

安倍川河床変動の実態

ON THE SEDIMENT BUDGET AND BED VARIATION OF THE ABE RIVER

伊藤 覚¹・小川 義忠²・関谷 芳弘³・三浦 真貴雄³・劉 富山³

By Satoru ITO · Yoshitada OGAWA · Yoshihiro SEKIYA · Makio MIURA · Fushan LIU

¹正会員 建設省 静岡河川工事事務所 (〒420-0068 静岡市田町3-108)

²正会員 日本建設コンサルタント株式会社 (〒460-0002 名古屋市中区丸の内 1-10-29 白川第八ビル)

³ 日本建設コンサルタント株式会社 (〒460-0002 名古屋市中区丸の内 1-10-29 白川第八ビル)

The present study describes a long-term sediment budget, two-dimensional bed variation and temporal change of bed surface, which are based on field surveys and observations. The long-term bed analysis shows that river bed in the reach 0 km to 22 km aggrades at annual rate 2 to 4 cm, and sediment is delivered to the coast at volume of 10^5m^3 a year. These are also predicted by numerical simulation with one-dimensional governing equations. In addition, the migration of braided streams will play an important role in local scours if flood flow peaks are not so large.

Keywords: braided streams, sand waves, 1-dimensional numerical simulation, 2-demenseonal numerical simulation, sediment budget

1. はじめに

安倍川は、静岡市梅ヶ島の大谷嶺に源を発し、22km地点で安倍中河内川を、13.5km地点で足久保川を合流し、5.55km地点で支川として最大の藁科(ワラシナ)川を合流して駿河湾に注ぐ幹川流路延長51km、総流域面積567 km^2 の一級河川である(図-1)。その河口から22.7kmの区間は建設省直轄管理区間であり、その河床勾配は図-2に示すように1/130~1/250と急勾配となっている。川幅は図-3に示すように300~800m程度で、平均年最大流量1900 m^3/s の流下時には川幅・水深比は200~400の範囲にあり、浅く広い河道を形成している。このため河床には複列砂州が形成され、網状の流路形態となっている。砂州は、大出水時のみならず中小出水時においても移動し、砂州前縁線部に沿って形成される洗掘部と、砂州を流下する偏流による水衝部、および河道の線形に起因する水衝部が複雑に関係し、施設計画、維持管理のための局所洗掘の位置及びその強度の予測を困難なものにしている。

また安倍川は、その水源地に日本三大崩れの一つである大谷崩れを擁し土砂生産が依然活発であること、及び図-2と図-3に示すような河道形状の特性と昭和43年以降砂利採取を禁止したことから、河道は図-4に示すように近年堆積傾向にある。

本研究は、典型的な網状河川である安倍川を対象として土砂収支、流路形態、出水時の河床変動などの実態を明らかにし、網状河川に関する河道計画、

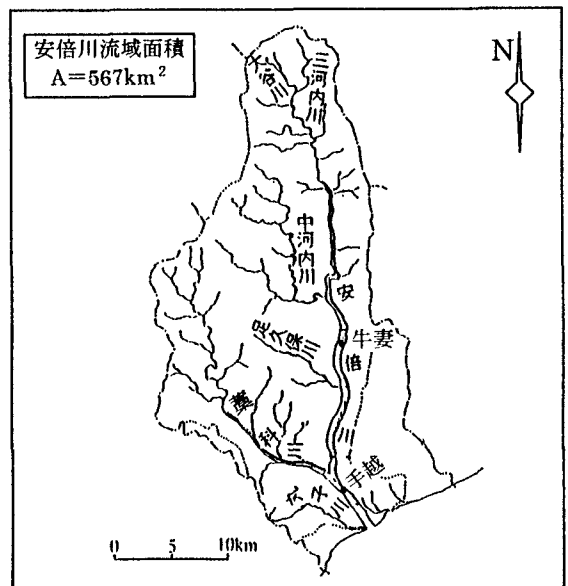


図-1 安倍川流域図

河床勾配

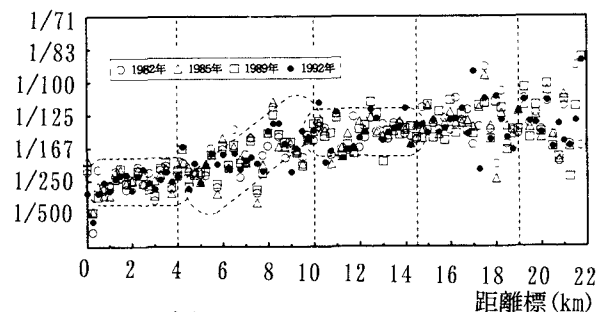


図-2 安倍川の平均河床勾配の縦断変化

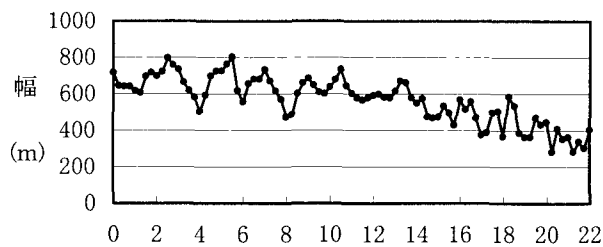


図-3 安倍川幅 距離標(km)

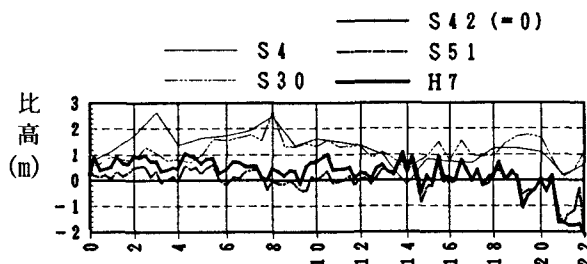


図-5 平均河床高の変化量 (S.42基準) 距離標(km)

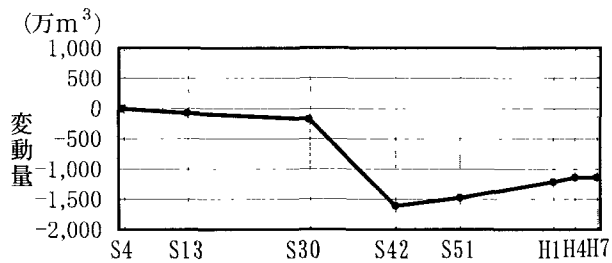


図-4 累加河床変動量(0K~22K) 年度

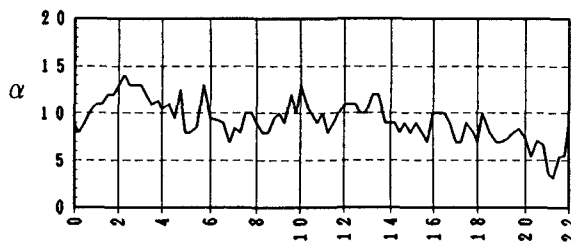


図-7 レギューム則のα 距離標(km)

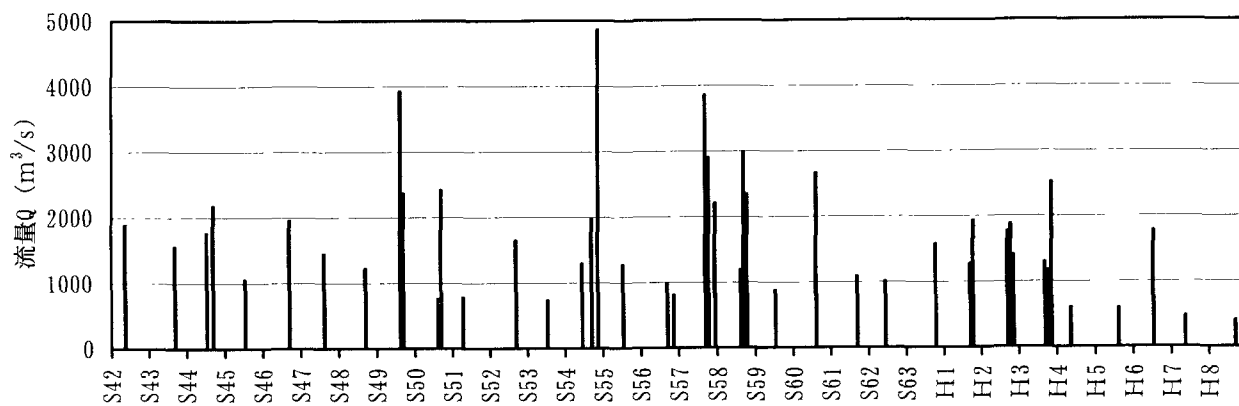


図-6 主要洪水流量(手越観測所4.07km)

河川の維持・管理のための情報を得ようとするものである。

2. 土砂収支

図-4に直轄管理区間での昭和4年から平成7年までの累加河床変動量を、図-5に平均河床高の変化量を示す。図-6に安倍川の昭和42年から平成8年における主要洪水の発生状況を示す。

昭和4年から昭和42年までの期間では砂利採取により、河床は低下し、昭和42年以降直轄区間内の砂利採取を禁止したことから、河床上昇を続けている。

河床が将来どのように変化するかを把握するため、過去の河床変動のもとに検証された一次元河床変動計算モデルを用いて、将来予測を行った。

モデルに用いた基礎式は、不等流の連続式と運動方程式、粒径毎の流砂の連続式と流砂量式、そして交換層の粒度分布変化式であり、河床抵抗則にはマニング式 ($n=0.036$) を用いた。なお、流砂は掃流砂と浮遊砂を対象とし、流砂量はそれぞれの芦田・

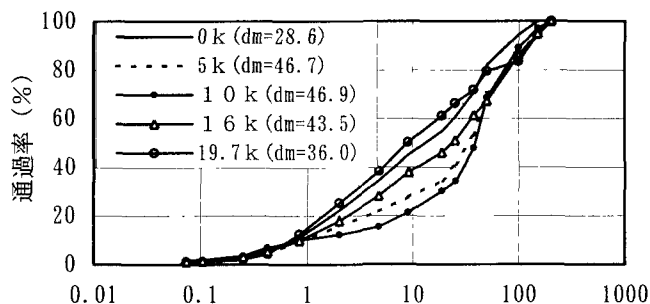


図-8 0k~20k間の粒度分布 (昭和57年度河床材料調査)

道上式を用いた。また、河床材料の粒度分布の変化を考慮するために、堆積層を垂直方向に60分割 ($\Delta Z=0.5\text{m}$) し、それぞれの層で粒度分布の計算できるようにしている。さらに、網状流の水理量が正しく算定できるように、流量による流路幅の変化をレギューム則 ($B=\alpha\sqrt{Q}$: $\alpha=4\sim14$ 、不等流による逆算値 : 図-7) で与えた。河床材料の粒度分布は昭和57年度調査(図-8)による4分割した各区間の代表粒度分布をもとに、0.5mmから175mmの10粒径で代表さ

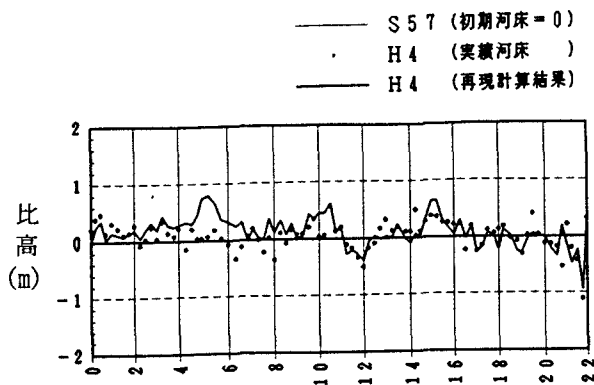


図-9 平均河床高の変動量 (S57基準) 距離標 (km)

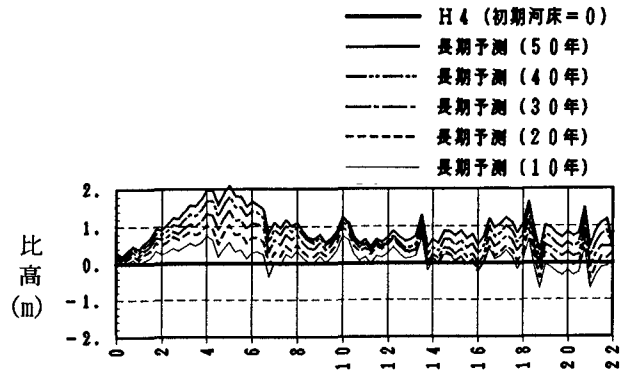


図-10 平均河床高の経年変化 (H4基準) 距離標 (km)

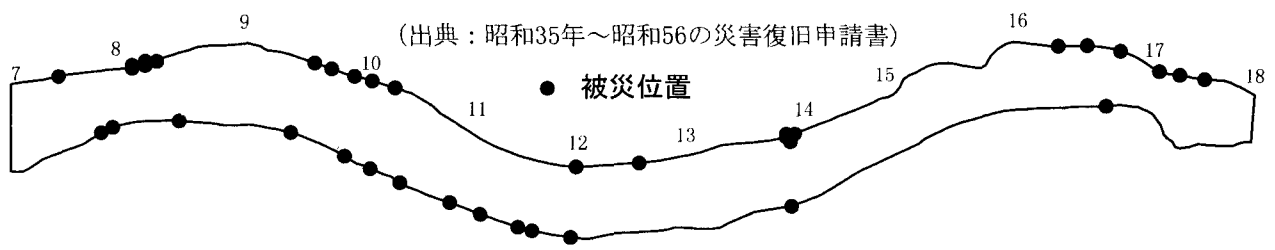


図-12 被災位置分布図

せた。図-9に長期再現計算としての昭和57年から平成4年の10年間の計算結果を示す。5k～6k付近の再現性が良くないが、これは計算期間内に低水路掘削土を用いた高水敷造成が行われていることによるものであり、表-1に示すように変動土量の計算値は高水敷を含めた実績値にきわめて良く対応している。海岸域への10年間の流入土砂量は年平均値で約10万 m^3 /年であり、この値は宇多ら¹⁾による調査結果にほぼ一致している。

将来予測は平成4年河床を現況とし、再現計算で用いた10年間の流況を5回繰り返し与えて50年間の将来予測計算を行った。

図-10は計算結果を示したものであり、経年的に河床が上昇し、その量は年間2～4cmという結果を得た。

3. 流路変動

図-11は安倍川の河床形状を示すものであり、河床には複列砂州が形成されているとともに川幅スケールの蛇行流路が生じていることがわかる。網状流路は砂州の流下に伴ってその位置を変え、河床に洗掘の生じる場所は河道線形から定まる水衝部に限らず、砂州の偏流による直線部や水裏部にも形成されることになる。

図-12に昭和35年から昭和56年の期間に生じた洪水による河川管理施設の被災場所を示した。被災位置は河道平面形状による水衝部だけでなく、直線部

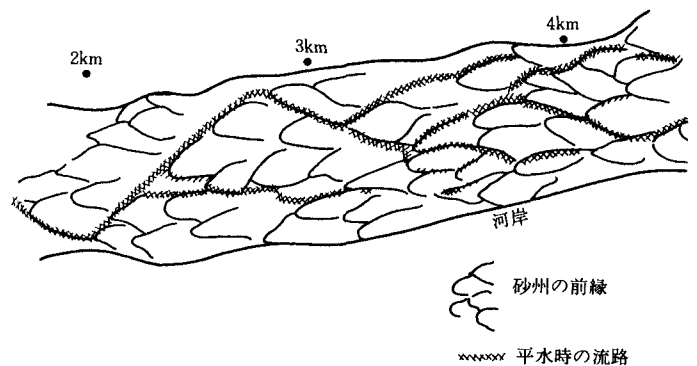


図-11 安倍川の砂州形態 (1973年12月)²⁾

表-1 再現計算結果 (変動土量: S58年～H4年) 単位: $千m^3$

	海岸への流出土砂量	河道内の堆積量				総供給土砂量
		0～5k	5～15k	15k～19k	19～22k	
実績値	-	435	655	140	-134	-
計算値	1,039	534	672	158	-166	2,236

や水裏部にもあり、それらは砂州を流下する偏流が洗掘を生じたことが被災原因として推定される。

小川ら³⁾による大きな出水のあった昭和48年度実績河床変動量の平面分布を整理した結果によると、1m以上の洗掘位置は河道平面形による水衝部である16k右岸、12.75k左岸、8.5k右岸の他に、水裏部の11.0k右岸にも生じている。図-13に比較的大きな出水のない平成4年度測量～平成7年度測量期間の変動を示す。この期間には10.5k付近及び16.0k～17.0k

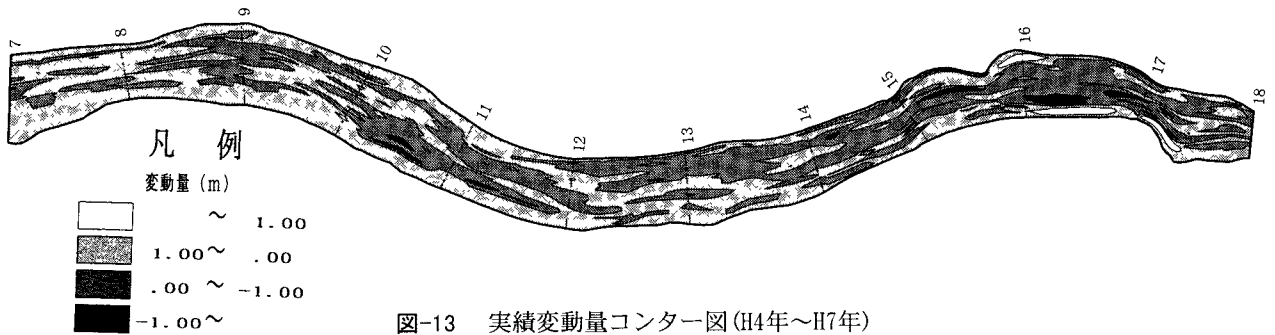


図-13 実績変動量コンター図(H4年～H7年)

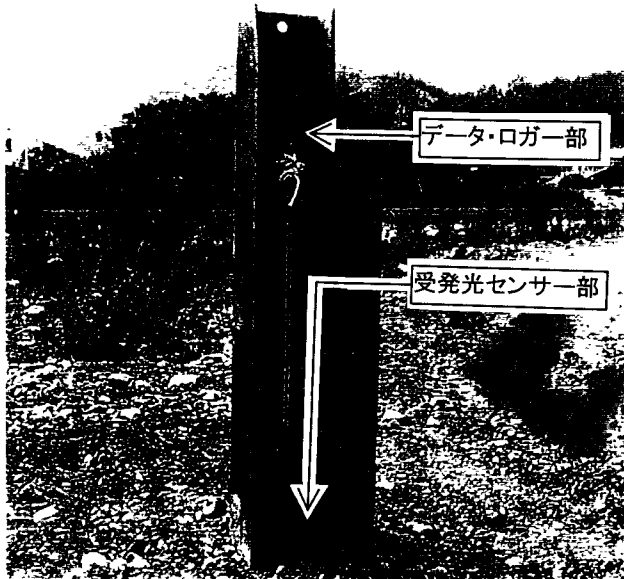


図-15 観測装置

にかけて高水敷造成のため低水路の一部を掘削しており、これらを除くと洗掘箇所は河道の全域に分布しており、大出水があった昭和48年度の洗掘箇所に較べ河道平面形状の影響を受けていないことがわかる。

4. 出水時の河床変動

網状河川の河床変動は砂州の移動に起因するものが大きな部分を占めており、洪水ピーク時に洗掘された河床がその後の流量低減期の流量で埋め戻され、出水後の形状から最大洗掘深を知ることができない可能性がある。また、急流河川の河床の粗度は小規模河床波の形成状況により大きく変化することから、河床抵抗則を明らかにするためには洪水中の河床波の形成状況を把握することが望まれる。

このことから洪水中の河床高の現場測定を行った。

(1) 観測装置と方法

河床高の測定は、図-14に示す水位・流量観測所のある牛妻地先(17.1km)において横断方向3点(4基)と、川幅の広がっている門屋地先(14.25km)1点(1基・中央)の2断面で行った。測定装置は図-15に

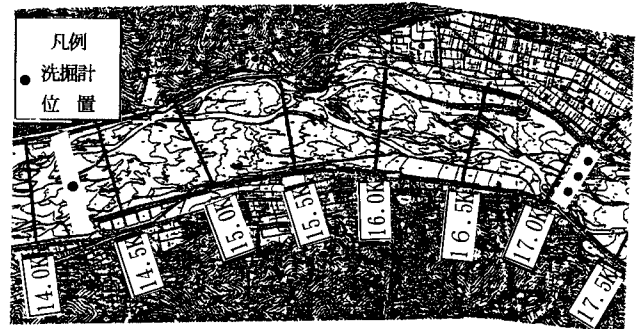


図-14 砂面計位置

示すようにセンサー部としてステンレス角棒に受発光センサーが10cm(全計測高6m)あるいは2.5cm(全計測高3m)の間隔をもって埋め込まれており、センサーの光軸が砂などで遮断されるとその位置を感知し、一定時間間隔ごとにその情報をデータロガーに記録するようになっている。

(2) 観測結果

観測は、平成8年8月14日から平成9年12月4日までの期間に実施され、そのうち有意な河床変動を検知したものを整理した。

観測期間中の大きな出水としては、平成9年6月20日、及び11月30日に発生し、いずれも牛妻の水位はTP.102.0m程度(水深約1.5m、流量約1,000m³/s: 2次元浅水流モデルによる算定)で平均年最大流量Q=1,191m³/sに近い出水であった。

図-16に門屋地先地点の河床変化を示す。計測期間最大の洗掘は最大流量が発生した平成9年6月20日出水時(流量約1,000m³/s)のピーク流量付近で生じ、その河床低下量は2mに及んでいる。水位がTP.101.0m(流量約300m³/s)まで上昇した時点から河床低下が始まり、最大流量時に約2mの河床低下を生じている。それに重なって3つの波が観察され、時間的に波高が発達し、50～70cmに達しているように見える。その後1時間ほどで急激に河床上昇が生じ出水前の河床高に復した後、2つの山(波高約20～50cm)を形成しながら0.8mの河床低下を約9時間かけて生じている。この2つの波の流下時間を比較すると前後でそれぞれ3.5時間と5.5時間程度

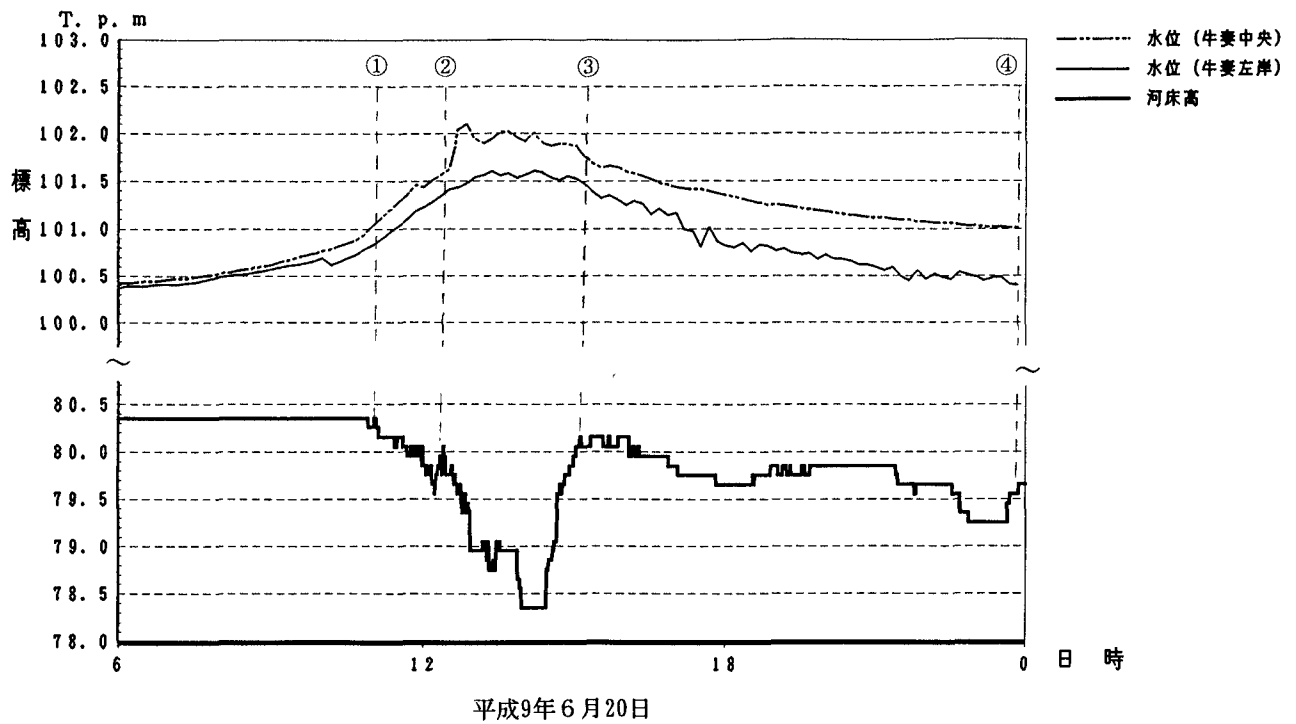


図-16 砂面計観測値 (14.25k計)

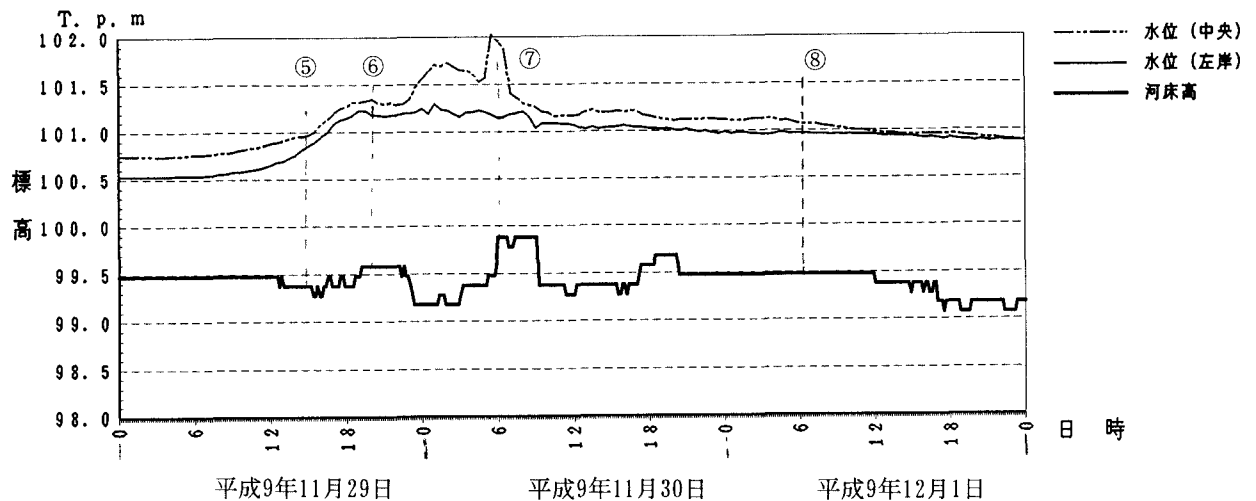


図-17 砂面計観測値 (牛妻左岸計)

と異なり、波高を見ると後の方が大である。これは洪水低減期の掃流力の低下、流砂量の減少と河床波の発達とが合わさり、河床波の流下速度が後者で遅くなっていることによるものと考えられる。

図-17には牛妻地先左岸計地点の河床変化を示す。水位の上昇に合わせて河床波の波高が増大し、最大約0.9mに達するものとなっている。減水期には1mに達する大きな河床低下が進行する中で、波高20cm程度の河床波の形成が認められるが、立ち上がり時に比べその形状は明瞭でない。

図-18には牛妻地先中央計地点の河床変化を示す。河床変動が見られるのは水位が概ねTP.101.0m以上

の時であり、このとき水深は0.7~1.0m程度となっている。水位ピーク時には2mに及ぶ河床低下が急激に生じており、流路変動を伴う砂州の流下が生じているものと考えられる。そのときの水深の最大値は3.5mに達している。減水時には1.7m埋め戻され、水深が1mとなった時点で河床変動が停止していることがわかる。

(3) 観測結果のまとめ

河床洗掘計による調査によって中規模の出水においても、中規模河床形態(網状砂州)の波高に相当する2m規模の河床変動が生じるとともに、それに

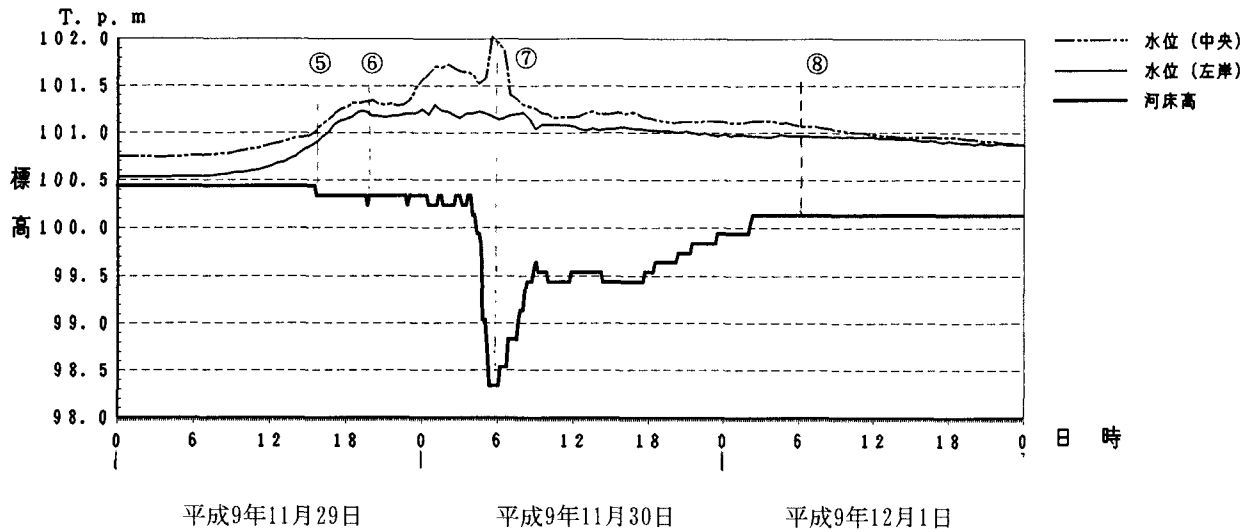


図-18 砂面計観測値 (牛妻中央6m計)

表-2 14.25k砂面計地点水理量表

No	月日時	流量 (m ³ /s)	水深 (m)	流速 (m/s)	摩擦速度 (m/s)	限界摩擦速度 (m/s)
①	6.20.11	101	0.21	1.60	0.234	(dm=3.84cm)
②	6.20.12	644	1.01	2.62	0.295	0.1763
③	6.20.15	971	1.20	3.19	0.349	
④	6.21.0	234	0.57	1.76	0.218	

表-3 牛妻左岸砂面計地点水理量表

No	月日時	流量 (m ³ /s)	水深 (m)	流速 (m/s)	摩擦速度 (m/s)	限界摩擦速度 (m/s)
⑤	11.29.15	109	1.31	0.85	0.092	(dm=3.84cm)
⑥	11.29.20	420	1.93	2.27	0.229	0.1763
⑦	11.30.6	383	1.87	2.05	0.208	
⑧	12.1.6	199	1.59	1.52	0.159	

重なって、小規模河床波が形成されていることを確認した。

河床変動を生じる限界の水深は場所によって異なるが概ね0.5m~1.0mの範囲であった。

実測値から判断される小規模河床波の波高は概ね30~50cmであり、その周期は水位上昇期で1時間、下降期で3~5時間程度である。

表-2及び表-3の2次元浅水流モデルで計算した水理量をもとに算定された小規模河床波の特性は、砂堆では波長：約5~10m、波高：約4~7cmであり、反砂堆では波長：約4~8m、流下反砂堆波高：約20~80cm、遡上反砂堆波高：約4~8cmとなった。これらを実測値と照らし合わせて判断すると、実測値で判断された30~50cmの波高は流下反砂堆の可能性はあるが網状流自体の不安定性によるものであることも否定できない。微小に変化する変動は砂堆とも遡上反砂堆ともいえない。

5. おわりに

本研究において、はじめに安倍川の大局的な河床変動について1次元解析を踏まえた検討を行い、その長期的な土砂収支を明らかにした。次に、河床変

動の平面分布特性を出水の大きさとあわせて考察し、中小出水時には中規模河床形態が洗掘パターンに支配的な影響を与えることを示した。さらに、河床高の現地観測を行い、洪水時の河床低下とその後の埋め戻し現象、河床高の変化に見られる波動現象の一端を明らかにした。

今後、微地形調査により砂州形状を精度良く把握し堆積・洗掘の平面的な分布特性を明らかにするとともに、引き続き洪水時の河床高変化を観測し、砂州及び小規模河床波の形成条件と経時的な動きを解明したいと考える。

謝辞:本研究を行うに際し、立命館大学理工学部教授江頭進治氏に助言、およびご指導を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 宇多ら：静岡海岸の沿岸漂砂量およびその分布形の評価，海岸工学論文集第41巻，1994
- 2) 山本晃一：沖積河川学 山海堂 p135-p137
- 3) 小川ら：二次元河床変動解析の現地への適用に関する研究，水工学論文集，第43巻，1999.

(1998.9.30受付)