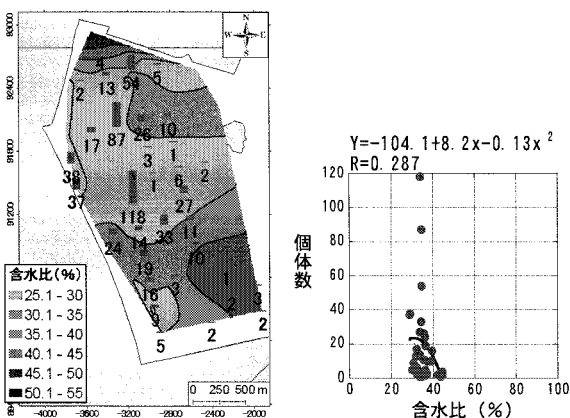


図-17 個体数と含水比（左）と相関図（右）

生の生存率が增大する可能性を示唆している。

#### d) 生息点ごとにデータを抽出した場合の生息環境

もう少し幼生の生息環境を絞り込むために、図-13における▲の幼生が生息していた1点1点における地盤高、含泥率、強熱減量、含水比の4つのデータをGISで抽出し、齢ごとに集計したものが図-18である。各齢における生息環境の違いが表れることを期待したが、今回の調査では顕著な傾向をみることができなかった。これらで幼生が最も多かった範囲は、地盤高 T.P. 0.0~0.5m、含泥率 30~40%、含水比 30~35%、強熱減量 2~3%となっており、それぞれの範囲の面積とその範囲内に生息する幼生の個体数をGISで求め、単位面積あたりの幼生個体数を求めたのが表-2である。調査範囲の単位面積あたりの個体数は170個体数/km<sup>2</sup>であり、個別要素の単位面積あたりの個体数は、206~272個体数/km<sup>2</sup>となり生息密度が増加しているのがわかる。さらに地盤高と含泥率の2つの範囲を満たしている場合は644個体数/km<sup>2</sup>となり、地盤高と含泥率と含水比の3つを満たしている場合は763個体数/km<sup>2</sup>となる。これらは、調査範囲の生息密度を1とした場合には、それぞれ3.8、4.5の生息密度になることから、生息環境はある程度把握できたと考える。また、図-13の右図における幼生個体数が87、118の測点は地盤高と含泥率が上記の範囲であった。

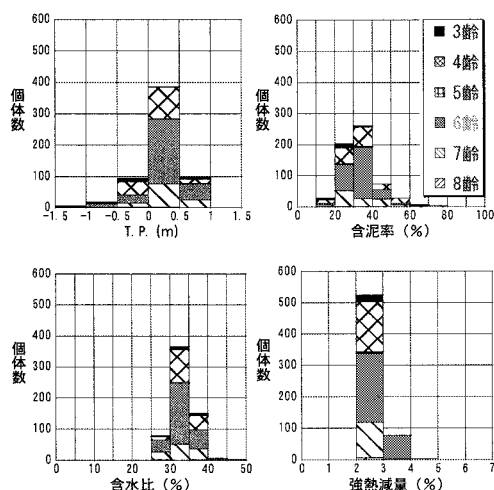


図-18 各齢ごとの幼生個体数の生息環境

表-2 生息環境面積と生息個体数

| 要素                                       | 調査範囲 | 地盤高<br>0~0.5<br>(m) | 含泥率<br>30~40<br>(%) | 含水比<br>30~35<br>(%) | 強熱減量<br>2~3<br>(%) | 地盤高+<br>含泥率 | 地盤高+<br>含泥率+<br>含水比 | 地盤高+<br>含泥率+<br>含水比+<br>強熱減量 |
|------------------------------------------|------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------------|---------------------|------------------------------|
| km <sup>2</sup>                          | 3.55 | 1.43                | 1.00                | 1.78                | 2.27               | 0.31        | 0.24                | 0.23                         |
| 個体数                                      | 605  | 388                 | 263                 | 365                 | 525                | 199         | 180                 | 146                          |
| 個体数/km <sup>2</sup>                      | 170  | 272                 | 262                 | 206                 | 231                | 644         | 763                 | 646                          |
| 調査範囲の<br>個体数/km <sup>2</sup> を<br>1とした場合 | 1.0  | 1.6                 | 1.5                 | 1.2                 | 1.4                | 3.8         | 4.5                 | 3.8                          |

## 4. まとめ

波浪計算結果から、ENEとE方向は空港島、ESE方向では新松山地区の影響による波高の低下が確認で

きた。この波浪環境の変化が、H12年度以降の産卵つがい数の増大の要因となった可能性が高い。

地盤高については、調査前に台風が通過したことによる影響と思われる地盤高の低下が全体的にみられた。底質環境の含泥率については、局所的に10%以上の変化があるが、大半は10%以下の変化であることから、全体的には大きな変化はないと考える。

曾根干潟のカブトガニ幼生が多く生息していた環境は、T.P. -0.5~1.0m、含泥率20~40%、含水比30~40%、強熱減量2~3%という結果が得られた。しかし、カブトガニ幼生などに関する過去のデータが少ないことから、物理変化がカブトガニに与える影響を継続して調べる必要がある。

謝辞：カブトガニ幼生調査に関して助言をして頂いた日本カブトガニを守る会の林修氏と清水敬司氏に、研究室の当時4年生に心からの感謝の意を表す。

## 参考文献

- 1) 日本カブトガニを守る会：http://www.hachigamenet.ne.jp/~mayu-hy/page6.htm.
- 2) 関口晃一編：カブトガニの生物学（増補版），星雲社，pp. 45-62, 1999.
- 3) 清野聡子，前田耕作，日野明日香，宇多高明，眞間修一，山田伸雄：カブトガニは何故その岸辺に産卵するのか？，海岸工学論文集，第45巻，pp. 1091-1095, 1998.
- 4) 清野聡子，宇多高明，眞間修一，三波俊郎，芹沢真澄，古池鋼，前田耕作，日野明日香：絶滅危惧生物カブトガニの生息地として見た守江湾干潟の地形・波浪特性，海岸工学論文集，第45巻，pp. 1096-1100, 1998.
- 5) 眞間修一：八坂川河川改修における環境保全計画，RIVER FRONT, Vol. 34, pp. 26-36, 1999.
- 6) 清野聡子，宇多高明，土屋康文，眞間修一，山田伸雄，綿末しのぶ：北九州市曾根干潟の間島背後に形成された comet tail 上のカブトガニの自然産卵地と人工産卵地の現地調査，海洋開発論文集，第16巻，pp. 333-338, 2000.
- 7) 古川耕次：小富士地区埋立に伴う環境保全（カブトガニ），九州技報，No. 40, pp. 82-84, 2007.
- 8) 林修：曾根干潟のカブトガニの生息状況，かぶとがに，No. 17~23, 1997~2003.
- 9) 林修：曾根干潟のカブトガニの生息状況，わたしたちの自然史，第52号，pp. 350-354, 1995.
- 10) 間瀬肇，高山知司，国富将嗣，三島豊秋：波の回折を考慮した多方向不規則波の変形計算モデルに関する研究，土木学会論文集，第628号，II-48, pp. 177-187, 1999.
- 11) 原喜則，小島治幸，江崎政文，鄺曙光，清水敬司，久富孝司：曾根干潟の自然環境特性に関する研究，海洋開発論文集，第22巻，pp. 613-618, 2006.
- 12) 池田高則，松崎和博：空港とカブトガニ，平成16年度九州国土交通研究会，http://www.qsr.mlit.go.jp/n-event/kenkyu/.
- 13) 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, 日本カブトガニを守る会，1989.