

## 5 考察

### (1) 河畔林の流木捕捉機能

調査結果の概要では、河畔林は流木の発生（供給）源としてとらえて、河畔林の被害面積から流出材積を算出した（表-12、図-11）。一方、今回の各種調査では、河畔林が流木を捕捉している実態を数多く観察した（写真-4、9など）。そこで、流木堆積量の調査結果と被害前の河畔林の分布を重ね合わせることにより、河畔林内に堆積した流木量（捕捉量）を算出した。その結果、本流の上～中流域を除いた各流域で、河畔林の流木捕捉量が流出量よりも多いことが分かった（表-15）。厚別川流域全体では、捕捉量が11,117m<sup>3</sup>であり、流出量の7,814m<sup>3</sup>よりも約3,300m<sup>3</sup>多かった。この捕捉量は、流木堆積量全体の24%に相当する。このように、河畔林は流木の供給源となる一方、より多くの流木を捕捉する機能のあることが明らかになった。洪水時に河畔林の流出を減少させるようなことができれば、河畔林はさらに多くの流木を捕捉することが可能であろう。

表-15 河畔林による流木の流出量と捕捉量（単位はすべてm<sup>3</sup>）

流域区分	河畔林		流木堆積量
	流出量	捕捉量	
厚別川本流（上～中流域）	2,410	1,692	13,707
厚別川本流（中～下流域）	3,637	5,754	8,118
里平川流域	1,005	2,673	15,932
比宇川流域	515	536	5,821
元神部川流域	246	462	2,682
合計	7,814	11,117	46,260

### (2) 流域の被害量

今回の調査では、山腹崩壊材積、河畔林流出材積および流木材積（堆積量）をそれぞれ異なる調査・解析方法を用いて、5つの流域区分ごとに推定した。表-16に、これらの被害量を再掲した。ただし、流木材積は新旧区分別に分けて示した。

表-16 流域区分別の各被害量（単位はすべてm<sup>3</sup>）

流域区分	山腹崩壊材積	河畔林流出材積	流木材積		林地等の残留材積
			新	旧	
厚別川本流（上～中流域）	15,202	2,410	10,075	3,632	7,538
厚別川本流（中～下流域）	5,804	3,637	4,294	3,824	5,146
里平川流域	19,445	1,005	12,921	3,011	7,530
比宇川流域	8,671	515	4,511	1,310	4,676
元神部川流域	7,977	246	2,181	502	6,043
合計	57,099	7,814	33,982	12,278	30,932

流域区分別の山腹崩壊材積と流木堆積量との関係は(図-17)、有意水準には僅かに達しないものの正の相関を示した。この関係は、流域区分別の山腹崩壊材積(図-9)と流木堆積量(図-12)の両図の類似性からも示唆された。山腹崩壊材積と流木堆積量の相関関係を低下させているのは、本流の中～下流域での山腹崩壊材積が5流域区分の中で最も少ないにもかかわらず、同流域の流木堆積量は3番目に多いことにあると考えられる。

一方、流域区分別の河畔林流出材積と流木堆積量との関係は無関係に近かった( $r = 0.3167$  NS)。山腹崩壊材積が最少であった本流の中～下流域で河畔林の流出材積が最多であったことから、各流域の山腹崩壊材積と河畔林流出材積の合計値は流木堆積量とより高い正の相関関係にあることが期待される。両者の関係は、期待通り1%水準で統計的に有意な正の相関が認められた(図-18)。これらのことから、大きな被害をもたらした流木の主要な供給源は山腹崩壊であり、河畔林の流出は副次的な供給源であるといえる。

各流域が閉鎖系であると仮定して、各流域の新しい流木の供給源(山腹崩壊と河畔林流出)の合計材積から今回の大雨で新たに流木になった新流木の材積を減じた値を算出した。流出した河畔林はすべて流木になったと考えられるので、算出した値は山腹崩壊材積のうち林地等に残留する材積を示唆する(表-16)。実際には、各流域は閉鎖系ではなく、上流域から下流域へと流木は系外へ移動しているであろうがその量は不明である。また、流域全体から海域へ流出した量も不明であるが、ここでは、流域全体を閉鎖系と仮定して流木等の流れを考察してみる(図-19)。全流木量46,300 m<sup>3</sup>のうち12,300 m<sup>3</sup>は、もともと河道や山腹に堆積していた古い倒流木が再移動したもの(表-13)であるが、それらが台風前(過去)にどのくらい存在していたかは不明である。河畔林の流出は7,800 m<sup>3</sup>であり、これらはすべて流木になったと考えてよい。もう一つの流木供給源である山腹崩壊由来の量は、全流木量から古い流木と河畔林由来の量を差し引いた26,200 m<sup>3</sup>と算出される。さらに、全山腹崩壊材積から流木になった量を差し引いた30,900 m<sup>3</sup>が新規に小溪流や山腹等に土砂に混じって残留するものと推察される。その量は全山腹崩壊材積の54%に相当する。

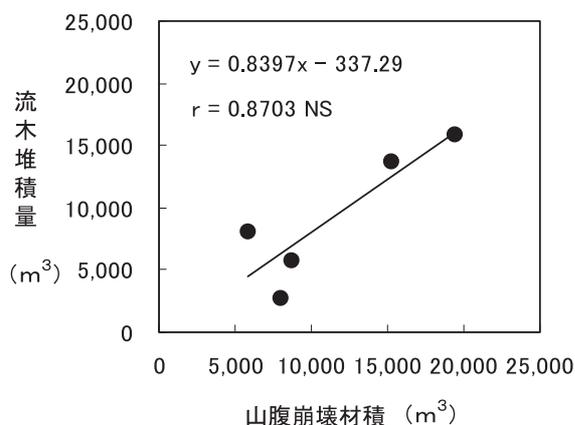


図-17 流域区分別の山腹崩壊材積と流木堆積量との関係

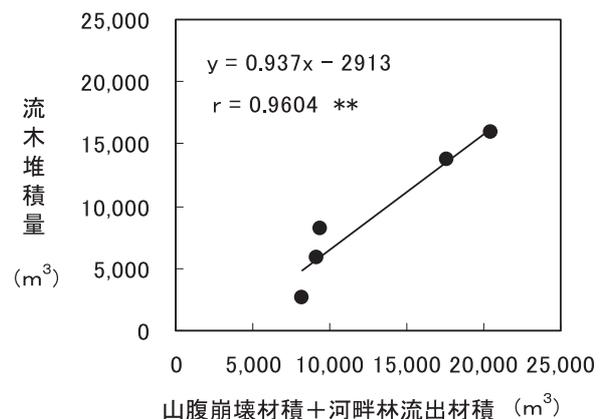


図-18 山腹崩壊材積と河畔林流出材積の合計値と流木堆積量との関係

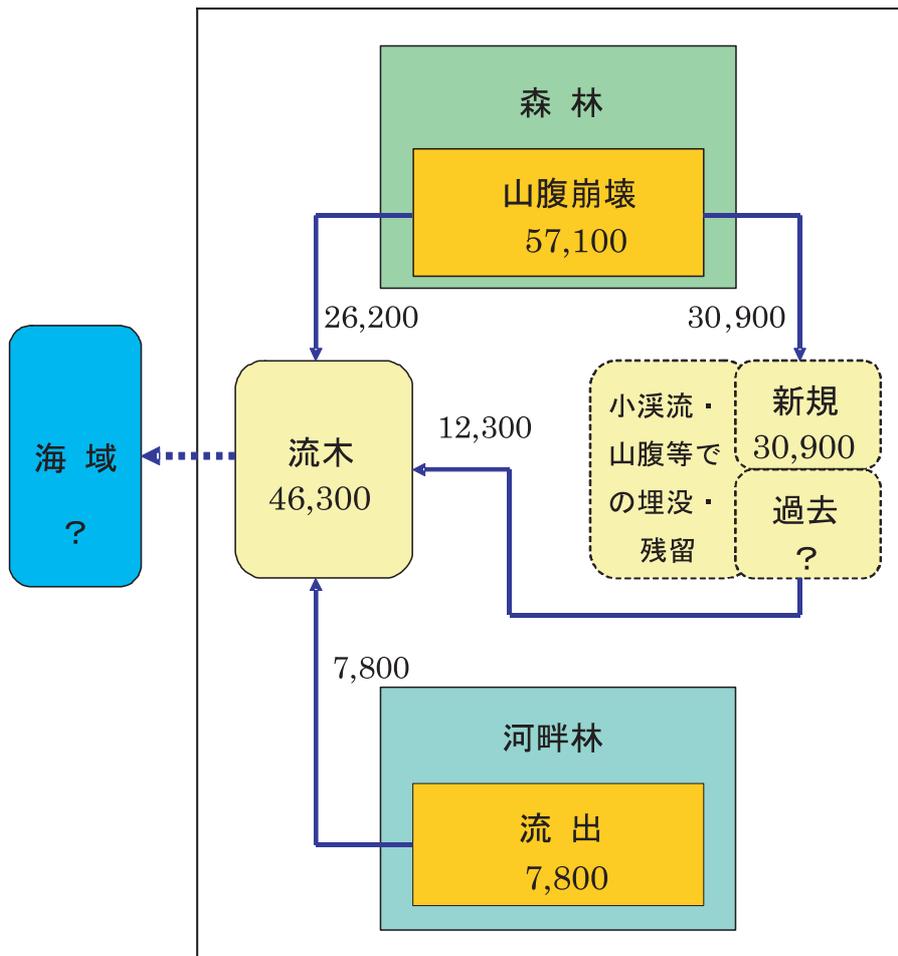


図-19 流木等の流れの模式図（単位はすべて $m^3$ ）

この報告では、河畔林の被害量に関して、空中写真と現地調査から算出した流出量 $7,800 m^3$ （表-12）と流木調査による河畔林由来の流木材積 $10,600 m^3$ （表-14）を併記してきた。後者には、河畔林の主要な構成樹種であるヤナギ類やケヤマハンノキの他に山地性溪畔林の構成樹種であるヤチダモが含まれていることに加えて、もともと山腹に生育していたヤナギ類やケヤマハンノキが混じっている可能性が十分にある。一方、前者には、調査対象が河川近傍であることから、被害材積の99%はヤナギ類とケヤマハンノキが占めていて、山地性の樹種はごくわずかしが含まれていない。このような理由から、流木の流れの考察では河畔林をより厳密に定義した $7,800 m^3$ を採用することとした。

また、小溪流や山腹等での残留量 $30,900 m^3$ には少し注意が必要である。それは、ここに示した残留量が洪水直後の状態を想定して算出した値であることである。実際には、洪水直後から、人家や道路等への二次災害が心配されるような危険箇所の土砂・流木は次々と除去されており、現時点で小溪流や山腹等に残留している倒流木はもっと少ないと考えられる。さらに、海域への流出量は不明であるが、その中にはかなりの割合で山腹崩壊由来のものが含まれていると考えられることから、その分だけ残留量は減っていると推測される。それでもなお残留する流木等については、「台風10号による山地災害対策検討委員会」の提言等に当たって、中長期的な対策を検討していく必要があるだろう。

### (3) 崩壊発生の要因

前節では、今回、大きな被害をもたらした流木の主要な供給源は山腹崩壊であると結論付けた。ここでは、山腹崩壊の発生要因と考えられる斜面傾斜や地質、降水量、人為（森林管理）などについて考察する。

#### ア 斜面傾斜

国土地理院発行の50mメッシュ標高からGIS上で斜面傾斜を計算し、傾斜度別に森林面積や崩壊地面積を求めた。傾斜度別の森林面積は10～20度で最多であり、次に0～10度の緩斜地が多かった（図-20）。傾斜度別の崩壊地面積は、森林面積と同様に10～20度で最多となった（図-21）。また、森林面積に占める崩壊地面積の割合（崩壊面積率：%）を傾斜度別に求めたところ、40～50度で最も高く（約2.4%）、次いで30～40度で高かった（図-22）。これらのことから、今回の山腹崩壊は斜面傾斜が急なところで、より多く発生しているといえる。

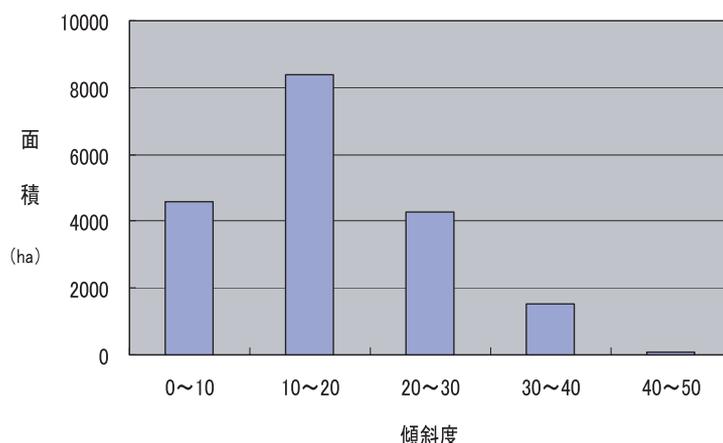


図-20 傾斜度別の森林面積

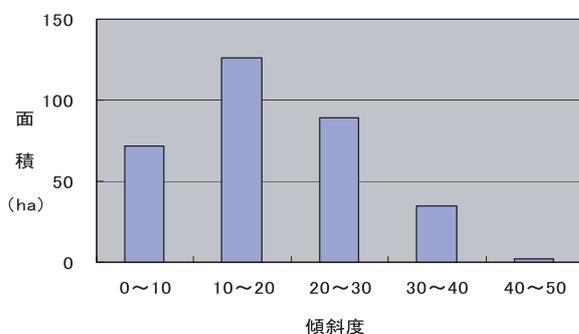


図-21 傾斜度別の崩壊地面積

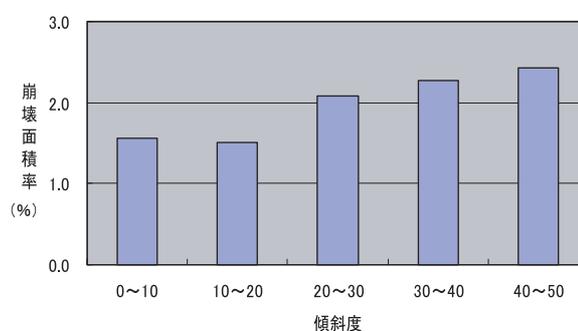


図-22 山腹傾斜と崩壊面積率

## イ 地質

崩壊地の発生は、大きく2つの地域に集約することができる。ひとつは、輝緑岩質礫岩・粘板岩などの分布する本流上流域および里平川流域であり、もうひとつは元神部川流域に代表される、砂岩・泥岩地帯である（図-23）。この2タイプはともに流木の発生源として重要ではあるものの、その形態にはそれぞれ次のような特徴がある。

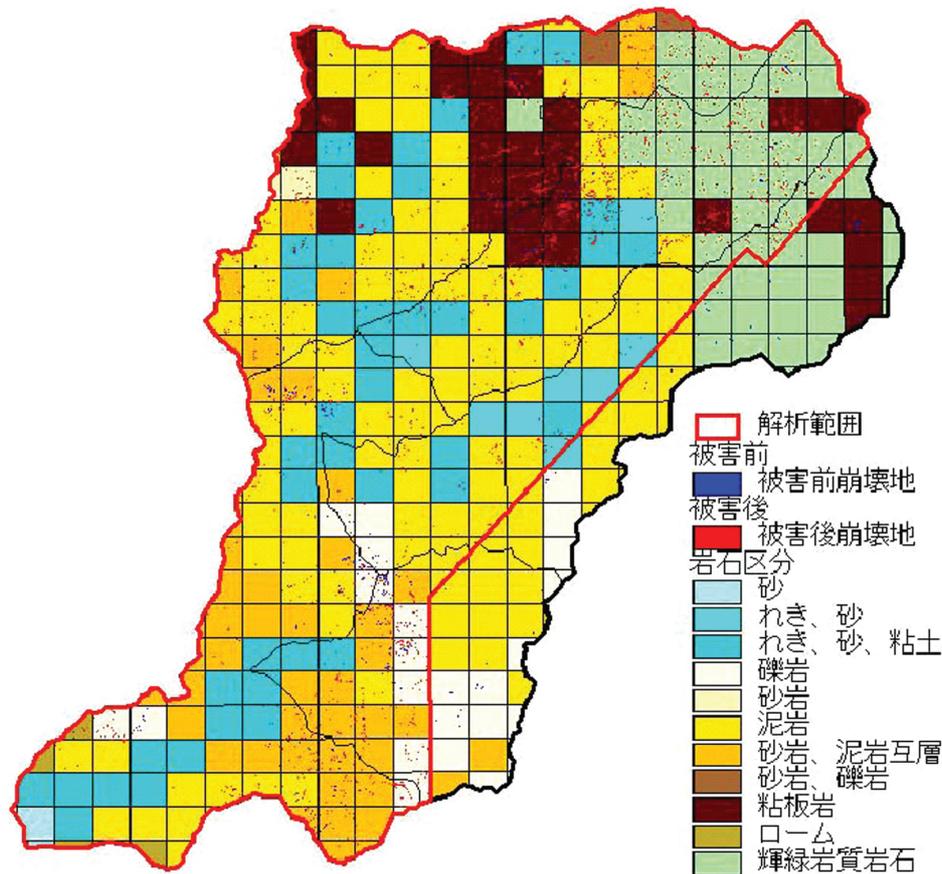


図-23 厚別川流域の表層地質（1 kmメッシュの国土数値情報を基に作図）

礫岩、粘板岩地帯の崩壊の特徴（図-24）として、崩壊最上部の滑落面が垂直となっておりほとんど植生が回復せず、露出したままであることがあげられる。急斜面の谷頭では基岩の風化が進行し、崩壊を繰り返していると考えられる。表層の削剥が激しいため谷頭の浸食が進んでおり、急傾斜かつ規模の大きい滑落面が形成される傾向にある。このため、ひとたび崩れたときの生産土砂量も非常に多い。今回の場合、局所的な豪雨により風化土層が崩壊し、斜面の樹木を巻き込み土砂が押し出し扇状地を形成したものと考えられる（写真-15）。とくに隣接した谷どうしで集中して崩壊が発生した箇所が多かったため、谷の出口でそれらの押し出し土砂が合流して土石流化し、分厚い扇状地堆積面を形成したものと考える。礫岩地帯の崩壊の特徴は、結果として里平川流域と本流の上～中流域に大量の山腹崩壊材積や流木堆積量をもたらしたと考えている。

一方、砂岩・泥岩地帯（図-25）では、尾根沿いの緩斜面と、山腹の急斜面を区分する勾配の変化点（これを遷急線と呼ぶ）が明瞭で、崩壊は遷急線下部の急斜面で発生している。崩壊によって生産された土砂は斜面脚部で残積土となり、この上に一斉林を形成する

ことが特徴である。したがって、礫岩、粘板岩地帯の崩壊地に比べると植生は回復しやすいと推測される。今回新たに発生した崩壊箇所は、底辺が15m、高さが20～30m、滑落面の平均斜度が30～40°ほどの規模で、表層から1m未満の比較的浅い層にすべり面をもつ典型的な表層崩壊（写真-16）と判断された。また、古くに滑落した堆積土砂には崩壊後に更新したケヤマハンノキやサワシバなどの二次林が成立している。



図-24 輝緑岩質礫岩、粘板岩地帯の崩壊の特徴



図-25 砂岩、泥岩地帯の崩壊の特徴



写真-15 里平川支流ウエンテシカン沢の崩壊



写真-16 元神部川の崩壊

## ウ 降水量

図-26に、最も降雨が激しかった8月9日の21時から10日の1時30分にかけての厚別川流域の2.5kmメッシュの1時間当たりの平均降水量（札幌管区气象台提供データから算出）と崩壊面積率を示した。色の濃いメッシュが2つの図の類似した位置にあることから、降水量の多い地域と山腹崩壊の多い地域との類似性を示唆する。実際、2.5kmメッシュの降水量と崩壊面積率との関係は0.1%水準で統計的に有意な正の相関を示した（図-27）。このようなことから、今回の台風による山腹崩壊は降水量の多いところで多発したといえる。

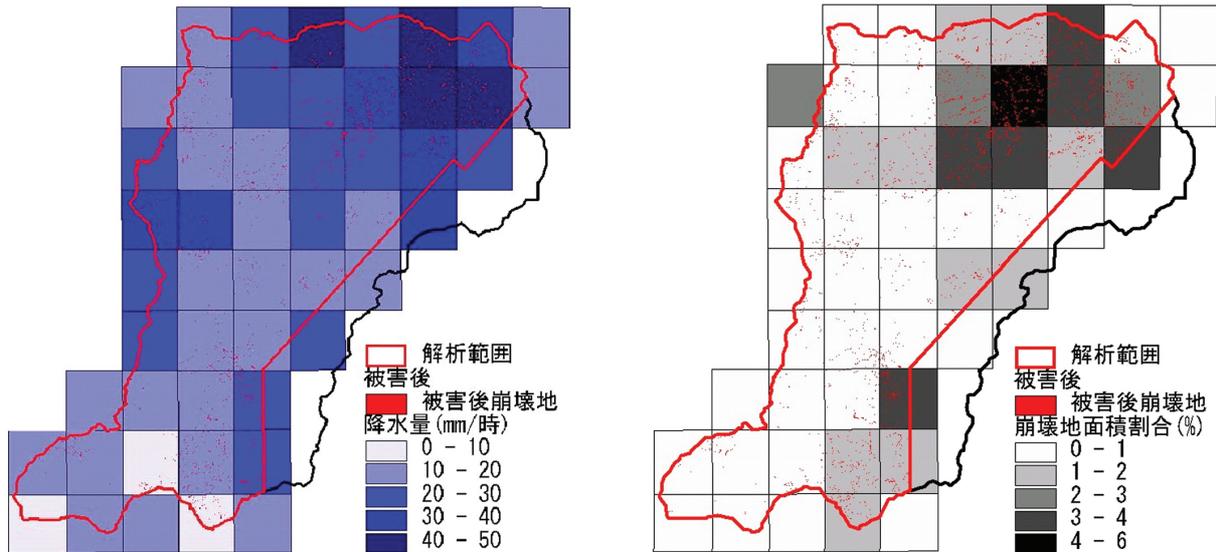


図-26 2.5kmメッシュのレーダーアメダスに基づく降水量（左）と崩壊面積率（右）の分布図

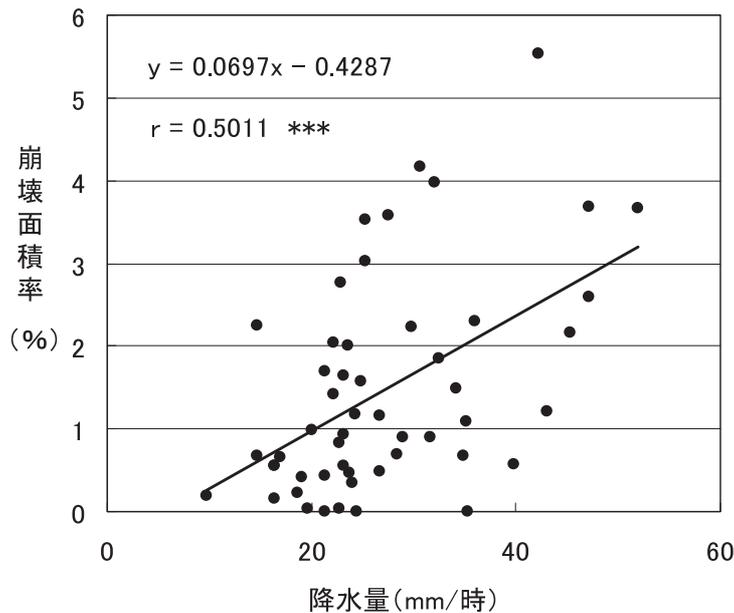


図-27 2.5kmメッシュの降水量と崩壊面積率との関係

## エ 森林管理（人為的影響）

図-28に、人工林と天然林の崩壊面積率を示した。人工林の崩壊面積率は天然林の約2/3であり、かなり低い。また、流木の組成から見ると、新しい流木に占める針葉樹由来の流木は12%程度（表-14）であり、これらの針葉樹の大半が人工林由来であると仮定しても、今回の大雨で造林木が流出したケースは少ないと言える。このことは、日高支庁が日高町、平取町、門別町、新冠町などの4町で実施した過去3年間に行われた間伐箇所への悉皆調査による結果（534林分中、崩壊があったのは22林分）とも一致する。さらに、崩壊が多発している里平川支流ウエンテシカン沢流域内には、一部トドマツの植栽地があるが、植栽地の有無に拘らず崩壊が発生していることから、間伐等の森林施業が崩壊の引き金になっているわけではないと考えられた。ただし、これらのことは人工林が比較的緩斜面に多く存在するために、崩壊の発生が少ないだけであることも十分考えられる。しかし、いずれにしても植栽や間伐などの人為が山腹崩壊を促進した形跡はうかがえない。

なお、崩壊が河岸段丘上の農用地の浸食に起因するケースが一部の流域で観察されたが、その頻度は僅かである。

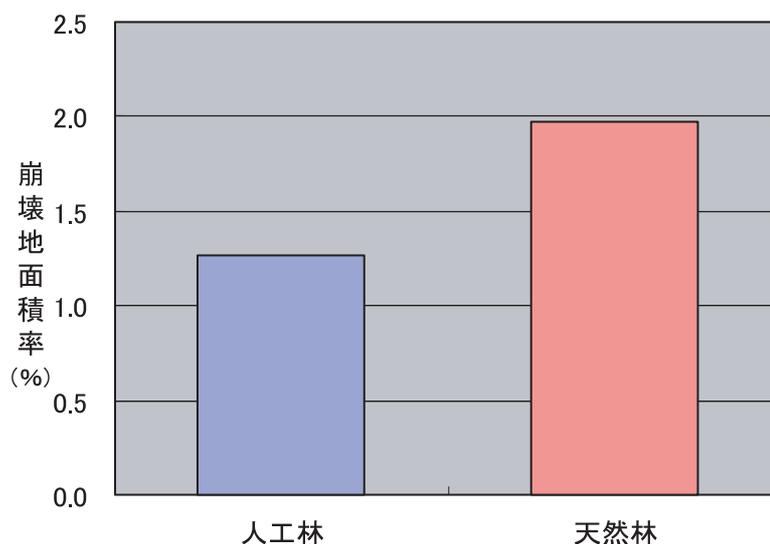


図-28 人工林と天然林の崩壊面積率

以上のことから、厚別川流域で発生した崩壊のほとんどは、基本的に、森林施業の影響によるものとは言い難く、記録的かつ局所的集中豪雨によって引き起こされた自然現象とみるのが妥当であると考えられる。表層地質の影響を受けた地形や斜面傾斜と降水量の分布とで、山腹崩壊の発生要因はほぼ説明できると考える。

今回の一連の調査・解析を実行するに当たり、下記の機関の協力を得ました。  
 ありがとうございました。

- ・(財) リモートセンシング技術センター
- ・日高管内の関係市町村および機関
- ・北海道森林管理局、日高南部森林管理署
- ・気象庁、札幌管区気象台
- ・室蘭土木現業所
- ・日高支庁林務課
- ・日高森づくりセンター、同平取事務所

調査者一覧 (○印の者は執筆も担当)

林業試験場長	原田輝治		
企画指導部長	浅井達弘○		
森林環境部長	本田澄雄		
道東支場長	中田圭亮		
主任研究員	木幡靖夫○		
主任研究員	黒丸 亮		
主任研究員	寺澤和彦○		
主任研究員	福地 稔		
主任林業専門技術員	勝矢晃敏		
主任林業専門技術員	池ノ谷重男		
企画課長	坂本公樹		
資源解析科長	対馬俊之○		
経営科長	濱津 潤		
育林科長	梅木 清		
防災林科長	佐藤 創○		
流域保全科長	長坂 有		
利用指導課長	清水口進		
管理技術科長	清水 一		
主査	橋本 治		
研究主任	山田健四○		
研究職員	菅野正人○	研究職員	阿部友幸
研究職員	青柳かつら	研究職員	真坂一彦
研究職員	今 博計	研究職員	佐藤弘和
研究職員	石濱宣夫	研究職員	中川昌彦
研究職員	長坂晶子○	研究職員	小野寺賢介
研究職員	鳥田宏行	研究職員	徳田佐和子
調査員	川島敏仁		