

河口への漂砂流入防止とカブトガニ産卵地保護 ～袋詰め根固め工法を用いた河口導流堤～

小西吏恵・田代真士・足利由紀子・宇多高明

1. はじめに

舞手川は、大分県中津市の中津港の西側に隣接して中津干潟に流入する流域面積1.2km²、流路延長3.0kmの小規模な二級河川であり、河口左岸側には大新田海岸が広がる。舞手川では、冬季の北西方向からの入射波により河口左岸側から河口へと向かう沿岸漂砂が発生し、これにより河口左岸の砂丘が著しく侵食される一方、土砂が河口に堆積して規模の大きな砂州が形成されて閉塞要因となるなど、河川管理上の問題が起きてきた。このため合理的な対策が必要とされた。また、舞手川の河口砂州は絶滅危惧種カブトガニの産卵地であることから、砂丘地の侵食および河口閉塞の防止と同時に、カブトガニの産卵地を保護しつつ河口閉塞を防止する必要にも迫られた。このため砂丘地の侵食防止と同時に、河口閉塞を防止するための手法として、袋詰め根固め工法を用いた河口導流堤を伸ばす計画を立て、2016年6月には試験施工を行った。その後、ドローンによる空中写真撮影と現地調査を行い、この工法の効果と影響を調べた¹⁾。この結果、河口への土砂流入の防止を図る上での導流堤の効果が確認された。また、河口導流堤の西側隣接部において回復した砂州では、一時は途絶えていたカブトガニの産卵が行われるなど、当初期待していた以上の成果が得られた。本研究は土木学会での報告¹⁾に新たな現地データを加えてとりまとめたものである。

2. 河口導流堤建設前の河口部の状況

舞手川河口上空から沖合の干潟を2015年6月3日に北向きに望んだ空中写真を写真-1に示す。舞手川河口の東側は中津港の埋立地で区切られている。したがって河口部は西～北の間で中津干潟に面しており、卓越波浪はほぼ北西方向からのみ入射する。河口部には左岸側に砂州Aが、また右岸側の中津港の護岸前面には砂州Bが形成されてい

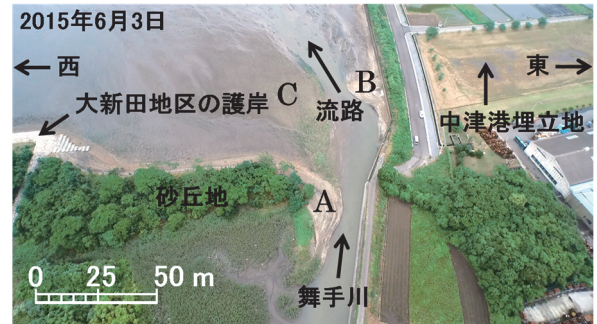


写真-1 舞手川河口砂州（河口上空より北向き）

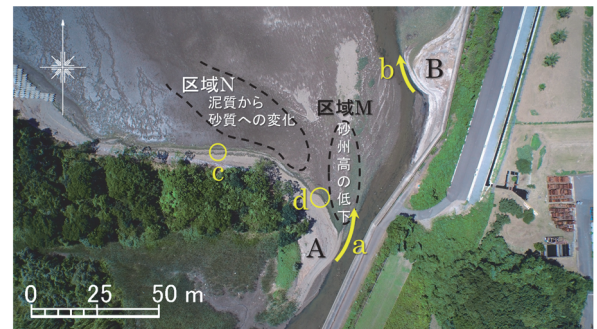


写真-2 洪水後の2015年6月29日の砂州状況

た。これらの砂州に挟まれるようにして舞手川河口から干潟上へと北西方向に流路が伸び、その先端部は数多く枝分かれした網状流路となっていた。また、この流路の南側隣接部には規模の大きな砂州Cが形成されていた。一方、砂州Cの南（手前）側には細長い低地が入り込んでおり、この低地は潟土からなる干潟として過去から存在していた。観察によれば、砂州Aは河川流の作用が弱いときには河口を横断して右岸側へと伸びて河口閉塞をもたらしてきた。しかし洪水時には一転してその砂が沖合の干潟上へと運ばれ、流出した砂の汀線への回帰速度は小さかった。このため河口左岸の砂丘地は徐々に侵食されて倒木が進んできた²⁾。

写真-2は2015年6月29日の空中写真を示す。この間2回の洪水の作用を受けた。写真-1、2を比較すると、2015年6月3日には河口両岸に砂州A、Bが交互に並んで発達し、ともに先端が丸みを帯びていたが、6月29日には洪水により砂州突出部より剥離しつつ下流方向へと細長い砂州a、bが形成された。さらに写真-1において、河口の砂州

Aの東端を通過して北向きに伸びた流路の西側直近に形成された自然堤防状の小高い砂州Cは、粗砂で構成され水通しのよい砂州であるため、このような底質条件³⁾を好むカブトガニにとって有効な産卵地であった。しかしカブトガニの棲息地調査によれば、写真-2に黒破線で囲む区域Mでは2013～2015年に砂州高の低下が進んで産卵地としての利用が妨げられた。一方、砂丘地前面沖の区域Nは、従来泥質干潟が形成され、その条件³⁾を好むカブトガニの幼生が棲息していたが、近年では底質の砂質化により、カブトガニ幼生の棲息に適さない状態へと変化してきた。河口処理においてはこのような点も考慮して検討を進めた。

3. 河口処理のための河口導流堤案

写真-1に示したように、舞手川河口沖には左岸河口砂州からフラッシュされた砂が堆積し、沖合に砂州Cを形成し、流路は砂州の北側に形成され、網状流を成して流れている。当地で卓越するNW方向からの風波の作用する条件下で、大新田地区において沖から汀線への砂の回帰が少ないまま舞手川河口方面への沿岸漂砂が流れ続けることにより舞手川河口左岸の砂丘地が侵食されたと考えられる。したがって舞手川河口左岸に現在残されている砂の河口への流入防止を図って海浜の安定化を図ることが必要と考え、舞手川の河口処理法として写真-3に示す方法を考えた。

すなわち、西側から運ばれてきた沿岸漂砂を河口内へ流入させないように導流堤abを伸ばし、その西側に破線で示す安定な海浜を形成させて砂丘地の侵食を防止する。この場合、三百間地区での袋詰め根固め工法を用いた突堤の経験⁴⁾によれば、導流堤の天端高は現況のAの砂州高より0.5m程度高くし、砂が導流堤の天端を越えて流れないようにするが、先端部は現地海浜と同様1/10程度の勾配で高さを減じることが可能と考えた。また、導流堤の先端部の高さを下げることで、前浜を構成している粗砂の一部が導流堤の先端を越えて河口側へと運ばれた際、その土砂は洪水時に導流堤沖へ運ばれるものの、波の作用で岸側へと運ばれカブトガニの産卵に適した水通しのよい粗砂で構成された砂州³⁾が導流堤周辺に形成されると考えた。この計画に基づいて2016年6月1日には袋詰め根固め工を用いた曲線状の河口導流堤を

造成した。また、導流堤は曲線状としてその先端を絞り、河口流によるフラッシュ能力を高めた。

導流堤建設前の2015年6月29日と、建設後の2016年6月2日の空中写真を写真-4、5に示す。導流堤長は17.1mで、その付け根部分では重量は2tの袋詰め根固め工を2段組みとし、袋詰め根固め工の使用量は55袋体であった。写真-5は導流堤

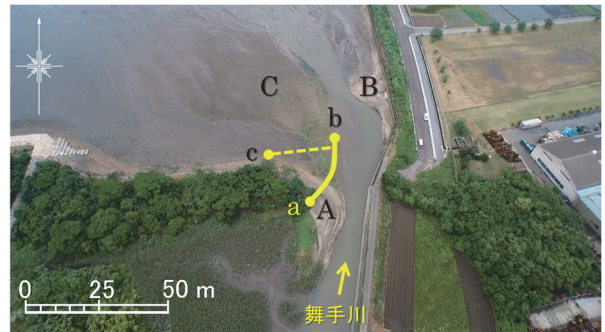


写真-3 舞手川河口での導流堤の配置

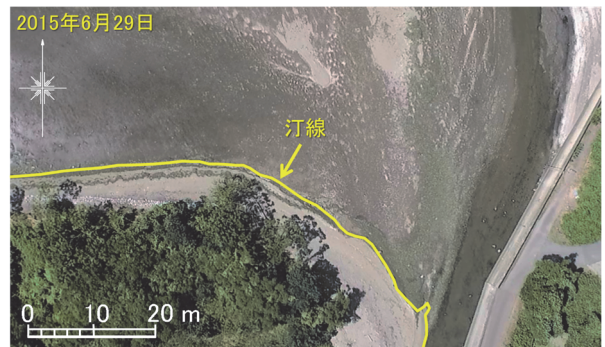


写真-4 施工前の状況（2015年6月29日撮影）

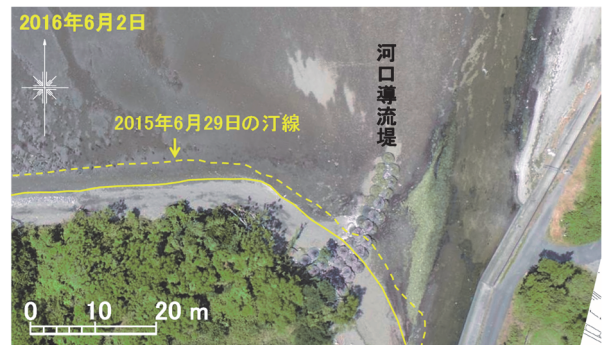


写真-5 施工1日後の状況（2016年6月2日撮影）



写真-6 施工42日後の状況（2016年7月14日撮影）

土研センター

設置後1日の海岸状況を示すが、既に導流堤の右（西）側では堆砂が進むとともに、導流堤の河道（左）側では大きく発達していた砂嘴の下流側の一部が削り取られ、汀線の後退が始まった。

4. 河口導流堤建設直後の変化

河口導流堤の建設後、ドローンによる観測を行った。写真-6は導流堤設置より42日経過後の2016年7月14日の空中写真を示す。施工前の2015年6月29日撮影の画像（写真-4）では、導流堤付近の干潮時汀線（遷急線）が舞手川河口へと緩やかに湾曲していたが、導流堤設置後（写真-6）には河口方向への沿岸漂砂が導流堤により阻止されたため、遷急線が導流堤へとほぼ直線状に伸びた。写真-6には2016年6月29日の干潮時汀線（遷急線）を併せて示すが、導流堤の西側隣接部では海浜面積が136.3m²増加した。一方、導流堤東側の河道内では従来突出していた砂州が削り取られ、流路が直線状となった。降雨時の洪水により砂州フラッシュが起きたため導流堤の東側では直線状の流路が形成されたと推察される。洪水流は河口部を直線状に流れるとともに、導流堤先端から干潟面上へ拡散しつつ放射状に流れたため、導流堤の西側直近にも自然堤防状の砂州が形成された（写真-6に示す白い底質の堆積部分）。

5. 2年経過後の海浜形状とカブトガニ産卵地

2018年春、写真-6に破線（黒色）で示すよう

に、舞手川河口導流堤は同じ工法によりさらに10m延伸された結果、導流堤の西側ではさらに堆砂が進み、汀線が前進した。この状況を観察するために、2018年8月29日、舞手川河口部の現地踏査を行った。まず、写真-7①には大新田地区の護岸上から東向きに舞手川河口方向を望んだ写真を示す。護岸の東側隣接部に設置され、現在は大半が砂に埋まったコンクリートブロックの先端を通過して砂浜堆積域の沖側限界線（遷急線）が直線状に伸びた。この線により左（北）側の干潟と、右（南）側の砂浜がきれいに区分され、砂浜はほぼ直線状に砂丘地方面へと伸びていた。これは大新田地区から舞手川河口へと向かう沿岸漂砂があることを表している。

写真-7②は、導流堤の西側直近から望む砂の堆積域の状況を示す。舞手川河口へと東向きの沿岸漂砂が導流堤により阻止されたため、導流堤の西側直近には大量の砂が堆積し、小高いバームが形成された。その場合、砂浜の高さは沖向きに高さを下げた導流堤の天端高よりわずかに低い程度であることから、導流堤を超えて河道内への砂の流入はほぼ抑制された。また、導流堤脇に白く見えるのは貝殻片で、砂と比べ比重が小さいため沿岸漂砂により運ばれやすく、導流堤脇への集積が起きていた。写真-7③は、導流堤より沖側の状況を示す。導流堤の右（西）側面付近に見える白い貝殻片を多く含む土砂は、西側から沿岸漂砂によって運ばれてきた土砂であり、それが導流堤により



写真-7 舞手川河口付近の海浜形状とカブトガニ産卵地

うまく阻止されたことが見て取れる。導流堤を挟んで左（西）側での砂の堆積に対して、右（東）側では砂州が全く形成されていないことから導流堤は河口への沿岸漂砂をうまく阻止していることが分かる。さらに、導流堤の先端を通過して斜め冲向きに広がる砂州は、洪水時に河道内から運ばれた砂である。導流堤の先端部では流路がやや絞られているため河口流が加速され、導流堤の内側での堆砂がうまくフラッシュされた。

写真-7④はカブトガニの産卵地の状況を示す。導流堤先端から西側に1.8m離れたスコープ位置がカブトガニの産卵地である。産卵地は背後に見える海浜ではなく、標高は相対的に低いものの導流堤の西側近傍にあった。この地点は、舞手川からの浸透水の影響は受けるものの、導流堤の陰に位置するため強い流れによる侵食作用は受けない場所であった。写真-7⑤は、写真-7④に示したカブトガニ産卵地で砂州表面を約10cm掘ったところ発見された孵化直前のカブトガニの回転卵の写真である。これより導流堤に沿って西側に形成された砂州が間違いなくカブトガニ産卵地となっていることが確認された。

また、このカブトガニ産卵地は、2017年にはその当時の導流堤の先端付近にあったが、今回導流堤が10m延伸されたのに伴い、砂州位置が海側にずれ、冲向きに前進してきたことも分かった。

一方、カブトガニの産卵地がある以上、その近くには孵化したカブトガニ幼生の生息地があるはずと考え、導流堤の西側の干潟上でカブトガニの幼生の調査を行ったところ、写真-7⑥に示すように、水深のごく小さい干潟面上に巻貝（ウミナ）と並んで3齢のカブトガニが発見され、カブトガニ産卵地の近傍にカブトガニの幼生が生育するに好適な干潟が広がっていることが2017年と同様に確認された。

6. まとめ

舞手川河口では、袋詰め根固め工法を用いた河口導流堤を設置することにより河口へと向かう沿岸漂砂を効果的に阻止でき、河口導流堤が河口へと向かう沿岸漂砂を阻止したことにより、導流堤西側の砂浜が広がり、樹林帯のある砂丘地の侵食を抑止することができた。また、洪水時に導流堤先端部から冲向きに運ばれた粗砂が堆積して形成された砂州がカブトガニの産卵地となったことも確認された。この結果は繰り返し行った現地状況の確認から得られたものである

本研究で用いた工法は、地盤変動に対して追従性があり、また透水性を有しているため背後地の地下水位を上昇させないという利点がある。また建設コストが約15万円/mとコンクリート構造物の建設費と安価である点も利点である。また、沈下しても嵩上げが容易で順応的管理を行いやすいという特徴もある。

参考文献

- 1) 小西史恵、田代真士、足利由紀子、宇多高明、大木康弘：導流堤による河口への漂砂逆流防止とカブトガニ産卵地の復元、土木学会論文集B1（水工学）、Vol.74、No.4、pp.I_469～_474、2018
- 2) 清野聡子、足利由紀子、宇多高明、三原博起、渡辺誠治、沖 靖広：大分県中津干潟の舞手川河口部護岸セットバック後の砂丘と植生帯変化のモニタリング、水工学論文集、第55巻、pp.1687～1692、2011
- 3) 清野聡子、宇多高明、土屋康文、前田耕作、三波俊郎：カブ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、2000
- 4) 酒井和也、宇多高明、足利由紀子、清野聡子、山本真哉、三原博起、沖 靖広：中津干潟三百間砂州における袋詰め石突堤による沿岸漂砂の制御実験、土木学会論文集B3（海洋開発）、Vol.67、No. 2、pp.I_1075～I_1080、2011