

## ◆ 水系の土砂管理特集 ◆

# 山地流域における土砂移動の実態 — 粒径別土砂収支の作成 —

水野秀明\* 南 哲行\*\*

## 1. はじめに

山腹斜面から生産された土砂は溪流に入り、河道を通って、河口から海へと移動していく。その移動は降雨の出水とは異なり、移動と停止を繰り返すといった不連続なものである。土砂は、そのように移動していく過程で、様々な問題を引き起こしている。

山地流域では、大規模な降雨が生じたとき、土砂は土石流や土砂流等の輸送形態で運搬される。その際、平成7年7月に発生した北信越豪雨災害<sup>1)</sup>に見られるように、土砂は勾配変化点付近で急激に堆積するため、場合によっては土砂や洪水の氾濫を引き起こす。また、そのような激しい土砂移動が生じないような降雨でも、荒廃した山腹斜面から粘土やシルト等の微細粒土砂が溪流へ流れ込み、下流へ移動していく。

ダム貯水池では、上流から移動してきた土砂が堆積し、その貯水容量が計画以上の速さで減少している事例<sup>2)</sup>も見られる。また、揖斐川上流にある横山ダムの堆砂資料<sup>3)</sup>を整理した研究成果<sup>4)</sup>では、その堆積形状から、粒径1.0mm以上を掃流砂、0.2~1.0mmを浮遊砂、0.2mm以上をウォッシュロードに分類している。この分類によれば、横山ダムでの堆砂量(12年間)のうち、38%が掃流砂成分、17%が浮遊砂成分、45%がウォッシュロード成分であった。このようにダム貯水池では1.0mm未満の土砂(ここでは浮遊砂成分以下)が多く堆積している。

また、下流の河川では、河床の上昇に伴って洪水氾濫の危険性が高まったり、河床の低下に伴って護岸や橋梁などの人工構造物の基礎部分が洗堀され、不安定な状態になったりしている。

次に、河川に生息する生態系について考えてみる。魚類は瀬を産卵や採餌等の生活の場、淵を主に越冬の場として利用したり<sup>5)</sup>、河岸付近の植生

で休息や越冬しているようである<sup>6)</sup>。このように河川生物の生活環境は河床などの状態に大きく影響を受けることがわかる。

海岸では、その侵食が海岸沿いにある構造物の安定性を低めたり、海岸の生態系に大きく影響を与えていたりしている。

現在、これらの土砂移動に伴って発生する問題への対策は、土砂が移動する領域を、砂防、ダム、河川、海岸といった区域に分割して、それぞれの領域で講じられている。しかし、そのような対策にもかかわらず、土砂が引き起こす問題は完全に解決されているわけではない。このような背景の元で、平成9年9月から平成10年6月にかけて河川審議会総合土砂管理小委員会が計5回にわたり開催された。この小委員会では、土砂管理の場として最上流部の山腹斜面から海岸の漂砂域まで、土砂移動の起こる領域全体を促進する必要があるとされている。この領域全体を指す言葉として、従来の「水系」に海岸の漂砂域を加えた「流砂系」が定義されている。その報告<sup>7)</sup>の中では、「場の連続性、時間の連続性、土砂の量と質、水との関連」といった視点から、①土砂移動のモニタリングや②土砂を流す砂防、③流砂系内土砂再生化システムの構築、④ダムにおける新たな土砂管理システムの確立、⑤河川構造物の適正な維持管理、⑥適正な砂利採取などを推進していくよう提言されている。この提言の中でも、流砂系一貫としたモニタリングを組織的、体系的に推進していくよう提言されている。これは、土砂移動の実態が量や質(粒径)に加えて時間といった観点から、流砂系一貫して未だに明らかにされていないためである。

そこで、本報告では、既往の観測資料に基づいて、山地流域における大規模な出水前後での土砂移動の実態を、粒径別の土砂収支を作成することによって整理し、その特徴を整理する。さらに、今後土砂移動モニタリングを行っていく上で着眼点を考察する。

## 2. 既往観測資料に基づいた粒径土砂収支

### 2.1 対象流域と出水

今回粒径別の土砂収支を作成する流域は、既往の観測資料が整理されている天竜川水系小渋川流域と安倍川流域、並びに近年大規模な出水の発生した姫川流域浦川の3つである。

図-1は天竜川水系小渋川流域を示したものである。この流域では、昭和57年8月と9月に台風10号(総雨量438mm、最大時間雨量29mm、最大流入量 $578.8\text{m}^3/\text{sec}$ )、台風18号(総雨量296mm、最大時間雨量14mm、最大流入量 $396.7\text{m}^3/\text{sec}$ )による比較的大きな土砂移動現象が発生した<sup>8)</sup>。

図-2は安倍川流域を示したものである。この流域では、昭和57年8月、9月、11月に台風10号[日雨量671.5mm(昭和57年8月1日:梅ヶ島雨量観測所)、最大流入量 $3,856.8\text{m}^3/\text{sec}$ ]、台風18号[(日雨量178.0mm(昭和57年9月12日:梅ヶ島雨量観測所)、最大流入量 $2,898.6\text{m}^3/\text{sec}$ ]、低気圧の通過[日雨量252.1mm(昭和57年11月29日:川島雨量観測所)、最大流入量 $2,208.1\text{m}^3/\text{sec}$ ]によって比較的大きな土砂移動が起こった<sup>9)</sup>。

図-3は姫川水系浦川の流域を示したものである。この流域では、平成7年7月11日から12日にかけて梅雨前線による豪雨[総雨量550mm(平成7年7月11日3時から12日11時)]が発生し、大規模な土砂流出があった<sup>10)</sup>。

### 2.2 作成方法

粒径別土砂収支は、出水後に行われた河床縦横断測量から求まる河床変動量と、河床材料調査のうち土の粒度試験の結果から求まる各粒径階の存



図-1 天竜川水系小渋川流域

在割合より、各粒径毎の変動量を算出し、収支を計算したものである。なお、当該区間が出水後堆積した場合には出水後の河床材料調査の結果を用い、出水後侵食した場合には出水前の河床材料調査の結果を用いた。なお、土の粒度試験のサンプルは河川砂防技術基準(案)にある方法で採取しており、鉛直方向にいくつかのポイントで採取したものではない。

表-1に、各流域で粒径別土砂収支を作成する際に使用した河床縦横断測量調査、河床材料調査の実施年を示す。

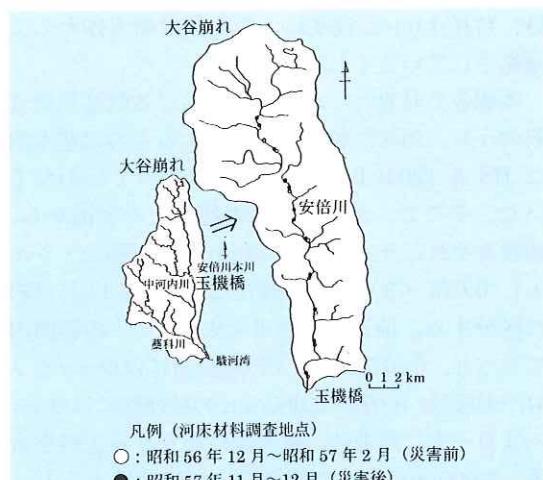


図-2 安倍川流域



図-3 姫川水系浦川流域

表-1 使用した既存観測資料

流域名	河床縦横断測量調査		河床材料調査	
	出水前	出水後	出水前	出水後
天竜川水系小渋川	S56.12 ～S57.1	S57.11 ～S58.2	S46.10 ～11	
安倍川	S56.12 ～S57.2	S57.11 ～S57.12	S53.3	S57.10
姫川流域浦川	H6.8	H7.9	H3**) H5***)	H8 H9**)

\*) 空港写真からの航測縦横断測量

\*\*) 山腹斜面のみ \*\*\*)) 参考文献<sup>9)</sup>

### 2.3 粒径別土砂収支

表-1の既存資料から、3流域において粒径別土砂収支を作成する。なお、図中の数字は各区間からの流出土砂量を示しており、その区間への上流からの流出量と、その区間からの流出量の差が河床変動量を意味する。また、正は堆積、負は侵食を意味する。

また、流水中で土砂は、ウォッシュロード、浮遊砂、掃流砂として移動している。既往研究<sup>9),12)</sup>の範囲では、粒径0.2mm程度以下の土砂は、ウォッシュロード、粒径0.2~1.0mm程度の土砂は浮遊砂、粒径1.0mm程度以上の土砂は掃流砂として運搬されているとしている。

本報告で対象とした3流域における既往観測資料のうち、河床の粒度分布に関するものは基本的にJIS A 1204(土の粒度試験)に沿って行われていた。そこで、データ整理の便宜上の理由から、粒径をそれにそって、0.075mm以下(粘土・シルト)、0.075~2.000mm(砂)、2.000mm以上(礫)に区分する。前述の既往研究成果<sup>9),12)</sup>の範囲内で言うと、0.075mm以下の粒径階にはウォッシュロード成分、0.075~2.000mmの粒径階にはウォッシュロード、浮遊砂、掃流砂になりうる土砂を含み、2.000mm以上の粒径階には掃流砂となりうる土砂が各々含まれている。

#### 2.3.1 天竜川水系小渋川での事例

図-4から図-6は天竜川水系小渋川の事例<sup>8)</sup>で、順に粒径0.075mm以下の成分、0.075~2.000mmの成分、2.000mm以上の成分を示している。板屋沢、上沢、小河内川、青木川、塩屋川の各支川から小渋川本川に流入した土砂と、板屋沢合流点より上流域から流出してきた土砂の内、最も多いのは2.000mm以上の成分で $2,221.8 \times 10^3 m^3$ であり、次いで多いのは0.075~2.000mmの成分で $426.3 \times 10^3 m^3$ であった。また、最も少ないのは0.075mm以下の成分で $256.2 \times 10^3 m^3$ であった。一方、小渋川本川から小渋ダムに流入した土砂の内、2.000mm以上の成分で $1,775.3 \times 10^3 m^3$ 、0.075~2.000mmの成分で $337.0 \times 10^3 m^3$ 、0.075mm以下の成分で $278.7 \times 10^3 m^3$ であった。このように、小渋川流域の事例では、0.075mm以上の土砂は本川河道で堆積しており、一方それ以下のものは河床に堆積することなく、ほとんど流下していることが推測される。

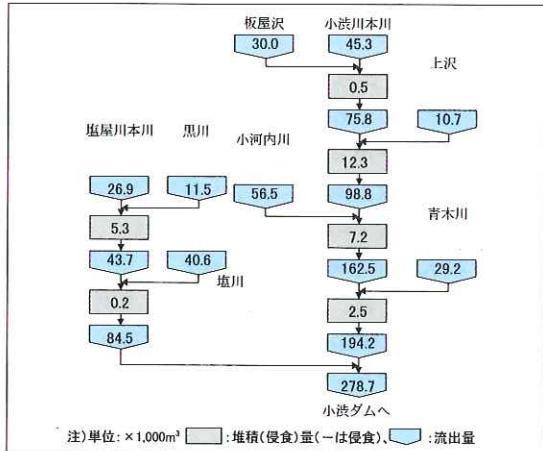


図-4 粒径別土砂収支 (小渋川 : ~0.075mm)

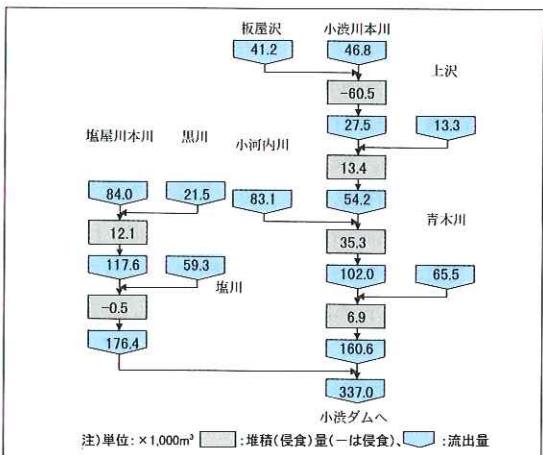


図-5 粒径別土砂収支 (小渋川 : 0.075~2.000mm)

#### 2.3.2 安倍川流域での事例

図-7は安倍川の事例<sup>9)</sup>である。安倍川の既存資料からは、上流から本川への土砂の流出量が不明であったことから、本川区間の河床変動量を示している。図-7から、昭和57年出水では河床は河口から43kmと22kmの区間を除いて、堆積傾向にあった。堆積区間に着目すると、最も多く堆積している土砂は2.000mm以上の成分で、次いで0.074mmから2.000mmの成分であった。最も堆積が少なかった土砂は、0.074mm以下の成分であった。同様に、侵食区間でも、2.000mm以上の成分、0.074mmから2.000mmの成分、0.074mm以下の成分の順に侵食量が多かった。このように、安倍川の事例でも0.074mm以下の土砂は河床に堆積せず、ほとんど流下したものと推測できる。

### 2.3.3 姫川水系浦川での事例

図-8 から図-10 は姫川水系浦川の事例<sup>10)</sup>で、順に粒径 0.075mm 以下の成分、0.075~2.000mm の成分、2.000mm 以上の成分を示している。金山沢、唐松沢の各支川から浦川本川に流入した土砂と、姫川本川との合流点までの両岸から流出してきた土砂の内、最も多い土砂は 2.000mm 以上の成分のもので  $789.5 \times 10^3 \text{m}^3$  であり、次いで多いものは 0.075~2.000mm の成分のもので  $310.4 \times 10^3 \text{m}^3$  であった。

また、最も少いのは 0.075mm 以下の成分で  $130.7 \times 10^3 \text{m}^3$  であった。一方、浦川本川から姫川本川に流入した土砂の内、2.000mm 以上の成分で  $133.4 \times 10^3 \text{m}^3$ 、0.075~2.000mm の成分で  $113.2 \times 10^3 \text{m}^3$ 、0.075mm 以下の成分で  $120.6 \times 10^3 \text{m}^3$  であった。このように、浦川流域の

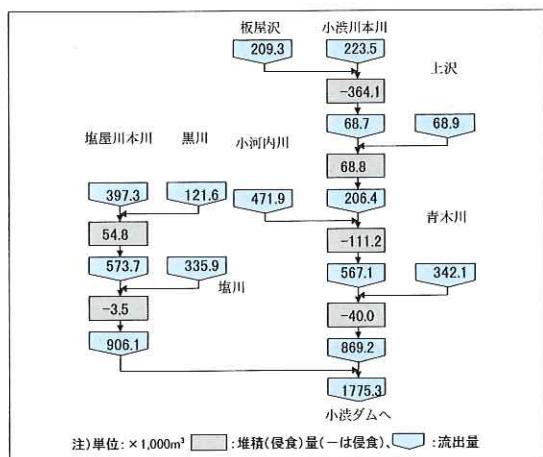


図-6 粒径別土砂収支 (小渋川 : 2.000mm~)

事例では、すべての粒径階で堆積していた。その堆積量は 0.075mm 以下の成分、0.075~2.000mm の成分、2.000mm 以上の成分の順に多くなっている。また、0.075mm 以下の成分の堆積量は  $10.1 \times 10^3 \text{m}^3$  であった。このように、浦川の事例では、0.075mm 以上の土砂のうち大部分が堆積し、一方 0.075mm 以下の土砂のうち大部分が流下したものと推測できる。

### 3. 山地流域における土砂移動の特性

図-11 は土砂生産域の崩壊跡地における粒度分布で、3 流域のものをプロットしている。小渋川流域の粒度分布は西山崩壊地で採取した土砂のもの、安倍川流域の粒度分布は大谷川右岸の崩壊跡地で採取した土砂のもの、浦川流域での事例は唐松沢左岸で採取した土砂である。なお、サンプルを採取した箇所は、上流域の崩壊跡地で表層に近いため、細粒土砂が流出している可能性がある。小渋川流域 (四万十帶、秩父帶、三波川帶、領家帶) での事例では、32.6% が 0.075mm 以下の成分であり、22.3% が 0.075~2.000mm の成分、残りの 45.1% が 2.000mm 以上の成分であった。安倍川瀬戸内層郡の事例では、1.1% が 0.075mm 以下の成分であり、17.7% が 0.075~2.000mm の成分、残りの 81.2% が 2.000mm 以上の成分であった。また、浦川流域 (第4紀火山噴出物) の事例では、1.3% が 0.075mm 以下の成分であり、48.7% が 0.075~2.000mm の成分、残りの 50.0% が 2.000mm 以上の成分であった。このように、山腹斜面での粒度分布は流域毎にまちまちである。

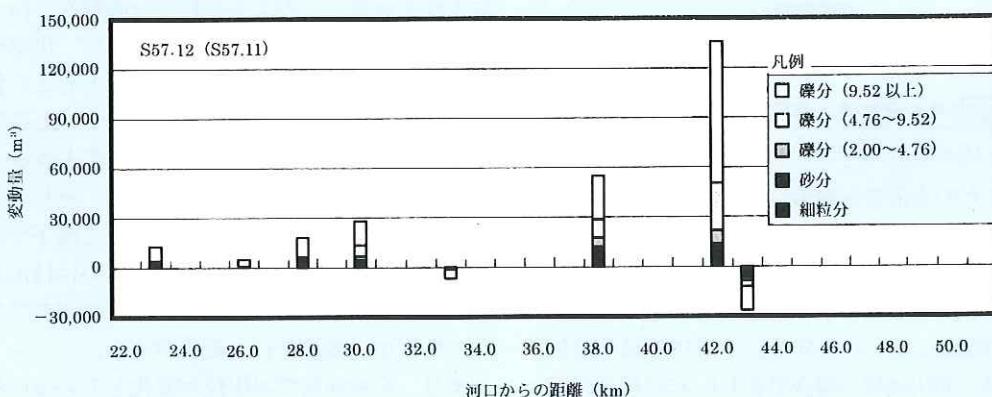


図-7 粒径別の河床変動量 (安倍川)

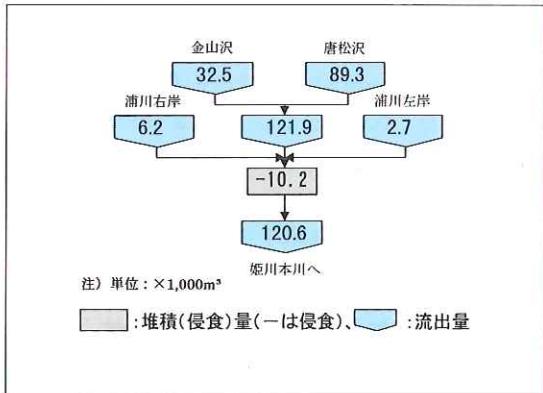


図-8 粒径別土砂収支 (浦川 : ~0.075mm)

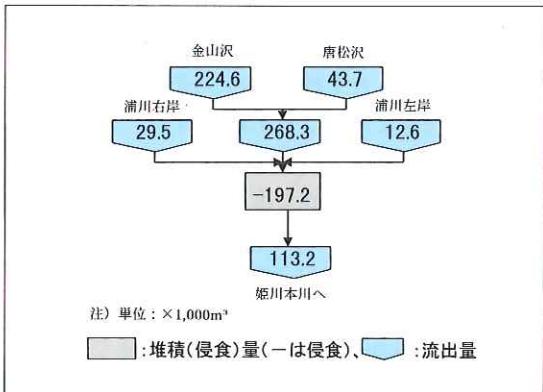


図-9 粒径別土砂収支 (浦川 : 0.075~2.000mm)

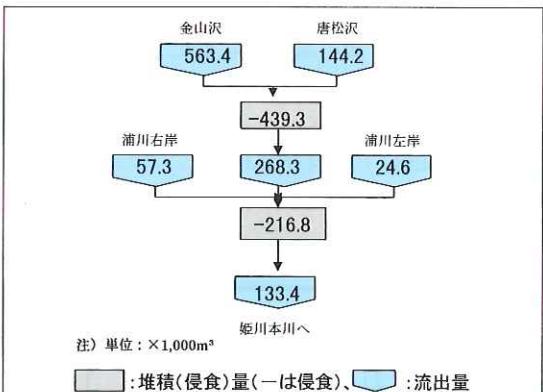


図-10 粒径別土砂収支 (浦川 : 2.000mm~)

しかし、その大部分が掃流砂成分で構成されていることがわかる。

粒径別土砂収支が作成できた2流域での事例を整理すると、上流域もしくは支川から本川に流入した0.075mm以上の成分は、小渋川流域の事例で約20%、浦川流域の場合で約64~85%程度河床に堆積している。一方、0.075mm以下の成分は、溪流へ流れ込んだ量とほぼ同じか、もしくはそれ

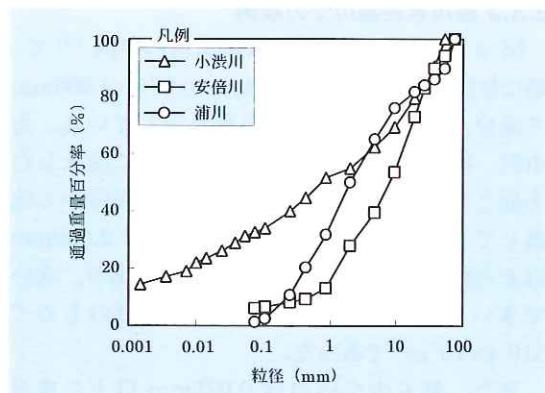


図-11 山腹斜面上の土砂の粒度分布

以上の量となって流下している。このことから、山地流域では0.075mm以下の土砂はほとんど堆積せず、より下流まで流れしていくといえる。

以上の整理結果はあくまで出水前後に計測された記録に基づくものであり、一洪水期間中における土砂移動の実態が把握されたわけではない。また、一洪水期間中に流出せず、そこにたまつた土砂が、その後どのように移動したか、について整理されてない。これらは、今後行っていく土砂移動モニタリングで把握しなければならない。

#### 4. 今後の課題

本報告では、一定期間の間に発生した出水に伴う土砂移動の実態を、出水前後に行われた河床縦横断測量や河床材料調査から、定性的に整理した。その結果、粒径0.075mm以下の土砂は河床にほとんど堆積せずに、流下していることが明らかとなった。土砂生産域の崩壊跡地にある土砂には、約5割の細粒成分(本報告では2,000mm以下)が含まれている。このような粒度分布特性を持つ土砂が、溪流に流入することを考えれば、出水時に移動する土砂の大部分は、細粒成分と考えられるであろう。即ち、流砂系<sup>7)</sup>一貫として土砂管理を考える場合、ウォッシュロードや浮遊砂成分の土砂移動実態を把握する必要がある。それらの土砂は河床にほとんど堆積することなく流下することから、その移動実態を把握するためには出水前後における河床縦横断測量や河床材料調査に加えて、出水中の観測を行う必要がある。

また、出水前後で河床位が変化していない場合でも、出水中に河床変動が生じ、土砂が移動している可能性もある。このような場合、本報告で用

いた粒径別土砂収支の作成方法では、土砂移動の実態を正確に表現しているとは言えなくなる。従って、このような出水中の河床変動は未だ十分に把握されているわけではないことを考えると、今後その実態を把握する必要がある。

さらに、流砂系の総合的な土砂管理を行う際に、土石流や土砂流によって運搬されてくる土砂や掃流砂に加えて浮遊砂のような河床に堆積しにくい土砂を対象にして行く必要がでてくる。ところが、砂防ダム等の対策施設が、一洪水中においてどのような粒径の土砂と、どの程度の量だけ捕捉・調節しているのか、実際に観測された事例はほとんどない。そこで、今後はそのような土砂の捕捉・調節効果を質(粒径)、量、時間といった観点から把握していく必要がある。

## 5. おわりに

今回は既往観測成果に基づいて、山地流域における土砂移動の実態を量、質(粒径)の観点から整理してみた。その結果、一洪水期間中では細かい土砂は山地流域からほとんど流出し、大きい土砂は山地流域内に溜まっているという傾向がわかつた。このように土砂は、その粒径の大小に応じた時間で、山地流域から河道を通り、海まで移動していく。従って、今後はそのような土砂移動の実態を流砂系一貫した土砂移動モニタリングや建設省技術研究会等と連動して、量、質(粒径)に加えて、時間の観点から把握していきたいと考えている。また、今後の課題で整理した一出水中の土砂移動や河床変動の実態を現地で観測することによって、明らかにしていきたいと考えている。

最後に、既往文献を快く提供していただき、またその収集整理を引き受けてくださった関係各位の方々には心から感謝の意を表します。

## 参考文献

- 建設省土木研究所砂防部：平成7年7月11日～12日長野県・新潟県豪雨による土砂災害(速報),砂防学会誌, Vol.48, No.3, pp.42-47, 1995.
- 建設省河川局開発課、建設省土木研究所水工水資源研究室：ダム貯水池の土砂管理に関する研究, 第51回建設省技術研究会報告, pp.11-1～pp.11-18, 1997.
- 越美山系砂防工事事務所、砂防地すべり技術センター：越美山系多目的ダム上流砂防計画業務委託報告書, 1979.
- 水山高久：山地河川の浮遊砂観測, 土木技術資料, Vol.22, No.5, pp.46-51, 1980.
- 鈴木興道：生物にとっての河岸, 土木技術資料, Vol.35, No.8, pp.37-53, 1993.
- 斎藤大作、藤田満士：魚類から見た河川流域環境-後志利別川を例として-, 開発土木研究所月報, No.535, pp.33-42, 1997.
- 河川審議会総合政策委員会総合土砂管理小委員会：「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」報告, 1998.
- 建設省中部地方建設局天竜川工事事務所：平成9年度天竜川水系土砂管理計画検討業務報告書, 1998.
- 建設省中部地方建設局静岡河川工事事務所：平成9年度安倍川水系土砂管理手法の検討業務, 1998.
- 建設省北陸地方建設局松本砂防工事事務所：平成9年度姫川水系総合土砂管理計画検討業務報告書, 1998.
- 渡辺昇、小林宏至、櫻井亘：姫川支川浦川で発生した大規模土石流について, 砂防学会誌, Vol.46, No.1, pp.41-44, 1993.
- 吉川秀夫：流砂の水理学, 丸善株式会社, 1985.

水野秀明\*



建設省土木研究所砂防部  
砂防研究室研究員  
Hideaki MIZUNO

南 哲行\*\*



同 砂防部砂防研究室長  
Noriyuki MINAMI