

福岡市今津干潟のカブトガニ産卵地の砂浜のダイナミズムの解明と流域土砂管理の検討

石川 正徳¹・清野 聡子²・穴井 貴也³・須崎 寛和⁴

¹前九州大学大学院 工学府都市環境システム専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)

E-mail: masanori.0242@yahoo.co.jp

²正会員 九州大学大学院准教授 工学研究院環境都市部門

E-mail: seino@civil.kyushu-u.ac.jp

³学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻

E-mail: 2TE15183E@s.kyushu-u.ac.jp

⁴正会員 九州大学大学院研究員 工学研究院付属循環型社会システム工学研究センター

E-mail: suzaki@civil.kyushu-u.ac.jp

博多湾西部に位置する今津干潟北東部の砂浜は、カブトガニの産卵地として重要であるが、1988年の道路工事により産卵数が激減した。そこで福岡市が2010年に2度に亘って養浜事業を行った。しかし、養浜砂は時間経過とともに流出した。そこで本研究では、産卵地の漂砂現象を明らかにし、流入河川の上流部に位置する瑞梅寺ダム貯砂ダムの堆積土砂を養浜砂として用いる流域土砂管理について検討を行った。また、カブトガニの産卵調査を行い、産卵場に適切な材料の粒径や標高など物理環境を明らかにした。

その結果、砂浜のダイナミズムが明らかになったがまだ仮説に過ぎないため、モニタリングデータの蓄積と手法をより精度の高いものにし、実証する必要がある。また、小規模な砂浜ではあるが、大規模な砂浜と同様に漂砂のダイナミズムを考えた養浜事業が重要である。

Key Words : horseshoe crab habitat, sand management, dam, watershed, tidal flat

1. はじめに

絶滅危惧種であるカブトガニは生活史として泥干潟、砂浜、沖合と多様な環境を必要とし、河口域の生態系指標種となっている¹⁾。その産卵地の維持には、1970年代から各地で小規模養浜が行われてきたが、河川からの土砂供給や沿岸漂砂などの動態の視点がなく管理が長らく問題となっていた。博多湾西部に位置する今津干潟の砂浜はカブトガニの重要な産卵地で、1980～1983年に行われた若宮の調査によると、福岡県下で最も産卵が活発に行われていた場所である²⁾。しかし、1988年に道路拡幅工事により、護岸が沖側に移動し、元の砂浜が埋め立てられ、産卵数が大幅に減少した。福岡市は産卵地の環境改善を目的とし、2009から2011年に「今津干潟カブトガニ産卵場整備事業」を行い、その一環として2010年1月、12月にそれぞれ60、30m²の養浜を行った(図-1)。しかし養浜砂は時間の経過とともに流出しており、より持続的な海岸保全のためには、漂砂現象の解明が必要不可欠である。また、養浜砂には他の流域の土砂が用いられており、生態系への影響も懸念される。そこで、本研究では産卵地の漂砂現象を明らかにするとともに、流入河川の

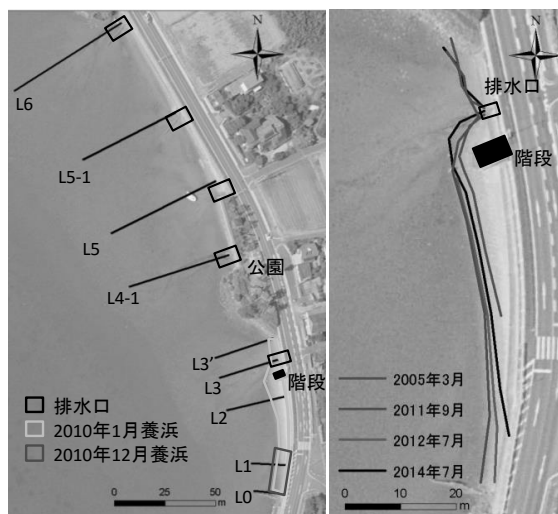


図-1 カブトガニ産卵地と測線(左)

図-2 砂浜の形状変化(右)

上流部に位置する瑞梅寺ダム貯砂ダムの堆積土砂を養浜砂として用いる流域土砂管理について検討を行った³⁾。

2 砂浜のダイナミズム

2.1 対象と方法

砂浜の地形変化を観察するため、汀線測量と空中写真の撮影・判読を行った。汀線測量は図-1に示す測線を、2009年2月～2011年9月まで計6回を福岡市が、2012年6月～2014年12月まで計10回を九州大学が行った。

空中写真の判読には2005年3月、2011年9月、2014年7月、12月を用いた。ただし空中写真について、2015年3月は国土地理院、2011年9月は福岡市環境局の資料、2014年7月、12月は福岡大学の伊豫岡氏の協力を得て、撮影した。機材にはヘリコプター(DJI F450)、カメラ(Gopro3+ Silver Edition)を用いた。

2.2 養浜後の砂浜の変化

対象地の砂浜は、海に突出する道路公園により南北に分けられ、長さは前者が75m、後者が105mである。また、公園北は南に比べ、標高が高く沿岸方向の勾配が小さい地形である(図-3)。砂浜の背後の直立護岸には5つの排水口があり、降雨時には排水が沖方向へフラッシュする。

空中写真から判読した公園南の砂浜の形状を図-2に示す。2012年の砂浜の形状は現地写真から推定した。養浜前である2005年には、護岸にほぼ直行して建設された階段によって、三角形の砂浜が形成されており、護岸基礎工部分が11.4m露出している状態であった。階段の北側では排水口からのフラッシュによって砂浜の一部が流出していた。養浜半年後の2011年には、砂浜が拡張し、砂浜の長さは2005年の27.6mから59.2mと約2倍になっている。2012年7月には砂浜の最南部で砂浜幅が減少し、養浜前と同様に三角形の砂浜へと変形した。2014年7月には砂浜が三角形の形状を保ちながら、縮小している。また、護岸基礎工部分が養浜前と同程度見えている状態となっており、大部分の養浜砂は流出したと推測できる。

養浜前である2010年1月を基準とし、各測線の基点から勾配変化点までの土砂量の経年変化を図-4に示す。養浜が行われたL0とL1は、養浜9ヶ月後には土砂量が大幅減少しており、養浜砂が流出したことがわかる。2度目の養浜の方が減少する速度が緩やかになっているが、養浜砂流出対策として設置された粗朶策の効果であると考えられる。L3では養浜後1年で土砂量は養浜前に戻っており、階段と公園の間の養浜砂はほぼ全部が流出したことがわかる。一方、L2は土砂量が増加しており、階段が突堤となりL0、L1付近の養浜砂が堆積したものと考えられる。養浜を行っていない公園北のL5でも、土砂

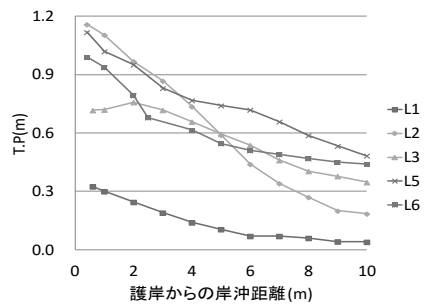


図-3 産卵地の各測線の地盤高
(2013年1月データ)

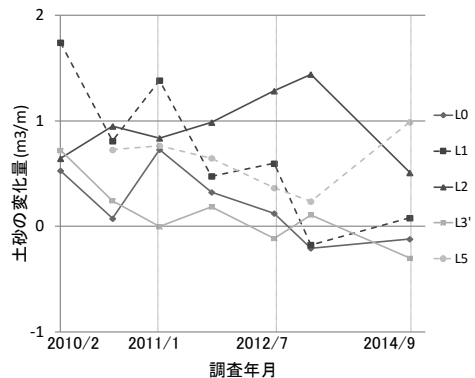


図-4 産卵地養浜後の土砂量の変化

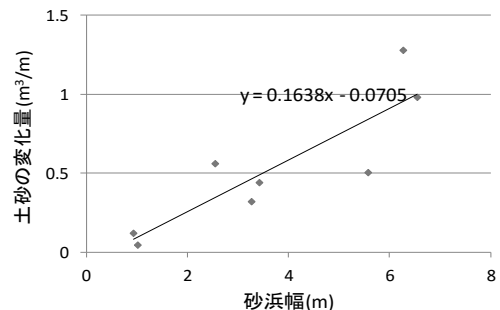


図-5 土砂変化量と砂浜幅の関係

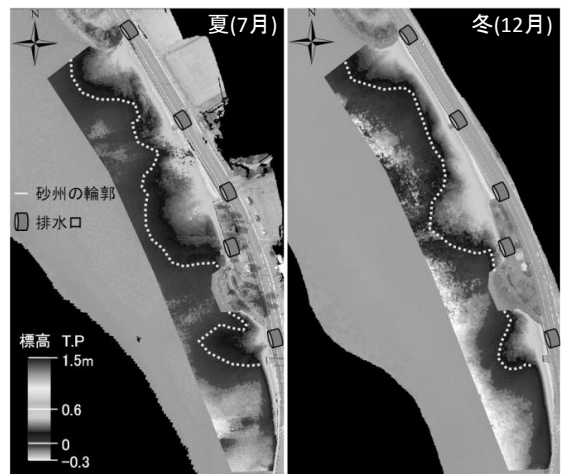


図-6 夏と冬の砂州と砂浜の地形

量が増加しており、養浜砂が公園を乗り越え、堆積したと推測される。

図-5は、横軸に図-2より求めたL0, L1, L2, の砂浜幅を、縦軸にその際に残存している土砂量を示した。ほぼ原点を通る比例関係が得られた。2014年7月の階段南の砂浜の面積は、154㎡であるため、残存している土量は25㎡であると推算される。またL5付近の砂浜についても同様に、砂浜幅に比例して土砂が堆積していると仮定すると、27.9㎡の養浜砂が公園南に移動したと推算できる。すなわち、養浜砂の72%は流出し、その内43%が公園北に堆積したことがわかった。

2.3. 排水口による砂浜の変化

図-6には、SIM手法⁴⁾によって構築した3Dモデルを用いて作成した、2014年7月と同年12月の空中写真から判読した砂州と砂浜の地形を示す。出水後である7月には、護岸直下から沖方向に向かって滞筋が形成され、砂州が広がっていた。砂浜が形成されているL3やL5付近では円弧上砂州が形成されていた。一方、12月には砂州が岸方向へほとんど同じ形状を保ち、押し戻されていた。また、出水によって流出した砂浜が再生していた。この砂浜が再生している様子がわかる現地写真を図-7に示す。今津干潟から約10km離れた前原気象観測所で、7日目の2014年12月1日に、1日の最大風速と平均風速がそれぞれ8.4m/s, 4.9m/s, 風向が西南西の強風が観測された。これによる風波によって砂が岸方向に戻されたと推測される。また図-8は季節毎の平均雨量を示す。これによると冬の雨量は夏に比べ1/3であるため、排水口からのフラッシュが減少し、砂浜が維持されたと考えられる。

図-9に出水前後である2012年6月と7月の地盤高の変化を示した。L3とL4を除いて大きな変化は見られなかった。L3では1㎡の土砂量が流出していた。空中写真から判断すると、排水によって砂浜が流出した部分は約2mであったため、約2㎡の土砂量が沖方向へ流されていると推算される。L4は砂浜が形成されておらず、護岸直下から泥干潟である。そのため、L4の変化は、干潟にスタックが埋まるなどの人為的な誤差ではないかと考えられる。排水口が設置されていない場所では砂浜の形状変化がなかったことから、降雨時においても砂浜の形状変化に流入河川である瑞梅寺川の河川流の影響は小さく、排水口の影響が大きいことがわかった。

2.4. 風の特徴

前原気象観測所で2011年～2014年に観測された1日毎の平均値を用いて風配図を作成した(図-10左図)。春には北北東、夏には西南西、秋には北北東、冬には西北西の風が卓越していた。次に、2014年12月1日に砂浜が移動した際の1日の平均風速が4.9m/sであったため、平均風速が4.0m/s以上の風の強い日を抽出した(図-10右図)。砂浜の移動を確認できた(風速4.0m/s以上)の日数は、冬の西

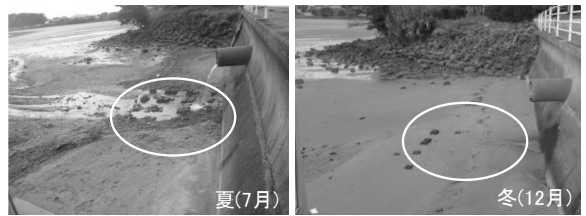


図-7 夏と冬の砂州と砂浜の地形

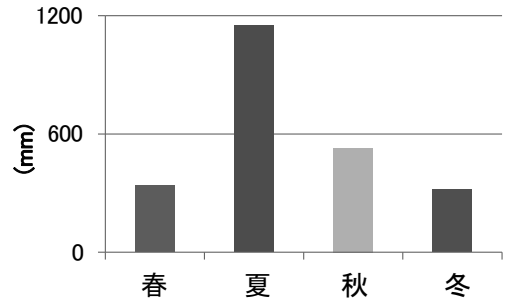


図-8 季節毎の平均雨量(2011～2014年)

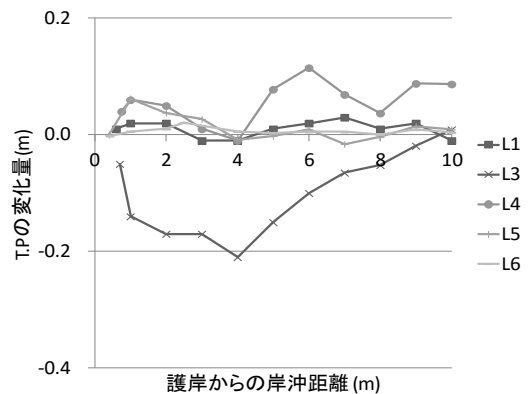


図-9 出水前後の地盤高の変化

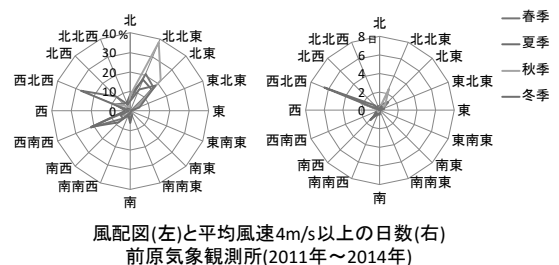


図-10 前原気象台での実測風向図

北西の風が6.5日と最も多かった。冬における砂浜の回復は、この西北西からの強風によって引き起こされた風波が原因であると考えられる。

2.5. その後の砂浜の変化

これまで2009年～2014年までの汀線測量と空中写真の結果から養浜後の砂浜の地形変化について述べてきた。その結果、図-11に示すような砂浜のダイナミズムが推察された。それは、養浜砂は北へ漂砂し、突出する階段と公園の南に堆積する。その後L3の排水口からの出水によるフラッシュで土砂が流出し、公園を超えて北へ移動するというものである。また冬には、西北西の強風によって発生した風波によって、沖に流されていた土砂が押し戻されることが推測される。しかし、以上に述べたダイナミズムは仮説段階であり、実証が必要である。

そのため、2015年においても引き続きRTK-GPSによる汀線測量を実施し、砂浜のダイナミズムの実証を試みる。汀線測量は5月～8月それぞれ月1回行い、これまで計4回の測量を実施した。RTK-GPSにより、観測点の経緯度と地盤高を測量し、Surfer8によって可視化した。図-12については、6月と7月それぞれの前の月に対する地盤高の変化を示している。また図-13に関しては8月分の地盤高のデータと、7月からどの程度地盤高が変化したかについて示す。これら2つの図から、6月と8月はそれぞれ前の月に比べ地盤高が全体的に高くなっている。これに対し7月の地盤高は前の月に比べ全体的に低くなっていることが読み取れる。これらの原因に関して、各月に測量を行う間の気象現象の観点から推察する。その資料として図-14を示す。この図-14は、気象庁アメダスのデータをもとに作成したものであり、測量直前数日間の1時間あたりの最大降水量を合計したものと、測量前に晴天が続いた日数を表したものである。この図より、7月が前の月に比べ地盤高が低くなった理由は、1時間あたりの最大降水量が多く、梅雨の時期であり晴天が続いた日数が少なかったからと推察できる。これに対し6、8月に関しては、1時間あたりの最大降水量が比較的少なく、晴天が連日続いたため、前の月に比べ地盤高が高くなったと考えられる。これらの地盤高の変化を現地写真で示したものが図-15である。図-15の写真は図-13の丸で括った地点のものである。矢印は撮影した方向を示している。図-13、15より、多少見にくくはあるが丸の護岸側は地盤が高くなっているのに対応して、写真右の排水口下に砂が堆積しているのが確認できる。これは7月の測量までは降水量が多く、排水口からのフラッシュで砂が流出していたのに対し、8月の測量までの期間に比較的降水量が少なく、晴天の日が続いたため、排水口からのフラッシュが弱く、砂の流出が少なかったためであると推察できる。



図-11 砂浜のダイナミズム

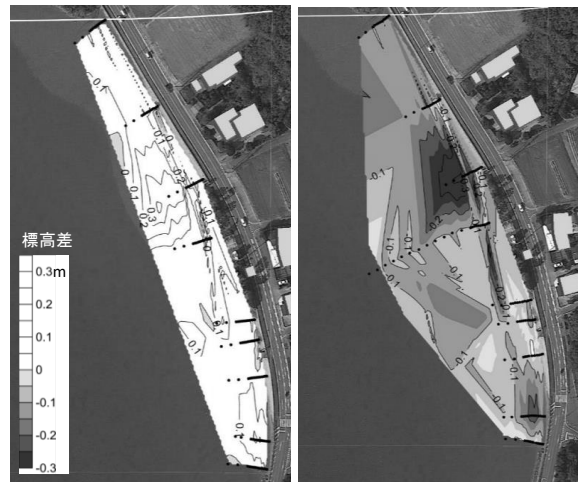


図-12 地盤高の変化(2015年6月(左), 同年7月(右))

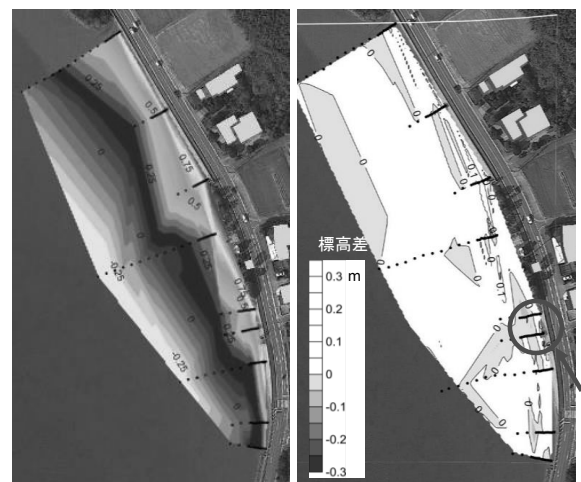


図-13 8月の地盤高(左)と地盤高変化(右)

3. 流域土砂管理の検討

3.1. カブトガニの底質調査

2014年8月8日から14日まで満潮時に護岸から目視で公園の南と北の二箇所で産卵調査を行った。その後、産卵が確認され、その次の日の干潮時に産卵箇所で海岸材料のサンプリングを行い、合わせて測量を行った。公園南で10, 11, 12日に計3つがいの産卵数を確認できた(図-16)。産卵箇所を北から順番にエリア1, 2, 3とした。エリア2では、粒径にばらつきが見られた。この理由は、エリア1と3は波で淘汰されて粒径が統一されているのに対し、出水で砂浜が流出し、不均等になったことが原因と考えられる。すべてのエリアにおいて中砂の割合が最も多く、平均で56.4%含まれていた。また、産卵地の材料として適さないと言われるシルト・粘土分はすべてのエリアにおいて検出されなかった。エリア1と2はエリア3に比べて、狭い範囲で産卵しており、フラッシュによる砂浜の流出がなければ、より幅広く産卵地を確保できると考えられる。

3.2. 貯砂ダム浚渫土砂と産卵地材料の比較

瑞梅寺ダムには2本の流入河川に合計3つの貯砂ダムが設置されている。西から流入する河川に西の谷貯砂ダム、東から流入する河川に東の谷貯砂ダム(上流側)と東の谷貯砂ダム(下流側)がある。2012年度に西の谷貯砂ダムと東の谷貯砂ダム(上流側)で浚渫が行われた。

西の谷貯砂ダムは堤防の高さが6m、長さが47mで、流入河川の形状はほぼ自然本来の形状をしている。そのため、貯砂ダムの上流部で土砂が粒径で淘汰されることなく、貯砂ダムに流入し、巨礫などの様々な粒径のものが含まれていた。一方、東の谷貯砂ダムは堤防の高さが2m、長さが12mで、流入河川は3面コンクリート張りの河川となっており、粒径はある程度統一されていた。貯砂ダムは産卵地と比べ、礫が多く含まれており、西の谷貯砂ダム、東の谷貯砂ダムでそれぞれ34%, 49%であった。また、西の谷貯砂ダムには産卵に適さない粘土・シルトと中砂を含め最多割合が44.7%であり、養浜砂として用いることは困難であると考えられる。一方、東の谷貯砂ダムでは粘土・シルトと中砂の最多割合が16.7%であり、粒径の粗いものを除去すれば養浜砂として概ね問題ないと考えられる。

4. 結論と考察

本件で得られた知見を以下に示す。

1. 今津干潟の砂浜は、冬の波浪や排水口からの出水など多くの物理現象の影響を受け、養浜砂の72%は

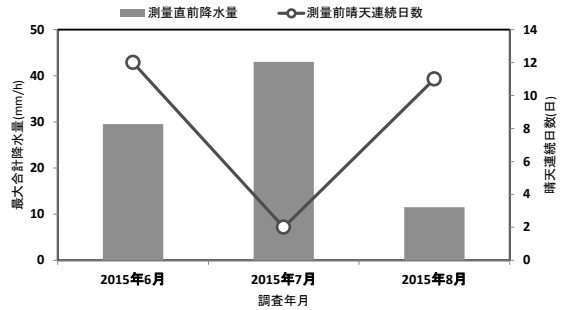


図-14 測定前の降水量と晴天日数

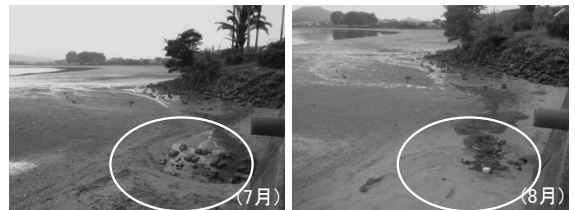


図-15 7月と8月の砂浜の地形

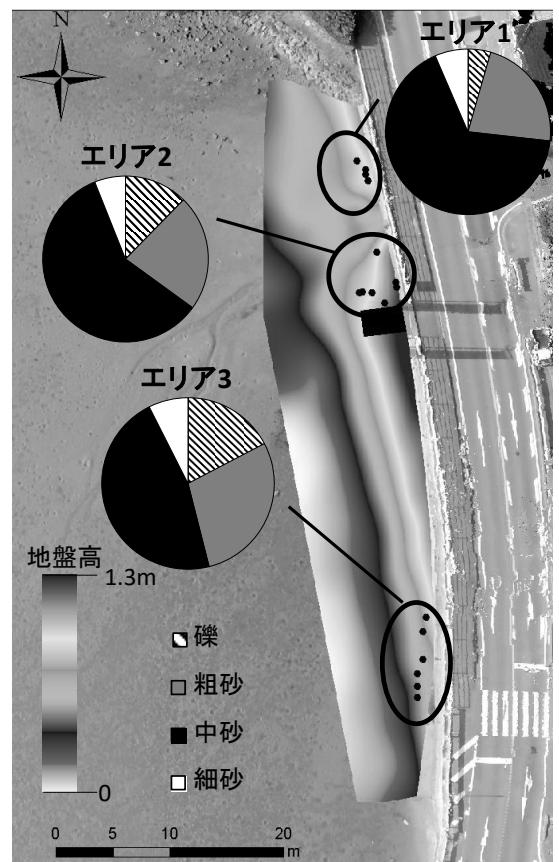


図-16 産卵箇所と粒度分析

流出した(図-11)。このような小規模の養浜事業であっても、大規模な砂浜と同様に漂砂を考慮する重要性が示された。

2. 季節的に変動が見られ、夏には降雨時に排水口からのフラッシュにより干潟上に砂州が形成されるが、晴天の日が続いた場合干潟の地盤は全体的に高くなる。冬は風波によって岸側に砂が戻される。
3. 産卵地の養浜砂を、流入河川上流から調達する場合、貯砂ダムや堰等の堆砂が活用可能である。ただし施設の堆砂状態や粒径組成に注意する必要がある。

以上より、養浜による砂浜の修復には、侵食箇所に砂の補給を続けるだけでなく、観測にもとづく計画を作成し、管理する意識が必要である。

これらの結論から、ただ養浜事業を行うだけでは砂浜回復の実現は困難と考えられる。そのため、小規模な砂浜に関しても、大規模な砂浜と同様に漂砂を考慮する必要があり、小規模な砂浜の維持管理できる技法を考案する必要がある⁹⁾。また近年は環境保全や持続可能な発展への要請が高まっているため、自然の仕組みを活かした砂浜の維持管理システムを考案することが求められる。

住民の皆様、福岡県立玄洋高校に調査協力を協力いただいた。九州大学の田井明博士、福岡大学の伊豫岡宏樹博士には観測のご指導、ご協力をいただいた、国土交通省九州地方整備局、九州地域づくり協会、河川整備基金のご支援をいただいた。ここに記して感謝申し上げる。

参考文献

- 1) 清野聡子, 宇多高明, 土屋康文, 前田耕作, 三波俊郎: カプトガニ産卵地の地形特性と孵化幼生の分散観察-希少生物生息地のモニタリング計画のために-, 応用生態工学, pp7-19, 2000.
- 2) 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: カプトガニは何故その岸辺に産卵するのか? -産卵地の地形・堆積物・波・流れの特性-, 海岸工学論文集, pp.1091-1095, 1998.
- 3) 島谷幸宏, 横川翔, 宗琢万, 河口洋一, 水垣滋, 馬場崎正博: 今津干潟の変遷と堆積環境に関する研究, 水工学論文集, pp.1087-1092, 2008.
- 4) 井上公, 内山庄一郎, 鈴木比奈子: 自然災害調査研究のためのマルチコプター空撮技術, 防災科学技術研究所研究報告, 第81号, 2014.
- 5) (財) 土木研究センター なぎさ総合研究著: 実務者のための養浜マニュアル, 2005.

謝辞: 本研究では、福岡市環境局、福岡県瑞梅寺ダム管理出張所よりデータ、試料のご提供をいただいた。住みよい今津をつくる会、中村隆暢氏はじめ今津地区

(2015.8.28 受付)

DYNAMISM AND RELATED IMPROVEMENTS TO THE SPAWNING BEACH THROUGH INTEGRATED WATERSHED SEDIMENT MANAGEMENT AT IMAZU TIDAL FLAT, FUKUOKA CITY

Masanori ISHIKAWA, Satoquo SEINIO, Takaya ANAI and Hirokazu SUZAKI
(Graduate School of Engineering, Kyushu University)

A sandy beach area of Imazu tidal flats located in Fukuoka City is used as a spawning ground by horseshoe crabs (HSC), and is an important site for biodiversity conservation. In 1988, part of the sandy beach was reclaimed to widen a road and the number of eggs laid decreased significantly. In response, Fukuoka City attempted beach replenishment in 2010. However the new sand supplied gradually washed away with time. Even now replenishment is necessary for sustainable seashore protection management at Imazu tidal flats. We initially researched drift sand phenomena by interpreting aerial photographs and ground elevations on the beach by analyzing field data including an examination of Fukuoka City's data. Secondly, by analyzing sediment collected at two check dams associated with the Zuibaiji Dam and sand at the spawning ground, We compared the potential effects of the sediments. Appropriate dam sediment was deposited on the beach to examine the appropriateness of its use as material for a HSC spawning area.

Sandy beaches are subjected to external impacts such as drainage water, the wind and the sea. Thus, much sand used in beach replenishment washes away. Just as for a large beach, it is necessary to consider sand drift phenomena even for such a small beach nourishment project. Watershed sand management methodologies using sand from an upstream dam to deposit on the beach posed no particular problem in terms of the characteristics of the sand. Dams have different types of sediment depending on their shape and position, and we can use these for various projects.