

低ダム群による土石移動抑制効果

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-06-07 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 木村, 正信 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5816

低ダム群による土石移動抑制効果

木 村 正 信

森林・緑地管理学講座
(1988年8月1日受理)

Preventive Effect of Consolidation Works with Low-Dam Installation on Debris Scouring

Masanobu KIMURA

Department of Forest Land Management
(Received August 1, 1988)

SUMMARY

To clarify the actual condition of debris deposition, the distribution and mixing ratio of rocks larger than 60 cm in diameter, which are contained within deposits caused by debris flow, were investigated both in low-dam section and in wide section of channel, and the preventive effect of low-dam installation on debris scouring was considered.

Debris deposit in the lower reaches of the dam section consisted only of boulders and rocks under 2m in diameter, and mixing ratio decreased rapidly until 2%. In the wide section of the channel, however, rocks 2.6m in diameter were transported to the lowest reaches, and mixing ratio was distributed between 4 and 8% undulatingly in the whole stretch.

Lamina of fine sand among debris deposit, which was found on the side of the dams, suggests that deposition of debris took place there discontinuously. The accumulation of rocks in the entrance of the dam section represents the sudden decomposition of debris flow owing to the wide crown of consolidation dams. Therefore, it can be considered that by spatial dispersion the transported sediment was deposited in the dam section during debris flow. The preventive rate of debris scouring showed over 90% in the dam section and under 70% in the unconstructed stretch such as a wide section of the channel, respectively.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (53) : 25—32, 1988.

要 約

低ダム群施工区間と自然状態の溪床拡幅区間において、土石流堆積物に含まれる転石(直径60cm以上)の分布と混入率を調べて、土石の分散堆積の実態を明らかにし、低ダム群による土石の移動抑制効果を検討した。その結果、低ダム群区間の中央部より下流では直径200cm以上の転石は見あらず、混入率も2%にまで急激に低減することが明らかになった。自然状態の溪床拡幅区間では直径260cmの転石が最下端まで流出し、混入率は4—8%の間で波状に分布していた。

低ダム群区間では、側方部分の堆積断面に細粒砂層の介在が認められ、堆積が不連続に進行したものと思われる。また、入口付近に見られる転石の集積は土石流ヘッドの分解を意味している。したがって、土石が分散して堆積し、転石は中央部より上流で移動を停止したと推察される。自然河道での移動抑制率は70—30%に過ぎないが、低ダム群区間では90%以上に達し、低ダム群による抑制効果がうかがわれる。

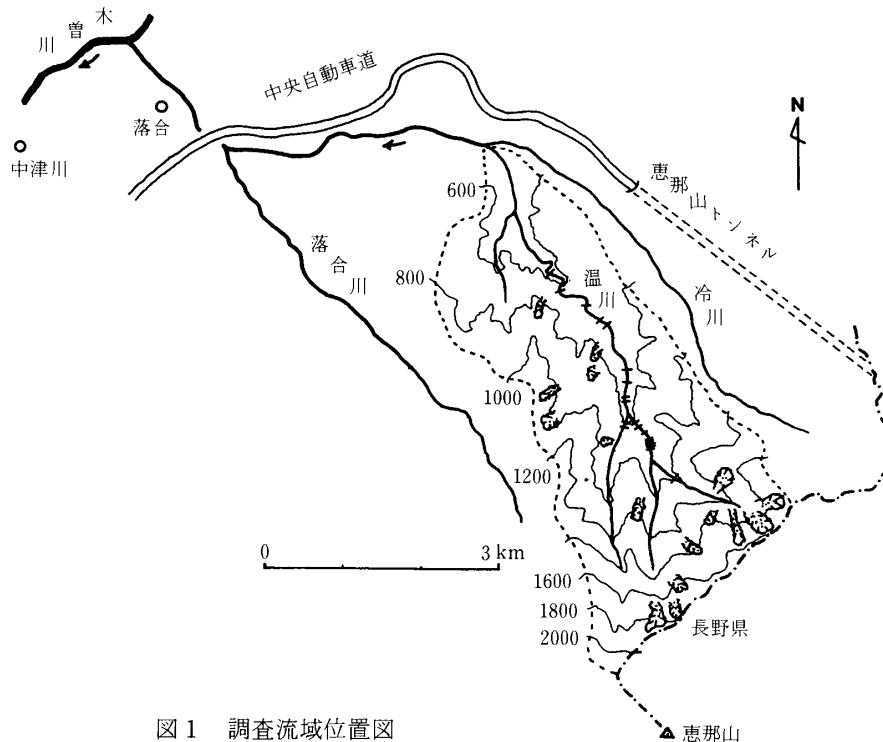


図1 調査流域位置図

動の質的なコントロールにも眼が向けられはじめた¹⁾。特に、流域の開発が進展するにつれて、施工区域は限定される傾向にあり、同時に適切なダムサイトも容易に見あたらなくなった。そのため、保全対象域までの間でいかに土石の移動を制御するかが、防災上、重要かつ緊急を要する課題となっている。近年、長野当局によって各地で採用されている低ダム群工法²⁾も移動の質的コントロールを目的とする工法の一つで、その効果は次第に実証されつつある^{3,4,5)}。この報告では、土石流堆積物に含まれる転石の混入率を調べ、低ダム群による流出土石の移動抑制効果を検証しようとした。

現地調査に際し、多大な協力を賜った長野営林局坂下営林署の各位に心より感謝する。

流域特性と遊砂地造成の経緯

調査の対象にした溪流は、岐阜県東濃地方に位置する落合川支流の温川である(図1)。流域面積13.3 km²、流路長7.5km、平均溪床勾配11.8%の溪流で、地質的には上流域が濃飛流紋岩、中流域が黒雲母花崗岩でそれぞれ構成されている。断層が縦横に走り、源流域には1 ha以上の崩壊地が数多く存在するため、崩壊率は11.3%と極めて高く、流域全体の不安定土砂量は約600,000m³と推定されている⁶⁾。流域の62%がヒノキを主とする森林で覆われ、家屋、道路、農地等の保全対象は流域内に存在しないが、本川との合流点より下流には人家、工場などが点在し、温川からの土砂流出による災害発生の危険性を有している。

1930年代より、流出土砂の扞止と溪床固定を目的とした国有林治山事業が実施され、30基近い谷止工、床固工がこれまでに施工されている。しかしながら、上流域での土石生産が依然として活発なため、1982年以降、図2に示す4箇所の溪床拡幅区間を中心に1986年時点で13基の床固工が設置され、遊砂地を確保するとともに、定期的に堆積土石が取り除かれ、溪床の縦侵食防止が図られている。このうち、第③遊砂地には1基の谷止工(No.8)と4基の床固工(No.9-12)が入っている。床固工はいずれも堤長62-75m、堤高4 m(有効高1.5m)の低ダムであり、設置間隔は40m前後である(写真1)。それより約700m上流に位置する第④遊砂地(1.6ha)には現在のところ堤高11mの谷止工(No.13)が1基設置されているだけで、一般の治山ダム背後の堆砂域と変わりなく、拡幅部分の溪床は自然状態のままである。各々の遊砂地で採石業者によって定期的に取り除かれる土砂量は、年間25,000-28,000m³に達する。直径60cm以下の砂利は現地で直ちに販売され、5 km先の骨材プラントまで運ばれている。

緒 言

流域の土砂害防止計画を立案する上で主として対象にされるのは、災害の直接原因となる土石であり、これまでは土石の量的把握と移動の抑制に重点が置かれてきた。砂防・治山ダムの設置目的は有害土石を貯留し、溪床を維持することにあつたといえる。しかしながら、近年では土石を単に「留める」、「流す」というだけでなく、移動の規模、頻度及び形態を人為的に変えて、移動時間を遅延させるという土石移

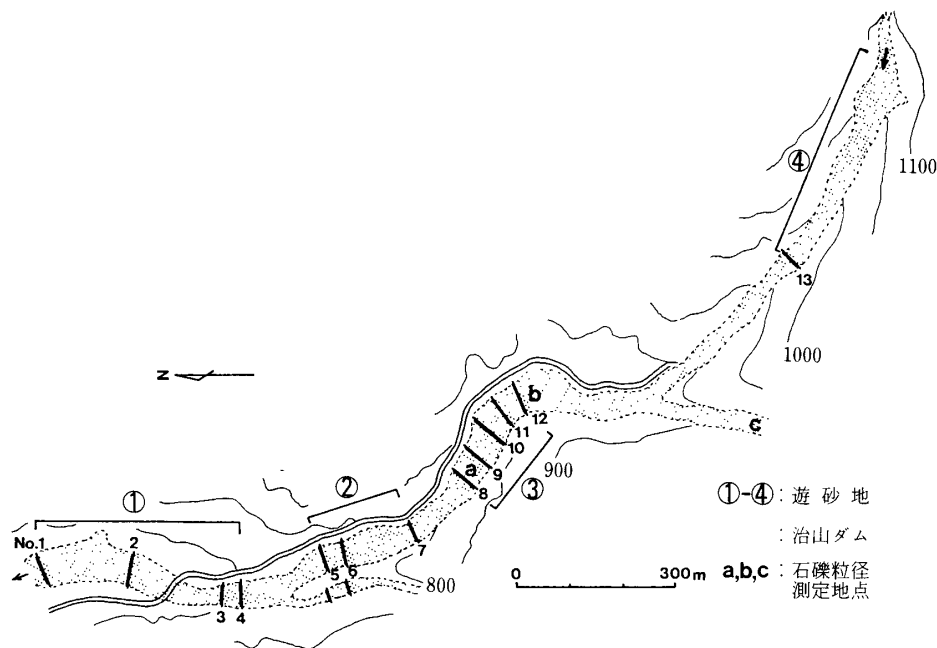


図2 治山ダムと遊砂地の施工位置

流出土石の堆積形態

1983年と1985年の二度にわたって流域で土石流が発生し、各々の遊砂地に大量の土石が堆積した。1983年9月28日の土石流出時には、3.1haの第③遊砂地全域で約20,000m³の土石が堆積し、床固工は完全に埋没した。流出土石の一部は遊砂地より下流に再移動したが、量的には堆積量の10%以下であり、いずれも細粒土砂であった⁶⁾。土石流出後、堆積土石は床固工の天端レベルまで直ちに取り除かれ、溪床は再び6—8%の勾配で均一に整地された。

約2年後の1985年7月21日に再び同様な規模の土石流出が生じた。写真2、3はそれぞれ堆積直後の遊砂地を撮ったものである。第③遊砂地では前回と同様に凸レンズ状の堆積が認められ、中央部から右岸側にかけて深さ約1.5m程洗掘されている。ただし、後続流による洗掘の規模は第④遊砂地のほうが大きい。

低ダム群区間における堆積断面をながめると、明らかに土石流堆積物とみられる転石混じりの土砂の間に、細粒砂から成る薄層が挟まれている(写真4)。この地点では堆積が一様に生じたのではなく、途中で土砂混じりの水だけが堆積面を流下したと考えられる。細粒砂の層が低ダム群区間全域に存在しないことから、土石流形態での流出が時間的に不連続であったというよりも、流出方向が刻々変化したため、土石の氾濫が空間的に分散して進行したと推察される。また、低ダム群区間では堆積形状が比較的平滑なのに対して、第④遊砂地の堆積面は、小規模な堆積が小山状に幾つも重なった重合堆積形態を呈している。流出時の流路変動が相対的に著しく、局所的な堆積・洗掘が繰り返されたためと思われる。

第③、第④遊砂地での堆積量はそれぞれ33,000m³、21,000m³と算定された⁵⁾。両区間での堆積後の洗掘(移動)量は9,000m³、12,500m³となり、遊砂地上流部分での洗掘が顕著である。また、両方の遊砂地の間に位置する溪床幅20m以下の狭窄区間では縦侵食が卓越し、この区間での洗掘量は16,800m³に達する。したがって、第④遊砂地に流出した土石は、谷止工背後で氾濫したものの、上流部分の堆積の一部が後続流によって再び移動し、狭窄区間での溪床洗掘土石と相まって、第③遊砂地にまで流出したと考えられる。第③遊砂地の下流域ではほとんど洗掘が生じておらず、移動量も2,000m³とわずかである。上流域からの土石流はほぼ第③遊砂地で終息したといえることができる。

転石の混入率

1985年の土石流出の後、遊砂地での除石作業の際に、販売砂利に適さない直径60cm以上の転石が両サイドの溪岸に積み上げられた。除石作業が完了した時点でこれら転石の直径(最大径)と数量を約50—70m毎に測定して、容積を算出し、区間毎の採石量と比較して混入(容積)率を求めた。第③遊砂地ではNo.8ダムを、第④遊砂地ではNo.13ダムをそれぞれ基点とし、上流に遡って転石の最大粒径、容積、混入率の分布を示したのが図3、4、5である。なお、図3には両方の遊砂地におけるダム施工位置も記してある。

図3から明らかなように、第③遊砂地での最大粒径の値は下流に向かうにつれて暫減し、特に100m付近からは急減している。直径200cm以上の転石は低ダム群区間の中央部付近より下流では見あたらない。これに比べて、第④遊砂地では320m付近を除けば、下流に向かうにつれて値が大きくなる傾向にあり、谷止工から70—80m上流の部分で最大値260cmを示している。第④遊砂地での堆砂勾配は20—25%と急であるため、上流部分に一度堆積した転石も再び移動し、谷止工背後にまで到達したと考えられる。また、図4によると、転石の容積は、第③、第④遊砂地ともに150m付近でピークを示し、第③遊砂地では石礫の集積度が特に著しい。この付近は低ダム群区間の入口に相当し、溪床幅は上下流ともにさほど変化はないが、溪床勾配が14—16%から6—8%と急に緩くなっており、勾配の急激な緩和に伴って、転石の集積が生じたと推測される。

図5の転石の混入率について、第③遊砂地では下流に移行するにつれて増大し、低ダム群区間の中央付近で約8%と最も高くなった後、急激に減少し、下流端では2%程度にまでなる。転石の大部分は低ダム

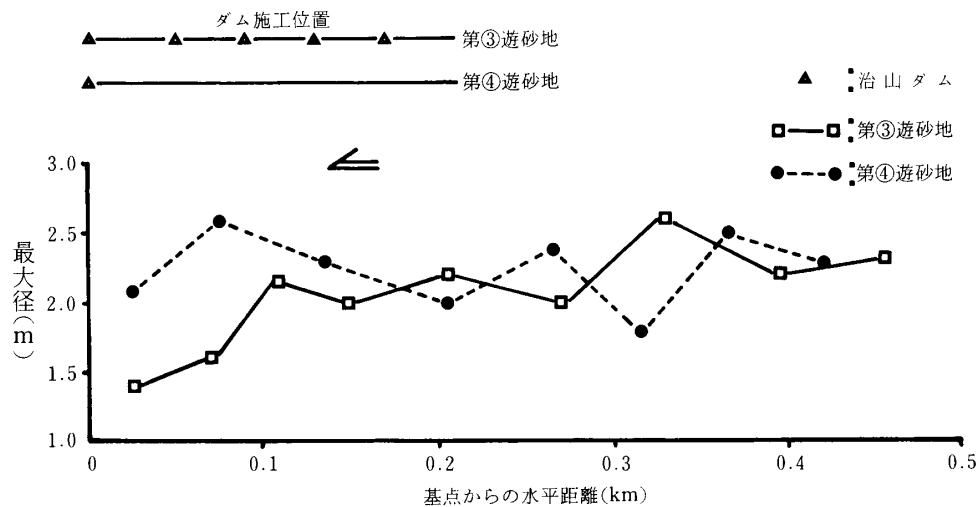


図3 転石最大径の分布

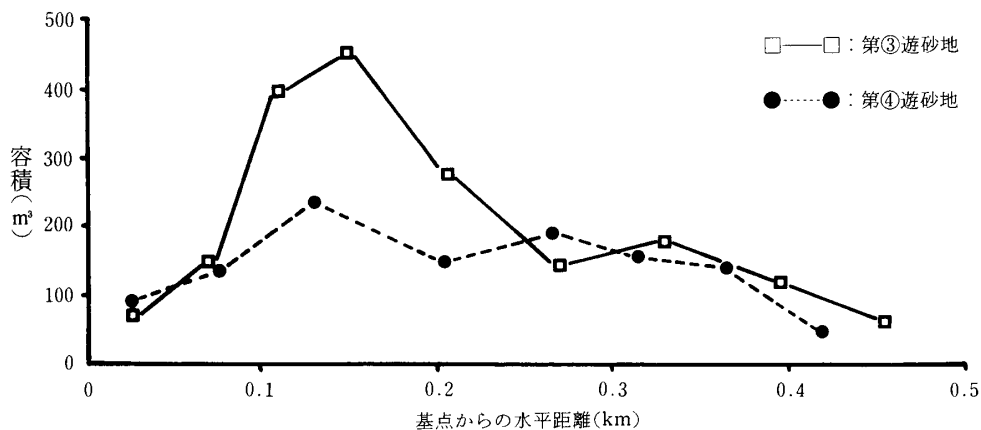


図4 転石 ($\phi \geq 60\text{cm}$) の容積分布

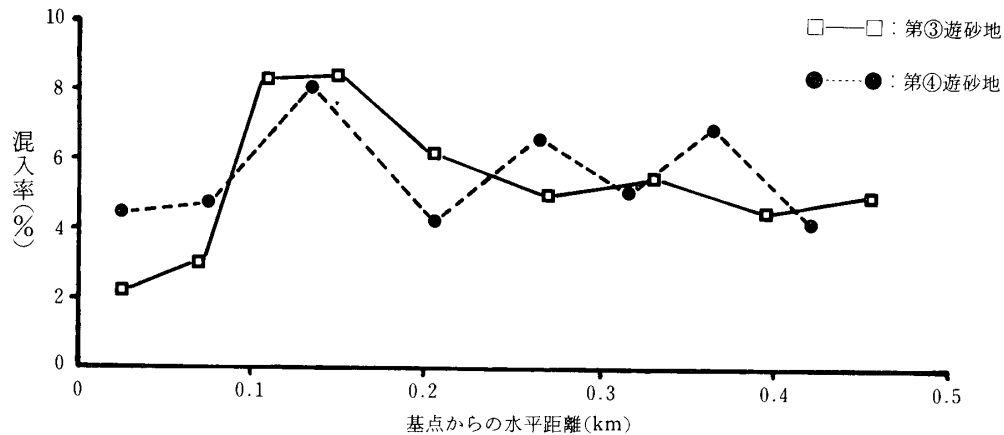


図5 転石 (φ ≥ 60cm) 混入率の推移

群区間の上流端からほぼ 1/3 程度にまでしか流出しなかったことが、この結果からうかがわれる。第④遊砂地では顕著な増減傾向が認められず、混入率は 4—8 % の間で波状に分布している。なお、第③、第④遊砂地ともに 1985 年の土石流堆積物に含まれる転石の混入率は 10% 以下であることが明らかに

なったが、堆積後に細粒土砂だけが移動した可能性もあり、流動中の値とは必ずしも一致していないと推測される。

調査区間では 1985 年の土石流出後、大規模な土砂移動はこれまで生じていない。ただし、梅雨時や融雪期の出水によって小規模ながらも土砂の移動が認められる。そこで、中小規模出水時における移動土砂の粒径を把握するために、低ダム群の上下流端とその上流約 400m 地点の自然河道部分(図 2 に示した a, b, c の 3 地点)に形成された新規堆積面において、粒径 1 cm 以上の堆積礫 200 個の径を線格子法により測定し、粒径別出現頻度を求めた。図 6 に示したように、低ダム群下流端では粒径 5 cm 以下の細礫が 50% 近くを占めるのに対して、自然河道部分では粒径 5—30 cm の礫が 80% 以上を占めている。上流端と自然河道部分では礫の平均粒径がそれぞれ 9.29 cm, 9.99 cm, 標準偏差が 6.58, 7.47 と大差ないが、下流端では平均粒径が 6.08 cm と他の 2 地点の 2/3 程度になっており、標準偏差も 3.50 と小さく、比較的粒ぞろいである。中小規模出水時に、自然河道部分では粒径 50 cm までの石礫が移動し、低ダム群区間の入口付近にまで達しているのに比べ、低ダム群区間のなかでの移動土石は、ほとんど粒径 10 cm 以下の細粒砂礫であると推測される。

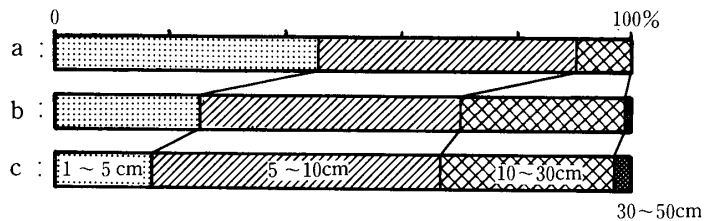


図6 石礫の粒径別個数百分率

低ダム群による移動抑制効果

自然状態の溪床では、一度堆積した転石も後続流により再び移動したと考えられ、その分布に際だった特徴がないのに対して、低ダム群区間での転石の分布は中央部付近にまで限られ、下流端には小径の礫しか流出していない。また、1933 年の土石移動時に流出したと思われる直径 300 cm 近い大転石の集まりがその後も低ダム群上流端の溪床に放置されていたが、1985 年の土石流出の際には全く移動していない。いずれも、流下水の集中による溪床の深掘れが連続したダム天端で抑止され、流下水の拡散が空間的に持続されたためと考えられる。しかも、流路が堆積中央部に固定され、いわゆる「首振り現象」が生じていない。

二度に及ぶ大規模な土石流出の際、低ダム群区間では溪床全域にわたって土石の氾濫・堆積が生じており、両サイドの堆積断面に細粒砂層が介在することから、土石の堆積が分散して生起したと考えられる。しかも、比較的平坦な堆積面は、土石がほぼ均等に振り分けられたことを物語っている。また、入口付近で顕著な転石の集積は、土石流ヘッドが分解された結果であると推察される。したがって、単なる堆積の

促進だけでなく、土石の流動エネルギーの減殺に伴う転石の捕捉効果も低ダム群には認められる。

勾配の緩和と流下幅の拡大による土石の堆積促進効果は、溪床拡幅区間でも低ダム群区間と同様に認められ、両者の間に大きな相違点は見いだせない。しかしながら、ダム天端などで溪床が固定されていない場合は、流路の変動、局所洗掘、土石の移動といった現象が容易に生じると考えられる。そこで、各区間の堆積量(D)を、洗掘(再移動)量(S)と堆積量(D)の和で除した値を移動抑制率 $[D/(D+S) \times 100]$ と呼ぶことにする。この値が大きい程、土石の移動が生じ難かったことを意味している。分母の数値は氾濫・堆積直後の土石量に相当する。図7に示したように、低ダム群区間での移動抑制率は90%を超えるのに比べて、ダムが入っていない上流部分では70%以下になり、上流に移行するにつれて、抑制率が低下する傾向にある。第④遊砂地での抑制率の位置的推移も同様であり、谷止工背後ではほぼ100%近い値を示す。ただし、全般的にながめると、抑制率そのものは第③遊砂地に比べて10%以上低い。特に、上流部分での値は30%以下である。地形条件の変化によって、土石の堆積が進行しても自然状態では流下水の集中により、堆積土石が再移動し易いことを示唆している。特に低ダム群区間での移動抑制率が90%以上であることは、低ダム群による移動抑制効果のためと考えられる。

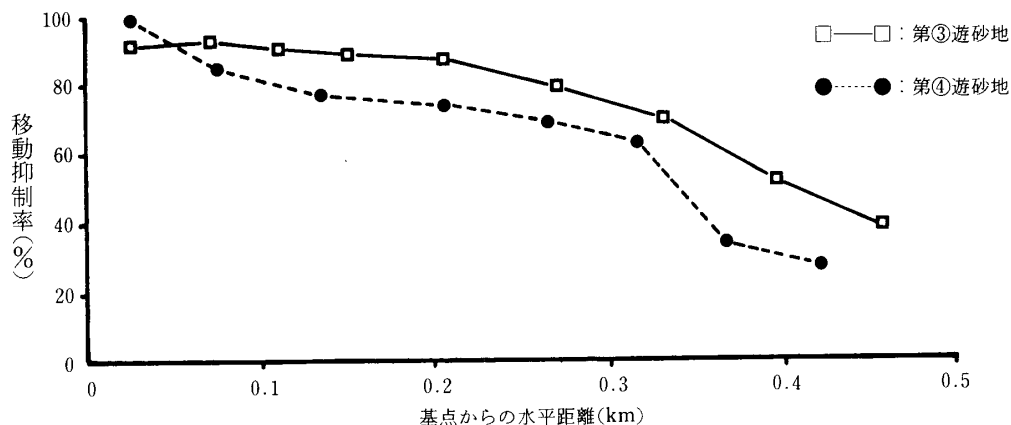


図7 移動抑制率の推移

土地利用の進展に伴い、扇状地や谷の出口付近は急速に居住・生産空間に変貌しつつあり、現在、この場所に遊砂地を設けることは困難である。したがって、山間流域の溪床拡幅部を利用した土石移動コントロールは今後ますます必要になってくる。その際、地形条件の改変によって単に土石の堆積を促進するだけではなく、溪床を固定して土石の移動を抑制し、場合によっては有害土石を機械的に取り除くことが災害発生の軽減につながるといえよう。ただし、土石移動を一箇所ですべて強制的にカットすると、その反動が下流域にあらわれる。現在、調査流域では第②遊砂地の下流域で溪床の低下が著しく、床固工の堤趾が露出している箇所も見受けられる。移動抑制後、土砂をいかに無害なかたちで流送させるかということが低ダム群工法の今後解決すべき課題である。

文 献

- 1) 清水 宏：溪流における砂防計画手法に関する研究。北大演研報40：101-195, 1983.
- 2) 東 三郎：“低ダム群工法”札幌：北大図書刊行会, 1982.
- 3) 東 三郎：低ダム群工法の原理と効用に関する実証的研究。昭和53, 54年度科研費試験研究(2)研究報告書：1980.
- 4) 馬場仁志・清水 宏・中村太士：羊蹄山青木の沢における土石流と治山効果。日林北支講30：271-273, 1981.
- 5) 木村正信：低ダム群工法による遊砂地空間の土石流処理機能。昭和60年度科研費自然災害特別研究(課題番号60020025)研究成果報告書：59-68, 1986.
- 6) 田口庄三・三原 進・上垣外美明・小原明之・大野泰一：低ダム群工法と堆積土砂販売。昭和59年度長野営林局業務研究発表集：193-201, 1985.



写真1 低ダム群施工区間
溪岸に転石が積み上げられている。

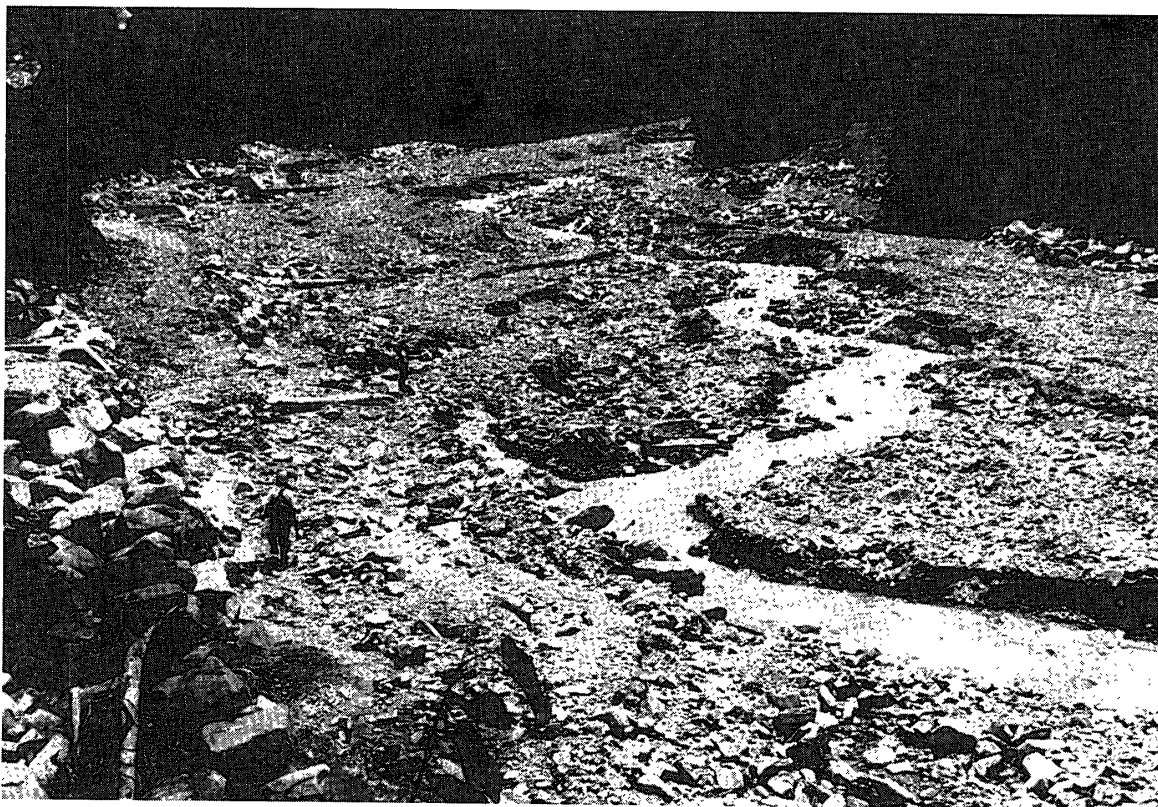


写真2 土石流出後の第③遊砂地
低ダムは完全に土石に埋没している。



写真3 土石流出後の第④遊砂地
後続流による洗掘が顕著である。

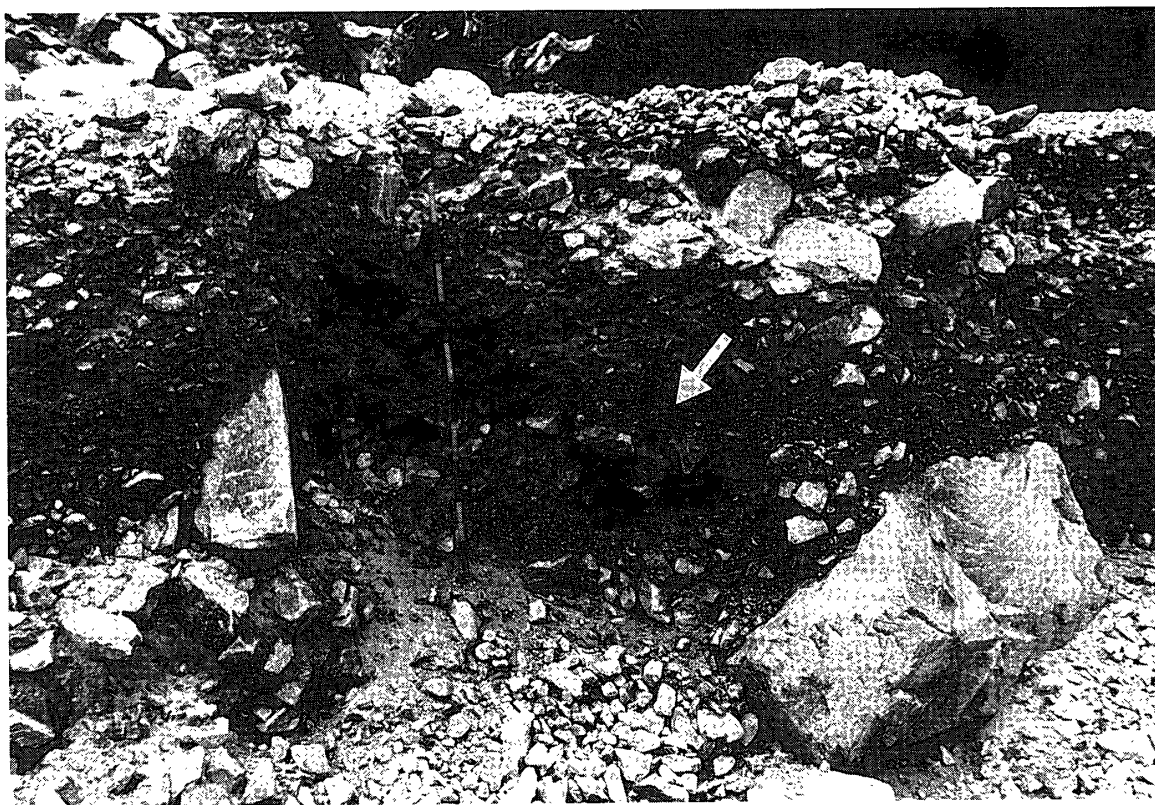


写真4 堆積断面に介在する細粒砂層
(矢印の部分)