HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	1988年8月豪雨による留萌・空知地域の斜面崩壊と土砂生産
Author(s)	清水, 収; 新谷, 融
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 47(1), 177-189
Issue Date	1990-02
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/21319
Type	bulletin (article)
File Information	47(1)_P177-189.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

1988年8月豪雨による留萌・空知地域の斜面崩壊と土砂生産

清水　収*　新谷　融*

Slope Failures by the 1988 Heavy Rainfall in Rumoi and Sorachi Districts, Central Hokkaido

By

Osamu SHIMIZU* and Tohru ARAYA*

要　旨

1988年8月25日から26日にかけて北海道中西部を中心に発生した豪雨災害を取り上げ，土砂災害状況の把握と，斜面崩壊ならびに斜面から河道への土砂生産の実態調査を行った。対象地域は留萌南部から空知中部にかけての地域である。

24時間降水量422 mm（沼田町）という記録的な降水量となった今回の豪雨では，家屋・農地の浸・冠水被害のほか，斜面崩壊，洪水流による農地流失，土砂氾濫による農地埋没などの土砂災害が多発していた。

崩壊多発流域では1 km^{2}あたり4～18ヶ所の崩壊発生がみられ，崩壊面積率は0.5～2.5%となっていた。崩壊発生域は渓岸部に発達している急斜面と山腹斜面の0次谷に多くみられ，とくに渓岸崩壊によって多量の土砂が河道内に流入しているのが観察された。斜面から河道への土砂生産量を把握するために，御料川と小豆川において詳細な調査を行った。その結果，御料川と小豆川では，それぞれ流路長1 kmあたり7.5ヶ所・5.5ヶ所の渓岸崩壊が発生しており，平均崩壊土砂量はそれぞれ1,300 m^3・1,700 m^{3}となっていた。調査区間全体では御料川で約18,000 m^3，小豆川で約9,000 m^{3}の崩壊土砂が河道内に供給され，下流へ流出していた。

キーワード：　1988年8月北海道中西部豪雨，土砂災害，斜面崩壊，斜面形状，土砂生産。

1989年9月30日受理　Received September 30, 1989.

* 北海道大学農学部林学科砂防工学講座
Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

はじめに

1988年8月25日から26日にかけて，北海道中西部の留萌南部，空知中部・北部を中心とした地域では，発達した前線の通過にともなう記録的な豪雨にみまわれた。このため，留萌川流域と雨竜川流域を中心に洪水氾濫による家屋や田畑の浸・冠水被害が広域的に発生したほか，斜面崩壊による林地破壊，農地の流失や土砂埋没，堤防・河岸決壊などの土砂災害が多発した。

本研究は，今回の豪雨にともなう土砂災害状況を調べ，災害形態の特徴を把握するとともに，斜面変動と河床変動の関連性を探る観点から，斜面と河道の土砂移動の接点となる渓岸崩壊に注目し，斜面崩壊による土砂生産の実態を明らかにしようとしたものである。

1. 研究方法

1) 研究方法

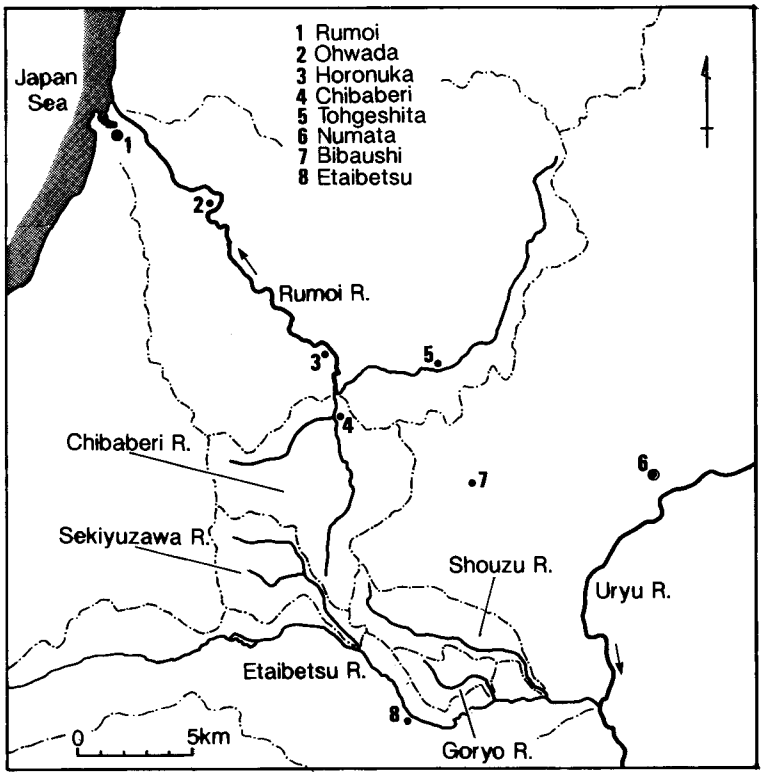
豪雨にともなう土砂災害状況の把握にあたっては，被災地域を広域的に踏査し，斜面崩壊や土砂氾濫の発生地点，土砂移動形態，移動材料などについて調べるとともに，災害直後に撮影された空中写真の判読，関係機関による災害調査資料の収集・分析もあわせて行ない，土砂災害形態の特徴を明らかにしようとした。

本研究のもうひとつの目的は，豪雨による斜面崩壊の発生と斜面から河道への土砂生産の実態把握である。土砂の一次的生産源である斜面崩壊については，河道への土砂供給ならびに河川沿いに展開している生活・生産域の保全の観点から，河川に近接する斜面での発生状況が重要な意味を持つものと考えられる。そこで，河川沿いに撮影された空中写真の判読により崩壊状況・崩壊発生域を調べ，とくに渓岸崩壊の多発流域において詳細な現地調査を行い，豪雨による斜面から河道への土砂生産について検討を行った。

2) 調査地概要

調査地は，北海道中西部の留萌南部から空知中部にかけての地域であり，留萌市，北竜町，沼田町にまたがる一帯である。このうち，日本海に注ぐ留萌川とその支流のチバベリ川，雨竜川に注ぐ恵岱別川とその支流の石油沢川・御料川・小豆川などの諸流域を主な調査対象とした（図－1)。

地形的には，増毛山地に連なる南西部の恵岱別川上流域・石油沢川・チバベリ川，および天塩山地に連なる北東部の留萌川上流域が，起伏量200～400 m程度の山地に区分される。また，両山地に挟まれた留萌川中・下流域および御料川・小豆川は起伏量200 m未満の丘陵地に区分される。さらに低地は，雨竜川沿いに広がる石狩平野，および留萌川中・下流，チバベリ川，恵岱別川中・下流，御料川，小豆川などの諸河川沿いに発達する狭長な谷底平野として



図—1　調査流域位置図（図中の数字は雨量観測地点を示す）

Fig. 1. Map of the south Rumoi and the central Sorachi districts showing the study basins. Numbers 1-8 show the locations of precipitation stations.

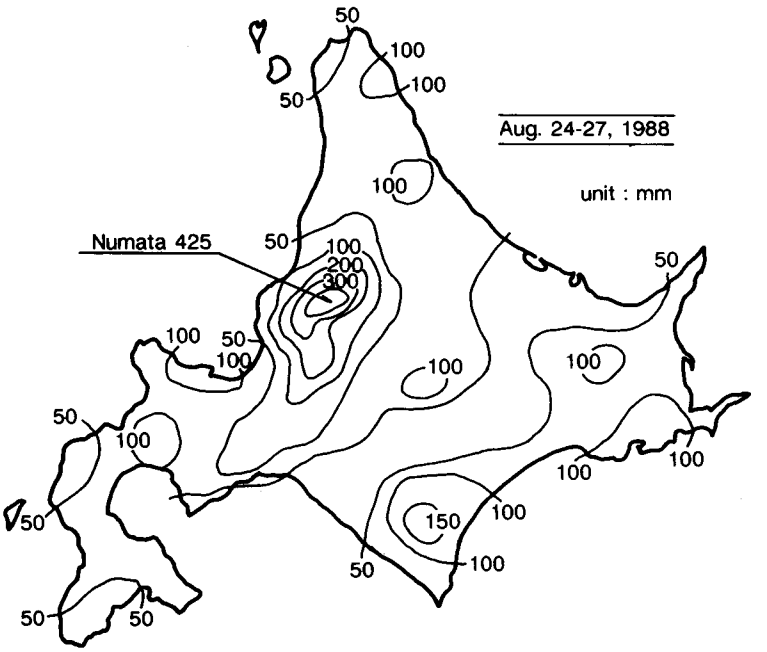
分布しており，これらのほとんどは農地として利用されている[5,6]。

調査地域の地質は，大部分が新第三紀の堆積岩(泥岩，砂岩，泥岩・砂岩互層および礫岩)からなるが，北部の一部は古第三紀の堆積岩（泥岩および砂岩）からなる。また，中央部のチバベリ川右岸の一部には新第三紀から第四紀の玄武岩溶岩が分布している。さらに，地形区分で低地とした大部分の地域は第四紀沖積世の未固結堆積物からなっている[1,2]。

2.　1988年8月豪雨災害の状況

1)　降雨状況

1988年8月25日から26日にかけて，発達した前線が活発な活動を続けながら北海道を通過し，道内全域に降雨がもたらされた。24日午後には北海道西部から雨が降り出し，25日から26日にかけて道央部を中心に雷をともなった強い雨が降り続いた。その後，雨の中心はしだいに東方に移り，27日夕方には北海道東部でも雨は降り止んだ[8]。図—2に8月24日か



図—2 全道の総降水量分布（1988年8月24～27日）

Fig. 2. Isohyetal map of the heavy rainfall occurring Aug. 24-27, 1988 in Hokkaido.

表—1 調査地域の降雨状況（1988年8月24～26日）

Table 1. Precipitation in the study area (Aug. 24-26, 1988) unit : mm

		Rumoi*	Ohwada**	Horonuka**	Chibaberi**	Tohgeshita**	Numata*	Bibaushi*	Etaibetsu*
August	24	21	unknown	7	5	6	3	3	7
	25	113	166	211	177	211	210	221	214
	26	28	154	142	146	164	212	170	137
	total	162	320	360	328	381	425	394	358
Precipitation for 24 hours (12:00 25th-12:00 26th)		138	313	348	320	369	422	383	350
Maximum hourly precipitation		40	38	63	60	82	52	51	53

注） *；北海道の大雨資料 第8編（1989）より。 **；北海道開発局雨量観測データより。
Note, *; derived from *Hokkaido no ohame shiryou* Vol. 8 (1989).
**; derived from precipitation data by Hokkaido Development Bureau.

ら27日の道内の総降水量分布を示したが，沼田町を中心とした空知中部・北部および留萌南部では，200～400 mm という記録的な豪雨となった。

表—1に，調査地域内に設置されている雨量観測地点での日降水量，総降水量，24時間降水量（25日12時～26日12時）ならびに最大1時間降水量を示した（観測地点の位置は図—1を参照）[3,4]。総降水量と比較すると，この地域では降雨のほとんどが25日正午から26日正午にかけての24時間に降ったことがわかる。24時間降水量では沼田の422 mm（年平均降水量

1,604 mm[7] の 26%に相当）を最高に，広い地域で 300 mm 以上となっており，最大 1 時間降水量では各地点とも約 40 mm/hr 以上を記録し，峠下では最高 82 mm/hr となっていた。

石狩川流域においては，1975 年と 1981 年に石狩川氾濫を含む大雨災害を経験しており，沼田では 1975 年 8 月 22～23 日に総降水量 177 mm，1981 年 8 月 3～6 日に総降水量 293 mm が記録されている[3]。今回の豪雨はこれらを大きく上回る降水量となっており，しかも短時間に集中した記録的なものであった。

2) 土砂災害状況

この豪雨による災害状況を地域別にまとめ表－2 に示したが，総降水量が多く降雨強度の高かった留萌地域と空知地域に被害が集中していた。

家屋被害は，洪水氾濫による浸水がほとんどであり，留萌川が溢水し市街地に洪水が氾濫した留萌地域で 3,000 棟を越え，また空知地域でも約 2,000 棟に被害が生じた。農地被害は浸・冠水のほか，土砂堆積による埋没，河岸洗掘による流失がみられ，被害面積は空知地域で 9,000 ha 以上，留萌地域で 1,000 ha 以上にのぼった。また，河川被害は洗掘による堤防・河岸の決壊で，空知地域に多発していた。さらに，道路被害は土砂氾濫による埋没や路床流失，橋梁破損などで，留萌・空知地域で計 151 ヶ所にのぼった。

林地被害は斜面崩壊によるものであり，判明したもので 562 ヶ所，面積約 58 ha に達した。これらは，調査地域の一部が撮影された空中写真の判読と関係機関による現地調査結果から把握したもので，全域的にはこれよりかなり多いものと推測される。

今回，災害に結びついた土砂移動現象として，山腹においては斜面崩壊，河道においては河床・河岸の洗掘と土砂流の氾濫・堆積が主なものであった。図－3 に，今回発生した土砂災害の代表的な形態を示した。

斜面崩壊による災害形態としては，林地破壊のほか，河川や沖積地に近接する斜面で発生した崩壊によって河道の埋積や農地・道路・農業用水路の埋没が観察された。また，河床変動

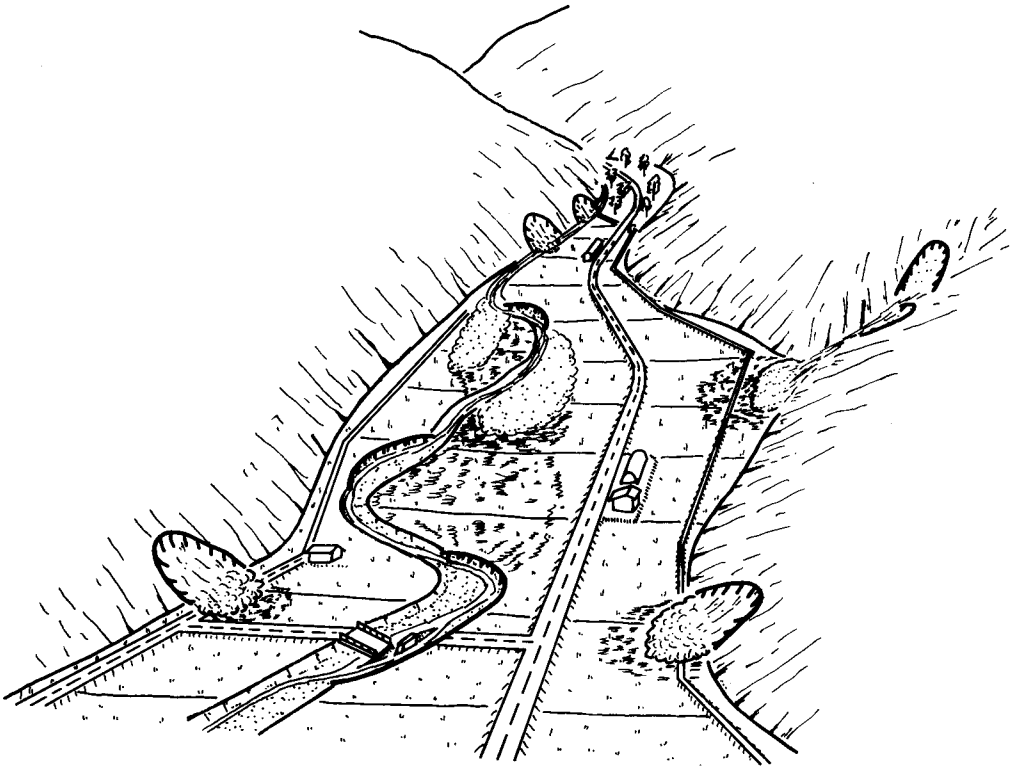
表－2　1988 年 8 月豪雨による被害状況

Table 2. Damage caused by the heavy rainfall in August, 1988

Damage / District	House* (razed)	House* (flooded)	Farmland* (flooded, buried)	River* (levee collapse)	Road* (buried, bridge loss)	Forest** (slope failure)
Rumoi		3,368	1,150 ha	54	151	562 (57.9 ha)
Sorachi	12	1,960	9,491 ha	210		
Kamikawa		9	352 ha	2	—	—
Ishikari		10	220 ha	23	—	—

注）　*；北海道の気象　第 32 巻第 8 号（1988）より。
　　**；空中写真判読（判読面積：留萌—30.5 km², 空知—27.0 km²），および旭川営林支局・北海道林務部調べによる。

Note,　*; derived from *Hokkaido no kisho* Vol. 32 No. 8 (1988).
　　**; derived from interpretation of air-photos (area; Rumoi-30.5 km², Sorachi-27.0 km²) and data surveyed by national forestry office of Asahikawa and by forestry division of Hokkaido prefectural government.



図—3　土砂災害形態（模式図）

Fig. 3. Illustration of sediment disaster types caused by the heavy rainfall in August, 1988.

による災害形態としては，河川曲流部を中心に多発した河岸洗掘によって農地流失・護岸決壊・橋梁破損がみられた。さらに，斜面崩壊や沖積地の河岸洗掘によってもたらされた細粒土砂からなる土砂流が，河川屈曲部などで氾濫・堆積し，農地・道路の埋没が観察された。

3.　斜面崩壊の実態

1)　崩壊地の分布と規模

先に述べたように，今回の豪雨によって留萌・空知地域では562ヶ所以上の斜面崩壊が発生したが，とくに恵岱別川とその支流域，留萌川上流域とチバベリ川に多発していた。

河川への土砂生産，ならびに河川沿いに展開している生活・生産域の保全の観点から，河川に近接する斜面での崩壊発生は重要な意味を持つものと考えられる。そこで，これら崩壊多発流域において，河川近接斜面での崩壊発生状況を空中写真判読により調べた（表—3)。調査流域は恵岱別川とその支流の石油沢川・御料川・小豆川，および留萌川とその支流のチバベリ川であり，河川沿いの約1.5 km幅の範囲を対象とした。なお，使用した空中写真は縮尺約

表—3 1988年8月豪雨による斜面崩壊状況
Table 3. Slope failures caused by the heavy rainfall in August, 1988

River	Area observed* (km^2)	Number of slope failure	Number of failure per km^2 ($num./km^2$)	Average area of** slope failure (m^2)	Ratio of failure in area (%)
Etaibetsu R.	10.4	95	9.1	1,000	0.9
Sekiyuzawa R.	7.1	119	16.8	1,500	2.5
Goryo R.	4.8	87	18.1	300	0.5
Shouzu R.	4.7	44	9.4	800	0.7
Rumoi R.					
upper reaches	10.7	57	5.3	1,100	0.6
middle reaches	6.5	30	4.6	1,000	0.5
lower reaches	6.2	0	0	—	0
Chibaberi R.	7.1	54	7.6	700	0.5

注） *；河川沿いに約1.5 km幅の範囲内を対象とした。
**；代表的な崩壊地についての現地サンプル調査より。
Note, *; within the area of 1.5 km^2 wide along each river.
**; derived from the result of field surveying on representative slope failures.

1/6000であり，判読面積は恵岱別川流域で27.0 km^2，留萌川流域で30.5 km^2である。

留萌川下流域では崩壊の発生が認められなかったが，他流域の河川近接斜面では4～18ヶ所/km^2の崩壊発生がみられた。御料川と石油沢川では16～18ヶ所/km^2と最も多く，次いで小豆川・恵岱別川・チバベリ川で7～9ヶ所/km^2の発生がみられ，留萌川中・上流域では4～5ヶ所/km^2とやや少なかった。

各流域で崩壊数の15～50%を対象に現地調査を行い，1ヶ所あたりの平均崩壊面積を求めた結果，御料川が300 m^2と最も小規模であり，チバベリ川・小豆川は700～800 m^2，恵岱別川・留萌川は1,000～1,100 m^2であり，石油沢川では1,500 m^2と最も規模が大きかった。これは後で述べるように，流域ごとの斜面形状，特に急傾斜部分の斜面長の違いが表れたものと考えられた。

さらに，1 km^2あたりの崩壊数と平均崩壊面積から判読域内の崩壊面積率を求めた。その結果，石油沢川と留萌川下流域を除く各流域は，0.5～0.9%程度となり，石油沢川では2.5%と最も流域荒廃が著しかった。すなわち，崩壊が最も多発した御料川と石油沢川とを比較すると，前者は小規模崩壊が多く，後者は比較的規模の大きなものが頻発したこととなる。

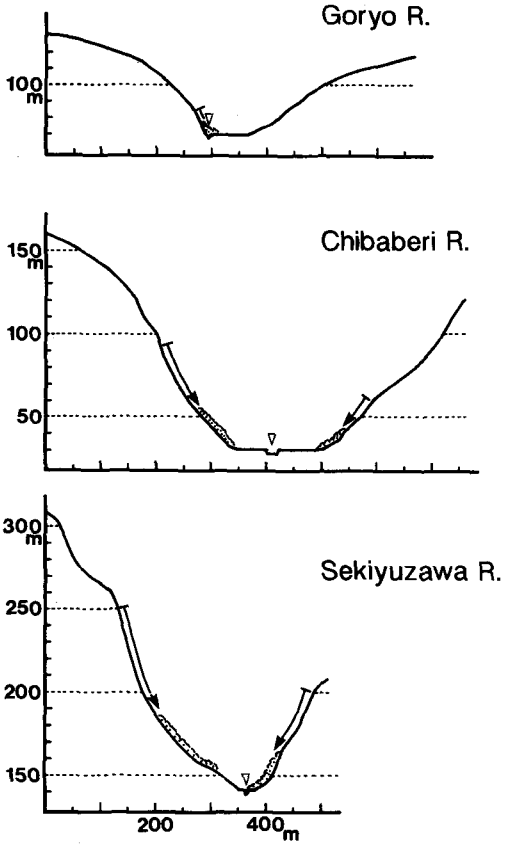
現地調査の結果，調査地域全体では800 m^2未満の小規模な崩壊が全体の6割以上を占めていたが，規模の大きなものもみられ，留萌川上流左岸斜面では面積6,000 m^2，チバベリ川下流左岸斜面では面積26,000 m^2の崩壊が発生しており，とくに後者は調査流域における最大規模であった。

2) 斜面形状と崩壊発生域

図—4に調査地域内で代表的と思われる河谷横断形（御料川，チバベリ川，石油沢川）と崩壊発生域を示した。

御料川，小豆川など丘陵地帯に属する流域では，御料川の横断図に示されるように，丘陵性の緩斜面と沖積低地の間に短小な急傾斜斜面（斜面長20～40 m）が発達しており，この部分で崩壊が発生していた（写真－1)。これらの流域では沖積地の規模が幅50～100 mと小さく，河川が沖積地の一方の岸に沿って流れているため，渓岸側の斜面で生じた崩壊土砂は河道内に直に流入しており，一部は河道を越え沖積地に拡がる農地に氾濫していた。

山地流域の中流区間においては，チバベリ川の横断図に示されるように広い沖積低地が発達しており，河川は沖積地内を蛇曲して流れている。両岸には長大な急傾斜斜面が存在し，この斜面には流路長1 km未満の急勾配のV字谷や0次谷[9]が発達している。崩壊は，これらの谷壁や谷頭の遷急点直下で生じていた（写真－2)。崩壊土砂は土砂流状に流下し，沖積地の農地に氾濫しているが，河道にはほとんど流入していなかった。また，横断図の左岸にみられるように，一部には沖積地に接する平滑な急斜面の遷急点直下から崩壊が生じていたが，これらの規模は前者より小さかった。



図－4　河谷横断形と崩壊発生域

Fig. 4. Cross-sections of river valleys and the location of slope failures on their valley walls.

山地上流域では，石油沢川の横断図にみられるように谷幅は狭く，河川にほぼ接して長大な急傾斜斜面が存在する。崩壊はチバベリ川と同様にこれらの斜面に発達した0次谷の谷頭で発生し，崩壊土砂は河道内に氾濫していたが，河川規模が小さいため（川幅2～5 m）下流へは流下せず，一部には天然ダムを形成している事例が観察された。

平均的な崩壊長では御料川，チバベリ川，石油沢川の順に大きくなっていたが，これは以上に述べたように急傾斜部の斜面長に規制されていた。そして，先に述べた流域による崩壊面積の相違は，このことが反映した結果と考えられた。

写真－1 御料川における渓岸崩壊

Photo. 1 Slope failure on a riverside slope, observed in the Goryo River. Most of fallen debris entered the channel.

写真－2 チバベリ川における山腹崩壊

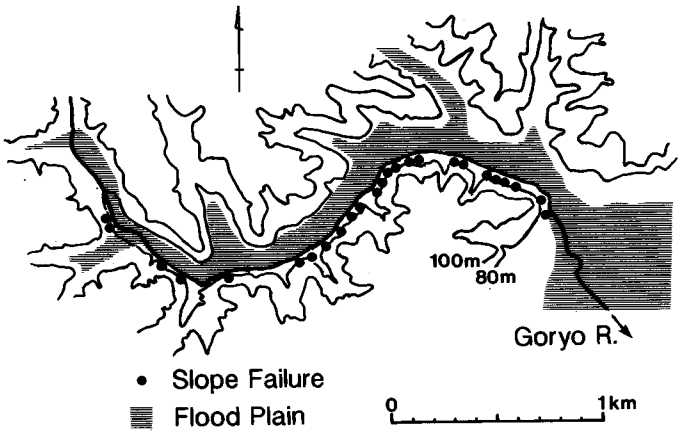
Photo. 2 Slope failure on a hillside slope, observed in the Chibaberi River.

4. 斜面崩壊と土砂生産・流出

1) 渓岸斜面の崩壊状況

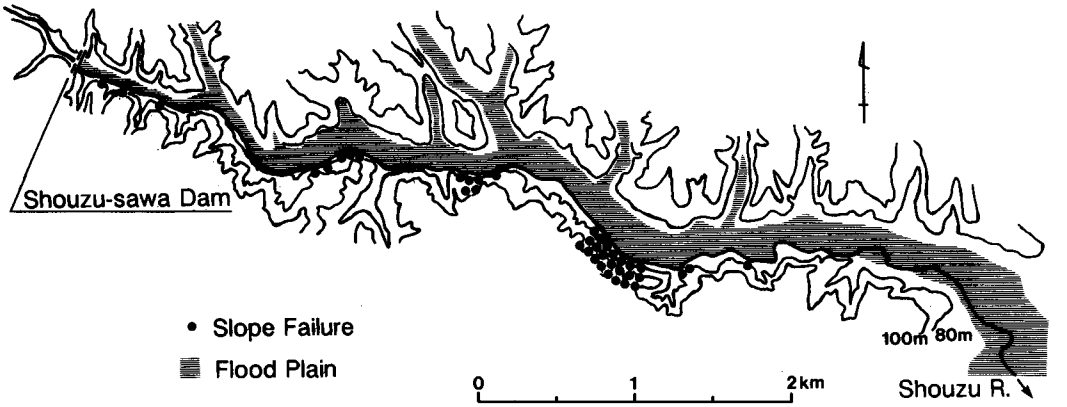
前章から明らかなように，流域の土砂生産・流出の観点からみると，山腹崩壊よりも渓岸斜面の崩壊がより重要な（直接的な）意味を持つものと考えられる。そこで，崩壊多発流域でしかも渓岸崩壊の発生が著しかった御料川と小豆川で詳細な調査を行い，斜面崩壊による土砂生産について検討を行うことにした。

御料川は流域面積 8.3 km², 主流路長 6.6 km, 小豆川は流域面積 18.3 km², 主流路長 12.3 km の小河川である。調査区間は御料川 3.2 km, 小豆川 6.9 km を設定したが，この区



図—5　御料川における渓岸崩壊地の分布

Fig. 5. Distribution of slope failures along the Goryo River.



図—6　小豆川における渓岸崩壊地の分布

Fig. 6. Distribution of slope failures along the Shouzu River.

表—4 御料川と小豆川における渓岸崩壊状況
Table 4. Geomorphological outline of the slope failures along the Goryo and the Shouzu rivers

River	Length(m) avg. (min.～max.)	Width(m) avg. (min.～max.)	Depth(m) avg. (min.～max.)	Area(m^2) avg. (min.～max.)	Volume of collapsed debris (m^3) avg.	Volume of colluvium (m^3) avg.
Goryo R.	22 (5～54)	15 (4～33)	2.9 (1.5～5.5)	320 (40～760)	1,300	530
Shouzu R.	25 (7～80)	27 (5～105)	1.8 (0.6～3)	730 (50～3,700)	1,700	320

間では谷次数（1/25,000地形図で計測）が御料川で4次，小豆川では3～4次となっている。この調査区間において渓岸崩壊地の分布，面積，崩壊土砂量，残土量などを調べた。

図—5, 6に両河川の地形状況と渓岸崩壊地の分布を示した。両河川ともに沖積地の右岸斜面に沿って流下しており，河谷横断形(図—4)でみたように，右岸斜面は明瞭な遷急点を持つ急傾斜斜面（傾斜30～40°）となっている。崩壊はもっぱらこの右岸側渓岸斜面で生じており，調査区間において御料川では24ヶ所，小豆川では38ヶ所の渓岸崩壊が発生していた。崩壊は流路曲流部の凹岸だけでなく凸岸または直流部でも発生しており，流路平面形状と崩壊位置との関係は明確ではなかった。なお，小豆川では区間中流部に崩壊が極めて集中しているが，この部分は若齢造林地となっており，樹木伐採の影響が考えられる。

崩壊地の状況について調査結果を表—4にまとめた。崩壊長，崩壊幅は両河川とも最小～最大のバラツキが大きいが，長さでは御料川で10～30 m，小豆川で20～40 mのものが多く，また幅では御料川で20 m未満，小豆川で30 m未満のものがほとんどであった。また，崩壊深は御料川で1.5～5.5 m（平均2.9 m），小豆川で0.6～3 m（平均1.8 m）と崩壊面積に比べ全体的に深かった。現地観察によると，崩壊面には基岩である泥岩が一部露出していたが，ほとんどが粘土質細粒土層であり，粘土化が著しく進行した斜面土層が比較的深い部分から崩落していた。崩壊面積，崩壊土砂量は小豆川の方がやや大きかったが，崩壊残土量では逆に御料川の方が多く，これは御料川では深い部分からの崩落タイプが多かったのに対し，小豆川ではやや浅い部分からの剝落タイプが多かったことによるものと思われる。

2) 渓岸崩壊と土砂生産

表—5に御料川と小豆川における崩壊土砂量および残土量を対比して示した。単位流路長あたりの渓岸崩壊数では御料川が7.5ヶ所/km，小豆川が5.5ヶ所/kmとなり，御料川の方が

表—5 御料川と小豆川における渓岸崩壊土砂量の対比
Table 5. Comparison of sediment yield from slope failures between the Goryo and the Shouzu rivers

River	Stream length of surveyed section (km)	Nunber of slope failure	Number of failure per km	Average volume of collapsed debris (m^3)	Total volume of collapsed debris (m^3)	Total volume of colluvium (m^3)
Goryo R.	3.2	24	7.5	1,300	31,000	13,000
Shouzu R.	6.9	38	5.5	1,700	64,000	13,000

多いが，平均崩壊土砂量では小豆川が1,700 m³と，御料川の1,300 m³よりやや規模が大きい。調査区間内の全崩壊土砂量は御料川31,000 m³，小豆川64,000 m³，また残土量の合計は御料川13,000 m³，小豆川13,000 m³と見積られた。すなわち，御料川では18,000 m³，小豆川では51,000 m³の土砂が渓岸崩壊によって生産され，河道および農地に氾濫していたことになる。

観察結果によれば，御料川では農地に氾濫・堆積した崩壊土砂量はわずかとみられ，18,000 m³のほとんどが河道内に流入し，洪水流によって下流へ流下したものと考えられる。一方，小豆川では51,000 m³のうち約8割に相当する42,000 m³の土砂は農地に氾濫しており，下流へ流出した分は約9,000 m³と見積られた。小豆川では中流部で崩壊発生が集中していたが，農地氾濫土砂もほぼこの区間に集中しており，これは短い河道区間に多量の崩壊土砂が供給されたため，川幅が狭い（約10 m）こととあいまって，河道埋積を生じたことによるものと考えられた。

おわりに

本調査地域は，新第三紀の泥岩・砂岩から構成されており，また第四紀の未固結な細粒土砂の堆積物が広く分布していることから，今回の豪雨による生産土砂ならびに移動材料も細粒のものが多かった。そのため，河道内での顕著な異常堆積は多くなく，下流へ流出してしまったものも多かったと考えられる。しかし，御料川・小豆川で見られたように，河道に隣接した斜面脚部には崩積土が残留しており，また，今回は詳しく述べなかったが，河川規模に対して崩壊発生規模が過大であった石油沢川では，渓間に多量の不安定土砂が蓄積された。これらは細粒土砂からなっていることもあり，次回の出水時には移動し易いものと考えられる。これらの土砂の今後の移動過程については，次回の課題としたい。

最後に，卒業研究として御料川の渓岸崩壊地調査に取り組み，現地調査・議論を共にした山下　修大氏に深謝の意を表する。また，一部資料の提供をいただいた北海道林務部治山課・土木部砂防災害課，旭川営林支局治山林道課，北海道開発局留萌ダム調査事業所，国土防災技術株式会社の関係各位に深謝の意を表する。なお，本研究の一部は文部省科学研究費特定研究「昭和63年8月北海道中西部(留萌，空知地域)の豪雨災害調査」（研究代表者：岸　力）によるものであることを付記する。

引用文献

1) 地質調査所：20万分の1地質図 留萌．1974
2) 地質調査所：20万分の1地質図 旭川．1977
3) 北海道土木部河川課監修：北海道の大雨資料　第8編．北海道土木協会，1989

4）北海道開発局留萌開発建設部：雨量観測資料．1988
5）国土庁土地局：縮尺20万分の1　土地分類図　北海道III．1977
6）国土庁土地局：縮尺20万分の1　土地分類図　北海道VII．1979
7）日本気象協会北海道本部：最新版　北海道の気候．1982
8）日本気象協会北海道本部：北海道の気象，**32**，8．1988
9）塚本良則：侵食谷の発達様式に関する研究（I）．新砂防，**25**，4，4-13，1973

Summary

A heavy rainstorm caused by the activities of a developed front overtook the Rumoi and the Sorachi Districts in central Hokkaido. The rainfall lasted from August 25 to 26, 1988 with total precipitation reaching 200 mm to 400 mm, or even 425 mm at Numata which was the site receiving the greatest amount of rain in this district (Fig. 2 and Table 1).

In this study the authors researched the actual conditions of the damage caused by the heavy rainfall, especially slope failures. The delivery of sediment from slope failures into river channels was also investigated.

The results obtained are summarized as follows:

1) In the study area, 5,000 or more houses were flooded and farmland in 10,000 hectares or greater area suffered flood damage, damage by sediment deposition and washout damage by the flood (Table 2 and Fig. 3).

2) Based on the interpretation of aerial photographs, the number of slope failures per km^2 was 4 to 18, and the ratio of slope failures was 0.5 to 2.5% in area (Table 3).

3) Many slope failures occurred on the steeper parts located at the foot of a riverside slope and at the zero-order basins which had developed on hillside slopes. Slope failures which occurred at the foot of slopes were primarily responsible for debris into the channels (Fig. 4).

4) Short (20-40 m) and steep (30-40 degree) slopes range along the Goryo and the Shouzu rivers, and many slope failures occurred on such slopes (Figures 5 and 6). The number of slope failures per km was 7.5 and 5.5 along the Goryo and the Shouzu rivers, respectively.

Moreover, total volume of debris from slope failures was 31,000 m^3 along the Goryo River and 64,000 m^3 along the Shouzu River. Part of the debris, 18,000 m^3 in the Goryo River and 9,000 m^3 in the Shouzu River, entered the channel and flowed downstream (Table 5).