

樽前山ガリーで発生した融雪期豪雨による土砂移動*

Debris Movement by Heavy Rainfall during Snowmelt Season in Gullies of Tarumae Volcano, Hokkaido

宮 縁 育 夫**

Yasuo MIYABUCHI

Abstract

This paper describes debris movement due to heavy rainfall during snowmelt season in gullies of Tarumae Volcano, Hokkaido, northern Japan. A large amount of debris derived from slope surface, which had been loosen by freeze-thaw cycles, resulting from the heavy rainfall (total 162 mm) on April 22-23, 1990, deposited on valley bottom covered with snow. This debris was saturated by snowmelt water, thus turned into debris flow. The debris flows transported and deposited 340 m³ of fine materials (clay, silt, sand) with little coarse gravels. The sediment volume produced by this rainfall from slope surface was 400 m³. The volume is one order of magnitude greater in spring than in summer and in early winter. The return period of debris movement was estimated to be five years on the basis of the record of precipitation. The heavy rainfall during snowmelt season seems to play an important role on sediment production and transport processes in snowy subpolar zone.

1. はじめに

積雪寒冷地域に位置する火山体のガリー壁面からは、初冬期および春期の凍結融解作用によって多量の土砂が溪床へと供給されるが、融雪時に豪雨があると、ガリー壁面からの土砂生産はさらに活発化し、溪床では供給された土砂が流動する可能性がある。これまで融雪期の土砂移動については、なだれ(小野寺, 1972; 福江ほか, 1981)や高山土石流(渡辺, 1985)などの事例が報告されているが、夏期豪雨による土砂移動に比べて観測例の少ないのが現状である。

1990年4月、北海道・樽前山のガリー内において融雪期の豪雨により多量の土砂が土石流となって積雪面上を流動する現象が発生した。本論ではその現象を報告し、積雪寒冷地の火山体ガリーにおける土砂移動の特徴について考察することとする。

2. 調査地概況

樽前山(標高1,024 m)は支笏カルデラの南縁に位置し、頂上部に溶岩円頂丘をもつ活火山である(図-1)。この火山は支笏カルデラの形成(約30,000年前)後、約9,000年前に活動を開始し、Ta-a, b, c, d降下軽石を噴出し、1909年には現在の溶岩円頂丘を形成して(石川ほか,

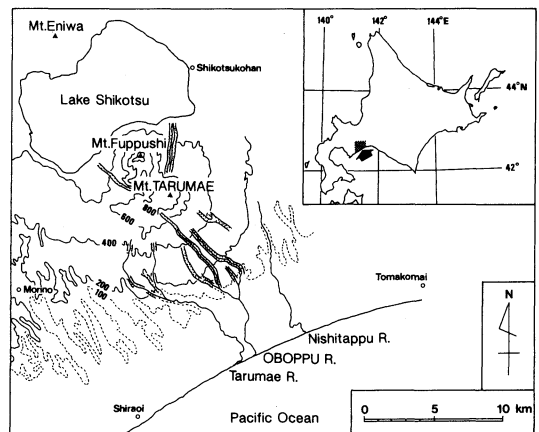


図-1 調査地位置図

Fig. 1 Location of the study area

1972), その後1978-79年に小噴火を起こした。

山腹は、外輪山頂部から標高600 m付近までが溶岩塊、スコリア、軽石などからなる傾斜20~30°の急斜面で、ほぼ裸地状態を呈しており、数多くのガリーが発達している。そこから標高200 m付近までは比較的緩斜面で樽前降下軽石・軽石流堆積物に覆われ、針広混交林が成立している。山麓部は覚生川、樽前川、錦多峰川などの河川が流下しているが、それらの上流部はいずれもガリー状の涸れ沢となっている。

調査地である覚生川(流域面積32.7km², 主流路延長

* 本文の一部は、平成3年度砂防学会研究発表会において報告した。

** 北海道大学大学院農学研究所
(現 農林水産省森林総合研究所九州支所)

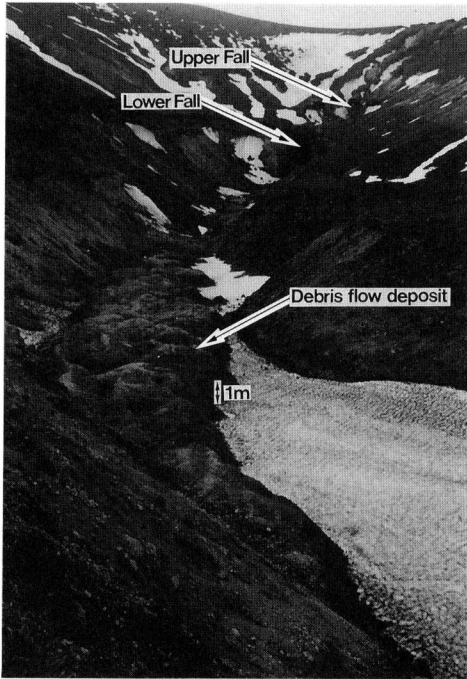


写真-1 覚生唐沢源頭部の地形と土石流堆積物

Photo 1 View of the headwater basin of Oboppu River showing the locations of falls and the debris flow deposits

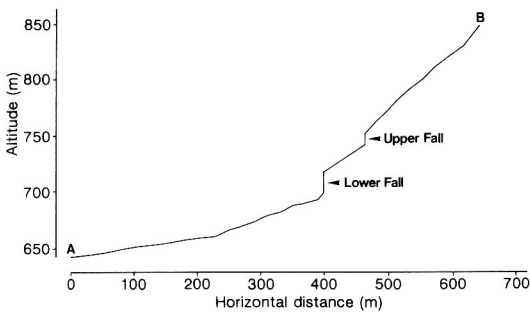


図-2 覚生唐沢源頭部の縦断形

Fig. 2 Longitudinal profile of the headwater basin of Oboppu River

12.3 km) 支流唐沢(覚生唐沢)の源頭部は樽前山の南側斜面に位置し、幅約 700 m の大きな集水地形になっている。その地形概要を写真-1 に、縦断形を図-2 に示した。外輪山頂部(標高 860 m)~標高 750 m 付近には幅約 10 m、深さ 10 m 以上の細長いガリーがみられ、標高 720~650 m 付近では溶結凝灰岩層が露出しており、幅約 50 m、深さ約 20 m の大規模なガリーが発達している。そこから下流は幅約 20 m、深さ 10 m 前後の涸れ沢が続いている。また標高 740 m 付近に高さ約 10 m、700 m 付近に高さ約 20 m の滝が形成されており、以下前者を Upper Fall、後者を Lower Fall とよぶこととする。



写真-2 小規模な土石流堆積物(d₅)

(長さ: 30 m, 幅: 3 m, 厚さ: 20 cm)

Photo 2 View of the small debris flow deposit: d₅ shown in Fig. 3

(length: 30 m, width: 3 m, depth: 20 cm)

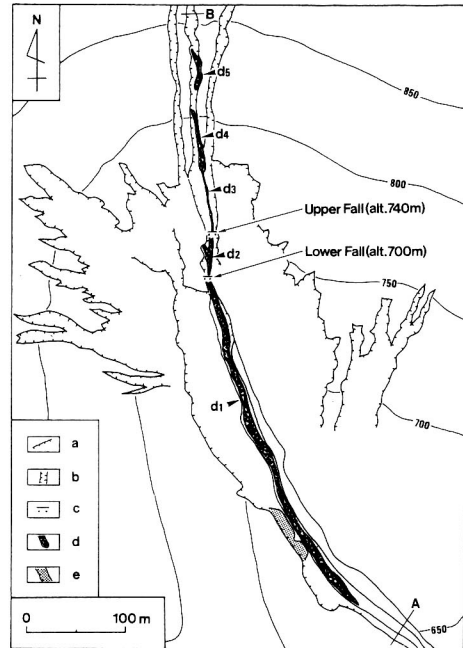


図-3 積雪面上堆積土砂の分布

a: 急崖 b: ガリー c: 滝 d: 土石流堆積物
e: 壁面直下の未流動堆積物

Fig. 3 Distributions of debris flow deposits and debris produced from gully walls in snow covered gullies
a: cliff, b: gully, c: fall, d: debris flow deposit, e: debris produced from gully wall

3. 土砂移動の実態

3.1 土石流堆積物の分布

土石流による堆積物に覆われた積雪層は、断熱効果によってまわりよりも融雪が遅れるため、その部分はなまこ状の高まりを呈していた(写真-2)。また堆積物の底面・側面はすべて積雪であり、他の渓床堆積物とは容易

に判別が可能であった。積雪面上の堆積物の分布を図-3に示した。

土石流堆積物は、Lower Fall下流の標高700~650 m付近で幅6 m、長さ340 m、厚さ10~20 cm程度、土砂量240 m³(図-3のd₁)ともっとも多く、標高730 m付近に約20 m³(d₂)、Upper Fall上部の750 m付近で約10 m³(d₃)、780 m付近に50 m³(d₄:幅5 m、長さ35 m、厚さ30 cm)、820 m付近には20 m³(d₅:幅3 m、長さ30 m、厚さ20 cm)分布しており、堆積土砂量は合計340 m³であった。

またこれら以外に標高800~650 mのガリー壁面直下には、崩落したのみで流動していない堆積物が約60 m³存在していた。

3.2 土石流の堆積状況

もっとも大規模であった標高700~650 m付近の堆積物(図-3のd₁、写真-1)について、堆積土砂量や堆積形状などを明らかにするため、1990年5月10日に縦・横断面測量を行った。

この土石流は幅約6 m、長さ約340 mにわたって流下しており、堆積開始点付近の勾配は約23%(13°)で、先端部はガリー屈曲部で約12%(6°)の勾配で停止していた。堆積物の厚さは、いずれも10~20 cm程度であり、堆積土砂量は240 m³であった。堆積物の平面形態からみて、この土石流は先端部を何度も左右に振りながら流動したものとみられる。また堆積物の中央部には後続流によって洗掘されたとみられる蛇行したガリー状の溝が刻まれており、その溝の末端部には厚さ2~3 cm程度の砂層と礫層の互層構造が形成されていたが、堆積物の大部分は分級作用を受けていない未淘汰状態であった。

3.3 土石流堆積物の粒度組成

土石流によって流動した物質の粒度組成を明らかにするため、d₁(図-3)の先端部から末端部にかけて10ヶ所で堆積物をサンプリングし、粒度分析を行った。その結果を図-4に示した。土石流堆積物は一部に粒径30 cm程度の礫を混入するが、大部分は50 mm未満の物質によって構成されており、d₅₀は0.7~4.6 mm程度で細粒成分が主体であった(写真-3)。また、先端部から末端部にかけての粒度組成の変化は少なく、先端への粗粒化またその逆の傾向も認められなかった。

3.4 土石流発生前の土砂堆積状況

土石流発生前1990年4月21日の現地調査では、標高700~650 m付近のガリー底面には130 cm程の積雪があり、また主な土砂供給源であるLower Fallより上流部のガリー内は積雪によって完全に覆われた状態であった。雪面上にはLower Fall直下流部(標高700 m)に約30 m³、標高650 m付近のガリー右岸の崖錐斜面に約30 m³、合計60 m³程度の火山灰や軽石からなる土砂が堆積

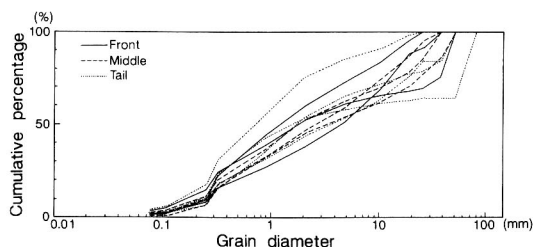


図-4 土石流堆積物d₁の粒度組成
Fig. 4 Grain size distributions of the debris flow deposit: d₁ shown in Fig. 3

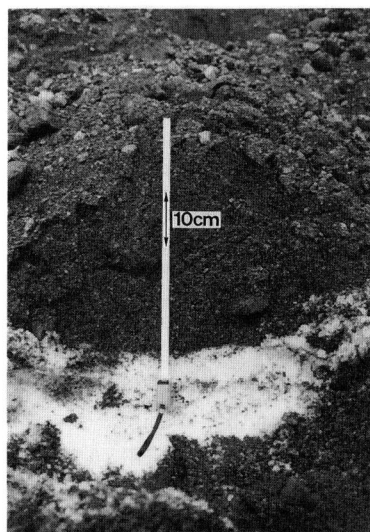


写真-3 土石流の移動材料
Photo 3 Materials of the debris flow deposit on the snow cover

していた。

3.5 土石流発生時の降雨状況

樽前山の位置する胆振山地区南東部は、夏期に地形性の降雨強化プロセスが働いて(武田・菊地, 1979; 松本, 1985)、局地的に日降水量100 mm以上の豪雨が年間4~5回出現する北海道では屈指の多雨地域である。

図-5に調査地にもっとも近い支笏湖畔地域気象観測所(北北東10 km、標高280 m)の日降水量と支笏湖の水位変化(1990年4月1日~5月31日)を示した。現地調査(図中の矢印)によると、4月21日には土砂移動がまだ発生しておらず、5月7日に堆積物が確認された。このことから今回の土砂移動は、4月22~23日にかけての最大時間雨量26 mm、総雨量162 mmという豪雨により発生したものと推測される。

つぎにこの豪雨による出水状況を推定するために支笏湖の水位変化をみると、豪雨のあった4月22~23日にかけて水位が11 cm、24日までにはさらに5 cm、合計16 cm上昇した。水位が1日で10 cm以上も上昇するケー

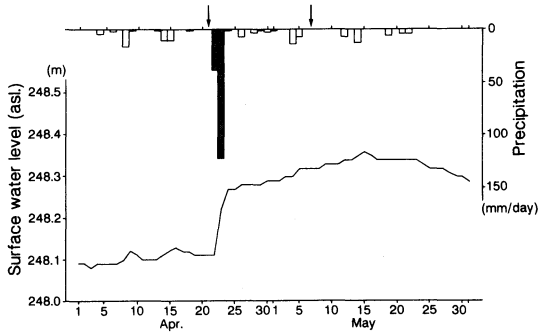


図-5 支笏湖における日降水量と湖面水位変化(1990年4月1日~5月31日) 図中の矢印は調査日を示す。降水量は気象庁 AMeDAS, 湖面水位は北海道開発局による。
 Fig. 5 Records of daily precipitation at Shikotsukohan and surface water level at Lake Shikotsu (April 1 -May 31, 1990). Arrows denote observed day (April 21 and May 7). Debris movement had not occurred yet on April 21 and the debris flow deposits were observed on May 7, therefore debris movement probably occurred by heavy rainfall on April 22 -23. Data source; precipitation: Japan Meteorological Agency, Surface water level: Hokkaido Development Bureau.

スは、1990年ではこのとき以外に8月の豪雨(10~11日, 総雨量127mm, 水位上昇12cm)で一度みられたのみで、4月22~23日の水位上昇は豪雨と融雪水の流入によるものである。したがって調査地においても土砂移動発生に十分な出水があったものと推定される。

4. 考察

4.1 土石流の発生・堆積過程

春期の凍結融解作用で脆弱になっていたガリー壁面からは豪雨によって渓床へ多量の土砂供給が発生したとみられる。とくにUpper Fall付近の土砂崩落状況は著しく、5月10日の調査時には、雪面上に大きさ3~4m程度の土塊が多数確認された。このことから土砂供給は全壁面から一様に発生したわけではなく、一部の壁面から集中的に起こり、その土砂が今回の土石流の主な材料となり、豪雨と融雪水により過飽和状態となって流動を開始したものと考えられる。図-6には土石流によって運搬された土砂と壁面からの生産土砂の粒度組成を示した。土石流として雪面上を流動した土砂(Sp1)は凍結融解作用によって壁面から生産された土砂(Sp2)に比べ、細粒であった。実際、壁面直下には、多数の礫が残されているのに対し、土石流として運搬された土砂は砂以下の細粒成分が目立つことが観察された。こうしたことから粗粒土砂を運搬するのに十分な水量がなかったものと考えられる。

つぎに土石流の堆積過程についてであるが、一般の土

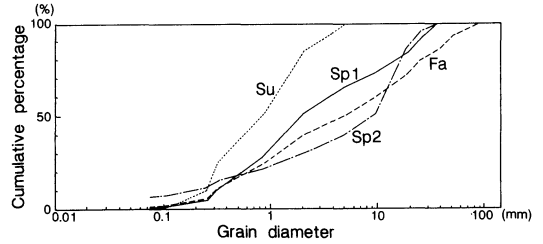


図-6 土砂の粒度組成

Sp1: 春期の土石流堆積物
 Sp2, Su, Fa: 壁面からの生産土砂
 (Sp2: 春期 Su: 夏期 Fa: 秋~初冬期)

Fig. 6 Grain size distributions of the sediment
 Sp1: debris flow deposit in spring
 Sp2, Su, Fa: debris produced from gully walls
 (Sp2: spring, Su: summer, Fa: fall to early winter)

石流は4~10°という勾配で堆積するといわれる(武居, 1980, p. 88)。また立山・内蔵助カールの残雪上で発生した高山土石流は平均傾斜25.7°という急勾配で堆積しており、これは積雪の排水性の高さによるものとされている(渡辺, 1985)。今回調査した土石流は、Upper Fallより上流部の堆積域で20°前後の急勾配であるが、Lower Fallより下流では4.5°(先端部)~13°(堆積開始点)という勾配まで流下し、一般の土石流と同程度の勾配で堆積していた。さらに堆積開始点から先端部に至るまで流下幅はほぼ一定で土砂の拡散も起こっておらず、ガリー屈曲部の壁面に衝突して停止していた。積雪層の詳細な観察は行わなかったため、内部に不透水層となるような水層が存在したのかどうかは不明であるが、4月21日の現地調査では、積雪表面は歩いてそれほど沈まない“しまり雪”の状態であった。今回の土石流発生時には、積雪の排水性があまり高くなく、表層を水・雪・土砂の混合した流れが緩勾配まで流下するのに十分な条件が存在したものと考えられる。

4.2 融雪期における土砂移動の発生頻度

今回観察された土砂移動の規模を評価するためには、過去においてどの程度の頻度で土砂移動が発生しているのかを明らかにする必要がある。融雪期における土砂移動の規模と頻度は、凍結融解作用によるガリー壁面の脆弱化の程度と降雨条件によって大きく左右される。壁面の脆弱化の程度については、今回の調査では評価できないため、ここでは単に誘因である降雨条件だけから融雪期の土砂移動の発生頻度について考察する。

図-7にはガリー内に残雪が十分にある4月の支笏湖畔における過去25年間の最大日降水量と月降水量を示した。月降水量, 最大日降水量とも変動が激しく、月降水量300mmといった非常に多雨な年も出現している。

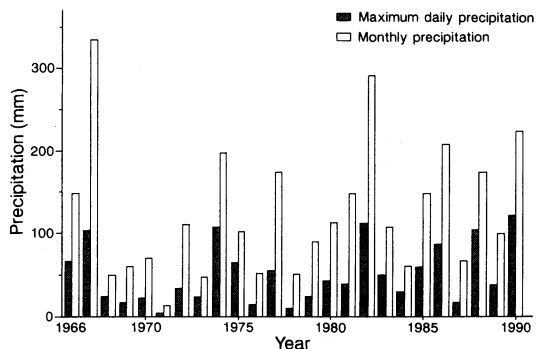


図-7 支笈湖畔における4月の最大日降水量と月降水量(1966~1990年)

Fig.7 Maximum daily and monthly precipitation in April at Shikotsukohan (1966-1990)

最大日降水量でみると1990年4月の土砂移動発生誘因となった123 mm/day(4月23日)という降雨は過去25年間において最大値であるため、今回の土砂移動量は比較的大きな規模であったと考えられる。しかし、過去25年間で4月中に日雨量100 mm以上の豪雨は5回出現しており、そのときにも同規模の土砂移動が発生している可能性がある。

4.3 融雪期における土砂生産の規模と形態

1990年融雪期、覚生唐沢源頭部のガリー内において積雪面上を流動した総土砂量は340 m³であった。これに壁面直下に分布していた未流動の崩落土砂を加えると、春期のガリー壁面から渓床への総土砂生産量は400 m³程度となる。ここで春(融雪)期における斜面からの土砂生産の特徴について他の季節と比較検討することとする。表-1に1989年夏期~1990年春期における季節別土砂生産量、生産土砂粒径、土砂生産形態を示した。また生産土砂粒度組成の変化を図-6に示した。なお季節別土砂生産量における夏期と秋~初冬期の値は現地で行われた斜面侵食量の調査結果(宮縁・中村, 1991)にガリー壁面面積を乗じて算出したものである。

夏期(7~9月)においては、ガリー壁面では降雨と風による乾湿の繰り返し、崖錐斜面では降雨時の雨滴侵食によって土砂が生産されるが、その量は10 m³と少ない値であり、粒径5 mm未満の細粒土砂が主体で(図-6のSu), d₅₀は0.9 mmであった。秋~初冬期(10~11月)は、夏期に比べて降雨は少ないものの、凍結融解作用により土砂生産量は70 m³まで達し、生産される土砂は粗粒成分が増加して粒径10 mm以上の割合が約40%を占めるようになった(Fa)。その後、冬期は気温が0°Cよりも低温で維持されるばかりでなく積雪に覆われるために凍結融解発生頻度は少なく、斜面からの土砂生産はほとんどないものと予想される。つぎに春(融雪)期(3~4月)

表-1 斜面から渓床への土砂生産形態(1989年夏期~90年春期)

Table 1 Summary of sediment production from gully walls to valley bottom (1989 summer - 1990 spring)

	Summer	Fall - Early winter	Spring
Sediment production (m ³)	10	70	400
Grain diameter d ₅₀ (mm)	0.9	5.0	9.0
Sediment production process	Wetting and drying (Cliff) Splash erosion (Slope)	Freezing and thawing	Freezing and thawing - Heavy rainfall

であるが、通常の場合、秋~初冬期と同様に凍結融解作用によって斜面からの土砂生産が発生するが、その量は融雪水による水供給があるため、秋~初冬期よりもやや多いものと推定される。しかし今回のように融雪期に豪雨が出現した場合、凍結融解作用に加えて豪雨と融雪水による多量の水が関与し、斜面から渓床へ400 m³という他の季節よりも1オーダー大きい土砂生産が発生した。粒径でみると、春期の生産土砂(Sp 2)も秋~初冬期と同様に粗粒成分が多く、粒径10 mm以上が50%程度を占めており、凍結融解作用による生産土砂の特徴を示している。

5. まとめ

1990年4月、樽前山・覚生唐沢源頭部ガリー内で発生した融雪期豪雨による土砂移動について報告し、積雪寒冷地の火山体ガリーにおける土砂移動現象の特徴について考察した。結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 凍結融解作用で脆弱になっていたガリー壁面に融雪期の豪雨が関与して多量の土砂が渓床へと供給され、その土砂は過飽和状態となって積雪面上を流動する土石流が発生した。流動した総土砂量は340 m³であり、堆積土砂は、一部に粒径30 cm程度の礫を含むが、大部分はシルト、砂、小礫で構成されていた。
- 2) 土砂移動発生誘因となった豪雨は、総雨量162 mm(4月23日の日雨量126 mm)に達するもので4月中の降雨としては過去25年間で最大値であった。しかし4月中には日雨量100 mm以上の豪雨が過去25年間で5回出現しており、そのときにも同規模の土砂移動が発生した可能性がある。
- 3) 豪雨が出現した融雪期における斜面から渓床への土砂生産量は他の季節に比べると、1オーダー大きな値であった。

積雪寒冷地に位置する火山体ガリーにおいては、春期に凍結融解作用、さらに豪雨の出現によって多量の土砂移動が発生する。しかし、その土砂移動の特徴を理解す

るためには、一年を通じて発生する他の現象との定性的・定量的な比較検討が必要であり、さらに多くのデータの集積が望まれる。

謝 辞

本論作成にあたっては、北海道大学農学部の新谷 融先生と清水 取先生に御指導いただいた。また現地調査においては、北海道大学大学院農学研究科の菊池俊一氏と西山泰弘氏に御協力いただいた。記して感謝の意を表します。

引用文献

- 石川俊夫ほか(1972): 樽前山, 北海道防災会議, 124 p.
 福江正治・山下皓一・恵本克利(1981): 1981年3月15日の宝永山なだれについて, 雪氷 43, pp. 225~229.
 松本 淳(1985): 北海道の豪雨, 地学雑誌 94, pp. 41~53.
 宮縁育夫・中村太士(1991): 樽前火山・覚生唐沢源頭部における斜面侵食の季節変化, 地形 12, pp. 367~377.
 小野寺弘道(1975): 雪崩と山地の侵食・崩壊について, 北方林業 311, pp. 3~6.
 武田栄一・菊地勝弘(1979): 北海道の局地的大雨(II)―道北と道南の集中豪雨の降雨機構について―, 北海道大学地球物理学研究報告 38, pp. 1~16.
 武居有恒(監修)(1980): 地すべり・崩壊・土石流, 鹿島出版会, 334 p.
 渡辺悌二(1985): 立山の内蔵助カールにおける高山土石流, 地形 6, pp. 303~316

(原稿受理日 平成4年4月1日)

砂防関係の国際会議等の予定

国 際 部

砂防関係の国際会議等の予定をお知らせします。詳細につきましては学会事務局(03-3222-0747)までお尋ね下さい。

1992年12月9日現在

年月日	主 催	会 議 名	開 催 地
'93-5-11 ~15	USSR-IHP UNESCO	Int. Symp. East-West, North-South Encounter on the State-of-the-art in River Engineering Methods and Design Philosophies	St. Peterburg (USSR)
'93-5-2 ~8	Lincoln Univ. East-West Center 他	East Asia-Pacific Mountains Symposium	Lincoln Univ. Canterbury (New Zealand)
'93-7	IAHS	4th Scientific Assembly	Yokohama (Japan)
'93-8-23 ~29	IAG	3rd Int. Conf. on Geomorphology	Hamilton, Ontario (Canada)
'93-8-28 ~9-15		Landslide Field Trip (7th ICFL '93)	Prague (Czechoslovakia)
'93-8-30 ~9-3	IAHR	25th IAHR Biannual Congress	Tokyo (Japan)
'95-7	IUGG	General Assembly	Denver (USA)
'95-8-7 ~12	IUFRO	XXth IUFRO World Congress	Tampere (Finland)
'95 夏	砂防学会	国際シンポジウム (検討中)	日本