

カブトガニ産卵地となる河口砂州周辺の海浜流の特性と 産卵行動の関係

清野 聡子*・宇多 高明**・芹沢 真澄***

西日本各地での生息地調査によれば, 最も発見頻度の高いカブトガニ産卵地は河口砂州であった。その地形や材料だけでなく, 周辺の波・流れ等の諸要素は, 本種の産卵行動や卵発生のために相互に関連する不可欠な組み合わせである可能性がある。そこで, 大分県守江湾の八坂川と江頭川, 中津干潟の舞手川河口砂州を代表として詳細現地調査を行い, 波・流れと産卵行動の関係を精査し, 親の産卵地点の選択性について考察した。

1. ま え が き

絶滅危惧種カブトガニ *Tachypleus tridentatus* は内湾に流入する河川の河口砂州や湾曲部砂州で産卵する。筆者らは本種の生息地である大分県守江湾において産卵地の物理環境を調べるとともに, 産卵地である首捻防波堤周辺の波・流れについて数値計算により検討した(清野ら, 1998a,b)。その後, 西日本各地で産卵地調査を行って比較したところ, 最も発見頻度の高い産卵地は河口砂州であった(清野ら, 1999; 清野ら, 2001a; 清野ら, 2001b)。その地形や材料だけでなく, 周辺の波・流れ等の諸要素は, 本種の産卵行動や卵発生のために相互に関連する不可欠な組み合わせである可能性が見出された。そこで本研究では, 守江湾の八坂川と江頭川, 中津干潟の舞手川河口砂州を代表として詳細現地調査を行い, 波・流れと産卵行動の関係を精査し, 親の産卵地点の選択性について考察した。

2. 研究対象地の概況

本研究の対象地は, 大分県の守江湾に流入する八坂川と江頭川の河口, および周防灘に面した中津干潟に流入する舞手川河口である。これらの河川の流域面積は八坂川, 江頭川, 舞手川の順にそれぞれ 147.4 km², 8.9 km², 10.3 km² である。これらの河川の河口沖にはいずれも広大な干潟が広がっており, 過去の調査でカブトガニが生息し, 河口砂州で産卵が行われていることが確認されている。これらの河口砂州において地形測量とカブトガニの産卵地調査を行った。

3. 河口砂州の地形的特性とカブトガニ産卵地

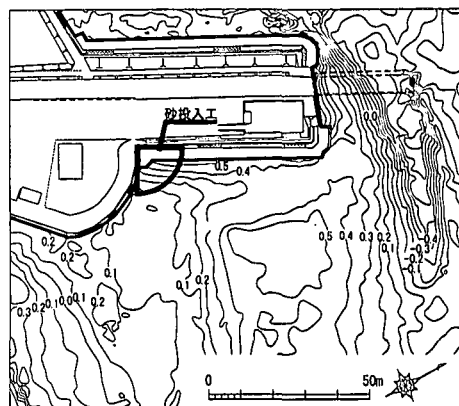
(1) 八坂川河口砂州

図一に示す八坂川河口砂州は, 大きく突き出た杵築大橋の基部が洪水流を大きく阻害し, 流れが縮流作用を受けることに起因して, 橋台からの流れの剥離域に形成されたものである。流れの縮流部分には水深約-0.6 m

の深みが形成されているが, その外側には約 1/10 の急斜面が形成されている。斜面の勾配は沖合の干潟面から続く平坦面から上流方向に増大し, 橋台の上流側端部で最も大きい。これはもともと洪水流の作用で砂州前面が大きく洗掘されたことに加えて, 主として湾内で発達した風波の作用によって, 砂州の汀線に沿って上流方向へ向いた沿岸漂砂が発達し, これによって上流方向へと砂が運ばれ, 砂州の最上流端で急勾配をなして砂が堆積したためである。

(2) 江頭川河口砂州

図一2, 3 には江頭川河口部の空中写真と, 1998 年 6 月測量の深淺図を示す。江頭川河口砂州は, 河口部で右回りに大きく湾曲している。これは左岸側から河口前面を塞ぐように護岸が突き出ていることに起因している。江頭川では, 1997 年 9 月 16 日に発生し, 八坂川をはじめとしてこの地域に大きな被害をもたらした洪水によって, 従来から存在した河口左岸側の砂州が流出するとともに, 河口中心部が大きく深掘れた。また, 右岸側には舌状の砂州が形成されていた。このため河口砂州は全体的に右に緩く湾曲している。舌状砂州の内側には小規模な干潟を抱いており, そこから沖合へと続く干潟はカブトガニ幼生の生息地である(清野ら, 2000a)。河口での湾曲流の内側に砂州が発達している点は, 図一1 に示した



図一1 八坂川河口砂州の詳細形状

* 正会員 農修 東京大学助手 大学院総合文化研究科 広域システム科学科
** 正会員 工博 国土交通省 国土技術政策総合研究所 研究総務官
*** 正会員 海岸研究室(有)

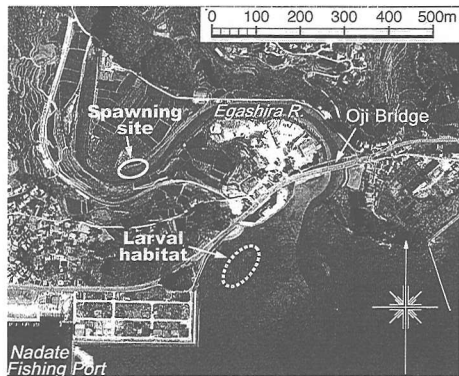


図-2 江頭川河口のと産卵地・幼生生育地の位置

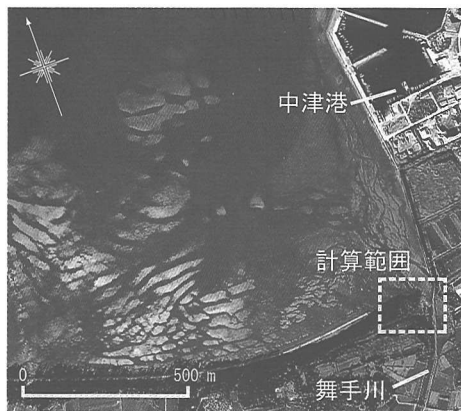


図-4 中津干潟における舞手川河口の位置

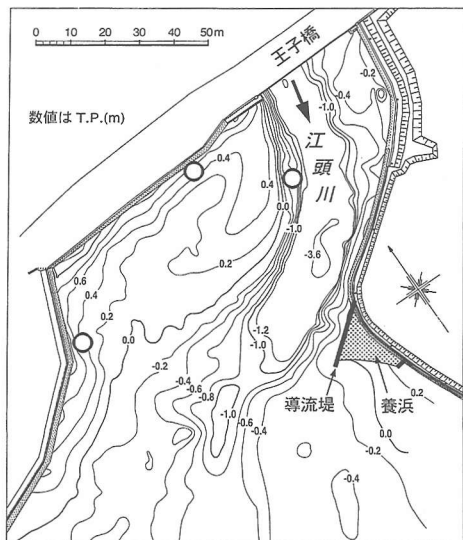


図-3 江頭川河口砂州の詳細形状と産卵地点 (o)

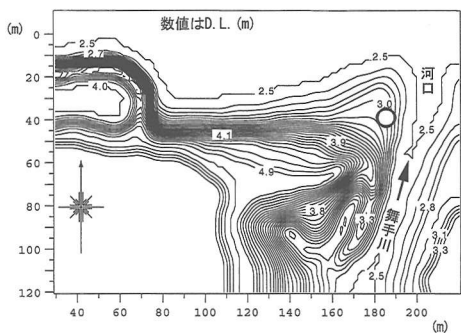


図-5 舞手川河口砂州の詳細地形と産卵地点 (o)

八坂川河口砂州の場合と非常に類似している。この砂州上の○印で示す場所が1999年7月のカプトガニ産卵地調査により産卵地であることが確認された。

河口右岸側には護岸があるが、その前面にはごく狭い砂浜が広がっている。この砂浜の○印付近でも過去に産卵が確認されている。一方、右岸側から細長く延びた河口砂州と既設の右岸護岸の間に挟まれ、そこから沖向きに延びた窪地は干潟となっており、カプトガニ幼生が生息することが確認されている(清野ら, 2000a)。

(3) 舞手川河口砂州

図-4には中津干潟における舞手川河口の位置を、また図-5には1998年1月撮影の空中写真を参考にして2001年8月測定の深浅測量データをもとに作成した舞手川河口の詳細深浅図を示す。舞手川は中津市内を流れ、中津港の護岸との境界部に流入している。図の左端

には西側から延ばされてきた海岸護岸の端部がある。護岸端部では汀線が凹状になっている。この付近では中津港の防波堤が延びているため、東側からの波の入射は阻止され、波が西半平面からの入射に限られているためである。図-5においては正面ないしやや左側から波が入射することによって右向き(河口方向へ)の沿岸漂砂が生じ、この結果護岸端部の汀線が侵食されて凹状となったものである。一方、河口では左岸側から細長い砂嘴が発達している。砂嘴は付け根では幅が広く、先端方向に幅が狭まる。この砂嘴は海からの波浪侵入によって延びたものである。砂州先端部の形状は複雑であり、海側には突出部がある一方、河道内へと細長くくびれた砂嘴が発達している。海側に延びた砂州は上流方向に延びた砂嘴と比較してその標高が低く、満潮時には水没する条件下にある。河口砂州の最も上流で、大きくくびれた砂嘴は海側からの沿い波が作用し、これによって砂が運び込まれて堆積して形成されたと考えられる。図には2001年8月に確認されたカプトガニの産卵地点も示す。従来は、くびれた砂嘴の内側に産卵地点が想定されていたが、2001年8月には新たに河口砂州の海側への突起部に産

卵地が発見された。この海側への突起は汀線付近から約1/10と急勾配で落ち込んだのち、勾配が緩くなっている。また図-5によると舞手川の流路はy軸方向に対し約20°の角度をなして右回りの方向へと流入している。この流れの方向は左岸側から発達する砂州により西側からの入射波が遮蔽される方向である。図-5によれば河口砂州が最も東側に延びた場所では局所的に砂浜勾配が約1/10と急になっている。この部分は舞手川の洪水によって砂州先端が削り取られ易い場所である。ここから削り取られた土砂は沖向きに流出し、図-5に示した海側へ向いた突起部分に堆積する。

以上の測量結果によれば、河口砂州は2タイプに分類される。第1は洪水流の作用によって河口で流れが剥離する場所に形成された砂州で、洪水後波の作用によって緩やかに砂が上流側に押し戻されるタイプである(例:八坂川と江頭川)。第2は通常時の波の作用で河口内へと砂が運び込まれて砂嘴状の河口砂州が形成されたもので、外縁部に出水によりフラッシュした砂が堆積して沖向き突出部が形成されるタイプである(例:舞手川)。

4. 波・海浜流の数値シミュレーション

(1) 江頭川河口砂州周辺での波と海浜流

波と海浜流の数値計算はタイプ1の江頭川河口と、タイプ2の舞手川河口を対象として行った。図-3の地形条件で、かつ左岸での養浜が行われる前の条件のもとで、湾口方向(y軸)からの波の入射を考え、平均潮位から満潮へと向かう時間帯にカブトガニの産卵活動が行われること(清野ら, 2000b)を考慮して、両者の中間の潮位(T.P.0.4 m)を設定した。波高20 cm, 周期2 sの有義波を入射させ、磯部(1986)による放物型モデルにより不規則波の波浪変形計算を行った。計算では、方向集中度パラメタ S_{max} を25, 周波数分割を3, 波向分割数を5とし、全体で15成分波の不規則波計算を行った。また海浜流の計算は堀川編(1985)の方法を用いた。図-6は波向分布

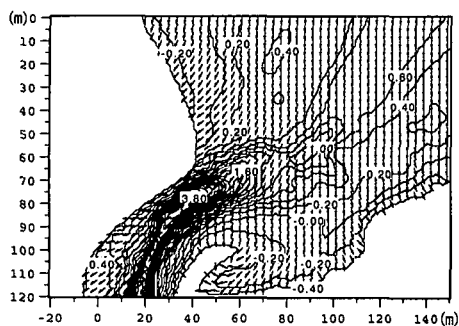


図-6 江頭川河口砂州周辺の波向分布

の計算結果である。沖合からの入射波は岸近くで屈折しているが、特に河口の深掘れ部を通過して河口深くまで波が侵入している。また右岸側の河口砂州周辺では球面浅瀬のようにして波が集中しているが、砂州の左側面では時計回りの方向からの入射となっている。一方、河口右岸側の砂浜の前面では屈折が起きたものの、ここでも汀線に対して右側から斜め入射している。図-7は河口砂州周辺における波高分布である。河口の深みと、その右側にある浅瀬の組み合わせにより砂州周辺で複雑な波高分布が形成されているが、河口砂州の汀線に沿っては河口奥に向かってなだらかな波高低下が起きている。右岸護岸前面でも同様である。

図-8は海浜流の計算結果、図-9は同じ結果の流れ関数表示である。右岸砂州では沖合から上流方向へと砂州の汀線に沿った沿岸流が生じている。この流れの流速は汀線に沿って0.05 cm/sから0.25 cm/sに加速された後、0.05 cm/sへと急低下している。まさにその変化点付近に産卵地が見出された。同じく右岸護岸前面では、汀線に沿って左方向へ向いた沿岸流が生じているが、この流れも流速が0.05 cm/sから0.15 cm/sに上昇し再び低下するが、そこも産卵地となっている。さらに河口の左岸側に注目すると、左岸の護岸前面では緩やかに河口へと向かう流れが生じている。河口の左岸ではその後産

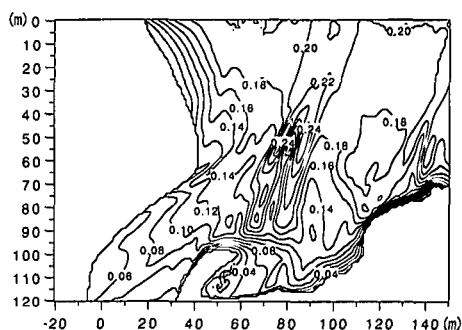


図-7 江頭川河口砂州周辺の波高分布

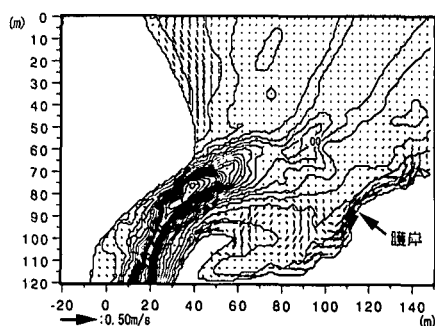
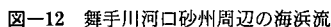
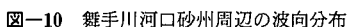
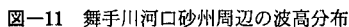
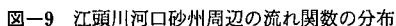


図-8 江頭川河口砂州周辺の海浜流



(2) 舞手川河口砂州周辺の波と海浜流

図-12には海浜流の計算結果を示す。砂州の突起部では水深が小さく、波の屈折と碎波が生じる。これに応じて沖合から突起部へと向いた緩やかな流れと砂州前面での集中的な流れが生じ、その流速は距離約20 m間で0.05 cm/sから0.20 cmに上昇し、河道を上るに従い低下している。20箇所の産卵地点がこのような流れが急激に上昇・低下する場所に応じて集中的に発見された。

5. 考 察

上述の3河川ではいずれも河口沖に干潟が発達している。これらの干潟はカブトガニ幼生の生息地として不可欠なものであり、河口砂州の産卵地から孵化したカブトガニ幼生が潮流を利用して分散し生息地に到達する可能性は既に確認されている（清野ら、2000b；2002）。同時に、このように大規模な干潟は、熱帯におけるリーフと同様、外海からの波浪作用を弱める効果を持つので、外海に直接面した河口と比較して、これらの河川の河口砂州は安定的に存在し、かつ地形変動量も相対的に小さいと考えられる。このことはカブトガニにとっては産卵した卵塊が流出しにくいため産卵適地になるといえる。同時に河口は低塩分の水に晒される可能性が高い場所でもある。とくに河口砂州が大きく発達して河口を塞ぎ、堰上げ効果が発揮された場合、塩水の遡上が阻止されて河口砂州裏側の河道内の塩分を下げる作用が生じるので、汽水性生物にとって都合がよい条件になると考えられる。

一方、河口では周辺域と比較して汀線は必ず凹んでいるために波の作用下で汀線に沿って河口内へと向いた沿岸流が生じる。この流れが存在するために海側から砂が河口内へと運び込まれて河口砂州が形成される。洪水時

には砂州の一部の土砂がフラッシュされるが、波の作用で再び堆砂が起こる。一方、湾曲した河道から河川流が海へ流入する河川では、江頭川河口のように洪水によっても河口砂州の形成が促進される。このように洪水起源で形成された河口砂州の周辺でも、波はその構成土砂を上流へと押し上げようとする作用をもたらす。このため洪水流の作用で削られた砂州は波の作用で復元される。

結局、河口砂州では季節的に見れば岸沖方向にサイクリックな変動が生じている。干潟周辺に発達する河口砂州では、もともと河床勾配が小さいために河川からの供給土砂の主な構成材料は細砂・シルト・粘土分であるが、波の作用で砂州に主に運び込まれるのは分級度のよい砂である。清野ら (2000 b) によれば、産卵地点での海浜材料の中央粒径は 0.70 mm、シルト・粘土の割合は 3% 以下である。この条件により砂中に産み付けられた卵の周囲の間隙水が潮汐に応じて流動することで卵の呼吸が保持される。上記の営力で河口部に集中して堆積する材料は、カプトガニの産卵地材料として良好である。

また繁殖成体の産卵地への接近にも、河口砂州の物理条件が有効と考えられる。すなわち、ペアとなった成体が水中で歩行する場合には、上げ潮時に汀線付近に上がってくるため、後部からゆったりとした流れの作用を受けることとなる。本研究の結果、その流れが弱まった場所付近が産卵地として選ばれ、そこはまたよく選ばれた材料が集積する場でもある。結果として河口部周辺は繁殖成体および卵塊の発生にとって、好適な場となる。このように内湾の干潟の背後に流入する中小河川の河口砂州はいくつものよい条件が与えられた結果としてカプトガニの産卵地に選ばれている。

このような河口砂州はカプトガニにとっては適地である一方、干潟に流れ込むような中小河川ではしばしば河口閉塞に伴う上流の水質悪化が問題とされ、その対策として河口砂州の掘削が行われることが多い。このような自然の改変は、上述のように生物が適地とする微妙なバランスを大きく乱すため、生態系保全上は十分慎重に行う必要がある。

謝辞：地形測量データは大分県土木建築部からご提供を、カプトガニの産卵地調査には土屋康文氏、足利由紀子氏らのご協力を得た。本研究には河川環境管理財団の研究助成をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

参考文献

- 磯部雅彦 (1986): 放物型方程式を用いた不規則波の屈折・回折・碎波変形の計算法, 第 33 回海岸工学講演会論文集, pp. 134-138.
- 清野聡子・前田耕作・日野明日香・宇多高明・真間修一・山田伸雄 (1998a): カプトガニは何故その岸辺に産卵するのか? 一産卵場の地形・堆積物・波・流れの特性一, 海岸工学論文集, 第 45 巻, pp. 1091-1095.
- 清野聡子・宇多高明・真間修一・三波俊郎・芹沢真澄・古池 鋼・前田耕作・日野明日香 (1998 b): 絶滅危惧生物カプ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.
- 清野聡子・宇多高明・土屋康文・日野明日香 (1999 a): 海岸ミテイゲーションの視点から見た北九州糸島半島におけるカプトガニ産卵地の現地踏査, 海洋開発論文集, 第 15 巻, pp. 189-194.
- 清野聡子・宇多高明・釘宮浩三・綿末しのぶ・石本利行・大久保章子・河野律子・土谷博信・森 繁文・工藤秀明 (2000a): 大分県江頭川河口におけるカプトガニ産卵地造成と市民参加型モニタリング調査, 河川技術に関する論文集, 第 6 巻, pp. 203-208.
- 清野聡子・宇多高明・土屋康文・前田耕作・三波俊郎 (2000b): カプトガニ産卵地の地形特性と孵化幼生の分散観測—希少生物生息地のミテイゲーション計画のために—, 応用生態工学, Vol. 3, No. 1, pp. 1-19.
- 清野聡子・塩崎正孝・宇多高明・後藤 隆・黒木利幸・中村利行 (2001a): 空中写真による干潟の微地形判読と現地踏査を組み合わせたカプトガニ生息地・産卵地調査法, 水工学論文集, 第 45 巻, pp. 1021-1026.
- 清野聡子・宇多高明・塩崎正孝・後藤 隆・黒木利幸・中村利行 (2001b): カプトガニ産卵地として適性から見た大分県中津干潟への流入河川河口部砂州の現地調査, 海洋開発論文集, 第 17 巻, pp. 375-380.
- 清野聡子・宇多高明・三船修司 (2002): 過去の地形条件における希少生物カプトガニの孵化幼生の分散過程の復元と生息地保全, 水工学論文集, 第 46 巻, pp. 1181-1186.
- 堀川淳司編 (1985): 海岸環境工学, 海岸過程の理論・観測・予測方法, 東京大学出版会, p. 582.