

時間スケールの違いからみた明石川河口の地形変動特性

岸本周平* 宇野宏司**

The Characteristic of Topographic Change of the Akashi River Mouth with the Different Time Scale

Shuhei KISHIMOTO* Kohji UNO**

ABSTRACT

We conducted the field observations and arranged weather and wave data to grasp the water environment and topographic change at river mouth on a short-term scale. Moreover, we examined the topographic change at the river mouth by using aerial photographs on a long-term scale. Study site is Akashi River mouth, Hyogo Prefecture in Japan. From on a short-term scale study, it is clarified right bank sandbar often developed than left bank one. However, from the result of the long-term scale study, it turned out opposite to short-term scale study.

Key words : continuous monitoring, topographic change, river mouth bar, portable GPS, Aerial photograph

1. 研究背景と目的

明石川は、神戸市、明石市、三木市の3市を流れ播磨灘に注ぐ、流路延長21.0 km、流域面積128.4 km²の都市中小河川(2級河川)である。河口では、一年を通して砂州やテラスの形状や面積が大きく変化している。そのため、河口の水環境は短期間で大きく変化し、様々な稚魚の生育場となっている。河口砂州がもたらす恩恵は各地でみられ、例えば、大阪湾に流れ込む都市河川において、砂州が形成されることでアユ稚魚が生育できる環境が維持されているという事例⁽¹⁾が報告されている。また、琵琶湖においても砂州により内湖が形成されることで、水質が改善する⁽²⁾といったこともある。

明石川河口右岸では船上浄化センターが隣接しており、河口閉塞が進むと下水処理水が海域へ放流されることなく、河口部に停滞し、水環境を悪化させるといった問題も起こりうる。このようなことから砂州の動態を知ることは河川管理や環境を保全する上で必要なことだといえる。

著者らは過去3年間の現地調査によって春季～夏季にかけての出水による砂州フラッシュと冬季波浪による砂州回復のサイクルが繰り返されていることを見出した⁽³⁾が、その回復過程については十分に明らかでない。また、持続

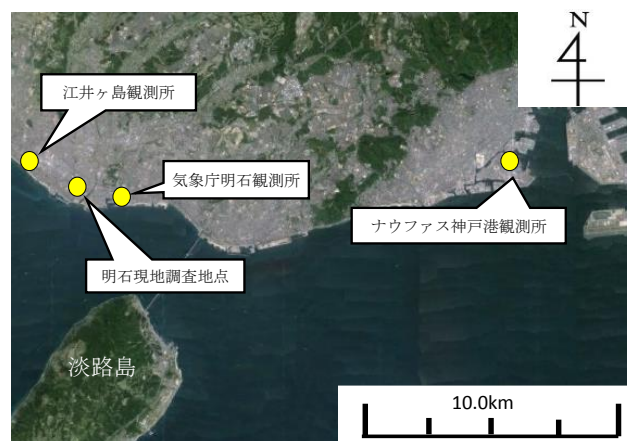


写真1 各観測点の位置関係

可能な河道管理の観点からは、砂州短期間のスケールだけではなく、より長期間スケールでの砂州動態の把握が必要である。

本研究では、短期間スケールでの砂州の地形変動特性として右岸砂州が発達した場合(2011年9月～2013年2月)と左岸砂州が発達した場合(2013年9月～2014年2月)の気象・海象データを整理することで、短期間での砂州回復過程の要因を検討するとともに、過去の航空写真を比較することで、長期間スケールでの明石川河口砂州の地形変動特性を把握した。

* 専攻科都市工学専攻

** 都市工学科准教授

2. 調査概要

短期間スケールでの砂州動態を把握するために、2011年9月～2014年9月までの期間で毎月1回大潮の干潮時に、明石川河口左岸沿いに形成される砂州と右岸から伸びる前面テラス(ただし、これについては2012年～2013年のみ)を対象とし、地形の時空間変動の把握に関する現地に調査を行なった。また、左岸堤防上の定点において砂州の形状変化を把握するために砂州全体の撮影を行った。さらに、観測期間中の気象・海象データを整理した。

一方、長期間スケールでの砂州動態を把握するために、航空写真をもとに潮位補正をした砂州面積を比較した。

2.1 短期間スケール (2011年9月～2014年9月)

(a) 砂州形状・水位 明石川河口の左岸堤防天端の定点(写真2)で河口砂州形状をデジタルカメラ(COOLPIX P6000, Nikon社)で撮影した。また、河口砂州の汀線位置を携帯型GPSで記録した(2011年9月～2014年9月)。その際、河口から上流側約800m地点の右岸護岸下(写真2)に自記録式水位計(HOBO U-20, onset社)を取り付けたブロックを設置し、2分間隔で連続モニタリングを行った。

(b) 砂州表層底質の有機物 砂州形状が変化することによって河口の閉塞度が変わると砂州質の有機物量にも何らかの影響が及ぶことが考えられる。そこで2011年11月～2014年7月における砂州底質の強熱減量の推移を調べるため、砂州表層の砂を三地点(上流側、先端部、海側)採取した。

(c) 気象・海象データ 砂州回復過程の要因を検討するために、右岸の発達した冬季(2011年9月～2012年2月, 2012年9月～2013年2月)と、左岸の発達した冬季(2013年3月～2014年2月)について、気象データ(気象庁アメダス観測点:明石)⁽⁴⁾や海象データ(国土交通省港湾局ナウファス観測点:神戸)⁽⁵⁾を整理した。

気象データとしては、降雨流出による砂州地形変化への影響を見るために、降水量を対象とした。ここでは対象とする降雨が局所的なものであったか否かを確認するため、明石及びその周辺(三木, 神戸, 姫路)の雨量について1時間間隔で整理を行った。図1に各観測点の降水量を示す。この図から降雨の開始と終了の時刻がほぼ同じであったため、今回対象とする事例は、局所的なものではなく広範囲に及ぶ降雨であったといえる。また、明石以外の観測点は明石川の流域面積に含まれていないため、本研究では降雨データとして明石のものを使用した。

海象データに関しては、明石川河口では波浪に関するデータがないため、大阪湾側の神戸港での波高及び波向データを使用した。波高に関しては明石川と同じく播磨灘に位置する江井ヶ島での値も併記した。なお、風の影響(風向, 風速)については気象庁アメダス観測点(明石)のデータを使用した。

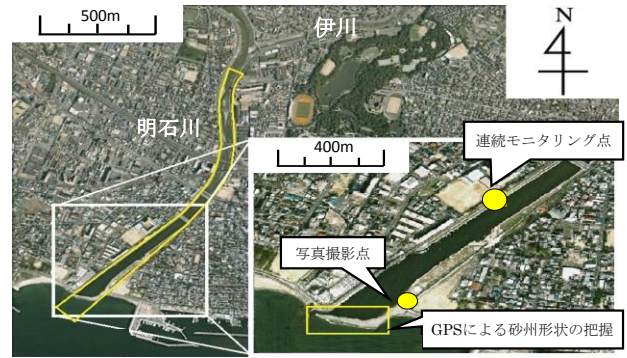


写真2 明石川河口と現地調査地点

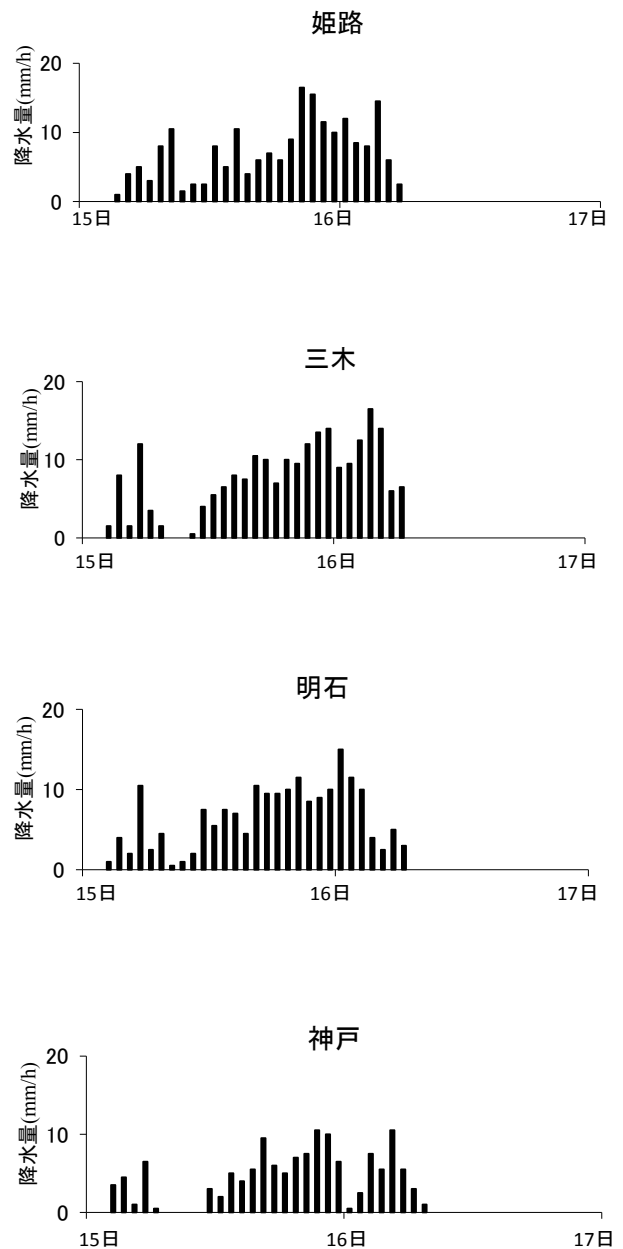


図1 各観測点の降水量(2013年9月出水時)

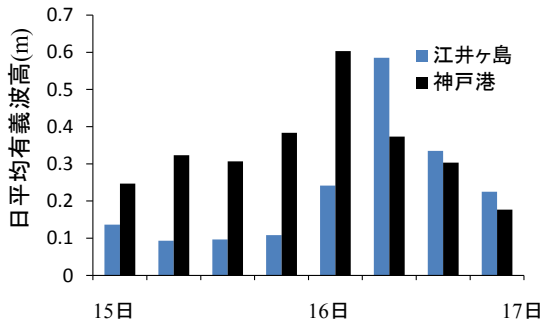


図2 各観測点の有義波高(2013年9月)

図2に有義波高のデータを示す。出水期間前半では神戸港で波高が高かったが、後半には江井ヶ島での波高が上回る結果となっていた。このように両地点の波高は時間によって高さが異なり局所性を有することに留意が必要であるが、波高の変化傾向はよく似ていると判断した。

2.2 長期間スケール (1946年11月～2009年5月)

(a) 使用データ 1946年～2009年のうち、17年分の航空写真⁽⁶⁾をもとに明石川河口砂州地形の変遷を把握した。

(b) 潮位補正 航空写真からは砂州の形状を把握し、見かけの砂州面積を算出することができるが、撮影時刻が異なるため、ある基準面(ここでは平均海水面)での面積に補正した上で比較する必要がある。ここでは、航空写真撮影時刻から明石川の推算潮位(潮位観測基準面)を求め、これを T.P.値に換算した。その上で、平均海水面との水位差を算出し、砂州周縁部の地形勾配を用いて砂州面積を補正した。

3. 調査結果および考察

3.1 短期間スケール (2011年9月～2014年9月)

(a) 砂州形状・水位 図3に2011年～2013年の9月、11月、翌年1月の砂州形状と降水量を示す。9月は台風接近に伴う出水の影響で河口砂州がフラッシュされ、河口が閉塞されていない時期、11月は風が強く、有義波高が高くなることで、砂州が形成され始める時期、翌年1月は降水量が少なく、出水の影響が少なくなることで河口が閉塞する時期といったように、明石川河口地形動態には一年周期のサイクルがある。本図からも、9月には降水量が増加することで河口砂州はフラッシュされ、観測期間中の全ての年で河口は閉塞されないということがわかる。冬季(11月～翌年1月)の砂州の形状についてみると、2011年～2012年については右岸テラスが大きく発達し、その上流側に左岸砂州が発達していた。なお、2012年1月は、右岸砂州についてのGPS観測を行えなかったが、右岸砂州は左岸砂州よりも発達していた。一方、2013年については右岸から砂州が発達せず左岸から砂州が大きく発達していた。以上のことから現地調査を行った2011年から2014年にかけての短期間では、明石川河口の砂州は左岸砂州が発達する場合よりも、右岸砂州が発達する場合

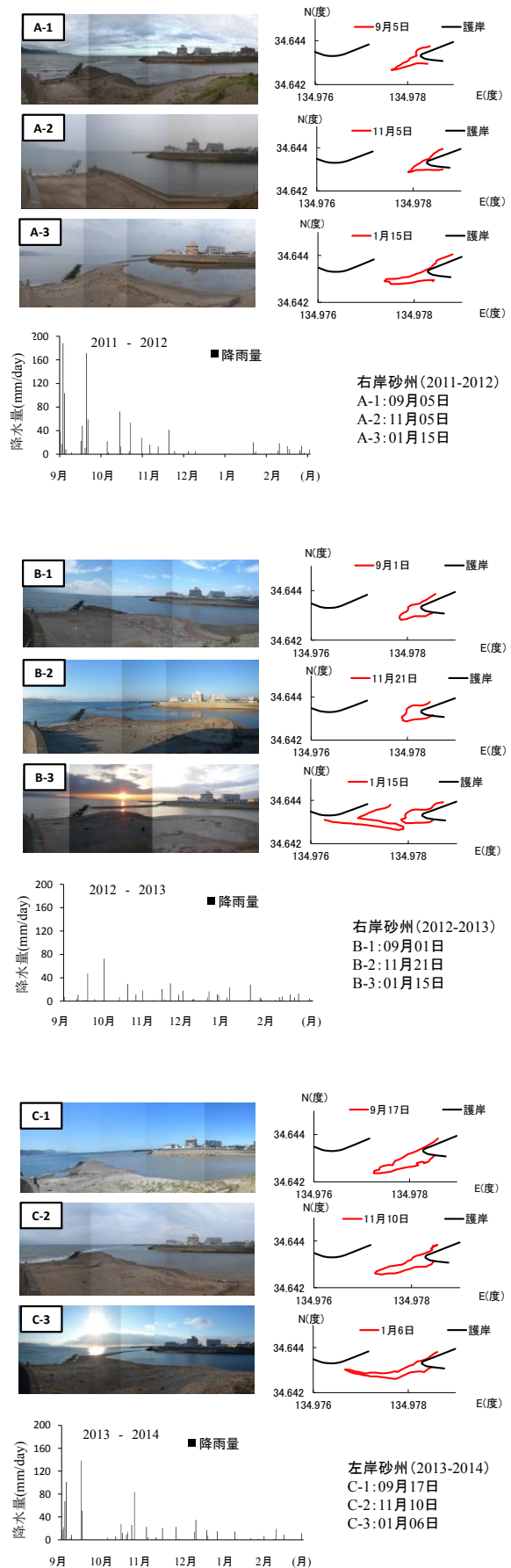


図3 砂州形状推移(2011年-2014年)

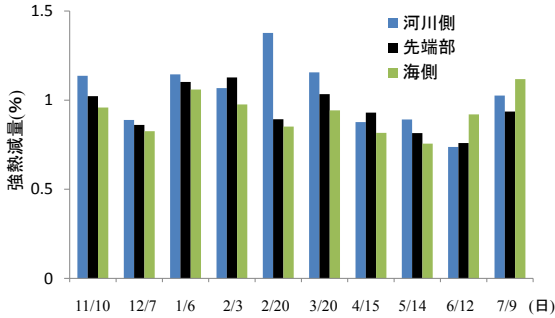


図4 砂州表層底質の強熱減量 (2013年～2014年)

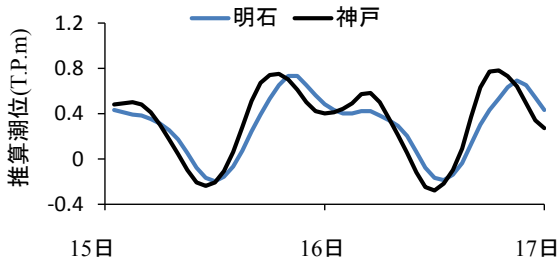


図5 明石川河口・神戸港の推算潮位 (2013年9月)

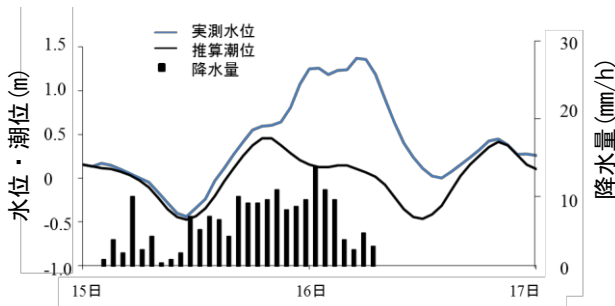


図6 実測水位と推算潮位の差 (2013年9月出水時: 明石)

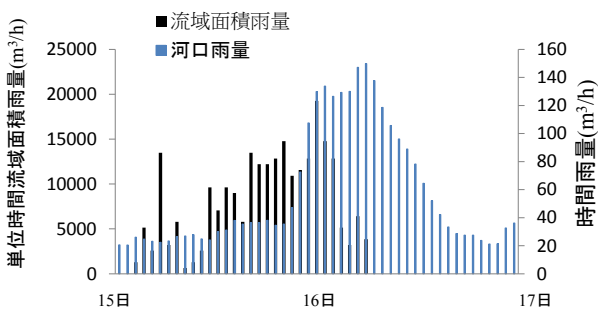


図7 降雨量が河口に与える影響

が多いという結果が得られた。

(b) 砂州表層底質の有機物 図4に砂州表層底質の強熱減量を示す。この図より、冬季は河川側の方が有機物量は大きく、海側ほど小さな値になっていた。海側で低い値になっているのは、水が滞留しやすい河川側の水に比べて、河口沖では海水の流れが速いためであると考えられる。また、河川側で大きな値となっているのは、右岸にある処理場の処理水が直接流入していることの影響も考えら

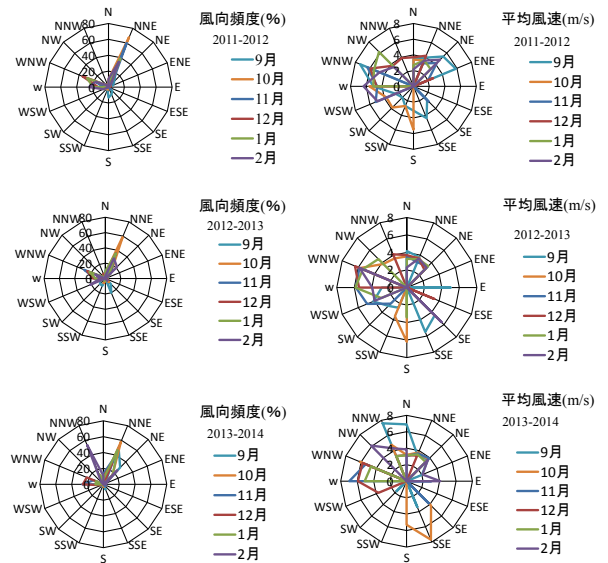


図8 風向頻度・平均風速 (9月～翌年2月)

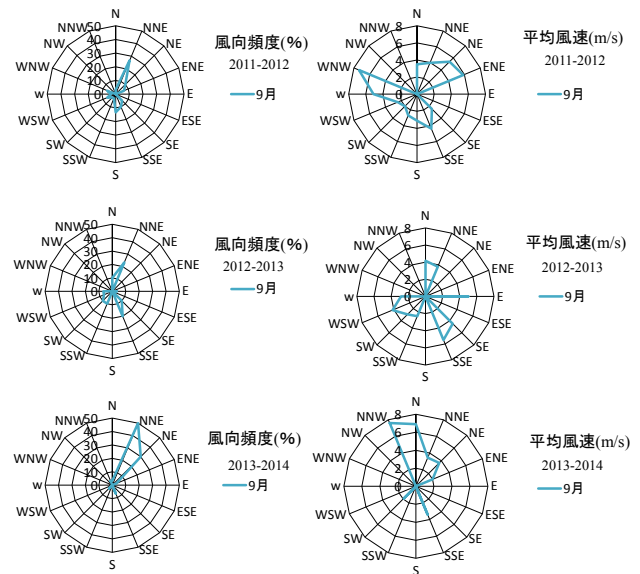


図9 風向頻度・平均風速 (9月)

れる。一方、夏季には上流側よりも海に近いほど有機物量が大きくなっていた。これは、梅雨の時期に伴う出水により、滞留水が増水した河川の影響によって薄められたためと考えられる。

(c) 気象・海象データ 明石川河口で砂州の発達に違いが見られた要因として、砂州の形成要因である風の影響、波の影響についてもそれぞれ検討した。

図5に明石川河口と神戸港の推算潮位、図6に実測水位と推算潮位の差、図7に降雨量が河口に与える影響について示す。なお、先行降雨については9月8日(8.5mm/day)以来、観測されていない。これらの図より、降雨が観測されてから河口の流量に影響が出るまでには6

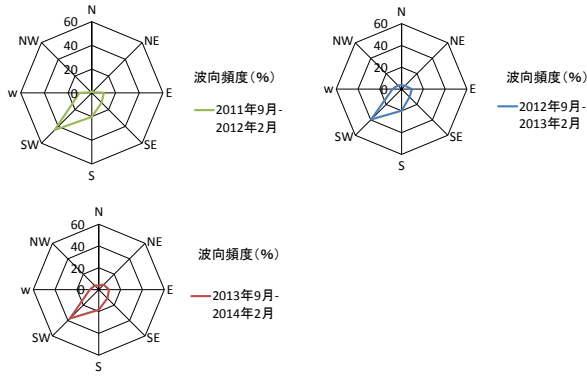


図 10 冬季波向頻度

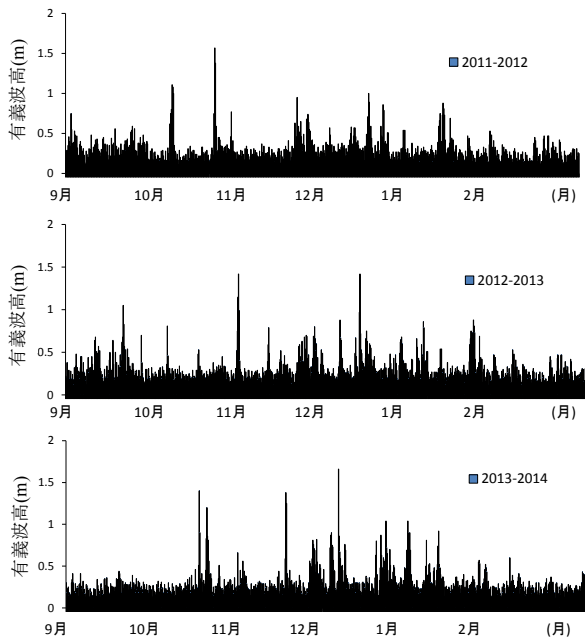


図 11 有義波高

時間程の時間差があった。また、流域内総降雨量の 0.74% が今回の出水による流出量に相当していることがわかった。

次に砂州が回復する冬季の風と波の状況について検討する。

図 8 に 2011 年～2014 年までの冬季(9 月～翌年 2 月)の風向頻度と平均風速を示す。全期間では大きな違いが見られないため、代表として砂州の発達し始める 9 月の値を図 9 に示す。図 9 より右岸の発達した 2011 年～2012 年、2012 年～2013 年の冬季では弱い NNE の風と、強い WNW の風の出現が卓越していたことが確認できる。それに対して左岸の発達した 2013 年～2014 年の冬季では NNE と WNW の風に加えて NNW の風が高い割合を占め、平均風速も大きくなっていった。

図 10, 11 に波の統計データを示す。右岸砂州, 左岸砂州どちらが発達した場合でも有義波の波向に大きな違いは見られず、どちらの場合も SW の波が卓越していた(図 10)。しかし、有義波高を見ると、右岸砂州が発達した

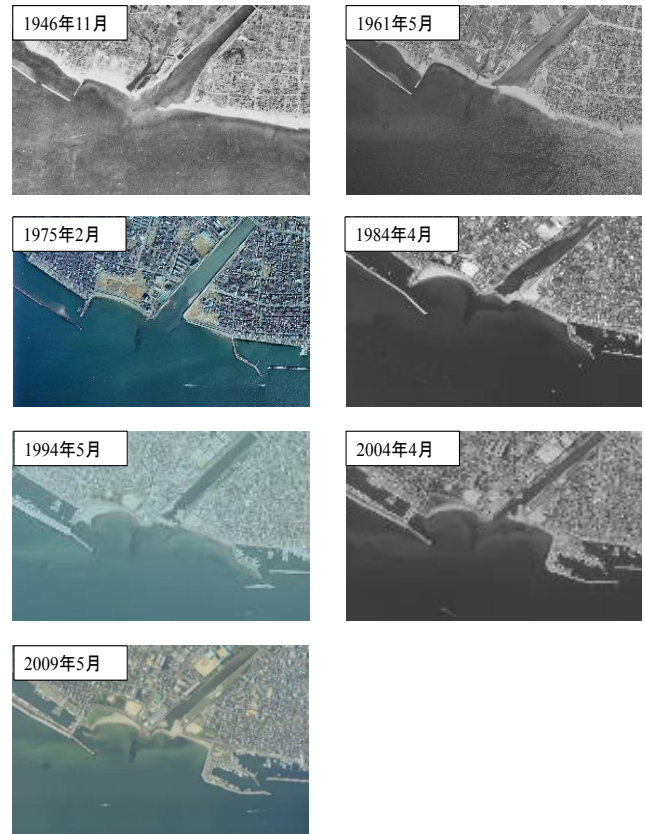


写真 3 明石川河口地形の経年変化

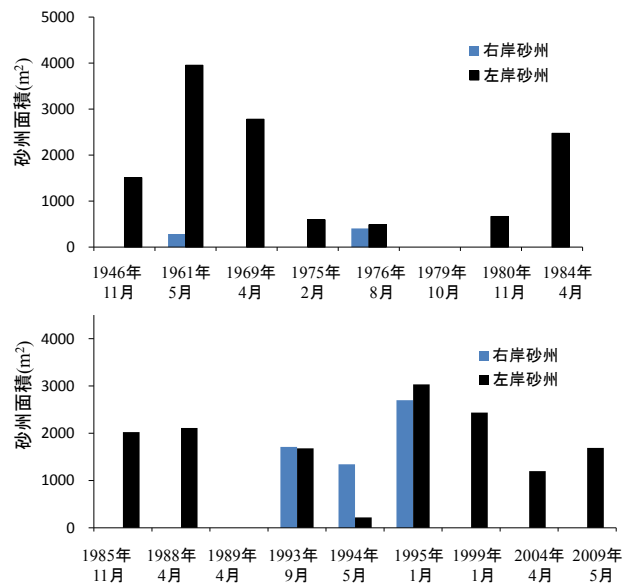


図 12 砂州面積の経年変化

時と比べて、左岸砂州が発達した時は、砂州が形成され始める 9 月～10 月の有義波高が小さくなっていることがわかった(図 11)。南向きの平均風速が大きく出現頻度も高いことから、海から川に向かう波が発達しにくかったためだと考えられる。これにより陸風の影響が強い場合には波が

十分に発達することなく、そのため、出水時に流出し左岸側の浅瀬に堆積した土砂が戻るとどまったのではないかと考えられる。一方、海風の影響が強い場合では十分に発達した波によって、右岸側のみお筋側付近に流出していた土砂が戻り、右岸側テラスや砂州を形成すると考えられる。

3.2 長期間スケール (1946年11月～2009年5月)

(a) 河口地形 写真3に明石川河口地形の経年変化を示す。最も古い1946年と最も新しい2009年までの明石川河口の様子を見ると、1946年にはなかった親水空間が1994年頃から整備され、これに伴い川幅が減少していることや、左岸の沖合に1975年頃から防波堤や埋立地が建設されている。また、砂州の形状を比較すると、季節や撮影時間は異なるが、1946年、1961年、1984年、2004年、2009年の5年で左岸砂州が発達していたのに対し、1994年のみが右岸砂州が左岸砂州よりも大きく発達していた。他の年では右岸砂州が左岸砂州よりも発達した年は一度もなく、左岸砂州が大きく発達するか、両岸の砂州が発達するかという結果であった。つまり、長期間スケールで見ると、明石川河口の砂州は右岸砂州が発達する場合よりも左岸砂州が発達する場合の方が高い頻度を占めている結果となった。ここ最近の連続モニタリングにより、明石川は右岸砂州の方が卓越する河川だと考えていたが、長期間スケールで砂州の形状をみると明石川では左岸砂州の方が卓越する機会が多く、ここ最近の砂州形状は長期的な傾向から見て珍しいものだということがわかった。

(b) 砂州面積 図12に潮位補正を行った砂州面積の経年変化を示す。この図から、明石川河口では左岸砂州が卓越する場合が多いことがわかった。また、季節ごとに見ると、春季では砂州が大きく発達し、秋季には砂州がフラッシュされたり縮小されたりしていた。左岸砂州はフラッシュされていない限り存在するが、右岸砂州は全く発達しない年も少なくないこともわかった。

4. まとめ

本研究では、明石川に形成される河口砂州及びテラスを対象に気象・海象データを詳細に整理することによって、右岸砂州が発達した場合(2011年9月～2013年2月)と左岸砂州が発達した場合(2013年9月～2014年2月)の砂州が回復する過程の要因を検討した。また、国土地理院から得られた過去の航空写真を比較し、長期間の明石川河口においての砂州の形状変化を把握した。本研究で得られた結論を以下に示す。

(1) 短期間スケールによる明石川河口砂州の形状特性

2011年～2014年の短期間で行った現地調査の結果、明石川河口の砂州は左岸砂州が発達する場合よりも右岸砂州が発達する場合の方が多かった。また、砂州の形成要因に関してみると、風、波浪の影響で違いが見られた。強熱減量の結果からは、明石川河口では潮流や下水処理場の影響を受けて海側は有機物質が少なく、河川側で多い傾向が示された。また、気象・海象データを検討した結果、陸風の影響が強い場合には波が十分に発達することなく、出水時に流出し左岸側の浅瀬に堆積した土砂が戻っている可能性が示された。一方、海風の影響が強い場合では十分に発達した波によって、右岸側のみお筋側付近に流出していた土砂が戻り、テラスや砂州を形成すると考えられる。

(2) 長期間スケールによる明石川河口砂州の形状特性

国土地理院から得られた航空写真の17年間のうち、出水の影響で砂州が形成されていなかった年を除けば、1993年、1994年の2年のみ右岸砂州が左岸砂州よりも大きく発達していた。また、左岸は多くの年で砂州が形成されていたが、右岸では砂州が全く形成されない年もあった。

都市河川のような中小規模河川の動態を考えるにあたっては、短期間のモニタリングのみではなく、長期的な時間スケールで捉えておくことが重要であるといえる。

参考文献

- (1) 古川 光里, 今井 勝幸:「大和川における自然再生事業の取り組みについて(中間報告)」, 近畿地方整備局研究発表会論文集, 調査・計画・設計部門
- (2) 宇治市: 内湖再生全体ビジョン,
<http://www.pref.shiga.lg.jp/d/biwako/naiko/files/vision-no4/files/no4-siryoushi.pdf> (2014年10月30日確認)
- (3) 宇野 宏司, 木下 歩, 岸本 周平, 辻本 剛三, 柿木 哲哉:「都市河川河口の地形・水環境の年変化」, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 2, pp. I_558-I_563, 2014
- (4) 気象庁: 過去の気象データ,
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2014年10月30日確認)
- (5) 国土交通省港湾局: ナウファス,
<http://www.mlit.go.jp/kowan/nowphas/> (2014年10月30日確認)
- (6) 国土地理院地図: 空中写真閲覧サービス,
<http://mapps.gsi.go.jp/maplibSearch.dopp.160-165,2004>. (2014年10月30日確認)