

## 明石川河口における地形・水環境の時空間変動

新井 淳平\* 宇野 宏司\*\*

### Temporal and Spatial Variability of Topography and the Water Environment in Akashi River Mouth

Junpei ARAI\* Kohji UNO\*\*

#### ABSTRACT

An urban river runs through the area which is concentrated population and assets. In this study, we propose a saving, economic and safe measurement on the topography change and temporal and spatial distribution of water environment at the urban river mouth. Study site is Akashi river mouth in Hyogo prefecture, JAPAN. First, we observe the shape of the river-mouth bar and sediment property using a hand-held camera and portable GPS equipment. Second, we tried to understand the topography change and the temporal and spatial distribution on water environment such as water temperature and salinity, the measurement by the radio control boat was carried out. Finally, the continuity monitoring at the fixed point was conducted. It was clarified the bar has grown and grown until the flooding. After the flooding, the sediment on the bar became coarse. We also confirmed the relationship between the shape of river mouth and topographic feature and water environment.

Keywords: river mouth, fish finder, a radio-controlled boat, portable GPS

#### 1. はじめに

都市中小河川の地形及びその水環境は近年多発する局所的な豪雨などによる短時間での変動が大きく、その地形変化はダイナミックである。河口に形成される砂州は、自然の防波堤として河道内への波浪の浸入を防ぐ一方で塩水の潮上を阻み、アユ等の仔稚魚の生育に不可欠な静穏な汽水区間の形成を妨げることもある。また、洪水疎通能の低下要因ともなる<sup>(1)</sup>。このように都市河川は人口・資産が集中するといった点で自然河川とは大きく異なり、治水・水環境保全の両面でメリット、デメリット双方をもつ事から適切な管理が必要と考える<sup>(2)</sup>。しかしその基本となる河口地形動態を把握するための簡易で経済的な計測手法は確立されていない。

本研究は兵庫県を流れる二級河川・明石川（流路延長 26km, 流域面積 126.7km<sup>2</sup>）の河口域（図-1 参照）を対象とする。本河口域は 2010 年の夏季から冬季にかけて河口砂州が発達し、2011 年 1 月には河口閉塞状態にあったが、2011 年 6 月に台風接近に伴う増水で砂



図-1 調査地点

州がフラッシュされた。このように短時間で変動する河口域において、ラジコンボート等を用いた省力的な現地観測手法<sup>(3)</sup>等によって、地形・水環境の時空間変動を把握することを本研究の目的とする。

\* 専攻科 都市工学専攻

\*\* 都市工学科 准教授

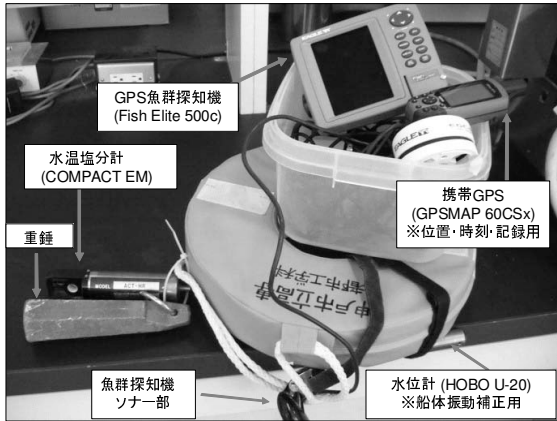


図-2 観測装置 (ラジコンボート調査)

## 2. 調査概要

図-1 に現地調査地点となる明石川河口を示す. この地点において 2010 年 2 月より, 月 1 回の地形把握に関する集中調査, 塩分挙動の連続モニタリングを実施した.

### 2.1 河口砂州の動態把握調査

明石川河口先端の左岸堤防上より河口付近に形成される砂州の形状をデジタルカメラ (COOLPIX6000, NIKON 社) で撮影し, その地形変化を把握した. また, 河口に形成される砂州の汀線位置を携帯型 GPS (GPSmap 60CSX, GARMIN 社) で記録するとともに砂州前面・背面において表層砂を採取し, 粒度分析試験 (JIS Z 8801) を実施した.

### 2.2 ラジコンボートを用いた河川地形・水質測定

一般的に河川地形や水質の把握には, 調査船による観測が実施されるが, 明石川のような水路幅や水深が十分でない河川では困難をとまなう. そこで本研究では図-2 に示す観測機器を搭載した浮き輪をラジコンボート (かもめ, コデン社) で曳航することによって安全かつ省力的に河川地形と水質を把握することを試みた (図-3 参照).

河床地形 (水深) の把握に関しては GPS 魚群探知機 (Fish Elite 500c, Eagle 社), を用いて, 時刻・緯経度・水深を測定間隔 1 秒で記録し, 各観測値を比較するために潮位補正を行った.

一方, 水質 (水温・塩分) の把握に関しては, 自記録式塩分計 (COMPACT-EM, JFE アドバンティック社) を用いた. しかし, 本研究で使用する自記録式塩分計では測定時の位置情報を記録できないため, 携帯型 GPS (GPSmap60CSX, GARMIN 社) を搭載し, 水質測定時の時刻・緯経度を測定間隔 1 秒で記録し, 自記録式水温塩分計に記録された時間情報と携帯型 GPS の時間情報を対応させることで水質測定時の位置情報を割り出した.

また, 観測日によっては風波によって観測機器を搭載した浮き輪が上下に振動する場合があります. これを補正するため, 浮き輪底面に自記録式水位計 (HOBO U-20,



図-3 調査時の様子 (ラジコンボート調査)

2011 年 4 月



2011 年 5 月



2011 年 6 月



図-4 河口砂州の変化 (定点撮影)

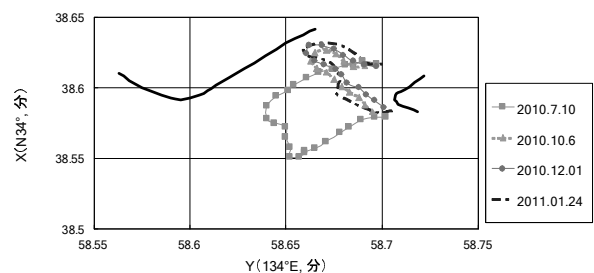


図-5(1) 河口砂州の変化, フラッシュ前 (GPS 踏査)

onset 社) を取り付けることで, 浮き輪の振動を記録し水深補正の際に用いた. 搭載したラジコンボートを用いて河口～上流 300m 区間内の地形・水温・塩分の空間分布を調べた.

### 2.3 水位・水温・塩分の連続モニタリング調査

明石川における水位と水質変化の応答性を把握するため, 明石川河口より約 800m 上流の右岸護岸下に自記録式水位計 (HOBO U-20, onset 社), 水温塩分計 (COMPACT-EM, JFE アドバンティック社) を設置し, 水深, 塩分, 水温を 2 分間隔で計測した.

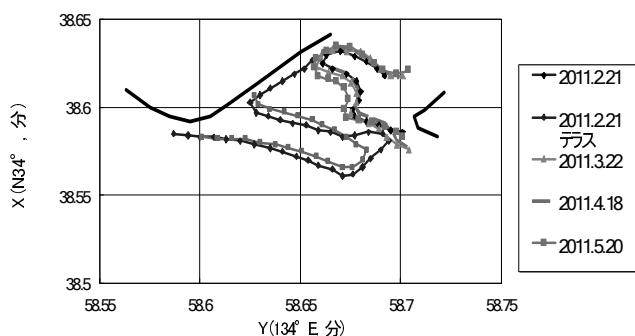


図-5 (2) 河口砂州の変化, フラッシュ前 (GPS 踏査)

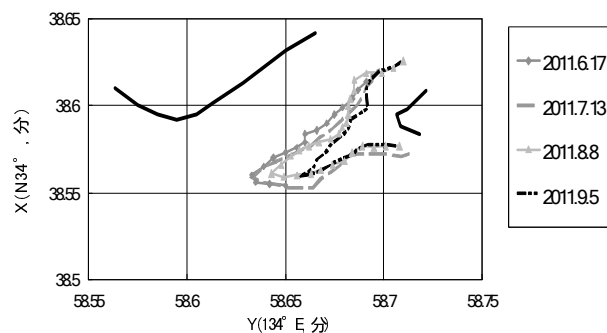


図-5 (3) 河口砂州の変化, フラッシュ後 (GPS 踏査)

表-1 砂州底質採取地点

地点名	地点内容
a	砂州背面付け根部
b	a-c中間点
c	砂州先端部
d	c-e中間点
e	砂州前面付け根部

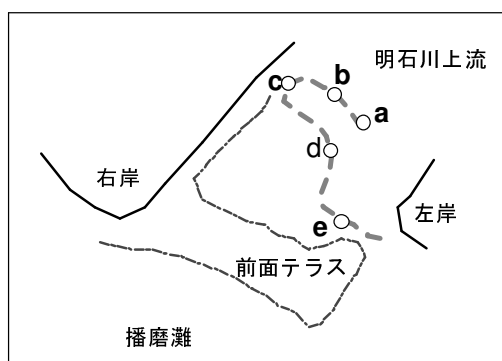


図-6 砂州底質採取地点

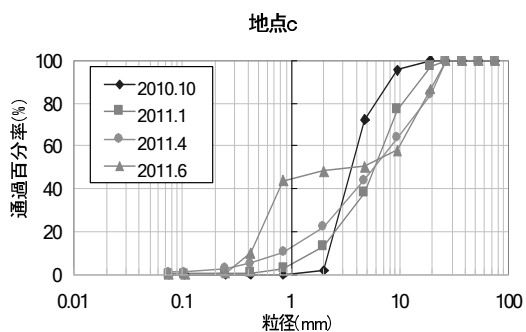
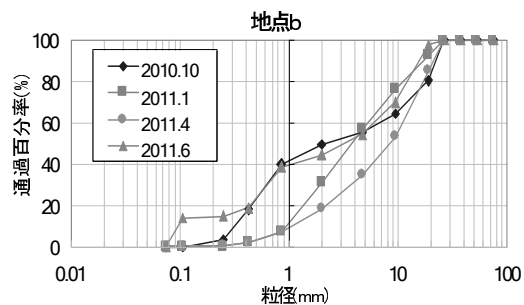
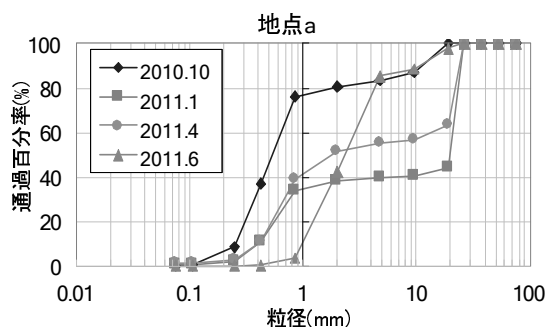


図-7 (1) 砂州底質の粒径加積曲線

### 3. 調査結果

#### 3.1 河口砂州の動態把握調査

図-4に明石川河口左岸定点上で撮影された河口砂州の様子を示す。図-5(1)～(3)にフラッシュ前とフラッシュ後の砂州形状推移を示す。本河口では2010年9月頃から2011年5月にかけて、砂州が左岸から右岸にかけて伸長していたが、冬季に発達する波浪の影響で前面にテラスを形成し、閉塞度を強めていた。しかし、2011年5月29日から6月1日にかけて接近した台風1102号の接近に伴う豪雨による出水で砂州が完全にフラッシュされた。またフラッシュ後もさらに左岸汀線から岸沖方向に設置される石積み部に沿って残ってい

た砂州も次第に消長していくことが確認された。

図-7(1), (2)に砂州表層砂の粒径加積曲線を示す。表-1と図-6にその表層砂の各種採取地点を示す。なお、ここで示す砂州の河川側・海側といった位置については、砂州の変形に応じて移動するため、定点での比較にはならないことを断っておく。

地点 a は砂州背面付け根部であり、他の地点と比べて平均粒径が小さいが、2010年秋季から冬季にかけて

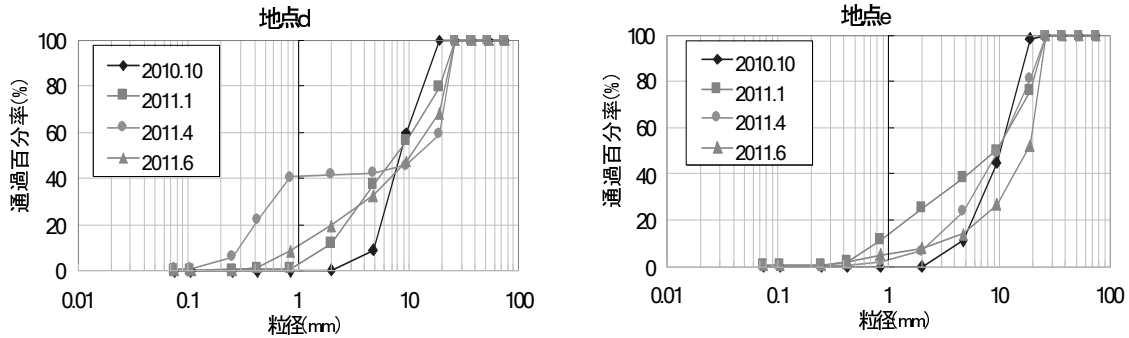


図-7(2) 砂州底質の粒径加積曲線

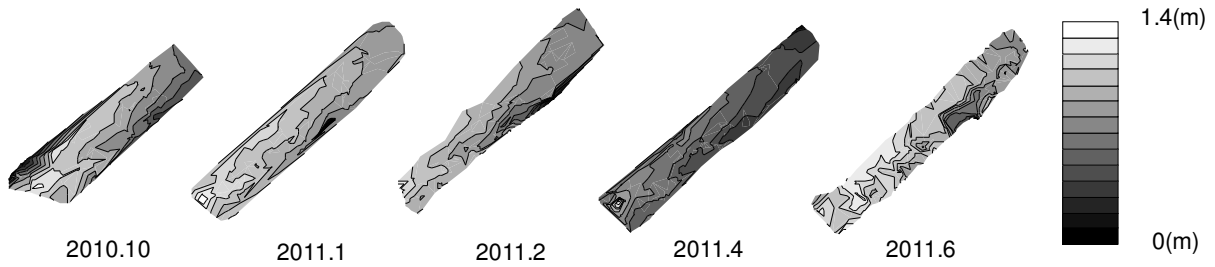


図-8 ラジコンボート調査結果(水深分布図)

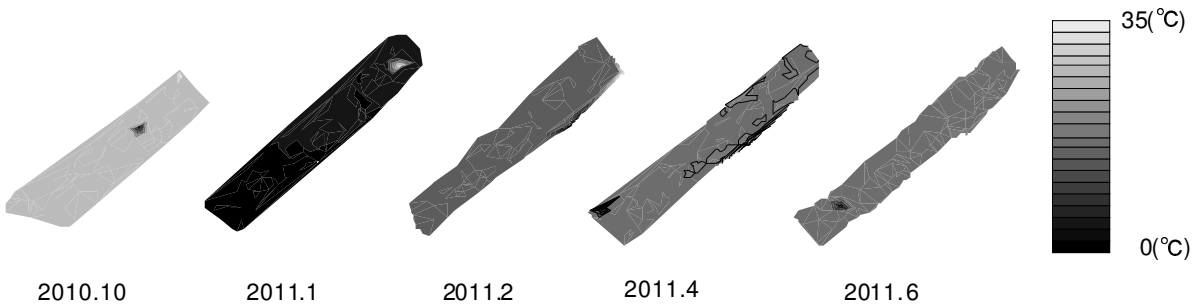


図-9 ラジコンボート調査結果(水温分布図)

粗粒化していく傾向が伺える。この地点は振幅や波による流れを受ける力が小さいが、水位低下時に細粒分が風波によって運び去られることで粗粒化が進んだと予想できる。2011年4月とフラッシュ後の6月にかけて粗粒化している様子が見受けられるが、この理由としては砂州がフラッシュした際の洪水による高掃流力が要因となり、粗い粒径の底質が堆積したものと考えられる。その後、洪水末期になり掃流力が低下することで細かい底質が堆積したものと考えられる。

**地点 b** は静穏な砂州背面であるが、付け根部と比べ流れによる一定の外力を受けると考えられるので、各月の粒度に分布の粒径変化に大きな変動がないものと推察される。

**地点 c** は砂州の先端であり、次第に伸長していく様子が見られた地点である。ここでは直接波浪の影響は受けにくいものの、流れの速い狭水路に面するため砂州背面に比べて平均粒径が大きくなる傾向がみられた。

**地点 d, 地点 e** は砂州前面地点であり、常に波浪の影響を受けるため、観測当初から礫分が多く含まれて

いた。しかし、2010年12月頃に前面テラスが形成されたことで、波浪による影響が弱まり、2010年10月から2011年4月にかけて細粒化の傾向がみられた。なお、フラッシュ後の2011年6月はフラッシュ前と比べ幾分粒径は大きくなっていった。

以上のことから、本河口域に発達する河口砂州を構成する底質は、様々な外力(波浪, 潮汐, 河川流)の履歴を示しているものと推察される。

### 3.2 ラジコンボートを用いた河川地形・水質測定

図-8にラジコンボート調査で得られた水深の空間分布を示す。観測日時によって潮位が異なるため、各観測結果を比較できるように、平均水面基準の水深値に換算したほか、波による振動分を除去した。各図からは上流から河口にかけて水深が深くなる傾向が伺える。また、明石川河口域では右岸沿いにみお筋が発達しているが、2010年1月頃から2011年4月にかけてはこのみお筋を中心に堆積傾向にあることが確認できる。さらに、2011年4月から6月にかけての水深の変化が顕著であるが、これは2011年5月末の台風接近に伴う

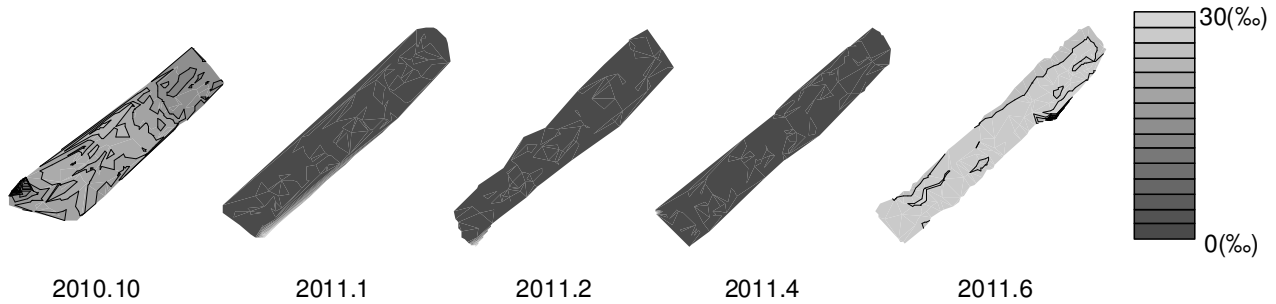


図-10 ラジコンボート調査結果（塩分分布図）

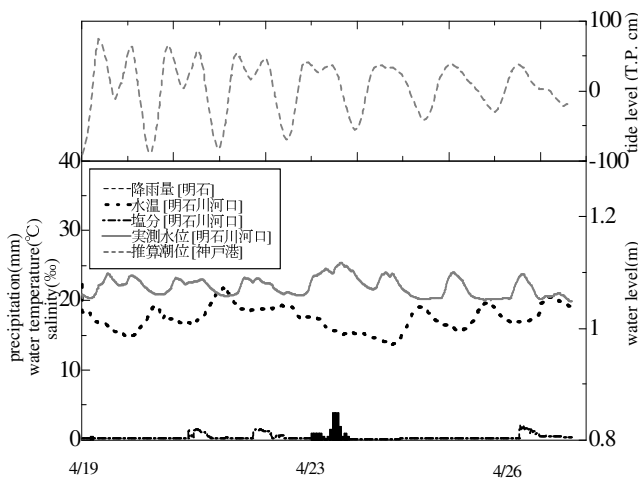


図-11 連続モニタリング調査結果（4/19～4/26）

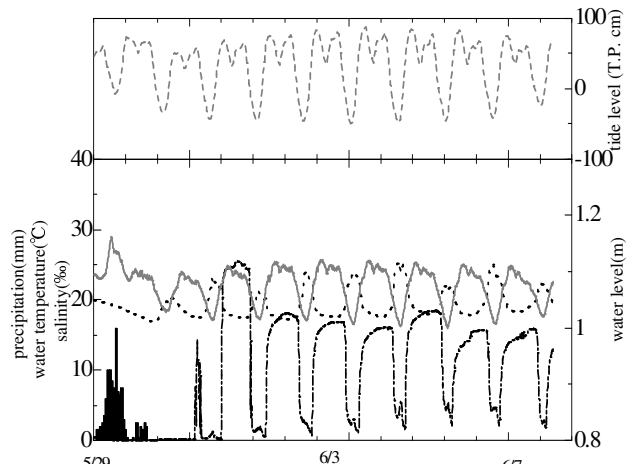


図-12 連続モニタリング調査結果（5/29～6/7）

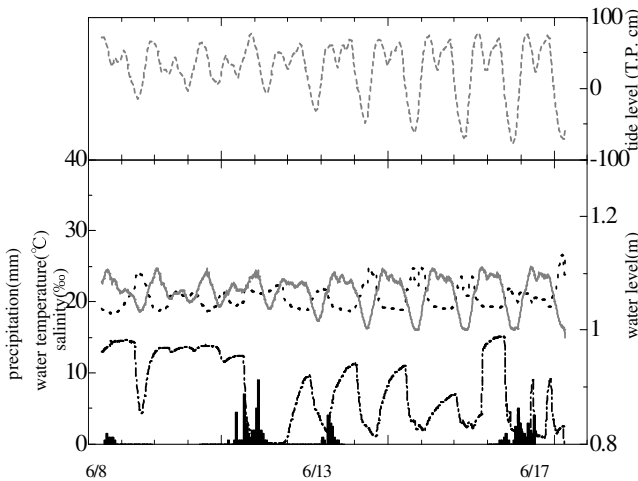


図-13 連続モニタリング調査結果（6/8～6/17）

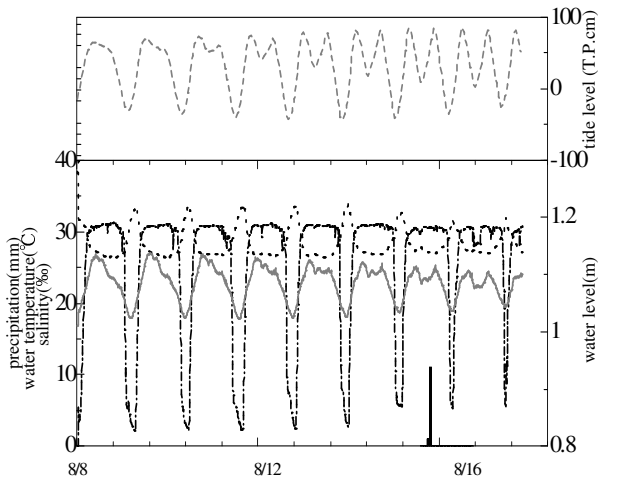


図-14 連続モニタリング調査結果（8/8～8/16）

洪水出水により、河床全般が侵食されたためであると考えられる。

図-9にラジコンボート調査で得られた水温の空間分布を示す。各図から河道内では一様な水温分布が確認できる。秋季から冬季にかけては水温が低下し、冬季から春季にかけては水温が上昇するといった季節変化の様子が伺える。

図-10にラジコンボート調査で得られた塩分の空間分布を示す。河口閉塞状態であった冬季は、下流からの塩分供給が絶たれ河道内の塩分が一様に低下し、淡水化している傾向が伺える。また、フラッシュ前後の塩分の変化も顕著であり、2011年6月には河口閉塞の解消により、塩分の供給が急激に回復した様子が確認できた。

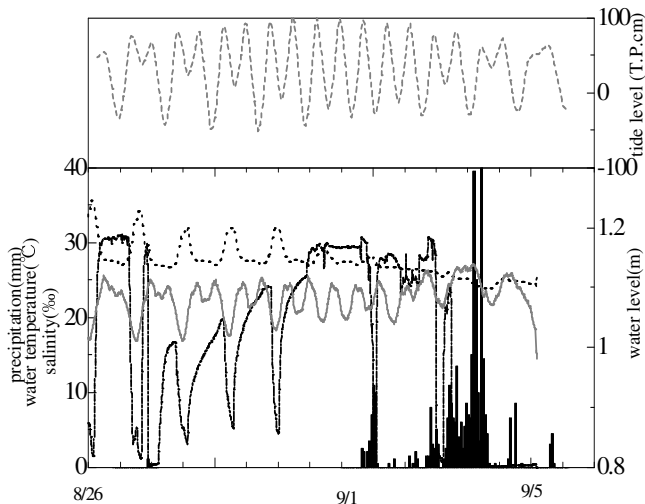


図-15 連続モニタリング調査結果 (8/26~9/5)

### 3.3 水位・水温・塩分の連続モニタリング調査

自記録式水温塩分計及び水位計で得られたデータに加えて、気象庁データベースより実測潮位(神戸港)<sup>(4)</sup>と降雨量(明石地域)<sup>(5)</sup>の時系列変化を整理した。

図-11に2011年春季の連続モニタリング結果を示す。当時は砂州がフラッシュされる前で河口が閉塞状態であったため、大潮のような潮位振幅が大きな日でも塩水の遡上は確認されていない。

図-12に2011年5月末の連続モニタリング結果を示す。5月末にまとまった降雨が記録され、洪水時の砂州の堰き止めによる水位上昇や塩分低下が確認できた。その後水位上昇に伴い、塩分供給の様子がみられた。すなわち、この時点で砂州がフラッシュされたと考えられる。

図-13、図-14に2011年6月及び、8月の連続モニタリング結果を示す。6月に降雨が記録された日には塩分が低下し、河川からの出水が確認された。また、小潮時でも塩分の供給が確認されるようになった。

図-15に2011年9月の連続モニタリングの観測結果を示す。9月4日にも台風1102号による接近し豪雨が観測されており、出水による塩分低下が顕著であった。しかし、図-11の5月29日よりはるかに上回る降雨量が記録されたにもかかわらず、9月4日の水位上昇は低くなっていた。このことから2011年5月期は、砂州

の発達によって河川上流からの出水が妨げられていたと考える。

## 4. まとめ

明石川の河口域の現地調査の結果により、以下のことがわかった。

- (1)明石川左岸に形成される河口砂州は2010年4月までは大きな出水もなかったこともあり発達を続けていたが、2011年5月末の台風接近による豪雨でフラッシュされた。
- (2)明石川河口の河道地形は砂州に比べ、大きな変化はなかったものの、河口が閉塞状態であれば堆積する傾向が確認できた。砂州がフラッシュされると河床も侵食され、アユ等の仔稚魚等の生育環境にも大きな影響を及ぼすことが予想される。
- (3)明石川河口の水温・塩分空間分布についても、閉塞が進む冬季には淡水化していた。砂州がフラッシュされると水環境の激的な変化がもたらされるため、生物環境にも影響があるものと考えられる。

現地調査の結果、明石川の河口地形・水質は年間を通して大きく変化していることが明らかとなった。これらの調査はいずれも数名の人員で実行可能であり今後の都市河川河口域の省力的な現地モニタリング手法としての活用が期待できる。

## 参考文献

- (1)佐川卓也, 大谷靖郎, 市川真吾, 武内慶了, 山下武宣: 河口砂州フラッシュの再現計算と要因分析, 水工学論文集, 第51巻, 2007.
- (2)室田明: 河川工学, 技報堂出版, 318p, 1986.
- (3)新井淳平, 宇野宏司, 辻本剛三, 柿木哲哉: 都市河川河口の地形変化と塩分挙動の応答性, 土木学会関西支部年次学術講演会概要集 CD-ROM, 第II部門II-32, 2010.
- (4)気象庁 潮位観測情報  
<http://www.jma.go.jp/jma/menu/seamenu.html>
- (5)気象庁 過去の気象データ  
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>