

植生のなだれ防止機能に関する研究

杉山 利治*・佐伯 正夫

農林省林業試験場

Influence of the Vegetation upon the Occurrence of Avalanches

By T. Sugiyama* and M. Saeki

Government Forest Experiment Station, Ministry of Agriculture and Forestry, Tokyo

Abstract

In order to obtain the knowledge of the dangerous place for avalanche and the forest management for avalanche prevention, the authors investigated the actual states of the areas of frequent occurrence of avalanches in Niigata and Fukui prefectures by means of the aerial photographs and on-the-spot survey.

By this investigation, the following points were made clear :

1) The relation between the distribution of areas of avalanche occurrence and that of vegetation types was analyzed by comparing the aerial photographs taken in winter of 1963 and 1964 with those in summer. Any avalanche did not occur in the mature forests, whereas many avalanches were recognized in the grass or bush land. (See figure 2.)

2) The states of vegetation in the accumulated snow can be classified into following four types by the discretion of aerial photographs in winter, *i.e.*, *A*: stems appear on the snow surface, *B*: crowns appear on the snow surface, *C*: tree-tops scatter on the snow surface, and *D*: the whole vegetation is buried in the snow.

In the cases of *A* and *B* types, the deposited snow on slope was stable, although in *B* type sometimes the balance was lost. In the cases of *C* and *D* types, on the other hand, the deposited snow on slope was unstable or apt to fall.

We can judge the dangerous place for avalanche from the above facts. However, such a state of vegetation is changeable according to the amount of snow; consequently it is necessary to ascertain what conditions of vegetation (height, diameter, density, *etc.*) are able to break the snow movement on slope for various snow depths.

3) In the places where the avalanches have occurred frequently, the states of vegetation are distinctly different from those in the forest land having no avalanche. We will be able to forecast the dangerous site for avalanche by surveying species, inclination of stem and cracks on stem which are caused by the snow movement.

Besides, we could extract some information of forest treatment for avalanche prevention from the analysis of the actual states of vegetation in the areas of frequent occurrence of avalanches.

* 執筆者 (The writer assigned for the report)

まえがき

昭和38年度科学技術庁特別研究促進調整費による、雪害防災総合研究のなかで、林業試験場防災部風雪研究室（現防災第1研究室）は、植生のなだれ防止機能の研究を分担した。

成林した森林がなだれ防止効果をもつことは、古くから認められていることであるが、植生となだれ発生との関係についての定量的な説明は、まだ十分とはいえない。したがって、なだれ発生危険地の判定およびなだれ防止のための森林の取扱方法の基準を求めるとの基礎資料を提供することを目的として、植生となだれ発生との関係を解析することとした。

この研究は、北陸地方等豪雪防災総合研究の一環として、昭和37年度に開始し、昭和38年3月、新潟・福井両県下において、なだれ発生と地形・植生等の関係について現地調査を行なったが、昭和38年度は、新たに、空中写真を利用した解析を試みることにした。

本報告は、昭和38、39年積雪期に撮影された空中写真と、昭和38年秋期に行なった現地調査によったものである。なお空中写真による解析は、現在も継続実施中である。

1. 研究の方法

1.1 計画

なだれ発生に対する植生の影響には、なだれ発生に関係が深い雪ひさし・吹きだまりなど雪の積もり方や雪質に対する影響と、斜面積雪の移動に対する影響の2面があるが、既往の研究では、斜面積雪の移動に対する植生の効果についての研究を主体とし、枕などを使用した実験的研究と、なだれ防止林の実態、なだれ災害地の調査などが行なわれている。

なだれ地の実態を調査して、植生のなだれに対する影響を解析することは、この研究に対して重要な方途の一つであるが、この方法では、系統的に多数のなだれ地を調査し、統計的に解析することが必要である。既往の調査では、著名ななだれ災害についての断片的な調査成績があるにすぎない。したがって、本研究では、モデル地域を設定して、多数地点のなだれ地の実態を調査し、なだれに対する植生の影響を解析することとした。

なだれの発生は、降積雪量・雪質・気象・地形・植生など諸因子が関係する複雑な現象であるため、統計的方法では、とくに数多くの資料を求めることが必要である。従来の上からの調査では、積雪期の調査の危険性、調査能率などのため、多数の資料を求めるとは非常に困難であったが、空中写真を利用した調査方法は、

この点非常に有効な手法と考えられるので、空中写真と現地調査を併用することとした。

調査方法としては、(1) なだれ発生地の分布、(2) なだれ地の地形、(3) 植生区分を写真上で求め、さらに、積雪量分布を考慮して、なだれの発生と植生の関係を解析することを目標とするが、空中写真利用による方法は、初めての試みであるので、第1年度は、写真判読の結果と現地の実態を対比することによって、写真判読の基準を定める目的と、また一方、空中写真だけでは判読困難と考えられる植生の種類、形態など詳細な実態を把握する目的で、標準地を設け、植生・地形などについての現地実態調査も行なうこととした。

1.2 実施概要

上記の計画に基づいて、新潟県魚野川流域・福井県九頭竜川水系滝波川流域をモデル地域として、研究を実施した。

1.2.1 現地調査

昭和38年11～12月に、なだれ地の地形・植生について現地調査を行なった。調査地の選定は、積雪期の空中写真の判読によって選定することが望ましいが、調査時期の都合上、あらかじめ予定された空中写真撮影区域内において、現地での聞きとり調査により、毎年なだれの発生する箇所、危険が予測される箇所を選定した。主たる調査地を図1に示したが、このうち、11か所に精密調査地を設け、植生の精密調査を行なった。なお、これら精密調査地は、草地・カヤ地などはなるべく避け、比較的植生の大きい箇所を選んだ。

精密調査地では、斜面の地形の概略を測定し、斜面上方から、植生の変化に応じて、幅2m、斜距離5～10mの調査ベルトを設けて、各樹木ごとに、樹種、直径（根元および胸高）、樹高、樹幹の傾斜および積雪による植生の被害状況などを調査した。

1.2.2 空中写真による観測

昭和38年積雪期および無雪期、昭和39年積雪期に撮影された空中写真により、モデル地域内のなだれ発生地の分布と森林分布の関係の概略を観察した。つぎに、現地調査地およびその周辺のなだれの発生状況、植生の埋雪状況などを判読した。写真からの観測方法は、対象調査地はあらかじめ現地調査の際、斜面長、傾斜その他地形の概略を測定してあったので、空中写真からの地形測定は行なわず、各調査地ごとに見取図を作成し、積雪の変化点、植生の埋雪状況などを記入した。

見取図作成にあたっては、写真上における地点縮尺を $(H-h)/f$ で求めた (f : 焦点距離, H : 撮影高度, h :

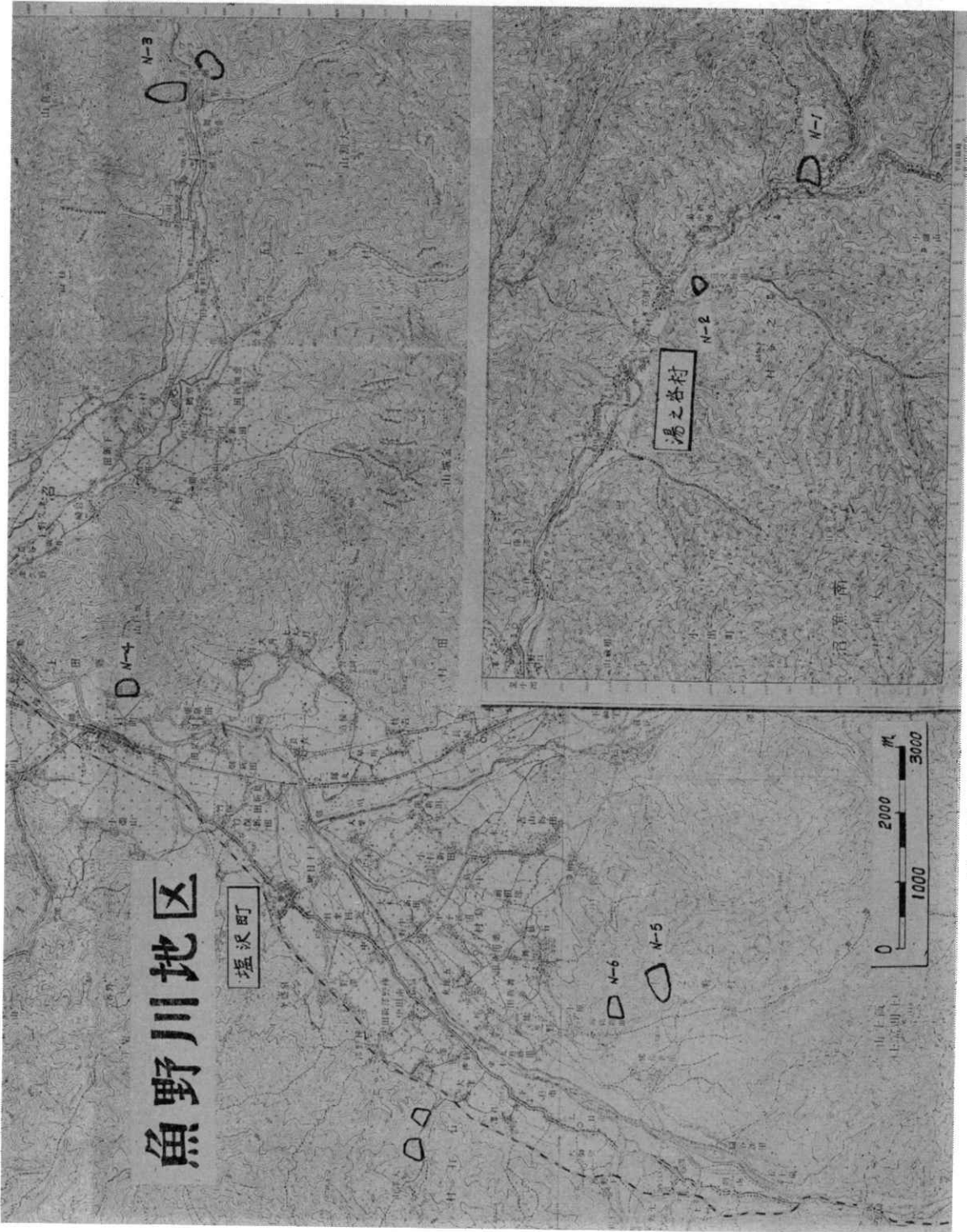


図-1 (1) 主要調査地の位置 (魚野川地区) Investigation area.

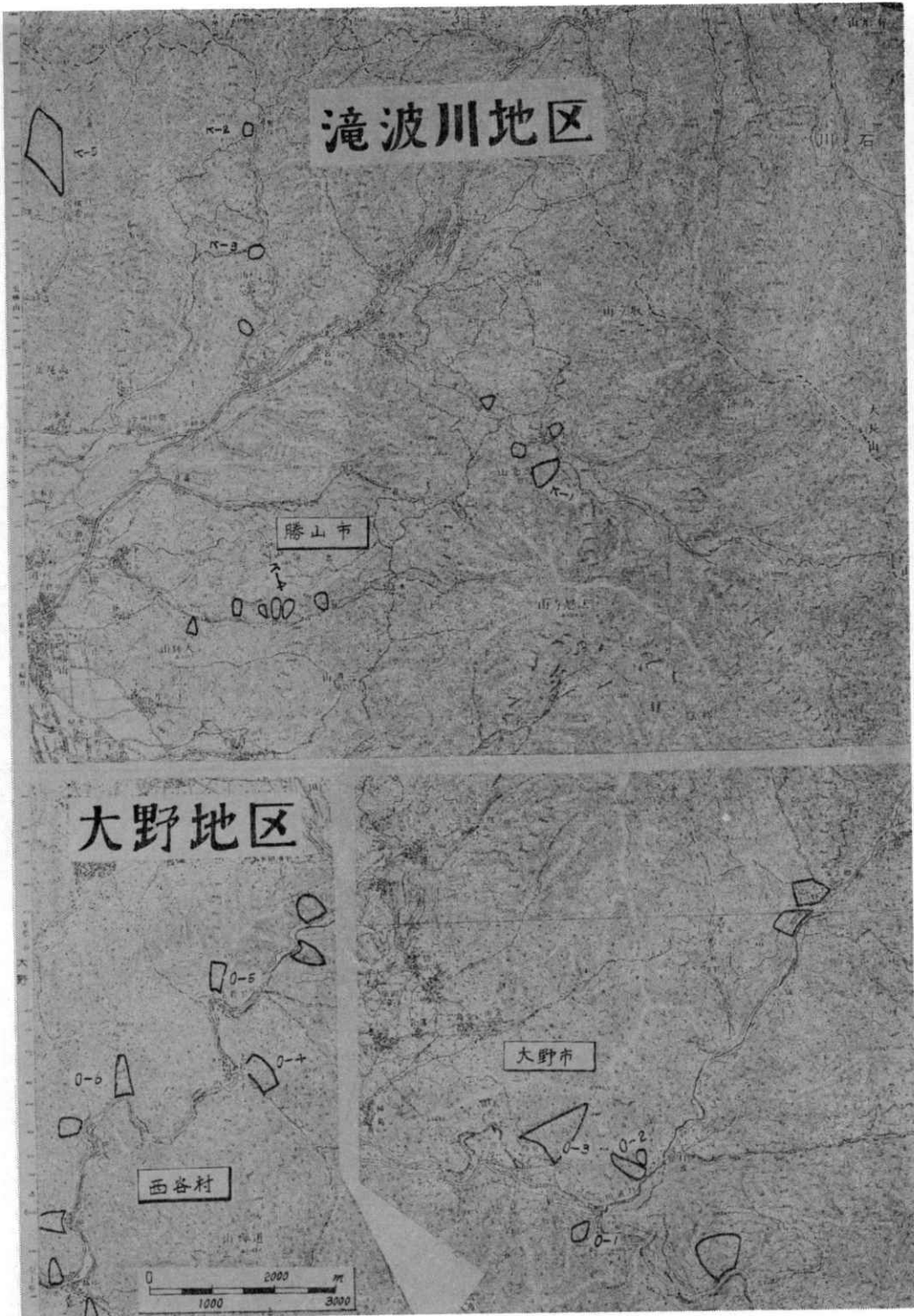


図-1 (2) 主要調査地の位置（滝波川地区）
Investigation area.

調査地の地図上の標高)。また、現地調査で設定した植生の標準調査地の位置を写真上で求めるにあたっては、現地調査の際に定めた標準地の目標点(孤立木など)を写真上に移写して、標準地の位置を求めたが、目標点の判明しにくい調査地では、現地の実測傾斜面長と写真上における同一斜面の距離の比によって、標準地の位置を求めた。

2. 調査結果

2.1 積雪の概況

植生の種類・分布・生活形などは、その地方の気象・積雪量などによって異なり、また、なだれの発生も、その年の積雪量に影響されるところが大きい。そこで、空中写真撮影の行なわれた、昭和38、39年の調査地周辺における積雪の概況と特色について述べる。各地の最深積雪は、表-1のとおりである。

表-1 積雪の概況
Summary of snow depth.

観 測 地	標 高 m	1963年 cm	1964年 cm	平 年 cm
新潟県南魚沼郡六日町	160	160	130	237
同 栃尾又	293	338	208	352
福井県大野市 大野	173	288	58	126
同 勝山市 勝山	169	325	60	183
同 北谷町	314	540	×	×

昭和38年の北陸地方は、今までにない豪雪といわれながらも、積雪量は地域によってかなりの隔りがある。新潟県栃尾又地方では、ほぼ平年並みの積雪量を示しているが、同県六日町地方では、平年値の7割弱にすぎない。一方、福井県大野地方では平年値の2.3倍、同県勝山地方では1.8倍におよぶ豪雪であった。

昭和39年は、栃尾又、六日町地方では平年値の60~55%、大野、勝山地方では46~32%で、両地方とも非常に少雪の年にあたる。

したがって、空中写真解析に表現された観測値は、新潟県関係では、平年および少雪年に対するものであり、福井県関係では、豪雪年および少雪年に対するものである。

2.2 森林分布となだれ地分布

なだれの発生と森林との関係の概況を知るために、空中写真撮影区域内のなだれ発生地の分布と森林分布を空中写真により求めた。1例として、新潟県塩沢町付近における昭和38年3月19日現在のなだれ地と森林分布(植生区分は、昭和38年7月撮影の空中写真による)を図-2に示した。

この時点における写真の観察では、成林した森林地帯からなだれが発生した例は認められない。なだれの発生は、地形・積雪量など多数の因子の組み合わせによっておこるものであるが、マクロ的に同様な地形・積雪状態と考えられる地形でも、森林が成立しているところでは、なだれの発生はみられない。なだれの発生には、局所的に危険地形があり、また、なだれ(とくに全層なだれ)が発生する地形では、自然に森林が成立することがむづかしい事実があることから考えて、この結果を全面的に、成林した森林のなだれ防止機能と評価することはできないとしても、少なくとも、なだれ発生危険地の判定に対して、森林(成林した)の存在の有無が重要な因子であることは確かである。

以上は単に成林地という抽象的な表現(写真の色調による)によって、森林となだれ発生との関係についてのマクロ的な観察の結果であるが、つぎに、現地調査を行なった調査地のなかで、成林地の状況について、写真判読をした結果を表-2に示す。

表-2の調査地はモデル地域外であるが、昭和38年1月に今までにない豪雪に見舞われた地帯である。樹幹部が雪面上に出現している成林地で、同年2月15日の空中写真撮影期までに、なだれの発生した例はみられない。そして、植生が成林地から灌木、カヤ地に移行する地点から、積雪に割れ目を生じ、あるいは、なだれが発生した例が目立つ。

しかし、成林地でも問題がないわけではない。0-6調査地は、県道ぶちを除いては壮令広葉樹林であるが、2月15日撮影の空中写真によると、林内に幅10~20m、長さ100m程度の、植生が埋雪した谷状地形が認められる。その後3月に全層なだれが発生し、38年秋には同地点に軌条柵が施工された(写真-1、施工中)。

0-5調査地は、平均胸高直径約17cm、大きいものは40cmに達する、ブナを主とした老令林で、平均立木間隔は約4mであるが、老令天然林であるため立木配置は非常に不均一である。なだれは発生しなかったが、林内空地の各所に積雪の割れ目がみられ、また、中腹以上の急斜面では、26%におよぶ林木が、根返りや根元割れの被害をうけた。

以上のように、成林地でも、立木配置によっては、積雪が不安定になることがあり、また、森林が老令過熟になると、積雪移動に対する抵抗性の低下が懸念される。

2.3 なだれ地の植生の特徴

昭和38年秋に行なった、なだれ地の植生精密調査の結果と、同地における昭和38年および39年冬期の積雪状況

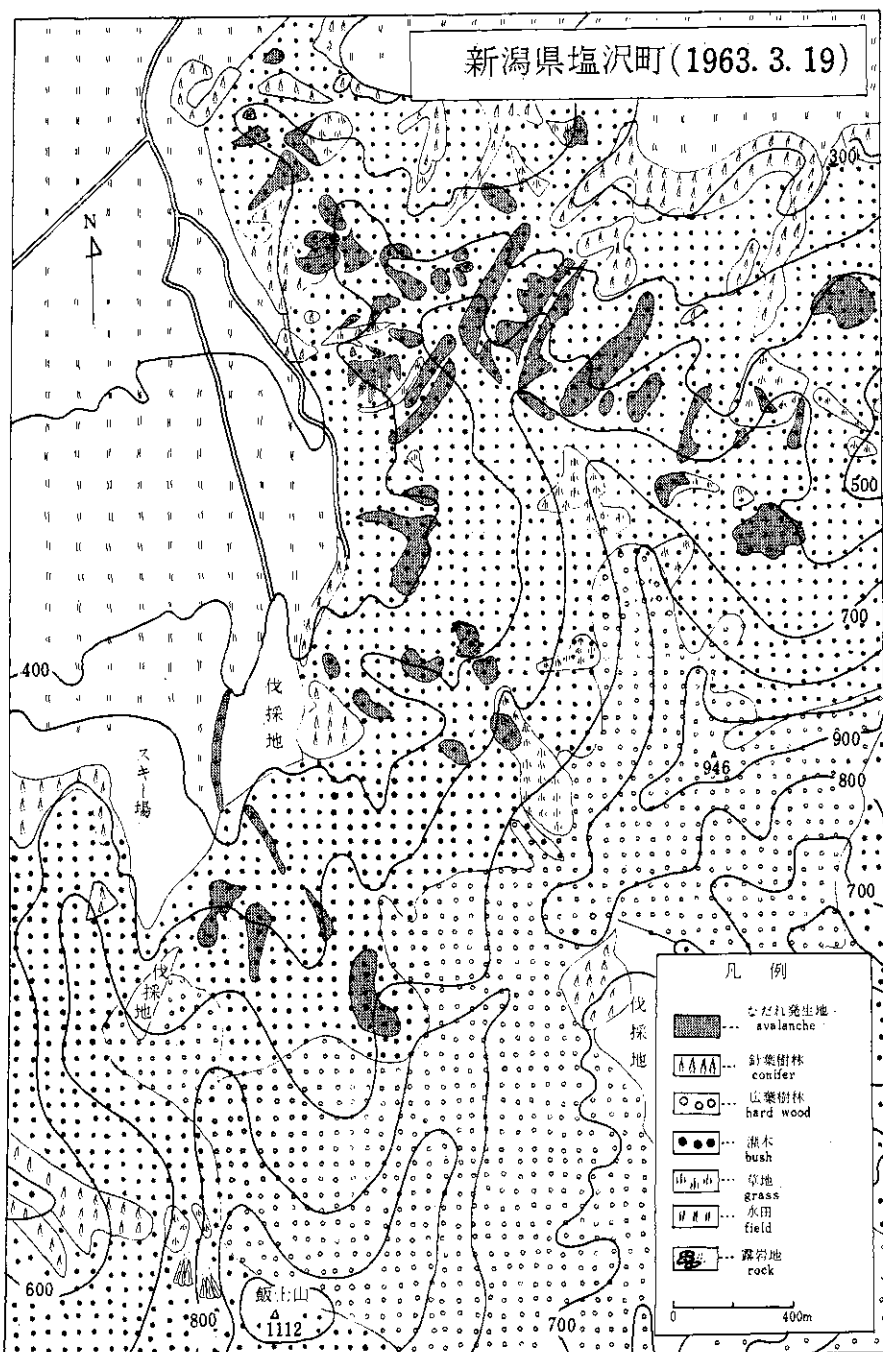
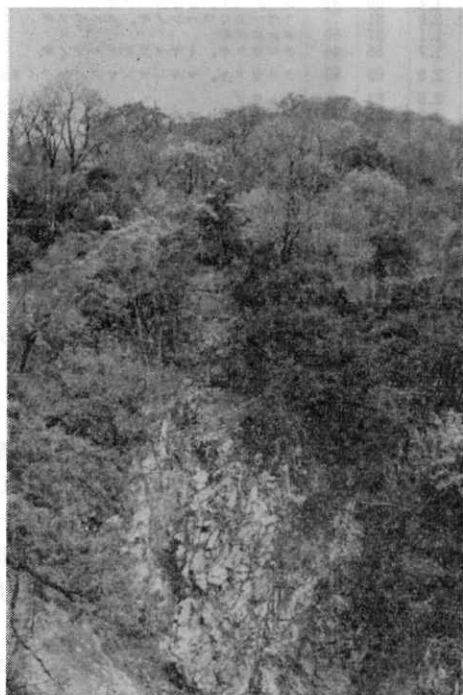


図-2 森林分布となだれ地分布
Relation between forest and avalanche.
Any avalanche did not occur in the mature forests.

表—2 成林地における積雪の状態 (1963)
State of deposited snow in forest (by discretion of aerial photograph).

調査地 No.	所 在	無 雪 期 の 概 要								空中写真撮影日の積雪			積雪期の概要		
		海拔高 (m)	方位	傾斜 (度)	斜面長 (m)	最大幅 (m)	斜 面 形			植生の状況	観測所	月日	積雪深 (cm)	斜面積雪	植生の状況
							縦断	横断	平面形						
0—1	福井県 大野市 下打波	400	NE	35~37	200	200	等齊	凹	長方形	上部：広葉壮令林 中部：灌木地 下部：カヤ生地	中島	2.15	270	安定 割目発生 しわ発生	樹幹部出現 埋雪
0—2	同 大野市 下打波	500	S	35	200	150	等齊	凸	三角形	上部：灌木カヤ混生 中部：" 下部：広葉壮令林	中島	2.15	270	割目発生 安 定	" 樹幹部出現
0—3	同 大野市 東勝原	500	SSW	40	300	100	凹	凹	三角形	斜面周囲：広葉壮令林 斜面中央：カヤ生地	勝原	2.15	220	" なだれ発生	" 地表出現
0—4	同 大野市 上若生子	450	SW	35~37	250	350	等齊	凹	長方形	上部：広葉壮令林 下部：カヤ生地	中島	2.15	270	安定 なだれ発生	樹幹部出現 地表出現
0—5	同 大野市 下若生子	650	SW	36~40	230	180	凹	凹	三角形	上部：広葉森林 中部：広葉樹林	中島	2.15	270	割目発生 安 定	樹幹部出現 "
0—6	同 大野郡 西谷村下笹又	500	SW	45	160	250	等齊	凹	三角形	広葉壮令林 林内谷状地 (幅10~20 m, 長さ100m)：灌木 草地	中島	2.15	270	安定 安定 (撮影日後) なだれ発生	埋雪



写真—1 林内のなだれ発生地
Occurrence of avalanche in treeless
land of forest.

(空中写真の判読による)とを対比し、なだれ地の植生の特徴を解析した。調査結果は表—3、表—4のとおりである。

2.3.1 植生の大きさ・密度となだれ

調査地の選定は、前にも述べたように、なだれの危険

のある場所のなかでできるだけ植生の大きい場所を選んだが、表—3にみられるように、ほとんどの区が平均樹高が 3.5 m 以下、平均胸高直径 3 cm 以下である。

積雪期の状態を空中写真で判読した結果、次の5種類に分類することができた。すなわち、地表出現区(濃暗色)、植生埋雪区(白色)、梢頭部点在区(点灰色)、樹冠部出現区(明灰色)、樹幹部出現区(暗灰色)で、各調査地の状況は表—4のとおりである。

昭和38年冬期に撮影された調査地は8か所で、地域により撮影の時期が異なるが、撮影時点においてなだれが発生した調査地は、N—2、N—6の2か所である。N—2では、a区(平均樹高2.3 m)から全層なだれが発生し、b、c区にはa区から発生したなだれが堆積した。N—6では、a、b区(平均樹高2.1、2.6 m)は、なだれによって地表が出現し、c区では植生は埋雪し、雪面には割れ目が発生している。

樹冠部あるいは梢頭部が雪面上に出現し、積雪が安定している調査地は、N—3、a、b、c区(樹高5.8、3.4、3.6 m)とK—4、a、b区(樹高2.9、3.3 m)だけで、その他の調査区では、植生はすべて埋雪し、斜面の積雪には、割れ目、ひだなどが生じ、不安定な様相を示しているものが多い。

昭和39年冬期は、新潟地区では、3月1日および31日、福井地区では2月19日および3月10日に空中写真が撮影されたが、同年は非常に少雪で、なだれの発生が認められたのは、N—5調査地1か所だけである。また、積雪不安定区は、前年度もなだれが発生したN—2調査地1か所で、樹冠部が雪面に出現していたが、3月31日

表-3 調査地の概要および植生の状況
Outline of sample plot and condition of vegetation.

調査地 No. ①	所在地 ②	海拔高 (m) ③	方位 ④	斜面長 (m) ⑤	調査ベルト ⑥	傾斜 ⑦	尾根からの距離 (m) ⑧	立木密度 (本/m ²) ⑨	平均樹高 (m) ⑩	平均直径 (cm)		樹幹傾斜		主なる樹種 ⑮
										根元 ⑪	胸高 ⑫	θ 1.2 ⑬	θ 2.0 ⑭	
N-1	新潟県湯之谷村新尾又	400	W	150	a	40	20~25	5.8	2.4	3.8	1.8	78	74	ナラ
N-2	同 湯之谷村下折立	300	W	150	a	38	0~5	3.7	2.3	3.4	1.8	70	61	ナラ, マルバマンサク, カエデ, ツツジ
					b	34	50~55	5.1	2.6	3.8	2.2	75	66	ナラ, リョウブ, マルバマンサク
					c	34	75~80	6.0	2.6	3.2	1.9	71	50	リョウブ, カエデ, ツツジ, ナラ
N-3	同 六日町清水瀬	450	SE	260	a	38	30~35	1.9	5.8	7.1	5.4	108	93	シデ, マルバマンサク
					b	41	60~65	2.5	3.4	3.6	2.1	92	92	マルバマンサク, シデ
					c	28	150~155	2.0	3.6	5.4	3.4	77	70	タニウツギ, ミヤマカワラハンノキ, カエデ
N-4	同 六日町坂戸	200	W	120	a	30	10~15	4.5	2.0	3.0	1.4	60	56	マルバマンサク, ヤマボウシ, ナラ
					b	30	29~34	4.3	2.1	2.9	1.5	74	70	ナラ, リョウブ, ツツジ
					c	35	55~60	4.6	2.1	3.0	1.7	75	71	ナラ, マルバマンサク
					d	38	100~105	3.3	2.9	3.2	1.9	83	76	リョウブ, サクラ
N-5	同 塩沢町舞子	400	W	310	a	40	0~5	4.5	2.1	2.8	1.2	56	41	ナラ, ナンキンナカマド, ツノハシバミ
					b	45	10~15	5.6	2.6	3.1	1.8	49	40	マルバマンサク, ナラ
					c	40	35~40	4.0	2.3	3.1	1.3	75	66	ナラ, ツツジ, タニウツギ, マユミ
					d	37	105~110	3.4	2.3	2.7	1.2	76	70	サクラ, ヤマキソヤナギ, ヤマダフ
N-6	同 塩沢町舞子	300	W	100	a	30	0~5	5.5	2.1	2.3	0.9	57	58	ヤマボウシ, ツツジ, タカノツメ
					b	45	10~15	4.6	2.6	3.0	1.5	73	68	ナラ, リョウブ
					c	37	32~37	4.0	2.3	3.0	1.5	74	69	リョウブ, タニウツギ, クリ
K-1	福井県勝山市小原	650	N	560	a	39	70~80	2.1	4.9	6.5	4.4	90	81	シデ, ブナ, オオバクロモジ
					b	33	120~130	2.0	3.3	4.5	3.0	81	75	ミヤマカワラハンノキ, タニウツギ
					c	35	170~180	0.6	1.9	2.4	1.1	37	50	タニウツギ
					d	35	220~230	1.1	2.6	3.1	1.7	58	46	タニウツギ, ミヤマカワラハンノキ
K-2	同 中野俣	600	E	170	a	39	0~10	2.5	3.2	4.4	2.8	93	85	タニウツギ, マルバマンサク, ハイイヌガヤ
					b	36	0~10	2.2	3.0	3.7	2.5	82	75	リョウブ
K-3	同 杉山	400	NE	90	a	36	50~60	1.8	4.0	5.7	3.9	85	79	タニウツギ, マルバマンサク, ナラ, サクラ
					b	36	50~60	1.8	4.0	5.7	3.9	85	79	リョウブ
K-4	同 美山	400	S	180	a	41	30~40	2.5	2.9	4.1	2.5	87	83	ナラ, オオバクロモジ, サクラ
					b	41	50~55	3.3	3.3	4.1	2.8	66	59	ナラ, マルバマンサク, オオバクロモジ
					c	40	70~75	2.2	2.4	3.4	2.1	71	73	ナラ, クリ, オオバクロモジ
					d	47	120~125	1.5	2.0	2.8	1.4	76	84	タニウツギ
K-5	同 横倉	750	SE	130	a	41	0~5	5.4	2.3	3.1	1.4	48	43	マルバマンサク, ブナ, ナラ
					b	41	10~15	5.8	2.2	2.6	1.2	72	53	マルバマンサク, リョウブ, ナラ
					c	41	50~55	3.6	2.6	3.4	1.7	72	64	マルバマンサク, ナラ, リョウブ

備考: 海拔高は斜面のほぼ中央の高さを地形図より求めた。

Note ①, ②: Sample plot, ③: Altitude, ④: Direction, ⑤: Length of slope, ⑥: Sample plot, ⑦: Gradient, ⑧: Distance from ridge, ⑨: Density of trees, ⑩: Height of tree, ⑪, ⑫: Diameter of tree at base and breast height, ⑬, ⑭: Inclination of stem, (See Fig. 5.), ⑮: Main species.

現在で積雪は 145 cm あり、雪面に割れ目が認められた。そのほかの大部分の調査地では、樹冠部あるいは樹幹部が出現して、積雪は安定しており、すでに消雪して、地表が裸出した区もあった。なお、2~3 の調査区で、植生が埋雪した区があったが、いずれも積雪は数十 cm にすぎず、積雪は安定していた。

以上昭和38, 39年における調査結果から、積雪が落着いた融雪開始前頃の植生の埋雪状況によって、斜面積雪の安定の程度を推定すると、樹幹部が雪面上に出現しているところでは積雪は安定している。樹冠部が出現する程度でも、おおむね安定しているが、積雪量・地形によっては多少不安定である。植生が全く埋雪する場合あるいは梢頭部が点在する程度では、積雪は不安定で、割れ目やひだを生じやすく、なだれの危険が感じられる。

つきに、空中写真で判読した積雪期における植生状態の区分と、現地調査で実測した植生の状態を対比してみ

よう。調査地によって積雪量が異なるので、同一調査地内の各調査ベルト区間で、樹幹あるいは樹冠が出現して積雪が安定している区と、植生埋雪区あるいはなだれ発生区の平均樹高および平均胸高直径を比較すると、前者の方がやや大きいことが認められるが、その差はわずかである。

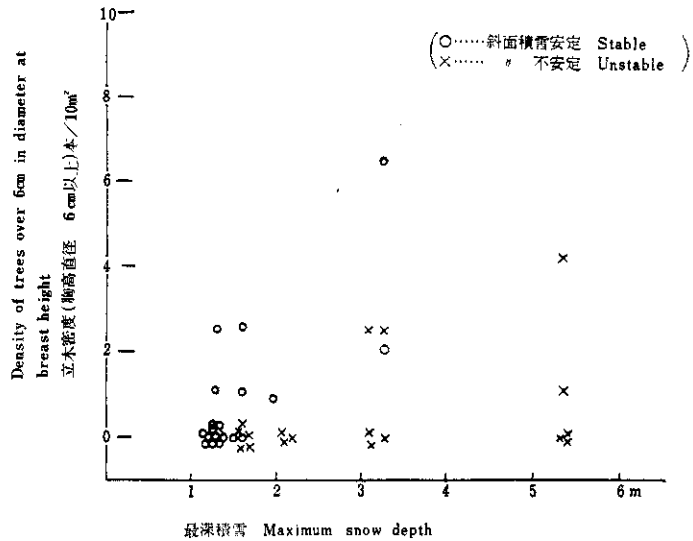
一方、樹高あるいは胸高直径の小さい植生は、後述するように、積雪によって容易に地上に倒伏し、斜面積雪の移動に対する抵抗性は非常に小さいと考えられるので、胸高直径 6 cm 以上 (ただし、大多数は 6~10 cm) の植生の密度と斜面積雪の安定度との関係を調べた。図-3 にその結果を示す。

測定例が少ないが大略の傾向を示すと、最深積雪 1.5 m 以下の地帯では、胸高直径 6 cm 以上の植生がない場合でも積雪は安定しているが、最深積雪 1.5 m 以上では、直径 6 cm 以上の植生がない場合、積雪安定区は

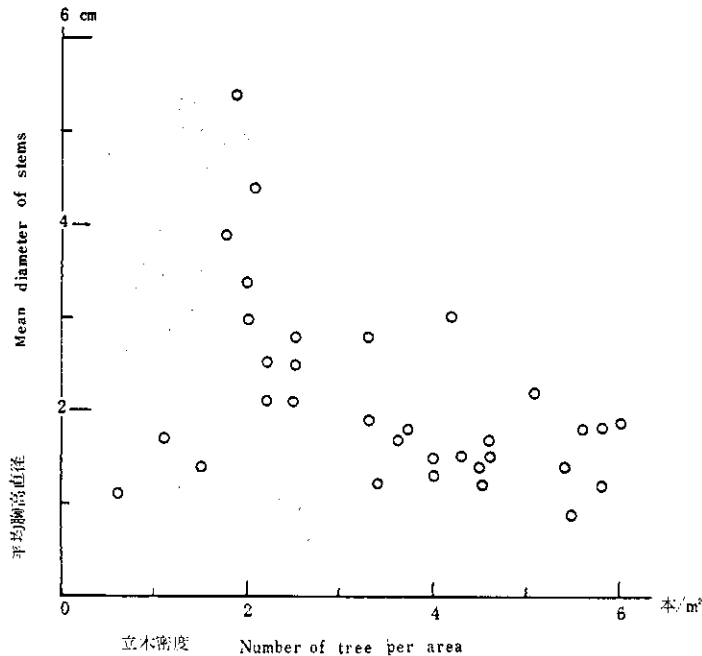
表—4 積雪期の植生の状況
State of vegetation in the accumulated snow (sample plot).

No.	所在	最寄気象観測所	調査ポイント	1963				1964									
				最深積雪 (cm)	撮影時の積雪		斜面積雪	植生の状態	最深積雪 (cm)	撮影時の積雪		斜面積雪	植生の状態				
					月日	深さ (cm)				月日	深さ (cm)						
N-1	新潟県湯之谷村 柳尾又	柳尾又	a b	310	2.23	280	割目発生 安定	埋雪	208				3.31	145	1963年秋 階段工施工	埋雪	
N-2	新潟県湯之谷村 下新立	柳尾又	a b c c	310	2.23	280	全層なだれ発生 上方のなだれ堆積	地表出現 埋雪	208				3.31	145	割目発生 安定	樹冠部出現	
N-3	同日町 清水橋	六日町	a b c c	160	3.19	92	安定	樹冠部出現 梢頭部点在	130	3.1	58	安定	樹冠部出現	3.31	20	消	雪地表出現
N-4	同日町 坂戸	六日町	a b c d	160					130				3.31	20	消	雪地表出現	
N-5	同塩沢町 舞子	六日町	a b c d	160	3.19	92	安定	埋雪	130	3.1	58	安定	樹冠部出現	3.31	20	安定	樹冠部出現
N-6	同塩沢町 舞子	六日町	a b c c	160	3.19	120	割目発生 全層なだれ発生 割目発生	埋雪	130	3.1	58	安定	埋雪	3.31	20	消	全層なだれ発生 雪地表出現
K-1	福井県勝山市 小原	勝山市 北谷町	a b c d	540					×				3.10	×	安定	樹冠部出現	
K-2	同勝山市 中野俣	北谷町	a	540					×	2.19	×	安定	樹冠部出現	3.10	×	安定	樹冠部出現
K-3	同勝山市 杉山	北谷町	a b	540	3.2	310	未発生	埋雪	×	2.19	×	安定	樹冠部出現	3.10	×	安定	樹冠部出現
K-4	同勝山市 奥山	勝山	a b c d	325	3.2	195	安定	梢頭部点在	58				3.10	0	消	雪地表出現	
K-5	同勝山市 横倉	北谷町	a b c	540	3.2	310	未発生	埋雪	×	2.19	×	安定	埋雪	3.10	×	安定	樹冠部出現

備考：K-3, K-5 の「未発生」地は空中写真撮影日以後になだれが発生したことが確認された。



図—3 立木密度と斜面積雪の安定度
Relation between density of trees and stability of deposited snow on slope.



図—4 植生密度と平均胸高直径
Relation between diameter of tree and density of vegetation.

認められない。積雪 3 m 程度では、10 m² 当り数本の密度で、積雪が安定している場合もあるが、それ以上の深雪地帯では、この程度の植生の大きさ・密度では、積雪はなお不安定である。今後、資料を数多く採取し、また、実験的研究をも加えて、積雪深、地形などを考慮した植生と積雪安定度の関係を明らかにしたい。

なお、参考のため、各調査ベルト区ごとの植生密度と平均胸高直径の関係を図—4 に示した。左下端の3点は、いずれも積雪の移動により植生が荒らされ、灌木類がかるうじて生育している程度で、植生が閉鎖していない区である。このような区を除くと、植生が閉鎖している状態では、密度の大きいベルト区ほど、個々の植生の直径は小さくなる傾向が認められる。

2.3.2 植生の形態

植生の形態は、樹幹の傾斜度（図—5）によってあらかわし、表—3 に平均値を示した。いうまでもなく、樹幹の傾斜は、積雪期と無雪期では全く異なり、また、地形、積雪量、積雪の移動状態などによって変化するが、無雪期においても、45度以上の根元曲りを生じている。

これらの植生は、無雪期における樹幹傾斜度以上の角度で雪圧に抵抗しているわけで、積雪の斜面なりの移動

圧のみならず、積雪の沈降力も加わって、非常に大きな圧力が加わっているものと考えられる。したがって、樹高あるいは直径の小さい植生は、積雪によって容易に倒伏し、斜面積雪の移動に抵抗するほどの力は、ほとんど考えられず、むしろ積雪の滑り面となることさえ考えられる。一方、植生が成長すると、積雪の移動に対する抵抗性は増大するが、そのために、樹幹に積雪の擦傷痕が生じ、あるいははなはだしい場合は、根元折れ、根元開れによって生育不能になる場合も認められた（写真—2）。

なお、樹幹傾斜度と樹高との関係をみると図—6 のとおりで、樹高が大きいほど樹幹傾斜角も大きくなる傾向がある。しかし、この関係は雪の無い時におけるものであって、積雪期では、樹高の小さい植生は、積雪によって容易に倒伏されていても、雪が消えると立ち直り易いのに対して、大きい植生は、雪に対する抵抗性が大きいと同時に、消雪後、原形に復することも困難なためと考えられる。

樹幹の傾斜度や擦傷痕など植生の形態を観察することによって、その場所の積雪移動の状態を推察することができる。

2.3.3 植生の種類

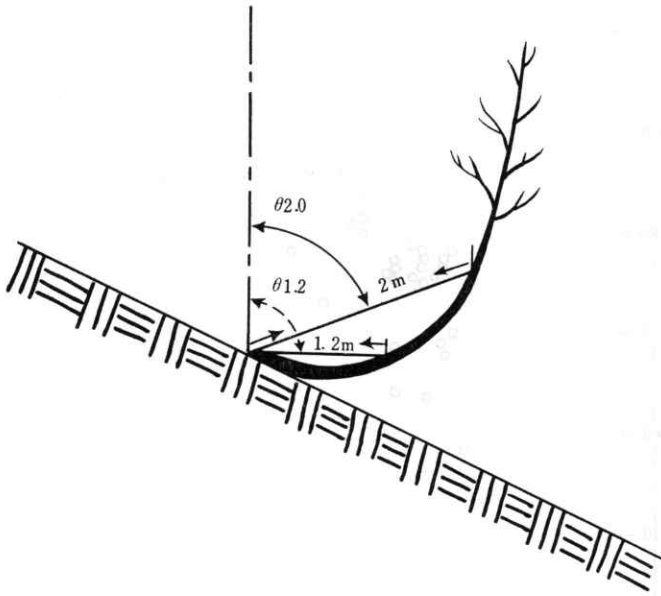


図-5 樹幹傾斜度の測り方
Measurement of stem inclination.

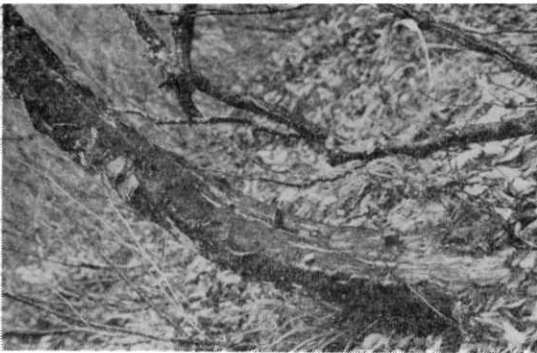


写真-2 積雪移動による樹幹の擦傷痕
Cracks on stem caused by the
snow movement.

精密調査地内に分布した植生の種類は、草本を除き67種であるが、各調査ベルト区において、10%以上の本数頻度をもってあらわれる種類を示すと表-3のとおりである。出現頻度の多い種類は、新潟県では、6調査地のうち、ナラ類、マルバマンサクが5区に、リョーブ、ツツジが4区に、タニウツギが3区に分布している。福井県では、5調査地のうち、ナラ類、タニウツギ、マルバマンサクが4区に、リョーブ、ブナ、サクラ類が2区に出現している。なお、精密調査地としては設けなかった

が、なだれ地がカヤ地、草地、露岩地である例は、概況調査によって多数認められた。

1斜面上における植生の種類の分布をみると、ナラ、ブナ、マルバマンサクなどは、斜面の上方部分に、タニウツギ、リョーブ、ミヤマカララハンノキ、カエデ類などは、斜面の中腹あるいはそれ以下に分布している傾向がある。1例を示すと図-7のごとくであって、この地方のなだれの発生しない山地の植生にくらべて、なだれの崩落、堆積区に優勢な植生は、タニウツギなどの低木性樹種あるいはカヤ地、草地であることが特徴として認められる。このような植生の分布の特徴は、なだれ地（とくに全層なだれ）の判定の指標の一つとなるものと考えられる。

植生の種類と大きさの関係について、胸高直径4cm、6cm、8cm以上の植生に分けてみた。全調査地を通じて、1本でも直径4cm以上に達した植生の種類は17種であったが、6cm以上に達するものは、次の10種にすぎない。すなわち、シデ、ナラ、カエデ、サクラ、クリ、ミヤマカララハンノキ、タニウツギ、マルバマンサク、リョーブ、サルスベリで、そのうち、前5者は直径8cm以上に成長することのできた樹種である。各調査地の植生は、10~20年以上の年数を経たものであることからみて、なだれ地の植生の成長のおそさと形態の悪さ

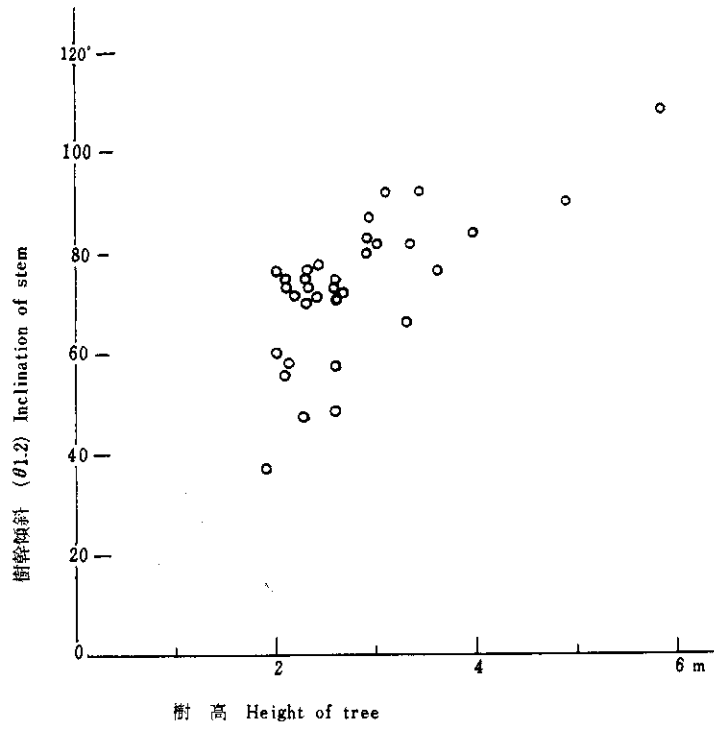


図-6 樹幹傾斜と樹高
Relation between inclination of stem and height of tree.

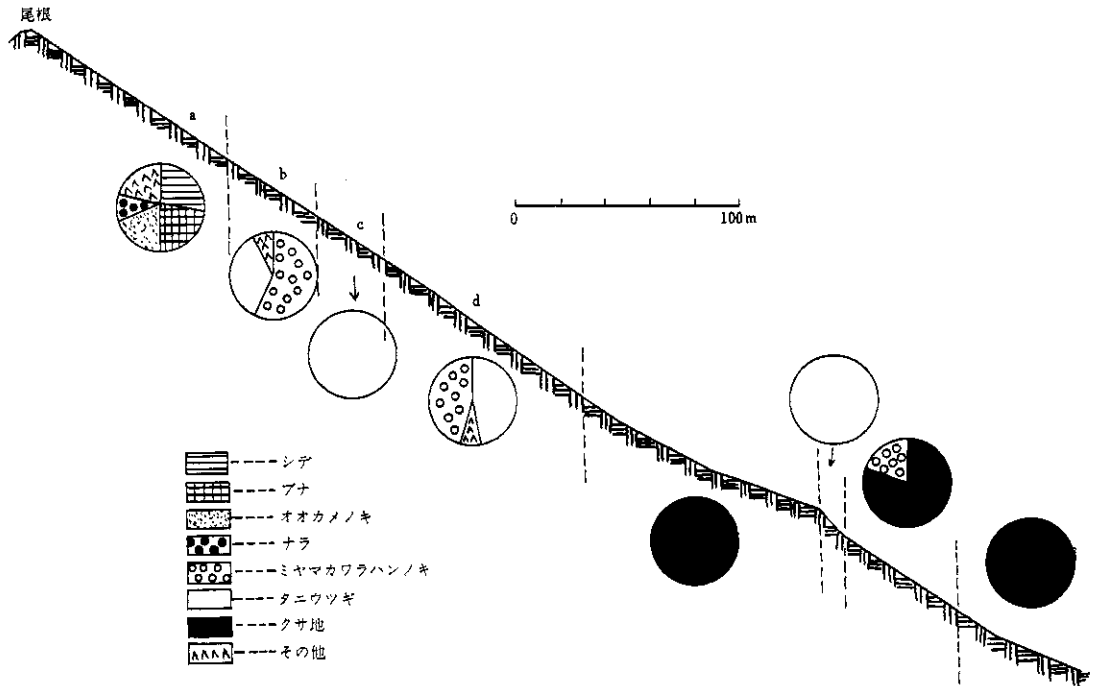


図-7 植生の分布の1例
Distribution of species on slope where avalanches occur frequently. In such a slope, grass or bush is dominant.

がうかがえる。

3. 総括

この研究は、なだれ発生危険地の判定およびなだれ防止のための森林の取扱方法の基準の基礎資料を提供する目的で、新潟県および福井県の一部にモデル地域を設け、積雪期の空中写真および無雪期の現地植生調査によって、植生となだれ発生の関係を解析したものである。空中写真の判読による解析は、現在も継続実施中であるが、つぎに、得られた成果と問題点についての概要を述べる。

1. 積雪期（昭和38, 39年）と無雪期の空中写真を対比して、なだれ地の分布と植生の関係を観察した。なだれ発生地の植生は、カヤ、草および灌木類であって、成林した森林からなだれが発生した例は認められなかった（図—2）。

2. 前記のように、大小両極端の植生形態を示す、成林地および草地、灌木地となだれの関係は、明らかに認められるが、その中間に位置する灌木地から成林地に至る段階の植生となだれ発生の関係は複雑である。

空中写真を利用して、植生が雪面上に出現する状態と斜面積雪の安定度の関係を調べた。(1)融雪開始前頃、樹幹部が雪面上に出現しているところでは、積雪は安定している。(2)樹冠部が雪面上に出現する程度では、積雪はおおむね安定しているが、不安定な場合もある。(3)植生が全く埋雪する場合あるいは梢頭部が点在する程度では、積雪は不安定で、なだれ発生の危険性が大きい（表—4）。

植生の大きさ、密度と斜面積雪の安定度の関係は、同じ場所でも、積雪量の多少によって非常に異なる。一つの試みとして、現地調査と空中写真によって、積雪深別

に、胸高直径 6 cm 以上の立木密度と斜面積雪の安定度の関係を調べた（図—3）。現在までの段階では、数量的関係の把握までには至らないが、今後、空中写真の判読と現地調査により、資料を数多く採取し、さらに、実験的研究をも加えて、解析を進める予定である。

3. しばしばなだれが発生する場所では、植生は機械的、生理的被害をうけるため、植生の種類、形態などに特徴がある（表—3、図—7、写真—2）。したがって、植生の種類、樹幹の傾斜度、積雪の移動による樹体の擦傷痕などを調査することによって、なだれ発生危険地を判定することができ、また、なだれ防止工を施工する場合の、工種およびその配置決定の資料とすることができる。

4. なだれ防止林の造成にあたっては、植栽木の成長の促進とともに、すでにある天然の植生に対しても、十分な保育を行ない、早期に、なだれ防止効果を発揮できるよう導くことが必要である。不用樹種をある程度の高さで伐採して、小植生が埋雪倒伏によって積雪の滑り面となることを防止し、あわせて、立木密度を減ずることにより、残存有用樹種の直径成長を促進すること（図—6）も一つの方法と考えられる。

すでに成林して、なだれ防止効果を発揮している森林に対して問題となる点は、立木配置を適正に保つことと、立木の積雪移動に対する抵抗性の低下が懸念される老令過熟林の更新と考えられる。

あとがき

本研究の実施に便宜を与えられた防衛庁防衛第二課、新潟県魚沼林業事務所、福井県林務課、同大野林業事務所の関係各位に深謝する。