

## 1. はじめに

近年、河川の環境に対する関心も強くなり、旧河床に生えている樹木の取扱が注目されている。土砂流出が著しく、種々の土砂流出形態が発生している山地溪流においても、平水流路の側面に形成されている旧河床面に植生が発達している。

ここでは、土砂流出が著しく、種々の土砂流出形態が発生している溪流における長期の観測・調査に基づき、土石流の発生後の流路形成・変動と植生の関係を明らかにし、土砂輸送の場における樹木が流れや水棲生物に与える影響を考えるための基礎資料を得ることを目的としている。

## 2. 調査地域の概要

調査地域とした足洗谷 (7.2km<sup>2</sup>) は焼岳に源を有しており、土石流が多発する土砂流出の盛んな溪流である。この溪流において土石流の発生に関する記録が整備されたのは昭和37年の焼岳火山の噴火以降で、この噴火直後、土石流は年に数回発生しているが、徐々に土石流の発生は少なくなっている。昭和63年(1988)以降、足洗谷流域において土石流は観測されていない。土石流の発生がなくなり、流出土砂の減少によって流路形態も変化してきている。とくに、平面的に流路が安定して段丘面が侵食されなくなり、昭和63年以降の段丘堆積面や旧河床にはハンノキが生育している。今後、洪水が発生した場合、これらの樹木が流れや流路変動に影響すると考える。また、この溪流において、一時は魚が生育できなくなったと言われていたが、約200m間隔で設置された砂防ダムの中で、上流で放流された岩魚が自然繁殖していることや水性昆虫なども豊富に生育していることが認められている。

そこで、最近の土石流の発生直後から現在までの様に流路形態が変化し、植生が発達したかをハンノキを指標として、その実態を明らかにする。

足洗谷本川の縦断形状は図1に示すように、200~400mの間隔で砂防ダムが設置され、河床勾配は深谷上流砂防ダム(U.F.Dam)を境に上流では勾配が15/100であるのに対して下流側では10/100以下となっている。特に、深谷砂防ダム(F.Dam)と深谷上流砂防ダムの間では勾配が7/100となっている。ここでは、中尾5号砂防ダム(N5.Dam)から深谷上流砂防ダム(U.F.Dam)の間の流路の縦断形について調査結果を示す。

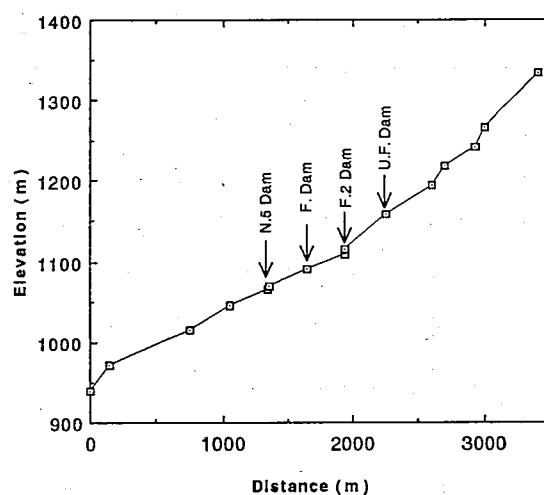


図1足洗谷の河床縦断と砂防ダムの位置

## 3. 流路の変動

深谷上流砂防ダム(U.F.Dam)と深谷砂防ダム(F.Dam)の間の河床縦断の変化を図2に示す。この図には1971年から1993年までの縦断(最低河床高)が示されている。1972年に土石流が発生し、その一部がこの区間で堆積したために深谷上流砂防ダムから下流へ約150mの区間では約5mの河床上昇が発生したが、1978年以降、河床は低下傾向にあり、1980年になると、この区間の中央部で河床が最も低くなる。この様な河床の低下防止と右岸の侵食防止護岸工事を前提とした落差の深谷第2砂防ダム(F2.Dam)が1983年にこの区間の中央部に完成している。このダムの完成と同時に上流の約100mの区間で河床の上昇が発生している。この区間の堆積勾配は約2/100で

従来この区間では見られなかった緩い勾配が形成されている。

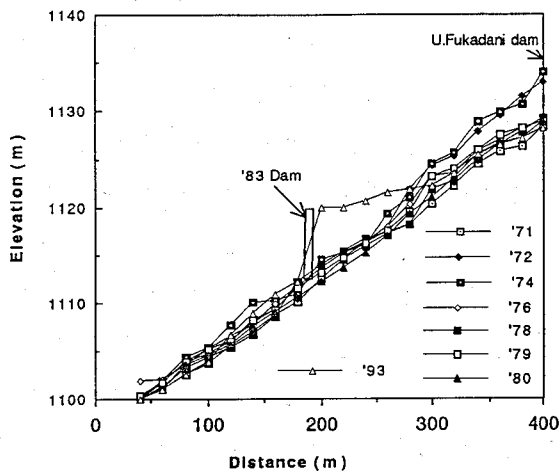


図2 深谷砂防ダム上流の最深河床縦断

深谷砂防ダムの下流における約400mの区間の1974年から1993年までの縦断の変化は図3の通りである。1974年から中尾5号砂防ダムの工事が開始され、工事途中の1975年に土石流の堆積によって元河床にはほぼ平行して2m～7mの河床の上昇がある。このダムは1976年に完成したが、その直後と1979年に土石流が発生し、河床は土石流の堆積によって元河床にはほぼ平行に河床が上昇している。その後、1981年には流路は若干低下する。1987年の土石流発生後、土砂流出は減少し、1993年になると、河床低下が進行して上流側では1975年の河床より低くなり、河床勾配も若干緩くなる。

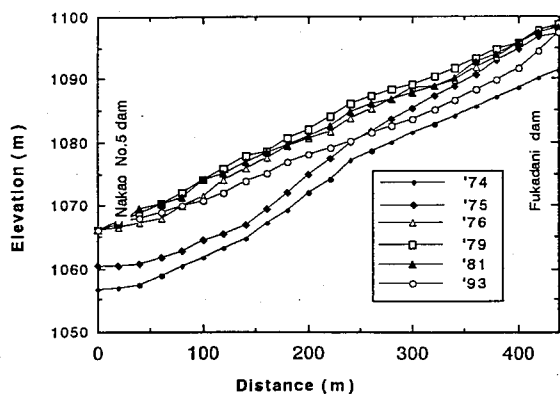


図3 中尾5号谷砂防ダム上流の最深河床縦断

図4は深谷上流砂防ダムの下流に1982年に人工的に作られた幅が約3mで長さが約100mの直線流路の変動過程を示している。この水路は1982年6月の洪水によって下流部における拡幅と部分

的な溪岸侵食が発生した。1983年になると蛇行が発生するが、1984年になると流路は一変して上流区間で直線的となる。その後、1987年になって流路は1983年の流路に近い形で蛇行を示す。1993年の流路は上流区間が直線的になるが、全体的な蛇行の傾向は変わらない。この間に1～3m<sup>3</sup>/sの洪水がこの流路に発生し、一時的に流路が拡大したり、分岐したりしているが、洪水の終了とともに元の流路に戻り、シュート・プールが形成された安定している。

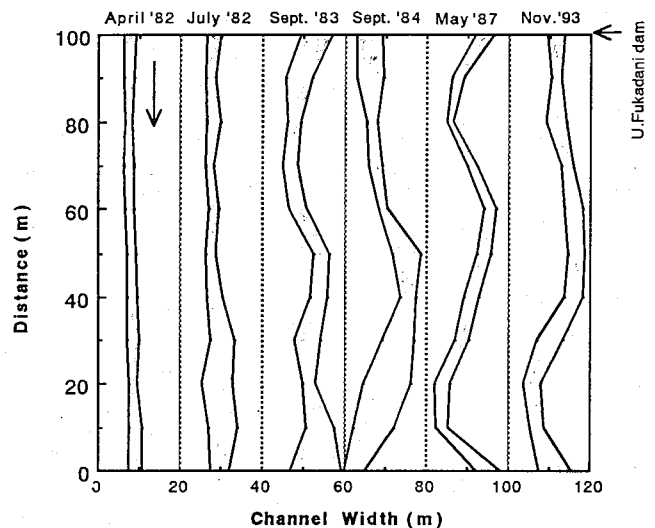


図4 深谷第2砂防ダム上流の流路変動

#### 4. 流砂の発生

調査地域の流路は平均河床勾配が1/10で、ステップ・プールが形成されている。河床は約0.1mm～1mの範囲に広く分布する材料で構成されている。その平均粒径は10cm程度であるが、河床に形成されたアーマ・コートの平均粒径は30cmから40cmである。この様なアーマ・コートやステップ・プールの発生条件について、流路幅は主流路に関するレジーム則 $B=1.2Q^{1/2}$ 、河床勾配は $I=0.05$ を用い、芦田・高橋・水山の式を適用して河床材料の平均粒径10cmとアーマ・コートの平均粒径30cmの移動限界流量を求めると、約0.3m<sup>3</sup>/sと約1.5m<sup>3</sup>/sになる。一方、現地において直径10cm程度のれきの移動開始が観測される流量は1～1.5m<sup>3</sup>/sであり、この流量で部分的なアーマ・コートの破壊が発生するものと考えられる。

1983年から1994年までに最大流量が $3\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水は3回発生している。この区間の流路では $3\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水が発生した場合、上流からの流砂の一時的な堆積によって平坦河床となるが、洪水の終了とともに元の流路形態に戻る。平年の洪水でも流砂が発生し、水面の拡大や古い流路の復活などによって流路は一時的に変動することが多い。観測用コンクリート水路のTVカメラの映像の解析から、1990年9月20日の $3.2\text{m}^3/\text{s}$ の洪水では直径約30cmのれきが、1991年7月12日の洪水では直径約20cmのれきが移動している。流砂量と河床形態について見ると、7月12日の17時15分から15分間の平均流量は約 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ で平均流砂量は約 $1.2\text{kg}/\text{s}$ である。その1時間後の18時15分から15分間の平均流量は約 $2.5\text{m}^3/\text{s}$ で流砂量は約 $256\text{kg}/\text{s}$ である。この様に流量が $1.5\text{m}^3/\text{s}$ から $2.5\text{m}^3/\text{s}$ に増加したことによって流砂量は約200倍にも増加している。図5はコンクリート水路における移動れきの個数 $n$ と流速 $V$ の関係を示したものである。17時15分と18時15分のれきの流出形態は大きく異なる。前者は流速と移動れきの数に比較的良好な関係が認められるのに対して、

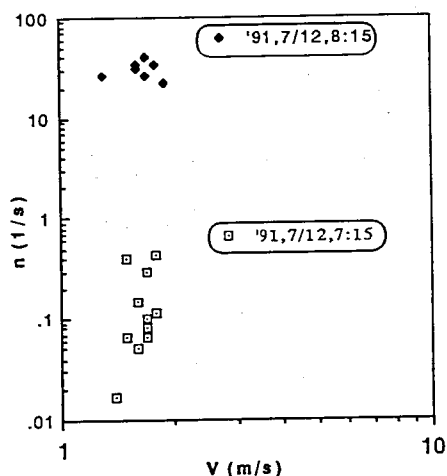


図5 流速と移動れきの関係

後者において流速と移動れきの関係は認められない。このような流砂の状態は、前者の場合は近くの河床のアーマ・コートなどの破壊がなく、アーマ・コートが形成された河床を掃流力に相当したれきが移動したもので、後者の場合は上流から流

砂があり、近くの溪岸・河床から局所的で一時的なアーマ・コートの破壊が発生し急激に土砂が移動したことによるものと考えられる。

## 5. 植生と流路の形成

足洗谷において、ハンノキについて樹齢と樹幹の直径との関係を調査した結果、樹径から樹齢を推定することが可能となった。調査区間の各横断測線（計38）において、約1mの幅で樹幹の直径と平水路岸からの距離を測定した。平水路岸からの距離(m)と植生密度 $n$  ( $1/\text{m}^2$ )および最大樹径 $d$ (cm)の関係は図6、図7および図8に示す。図6は深谷上流砂防ダムと深谷第2砂防ダムの間の植生を示す。植生密度は2mから4mの距離において最大

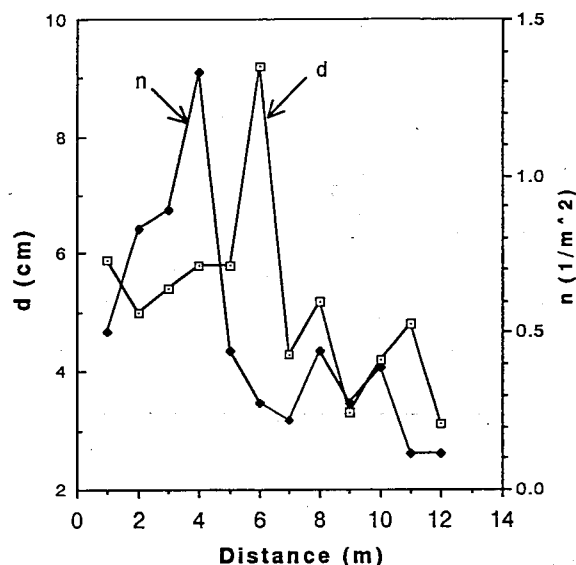


図6 旧河床における植生密度と最大樹径の分布を示している。最大樹径は平水路岸から6mの距離に最大値を示し、平水路岸に近いほど大きい傾向を示す。最大樹径が約9cmで樹齢は約9年で人工流路が形成された直後のものと考えられる。この区間の平水路岸に近いところの樹齢は約7年となっており、最大洪水流量が小さい1987年から1988年頃に生育したのと考えられる。図7は深谷第2砂防ダムと深谷砂防ダムの間における特性を示している。植生密度は5mから8mに最大値を示し、平水路岸に近いほど大きい傾向を示す。最大樹径は15m付近で最大値を示すが、平水路岸に近いほど大きくなる傾向を示す。この区間は、

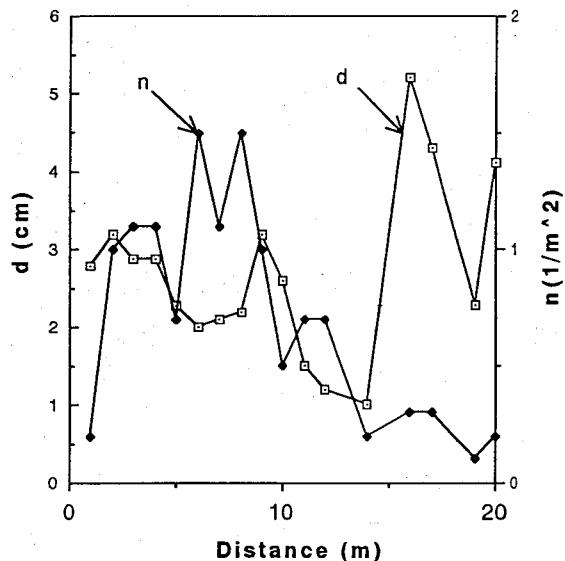


図7 旧河床における植生密度と最大樹径の分布

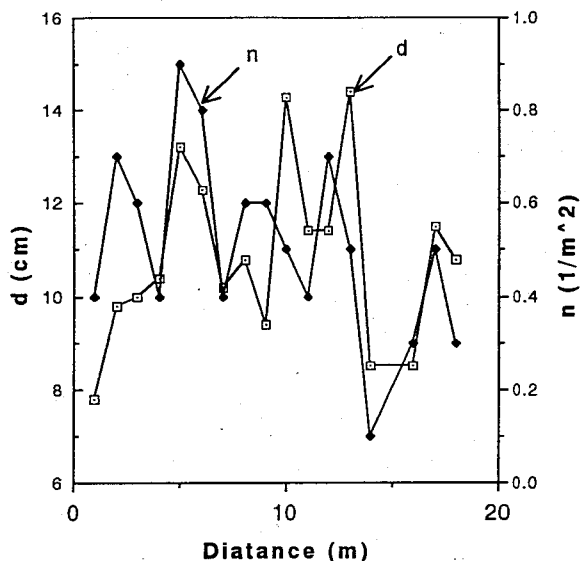


図8 旧河床における植生密度と最大樹径の分布

1990年に左岸の護岸工事が完了し、この工事に伴って河床が人工的に敷きならされている。従って、最大樹径は3cm程度で小さい。なお、この図において平水路岸からの距離が15m以上の所は工事の影響を受けていないので最大樹径が5cmのものが認められる。図8は深谷砂防ダムから中尾5号砂防ダムの間の植生を示したものである。中尾5号砂防ダムは1976年に完成し、1979年に発生した土石流がこのダムの上流に広く堆積した。この堆積面は今回の調査地域において最も古い。従って、この区間の樹径は10cmから15cmと大きい。これらは樹齢に換算すると約10年から13年になり、堆積面が形成されてから2年程で植生が開始されたものとする。この区間の特徴は平水路岸

から約10mの場所に最大樹径があり、平水路岸から5m以内でも10cm程度の樹径が認められることである。植生密度は平水路岸から5mのところにも最大値を示すが、平水路岸に近いほど密度が大きい傾向を示す。

## 5. 結語

以上、本文において山地溪流の流路変動と植生の形態に関する若干の知見が得られた。これらの内容を要約して結語とする。

1) 山地溪流の流路の特徴は階段状のステップ・プールが形成されることで、ステップ・プールが形成された流路は安定しており、洪水時に流出した土砂の一時的な堆積があっても洪水の終了時に元の流路に戻ることが多い。

2) 流路近傍の旧河床に生育するハンノキなどの樹木は、平水流路から2mから3m離れた所で樹径が大きく生育密度が大きい傾向を示すが、これは平水流路に近いところほど洪水時の冠水によって地表面が更新されることによるものとする。

3) 新設砂防ダムに堆積した土石流の堆積面は元河床の勾配に平行して堆積するが、その後、土砂流出が減少すると、砂防ダムは河床勾配を減少させることによって10年から20年の長期現象として土砂調節機能を示す。

最後に、本研究は（財）河川環境管理財団の河川整備基金の助成（H5～H7）を受けて実施されたものの一部である。ここに、記して関係各位に謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 芦田和男・高橋 保・水山高久：山地河川の掃尾砂量に関する研究、新砂防、107、1978、pp.9-17.
- 2) 沢田豊明・芦田和男：山地溪流における流路形態と土砂流出、第33回水理演習論文集、1989年、pp.373-378.
- 3) 沢田豊明・高橋 保：山地溪流の流路形態、京都大学防災研究所年報、第37号B-2、1994、pp.351-357.