

太田川放水路の河岸沿い干潟の洪水流による 形状変化

TOPOGRAPHIC CHANGES OF TIDAL FLATS IN THE OTA RIVER FLOODWAY

後藤岳久¹・福岡捷二²・宮川勇二³

Takahisa GOTOH, Shoji FUKUOKA and Yuji MIYAGAWA

¹正会員 博士 (工学) 中央大学研究開発機構 (〒112-8551 東京都文京区春日1-13-27-31214)

²フェロー 工博 Ph.D. 中央大学研究開発機構教授 (同上)

³正会員 国土交通省 中国地方整備局 太田川河川事務所所長
(〒730-0013 広島市中区八丁堀3番20号)

In the Ota River floodway there are extensive tidal flats along the riverside, which provide habitats for many creatures in the brackish river. Therefore, it is important to understand topographic changes of the tidal flats by flood flows for conservation of the tidal flats in the floodway. So, first we investigated changes over time in bed profiles of the tidal flats by using surveying data. The observed data indicates that the tidal flat elevations become lower by a series of flood events. For understanding the decreasing mechanism of the tidal flat areas, we applied the unsteady quasi three dimensional flood flows analysis and two dimensional bed variations analysis. As a result, it is found that the bed scouring on the tidal flats along the river side is induced by alternate bar movements by flood flows. This study gives the information for preservation of tidal flats along the river side in the Ota River floodway.

Key Words : *Ota River floodway, estuary, tidal flat, alternate bar, topographic change*

1. 序論

太田川は下流域においてデルタを形成し、太田川放水路と5つの市内派川(旧太田川, 天満川, 元安川, 京橋川, 猿猴川)に分派し、潮位変動が大きい広島湾に流入している(図-1)。太田川放水路は広島市中心部の洪水被害を軽減するため、山手川および福島川を浚渫・開削して造られ、工事は昭和9年に着工し昭和42年に概成した¹⁾。太田川放水路は人工的に造成された河川であるものの、最大4mにもなる潮位変動や洪水流の影響を受け河岸沿いに干潟が形成されている。河岸沿いの干潟には、ハマサジやフクドなどの塩生植物群落が広島湾域で唯一まとまって形成され、アサリやヤマトシジミなどの潮干狩りも行われ貴重な場となっている²⁾。一方、太田川放水路では河岸沿いに緊急用河川敷道路を整備する計画が立てられ、その際には河岸沿いの干潟の一部を埋め立てることになるため、干潟環境を保全・再生した上で緊急用河川敷道路の整備を行うことが求められている。

そこで本研究では、まず河道縦横断測量の経年データ

等の実測データにより、太田川放水路の河床高や干潟形状の経年変化を調べる。そして、非定常準三次元洪水流・河床変動解析を用い、太田川放水路の低水路河床高の変動と干潟形状の縮小化の関係を力学的に明らかにし、干潟を保全するための考え方を提供する。

2. 太田川放水路の干潟と河床の形状の経年変化

(1) 太田川放水路の干潟の特徴

図-2は昭和14年における航空写真を示す。昭和初期までは、干潟は太田川デルタの河口付近一帯に広がっていたことが分かる。現在では、埋め立てによって太田川放水路と市内派川の河岸沿いのみ干潟が残され、その多くは太田川放水路に見られる^{2),3)}。太田川放水路は、福島川筋と山手川筋を浚渫・開削して整備された。福島川を浚渫して整備された0.0kmより下流は単断面河道であり、山手川を掘削して整備された0.0kmより上流では複断面河道である。太田川放水路の当初の計画は、全川に亘って複断面河道とする計画案が採用された¹⁾(図-3)。その

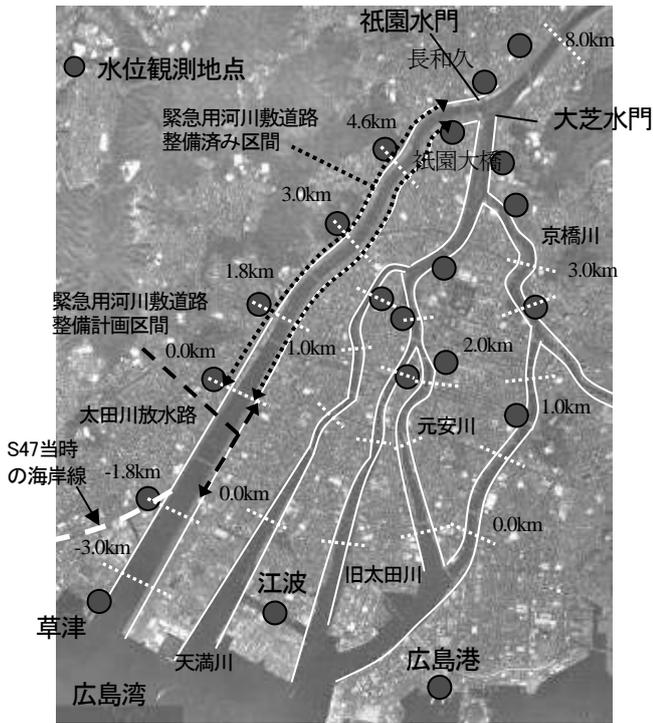


図-1 太田川デルタ(2007年撮影)



図-2 昭和14年における太田川デルタの航空写真

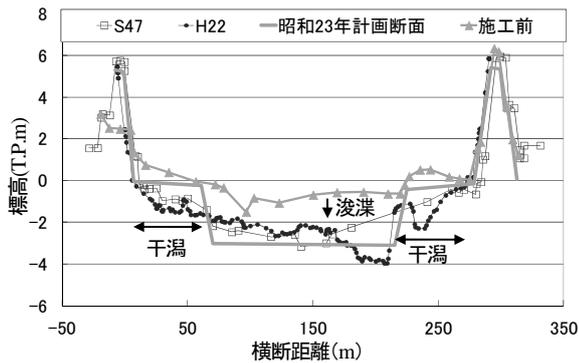


図-3. 0.0kmにおける計画断面と現況断面

ため、低水路に対応する河道中央部付近では浚渫が行われ、高水敷に対応する河岸沿いは残された¹⁾。このような経緯から、図-3、図-4に示すように0.0kmより下流では河岸際に高水敷状の干潟が残されている。0.0km~2.0km付近については、高水敷高さが潮間帯にある¹⁾ため高水敷が干潟化した区間である(図-5)。高水敷干潟の前面には護岸が設置されているために、経年的に干潟形状が安定している。大沼ら³⁾は、太田川デルタにおける干潟を物理環境の視点から分類しており、0.0kmより下流の干潟をタイプ2干潟、0.0kmより上流の干潟をタイプ3干潟と定義しており、本研究においても大沼らの干潟の分類を踏襲する。

太田川放水路では、災害時の物資輸送などを担う緊急用河川敷道路が0.2kmより上流区間の左右岸高水敷上に既に整備されている(図-1、図-5)。今後、左岸側の緊急用河川敷道路を-1.5km(広島西飛行場)まで延長する予定であり、その際には河岸沿い干潟の一部を埋め立てることになるため、干潟環境の保全を考慮した上で整



図-4 0.0kmより下流における干潟(タイプ3干潟)



図-5 太田川放水路の0.2kmより上流区間の敷石護岸と緊急用河川敷道路(タイプ2干潟)

備を行うことが求められている。以下では、緊急用河川敷道路整備予定区間であり、敷石護岸が設置されていない0.0kmより下流のタイプ3干潟の縮小化について検討する。

(2) 太田川放水路の0.0kmより下流の河床形状・干潟形状の経年変化

図-6は、太田川放水路の河床高コンターの経年変化と主要洪水を示している。黒の実線は干潟の前縁線を示し、黒の破線は昭和47年当時の干潟前縁線を示している。干潟前縁線は-1.6(T.P.m)の高さを繋いでおり、この高さはアサリが生息できる干潟高さの下限値²⁾付近である。図-6より、太田川放水路のみお筋には約1km波長の交互砂州が形成されていることが分かる。これらの砂州は洪水を受けるごとにやや(一洪水で50~100m程度)下流に移動しながら、安定な河床形状となっている。ここでの砂州は潮間帯よりも低いいため砂州の多くは干出せず、砂州は常時水没している。干潮時において水面上に現れる干

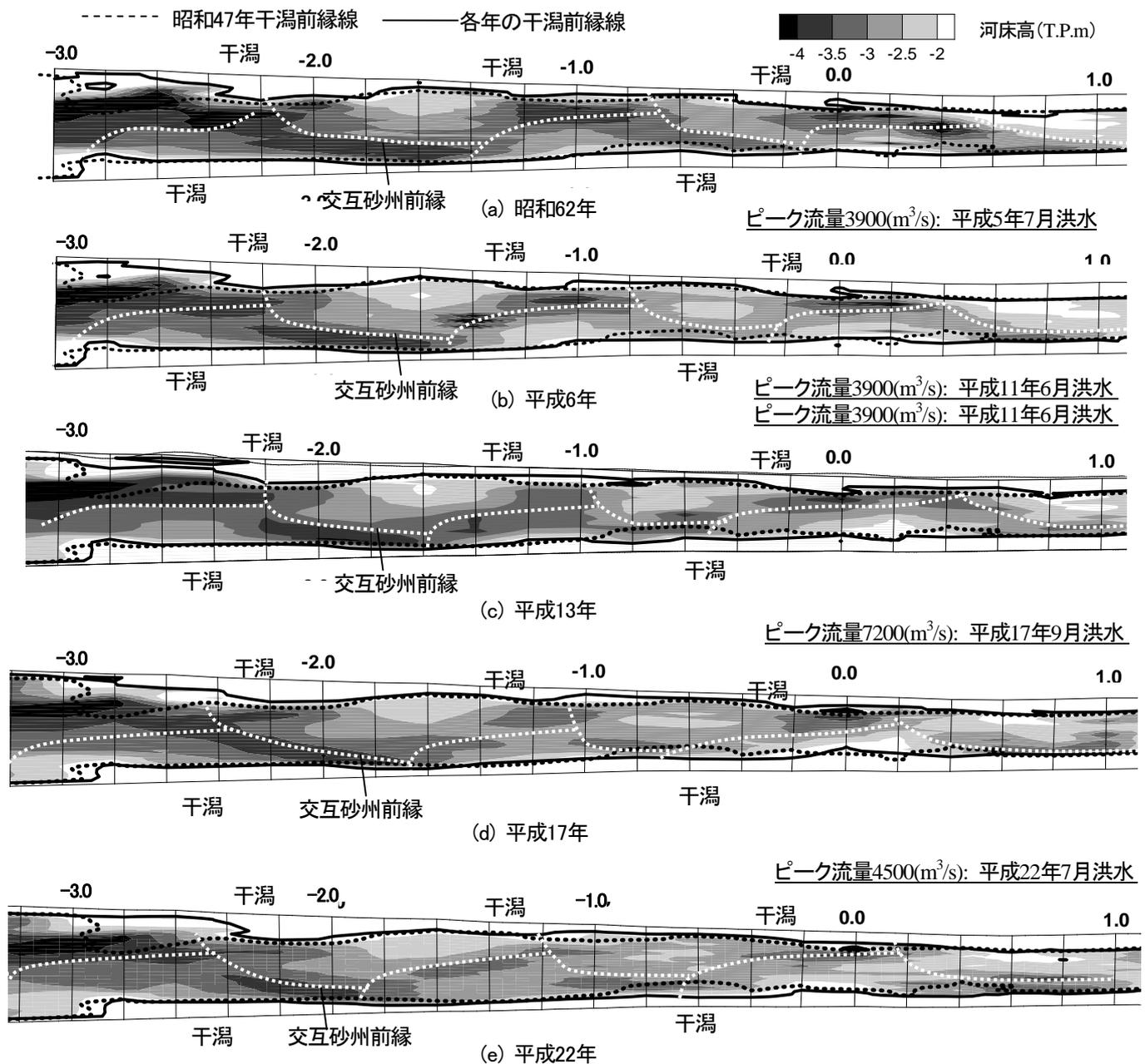


図-6 太田川放水路の0.0kmより下流における河床高コンターの経年変化

潟は、河岸沿いにのみ残されている。各年代における河岸沿いの干潟前縁線は、昭和47年の干潟前縁線と比較すると後退しており、特に-2.0km右岸、-1.2km右岸、-0.8km左岸、-0.2km右岸付近が顕著である。図-7は、干潟前縁線の後退が顕著であった-1.2km右岸、-0.8km左岸、-0.6km左岸側の断面形を示す。図より、これらの断面における干潟は経年的に面積が小さくなり高さも低くなっていることが分かる。干潟は交互砂州の深掘れ部が接近してくると、一洪水での洗掘量が大きくなる傾向にある。以下では、-0.8km付近左岸の干潟を例として詳細に説明する。昭和62年では、-0.8km付近左岸干潟の上流（-0.4km左岸付近）に深掘れの最深箇所が位置し、その後の洪水（平成5年7月洪水）により、深掘れ箇所が下流に移動している。平成13年では、平成11年6月洪水、平成11年9月洪水を受け、深掘れ部は-0.5km~-0.6km付近に移

動し、これにより-0.6km左岸の干潟の洗掘量が大きくなっている（図-7(a)）。平成17年9月洪水では、前述の深掘れ部が-0.8kmまで流下したため、-0.8km左岸干潟の洗掘量が大きくなっていることが分かる（図-7(b)）。交互砂州の深掘れ付近以外では、-2.0km右岸側のように干潟幅が下流に向かって漸拡している区間で干潟の減少が見られる。このように、太田川放水路の0.0kmより下流の干潟は、干潟前面に護岸が設置されていず低水路河床と縦横断的に連続しているため、低水路の河床変動と密接に関係して変化していることが分かった。

3. 太田川放水路の低水路河床高の変動と河岸沿い干潟形状の変化

前章より、200m間隔で測られた実測の横断データの

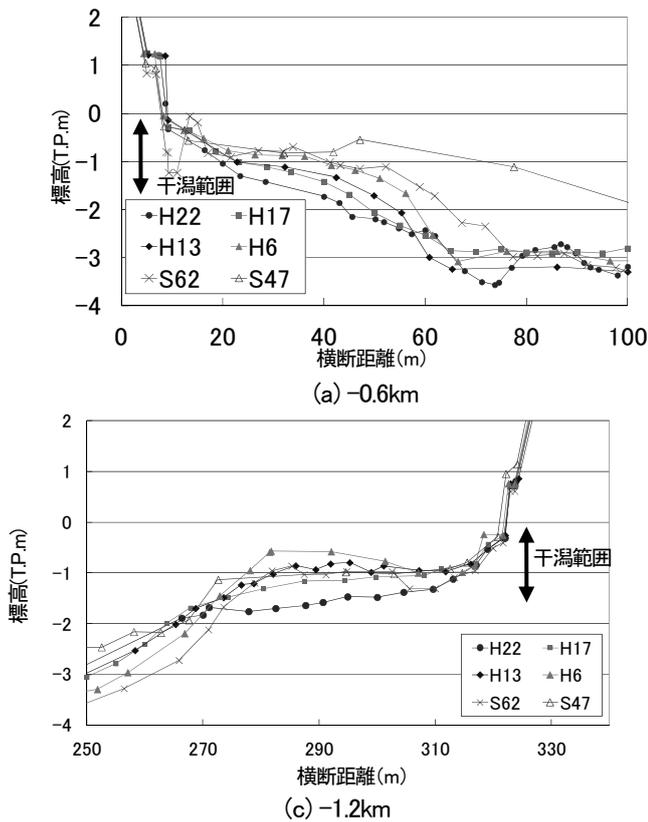
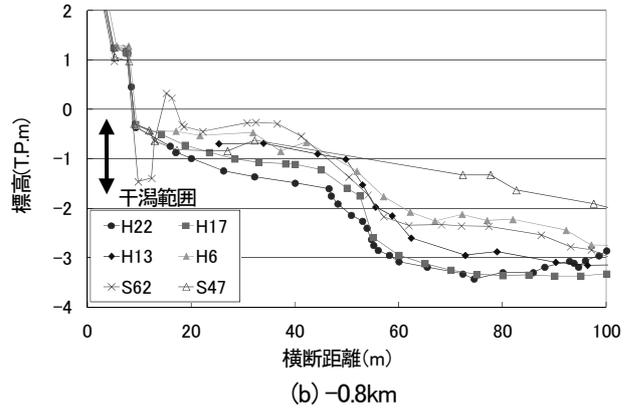


図-7 太田川放水路の0.0kmより下流における干潟周辺の横断測量結果の経年変化

経年変化より、河岸沿いの干潟の縮小化は交互砂州の移動と密接に関係していることが分かった。これらを力学的に考察するため、洪水流・河床変動解析を行う。

(1) 解析方法および解析条件

太田川放水路は、太田川デルタ河川網を構成する一つの河川であり、太田川放水路の解析を行うためには境界条件となる流入流量・水位・流入土砂量を適切に評価する必要がある。著者らは、これまでそれぞれの河川の流れと河床変動が複雑に影響を及ぼし合う太田川デルタ河川網において、観測水面形時系列データを用いた非定常準三次元洪水流・河床変動解析法を構築してきた⁴⁾。そこでは、洪水中に観測された水面形時系列データには河道線形・河床形状・河床変動などのあらゆる水理現象の影響が現れていることから⁵⁾、図-11に示すように水位計を密に設置し、観測された水面形時系列データを再現するように河道の抵抗分布決定することで、各河川の洪水流量配分・洪水中の河床変動を求めた。本研究では、太田川放水路の河岸沿いにある干潟周辺の河床変動を適切に評価するため、干潟周辺の流れと河床変動の解像度を向上させる必要がある。そこで、デルタ河川網全体を解く大領域の解析領域（大領域）と干潟周辺の小領域の解析領域の二種類の解析領域を設けた。干潟周辺（小領域）の計算では、大領域の計算結果を境界条件として与える1way方式により、洪水流・河床変動解析を行った。本解析法の洪水流解析法は流速鉛直分布を



三次関数として仮定し、渦度方程式と浅水流方程式を解くことにより底面の流れを評価する内田らの一般底面流速解析法である⁶⁾。二次元河床変動解析の基礎式は、流砂の連続式、粒径別連続式、芦田・道上による粒径別平衡流砂量式を用いた。粒径別の限界掃流力は芦田・道上によって修正されたEgiazaroff式を用い、浮遊砂の鉛直濃度分布は平衡状態を仮定したLane-Kalinskeの濃度分布式を採用した。小領域の上流端は1.2kmとし、解析格子サイズは5m×2m程度とした。

図-8は、本解析における洪水の外力条件と潮位条件を示す。洪水外力は、昭和51年9月洪水から平成22年7月洪水までの主要洪水（計10洪水）とし、矢口第一観測所（11.6km）の観測水位を上流端境界条件として与え、下流端境界条件には観測潮位時系列を与えた。太田川放水路と旧太田川の分派点に設置された大芝水門の可動堰のゲート操作は、平成17年9月洪水では全開であり、それ以外の洪水ではゲート開度を2.45(T.P.m)まで下げており、この操作状況を本解析では考慮している。図-9は、太田川放水路における河床材料粒度分布を示す。干潟が形成されている0.0kmより下流の区間の河床材料は、ほぼ細砂で構成されていることが分かる。流砂量境界条件は、大領域の最上流端で平衡流砂量・平衡状態の浮遊砂濃度を与えた。

(2) 解析結果

図-10は各洪水における水位ハイドログラフの解析結果と観測結果の比較を示し、図-11は各洪水における太田川放水路と旧太田川の洪水流量配分を示している。太田川放水路と旧太田川の分派点周辺では、長和久観測所および祇園大橋観測所において経年的に水位観測が行われ、平成22年ではさらに放水路において約2km間隔で水位計が設置され、分派点を含む区間の詳細な水面形を観測した。図-10に示す水位ハイドログラフの解析結果は、観測結果をほぼ説明している。平成22年洪水の観測水面形と解析水面形の比較については、既往研究⁴⁾で検証済みであるのでここでは省略する。表-1は、観測水面形を再現するように決定した低水路粗度係数を示し、高水敷粗度係数は $n=0.035$ を一律に与えた。平成5年以降の洪水では砂州上の樹林化が顕著になってきたことから、樹木

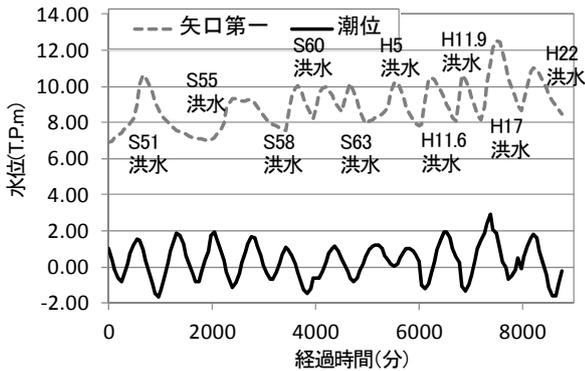


図-8 解析境界条件(上・下流端)

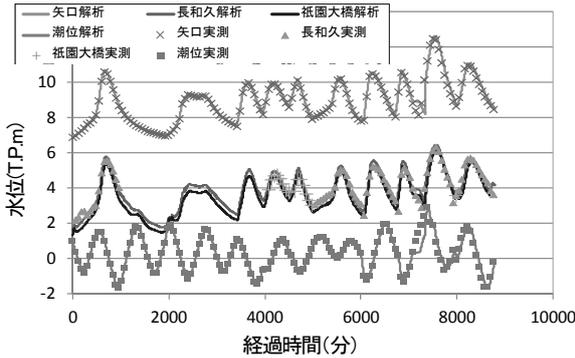


図-10 水位ハイドログラフの解析結果と観測値の比較

表-1 太田川放水路の低水路の粗度係数

区間	S51~S63	H5	H11.6,H11.9,H22	H17.9
14~7.6	0.025	0.025	0.030	0.025
7.6~5.8	0.022	0.022	0.028	0.022
6.8~河口	0.018	0.022	0.022	0.018

群の抵抗を著者らの既往研究⁷⁾に基づき設定している。分派点上流の粗度係数は平成年代以降で大きくなっており、これは砂州上に繁茂した植生の影響と考えられる。既往最大洪水である平成17年では、他の平成年代の洪水と比べて粗度係数の値が小さい。これより、旧太田川への流量配分は、太田川放水路の粗度係数の違いによって変化があるものの、いずれの洪水においても洪水ピーク付近で35~40%の範囲である(図-11)。

図-12は、平均河床高の解析結果と観測結果の比較を示す。太田川放水路では広島市西部開発事業に伴う埋め立てにより-1.6kmより下流右岸側で築堤が行われ、昭和51年頃に現在の河道線形となった。この築堤の影響により、実測では昭和47年から昭和62年の間で平均河床高が大きく低下し、解析においても同様の傾向を説明出来ている。一方、解析では0.0km付近より上流の平均河床高が50cm程度高くなっている。この原因については、後述する。昭和62年以降では、昭和47年から昭和62年の間の変化ほど実測・解析ともに大きい変化は見られない。

図-13は、河床変動コンターを解析結果と観測結果を示している。赤の実線は解析後の干潟前縁線を示し、黒の実線は昭和47年当時の干潟前縁線を示している。解析における交互砂州の移動は、図-6と比較すると、-1.0~0.0km区間における解析の砂州の移動・発達

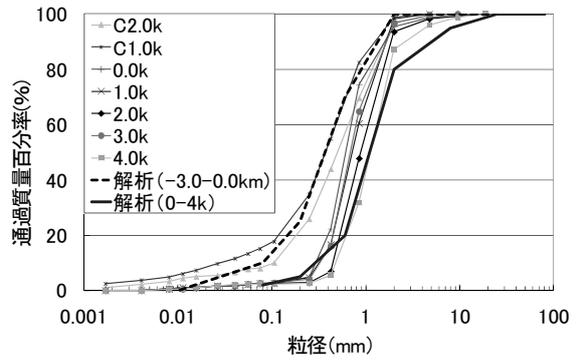


図-9 太田川放水路における河床材料粒度分布

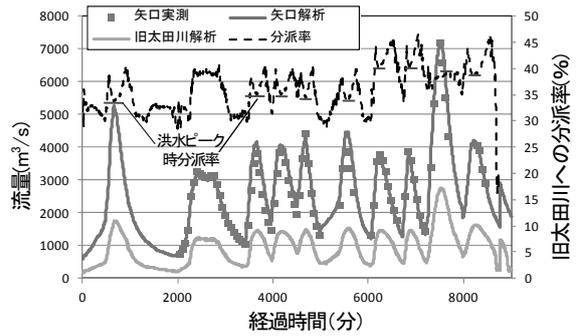


図-11 各洪水における太田川放水路と旧太田川の洪水流量配分

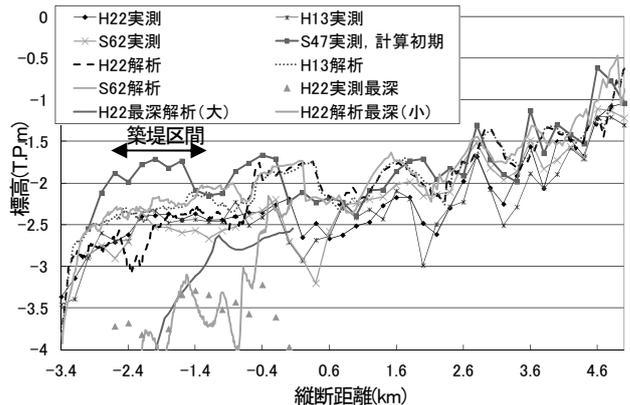


図-12 太田川放水路の平均河床高の解析結果と観測結果

より遅く、特に平成22年の解析結果の再現性があまり良くないものの、全区間としては実測の交互砂州の移動をほぼ説明出来ている。これらの結果より、太田川放水路の0.0kmより下流の干潟は、交互砂州の深掘れ付近や干潟幅が縦断的に広がる区間において洗掘を受けていることが分かった。平成22年の解析結果の再現性が低い原因は、-1.0~0.0km区間の砂州の移動・発達が遅いことに加え、0.0km付近より上流区間の低水路平均河床高が実測より大きいためである。すなわち、放水路では築堤をきっかけとして、河口付近から上流に向かって河床低下が進行した。小領域の計算ではこの傾向を説明出来ているが、大領域の計算では0.0kmより下流の最深河床高が高めに計算されており(図-12)、河床低下が上流まで十分進行していない。この大領域の計算結果を境界条件として与え、小領域の計算を行っているため、経年的に実測値との差が大きくなっている。縦断的な河床低下が大きい場合には、小領域の計算結果を大領域に逐次反映

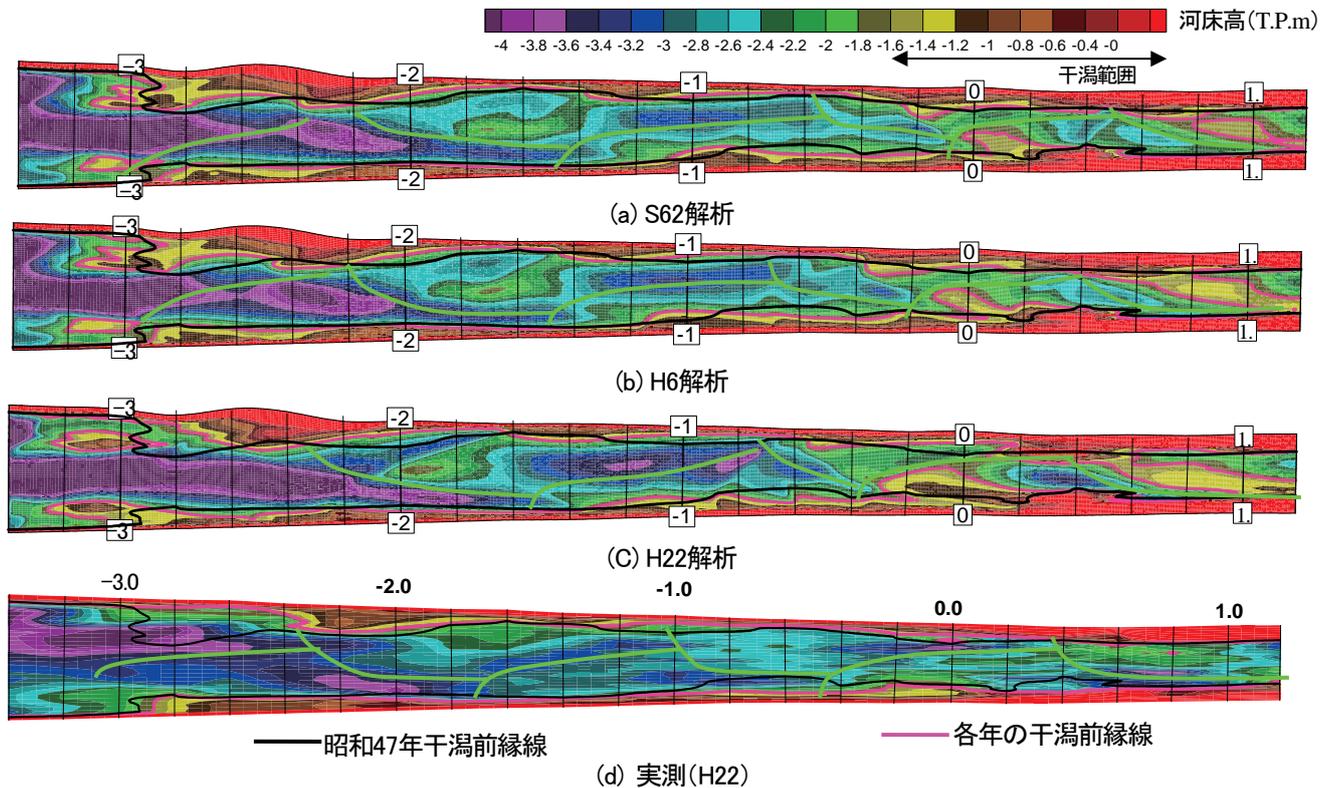


図-13 河床変動の解析結果と観測結果の比較

させて計算する2way方式での検討が必要であると考えられる⁸⁾。

以上のことから、太田川放水路における河岸沿いの干潟は低水路河床高の変動と密接に関係し、特に洪水流による交互砂州の流下は、深掘れ付近において干潟の洗掘を引き起こし、干潟高さや面積を減少させていることが分かった。

4. 結論

本研究では、河道縦横断測量の経年データとそれを補間する非定常準三次元洪水流・河床変動解析を行うことにより、太田川放水路の河岸沿い干潟の洪水流による変化について検討した。本研究の主な結論を以下に示す。

- 1) 縦横断測量の経年データより、太田川放水路における河岸沿いの干潟は経年的に高さおよび面積が減少しており、特に交互砂州の深掘れ部付近や干潟幅が下流に向かって漸拡している区間において、その傾向が顕著であった。本解析により、干潟形状の変化は、低水路の河床変動、特に洪水流による交互砂州の流下と密接に関係していることが分かった。
- 2) 太田川放水路では、昭和50年頃に-1.6km付近より下流の右岸側で埋め立てと築堤が行われ、現在の河道線形となった。このため、昭和47年から昭和62年にかけて太田川放水路の0.0kmより下流区間において平均河床高が大幅に低下していることが実測と本解析法により分かった。解析では、0.0km付近より上流区間の平均河床高が実測よりも高くなっている。これは小領域の

計算結果を大領域の計算に逐次反映していないためであり、縦断的に河床低下の大きい場合には2way方式での検討が必要である。

以上より、太田川放水路の河岸沿い干潟を将来的に残すためには、図-5のように護岸を干潟前面に設置して洗掘を防ぐことが必要である。これによって干潟が安定的に維持できるかをさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 太田川改修三十年史：建設省太田川工事事務所，1963。
- 2) 太田川放水路河口干潟における生態工学研究：太田川生態工学研究会，2013。
- 3) 大沼克弘，藤田光一，望月貴文，天野邦彦，佐藤泰夫，阿部徹：太田川放水路における河床の変化特性と干潟の安定機構に関する考察，水工学論文集，第54巻，pp.781-786，2010
- 4) 後藤岳久，福岡捷二，田中里佳：太田川デルタにおける河川流路網の洪水流と河床変動に関する研究，水工学論文集，第56巻，pp.1195-1200，2012
- 5) 福岡捷二：洪水流の水面形観測の意義と水面形に基づく河川の維持管理技術，河川技術論文集，第12巻，pp.1-6，2005。
- 6) 内田龍彦，福岡捷二：底面流速解法による連続する水没水制群を有する流れと河床変動の解析，土木学会論文集 B1，Vol. 67, No. 1，pp.16-29，2011。
- 7) 後藤 岳久，福岡捷二，兒子 真也，中須賀 淳：複断面蛇行河川における洪水流による樹木群の倒伏・破壊機構と樹木管理への活用，土木学会論文集B，Vol. 66, No. 1，pp.47-65，2010。
- 8) 佐藤慶太・二瓶泰雄：河川洪水流シミュレーションに対するネスティング計算法の適用，土木学会水工学論文集，Vol.49，No.1，pp.679-684，2005。

(2013. 4. 4受付)