

洪水氾濫による堤内地の侵食と堆積

——三隅川の1983年水害の場合——

村本 嘉雄・藤田裕一郎・大久保賢治

EROSION AND DEPOSITION ON FLOOD PLAIN DUE TO OVERLAND FLOOD FLOW

——On the 1983 flood hazard in the Misumi River——

By *Yoshio MURAMOTO, Yuichiro FUJITA and Kenji OOKUBO*

Synopsis

Sediment deposition and erosion on flood plain due to overland flood flow bring serious hazards on agricultural and residential areas of river side, especially, in mountainous rivers. This paper presents an investigation on fluvial processes of flood plain during a serious flash flood of July 1983 in the Misumi River (Shimane prefecture), based on the results of detailed field survey and sediment sampling and of a mathematical simulation on the overland flood flow.

The fluvial process of flood plain in Kamikōchi and Shimokōchi districts was simply classified into erosion areas and deposition areas with gravel and sand, which result from bed load and suspended load transport, respectively. The deposition area due to wash load was also found in flood plain of Shimokōchi.

The calculated results of overland flood flow were fairly in accordance with the highest flood water mark observed and the main stream direction estimated from flood plain deformation. The calculated distribution of deposition and erosion areas due to bed load also supported the observed ones.

1. 緒 言

沖積地河川においては、異常洪水時の氾濫水の流動によって、河道周辺の堤内地の侵食と堆積が生ずる。こうした洪水氾濫による堤内地形の変動については、これまで石狩川¹⁾ (1947)、白川²⁾ (1953)、狩野川³⁾ (1958)、江川⁴⁾ (1972)などの諸河川の洪水災害において、災害直後の実態調査が行われている。

これらの調査研究のうち、特に1947年8月の石狩川の水害については、忠別川他2河川を対象として洪水氾濫による土砂の堆積分布と農地の被害に関する詳細な実測が行われており、その結果から、土砂の氾濫形態が決壊型(3区分)と溢流型(2区分)に分類され、各氾濫型式について、礫(粒径2mm以上)、砂(2~0.01mm)および粘土(0.01mm以下)の堆積範囲の特徴が記述されている。また、1953年6月の白川の水害は、市街地に異常な土砂堆積を生じた水害として著名であって、熊本市の中心部に白川上流域の崩壊で流出した火山灰土(ヨナ)が堆積し、その堆積土量は約10km²の範囲に410万m³と推定されており、平均堆積厚約40cm、最大堆積厚は1.8mにも及んでいる。このような洪水氾濫による堤内地の地形変動は、単なる浸水や湛水による内水災害と異った形態の甚大な被害を齎す場合が多く、土地利用を考える上で極めて重要な問題である。しかし、堤内地の侵食・堆積現象は、堤防からの越流や破堤氾濫といった外水の流入形態、堤内地における氾濫水の流動形態、上流域からの土砂の流出形態などに関係する複雑な現象で

あって、これまでの洪水災害の調査研究においても洪水・土砂流出や氾濫水の流動と地形変動を関係づけた定量的な研究はほとんど行われていない。

一方、こうした洪水災害時の調査事例の他に、河川地形学の分野では、堆積学的観点から洪水氾濫原の調査・研究が数多くなされており、自然堤防や後背湿地などの河川周辺地形と土砂の堆積厚や粒度特性との対応について考察が行われている^{8),9)}。特に、沖積平野の多いわが国においては、平野の微地形や堆積砂礫などから過去の地形と洪水規模を推測する方向の研究が進められている⁷⁾。しかし、そのような河川周辺の地形変動をもたらした洪水規模を明らかにするには、氾濫水の流動を予測し、地形変動を再現する水理学的観点からの研究が必要であろう。

本研究では、1983年7月23日に発生した三隅川（島根）の洪水災害において、堤内地の土砂堆積範囲が広がった上河内および下河内地区を対象として、堤内地の地形変動と堆積土砂の粒度分布に関する詳細な実測を行い、その結果から洪水氾濫と侵食・堆積分布の特徴を明らかにするとともに、洪水氾濫過程について二次元平面流としての解析を行い、洪水痕跡水位、氾濫水の流動および地形変動について考察する。

2. 三隅川の洪水災害と堤内地の侵食・堆積状況

2.1 三隅川の流域特性と1983年水害の概要

三隅川は、Fig. 1 に示すようにその源を島根県西部の漁山（標高 714 m）に発し、浜田市の西約 20 km の湊浦で日本海へ流入する流域面積 232 km²、幹河道長 38 km の山地河川である。三隅川流域の平坦部は、河川沿いに点在する谷底平野と河口部付近に僅かに存在するだけであって、大部分は急傾斜の地勢をなしている。三隅川の中、下流部に位置する三隅町管内においても62%が山林であって、田畑12%、宅地1%、原野その他25%となっており、河川沿いで段丘状を呈する平坦部はすべて田畑と宅地に利用されている。

1983年7月23日に発生した今回の水害は、近年最大の洪水といわれている1943年9月水害⁹⁾に匹敵する40年振りの大水害であって、三隅町で総雨量 646 mm、日最大雨量 410 mm/day、時間雨量 69 mm/hr の降雨があり、三隅川河口における最大流量は約 3000 m³/sec と推算されている⁹⁾。この豪雨と出水によって、三隅町を中心に甚大な洪水・土砂災害を蒙ったが、三隅町役場の被害集計によると、死者33名、負傷者19名、全壊家屋500戸、半壊家屋314戸、流失家屋51戸、破壊家屋65戸、床上浸水622戸、床下浸水345戸、農作物被害面積（水稻・畑）302 ha であって、三隅町人口9,925人（1983年6月末現在）に対して被災者総数は6,042人で6割強の住民が罹災している。また、三隅町管内の被害総額は約604億円と推算されており、これは三隅町

の歳入（1980年度：約26億円）の23年分にも及んでいる。

こうした被害をもたらした水害の形態は、山腹崩壊・土石流などの土砂災害と洪水流による破堤・氾濫などの洪水災害とに大別されるが、後者に注目すると、三隅川の洪水災害は前述の地形的特徴を反映した山地急流河川特有の洪水氾濫災害といえる。すなわち、今回の洪水規模では、ほぼ河谷全体、山脚までが洪水流路になり、流水は蛇行部を短絡化し、田畑の侵食と土砂堆積、家屋の破壊と流失、橋梁・河川構造部の破壊などの甚大な洪水災害をもたらしたが、こうした洪水氾濫水の流動には、河岸段丘、蛇行河道、自然堤防、霞堤および堤内地の田畑・道路・家屋などの微地形と構造物が影響しており、その実態を分析することは、異常洪水時における氾濫原管理を考える上で重要な課題である。ここでは、洪水氾

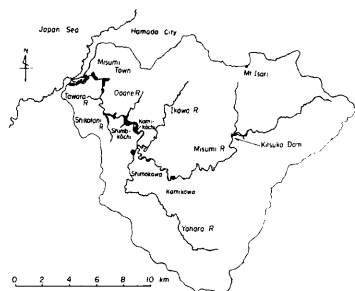


Fig. 1 Map of the Misumi River. (Shadow parts indicate deposition and erosion areas in the midstream and the downstream reach.)

氾濫による堤内地の地形変動に注目し、まず、三隅川の中・下流部における堤内地の侵食・堆積の概況を島根県土木部の資料を用いて検討する。

2.2 中・下流部における堤内地の侵食・堆積状況

Fig. 1 に示した三隅川流域のうち、本川河口から約 18 km 区間および左支川矢原川の合流点から約 5 km 区間に関して、洪水痕跡、家屋の被害および堤内地の侵食・堆積域が島根県土木部河川課で調べられ、平面図（下流 4.5 km 区間は 1/2500、それより上流区間は 1/10000）に表されている。この平面図と 1/8000 の空中写真（災害前：1980.2.25、災害後：1983.7.26—パスコ機撮影）を用いて、三隅川の中・下流部における洪水流と堤内地の侵食・堆積の概況を説明する。

まず、本川および矢原川について洪水痕跡水位の縦断変化を示すと **Fig. 2** のようになる。**Fig. 2** には、災害後の最深河床高、左右岸の堤防高および平面図から求めた河谷幅の縦断変化が示されている。また、本川下流 4.5 km 区間については、1972年の最深河床高も示されており、今回の災害後の最深河床高は、1972年のそれより 1~2 m 低下しているが、今回の洪水では流出土砂が多く、河床はむしろ上昇傾向にあると考

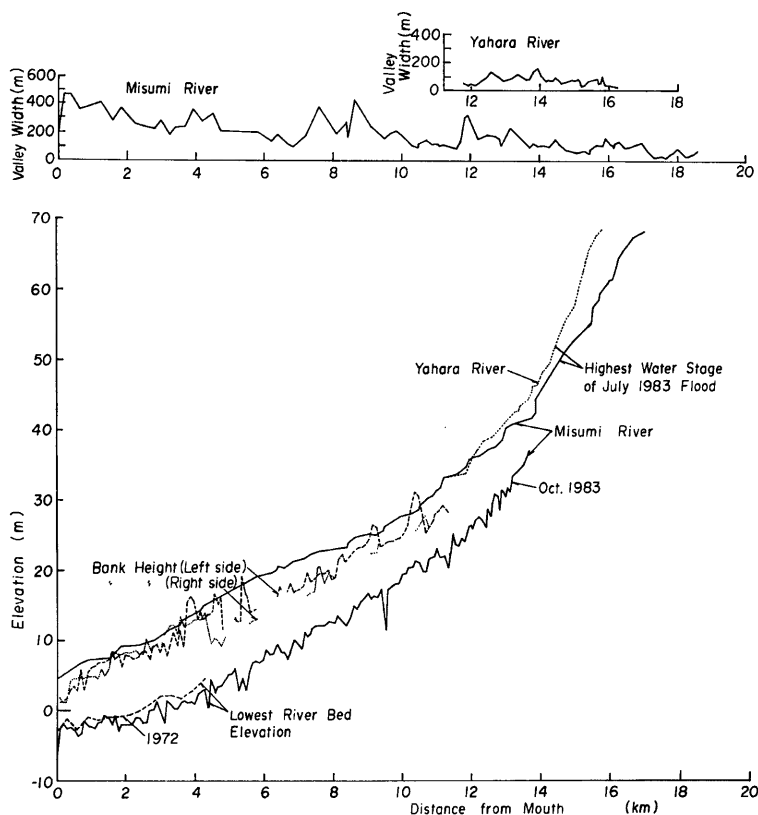


Fig. 2 Channel profiles and the highest flood water stage along the Misumi River

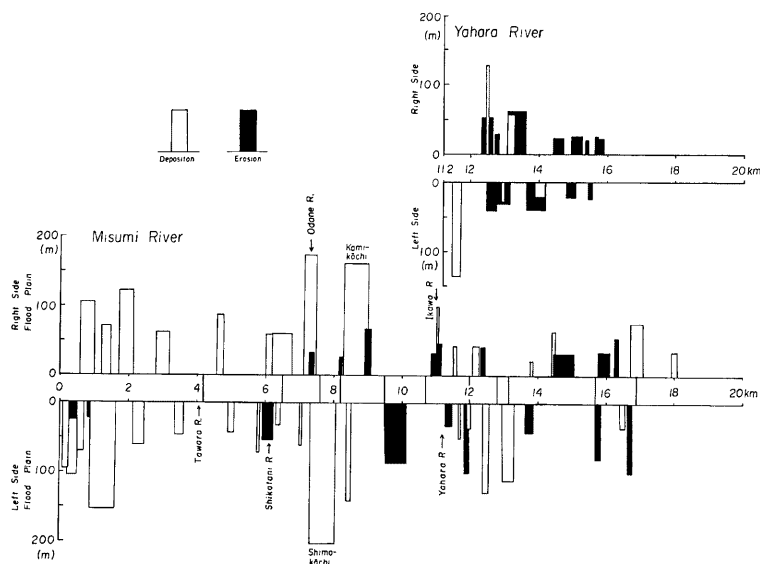


Fig. 3 Distribution of erosion and deposition area along the Misumi River

えられるので、洪水直前には1972年よりかなり河床は低下していたと思われる。

Fig. 2 の洪水痕跡水位と堤防高（河岸高）を比較すると、ほぼ全長にわたって前者が後者を上回っており、とくに5～8km 区間（無堤区間）でその越流水深は3～5m に及んでいる。この区間は、河谷幅の変化と洪水痕跡の水面こう配からわかるように、狭窄部の背水領域に相当している。

つぎに、中・下流部における堤内地の侵食・堆積面積を平面図から求め、その縦断分布を示すと **Fig. 3** のようになる。**Fig. 3** の縦距は、侵食・堆積面積をその区間の河道長で割った平均幅を示している。堤内地の侵食・堆積傾向を概括すると、本川の9km より上流および矢原川では侵食領域が堆積領域より多く、一方、本川9km より下流では堆積傾向が顕著である。本川の9km 付近は、**Fig. 2** から明らかなように、水面こう配の遷緩部に相当しており、とくに7～9km 区間で河谷が開けている上河内・下河内地区の土砂堆積の範囲が著しく広いことがわかる。

Fig. 3 に示されている侵食および堆積面積を累計すると、堆積面積は100ha、侵食面積は36haとなり、両者の面積は対象区間の堤内地面積（河谷面積）の約1/3に相当する。いま、平均堆積厚を後述する下河内地区の実測結果を参考にして20～40cmと仮定すると、堆積土量は20～40万 m^3 となる。次章以降では、本川で堆積が最も顕著であった上河内・下河内地区を対象として堤内地の地形変動の実態と洪水氾濫との対応について考察する。

3. 上河内・下河内地区の侵食・堆積の実態

3.1 洪水氾濫の概況と現地調査の方法

(1) 洪水氾濫の概況

三隅川の上河内・下河内地区における洪水氾濫の概況を、**Photo 1 (a), (b)** に示した今回の洪水前、後の空中写真、**Fig. 2** の洪水痕跡水位および現地写真（**Photo 2 (a), (b)**）から説明する。洪水前の空中写真



Photo 1 (a) Aerophotograph of Saihōjibara, Kamikōchi and Shimokōchi before flood (Feb. 25, 1980)



Photo 1 (b) Aerophotograph of Saihōjibara, Kamikōchi and Shimokōchi after flood (July 26, 1983)

(Photo 1 (a)) には、写真左手の上流から順に西方寺橋、河内橋および用田橋の三つの橋が写っているが、今回の洪水でこれらが全部流失したことが Photo 1 (b) からわかる。

まず、西方寺橋の上流、彎曲部の堤内地（西方寺原）では、左岸の上流端から延長 350 m にわたって破堤し、流入した洪水流によって堤内地河岸付近から広範囲の顕著な侵食が生じ、山際では一部堆積域がみられる。洪水ピーク時には西方寺原全面を水深（河岸付近の堤内地盤高と痕跡水位の差）4～5 m で氾濫水が流動し、彎曲部下流の左岸堤を流失させ、下流の堤内地へ直進する短絡流を形成していたと考えられる。

つぎに、西方寺橋から河内橋までの区間（上河内地区）では、西方寺橋の直下流右岸における約 150 m の破堤に伴って流入した氾濫水が、堤内地を 3～5 m の水深で流動し、河内橋付近で山際を流れる本来の河道と合流する洪水流況を呈している。上河内地区では、上流の破堤部付近から 400～500 m にわたって砂礫の堆積が顕著であるが、西方寺橋直下流付近と島状の山（城山）の裏側に著しい侵食区域があって、洗掘池（水深 2～3 m）が形成されているのが、Photo 1 (b) からわかる。

最後に、河内橋から用田橋の左岸堤内地（下河内地区）は、河岸の道路面が 1～2 m 堤内地より高いが堤防がないので、洪水流は河川の護岸天端を全面越流する状態で堤内地へ流入し、ピーク時には堤内地全面で 4～5 m の水深に達している。下河内地区の堆積土砂は、河内橋直下流の砂州高の上昇とあいまって、上流河岸付近で局所的に砂礫の堆積域がみられるが、堤内地全体としては微細な土砂が田畑を覆っている。



Photo 2 (a) Deposition and erosion of hinterland (rice field) in Kamikōchi district (Sept. 6, 1983)

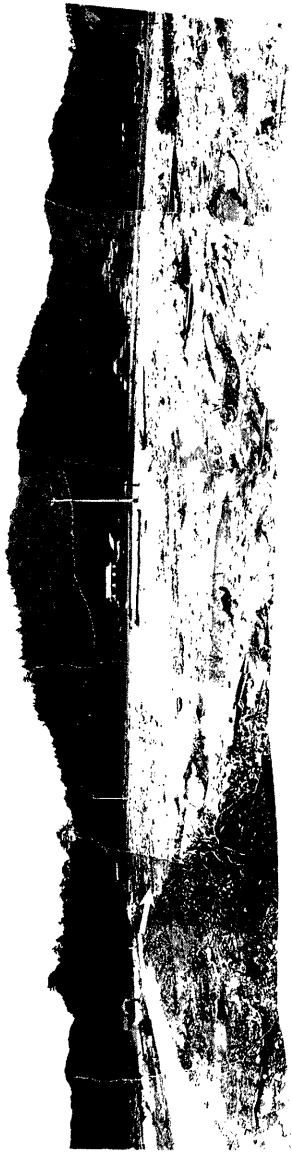


Photo 2 (b) Sediment deposition on flood plain (rice field) in Shimokōchi district (Sept. 6, 1983)

Photo 2 (a), (b) に、それぞれ上河内および下河内地区における土砂の堆積状況が示されている。**Photo 2 (a)** は、**Photo 1 (b)** に示したA点から上流向きに撮影したもので、右手前方の仮堤防の上流端が西方寺橋付近に相当しており、矢印の付近から洪水流が破堤流入した。上河内の堤内地の家屋は山際にあるので流失を免れているが、田畑全面が砂礫の河原と化している状況がわかる。一方、**Photo 2 (b)** は、河内橋直下流から上流向の写真であって、左手の護岸中央付近が河内橋地点である。下河内地区の山際は微細砂の堆積域なので植生がみられるが、河岸付近では砂礫が堆積しており、道路のアスファルト面やガードレールの流失破片もみられ、かなりの流速があったことがわかる。このように、上河内と下河内地区では洪水流況がかなり異なると考えられるが、洪水後の空中写真等にみられる流れの痕跡は洪水の減衰期に相当するものもあって、必ずしも堤内地形の変動傾向と対応しなく、流況の推定には地形測量と堆積土砂の調査が必要である。

(2) 現地調査の方法

上河内と下河内地区の侵食・堆積の実態を明らかにするために、1983年9月5日～9日に両地区の地形測量と堆積土砂の粒度分布に関する調査を行い、1984年3月14日～17日に下河内地区における微細砂を中心とした堆積厚と粒度特性、三隅川の河床材料、洪水流況の聞き込みなどの追加調査を行った。地形測量の横断測線および砂礫の粒度調査地点を示すと **Fig. 4** のようである。なお、追加調査で行った下河内地区の堆積厚の測定断面と土砂採取地点は、後出の **Fig. 14** に示す。

Fig. 4 の地形測線は、100～200 m 間隔で21断面 (P-1～P-21) を設定し、F, K, U, N, S の5点を結ぶ基線で測線相互間を接続させた。地形測量には光波測距儀を用い、洪水痕跡の実測も行った。一方、砂礫の調査地点は、上河内で K 1～K 26, 下河内で C 1～C 17 の合計43地点であって、若干の地点では深さ方向の粒径変化も調べた。砂礫の粒度分析は礫堆積物に対しては現地で写真をとり、格子点法で100ヶ弱の砂礫径の計測を行い、細礫、砂およびシルトについては採取して粒度分析を行い、一部写真計測の場合と比較した。また、追加調査では、堤内地の堆積砂礫と比較するために、**Fig. 4** に示す三隅川の河道部4点 (R 1～R 4)

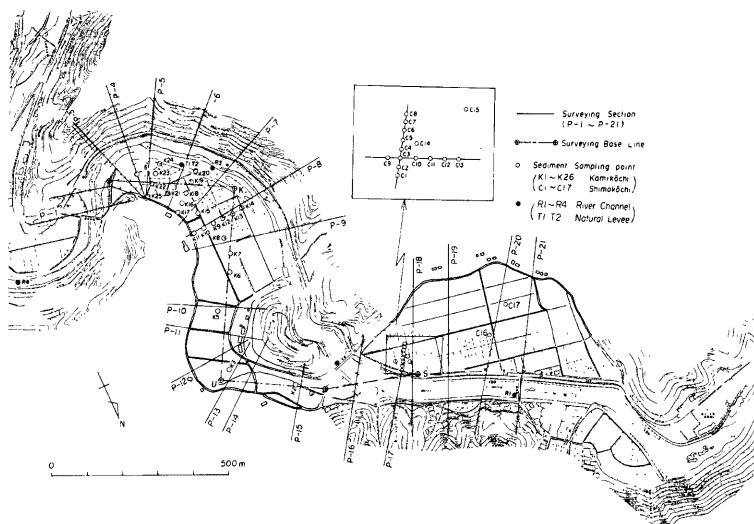


Fig. 4 Land surveying sections and sediment sampling points in Kamikōchi and Shimokōchi district

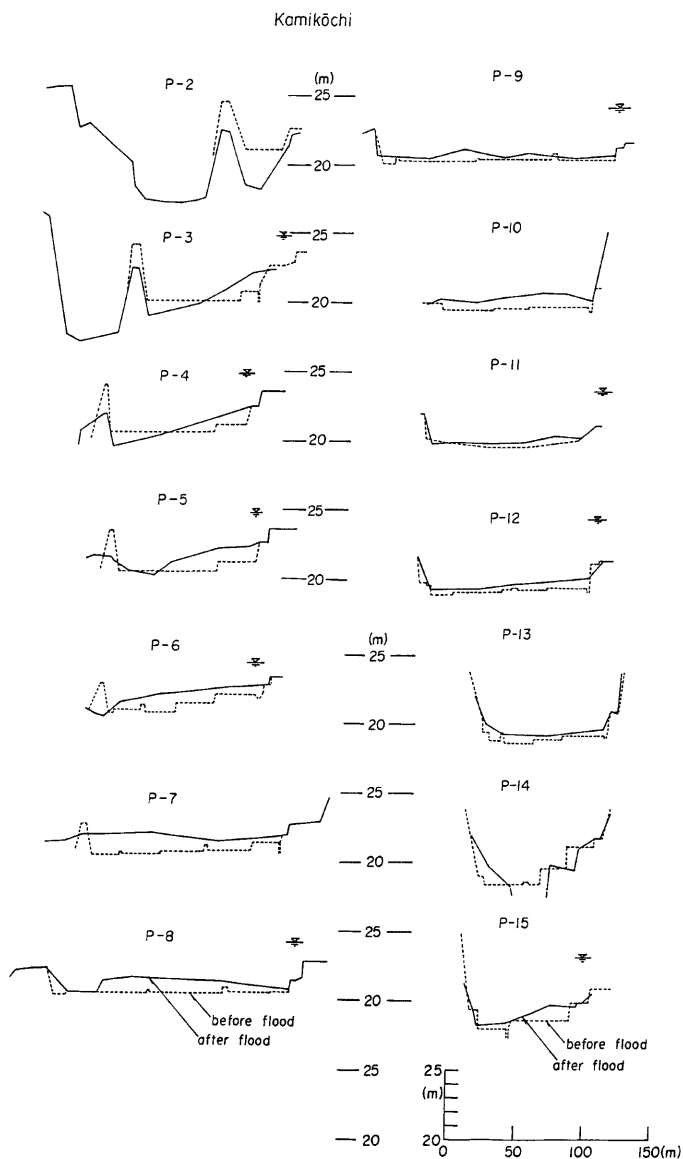


Fig. 5 (a) Comparison between lateral profiles of flood plain before and after flood in Kamikōchi

の水際の河床材料ならびに上河内地区で竹藪の密生した堤防天端の堆積土砂を深さ方向に2点(T1~T2)採取し、いずれも篩分けによる粒度分析を行った。

3.2 堤内地の侵食・堆積形状

Fig. 4 の P-2~P-21 の各測線について、洪水前、後の横断地形を示すと Fig. 5 (a) (上河内), Fig. 5 (b) (下河内) のようになる。両図における洪水前の地形には、島根県土木部の河川現況平面図 (1977年,

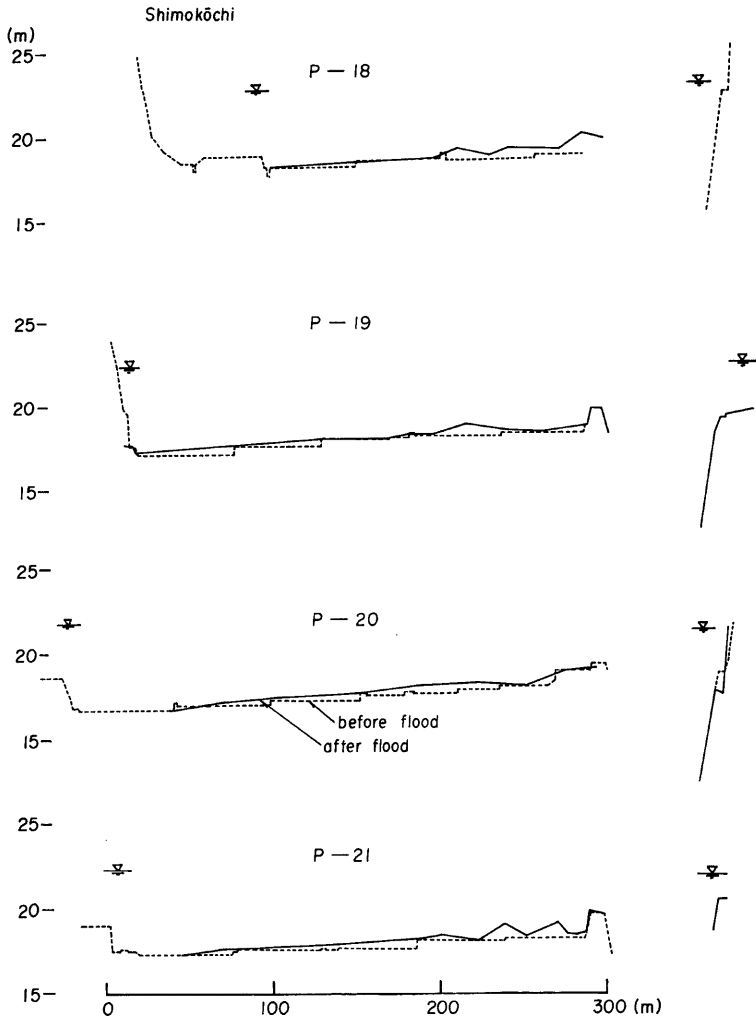


Fig. 5 (b) Comparison between lateral profiles of flood plain before and after flood in Shimokōchi

1/2500) および三隅町道路現況平面図 (1980年, 1/1000) を用いた。

Fig. 5 (a) に示した上河内地区の地形変化は, (1) P-3~P-6, (2) P-7~P-9, (3) P-10~P-15 の三つの特徴的な区間に大別できる。なお, P-2 断面は, 破堤地点に仮堤が造られ, 堤内地も堤防付近で整地されているので, 洪水直後の状況は明らかでないが, P-2 の堤内地盤高は洪水前より 2~3 m も低く, 河床と連なった洗掘深の大きい侵食区域に相当すると考えられる。つぎに, (1)~(3) の各区間の地形変化の特徴を述べる。

まず, P-3~P-6 断面では, 洪水前の平坦な田面が, 上流部の破堤で流入した洪水流によって右岸堤防付近で侵食され, 山際に向って次第に堆積傾向に転じ堆積厚が増加する極端な傾斜地形に変化している。堤内地の侵食深は最大 1 m, 堆積厚は最大 2 m 程度であって, 横断こう配は 1/60~1/30 の範囲で P-3 から P-6 断面へ移るにつれて緩やかになっている。こうした横断方向の地形変化は, 明らかに河道彎曲部の寄州 (Point Bar) の形成に対応しており, 西方寺橋より下流の河谷の平面形が, 下流へやや拡幅する偏角 90° 程度の彎曲河道に相当し, 洪水流がこの彎曲した河谷を全面流動したことを物語る。

つぎに, P-7~P-9 断面では, 氾濫水の流心が右岸の山際へ向う流れと本来の河道へ戻る流れとに分れるために, 堤内地の中央で堆積厚が大きく, 両側岸で原地盤に近い薄い堆積となり, 上に凸な蒲鉾型の横断地形をなしている。また, P-8 から下流断面の右岸堤防沿いの裏法尻付近では, 河道へ戻る流れが強く, 侵食域が現れている。

最後に, P-10~P-15 断面では, 下流へ河谷幅が縮少する彎曲部における地形変化の特徴がみられる。すなわち, 堆積厚は P-10 から P-13 断面へ移るにつれて減少し, P-14 から P-15 の断面にかけて侵食傾向に転じ, 前述のように城山の裏側に長さ 150 m, 幅 25 m, 平均深さ 2 m 程度の池が形成されている。この地点での田面下の侵食土砂は, 後述するように砂礫からなっており, 洗掘された土砂の一部は右側の山側に堆積し, 他の大部分は河内橋直下流の河道部へ流出したと考えられる。なお, 1943年水害のときにも同様の洗掘池が発生したといわれており, P-14 の断面形状からわかるように, 洪水前の田面は周辺部より約 2 m も低く, 凹地になっている。

一方, 下河内地区の地形変化 (**Fig. 5 (b)**) は, 上河内地区のそれに比して単純であって, 河内橋直下左岸の局所的な礫堆積域を除けば, 自然堤防と後背湿地からなる洪水氾濫原の形成過程に対応している。すなわち, 洪水前の地形は, 氾濫原を階段状に整形した農地整理が行われ, 田面は河道から山際へ次第に低くなっており, 洪水後にはその階段状の田畑が自然堤防を有する堆積地形に復元する方向の変化を示している。したがって, 隣接する田畑の段差部で堆積厚が大きく, その境界から遠ざかるにつれて堆積厚が薄くなる。なお, 下河内地区の堆積地形と堆積土砂の粒度特性については, 3.4 で詳述する。

3.3 堆積土砂の粒度分布

まず, 上河内地区における堆積土砂の粒度分布について, 最上流の K 26 から最下流の K 1 までの堤内地の中心線上12地点の縦断変化を調べると **Fig. 6 (a), (b)** のようである。また, これらの粒度分布から求めた最大粒径 d_{max} , 50% 粒径 d_{50} , 平均粒径 d_m および分散の指標 $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の縦断分布が **Fig. 7** に示されている。なお, K 7 と K 8 地点では, 写真計測と篩分けによる粒度分布が比較されており, 後者には (s) の記号が付されている。K 7 (s) では, K 7 より細粒の比率が高くなっているが, K 8 と K 8(s)

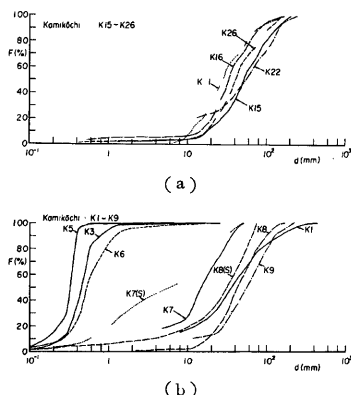


Fig. 6 (a), (b) Grain size distribution of sediment along longitudinal direction on flood plain in Kamikōchi

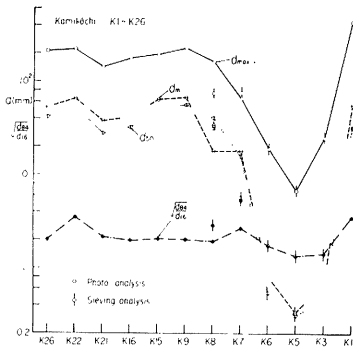


Fig. 7 Distributions of d_{max} , d_m , d_{50} , and $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ obtained from Fig. 6 (a), (b)



Photo 3 Erosion of hinterland (rice field) at P-14 section in Kamikōchi

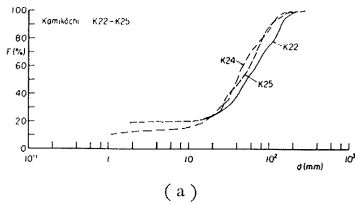
および後述する K 17 と K 17(s) (Fig. 8 (b)) の粒度分布の差は小さく、礫が多い場合には、写真による 100 個程度の格子点法でほぼ十分な精度が得られると云える。

Fig. 7 から堆積砂礫の代表粒径の縦断変化を単純化してみると、K 26～K 8 (P-4～P-9) では $d_{max}=200$ mm, $d_m=50$ mm 程度の礫, K 6～K 3 (P-10～P-15) では, $d_{max}=20$ mm, $d_m=0.5$ mm 程度の砂からなっていることがわかる。そして, K 7 は両者の中間的な粒度特性を示し, K 1 は前述のように P-14～P-15 での侵食砂礫の堆積地点の試料である。この侵食区域の田面の下層には, Photo 3 に示すような砂礫の堆積層があって, その材料は上流の堆積域のものと同様している。なお, K 26～K 1 における $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の値は 2～4 であって, 粒度分布の分散特性に顕著な差はみられない。

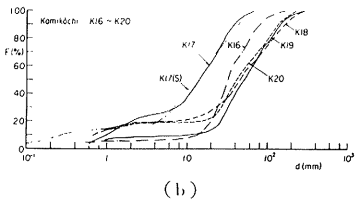
つぎに, 粒度分布の横断変化を K 22～K 25 (P-5～P-6 の中間断面) および K 16～K 20 (P-6～P-7 の中間断面) の 2 測線について示すと Fig. 8 (a), (b) のようである。これらの図と Fig. 6 (a) とを比較すると, K 17 のように堆積域の側縁部では若干粒径が小さくなり, $d<10$ mm の比率が高くなるが, 全体として砂礫域の横断方向の変化は顕著でないことがわかる。また, Fig. 8 (a) は, 3.2 に述べた Point Bar 地形の試

料であるが, K 22～K 25 の粒度分布に差はなく, 横断方向の簡分け作用は顕著でない。

このように上河内地区では, P-4～P-9 の約 400 m 区間に, ほぼ同種の砂礫が堆積しているが, 比較のために三隅川河道部 (西万寺～用田橋) における河床材料の粒度分布を示すと Fig. 9 の R 1～R 4 のようである。R 1～R 4 の分布を Fig. 6 および Fig. 8 の粒度分布と比較すると, 堤内地の堆積砂



(a)



(b)

Fig. 8 (a), (b) Grain size distribution of sediment at lateral sections of flood plain in Kamikōchi

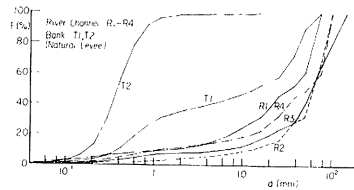


Fig. 9 Grain size distributions of river bed material (R 1～R 4) and natural levee (T 1, T 2)

礫の粒度分布は河床材料のそれとほぼ同じ分布形をなしており、河道部の砂礫が主に掃流状態で堤内地へ流入・堆積したものと考えられる。また、破堤部の堤体材料の大部分および河床材料の一部をなす $d < 10$ mm の土砂は P-9 断面までは主として浮遊状態で輸送され、P-10~P-13 の範囲にかなり堆積したことが予想されるが、こうした点を今後水理学的側面から検討する必要がある。

Fig. 9 には、上河内の堤防上における堆積土砂 T 1, T 2 も示されているが、堤防上の堆積厚は場所的にかなり変動しており、採取地点では 154 cm にも達していた。そのうち表面から 96 cm までは礫混りの砂、その下層はほぼ一様な砂からなっており、T1 は表面から 20~30 cm, T 2 は 100~110 cm 深さの採取試料である。T 1, T 2 の粒度分布は、それぞれ Fig. 6 (a) の K 7 (s), K 6 の分布に近く、浮遊状態の土砂が堤防上の竹藪に捕捉されて、沈降・堆積する比率が高かったと考えられる。このように破堤しない場合には、砂礫の流入が堤防で大幅に抑制され、自然堤防が発達するが、堤防上では砂堆に類似した波状堆積がみられ、植生の影響とともに堤防上の堆積現象は興味深く、重要な研究課題であろう。

一方、下河内地区の堆積土砂について、河道に平行な測線 C 9~C 13 の粒度分布とそれらの粒度特性量の縦断分布を示すと Fig. 10 および Fig. 11 のようになる。砂礫堆積域における粒度分布の縦断変化はほとんどみられなく、 $d_{max}=200$ mm, $d_m=40$ mm 程度の礫からなることがわかる。この d_{max} と d_m を、上河内地区の砂礫堆積域 (K 26~K 8) のそれらと比較すると、 d_m が若干小さいが、ほぼ同程度の砂礫であって、

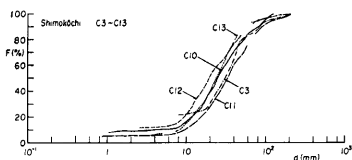


Fig. 10 Grain size distribution of sediment on flood plain in Shimokōchi

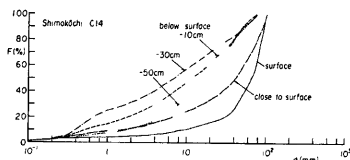


Fig. 12 Grain size distribution of sediment at each layer under flood plain in Shimokōchi

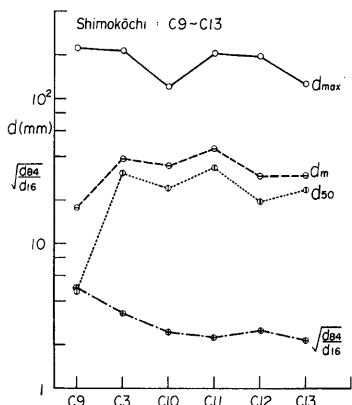


Fig. 11 Distributions of d_{max} , d_m , d_{50} , and $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ obtained from Fig. 10

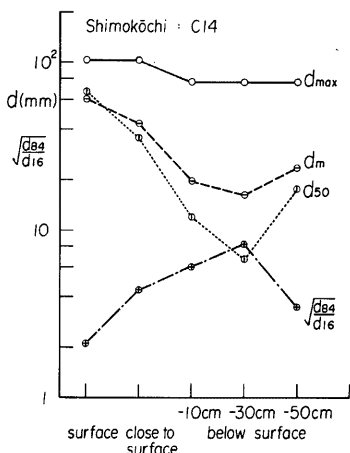


Fig. 13 Distributions of d_{max} , d_m , d_{50} , and $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ obtained from Fig. 12

上河内の場合と同様に三隅川河道部の土砂が主に掃流状態で流入堆積したものと考えられる。つぎに、同様の砂礫堆積地点 (C 14) で、深さ方向 5 層における粒度分布と特性量の変化を検討した結果を Fig. 12 と Fig. 13 に示す。各層の最大粒径は $d_{max}=100$ mm 程度で変化しないが、下層で細粒分の比率が高くなる



Fig. 14 Distributions of deposition depth of sediment on flood plain in Shimokōchi

ので、平均粒径は表層の $d_m=60$ mm から下層の $d_m=20$ mm に減少しており、洪水氾濫過程との対応を検討する必要がある。

以上、主に上河内と下河内地区の砂礫堆積域に注目して、その粒度分布を検討し、両地区の堆積砂礫にほとんど差がなく、それらが三隅川の河床材料の粒度特性に近いことを明らかにした。しかし、下河内地区においては、粒径 1 mm 以下の細砂の堆積域が大部分を占めており、河道から山際に向うにつれてシルトの比率が高くなる。つきに、こうした下河内地区の堆積地形と粒度分布の対応について述べる。

3.4 下河内地区における土砂の堆積厚と粒度特性

洪水氾濫原における土砂の堆積分布を検討するために、下河内地区における堆積厚を詳細に実測したが、その結果を Fig. 14 (b) に示す。堆積厚は図に示す15測線に沿って、各田面を3～4箇所掘削し、洪水前の田面との差から測定したが、土壌や稲の株などから堆積境界面はかなり明確であった。また、S1～S4の4測線については、各田面のほぼ中央部で堆積土砂を採取し、 $d>0.044$ mm の土砂は篩分析、それ以下の粒径のものは PSA-2 型の沈降分析装置（日立製作所）によって行った。

Fig. 14 から、堤内地の堆積厚は河岸付近で厚く、河道から離れるにつれて薄くなるが、とくに、河内橋直下流の礫堆積域で最大 80～85 cm の堆積厚を示し、河川の流下方向にも減少し、用田橋下流では 30～40 cm の堆積厚になっているのがわかる。また、堆積形状は、堤内地中央の東西方向の農道より北側（河岸側）では、S4 測線下流の低地部を除いて、波状堆積を示しており、南側（山側）ではいずれの測線においても 20～40 cm 厚のほぼ様な堆積分布をなして、一様な沈降堆積域にあったと考えられる。こうした氾濫原の土砂堆積分布の特徴は、Fig. 14 (a), (b) の洪水前、後の等高線の比較からも明らかであって、洪水前の南西（北東）向きの平行な等高線が、洪水後に標高 18.6 m より高い田面において、歪められており、この領域が砂礫の堆積域にはほぼ対応している。

つきに、S1～S4 測線における堆積土砂の粒度分布を示すと Fig. 15 (a)～(d) のようになる。また、S1～S4 断面の堆積形状と土砂採取位置を Fig. 16 に、Fig. 15 (a)～(d) から求めた d_m と $d<0.1$ mm の土砂含有率 $F(0.1)$ の横断分布ならびに d_{max} と $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の分布をそれぞれ Fig. 17 (a), (b) に示す。これらの図から、堆積土砂の粒度分布の特徴を挙げるとつぎのようである。

1) S1～S4 測線の粒度分布は、層状堆積をなしていた河岸付近の表層材料（a₁ 層）を除くと、いずれの測線も河岸から山際へ細粒化する傾向を示す。河岸付近で $d_m=0.3\sim 3$ mm, $d_{max}=5\sim 50$ mm, 山際では $d_m=0.07\sim 0.1$ mm, $d_{max}=0.8\sim 2.4$ mm である。

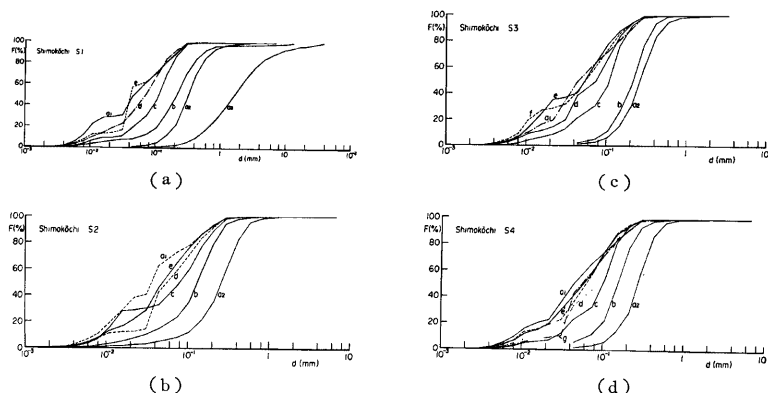


Fig. 15 (a)～(b) Grain size distributions of sediment on flood plain in Shimokōchi

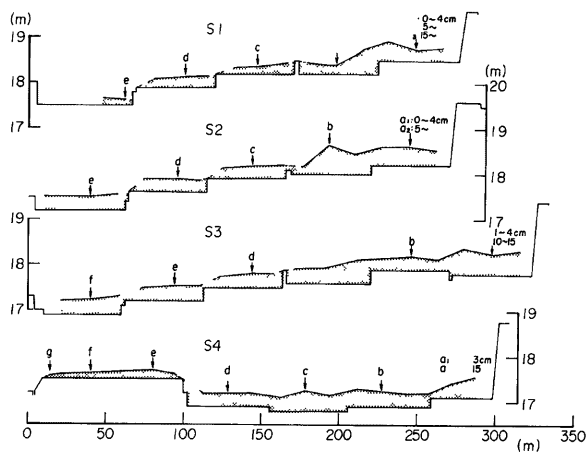


Fig. 16 Depositional lateral profiles and sediment sampling points on flood plain in Shimokōchi

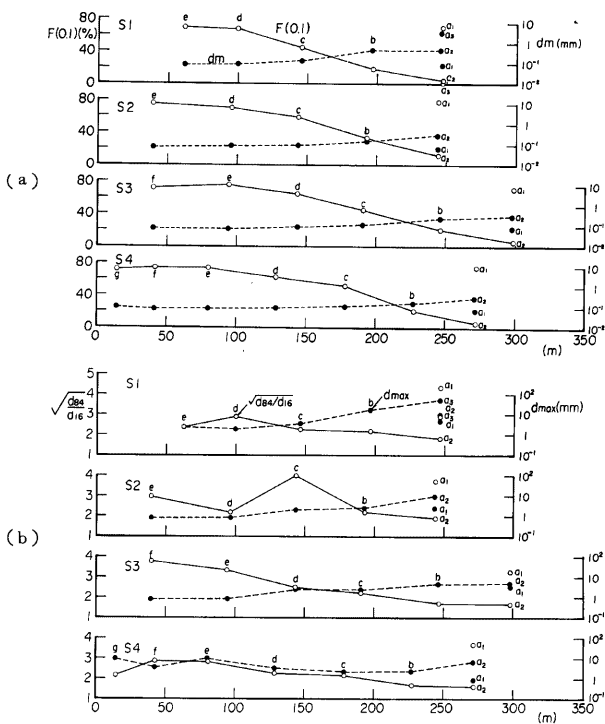


Fig. 17 (a), (b) Lateral distribution of d_m , $F(0.1)$, d_{max} , and $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ obtained from Fig. 15 (a)~(d)

2) **Fig. 17 (a)** の $F(0.1)$ の横断変化が特に顕著であって、河岸近く (a 点) の $F(0.1)=5\sim 10\%$ から S1, S2 測線では d 点, S3, S4 測線では e 点で $F(0.1)=70\%$ に達し、それより山際まで $F(0.1)$ の値はほぼ一定している。この $F(0.1)$ が一定となる位置は、堆積厚が一定となる位置に対応しており、ダム の堆砂形状のウォシュ・ロード堆積域と同様な水理特性を示すものと考えられる。

3) $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の値は、 $d < 0.044\text{mm}$ の沈降分析の精度が十分でないので問題はあるが、河岸付近で $\sqrt{d_{84}/d_{16}}=1\sim 2$ 、山際では $\sqrt{d_{84}/d_{16}}=3\sim 4$ であって河岸から遠ざかるにつれて粒度範囲が広がる傾向がみられる。

3.5 ま と め

以上に述べた上河内・下河内地区の堆積土砂および三隅川河道部における河床材料の粒度分布を比較するために、 d_m と 90% 粒径 d_{90} および d_m と $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ の関係を検討すると、それぞれ **Fig. 18** および **Fig. 19** のようになる。**Fig. 18** の d_m の範囲に注目すると、 $d_m=10\sim 100\text{mm}$ (礫領域) と $d_m=0.1\sim 1\text{mm}$ (砂領域) の 2 グループに分れ、前者は掃流砂、後者は浮流砂の堆積域に相当すると考えられる。なお、この 2 グループの中間領域 ($d_m=1\sim 10\text{mm}$) には、礫から砂堆積域への遷移地点に位置する C7, K7, S1-a₃ の 3 点の試料が入り、 $d_m < 0.1\text{mm}$ の領域には下河内地区の山際付近のウォシュ・ロード堆積域の試料が入っている。

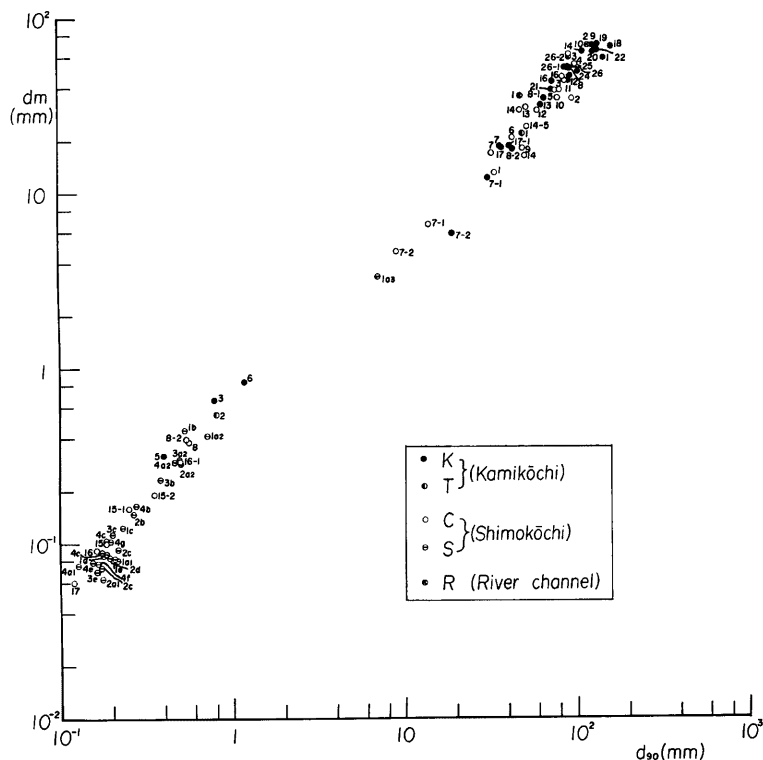


Fig. 18 Relation between d_m and d_{90} of all sediment samples

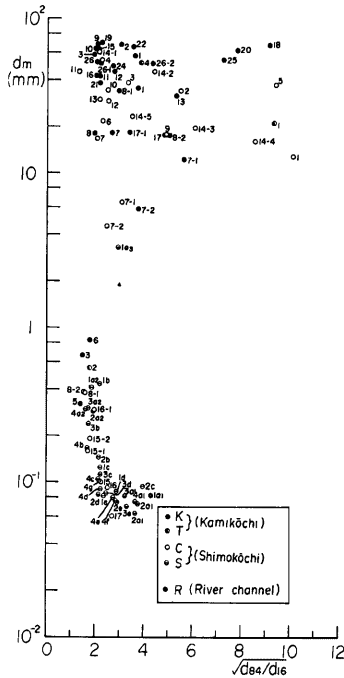


Fig. 19 Relation between d_m and $\sqrt{d_{84}/d_{16}}$ of all sediment samples

Table 1 Deposition and erosion area in Kamikōchi and Shimokōchi

District	Kamikōchi 144,200 m ² (100%)	Shimokōchi 150,970 m ² (100%)
Classification		
Deposition		
Gravel	58,820 (40.8)	9,370 (6.2)
Sand (Silt)	35,660 (24.7)	140,560 (93.1)
Erosion	21,350 (14.8)	1,040 (0.7)
Original Area	28,370 (19.7)	—

Fig. 18 の d_m と d_{90} はほぼ線形な関係にあって、 $d_{90} = (2 \sim 3) d_m$ の関係がみられる。また、Fig. 19 から、砂領域では $\sqrt{d_{84}/d_{16}} = 2$ 程度で分散が小さいが、礫領域では $\sqrt{d_{84}/d_{16}} = 2 \sim 10$ と広く分散し、ウォシュ・ロード堆積域でも $\sqrt{d_{84}/d_{16}} = 2 \sim 4$ と分散が若干大きい。

以上、三隅川の上河内および下河内地区を対象として、堤内地の侵食・堆積形状、堆積土砂の粒度分布ならびにそれらから推測した氾濫水の流動状態について考察したが、得られた知見を概括的な平面図で示すと Fig. 20 のようになる。Fig. 20 では、堤内地の侵食域と堆積域が区分され、堆積域は簡単のために礫と砂領域に2分し、両者の遷移域は前者に、 $d < 0.1\text{mm}$ の領域は後者に含めてある。また、堤内地における氾濫水の流況に関しては、主要な流れの方向が示されている。

Fig. 20 の侵食・堆積面積とその比率を示すと Tabel 1

のようである。上河内地区の原地盤面積は実測を十分に行っていないので不確定であるが、礫領域が約4割を占め、下河内では約9割が砂領域になっている。一方、下河内の堆積土量を三隅町役場の調査資料も用いて求めると、礫領域 5500 m³、砂領域 36200 m³、合計 41700 m³ であって、平均堆積厚は礫領域 59 cm、砂領域 26 cm、全域平均値で28 cm となる。また、上河内の堆積厚を Fig. 5 (a) から礫領域 80 cm、砂領域 30 cm と仮定すると、堆積土量は礫領域 47000 m³、砂領域 11000 m³、合計 58000 m³ となる。この堆積土砂には上河内上流の破堤区間の堤体土量が含まれるが、その量は全容積として約 8000 m³ であって最大1/7程度である。

4. 洪水氾濫解析による検討

4.1 解析モデルと境界条件

上河内・下河内地区における氾濫水の挙動とそれに伴う堤内地の地形変動を検討するために、水理モデルによる数値解析を行った。使用したモデルは、岩佐・井上による洪水氾濫に関する平面二次元一層モデル¹⁰⁾と同様であり、通常の差分計算の他に流れのフロント部分や段落ち（段上り）流れを含む点は同じであるが、上・下流端の境界条件などで若干異っている¹¹⁾。ここでは、基礎式や差分式などの詳細は省略し、計算上の留意点を以下に述べる。

解析対象領域は、Fig. 21 に示すように西方寺頭首工から乙原までの区間であって、空間差分は河川堤防

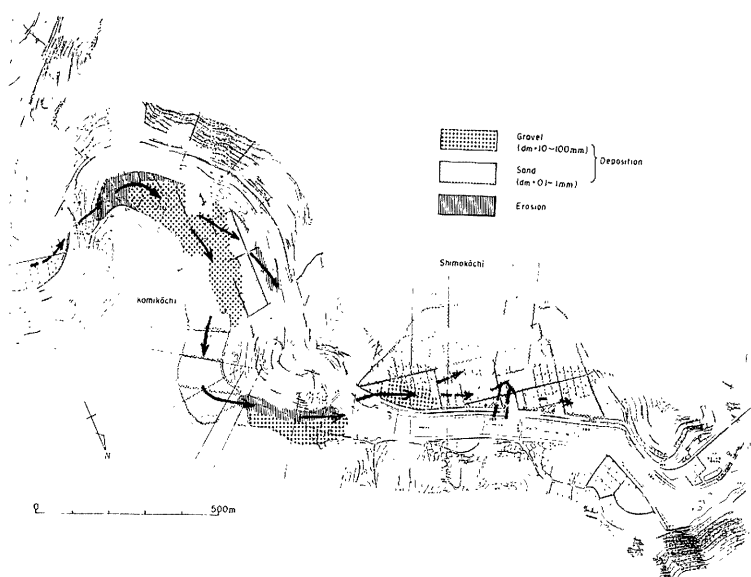


Fig. 20 Main flow direction of flood water and distributions of deposition and erosion area in Kamikōchi and Shimokōchi

や道路からの越流，破堤条件を考慮するため可能な限り小さくとり，河道内も横方向最小2格子とし， $4x=4y=12.5\text{m}$ に選んだ。総格子数は 192×64 である。Fig. 21 では，概略地形を示すために，山地（標高40m以上），堤内地および河道部が区分されている。なお，図中の黒丸は水理量の時系列出力点（20点）で，解の定常性や時間変化をモニターする。

堤内地および山地部の地盤高は洪水前のものを与えているが，河床高は洪水後の資料によっている。Fig. 21 の4m間隔の等高線が示すように，河道部から堤内地への地盤高の上昇は10mに及ぶ場所もあって，特に河道の洗掘部の周辺は非線形計算が困難であった。また，今回のように水深に比して空間差分が小さいモデルでは，水平粘性項を考慮すべきであるが，その評価が明確でないで，慣性項とともに省略し，すべて線形計算によった。

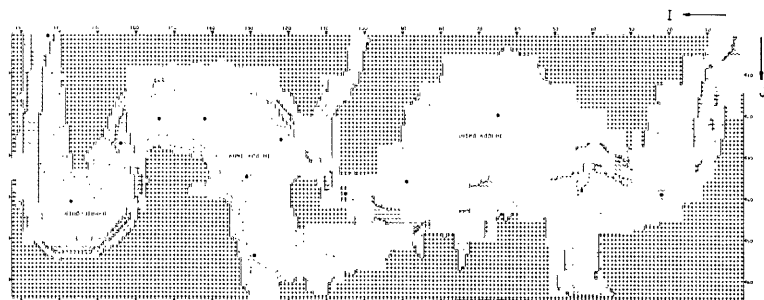


Fig. 21 Topographical map of study area and coordinate system (20 full points show output stations of time series of hydraulic factor)

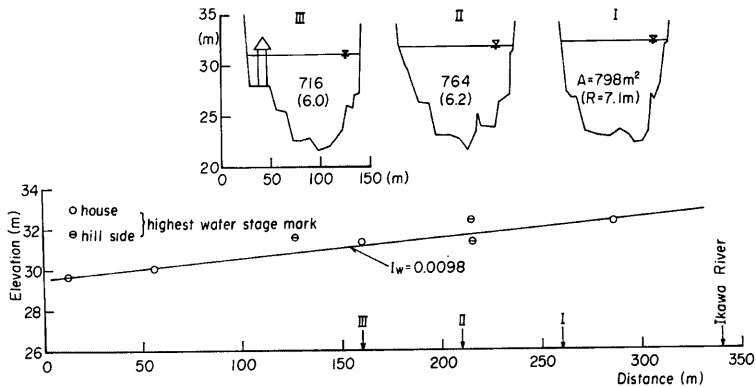


Fig. 22 The highest flood water stage mark along a straight reach of river channel used for determination of Manning's roughness coefficient

河道および堤内地の粗度係数はいずれも $n=0.06$ とした。この値は Fig. 22 に示した井川川合流点下流部の直線的河道部において行った地形測量と洪水痕跡調査ならびに流出解析の結果から計算したものである。すなわち、Fig. 22 に示した水面こう配と断面諸量を用い、等流近似によって流出解析結果の最大流量 $1250\text{m}^3/\text{s}$ に対するこの区間の粗度係数を求めると $n=0.1$ となり、この値は流出解析⁹⁾ に用いられた山地河道の n 値と一致している。一方、氾濫解析区間では、水面こう配が $1/200\sim 1/500$ に減少しているので、それを考慮すると $n=0.06$ が妥当な値と考えられる。なお、 $n=0.03\sim 0.06$ の範囲で変化させて、洪水痕跡に相当する流況の定常流計算を行った結果からも $n=0.06$ の妥当性が示された。

つぎに、境界条件としては、流出解析⁹⁾ で得られた Fig. 23 に示す上流端のハイドログラフ Q_1 と尾実川のそれ q を用い、下流端では等流条件から得られる流量—水位関係を用いた。すなわち、下流端の痕跡水位がピーク流量に相当するように、モデル地形と粗度係数から流積・径深とピーク流量の関係を定めたが、そのときの水面こう配は上流で $1/180$ 、下流で $1/480$ であって、この値は洪水痕跡の水面こう配からみてほぼ妥当な値である。

しかし、上流部のモデル河積が不足していたため、上流端の痕跡水位を規定すると所要の水面こう配が達成されず、ピーク流量を疎通しえなかった。また、ピーク流量を一定とした定常流計算では、上流区間の河道を最大限に拡幅することでモデル地形の修正をはかったが十分でなかった¹²⁾ので、非定常流計算においては、上流端の水位条件をはずし、上流の (6~12) 4y 区間のその時点で湛水している格子に均等に境界条件の流量を配分する方法をとった。また、上、下流端における流速分布は、フラックス (1 格子 上流断面の計算値) が水深に比例す

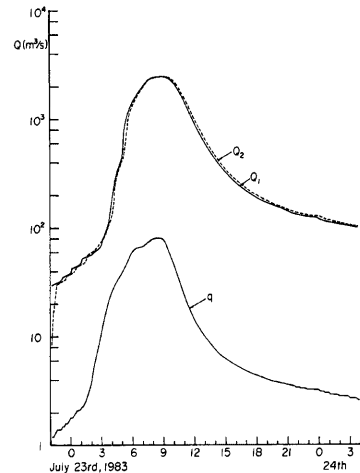


Fig. 23 Hydrograph used for boundary condition of overland flood flow simulation

る一様分布とした。この一様な流速分布の仮定は、西方寺原および下河内下流の急な彎曲のために、長区間伝播せず、いま注目している上河内、下河内の流れに影響を及ぼさないと考えられる。

4.2 堤内地の氾濫過程と流況

計算は7月23日の午前3時 ($Q_1=70.6 \text{ m}^3/\text{s}$) を初期条件として、時間差分 $\Delta t=0.2\sim0.4 \text{ sec}$ で行った。3.1(1)に述べたように堤内地の洪水氾濫は西方寺原と上河内上流部の破堤によって特徴づけられるが、聞き込み結果からは破堤時刻について確実な情報が得られなかったで、堤防のある地形条件で計算を進め、上河内の越流が本格的となった午前5時50分を破堤時刻と仮定した。そして、両地点とも同時に破堤延長区間を瞬間的に水に置換して破堤後の計算をすすめた。

Fig. 21 の全出力点の水位 H とそのうち代表的な12地点の流速 V の時間的変化を示すと **Fig. 24** のようになる。なお、図中には **Fig. 21** に対応した各出力点の格子番号 (I, J) が記されている。また、**Fig. 24** には、比較のために河川上、下流端および堤内地 (西方寺原・上河内・下河内) 中央部の洪水痕跡水位が示されている。これらの痕跡水位と計算されたピーク水位を比べると、上流端および西方寺原では計算水位が痕跡水位を 50 cm 程度上回っているが、上河内・下河内および下流端では計算水位と痕跡水位がほとんど一致している。また、聞き込みで得られた最高水位の発生時刻は下河内午前9時前後であって、これは計算のピーク水位の時刻 (下河内) 8時45分～9時とはば一致しており、上河内・下河内堤内地の氾濫過程はほぼ再現されているものと考えられる。

一方、氾濫水の流速ベクトルと水深の平面分布を、特徴点な時点で示すと **Fig. 25 (a)~(d)** のようになる。堤内地の浸水状況に注目すると、西方寺原中央では、**Fig. 24** の(177, 41)点の水位変化に示すように、4時頃から浸水を開始し、上河内では4時～4時20分に下流の霞堤付近 (122, 26) から越水氾濫する (**Fig. 25 (a)**)。5時40分には、上河内全体が浸水し、上流側の堤防からも越水し、下河内の浸水が開始する状況が **Fig. 25 (b)** の上図に示されている。**Fig. 25 (b)** の5時40分と6時の流況の比較から、西方寺原と上河内における破堤前、後の洪水流況の相違ならびに下河内における道路面からの越流状況がわかる。また、**Fig. 25 (c)** は流量ピーク時点の流況であって、これと **Fig. 20** に示した氾濫流の推定流況を比較すると、上河内上流部の彎曲流とその下流の分岐流および城山裏側での左岸に偏した収束流、下河内の河内橋直下流で堤内地へ集中的に流入する強い流れなど主な流況は類似している。さらに、**Fig. 25 (d)** は、流量逋減期の12時 (流量は約 $900 \text{ m}^3/\text{s}$) の流況であるが、下河内堤内地の越流は緩和されており、聞き込みで得られた「昼頃に

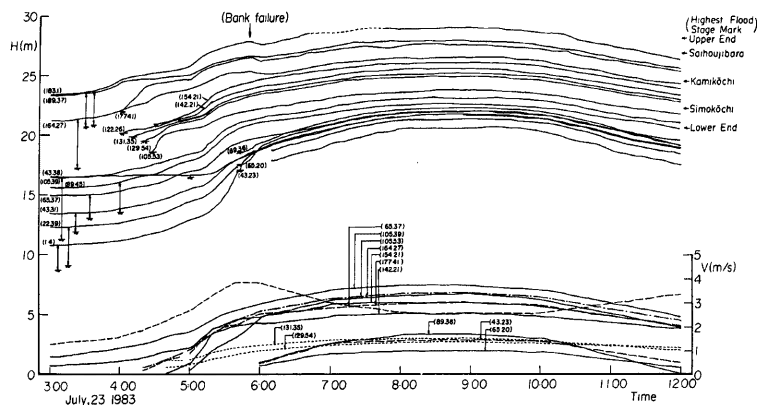


Fig. 24 Time changes of water level and flow velocity at each station shown in Fig. 21

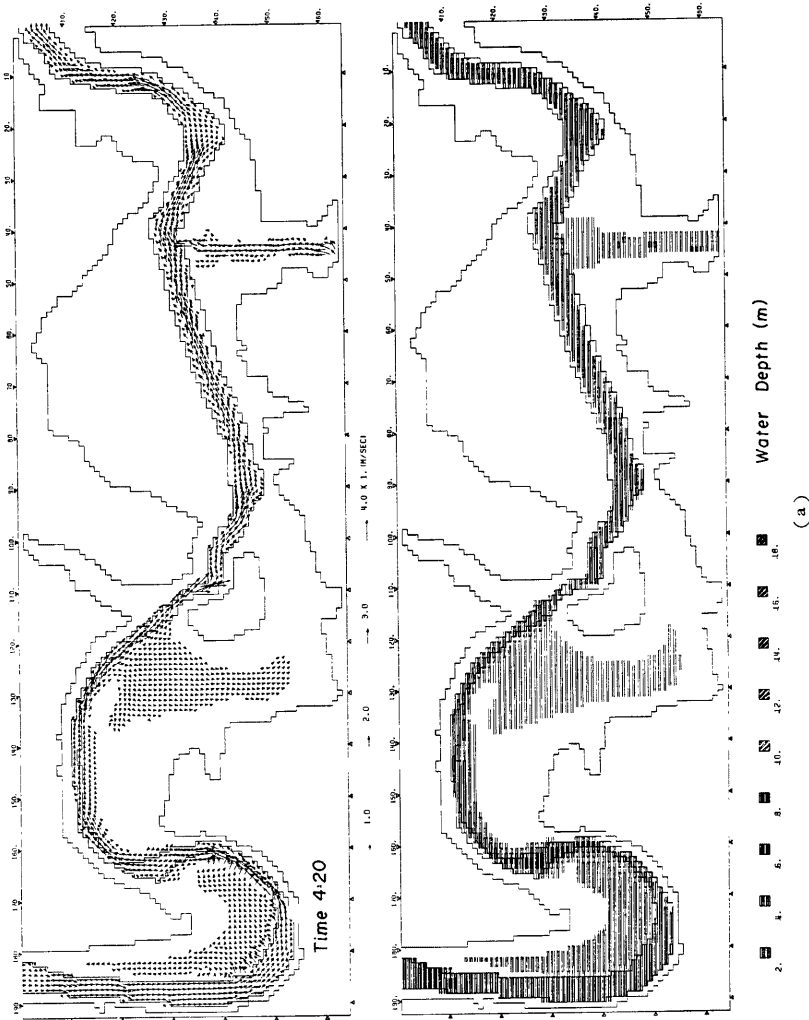
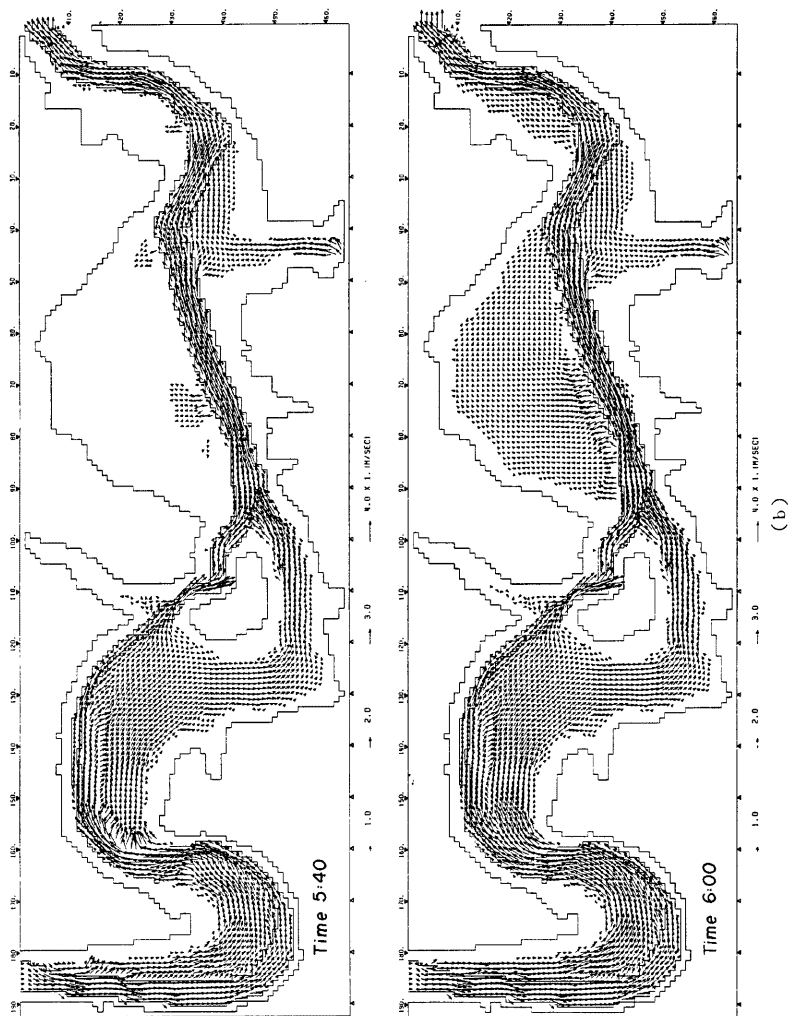
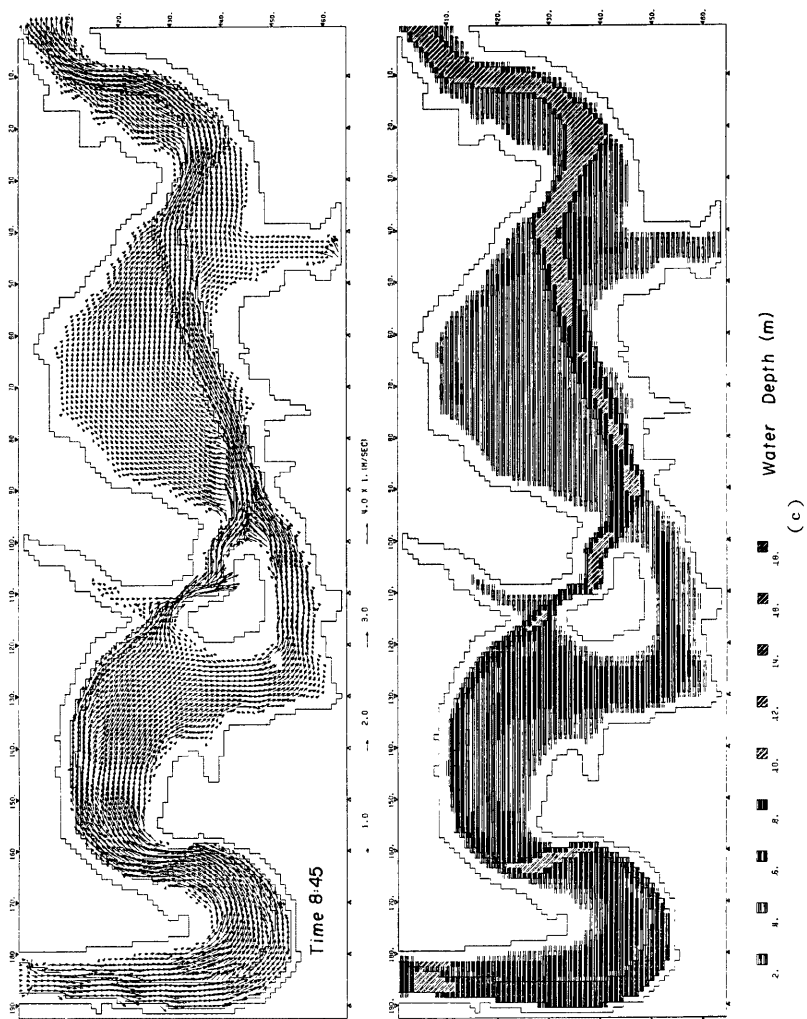
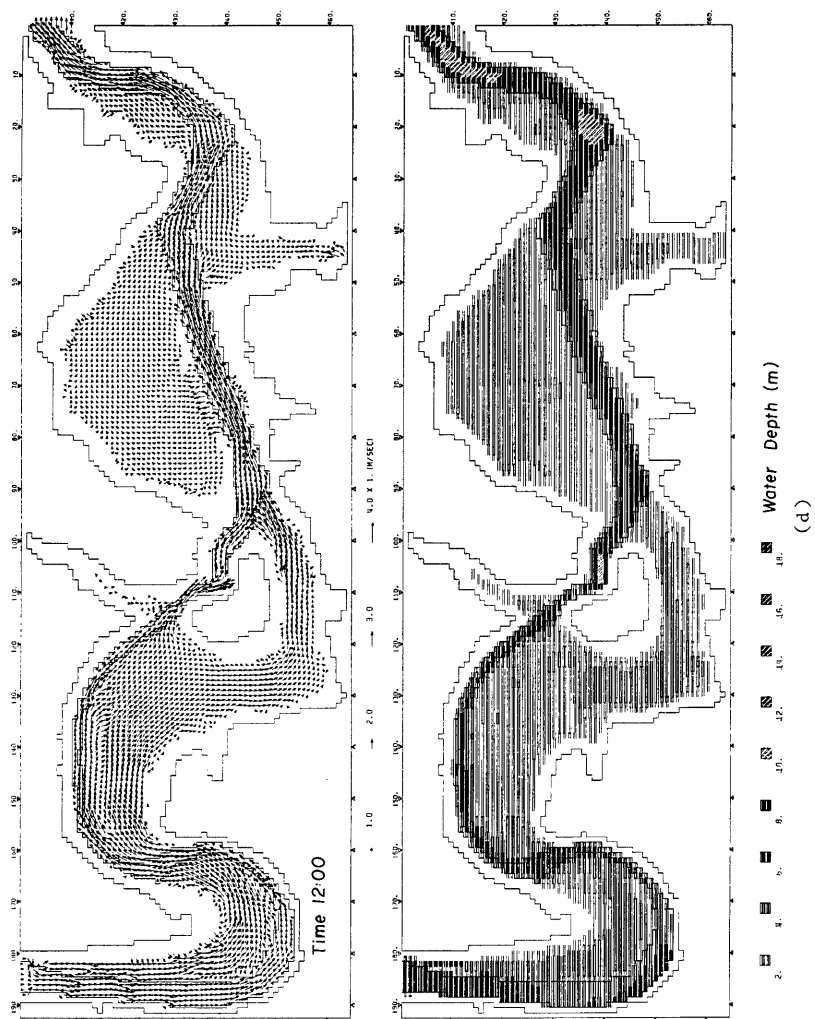


Fig. 25 (a)~(d) The calculated results of distributions of flood velocity vector and water depth







は下河内の河岸道路の一部がみえ、歩くことができた。」という情報とはほぼ対応しているものと考えられる。

Fig. 24 から浸水時の避難の際などに問題になる堤内地の水位上昇速度を検討すると、西方寺原中央・上河内・下河内でいずれも最大 1~1.5 m/10分である。また、流速の最大値は西方寺原中央で 3 m/s、上河内で 3~3.5 m/s で河道部の流速と同程度であるが、下河内地区では 1~1.5 m/s で 1/2 以下になっている。一方、河道部の流速は、用田橋付近 (65, 37) で最大 4 m/s 強の流速になっているが、下河内の堤内氾濫に伴って 2.5 m/s まで減少し、流量逓減期に堤内地の水が河川へ戻ると再度最大 3.5 m/s まで増加するという興味深い変化を示している。

4.3 堤内地の侵食と堆積

洪水氾濫による上河内・下河内の地形変動を堆積土砂の区分から単純化すると、3.5 に述べたように $d_m = 10 \sim 100$ mm (掃流砂), $d_m = 0.1 \sim 1$ mm (浮流砂) および $d < 0.1$ mm (ウオッシュ・ロード) による地形変動に大別できる。しかし、浮流砂やウオッシュ・ロードによる地形変動の解析に際して、上流域から供給土砂の条件設定が難しく、現在、全流砂成分を考慮した地形変動解析の見通しを得ていないので、ここでは掃流砂だけを対象として堤内地の侵食・堆積分布の検討を行う。

掃流砂による堤内地の地形変動解析には、二次元の連続式

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left(\frac{\partial q_{Bx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{By}}{\partial y} \right) = 0 \quad \dots\dots\dots(1)$$

と芦田・道上による掃流砂量式

$$q_B = 17 \frac{u_{*c}^3}{sg} \left(1 - \frac{u_{*c}}{u_*} \right) \left\{ 1 - \left(\frac{u_{*c}}{u_*} \right)^2 \right\} \quad \dots\dots\dots(2)$$

を用いた。ここに、 z : 地盤高, λ : 砂礫の空隙率, q_{Bx}, q_{By} : 掃流砂量 q_B の x, y 成分, u_* : 流れの全摩擦速度, u_{*c} : 有効摩擦速度, u_{*c} : 砂の移動限界摩擦速度, s : 砂の水中比重, g : 重力加速度である。

u_*, u_{*c}, u_{*c} は次式から計算した。

$$u_* = \sqrt{g \cdot nq/h^{7/6}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$\frac{u}{u_{*c}} = 6.0 + 5.75 \log_{10} \frac{h}{d_m(1 + 2u_*^2/sgd_m)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$u_{*c} = \sqrt{0.05 sgd} \quad \dots\dots\dots(5)$$

ここに、 u : 鉛直平均流速, h : 水深, d : 砂粒径, d_m : 砂の平均粒径, q : 単位幅流量であって、(1)式の $\partial q_{Bx}/\partial x, \partial q_{By}/\partial y$ の計算にはそれぞれ u, q の x, y 成分を用いた。

前節で得られた各時点の氾濫流況を対象として、式(1)~(5)を計算し、 dz/dt の平面分布を検討した。 u_{*c} (式(5)) の代表粒径としては、(1) $d=100$ mm, (2) $d=d_m=50$ mm の2種類を用い、 $s=1.65, \lambda=0.5$ とした。なお、 $d=100$ mm は礫堆積域の90%粒径あるいは最大粒径 ($d_{max}=200$ mm) の混合砂としての移動限界 (Egiazaroff 式による) 相当粒径に対応する。

Fig. 26 (a), (b) は、ピーク流量に対応する8時45分の流況 (**Fig. 25 (c)**) について、それぞれ(1), (2)の粒径を用いた $\partial z/\partial t$ の計算結果である。 $\partial z/\partial t$ の値は、正 (堆積)、負 (侵食) いずれも 4×10^{-6} m/s (≈ 14 cm/hr) を境界として、2段階に区分してあって、堆積記号は・, D, 侵食記号は-, Eの順に $\partial z/\partial t$ の値が大きいことを示している。

Fig. 26 (a) と **Fig. 20** と比較すると、上河内上流部の Point Bar 地形の形成域と礫堆積域、城山裏側で洗掘池の生じた侵食域および下河内上流端の礫堆積域について計算値と調査結果がほぼ対応しており、3.1(1)に述べた西方寺原の侵食が卓越する傾向も類似している。一方、**Fig. 26 (b)** では、地形変動の領域が全般的に広く、とくに下河内の下流端付近では調査結果にみられない侵食・堆積が生じている。したがって、掃流砂による地形変動については $d=100$ mm 程度の砂礫が支配的であったと考えられ、**Fig. 24** に示すよう



Fig. 26 (a), (b) The calculated distributions of deposition and erosion area in flood plain

にピーク流量に近い流況が3時間程度継続する際の地形変動量についても上記の $\partial z/\partial t$ の値はほぼ妥当なオーダーと云える。

以上、掃流砂に基因する堤内地の地形変動の目安を得たにとどまったが、浮流砂およびウォシュ・ロードを伴う地形変動についても現在解析をすすめている。

5. 結 言

洪水氾濫による堤内地の侵食や土砂堆積は、単なる浸水災害と異った形態の甚大な被害をもたらし、特に、山地河川においてその事例が多い。本研究では、こうした洪水氾濫による地形変動を明らかにして、堤内地の安全な土地利用を計るための基礎資料を得るために、1983年7月に発生した三隅川の洪水災害を対象として、堤内地の侵食・堆積の実態調査と洪水氾濫解析に基づく検討を行った。

まず、三隅川の中・下流部における侵食・堆積状況を検討し、その特徴として、河道遷緩点である9km付近より上流の河谷の狭小な区間では侵食が、それより下流の河谷が広く河道こう配の減少した区間では堆積が卓越することを指摘するとともに、侵食・堆積土量を推算した。

つぎに、9km地点の直下流で著しい土砂氾濫のあった上河内・下河内地区に着目して堤内地の測量と堆積土砂の粒度調査を行った。その結果、上河内地区では、上流破堤部付近の河谷彎曲部でPoint Bar地形の形成と広範囲の砂礫堆積域がみられ、また、下流の河谷急縮部で侵食が生じており、河谷全体が流路となっていたことが確かめられた。一方、下河内地区では、河岸から山際に向けて自然堤防状の傾斜堆積地形をなしている領域とほぼ一定の堆積厚をもつ低湿地域がみられ、典型的な洪水氾濫原の特徴が指摘できた。この地形変化の特徴は、堆積土砂の粒度調査の結果とよく対応しており、平均粒径に注目して礫領域($d_m=10\sim100\text{ mm}$)と砂領域($d_m=0.1\sim1\text{ mm}$)に大別し、前者が掃流砂、後者が浮流砂堆積域に対応することを説明するとともに、下河内の山際には $d<0.1\text{ mm}$ の粒度比率が70%を超えるウォシュ・ロード堆積域が存在することを明らかにした。また、以上の氾濫地形と砂礫調査の結果から堤内地における主要な洪水氾濫流況を推定した。

最後に、このような洪水氾濫の流況とそれによる堤内地の侵食・堆積を再現するために、洪水流の平面二次元氾濫解析を行った。本解析では、河川堤防あるいは河岸道路からの越流および破堤時の堤防周辺流況を詳細に検討するために、空間差分を堤防、道路幅程度に小さくとった点に特徴があるが、上流端境界条件の設定や地形急変点の流れの解析などに困難を伴い、計算に長時間を要した。なお上流端付近の水位や破堤直後の流況に問題点はあるが、上河内・下河内地区ではピーク水位の計算値と洪水痕跡がほぼ一致し、洪水氾濫過程や平面流況についても調査結果と対応することが示された。つぎに、各時点の氾濫流況の計算値を用いて、掃流砂による堤内地の侵食・堆積速度の計算を行った。その結果、ピーク流量に相当する流況に関して、 $d=100\text{ mm}$ を用いた侵食・堆積速度分布の計算結果が主に礫の堆積と侵食域の地形変動の調査結果とほぼ対応することが指摘された。

以上のように、本研究では山地河川の大出水時に生ずる堤内地の地形変化の実態を明らかにするとともに、洪水氾濫と地形変動に関する水理解析を試み、掃流砂による地形変動予測の可能性を示した。今後、浮流砂およびウォシュ・ロードを含めた地形変動解析を行い、堤内地の危険度の評価とあわせて土砂氾濫を軽減する堤防の構造や水害防備林の効果などについても検討をしたいと考えている。

最後に、本研究の実施に際して、貴重な資料や情報の提供を頂いた島根県土木部、三隅町役場ならびに三隅町の住民の方々に深く感謝いたします。また、現地調査とくに地形の測量に御協力頂いた防災研究所の宇民 正助手、上野鉄男助手、河田恵昭助教授および中川 一助手に深謝いたします。さらに、堆積土砂の調査に際しては本学大学院生、田村多佳志、赤松英樹の両君に協力して頂き、中村行雄技官には現地調査と資料整理全般にわたって御助力頂いた。ここに記して謝意を表します。なお、本研究の調査費の一部は、自然

災害特別研究(突発災害)「昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究」(研究代表者 角屋 睦教授)の補助を受けた。また数値計算に際しては京大大型計算センターを利用した。関係各位に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 石川俊夫・花島政人・荒川 淳・東 晃：河川氾濫による土砂の分布について、水害の総合的研究，石狩川上流氾濫の第1回調査報告，柏葉書院，1948, pp. 109-133.
- 2) 科学技術庁資源局：都市における水害とその事後対策一久留米・熊本両市に関する実態調査報告一，資源局資料，第15号，1958, pp. 4-7.
- 3) 科学技術庁資源局：狩野川流域の地形・土地利用と昭和33年水害，資源局資料，第58号，1966.
- 4) 京都大学江の川・高津川水害調査研究グループ：昭和47年7月水害の調査研究一江の川水系を中心に一，昭和47年7月豪雨災害の調査と防災研究（昭和47年度文部省科研費，研究代表者 矢野勝正），1973, pp. 146-156.
- 5) 籠瀬良明：自然堤防一河岸平野の事例研究一，古今書院，1975.
- 6) Reineck, H. E. and I. B. Singh: Depositional Sedimentary Environments, Second, Revised and Updated Edition, Springer-Verlag, 1980, pp. 257-314.
- 7) 大矢雅彦：京都盆地南部，巨椋池周辺の水害地形，第20回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集，1983, pp. 303-306.
- 8) 三隅町役場編：建設の歌一三隅川災害復旧工事竣工記念号一1949, pp. 1-31.
- 9) 角屋 睦・岡 太郎・増本隆夫・田中礼次郎・今尾昭夫・福島 晟：島根西部河川の洪水流出特性，文部省科研費，自然災害特別研究突発災害研究成果，No. B-58-3，昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究（研究代表者 角屋 睦），1984, pp. 99-109.
- 10) 岩佐義朗・井上和也・水鳥雅文：氾濫水の水利の数値解析法，京都大学防災研究所年報，第23号B-2，1980, pp. 305-317.
- 11) 高橋 保・大久保賢治・中川 一：昭和57年長崎豪雨における中島川の洪水氾濫解析，京都大学防災研究所年報，第26号B-2，1983, pp. 109-126.
- 12) 村本嘉雄・藤田裕一郎・大久保賢治：三隅川の洪水災害(1)一堤内地の侵食と堆積一，自然災害特別研究突発災害研究成果，No. B-58-3，昭和58年7月山陰豪雨災害の調査研究，1984, pp. 110-127.