



Title	豪雨による斜面崩壊と林地保全に関する研究
Author(s)	小野寺, 弘道; ONODERA, Hiromichi
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 40(1), 229-264
Issue Date	1983-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/21082
Type	departmental bulletin paper
File Information	40(1)_P229-264.pdf



豪雨による斜面崩壊と林地保全 に関する研究*

小野寺弘道**

Study on Slope Failure Caused by Heavy Rainfall and Erosion Control*

By

Hiromichi ONODERA**

目 次

緒 言	230
I. 研究の方法	231
1. 崖くずれ災害	231
2. 研究方法と対象地	231
II. 斜面崩壊の実態	234
1. 崩壊の発生	234
1) 降雨と崩壊	234
2) 林地崩壊の実態	235
2. 崩壊の分布と分類	244
1) 分 布	244
2) 分類と特徴	245
III. 崩落土砂の流下	249
1. 流 下 距 離	249
1) 崩壊高と流下距離	249
2) 規模と流下距離	250
2. 抑止物の影響	250
1) 保 全 施 設	250
2) 家 屋 等	251
IV. 保全施設による土砂コントロール	252
1. 保全施設の効果	252
1) 山 腹	252
2) 溪 床	253
2. 土砂の固定と防災	255
1) 土砂の固定	255

* 1982年8月31日受理 Received August 31, 1982.

** 北海道大学農学部砂防工学研究室

** Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

2) 土砂固定の方法	255
V. 保全上の問題点と課題	257
1. 土地利用と崖くずれ災害	257
2. 保全施設の役割	260
3. 防災空間の意義と課題	261
要 約	262
文 献	263
Summary	264

結 言

従来の水害は大河川の氾らんによる洪水災害に代表されていたが、近年では低地帯における浸水・冠水などの内水災害、丘陵地を流れる小河川の氾らん、斜面・崖の崩壊による災害が目立つようになってきた。

とくに、最近の土地利用の拡大と高度化にともない、急斜地や山地において崖くずれや土石流などの土砂による災害が多発する傾向にある。そして、それにともない「広域的災害」から「局地的災害」へ、また、いわゆる「水害」から「土砂害」へと災害の性格に変化がみられるようになってきた。

昭和56年8月3日夜半から6日朝にかけて道央部を中心に低気圧と前線、さらに台風12号の影響による強い豪雨があり、各地に多大の被害をもたらし被害総額は3兆円あまりにも達した。これは、北海道における豪雨災害としては降雨量とともに史上最高を記録するものであったが、それは「土砂害」としての性格の強い災害であった。

とりわけ、人的被害が相次いだ日高地方では各所に崖くずれが発生し、多くの流木を含んだ崩土は泥流化して人家を破壊し、また草地・畑地・水田等を埋没し、さらに国道・鉄道などの主要な幹線は長期間にわたって寸断されるという災害となった。

被害の状況は死者4名、全壊家屋48戸、半壊家屋27戸、一部損壊40戸、床上浸水614戸、床下浸水1,666戸となっている。

日高地方では同年7月5日から6日にかけて三石町を中心に集中豪雨があり、崖くずれにより死者1名、被害家屋501戸を数える災害を受けた後ただけにその衝撃は大きかった。この災害を契機に防災対策の見直しということが話題となり、地域の保全計画について検討する必要性が生じてきた。

本論文は日高地方における昭和56年8月豪雨災害の実態について明らかにし、崖くずれに関する保全上の問題について考察しようとしたものである。

本論文をまとめるにあたり、北海道大学農学部東三郎教授はじめ砂防工学研究室の各位から貴重な助言と協力をいただいた。また、北海道林務部治山課、ユニオンコンサルタント株式会社、北海道立地下資源調査所の関係各位には数回にわたる現地調査と討論の機会をいただい

た。ここに記して感謝の意を表するしだいである。

I. 研究の方法

1. 崖くずれ災害

新第三紀鮮新世の丘陵や第四紀洪積世の台地末端におこるくずれの現象を、崖くずれと呼んでいる¹²⁾。このような丘陵や台地の周辺部は急崖をなして沖積平野に接している。このことは、日高地域においても例外ではない。ただ、日高地域の場合には台地が海岸部まで張り出しているところが多く、沖積平野(海岸低地)は海岸に沿って細長い。したがって、裏山と前浜にはさまれた狭い土地に住宅、道路、鉄道などが作られている。そして、このような台地におこる崖くずれば、しばしば災害として現象する。

全国的に見ると、崖くずれ災害は第二次大戦後に深刻な社会問題となってきた。特に、東京、横浜をはじめとする関東ローム台地、千葉県両総台地・丘陵地帯、栃木県鬼怒川沿い、島根県出雲市の丘陵地帯、鹿児島、宮崎両県のシラス台地におけるものが知られている^{14),17)}。これらの崖くずれ災害は台地周辺部における土地開発や集落の発達とともに増加する傾向にある。すなわち、都市部における最近の崖くずれば、人為的な要因によるものが多いと考えられ、なかでも、台地周辺部における粗雑な宅地造成や、台地上の排水の不備などが最も多い原因としてあげられている。

北海道においても、1980年の8月豪雨によって、胆振地方の白老町、登別市、室蘭市の台地周辺部に崖くずれが発生し、多くの被害を出した事は記憶に新しい。この崖くずれは太平洋沿いに発達する火山性台地におこったものであるが、いずれも新興住宅地における災害であり、土地条件を無視した粗雑な地形改変や土地開発に起因するものであった^{9),20)}。

以上のように、崖くずれ災害は丘陵や台地周辺における土地開発と密接に関連しているのである。

2. 研究方法と対象地

これまで斜面崩壊については降雨、地形、地質、植生などの素因との関連で崩壊現象を統計的に解析し、その発生機構を論じているものが多い。また、発生の予知についてもいくつかの方法が試みられており、従来からの経験的手法である採点法に加えて、最近では数値的手法である多変量解析による調査が多く試みられている。

一方、防災対策については山腹工など崩壊防止対策工に関するものがほとんどで、地域の土地利用計画や保全計画との関連で論じられているものは少ない²⁶⁾。

斜面崩壊のなかで現在最も問題となる崖くずれば、前節で述べたように人為的な要因によるところが大きい。したがって、今後崖くずれ災害の発生を防止していくためには対策工をさらに進めていくことはもちろん必要であるが、それに加えて土地利用のあり方、防災空間の配置などソフトな面での防災対策について検討していくことが重要と思われる。

崖くずれ災害は土地利用の規制によってそのほとんどを防止することが可能であると考えられる。しかし、具体的実施の段階で行政上の問題と深く係わってきて困難をとまうのが現状である。したがって、これまでこの方面での研究はほとんど手がけられてきていない。

こうしたことから、土地利用のあり方を含む地域の保全計画を長期的見通しのもとに検討していくことは、これからの崖くずれ災害の基本的な予防対策をたてていく上で意義のある課題であると考えられる。

そこで、筆者は上記課題へのアプローチを試みるために、昭和56年8月の豪雨で多くの崖くずれが発生した日高地方を選び、斜面崩壊の実態について調べ、既設保全施設の効果、保全上の問題について考察した。

具体的な調査の方法としては現地踏査と空中写真により崩壊地の位置と規模、崩落土砂の流下距離、崩壊地周辺の植生と土地利用形態などについて調査した。

本論文で対象としている地域は斜面崩壊のとくに著しかった門別町から三石町にかけての沿岸部である(図-1)。

日高地方の海岸沿いには全域を通じて平坦な海岸段丘地形が数段形成されていて、その末端は比高30~80m程度の段丘崖となって沖積低地に続いている。図-2は、図-1中の横断線A-Bにおける地形の断面形状を示したものである。この図より段丘面(台地面)は全体的に西

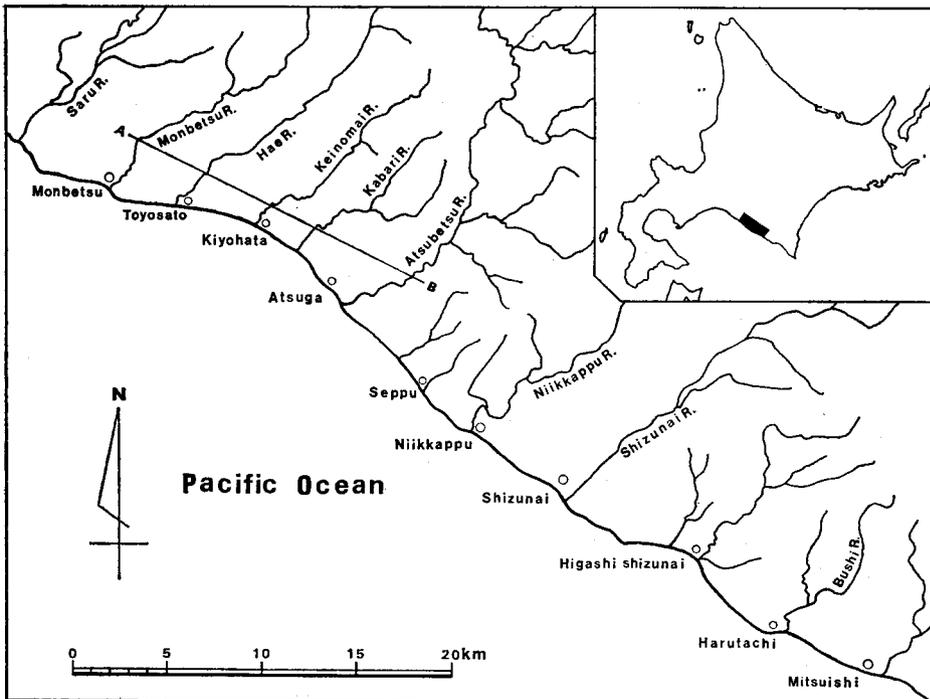


図-1 研究対象地

Fig. 1. Locations of investigated areas.

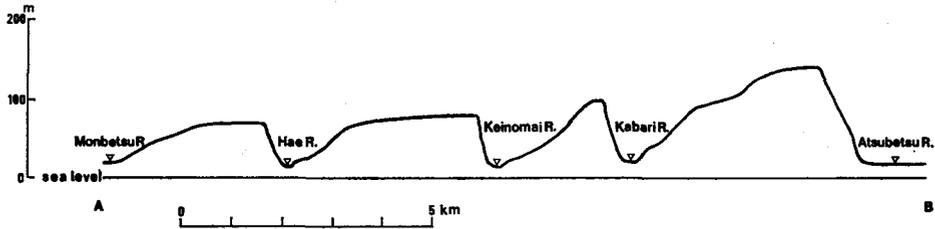


図-2 地形横断面図 (門別川～厚別川間)

Fig. 2. Topographical profile at the line A-B shown in Fig. 1.

側に緩く傾いていることを読みとることが出来る。西に面した緩斜面には、浅い谷の形成がみられる。一方、東に面する山腹斜面 (段丘崖) は急勾配であり、V字谷あるいは0次谷²⁵⁾の発達が見られ、谷の出口には扇状地が形成されている。また段丘崖下部には崖錐の形成がみられる。主要な河川には河岸段丘が形成されており、それらは左岸側つまり東側に偏在する傾向にある。

対象地域の基盤となっている地質は新第三系厚賀層、元神部層、フラヌイ層であり、それらは礫岩、砂岩、泥岩、凝灰質シルト岩などの互層からなる⁷⁾。そして、台地上にはこの基盤を覆うように段丘堆積物の分布がみられる。また、日高地方には樽前山、恵庭岳、有珠山、支笏カルデラなどを噴出源とする火山灰が分布している⁸⁾。とくに樽前山起源の火山灰 (Ta-b, 降下年代1667年) や有珠山起源の火山灰 (Us-b, 降下年代1663年) は対象地域内の斜面や台地上の表層部分に10~30 cmの厚さで広く分布しており、今回の崖くずれにより、これらの火山灰を含む表土層が崩落し多量の火山灰の流出がみられた。図-3に日高地方海岸部の地形断面模式図を示す。このように段丘崖の下部には崖錐の形成がみられ、斜面と海にはさまれた沖積低地は一般的に狭小である。段丘地形を形成する基盤岩の上面は段丘堆積物によって覆われ

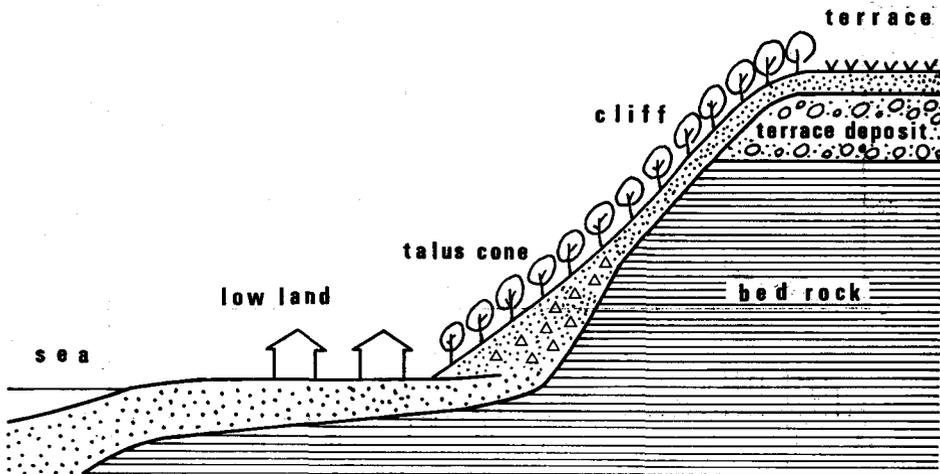


図-3 海岸段丘周辺の地形縦断面模式図

Fig. 3. Topographical profile of coastal terrace.

ている。

II. 斜面崩壊の実態

1. 崩壊の発生

1) 降雨と崩壊

低気圧と前線の影響により8月3日夜半より降り始めた雨は、5日になって北上する台風12号に刺激されて雨量が増し、門別町では午前7時にピークに達し、1時間雨量の最大値47mmを記録した。そして、降り始めからの積算雨量が319mmに達する大雨となった(図-4)。日高支庁管内の積算雨量分布を示したものが図-5であり、門別町に最大値が分布している。このような激しい降雨が日高管内一円に多数の斜面崩壊を発生させる誘因となった。

降雨量の推移と崩壊発生時間との関連を地元住民の聞き取り調査結果から門別町についてみると、崩壊は午前6時頃より豊郷地区の波恵川右岸部を中心に発生し始め、7時頃には豊郷、清島、厚別の各地区で斜面崩壊が相次ぎ、9時頃までにはほぼ崩壊の発生は終了し、その

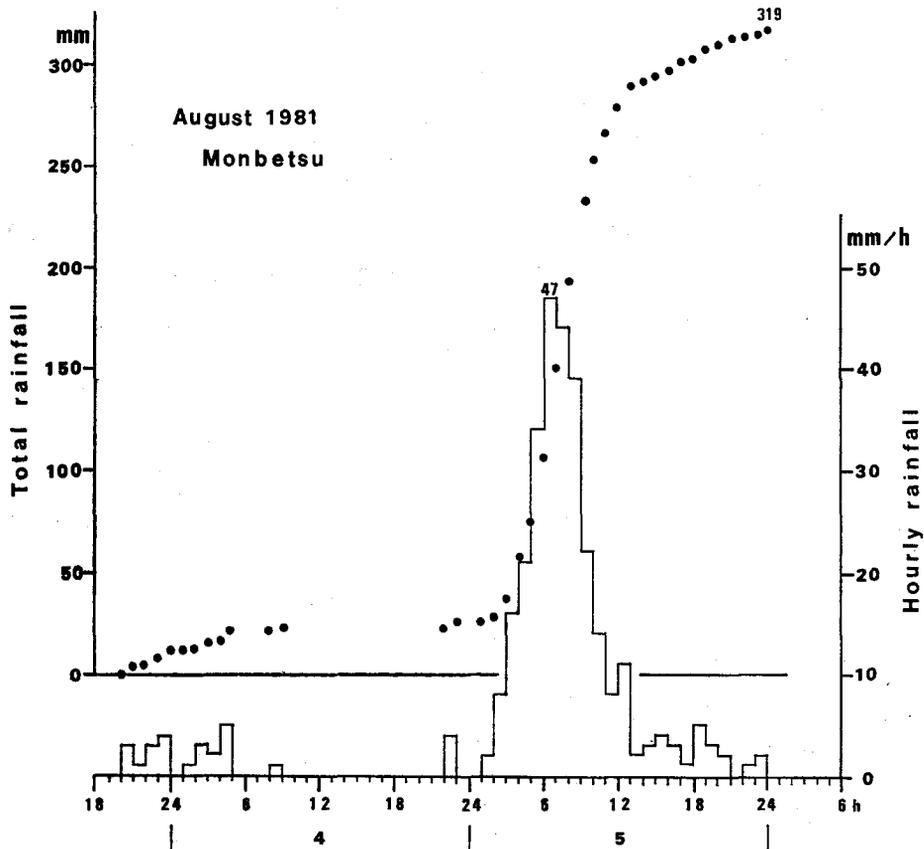


図-4 時間雨量と積算雨量

Fig. 4. Hourly rainfall and total rainfall.

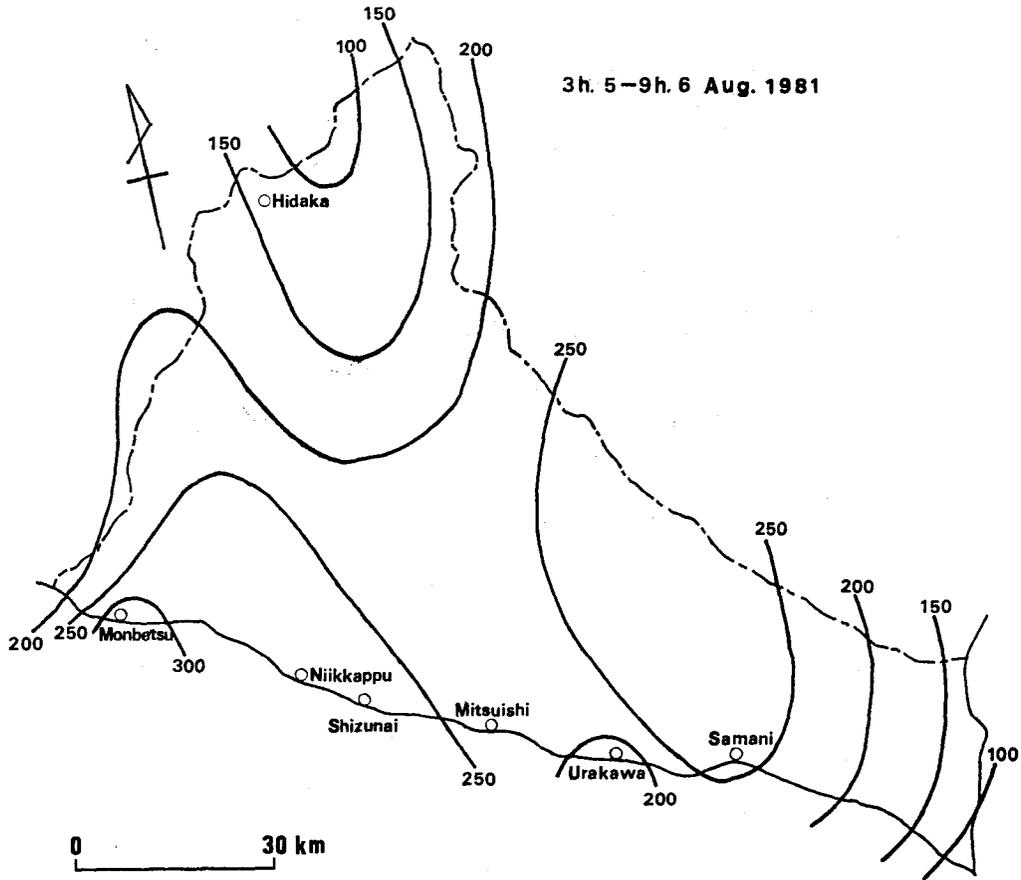


図-5 積算雨量分布図 (単位 mm)

Fig. 5. Distribution of total rainfall (mm).

後は散発的に発生している。以上のことから、1時間雨量が35 mmに達する頃から崩壊の発生がみられ、降雨量のピーク時に発生が集中していたことがわかる。

2) 林地崩壊の実態

i) 森林の概要

図-6は日高支庁管内における森林の分布をあらわしたものである。この森林のうち58%は国有林で、各河川の中流より日高山脈にかけて広がっており、一部は新冠町、三石町、えりも町の海岸近くに分布している。道有林は12%を占め、日高山脈の南西部を中心に分布している。そして、今回の崩壊地の分布と最も関連する一般民有林は、町有林8%、私有林12%で合計30%の比率を占めており、各河川の中流部より太平洋岸にかけて分布している。

これらの林地のうち、人工林の比率は国有林7%、道有林9%、一般民有林26%となっている。そして民有林における主要植栽樹種はカラマツ(58%)とトドマツ(26%)である。また、これら森林のうち保安林の占める面積比率は、国有林34%、道有林44%、民有林20%で

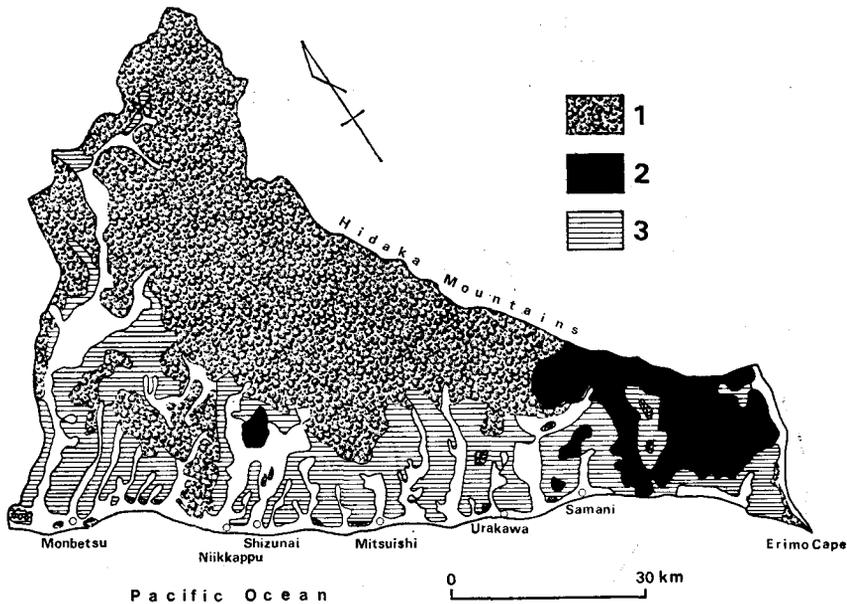


図-6 森林の分布(日高支庁管内)

1. 国有林 2. 道有林 3. 一般民有林

Fig. 6. Forest of Hidaka district.

1. National forest 2. Hokkaido prefectural forest
3. Town and private forest

ある。そして、国有林の保安林の85%は水源かん養林、14%は土砂流出防備林、ほか飛砂防備林、土砂崩壊防備林、防風林が点在する。道有林の保安林の90%は水源かん養林で、8%の土砂流出防備林があるほか、土砂崩壊防備林、防風林が点在する。そして民有林では57%が土砂流出防備林となっており、40%が水源かん養林である。このほか、防風、土砂崩壊防備、魚つき、飛砂防備、風致の各保安林が存在している¹⁰⁾。

ii) 天然林

海岸部

海岸部には海岸段丘の発達が見られ、その末端は急斜面(段丘崖)となって海岸平野あるいは汀線に至る。段丘崖の脚部には崖錐が発達しているところが多く、斜面全体の傾斜角は25~35°程度の範囲にある。斜面のほとんどは植生に覆われているが、今回の豪雨によりそのような斜面に多くの崩壊が発生した。ちなみに、新冠町の大狩部~節婦間では、その間の2kmある斜面のうちの57%が崩壊している。このほか、豊郷~清島間、厚賀周辺などの斜面に多くの崩壊が発生している。

(1) 豊郷地区

図-7は、豊郷~清島間の斜面に発生した崩壊地周辺の森林の側面スケッチ図である。このベルトの左右には表層剝落型の崩壊地が連なっている。この斜面の脚部には国道があり、さ

の土壌となっており、カシワを主体とする天然生林が成立している。そして林床はミヤコザサで覆われている。湧水箇所より下部の木本がみられない斜面は水分を多く含んでおり、オオイタドリが群生している。その下部斜面は基盤岩である頁岩が水で洗われて露出しており、植生はまったくみられない。さらに、その下方は崩土堆積地であるが水分を含んでいて表面はぬかるみ状態となっており、下部には泥炭がみられる。植生はナガバナナギを主体とする木本類の侵入がみられ、草本類はススキ、ヨシを中心とする湿性の植物が見られる。この崩土は全体に流動的で地すべりを生じている。

隣接する崩壊地の頭部はいずれも湧水地点に位置しており、本ベルト地帯もかつての崩壊跡地と推定される。なお、表-1に同ベルト内にみられる木本類を樹高階別に示した。

(2) 清 島 地 区

図-8は、清島駅前の非崩壊斜面の森林の側面スケッチ図である。傾斜角度35度前後のほぼ平衡な斜面であり、斜面の脚部から数メートル以内に民家が建ち並んでいる。斜面とその上部の平坦面は国有林であり、図に示すようにカシワを主体とする天然林によって覆われている(写真-1)。林床にはミヤコザサが侵入している。このベルトのすぐ東側に隣接する斜面に表層剝落型の崩壊が幅13mにわたって発生している。崩壊地の頭部は斜面脚部から斜距離にして約40mの地点にあり、また末端部は16mのところを位置しており、脚部の崖錐部分は崩壊していない。

表層土の厚さは、崩壊地の頭部で35cm、中間部で50cm、下部で80cmあり、下部に向うほど厚くなる傾向にある。

表層土の厚さは、崩壊地の頭部で35cm、中間部で50cm、下部で80cmあり、下部に向うほど厚くなる傾向にある。

表層土の材料は小円礫の混入する砂であり、そのなかにSpfaやTa-bなどの火山灰がみられるが明確な成層構造を示していない。

表層土が崩落したあとの斜面には、基岩である礫岩の岩盤が露出していてその表面は硬い。すなわち、表層土と基岩との境界の不連続性はきわめて顕著である。樹木はすべてこの表層土の範囲内にその根を張っている。表-2に同ベルト内にみられる木本類を樹高階別に示

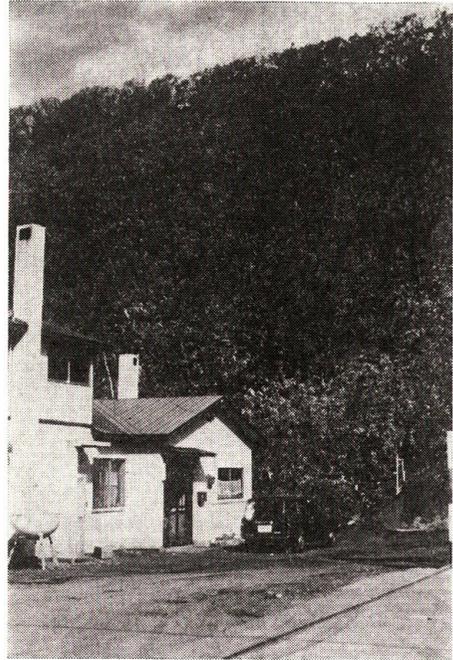


写真-1 海岸段丘崖斜面にはカシワを主体とする天然林が成立していて土砂崩壊防備保安林となっている。今回の豪雨でこのような斜面が崩壊した(清島地区、ベルト2)

Photo 1. On the coastal terrace cliff, natural forests which are mainly composed of *Quercus dentata* are standing and they are designated as the erosion control forest. By heavy rainfall of this time, such slope were failed everywhere (belt-2, Kiyohata).

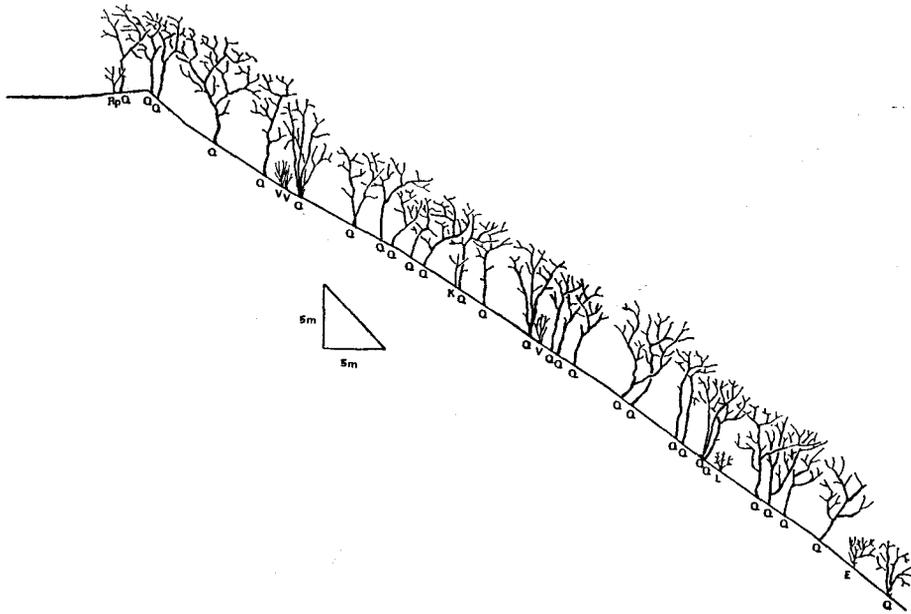


図-8 森林側面スケッチ図 (清島地区海岸斜面, ベルト2)

Fig. 8. Profile of forest (belt-2, coastal slope of Kiyohata).

表-2 樹高階別本数配分表 (その2*)

Table 2. Number of standing trees at every height classification

Species	(sign)	height (m)				total (No.)
		1~3	3~5	5~7	7~9	
<i>Quercus dentata</i>	カシワ (Q)		3	21	4	28
<i>Viburnum dilatatum</i>	ガマズミ (V)	3				3
<i>Robinia pseudoacasia</i>	ハリエンジュ (Rp)	1				1
<i>Kalopanax pictus</i>	ハリギリ (K)	1				1
<i>Ligustrum obtusifolium</i>	イボタノキ (L)	1				1
<i>Euonymus sieboldianus</i>	マユミ (E)	1				1
total	(No.)	7	3	21	4	35

注) * 門別町清島地区海斜面 (ベルト2)

Note * coastal slope of Kiyohata, Monbetsu-cho (belt-2).

した。

(3) 節 婦 地 区

図-9は、国鉄節婦駅より西方へ約1kmの未崩壊斜面における森林の側面スケッチ図である。

斜面下部には国道の擁壁が作設されており崖錐の脚部が固定されている。国道に隣接して鉄道が敷設されていて、それより10m程度で汀線(防波堤)に至る。斜面長は90mほどあり、平均傾斜角は約32度である。

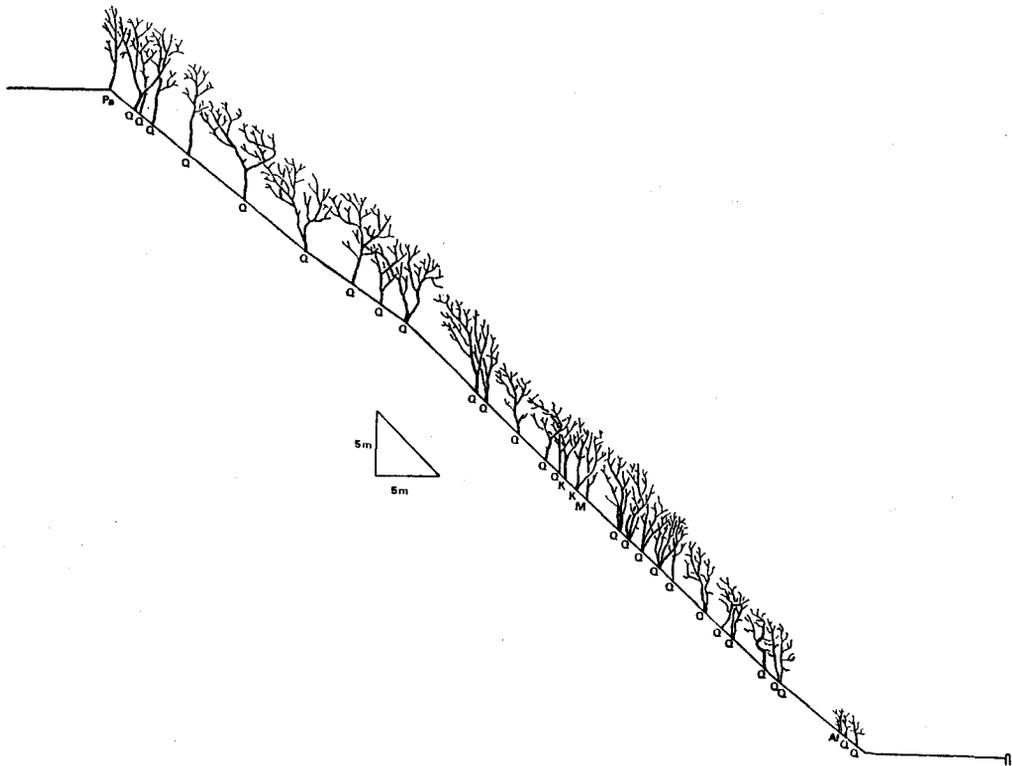


図-9 森林側面スケッチ図(節婦地区海岸斜面, ベルト3)

Fig. 9. Profile of forest (belt-3, coastal slope of Seppu).

周辺の斜面一帯には昭和51年度より復旧ならびに小規模治山事業(民有林)が実施されており, 斜面に発達した数本の小沢(段丘面を開折しつつあるガリー)に谷止工, 土留工, 水路工, 植生工などが配置されている。

今回の豪雨によりこれらの沢頭においてガリーの拡大がみられたが, 治山施設の施工箇所においては土砂の移動が抑止されている。今回崩壊した斜面はベルトのすぐ西隣にあたり沢型地形である。崩壊地の頭部(斜面脚部より40m上方)にみられる表層土の断面には, 表面より10cmの深さのところにはTa-b火山灰の堆積層が10cmの厚さで認められる。その下層は80cmの厚さの基岩風化土(砂)となって基岩の砂岩に至る。しかし風化土と基岩との境界は著しく不連続である。

周辺の林相はスケッチ図とほぼ同様のカツワを主体とする天然林であり, 林床はミヤコザサ, チシマアザミ, エゾヨモギなどで覆われている。ただし, 段丘面上には森林はなく広大な採草地・放牧地が広がっており, 農道が段丘崖にきわめて近接して開設されている。前述のように, 平坦面から斜面に移行する箇所においてガリーの拡大がみられ, 段丘堆積物を浸食している。なお, 表-3に同ベルト内における木本類を樹高階別に示した。

表-3 樹高階別本数配分表 (その3*)
Table 3. Number of standing trees at every height classification

Species	(sign)	height (m)			total (No.)
		1~3	3~5	5~7	
<i>Quercus dentata</i>	カシワ (Q)	3	12	11	26
<i>Kalopanax pictus</i>	ハリギリ (K)	1	1		2
<i>Populus alba</i>	ウラジロハコヤナギ (Pa)			1	1
<i>Morus bombycis</i>	ヤマグワ (M)		1		1
<i>Amorpha fruticosa</i>	イタチハギ (Af)	1			1
total	(No.)	5	14	12	31

注) * 新冠町節婦地区海岸斜面 (ベルト3)

Note * coastal slope of Seppu, Niikkappu-cho (belt-3).

内 陸 部

内陸部には台地・丘陵地形がみられるが、崩壊は各河川右岸部の山腹斜面とそこに発達した支谷の谷壁に多く発生している。そのなかでも門別町豊郷の波恵川右岸部に発生したものは、多量の土砂と流木を下流へ押し出し多大の被害をもたらしている。そして流木のなかには多くの天然林木が含まれている (写真-2)。

図-10 は門別町豊郷地区宮川付近に発生した崩壊地の周辺における森林の側面スケッチ図であり、表-4 はその樹高階別本数配分表である。

このスケッチ図は、図-12 内に示されている横断線 a-a' におけるものである。一方図-11 に同横断線における表層地質の柱状図を示したが、凹地部分には Ta-b 火山灰の降下堆積層が

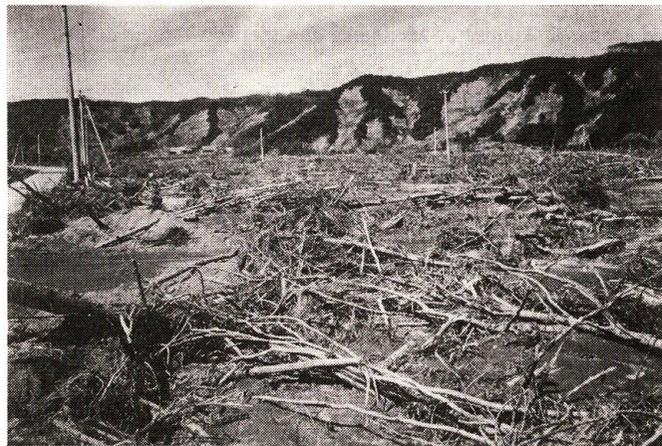


写真-2 多量の流木を含んだ崩土は泥流となって流下し家屋、水田、草地を埋没した (豊郷地区)

Photo 2. The debris including many logs flowed down burying the houses, rice field and meadow (Toyosato).

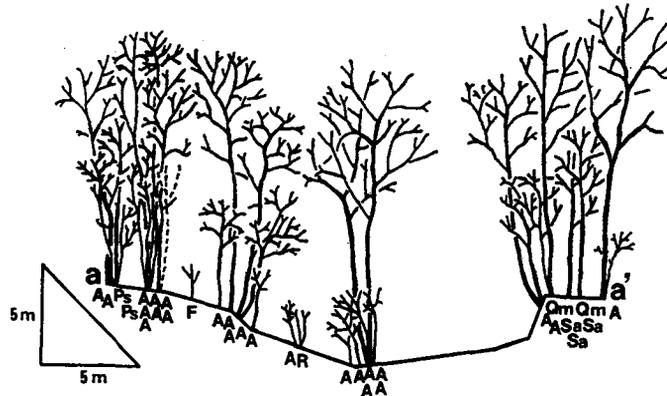


図-10 森林側面スケッチ図 (豊郷地区内陸斜面, ベルト4)

Fig. 10. Profile of forest (belt-4, shown in Fig. 12. as the line a-a', inland slope of Toyosato).

表-4 樹高階別本数配分表 (その4*)

Table 4. Number of standing trees at every height classification

Species	(sign)	height (m)						total (No.)	
		1~3	3~5	5~7	7~9	9~11	11~13		13~15
<i>Acer mono</i> イタヤカエデ	(A)	7	4	4		4	3	2	24
<i>Sorbus alnifolia</i> アズキナシ	(Sa)			2	1				3
<i>Quercus mongolica</i> var. <i>grosseserrata</i> ミズナラ	(Qm)						1	1	2
<i>Prunus sargentii</i> エゾヤマザクラ	(Ps)				2				2
<i>Fraxinus lanuginosa</i> アオダモ	(F)	1							1
<i>Rhus trichocarpa</i> ヤマウルシ	(R)	9							1
total (No.)		9	4	6	3	4	4	3	33

注) * 門別町豊郷地区内陸斜面 (ベルト4)

Note * inland slope of Toyosato, Monbetsu-cho (belt-4).

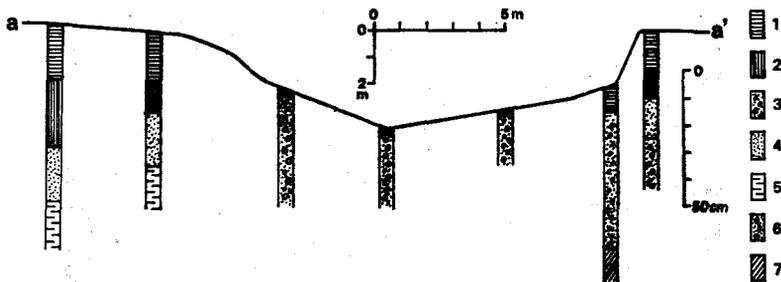


図-11 表層地質柱状図 (豊郷地区内陸斜面, ベルト4)

1. 腐植土 2. Ta-b 火山灰を多く含む腐植土 3. 円礫, 砂, Ta-b 火山灰からなる崩積土
4. Ta-b 火山灰層 5. シルト, 粘土質土 6. 円礫, 砂からなる基岩風化土 7. 基岩 (礫岩)

Fig. 11. Profile of surface soil (belt-4).

1. Humus 2. Humus included much of Ta-b tephra 3. Colluvial deposit consisting of gravel, sand and Ta-b tephra 4. Ta-b tephra layer 5. Silt and clay 6. Weathered bed rock consisting of gravel and sand 7. Bed rock (conglomerate).

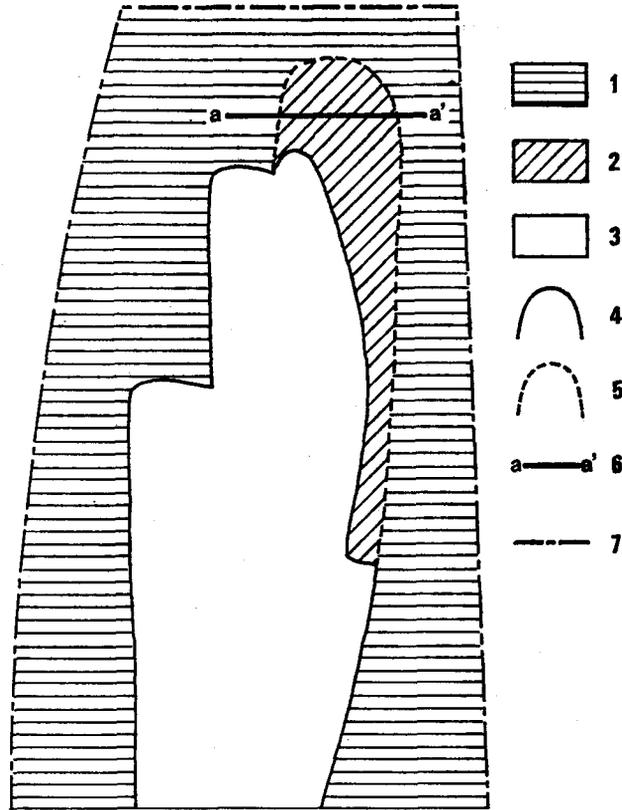


図-12 斜面における火山灰の分布 (豊郷地区内陸部)

1. 樽前b火山灰 (Ta-b) 分布域 2. 樽前b火山灰非分布域 3. 露出基岩 (礫岩)
4. 新崩壊地 5. 旧崩壊地 6. ベルト4 7. 尾根線

Fig. 12. Distribution of tephra on slope (inland of Toyosato).

1. Slope with the Ta-b tephra 2. Slope without the Ta-b tephra 3. Bare bed rock (conglomerate) 4. New scar 5. Old scar 6. Belt-4 7. Ridge.

存在していない。また斜面周辺の観察によると、Ta-bの分布は図-12に示したようになる。このことから凹地部分の斜面は火山灰降下後に発生した崩壊地の自然復旧跡地(旧崩壊地)の一部であると考えられる。そして今回の豪雨により再度その復旧跡地下部の風化土層が森林とともに崩壊したものである。崩壊前の林相は崩土内にみられた流木の樹種・樹高などから類推して、ほぼ図-10に示されたようなものであったらうと考えられる。

iii) 人工林

日高地方の民有林における一般造林地の主要植栽樹種は前述したようにカラマツとトドマツである。しかし、地形、地質との関連で西部は主としてカラマツ、東部はトドマツと造林樹種が二分されているようである。従って、門別町から三石町にかけての崩壊多発地帯にみられる造林木はカラマツが多い。その成績は汀線からの距離や地形・地質条件によって著しく異なるが、全般的に成績はあまり良くない。

また、海岸林地帯には治山事業による海岸人工林がみられ、クロマツをはじめとして、ヨーロッパアカマツ、ストロブマツ、バンクシャマツ、ギンドロ、ミズナラ、ニセアカシア、ヤナギ類、ポプラ、アキアミ、イタチハギなどが、海岸段丘崖の斜面脚部や海岸線沿いに植栽されている。しかし、塩分や風衝のために必ずしも生育状況は良くなく、なかには植栽後10年にして全滅した治山事業地もある。今回の崩壊はこのような人工林斜面においても発生している。

他方、以上のような樹種のほかに、樹齢50年にもなるスギ、ドイツトウヒをはじめ、ストロブマツ、トドマツなどの造林木が植栽された造林地がある。これは新冠町高江地区で農場を営む八木豊一氏の所有する山林である。同山林は31 haあり、そのうち7 haは環境緑化保護地区に指定された美林である。昭和5年のドイツトウヒの植栽にはじまり、いらい屋敷内あるいは地続きの裏山に、スギ、ヒノキ、トドマツ、カラマツ、ストロブマツやヤチダモなどを栽え続けてきたものである²⁾。しかし、このようにしてみごとに成林した優良造林地が今回の豪雨により無残に崩壊したのである。崩壊は表層土の滑落によるもので、沢型地形を横断するように作られている林内歩道付近から崩壊しているものが目立った。

以上のように斜面崩壊は天然林、人工林の区別なく、また、樹種・樹齢に関係なく、非選択的に発生していることがわかる。

2. 崩壊の分布と分類

1) 分 布

対象地域の地形を台地(洪積段丘)・丘陵地と沖積低地に区分し、それに崩壊地の分布を示すと図-13のようになる。崩壊地は台地周辺部に分布しており、海岸沿いでは段丘崖に、内陸部では波恵川、慶能舞川、賀張川、厚別川などの主要な河川の右岸部の山腹斜面に分布する傾

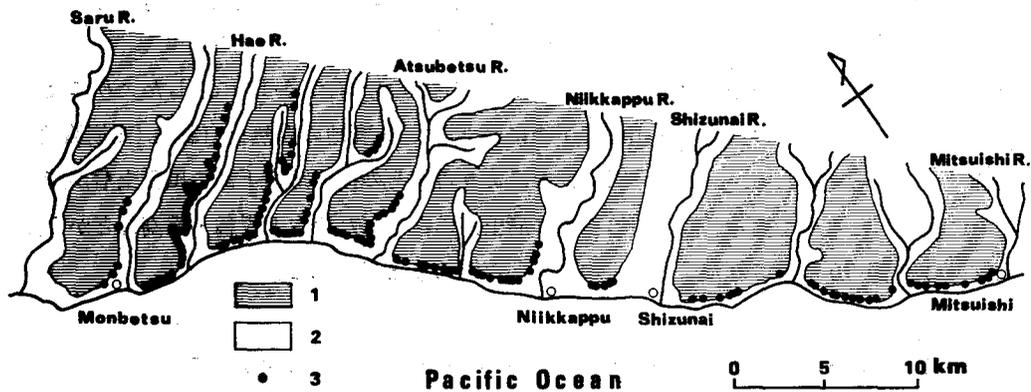


図-13 崩壊地の分布と地形区分

1. 台地・丘陵地 2. 低地 3. 崩壊地

Fig. 13. Distribution of slope failures and classification of topography.

1. Terrace and hills 2. Alluvial plain 3. Slope failures.

向がみられる。崩壊地が河川右岸部に偏在する理由は先に述べたように対象地域の地形的特徴に起因するものと考えられる。すなわち、台地面は全体的に西に緩やかに傾斜しているのに対して、東側の山腹斜面(段丘崖)が急勾配となっているためである(図-2参照)。河川右岸部には流路長1kmに満たない谷が段丘面を解析しており、その谷壁や谷頭にも多くの崩壊が発生しており、崩土は集合して泥流化し、谷の出口に分散堆積した例も多くみられた。台地周辺部の段丘崖や谷壁斜面は本来浸食の最前線であるため崩壊の最も活発なところである。

2) 分類と特徴

崩壊の分類はさまざまな基準からなされるが^{2),26)}、ここでは崩壊した材料が何であるかによって区分した。その結果図-14に示すように4つに分類された。

Aタイプは基盤岩を覆う表層土が剥落するタイプである(写真-3)。表層土の厚さは50cm程度であり、木本や草本の根系が張りめぐらされていて、いわゆる板状体¹²⁾を形成している。板状体と基盤岩とは著しく不連続であり、崩壊直後は固い基盤岩が露出する。斜面の遷急線の下部から崩壊しているものがほとんどであるが、崩壊部と崩土堆積部が上下隣り合わせのものと、両者の間に流送部(非浸食域)が存在する場合とがある。崩土は基盤岩の風化した砂が主

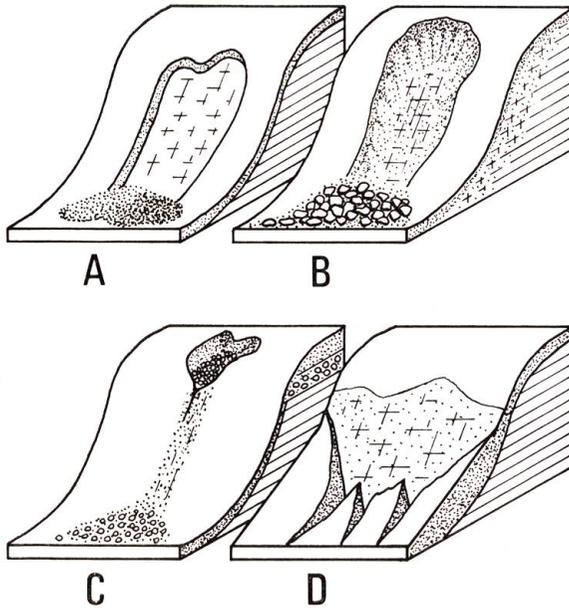


図-14 崩壊の分類

- A. 表層剥落型 B. 岩盤崩落型 C. 段丘堆積物崩壊型
- D. 崖錐堆積物崩壊型

Fig. 14. Classification of slope failures.

- A. Surface slide type B. Bed rock slide type C. Terrace deposit erosion type
- D. Talus cone erosion type.

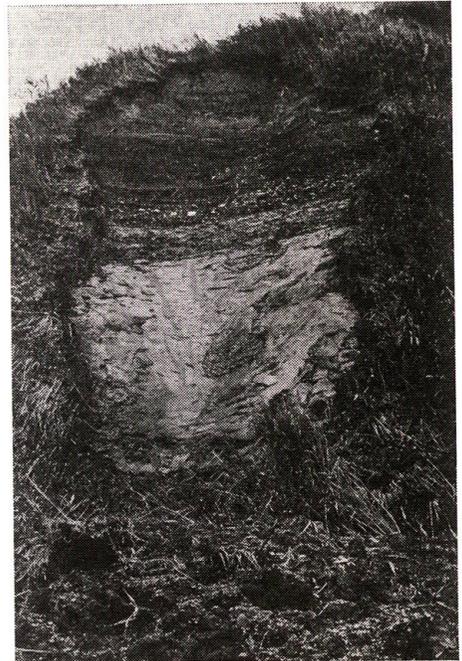


写真-3 Aタイプ(表層剥落型)の崩壊地。表層土が崩落したあとには硬い基盤岩が露出する(節婦地区)

Photo 3. A type (surface slide type) slope failure. Hard bed rock lay bare after sliding of surface soil.

体で、これに礫、シルトなどが含まれ、さらに多量の火山灰 (Ta-b, Us-b など) が混入している (写真-4)。

Bタイプは、深層風化した基岩が表層土もろとも崩壊する岩盤崩落型のものである (写真-5)。一崩壊地の崩土量は多いが、発生例は後述するように少ない。遷急線の上方から斜面を深くえぐり取るように崩壊し、崩土は角の鋭い巨大な岩塊を伴っている。

Cタイプは、段丘崖の上部で基岩を不整合に覆う段丘堆積物 (円礫、砂のほかローム質の火山灰が厚く覆っている場合が多い) がガリーを形成しながら崩壊するものである。ガリーの

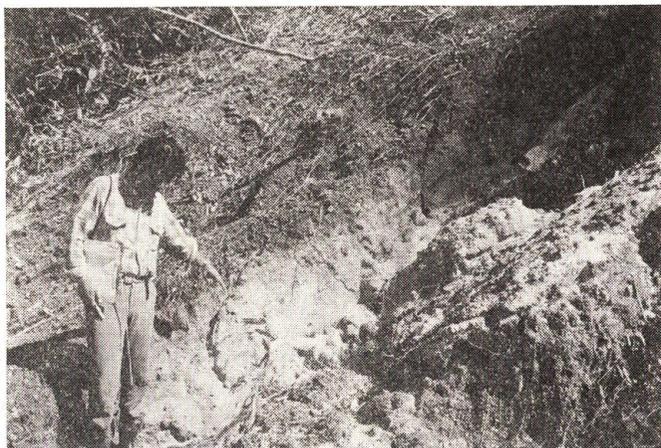


写真-4 斜面堆積物中には火山灰層が厚く介在している (豊郷地区)

Photo 4. Thick tephra layers were lying in the slope deposits (Toyosato).

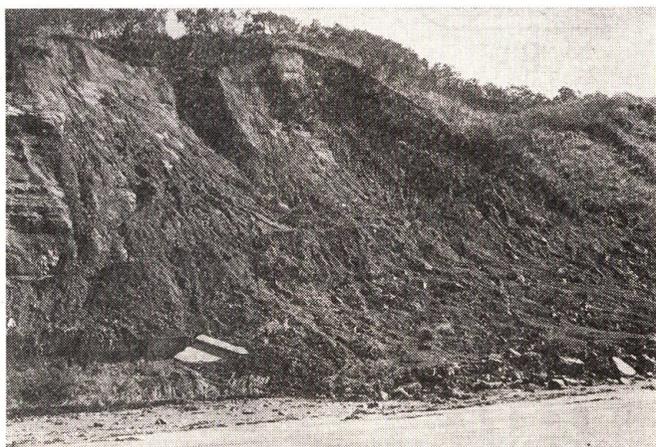


写真-5 Bタイプ (岩盤崩落型) の崩壊地。深層風化した基盤岩が崩落して国道、鉄道を埋め崩土は海に達した (東静内地区)

Photo 5. B type (bed rock slide type) slope failure. Deep weathered bed rock fell down to the sea burying the national road and the rail way (Higashi-Shizunai).

頭は遷急線上方の平坦面に及び、台地上の表流水を集中することによってガリーはV字谷状に発達する(写真-6)。このタイプの崩壊は、平坦面上の土地が草地、畑地として段丘崖に接近して利用されているところに発生する傾向がみられる。

Dタイプは、段丘崖や山腹斜面の脚部に形成された崖錐や麓屑、あるいは小規模谷地形の末端にみられる沖積錐が洗堀・崩壊するものである(写真-7)。このタイプはAタイプと併発するものが多い。崩壊のしかたはガリー浸食によるものがほとんどであるが、なかには地すべ



写真-6 Cタイプ(段丘堆積物崩壊型)の崩壊地。段丘面は草地として利用されている(厚賀地区)

Photo 6. C type (terrace deposit erosion type) slope failure. Terrace plains are used for the meadows (Atsuga).

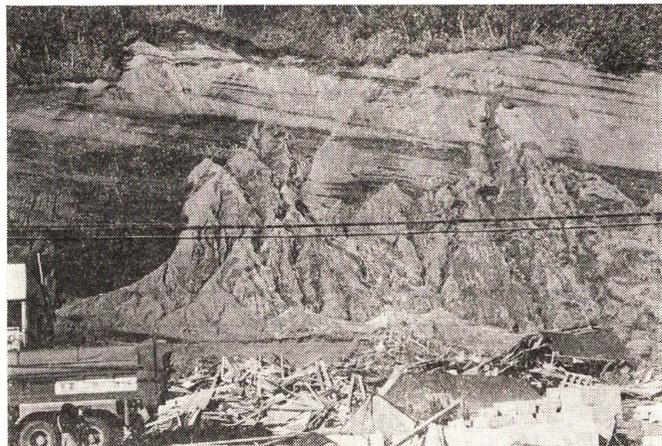


写真-7 Dタイプ(崖錐堆積物崩壊型)の崩壊地。斜面脚部に存在する崖錐堆積物が120mの幅にわたり崩壊し家屋7戸を全壊した(清島地区)

Photo 7. D type (talus cone erosion type) slope failure. The talus cone which was formed at the foot of slope was eroded in width of 120 m and its debris razed 7 houses to the ground (Kiyohata).

り状に崩壊する場合もみられる。崖錐等の材料は砂が主体であり、それに円礫(基岩である礫岩や段丘堆積物に由来する)、火山灰が層状に混入している。

図-15は、それぞれの崩壊タイプの発生率を示している。Aタイプの表層剝落型の崩壊の発生率が最も高く、60%を超えている。次いでAタイプとDタイプとの併発型(斜面上部に表層剝落型、斜面中・下部に崖錐崩壊型)に発生率が高いことがわかる。

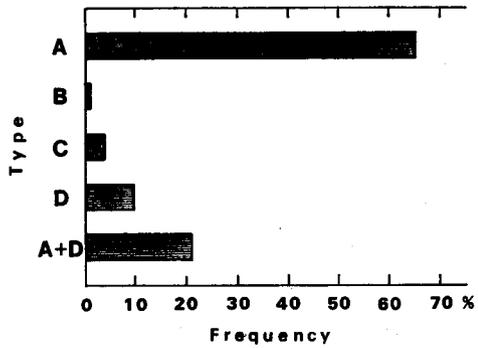


図-15 崩壊形態と発生率

Fig. 5. Occurrence rate of each type slope failures.

図-16は、それぞれの崩壊タイプの崩壊規模の範囲を表したものである。最も発生率の高いAタイプは50~1,800 m³の範囲内にある。このタイプの崩壊深は0.5 m程度であるから、崩壊面積は100~3,600 m²の範囲にあることになる。Bタイプの発生率は最も低いが、崩壊土砂量の規模は大きい。このタイプは崩壊時に巨大な岩塊を伴っており、斜面脚部に作設された擁壁工がことごとく破砕されて崩土の前面まで飛ばされていることから、破壊エネルギーは4タイプのうち最も大きいと推測される。Cタイプは規模は小さいが、そのまま放置することによって大きな谷に発達する可能性が最も高い。Dタイプは範囲が広い。基盤を覆う斜面の表層土のうち崖錐部分の占める割合は後述するように全体の80%にも及ぶ場合があるので、崖錐部分が崩壊することによって、多量の土砂が流出し、下流部に被害を与える。最大値である7,300 m³は門別町清島地区でみられたもので、幅120 mにわたって崖錐斜面が崩壊し、家屋7戸を全壊している。

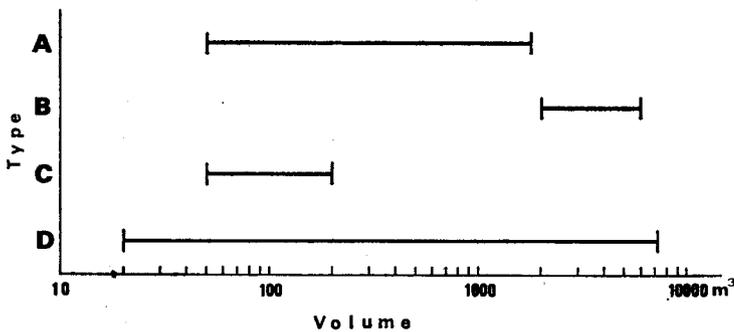


図-16 崩壊形態と規模

Fig. 16. Volume of each type slope failures.

III. 崩落土砂の流下

1. 流下距離

1) 崩壊高と流下距離

斜面の崩壊によって流下した土砂(崩土)が、崖下のいかなる範囲にまで影響を及ぼすかを知ることは、今後の防災対策や土地利用の在り方を考える上で、きわめて重要な基礎資料となる。ここでは最も発生率の大きいAタイプ(表層剥落型)の崩壊について取り上げ、崩壊地の高さ(斜面脚部から崩壊地頭部までの比高)と崩土の流下距離(斜面脚部から崩土末端までの距離)との関連を図-17に示した。流下範囲内に抑止物が存在しない場合は、崩落土砂は平均して崩壊高の約3倍、最大約5倍の距離の範囲まで影響を与える。図-18に、抑止物がない場合の流下距離(l)と崩壊高(h)との比(l/h)の発生率を示した。これによると、その比が2.1~3.0の範囲にあるものは約60%、3.1~4.0が約30%、4.1~5.0が約10%ある。この値を他の調査結果と比較すると、例えば建設省土木

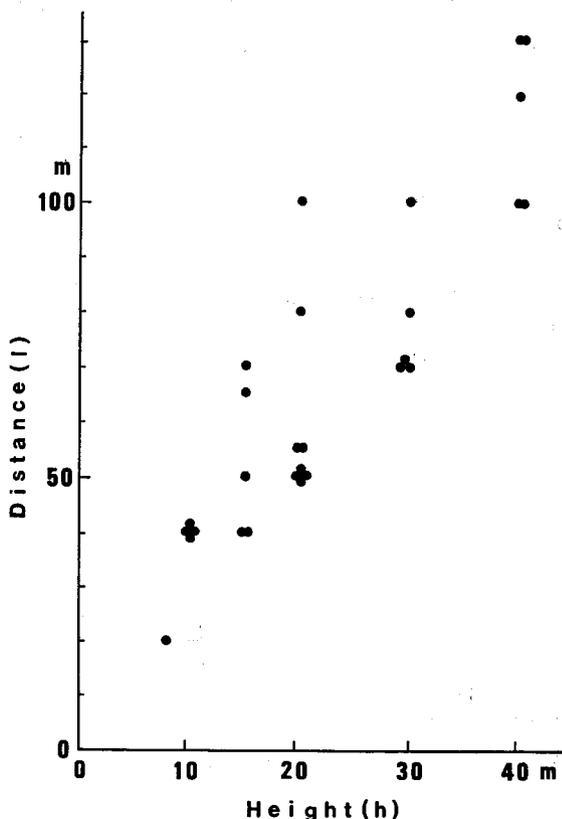


図-17 崩壊高と流下距離

Fig. 17. Relationship between the height of slope failure (h) and the length of debris (l).

研究所によるがけ崩れ調査結果²⁴⁾によれば、この比が1以下の崩壊の発生率は80%以上になっている。したがって、日高地方における値は大きいことがわかる。この理由については明らかではないが、ひとつには、基盤岩を覆う表層土が砂質土であり、その中に厚い火山灰層が

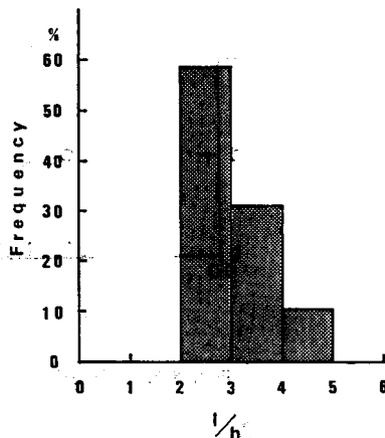


図-18 流下距離と崩壊高との比の発生率

Fig. 18. Occurrence rate of the ratio of l/h .

介在しているために、多量の水分を含んだ飽和状態の崩土は容易に流動化し、土砂流となって流下するためであろう。現地で崩土の堆積状況を観察すると、崩土上の樹木が立ったままの状態ですら遠方まで運搬されている例をいくつかみることができるところから、想像以上に流下しやすい条件にあるといえよう。

2) 規模と流下距離

各タイプの崩壊地の崩壊土砂の規模は図-16で述べたように全体を通じて20~7,300 m³と広い範囲内にありタイプごとにその範囲に特徴がある。

図-19は崩壊の規模、すなわち崩壊土砂量と l/h との関連を表したものである。これには流下の際に治山施設などの構造物の影響を受けていないもののみをとりあげてある。これによると、規模(崩壊土砂量)と流下距離との間には高い相関は認められない。このことは、崩壊地の規模は、崩壊高×崩壊幅×崩壊深によって求められるが、崩壊高と崩壊深がほぼ一定であるのに対して、崩壊幅の値によって、その規模が大きく決定されるためである。すなわち、規模の大きい崩壊地は、横方向に拡大して崩壊幅が大きくなっているが、そのことは崩土の流下距離が大きくなることにはただちに結びつかないことを示している。

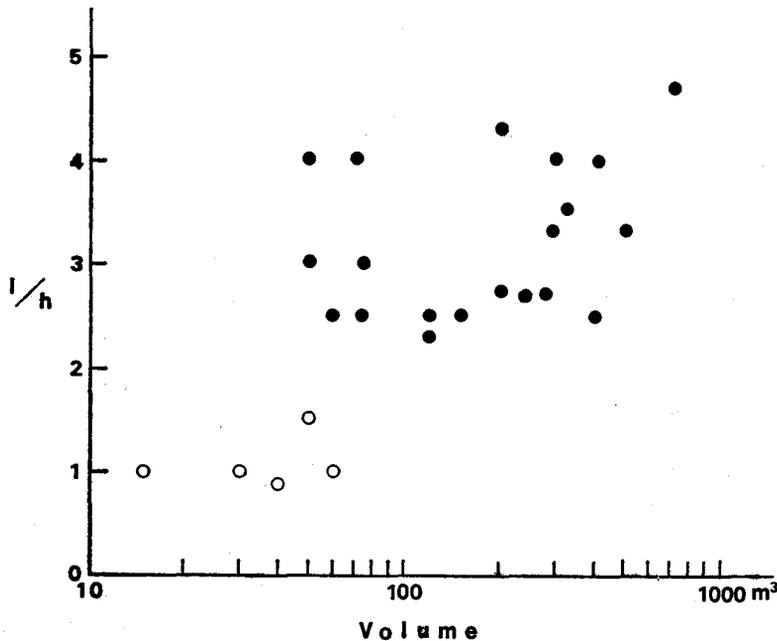


図-19 崩壊の規模と流下距離

Fig. 19. Relationship between volume and the ratio of l/h .

2. 抑止物の影響

1) 保全施設

図-20は、流下区域に治山施設、立木、家屋が存在する場合の崩壊地の比高と崩壊土砂の流下距離との関連を示したものである。比較のために、図-17に示した抑止物がない場合のも

のも載せてある。

ここでとりあげた保全施設は、斜面脚部に設置された土留工であり、崩壊のタイプはA型についてである。土留工にはロックフェンスがついているものもある。図によると土留工の崩落土砂を抑止する効果が顕著にみられ、土砂の流下距離が平均して抑止物が無い場合の1/5程度におさえられている。これらの土留工はいずれも背面が埋め戻ししていないものであり、斜面脚部との間に数mの距離がありポケットが設けられている待ち受け型のものは、かなりの土砂がこの空間に堆積しているのを見る。すなわち、このような土留工が配置されることによって、その背後に一定量の土砂が抑止され、さらに土留工の天端を越流する際に、土砂流のエネルギーが減勢されるものと考えられる。

2) 家屋等

さらに、図-20に家屋や立木がある場合の影響についてみる。もちろんこれは家屋や立木の斜面側に一切の構造物がない場合である。家屋がある場合は、流下土砂は家屋の位置でほぼ阻止されている。しかし、家屋は半壊から全壊に近い状態である。したがって、土砂の流下距離は家屋の斜面脚部からの位置によってほぼ決定される。家屋が斜面にきわめて接近している場合は、背後に土留工が作設されていることがあるが、裏山からやや離れている場合（たとえば崩壊高と同程度の距離）には土留工などが作られていないことがあり、斜面崩壊の際には崩落土砂の直撃を受けることになるのである。

立木の場合もその抑止効果が認められる。これらの立木は家屋の周囲あるいは背後に植栽された屋敷林である。樹種はトドマツ、カラマツ、スギ、コウヤマキなどの大径木である。立木の場合は家屋の場合と異なり、流下土砂がそれによって阻止されるのではなく、むしろ流下エネルギーを減勢させる役割を果たしているものと考えられ、土砂の大半は林内に流れ込んでいるが、家屋に大きな損傷を与えていない。さらに、斜面崩壊の際に生ずる多量の流木が上流側の立木にひっかかっており、流木に対する一種のスリット効果もみられる。

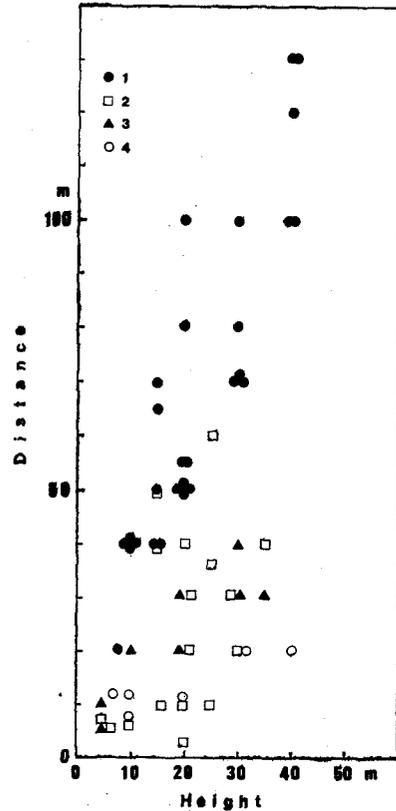


図-20 崩壊高と流下距離

- 1. 抑止物なし 2. 家屋 3. 立木
- 4. 保全施設

Fig. 20. Relationship between the height of slope failure (h) and length of debris (l).

- 1. No preventive objects 2. Houses
- 3. Tree stand 4. Soil retaining works

IV. 保全施設による土砂コントロール

1. 保全施設の効果

1) 山 腹

先に、今回の崩壊はAタイプとDタイプ、ならびに両者の複合タイプの発生が多いことを述べた。それはこの地域の斜面の表層地質と地形を反映するものである。すなわち、海岸沿いは新第三紀層からなる基岩斜面と、それを覆う表層土、さらに斜面の中～下部にかけて形成されている崖錐とから構成されており、今回の豪雨により表層土と崖錐堆積物が崩壊・浸食したためである。

海岸沿いのこのような斜面には民有林と国有林による治山工事がなされており、斜面脚部には土留工、斜面中～上部にかけては土留工・排水工などの基礎工のほか、山腹緑化工が施工されている。ここでは山腹基礎工の一つである土留工の治山効果、とりわけ、山腹土砂の固定・抑止効果について具体例をあげながら考察する。

図-21の1に示すように、崖錐の形成がみられる斜面において、単位幅あたりの基岩を覆う土砂のうち、崖錐部分の土砂量を V_i とし、それより上方の表層土の部分の土砂量を V_s とすると、基岩を覆う斜面の土砂量 V は V_i と V_s の和で表わされる。ここで V を崩壊可能土砂量と呼ぶことにする。また、図-21の2に示すように、崖錐部分の崩壊した土砂量を V'_i とし、表層土部分の崩落した土砂量を V'_s とすると、斜面から崩壊流出した土砂量 V' は V'_i と V'_s の和で表わされる。ここで V' を崩壊土砂量と呼ぶことにする。

いま、これらの各土砂量について、具体例として門別町清島地区において幅120mにわたって発生した崩壊地をとりあげる。同崩壊地は家屋7戸を全壊しており、治山施設などが一切配備されていない未施工地である。崩壊前の斜面を想定して土砂量を算出すると、 $V_i=9,300\text{ m}^3$ 、 $V_s=2,000\text{ m}^3$ 、 $V=11,300\text{ m}^3$ となり、崩壊可能土砂量に占める崖錐部分の土砂量の割合は82%となり、きわめて大きいことがわかる。一方、実際に崩壊した土砂量は、 $V'_i=7,300\text{ m}^3$ 、 $V'_s=1,700\text{ m}^3$ 、 $V'=9,000\text{ m}^3$ であり、崩壊土砂量に占める崖錐部分の土砂量の割合は81%となり、やはり大きい。ところが、崖錐の脚部に土留工や擁壁工が設置されている場合には図-21の3に示すように、崩壊土砂量に占める割合の大きい崖錐部分の土砂を確実に固定している例を多くみる(写真-8, 9参照)。こ

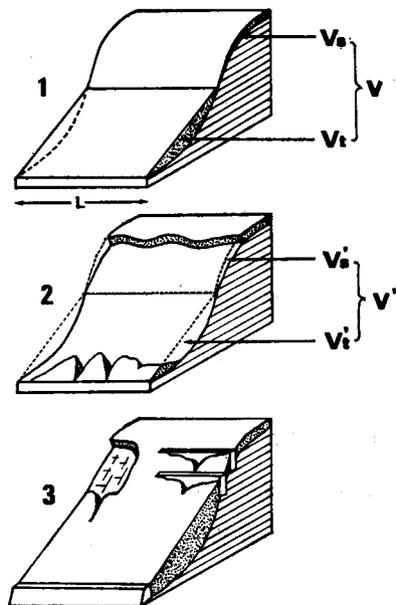


図-21 山腹土砂とその固定
Fig. 21. Hillside soil and its fixation.



写真-8 斜面脚部に土留工が設置されていないところでは崖錐堆積物がガリー状に深くえぐられ、下流に多量の土砂が流出した(静内)

Photo 8. On the slope where the soil retaining works were not set, the talus cone was deep eroded as gully and much volume of debris flowed downward (Shizunai).

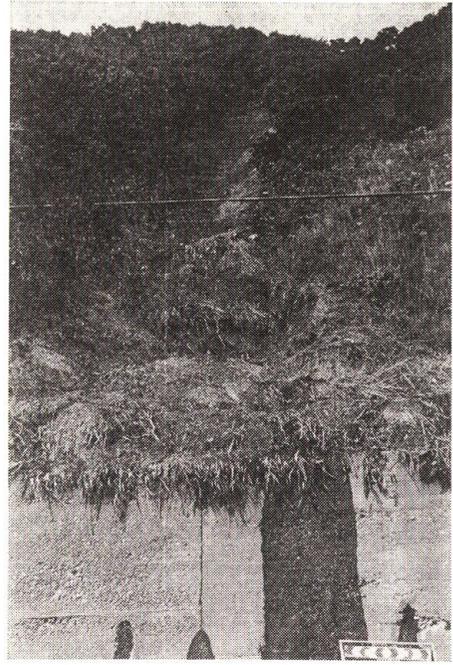


写真-9 斜面脚部に土留工が設置されているところでは崖錐堆積物はそれによって固定され、土砂の流出は最小限に抑えられている(静内)

Photo 9. On the slope where the soil retaining works were set, the talus cone was fixed by them and soil erosion was controlled (Shizunai).

のように崖錐脚部に土留工を配置することによりDタイプの崩壊の発生を未然に防止する効果が期待できるのである。他方、表層土の土砂量は崖錐のそれと比較すると少ないが、崩落時の破壊作用は位置エネルギーを有しているので大きい。表層土の崩落防止についても土留工による効果が期待できる。数段の土留工を配置することにより斜面はいくつかの小斜面に分割されることになり、表層土の基岩からの崩落は防止される(図-21の3参照)。表層部分に小規模な崩壊の形成をみることもあるが、これについては土留工の配置間隔をさらに狭めるか、あるいは土留工間に柵工を設置することによってその発生を防止することが可能である。

2) 溪 床

日高地域の海岸部には海岸段丘が汀線近くにまで張り出している。しかし、段丘の開析はあまり進んでおらず谷密度が小さく、前述のCタイプの崩壊を繰り返しながら一次谷に発達中の段階にある。したがって、谷の流路長は極めて短かく急勾配でありV字谷をなして海に至る。一方、海岸に近い内陸部では各河川に支谷が発達していきわめて小規模ではあるが谷底

平野の形成がみられるものもある。しかし、ほとんどの谷はV字谷をなし、流路長は短かく谷頭部は段丘平坦面に至るものが多い。

このような谷においては平常時の流量は少なく、むしろほとんど見られない場合もある。しかし、その出口には小規模な扇状地や砂礫円錐の形成が見られ、過去においても土砂移動をひんぱんに繰り返していた事を物語っている。

今回の豪雨によってこのような谷の溪床に見られた土砂移動の形態は、沢ぬけによる押し出しと、扇状地や砂礫円錐のガリー浸食による土砂流出がおもなものである。そして、沢ぬけ後の溪床には岩盤の露出が見られるところが多い。また、扇状地に形成されたガリーの深さは最大約7mに達する箇所もある(写真-10)。

一方、溪床内に設置された床固工は、溪床堆積土砂をほぼ完全に扞止しており、溪床堆積地の固定効果が見られる。すなわち、溪床に堆積している土砂(沢ぬけの材料)の洗掘が防止されているのが認められる。

また、谷出口に形成されている扇状地に作設された土留工についても同様の効果が見られる。

扇状地の扇中央や末端部が道路によってカットされ

ているところでは、切取法面にブロック又はコンクリートの擁壁が設置され、さらに、水路工によって谷からの流水が誘導されている。このような擁壁は土留工、あるいは床固工としての機能をも有している。すなわち、谷の上流部で発生した崩壊が泥流となって流下する際に、扇面には洗掘された痕跡が認められず、むしろ土砂が分散堆積する傾向が見られる。これに対して、保全施設がまったく設置されていない扇状地においては洗掘の傾向が著しく、扇頂部から扇中央部にかけて深さ2~7m程度のガリーの形成が見られ、扇状堆積地内からの多量の土砂流出が見られる(写真-10)。

このように、溪床内あるいは扇状地における谷止工、床固工などの構造物は、堆積土砂の固定に大きな効果を発揮し、下流への土砂流出を最小限に抑える役割を果たしている。

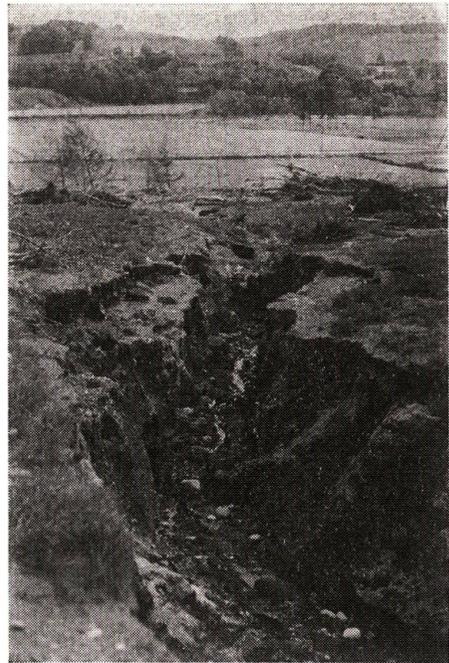


写真-10 谷の出口に形成されていた扇状地は集中した流水による浸食を受け、深さ5~7mのガリーを形成した(厚賀地区)

Photo 10. The fan which was formed at the end of valley was eroded by concentrated running water and developed into the gully of 5-7 m depth (Atsuga).

2. 土砂の固定と防災

1) 土砂の固定

日高地域に今回のような災害をもたらした大きな要因は記録的な豪雨であり、その災害の特徴は土砂の流下による土砂害であるという点にある。土砂害を生起させた現象の主なもの、斜面崩壊による崩土の流下と、溪床堆積物の洗掘による下流への流出によるものである。そして、いずれもその末端においては土砂流のかたちをとっている。

ところで、ある地域内における土砂は、その存在様式から、山腹土砂と溪床土砂の二つに分けて考えることができる。一般に山腹斜面における浸食や崩壊などの土砂移動現象は土砂の生産、また、溪床における移動現象は土砂の流出という概念でとらえられている。そして、山腹における土砂の生産は、溪床における土砂移動材料の一次的供給源として位置づけられている。しかし、今回の日高のように、山腹における土砂移動現象が直接的に災害の原因となる場合もあり、これが崖くずれ災害の特徴ともいえよう。

山腹土砂を山腹において現在移動中、もしくは、将来にわたって移動する可能性のある土砂と考えるならば、山腹土砂には、将来に新規崩壊の可能性をもっている風化土層(表層土)があり、また、既存の崩壊地において現在くり返されている表面侵食や拡大崩壊によって生産される土砂があり、さらに、復旧の進んだ旧崩壊地がある。そして、既存崩壊地や旧崩壊地の斜面下部には崖錐の形成が見られ、もしくは崩土が存在する¹⁹⁾。これらはきわめて不安定な堆積土砂である。このような堆積土砂のなかには、そのまま溪床土砂として溪床における土砂移動に参加し得る条件を持っているものもあり、山腹斜面において何度か移動があった後に溪床へ搬入される場合もある。

また、山腹における土砂移動がその場において直接的に災害の原因になっても、その土砂がそのまま下流域における土砂害に直結しない場合が多い。すなわち、斜面下部に崖錐あるいは崩土が一定期間存在することからも、山腹における土砂移動と溪床における土砂移動との間には、時間的にも空間的にも隔たりがある。

流域における土砂の存在と移動の様式を以上のようにとらえるならば、防災対策の基本は、まずこれらの土砂をその場に固定するということになる。そして、現実的には、溪流においては保全対象となる集落が見られる下流部より順次上流部へ向って計画され、また、斜面においては、まずその脚部に存在する崖錐などの堆積物に注目してその固定化を図り、あわせて斜面上部の表層土の崩壊防止についても対策がたてられることが必要である。

2) 土砂固定の方法

先に、斜面崩壊の形態をその崩壊材料と斜面上の位置を基準として4つに区分した。そして、実際にはAタイプとDタイプとの併発型が多くみられる。岩盤崩落型(Bタイプ)や段丘堆積物崩壊型(Cタイプ)の発生率はきわめて少ない(図-15)。

山腹土砂の固定は山腹工事によるが、その工種は次のとうりとなり、大きく基礎工と緑化

工に区分される⁹⁾。

基礎工……①のり切工, ②土留工, ③埋設工, ④水路工, ⑤暗きょ工

緑化工……①柵工, ②筋工, ③伏工, ④実播工, ⑤植栽工

すなわち, 基礎工は斜面の安定を目的とする土木的な施設工事であり, 緑化工は表面浸食を防止するための植生導入工法である。

そして実際には, これらの工種が有機的に斜面に配置されることによって, 山腹土砂の固定効果が得られるのである。

発生率の最も高い表層剝落型の崩壊地の地形は図-22に示されるように崩土, 崖錐, 滑落面, 崩落崖の4つの部分に分けられる³⁾ので山腹工事を計画するにあたっては, 崩土や崖錐などの堆積物の部分と, 滑落面や崩落崖などのいわゆる地山部分とを区別したうえで対策が検討されると効果的である。

図-23はモデル工法の一例である。まず斜面脚部の不安定な堆積物は土留工によって固定させる。その際に斜面脚部から頂点までの全体の勾配に無理が生じないように, 土留工の位置と高さを決定し, 完成斜面の線形が不自然とならないようにすることが必要である。崩落崖の部分はのり切工によって傾斜を一定勾配に緩和させることになるが, 切取土砂量が多量となる場合は盛土土砂が不安定となり基礎地盤にそって滑動するおそれがあるので, そのような場合には埋設工等によって防止する。また, 盛土部の斜面が著しく長くなる場合には数基の土留工を配置して, 斜面をいくつかの小斜面に分割することが必要となる。堆積(盛土)部分は水の集中による浸食を受け, 今回のDタイプのような崩壊に結びつき易いので, 水路工, 暗きょ工などを水の集中し易い箇所に配置する必要がある。

Cタイプの崩壊は段丘崖の上部を覆っている固結していない段丘堆積物がガリーを形成しながら崩壊するものであり, ガリー頭は遑急線上方の台地面(段丘面)に及んでいる。これは台地面上の表流水が集中して段丘崖を流下することによって生ずる崩壊であるから段丘面から斜面脚部に至るまでの系統的な排水対策が計画されなければならない。そのためには水路工,

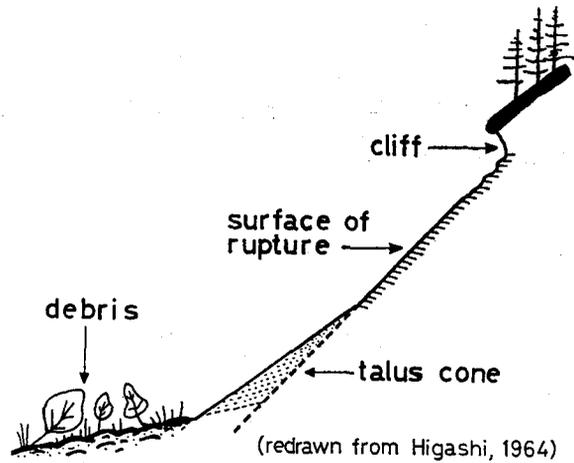


図-22 崩壊斜面の側面図

Fig. 22. Profile of slope failure.

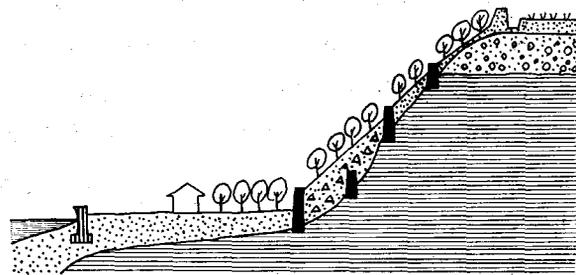


図-23 山腹土砂の固定工法モデル

Fig. 23. Model of hillside works.

集水工, 排水工などを配置して台地上の水だけでなく, 斜面上の表流水や湧水(基岩とそれを覆う段丘堆積物との境界面付近にみられる)を最も効果的に集・排水できるように計画する必要がある。このタイプの崩壊は台地上の土地が草地, 畑地として利用され, しかも段丘崖に接近している所に発生する傾向にあり, 最も人為の影響を強く受けていると思われるものであるから, 今後の台地上の開発にともない多発するおそれがある。したがって, 表流水の流入の可能性のある所では, 山腹工事の区域外, すなわち台地面上に集水用の水路工(招水工)を配置し, 台地上の表流水を排水路へ導き, 水を安全に流し得るように計画することが重要である。

Bタイプの深層風化した基岩の崩落に対する防止対策は今のところないが, 復旧工事についてはこれまで述べてきたような従来の方法で実施されるとよい。ただし, このタイプの崩壊地は規模が大きいため工事も大規模となり, 切土量, 盛土量が多くなることが予想される。したがって, 周辺の地形を十分に考慮したうえで工事にかからなければ, 大量の切り取り土砂のため逆に山腹斜面を不安定にしてしまうことになるので注意を要する。

溪床や扇状地においては, 床固工, 谷止工, 土留工などを効果的に配置して堆積土砂をその場に固定し, 沢ぬけやガリー浸食の防止をはかるようにする。

V. 保全上の問題点と課題

1. 土地利用と崖くずれ災害

日高地方では, 農業, 漁業, 林業の一次産業が主体であり, 土地利用形態は地形条件に規定されながらもそれらの産業の特色が反映されている(表-5)。すなわち, 農業は酪農, 軽種馬,

表-5 日高支庁管内における土地利用*
Table 5. Land use on Hidaka district*

classification of land		area (ha)	rate of area (%)
cultivated land	rice field	7,236	1.5
	farm	2,627	0.5
	grass land	23,639	4.9
	total	33,502	6.9
forest	national	237,232	49.0
	Hokkaido	49,082	10.1
	private	122,706	25.4
	total	409,020	84.5
others		41,246	8.6
total		483,768	100.0

注) * 1982年版北海道年鑑にもとづく

Note * based on the Year Book of Hokkaido 1982.

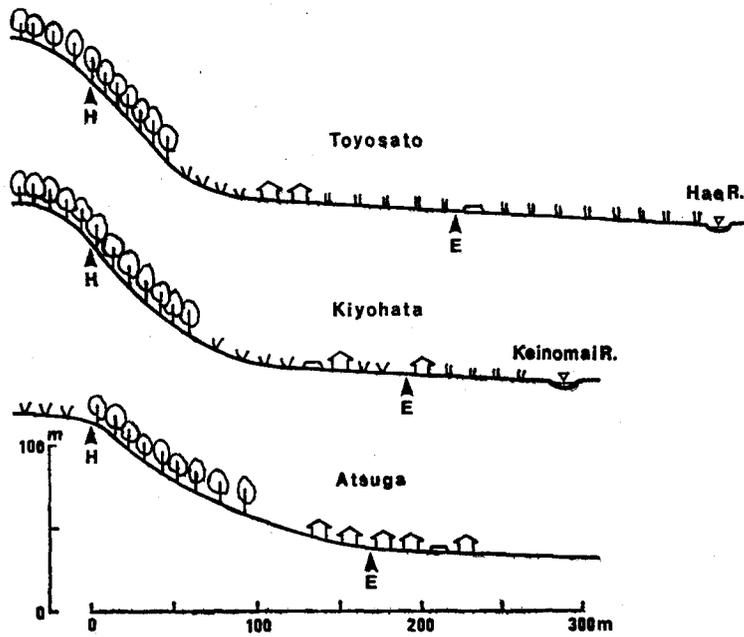


図-24 土地利用形態 (内陸部)

凡例は 図-25 に示したものと同一

Fig. 24. Pattern of landuse (inland).

Index is all the same as shown in Fig. 25.

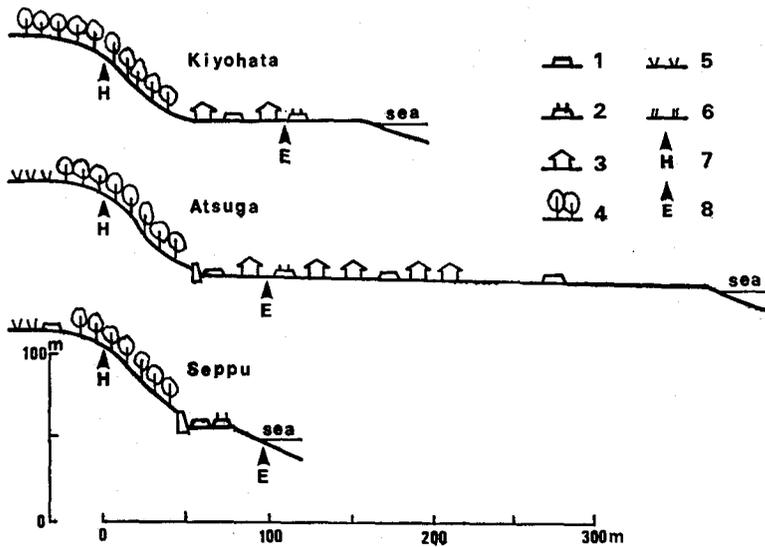


図-25 土地利用形態 (海岸部)

- 1. 道路 2. 鉄道 3. 家屋 4. 森林 5. 草地・牧場 6. 水田
- 7. 崩壊地頭部 8. 崩土末端

Fig. 25. Pattern of landuse (coast).

- 1. Road 2. Rail way 3. House 4. Forest 5. Meadow and farm 6. Rice field
- 7. Head of scar 8. End of debris

稲作などの作目からなるが、主要河川周辺の沖積平野や扇状地は水田、草地、放牧地として、段丘上は草地、放牧地として利用され、斜面は林地となっている(図-24)。家屋は斜面脚部や扇状地末端、谷の出口などに散在する傾向にある。これは生活用水がそのような場所で得やすいためと考えられる。実際に、現在でも内陸部では全て井戸か湧水・沢水からの簡易水道によっている。一方、海岸沿いの海と裏山にはさまれた狭小な土地には、鉄道・国道等の輸送幹線が敷設されているほか、前浜はコンブの干場として利用されている。家屋は国道や鉄道と裏山との間や海との間に建てられ、小規模な集落を形成している(図-25)。崖下に建てられている家屋は、山脚との距離が数mの場合もある。裏山の斜面は、カンワを主体とする天然生広葉樹林であり、部分的にクロマツ、ギンドロなどが植栽されていて保安林に指定されているところが多い。台地上の広大な土地はほとんどの場合草地や放牧地として利用されている(写真-11)。

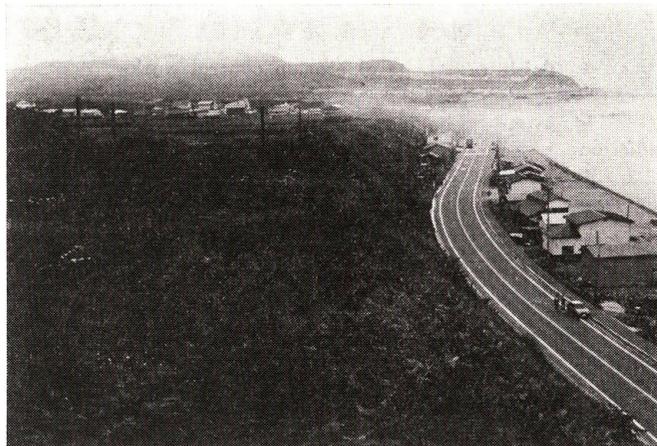


写真-11 日高地方では海岸から内陸にかけて数段の段丘が形成されていて、段丘上は草地や畑として利用されている。段丘と海との間に挟まれた狭い沖積低地が日常的な生活の場となっている(三石)

Photo 11. In Hidaka district, several terraces are formed from the coast to the inland and the terrace plains are used for meadows or farms. And the narrow alluvial lowland which is put between the sea and the terrace is used for the residential area (Mitsuishi).

以上のように日高地方の土地利用を概観するならば、家屋、道路、鉄道などは台地周辺部の崖下に接近して作られている場合が多い。本来、台地周辺部の崖は侵食の最前線であり崩壊や土砂の移動が頻発するところである。崖の脚部に形成されている崖錐、あるいは谷の出口にみられる扇状地などの堆積地の存在がその事を物語っている。これらの堆積地形は、それを構成する材料からみて、きわめて若い時代に形成されたものである。しかし、このように自然史的にみて土砂移動が頻繁に繰り返されてきたところは、前述のように水利条件に恵まれていることから人間が住みつき、集落を形成し易いといえる。すなわち日高地方においては自

然的にも社会的にも崖崩れ災害発生条件が揃っているとみることができる。

2. 保全施設の役割

日高地域の保全施設には、国有林治山事業、民有林治山事業による治山施設と砂防施設がある。昭和56年度までの整備状況についての概要を所管別、事業種別に各町ごとにまとめると表-6のようになる。

これまでの治山施設は復旧工事によるものがほとんどであり、したがって全体としてみると計画性がなく、その配置も系統的なものではない。とくに、今回の斜面崩壊の特徴である崖くずれが多発する地域(海岸より内陸へ約4kmまでの地域)における治山施設は、災害復旧箇所として点的に散在する程度である。これは一つには、これまでの災害発生が局地的であり小規模であったことを反映するものであろう。ところが今回の崩壊は広域にわたっており、しかも箇所数が多く、崩壊地のほとんどは未施工斜面に発生している。今後これらの崩壊した斜

表-6 保全施設一覽*

Table 6. Lists of erosion control works*

町 town	所 管 jurisdiction		①谷止工	②床固工	③土留工	④水路工	⑤植栽工	⑥防風工	⑦砂防ダ ム	⑧施工年度
			(基)	(基)	(基)	(m)	(ha)	(m)	(基)	(年)
門 別 Monbetsu	治 山 chisan	国有林**	31	4	16		8		—	1961~1979
		民有林***	65	17	40	804	120	18,258	—	1952~1980
	砂 防 sabō		—	—	—	—	—	—	2	1960~1972
新 冠 Niikkappu	治 山 chisan	国有林**	47	8			8		—	1953~1980
		民有林***	31	4	18	613	49	1,738	—	1962~1980
	砂 防 sabō		—	—	—	—	—	—	1	1974~1977
静 内 Shizunai	治 山 chisan	国有林**							—	
		民有林***	87	35	62	708	27	292	—	1953~1980
	砂 防 sabō		—	—	—	—	—	—	2	1973~1981
三 石 Mitsuishi	治 山 chisan	国有林**	6						—	1962~1979
		民有林***	21	5	8	474	43	11,099	—	1950~1980
	砂 防 sabō		—	—	—	—	—	—	3	1952~1981

注) * 海岸から内陸部へ約4kmの範囲内に配置されているものについてとりあげた

Note * list uped within the inland area of approximately 4km from coast.

** national forest.

*** Hokkaido prefectural, town and private forest.

① check dam (No.), ② groundsel (No.), ③ soil retaining works (No.), ④ water channel works (m), ⑤ planting works (ha), ⑥ wind break works (m), ⑦ sabō dam (No.), ⑧ year of construction.

面に対しては、拡大崩壊や表面浸食を防止するために復旧の手当てをする必要がある。

ところで、一般に崖くずれのような斜面崩壊には免疫性が認められている¹²⁾。それは、崩壊現象は斜面の破壊現象であるから、斜面に再び破壊されるべき条件、すなわち崩壊可能土砂が準備されなければ、同じところに同じような現象は発生しないというものである。実際にAタイプのような崩壊地については、崩壊後は固い基盤岩が露出していて、崩壊地内にはもはや崩壊可能な土砂はほとんど存在していない。そこに再び崩壊の条件がそろうにはどの程度の時間を必要とするのかが免疫性の重要な問題となる。一般に斜面崩壊の免疫性は数百年(400～500年)と考えられている¹²⁾。

したがって、免疫性の考え方からすると今回の崩壊からまぬがれた斜面は将来崩壊の危険性が高いということになる。治山事業計画にあたっては、この点を深く考慮しなければ、多くの崩壊危険箇所を見落してしまうことになる。

3. 防災空間の意義と課題

治山事業の大部分は森林を造成し、または維持するための事業として行なわれる。したがって、そのために作設される土木的施設は、森林と不可分の存在として森林の機能を補完するとされている。しかし、一般に治山事業の効果は土木的施設の効果として把握されやすい。たとえば今回の崩壊の実態については第II章のところで述べたが、斜面崩壊は天然林・人工林の区別なく、また、樹種・樹齢に関係なく発生しており、この事実からも森林がもっているといわれる崩壊発生防止機能を過大に評価することはきわめて危険である。一方、土木的施設の効果については第IV章において詳述したように、土砂の固定・抑止効果がみられた。このことは、あらかじめ斜面に土木的施設を配置することによって、あるタイプのものを除けば、ほとんどの崖くずれはその発生を未然に防止することが可能であることを示唆するものであろう。すなわち、斜面崩壊というきわめて物理的な現象に対しては、土木的構造物を計画することによって確実度の高い防止効果が期待できるのであり、樹木の根系が土壌をかたくしぼるとい物理的な作用はある限られた範囲のものであると理解しなければならない。以上のことより、土木的施設は斜面の崩壊防止効果を期待する森林を造成維持するための不可欠の基礎工として位置づけされる。

他方、森林(とくに保安林)のもつ防災機能について、その積極的な意義を評価するならば、森林のもつ空間的な拡がりそのものに認めることができる。すなわち、崖直下への家屋の接近は崖くずれ災害の危険性を高くする要因となっており、家屋等の保全対象が崖から隔たっている場合には災害に結びつかないのである。先に、斜面に土留工などの治山施設を設置した場合には崩土の流下距離が著しく抑えられ、土木的施設の効果も期待できることを述べた。しかし、家屋が崖直下まで接近している場合には土木的施設によるハードな防災対策にその効果を期待してもそれには限界がある。防災効果を高めるためには、崖と居住地との間に一定の物理的距離、すなわち緩衝空間が必要であり、その空間を森林造成によって維持することは大い

に意義がある。このような緩衝空間を崖下にベルト状に確保することによって、従来の点的な治山対策から面的なものへと質的に拡大することになる。もちろん、そのためには土地所有者の理解を必要とし多くの困難な問題をかかえることになる。しかし、この空間は森林造成によってグリーンベルトを呈することになるので、防災空間としての効果はもとより、環境的、保健的な効果も期待できるので、長期的展望に立った地域保全計画として地域の開発計画との関連で検討されることが望まれる。

ところで、災害に対する地域の合理的な保全計画は一機関のみで策定し得る事業ではない。もとより災害現象は複雑であり自然科学あるいは社会科学のそれぞれの分野に於ける研究のみで解明される性格のものではなく、両者を包括するような総合的な研究体制のもとではじめてその解明が可能となる。従って防災対策についても当然のことながら、ひとつの機関のみで計画、実行できるものではなく保全事業にかかわる全ての機関と連携・調整を緊密にはかりながら行なう事が重要である。さらに地域保全計画の策定は長期的な展望に立った地域の総合開発計画と密接に関連するものであるから地元町、開発機関などと協調して各流域ごとに調和のとれた計画を策定し、お互いの事業を進めていくことが重要である。

日高地域の場合は、国有林と民有林の治山事業のほかに砂防事業があるが、これらの事業が水系を一貫として系統的に進められる事が国土保全上重要である。さらに段丘地形が張り出している海岸部では狭小な土地に集落がひしめいているほか、国道、鉄道などの幹線輸送路が貫通しており、それぞれの所管で防災対策が講じられている箇所も多くみられる。このようにして配置された施設は治山砂防施設とともに相互に関連し合うので、それらが系統的、有機的に結びついて防災効果が高められるように整合をはかることが大切である。

要 約

昭和56年8月上旬、北海道は記録的な豪雨災害に見舞われ、とくに日高地方では多くの崖くずれが発生し死者4名、全・半壊家屋75戸、一部破損家屋40戸、浸水家屋2,280戸の被害となった。

この研究は日高地方を対象に崖くずれの実態について調べ、崖くずれ災害に関する保全上の問題について考察したものである。その結果を以下に要約する。

1) 崩壊のほとんどは海岸段丘崖の斜面(林地)に発生している。崩壊は樹種、樹齡、人工林・天然林の別に関係なく非選択的に発生している。

2) 崩壊地は崩壊材料を基準に、表層剥落型(A型)、岩盤崩落型(B型)、段丘堆積物崩壊型(C型)、崖錐崩壊型(D型)の4つのタイプに分類される。このうちA型の発生率は60%を超える。

3) 崩落土砂の流下距離についてみると、流下範囲内に抑止物が存在しない場合、崩落土砂は平均して崩落高の約3倍、最大約5倍の距離の範囲まで影響を与える。

4) 一方、抑止物が存在する場合は、流下距離は著しく抑制される。例えば、斜面脚部に土留工などの保全施設が配置されている場合には崩土の流下距離は崩壊高以内に抑えられる。

5) 斜面上に存在する崩壊可能な土砂に占める崖錐部分の土砂量は80%を超える。斜面脚部に設置された土留工はこれらの崖錐を固定する役割を果しておりその防災効果は大きい。

6) 家屋が崖直下に建てられている場合には土木施設によるハードな防災対策には限界があり、崖と居住地との間に一定の防災空間が必要である。そのためには長期的見通しのもとに土地利用のあり方を含む地域の保全計画を検討していかなければならない。

文 献

- 1) 新谷 融, 1976: 荒廃溪流における溪床土石の固定と土石移動形態. 日林北支講, 25, 100-102.
- 2) 江川良武, 1979: 崩壊の分類及び各崩壊型の地形発達上の意義. 新砂防, 112, 10-18.
- 3) 東 三郎, 1964: 北海道の第三紀層崩壊地における植生導入について. 日林北支講, 13, 27-29.
- 4) 東 三郎, 1975: 環境林をつくる. 北方林業会.
- 5) 東 三郎, 1979: 地表変動論. 北大図書刊行会.
- 6) 北海道, 1981: 山地保全計画調査報告書 (樽前山周辺地区).
- 7) 北海道開発庁, 1958: 5万分の1地質図幅説明書「門別」.
- 8) 北海道火山灰命名委員会, 1982: 北海道の火山灰.
- 9) 北海道林務部監修, 1980: 北海道治山技術指針解説 (改訂版). 北海道治山協会.
- 10) 北海道林務部治山課, 1978: 北海道における海岸林の造成に関する調査報告書 (昭和47年度~昭和52年度).
- 11) 環境庁, 1975: 北海道現存植生図 (十勝, 日高支庁).
- 12) 小出 博, 1955: 山崩れ. 古今書院.
- 13) 門別町, 1982: 町勢要覧.
- 14) 仲野公章, 石川芳治, 1980: 昭和54年6月26日から7月2日にかけての梅雨前線豪雨によるがけ崩れ災害について. 新砂防, 114, 45-51.
- 15) 新冠町, 1979: 新冠まちづくり総合計画.
- 16) 日本治山治水協会, 1973: 治山事業六十年史.
- 17) 大久保駿, 服部泰英, 1973: 千葉県で発生したがけ崩れの特徴について. 新砂防, 86, 10-19.
- 18) 小野寺弘道, 1979: 積雪地帯の山地浸食防止に関する基礎的研究. 北大演研報, 36-2, 255-316.
- 19) 小野寺弘道, 1982: 昭和56年8月豪雨による日高地方の崖崩れ災害について. 北海道の地理, 56, 1-6.
- 20) 小野寺弘道, 東 三郎, 新谷 融, 柳井清治, 中野秀治, 1980: 台地周辺部の土砂害と保全効果. 日林北支講, 29, 203-205.
- 21) 小野寺弘道, 中野秀治, 酒谷信典, 新谷 融, 1981: 1981年8月豪雨による日高地方における斜面崩壊の実態と治山効果. 日林北支講, 30, 280-282.
- 22) 斉藤鎌一, 他, 1973: 集中豪雨. 日本放送出版協会.
- 23) 武居有恒監修, 1980: 地すべり・崩壊・土石流. 鹿島出版会.
- 24) 反町雄二, 1977: 崩壊土砂の流下距離. 土木技術資料, 19-10, 37-42.
- 25) 塚本良則, 1973: 侵食谷の発達様式に関する研究 (I). 豪雨型山崩れと谷の成長との関係についての一つの考え方. 新砂防, 87, 4-13.
- 26) 渡 正亮, 安江朝光, 大久保駿, 1972: 急傾斜地崩壊の調査. 新砂防, 84, 24-30.
- 27) 八木豊一, 1980: 回顧六十年.

Summary

In the early August of 1981, Hokkaido Island suffered the worst disaster in history by heavy rainfall. Especially in Hidaka district, many slope failures happened and 4 people were killed by them. And the debris slides and debris flows inundated and destroyed about 2400 houses along their paths.

In this study, the actual condition of slope failures in Hidaka district were observed and the some problems about the disaster prevention were discussed.

The results are summarised as follows :

1) Most of the slope failures were located on the coastal terrace cliff where forests stood. And the slope failures occurred regardless of the difference of tree species, tree ages and forest stand (artificial or natural).

2) The slope failures were classified into following four types ; (1) surface slide (A type), (2) bedrock slide (B type), (3) terrace deposit erosion (C type), and (4) talus cone erosion (D type). The A type took over 60% in the rate of occurrence.

3) As for the influence of debris slides, in the case that there are no preventive object in their paths, the length of debris (l) (distance from the foot of slope to the end of debris deposit) is about three times the height of slope failure (h) (the length from the foot of slope to the top of scar) in mean and five times in maximum, as shown in Fig. 17.

4) On the other hand, in case that there are preventive object such as retaining works, houses or trees, the flow of debris are extremely controlled. For example as for retaining works, " l " is smaller than " h ", as shown in Fig. 20.

5) The volume of talus cone took over 80% of the failable slope material. The soil retaining works, which were set at the foot of slope, had the effectiveness to fix the erosive talus cone and displayed to prevent disaster.

6 It is very difficult to prevent the slope failure disasters only by the civil engineering works in the place where the houses are built so close to the cliff. Therefore, it is necessary to prepare "the buffer zone" between residential area and cliff. It is required to establish the plans for disaster prevention including the land management with long term project.