

1977年有珠山噴火による火山噴出物の分布及びその影響について

著者	熊谷 貞治, 高橋 博, 大八木 規夫
雑誌名	国立防災科学技術センター研究速報
号	41
ページ	19-65
発行年	1980-03-24
URL	http://id.nii.ac.jp/1625/00002769/

1977年有珠山噴火による火山噴出物の分布及び その影響について

熊谷貞治^{*}・高橋博^{**}・大八木規夫^{*}

国立防災科学技術センター

A Photographic Study on the Disasters caused by Volcanic Ejecta of the Eruption of Usu Volcano, Northern Japan

By

Teiji Kumagai, Hiroshi Takahashi and Norio Oyagi
National Research Center for Disaster Prevention, Japan

Abstract

Volcanic ash and bombs of about $2 \times 10^8 \text{m}^3$ in volume were ejected by the 1977 eruptions of Usu volcano, Hokkaido and covered towns, farm lands, fields and forests around the volcano. They caused various types of disaster: damages for agriculture, forestry, city-activity and those by landslides, mud flows and so on. In this paper, damages of forests by ash fall and mud flow are subdivided and mapped using vertical aerial photographs of 4-band camera through ground-truth survey.

Damage of forest trees is subdivided into three types and ten subtypes:

Type A: this involves damage by coarse volcanic ejecta, e.g. volcanic bombs and coarse pumices and is subdivided into four subtypes as follows.

A1: this is the most severely damaged type. Leaves and branches are perfectly shedded from the trunks which are only standing but withered by the heat of ejecta.

A2: all leaves are shedded from the trunks but the majority of branches and trunks remain alive.

A3: branches and trunks are severely damaged by volcanic bombs in large size but green leaves sometimes remain alive because the amount of ash fall is not so large.

A4: damage is restricted to falling of leaves by coarse ash fall.

Type C: tree trunks are bent and or toppled down by the weight of fine-grained ash sticking on leaves. Type C is subdivided into four subtypes:

C0: most of the trunks are toppled down.

C1: more than 70% of trees in a area are bent or toppled down.

C2: 30% to 70% of trees are bent or toppled down.

C3: less than 30% of trees are bent or toppled down.

Type D: no damage can be appreciably observed on any parts of trees in the area of ash fall in 1977.

D1: accumulated thickness of ash fall is more than 10cm.

D2: that is less than 10cm.

* 第3研究部, ** 第2研究部

It is thought that mud flows were triggered by relatively smaller amount of rainfall in the ash fall area than in the other areas or in the same area before the 1977 eruption. The surface runoff is considered much larger in the former area than in the latter areas because of slow infiltration rate in fine-grained ash covering the slope and because of the loss of storage effect in trees without leaves.

Another triggering factor of mud flows is the instability in fallen ash layer on slopes. Seven valley basins were surveyed and their hazardous orders were identified around Usu volcano. Results are shown in the interpretation map.

まえがき

1977 年有珠山噴火によって、有珠山とその周辺地域に多量の火砕物質を噴出した。そこで、航空機リモートセンシング及び現地調査により火山噴出物の分布と樹木を中心とした植生の被害の状況を調べ噴出物の植生などに対する影響について検討した。また噴火後雨によって生じた泥流についても調査した。それらについて報告する。^{*}

1. マルチスペクトル空中写真の撮影

当センターは航空機からのマルチスペクトル空中写真による表題の研究（特別研究促進調整費による 1977 年有珠山の噴火に関する特別研究）を分担した。当センターは開所以来災害状況を空中写真により撮影し解析することを実施し、また、関係機関にも提供してきたが、突然発生した災害を緊急に面的に調査する上で大変有効な方法である。

今回の調査研究では LANDSAT による人工衛星による画像とも比較させるため、それが撮影される 1977 年 10 月 4 日に航空機による撮影を予定したが、当日は天候が悪かったため撮影は 10 月 5 日になった。その撮影範囲を図 1 に示す。

1.1 マルチスペクトル写真の概要

マルチスペクトル空中写真は、被写体より反射または放射される光線を、可視光線領域内の青（400～500nm）、緑（500～600nm）、赤（600～700nm）の 3 バンドと近赤外線バンド（700～900nm）の狭い波長帯域ごとに白黒写真として分割して撮影記録し、これらの白黒写真を加色合成し調査対象（目的）を強調（抽出）した各種のフォルスカラー写真を作成する新しい技法である。この技法の特色の一つは人の肉眼には感知することの不可能な植物などの地上被写体からの近赤外線のエネルギーの大小を、色彩画像として表現することにある。

* この報告は、科学技術庁の特別研究促進調整費により当センターが画像工学研究所に調査を委託した結果と筆者らが調査した結果をまとめたものである。

図1 1977年有珠山噴火災害の空中写真撮影標定図(1977年10月5日、20日撮影)

現在わが国におけるマルチスペクトルカメラは大別して 2 種類に大分される。

一つの型はマルチレンズとも呼ばれ、1 台のカメラに 4 個のレンズを備え、それぞれのレンズに青、緑、赤、近赤外のみを透過するバンドパスフィルターを装着して一枚の赤外線フィルムに 4 枚の画像を形成するものである。

他の型はマルチカメラタイプとも呼ばれ、4 個の独立したカメラを結合し、それぞれのカメラごとに青、緑、赤、近赤外のみ感光する乳剤とフィルターの組合せにより 4 枚の異なった白黒画像をうるものである。

今回の撮影には、後者のマルチカメラタイプを使用した。撮影バンドは通常は上記 4 色を用いるが災害の実態を直ちにみられるようにするため青のかわりに天然色フィルムを用いた。

1.2 マルチスペクトル・カメラの概要

撮影に使用したカメラは KMC-Ⅲ 型である。KMC-Ⅲ 型の仕様および性能は下記のとおりである。

(イ) カメラ部

- a. ボディ：ハッセルブラット 500EL/M モータードライブ付
- b. マガジン：70 型（カセット入り 15 フィートフィルム 70 枚撮り）
500 型（ロールフィルム 100 フィート用 500 枚撮り）
- c. レンズ：ツァイスプラナー 100 画角 4 度 F 3.5～22 B 1～500 秒シャッター付

(ロ) マウント部

- a. カメラ取付台数 1～4 台
- b. 偏流角修正 + 32 度～- 32 度
- c. 水平レベル調節 3 点支持スクリュー式
- d. 円型気泥管感度 10 度
- e. 防振方法 カメラブラケット取付部に円筒形型防振ゴム設置
マウント台座にスプリングコイル式アイソレータ設置

(ハ) ファインダー部

テレビ式 9 吋ブラウン管使用：カメラ中央に CCTV 撮影管を持つ。

同調装置：左右 2 カ所に白色輝点が上方から下方に流れる。地形の流れと同調して指定したオーバーラップをもって自動的に露光される

1.3 マルチスペクトルビューワー MSV 300

KMC 3 型によって波長帯毎に分割して記録した白黒ネガフィルムは、現像後、各バンド毎に白黒ポジフィルムを作成し加色合成によりカラー写真に変換する。

この画像処理に使用したビューワは CANON MSV-300 である。

本機の性能諸元は次下の通りである。

- a. チャンネル数： 3

- b. フィルムサイズ: 100×100mm以下のカットフィルム
- c. 投影スクリーン: 300～300mm 反射防止付ワックススクリーン
- d. 投影光学系: キャノンレンズP300mm 1:5.6
 投影倍率5倍, 倍率調整±2%
- e. 照明系: 光源300W沃素ランプ, 色温度3200°K, レンズの絞りにによる光量調整
- f. 画像位置調整: X(横軸)±5mm(スクリーン上±25mm)
 Y(縦軸)±5mm(")
 O(回転)±5°
 Z(倍率)±2%(上下±29mm)
- g. 電 源: AC100V, 50/60Hz 10A

このMSV-300によって, 総数264枚の合成フォールスカラー写真を作成した. 合成方式は次式の通りである.

$$G/b + R/g + I R/r$$

但し, G, R, I Rは各波長域(色)を示し b, g, rはMSV-300に使用したカラーフィルターの色を示す.

2. 樹木被害の現地調査

2.1 現地調査期間と調査範囲

植生被害調査は有珠山周辺の降灰量の多い地域および8月14日撮影の空中写真(画像工学研究所撮影, 標定図を図2に撮影記録を表1に示す.)を参考にし倒木(おじぎをしたものも含む)被害の顕著な洞爺町, 虻田町を中心として10月6日から18日までの13日間実施した.

2.2 調査項目と方法

今回の火山噴出物の植生に対する影響をみる上で調査区域全体に分布しかつ, その影響が10月になお保存されており, またその影響による変化のみられるものに樹木被害があるのでその調査を行なった. なお, 耕作地については調査期が降灰後約2カ月を経過していたため, 相当復旧作業が行なわれていること, また作物の種類が多く, それぞれの被害の程度をとらえる指標を何にすればよいか, などの問題点があったため, ごく一部の畑耕作地での被害状況を参考資料として収集するにとどめた. 樹木被害の調査項目は, 指標として倒れの有無, 幹, 枝の折損程度, 植物体への灰の付着程度, 葉の状態をえらび, その他その調査地点における降灰の深度, その組成および降雨による流動状況などについても調べた.

調査対象樹木の種類は, 空中写真の判読のための現地調査であるので, 広葉樹, カラマツ, トドマツおよびそれらの混交林程度でよいのであるが, 広葉樹に関しては出来る限りその樹

表 / - / マルチスベクトル空中写真撮影記録 (1977.8.14) 株式会社 国産工学研究所

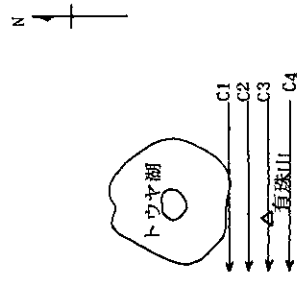
地区名	有珠山地区	作 命	第 号	操 原	機	Cessna206	撮 野	補助	島 田
撮影日	52 年 8 月 14 日	基 地	札幌丘珠飛行場	JA-	3 4 1 0		陸	10 時 00 分	
撮 像	6,560 ft 2,000 m		ft m	基地標高	8 m	m	陸	14 時 30 分	
縮 尺	1:20,000	1:	1:	基地標高	600 m	m	飛行時間	4 時間 30 分	
気 象	天 晴 風 流	良	風向 風速	基地標高	8,300 ft	ft	計器速度	156 mile/h	
				気温	7,500 ft 8 °C 9,000 ft 4 °C	°C	真 気 速	180 mile/h	
					地 (注) 29 °C 地 (注) 22 °C	°C	気 圧	2984 inh mb 2983 inh mb	
カメラ	フィルム (感度) 絞り・シャッター	コ ー ス	始	終	修正角	フィルムNo	枚 数		
1	TRI-X 2403 No. 58 X 16 F = 4 1/2 1/500	C3 C2 C4	13:12 13:20 13:43	13:15 13:23 13:46	+10° +10° +10°	136~147 148~160 161~174	12 13 14		
2	TRI-X 2403 No. 25 X 8 F = 5.6 1/2 1/500	C1	13:55	13:58	+10°	177~189	13		
3	IR 2424 No. 89B X 3 F = 5.6 1/2 1/500								
4	FC 2443 No. 12 X F = 5.6 1/2 1/500								
※実施計器高度 9,000 ft								Code No.	

表 / - 2 マルチスベクトル空中写真撮影記録 (1977.8.14) 株式会社 画像工学研究所

地区名	伊達・トウヤ地区	作 命	第 号	探 原	機	Cessna206	撮 野	稀 助	島 田
撮影日	52 年 8 月 14 日	基 地	札幌丘珠飛行場	JA-3410	基地標高 ft m	8 m	離 陸	10 時 00 分	
経 度	6,580 ft 2,000 m				基準面高 ft m	600 m	着 陸	14 時 30 分	
縮 尺	1:20,000	1:	1:		計器高度 ft m	8,300ft	飛行時間	4 時間 30 分	
気 象	天 晴	風 流	良	風向 風速	気温	7,500 ft 8 °C 9,000 ft 4 °C	真 気 速	156 mile/h 181 mile/h	
カメラ	フィルム (感度) フィルター (倍數) 絞り・シャッター	コ ー ス	始	終	修正角	フィルムΔNo	枚 数		
1	TRI-X 2403 No. 58 × 16 F = 4 1/2	C5 C7 C6 C8	12:22 12:27 12:31 12:39	12:24 12:29 12:33 12:40	+2° -2° +2° 0	1~21 22~36 37~52 72~76	21 15 16 5		
2	TRI-X 2403 No. 25 × 8 F = 5.6 1/2	C9 C10 C11	12:48 12:53 13:01	12:50 12:55 13:03	0 0 0	77~96 98~117 118~133	20 20 16		
3	IR 2424 No. 89B × 3 F = 5.6 1/2								
4	NC 2445 UV × 1 F = 8								

※実測計器高度 9,000 ft
 Code No.

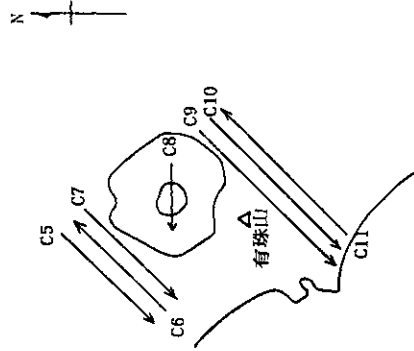


表 2- / マルチスペクトル空中写真撮影記録 (1977.10.5) 株式会社 画像工学研究所

地区名	有珠山・伊達地区	作 命	第 号	操 原	機	Cessna 206	撮 野	補 助	島 田
撮影日	52 年 10 月 5 日	延 地	札 幌 丘 珠 飛 行 場	J A - 3 4 1 0			離 陸	13 時 10 分	
高 度	7,544 ft 2,300 m	ft m	ft m	基地標高 8 m		m	着 陸	16 時 00 分	
縮 尺	1:20,000	1:	1:	基準面高 300 m		m	飛行時間	2 時間 50 分	
気 象	天 気	高 曇 り	風 向	計器高度 7,500 ft		ft	計器速度	130 mile/h	
		風 速	風 速	7,500 ft 7°C ft C		ft	真 気 速	148 mile/h	
		気 流	良	20°C 18°C			気 圧	3,001 inh 2,998 inh	
カメラ	フィルム (感度) フィルター (倍數) 絞り・シャッター	コ ー ス	始	終	修正角	フィルム No	枚 数	※実施計器高度 7,600 ft ※mist 無い	
1	TRI-X 2403	C1	13:52	13:55	-9°	46~73	28		
f: 100mm	No. 58 X 16	C2	14:03	14:06	+4°	83~108	26		
(C)	F=3.5 1/500	C4	14:08	14:11	-10°	109~138	30		
		C8	14:14	14:17	+4°	139~167	29		
2	TRI-X 2403	C5	14:20	14:23	-10°	169~198	30		
f: 100mm	No. 25 X 8	C6	14:37	14:41	-10°	236~267	32		
(R)	F=4 1/500	C7	14:46	14:49	+2°	272~299	28		
3	IR 2424	C9	14:57	15:00	-10°	312~335	24		
f: 100mm	No. 89B X 3	C3	15:05	15:08	-10°	358~395	38		
(IR)	F=4 1/500								
4	NC 2445							Code No.	
f: 100mm	UV X 1								
	F=5.6 1/500								

表 2-2

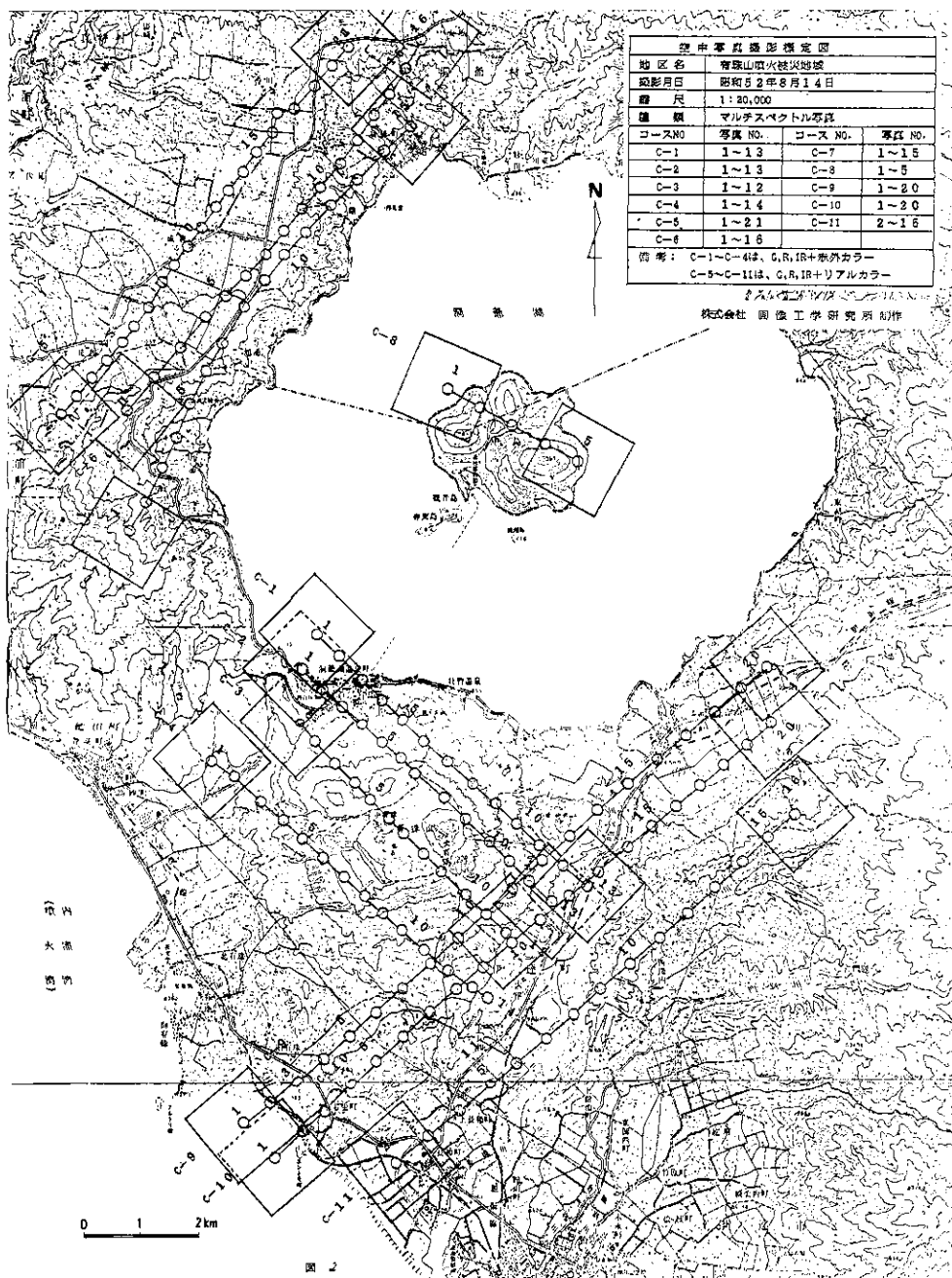


図 2 有珠山噴火被災地域の空中写真撮影標定図 (1977 年 8 月 14 日撮影)

種名を記載した。しかし、降灰により落葉し、樹種判定の困難なものは不明として調査票に記載し、樹高は目測値を記載した。

倒れの有無、および幹・枝の折損程度は植生被害の最も適当な指標となると考えられ、かつ空中写真の判読の際にも、落葉状態と同様、判定しやすい指標である。

倒れは枝葉の一部が地表に達するほどに樹木全体が傾いているものとし地表にまで達していないものは傾斜として区分した。現実にはそのように中途半端な状態のものは少なく、傾斜に区分されたものはごく一部であった。幹、枝の折損程度の判定は、倒れの判定ほどには容易でなく、特に広葉樹の場合は、どの程度をもって幹の折損（樹木全体の被害）とするか判別しにくかったが空中写真の画像と樹冠像との対応を考えて樹形の乱れの程度のひどいものを主幹折れと同じ範ちゅうに扱うこととした。

灰の付着は樹木被害の発生機構を検討する上で重要な指標であると考えられるが、調査期が降灰後2カ月を経過しており、その後の降雨によって洗い落とされた部分もかなりあり、また葉部の灰の付着は落葉したものについては調査できないので参考データとして取り扱った。落葉広葉樹の被害程度をとらえるための指標として葉の状態をとりあげた。したがって落葉のすすんでいるもの（葉量の低下が認められるもの）、落葉せずに枯死しているもの、ネクロシスを起こしているもの、全落葉後、新芽を吹き出しているものなど、その特徴を記載した。実施に際しては以上の調査項目についての調査票（添付資料）に基づき次に述べるようにして選んだ各調査地点ごとに10本の樹木を抽出し調査を行なった。その際調査対象樹木にはテープで番号付けを行なった。これは樹木の被害程度を1回の調査結果のみによって判定することには危険があると考え経時的な変化を追跡調査すべきであるとの判断より実施したものである。調査地点は被害状況の異なるところを写真等から選んだ。このようにして樹木被害調査は、有珠山の外輪山で5カ所、山腹で4カ所、同じく山麓部で4カ所、金比羅山地区で2カ所、洞爺村で10カ所の合計25カ所について実施した。また、樹木被害の軽微なところ、および畑耕作地については樹木調査を省略し、降灰の深さや組成などに限って行なった。この型の調査は、洞爺村、伊達町、壮瞥町で26カ所行なった。調査地域は図3のAからRの範囲である。

2.3 樹木の被害状況

今回の噴火によって有珠山およびその周辺の植生は、甚大な被害を受けた。これは総量約8千万㎡と推定される莫大な量の火山噴出物によるものであるが、樹木の被害状況は、降灰の量・組成、降灰時の気象、樹木の種類・樹令などによって、さまざまな様相を呈している。

最も被害が著しいところは、有珠山火口原内（海拔約400m）で、樹木は枝をほとんどすべて失ない、主幹のみが棒状に残り、枯死状態を呈している。火口原内は、噴火以前、ミズナラ、シラカバ、ドロ、イタヤカエデなどの落葉広葉樹が生育していたが、樹種・樹令に関係なく、すべて壊滅的な被害を受けている。火口原内は、多いところで2m以上少ない所

でも1 m前後の噴出物に覆われており、大量の礫をともなった噴出物の直接的衝撃によってこのような被害を受けたものと推定される。もちろん噴火口から近いので、噴火時の爆風や、熱の影響も大きいと考えられる。現地の調査は、火口原内とはほぼ同様な被害状況を呈している外輪山北西上で実施した。現地で観察された特徴として、残存している幹に弾痕状のあとが数多く認められること、枝の折損部がねじ切られるようになっていることなどがあげられ、噴火時の火山礫の衝撃のすさまじさが想像される。同じ外輪山上においても降灰分布の中心からはずれた北東および南西側の外輪山上は降灰量も10cm前後と少なく、火口原内より被害も軽く、枯死状態には至っていない。しかし、降灰量に比べて枝・幹の折損が著しく、外輪山上の道では折れた枝が重なりあっているのが観察された。これらの被害は、噴出した大型の火山礫の打撃によるものと推定され、周辺の地表にはクレーター状の痕が認められる。また、枝の折損した樹木はほとんど落葉しているが、残葉もあり全体に灰の付着は少ない。被害は樹種、樹令にはほとんど無関係であるが、背のひくい樹木よりも高い樹木に被害が著しいように思われた。

有珠山山腹では、降灰の分布方向に当る北東斜面上部は降灰量が多く、植生被害も火口原内同様に極めて著しくほとんど樹木は枯死状態となっているが、斜面下部および、わずかに降灰分布の中心から外れた金比羅山、西山北側山腹では、枝の折損はあまり見られず、樹形も原形を保っている。この地域は8月14日撮影の空中写真上では、まったく赤外部の反射がなく、噴火とともにすべての葉が落葉したものと考えられるが、現地調査の時には、新芽が吹き出しており、降灰量の多いわりには樹木の被害は少なかったように見うけられる。なお降灰直後に落葉したことは、降下堆積物断面の下部にはさみ込まれている葉や細枝などからも推定されるが、降灰の物理的な打撃だけではなく、降灰のもつ熱により落葉したのではないかと思われる。このような落葉樹木は、有珠山南東側山腹においても認められるが、北東側に比して被害範囲もせまく、程度も軽いようにみられた。また降灰分布の中心からはずれた所では、落葉の程度が軽く、紅葉を残すものもある。このように有珠山山腹における葉の落葉状況は、降灰量と関係が深く、降灰深30cm以上では全落葉、10cm前後では半分程度落葉し、5 cm以下ではほとんど影響がみられない。ただし、有珠南東山麓では降灰深が30cm前後と大量であるにもかかわらず、ほとんど落葉のみられないところがある。灰の粒径が小さいことなどが影響していると考えられる。樹種の違いに基づく落葉程度の差異は、その落葉樹の差なども考慮するとあまり明確ではない。

以上のように、噴出源に近い有珠山周辺では、降灰が大量でその組成も粗粒な礫を主とし、また温度も高かったと推定されるため降灰の量と植生被害がほぼ比例している。しかし、噴火による降灰は広範囲におよび噴出源から遠く離れた降灰量の少ない地区でも次に述べるように植生に大きな被害を与えている。

国道230号線に沿った洞爺湖西側地区の洞爺村、虻田町地区では、有珠山周辺とは異なっ

た被害状況がみられる。この地区の樹木被害の特徴は、倒伏、主幹の折損が著しいことであり、上信越地区で見られる雪害の被害状況と酷似している。このことはすでに報告されているように噴出物の降下時に降雨が重なったため、降灰が粘着性をもち、樹木の葉・枝部に付着したことによるものである。降灰の組成も有珠山周辺の礫を主としたものとは異なり、細粒質でシルト分が多い。当地区ではほとんどすべての樹木がこの種の被害を受けているが、特にカラマツの被害が著しく、若令林はほぼ完全に倒伏し、壮令林でも主幹の折損が目立つ。これは針葉樹の葉部が形状的に灰が付着しやすいことによると考えられるが、同じ条件でもトドマツは比較的被害は軽微であり、樹種による力学的強さの違いが被害状況にあらわれたことは明らかである。落葉樹においては、樹種の差異よりも地形と被害に相関がみられ、すじに倒伏の被害が多く認められる。このような、降下火山灰の付着による樹木被害は前記の地区の他、西山南西山麓、および伊達町の気門別川に沿った一部の地区でも認められる。

2.4 樹木の被害

(1) 樹木被害の分類

前項で述べたように現地調査の結果、植生被害は降灰の絶対量によって単純にきまるものではなく、その組成降灰時の気象条件等によって大きく左右されることが明らかとなった。噴出源に近く、降灰量が多く、またその組成も粗粒なものが優占するところでは樹木に与える衝撃力も大きく、被害部位は葉部だけではなく枝・幹にもおよぶ。このような降下物の直接的打撃による被害形態は降灰量が減少し粒径も小さくなると急激に被害程度がさがり、被害部位も最も弱い葉部に限られるようになる。

一方、噴出源から離れ噴出物の分級がすすんで細粒質の火山灰が降下したところでは降灰時の気象条件によって被害程度に著しい相異があらわれる。今回の場合、降灰時に降雨が重なり微粒の火山灰が降雨を吸収し、いわば“生コン状”となって降下し、樹木の葉・枝部に多量に付着したため、その荷重によって倒伏・折損が生じる現象をひきおこした。

このように今回の噴火による植生被害は外観的にもまた、被害の要因からいっても二つの型に分類することができる。したがって被害の分類はまず大きく二つにタイプ分けし、さらに被害の程度や被害部位の違いによって細分類する方式をとった。また、調査時点においては、被害がほとんどみられない地区でも、相当量の降灰があったところは、今後土壌表面の侵食、土壌の化学的・物理的性質の変化、その作物や植生への影響、病虫害の発生などが危惧されるため、空中写真上で、赤外部の反射の低下が認められる地区および降灰深度が10cmを越える地区を分類した。

以下現地調査結果に写真判読の結果をまじえて、各分類タイプについて概略を記する。

A タイプ 粗粒な火山噴出物による被害

A 1：大量の火山礫、火山弾などによって、ほとんどすべての枝葉を失ったもので、残存している主幹も火山弾の直撃によって損傷を受けており、ほとんどのものは枯死状

態を呈している。降灰深度は 100～200cm と多く、火山礫の粒径も大きい。分布範囲は、火口原内および有珠北東側外輪山斜面で降灰深度 100cm の分布線とはほぼ一致する。空中写真によっても、樹形がまったく失われており、わずかに枝を残した主幹が棒状に直立しており、非常に特異な景観を呈している。

A 2 : A 1 に準ずるが、降灰深度が A 1 の割合に比べ浅く、また大型の火山弾の着地範囲外にあるため、枝・主幹部の被害は少なく、軽石を主とする降灰によって葉が完全に落ちたと考えられるもの。しかし、枯死するには至っておらず、現地調査時期（降灰後 2 カ月）には新芽を吹き出しているものが多く認められた。降灰深度は、100～30cm 程度で、灰の組成は粒径のそろった軽石を主としている。分布範囲は降灰分布の中心線に沿った、有珠外輪山北西側の山腹下部、金比羅山西北東山腹、および大有珠の南部、ロープウェイ駅周辺である。8 月 14 日撮影の空中写真上（合成フォールスカラー写真）では葉部が失われているため青～緑色の色調を示すが、樹形の乱れは少なく、ほぼ冬の落葉時の景観を呈している。これが 10 月 5 日撮影の空中写真（合成フォールスカラー写真）では吹き出した新芽が淡橙～淡赤色の色調を示し、季節的に落葉期の中で特異的な景観を呈している。

A 3 : A 1 , A 2 に比較して相対的に降灰量は少ないが、大型の火山弾の直撃を受けて枝・主幹が甚大な被害を受けている。葉の落葉は 80～90% 程度であり、緑葉を保持しているものも認められる。降灰深度は 10cm と少ないが、周辺の地表にはクレーター状の火山弾の着地痕が認められる。分布範囲は、降灰分布の中心線をはずれた南西および北東側外輪山の稜線沿いに限られている。空中写真（合成フォールスカラー写真）では落葉をまぬがれた樹木が赤い色調を示しているが全体的に樹形の乱れが著しい。

A 4 : 降灰量が少なく、被害箇所は葉部に限られている。落葉程度は A 1 , A 2 , A 3 に比較して軽微であるが、明らかに葉量の減少が認められる。降灰深は 5～30cm 程度で組成も粗粒な軽石を主とした砂礫質である場合が多い。分布範囲は A 2 の分布範囲に隣接しているが特に有珠山南～南東山腹上部に広く分布している。空中写真上（合成フォールスカラー写真）では、青～緑色の中にまだらに赤～黄色の色調を呈し、葉量の減少が赤外部の反射の減少として反映されている。この A 4 の分布範囲では、広葉樹の樹種による落葉程度に差があるようにみえるが、樹種別落葉程度の判定は出来なかった。また A 4 の分布範囲の針葉樹においては、落葉がほとんど認められないため、後述の D 1 の区分に入れた。

C タイプ 降雨時に降下したシルト質火山灰による被害

C タイプは葉部に付着した火山灰の荷重によって枝・主幹部の折損・倒伏を起こしたもので被害程度により 4 つに細分類した。

- C 0 : 特に倒伏の著しいもので降灰深度との関係は樹種によって異なり、カラマツの若令林では、3～4 cmの降灰範囲でもすべて倒伏している。広葉樹林は降灰深度10 cm前後の比較的降灰量の多い範囲に限られるが、特に沢すじにおいて多くみられる。分布範囲は、カラマツの若令林においては、温泉町の北、国道230号線に沿って洞爺町付近までで調査地域のほぼ全域で認められる。広葉樹については、西山南西山腹でA 2の分布範囲に隣接して広く分布している他、月浦、洞爺スキー場付近にみられる。空中写真（フォールスカラー写真）では倒伏した樹木がスジ状を呈し、また赤外部の反射が著しく低下しているため、青い色調となっている。
- C 1 : 主幹の倒伏・折損が70%以上でC 0に比して倒伏は少ないが、主幹部の折損の著しいもので、カラマツの壮令林（胸高直径20 cm以上）、シラカバを主とする広葉樹林に多く認められる。分布範囲は、C 0の分布範囲とほぼ隣接している。空中写真（合成フォールスカラー写真）では樹冠の乱れが著しく、また赤外部の反射が低下しているため赤味が薄く淡い色調となっている。
- C 2 : 主幹の倒伏・折損が30～70%でこの分類に入るものは、倒伏はほとんどないがカラマツにおいては主幹の折損、広葉樹では枝の折損による樹形の乱れが著しい。分布範囲は虻田町、洞爺村の調査範囲全域におよぶ降灰深5 cm以上のところに多くみられる。空中写真（合成フォールスカラー写真）では、C 1と同様、樹冠に乱れが認められ、正常な樹木の示す鮮やかな赤い色調が失われ淡赤～淡黄色を呈している。
- C 3 : 主幹の倒伏、折損が30%以下のもので、シルト質の火山灰が降雨に混じって降下した虻田町、洞爺村の（調査範囲）にみられ、植生被害が最も軽微なものでほとんど被害の認められないものも含まれている。調査域内のトドマツはすべて、この分類に入りこの樹は最も被害の少ない種類といえる。分布範囲は降灰深度5 cm以下の尾根上の広葉樹林、およびトドマツの生育するところである。空中写真（合成フォールスカラー写真）では樹形の乱れは少なく色調も正常な樹木のそれに近く、ややくすんだ赤い色調を呈している。ただし、トドマツは赤外部の反射が相対的に低いため暗い赤灰色を呈し、色調からその被害程度を判定することは困難である。
- Dタイプ 見かけ上被害の認められないもの
- D 1 : 枝の折損、葉量の減少などがほとんど認められず正常であるが、降灰深度10 cm以上の範囲にあり、今後土壌の変化による被害の発生の恐れのある所で間接的な影響を注意すべきところ。分布範囲はA 4の分布範囲の外側、有珠山南麓から伊達町にかけてであり、針葉樹（カラマツ、トドマツ）と広葉樹がともに含まれている。空中写真上（合成フォールスカラー写真）では降灰のおよばなかった範囲に比して赤外部の反射がやや低下しており、くすんだ色調を呈している。このような色調変化は、リアルカラー写真においても認められ、本来の緑色の彩度が低下して、くすんだよ

うな色調となっている。

D 2 : 降灰が 10cm 以下で、被害の認められない地域である。分布範囲は、有珠山東～南側の山麓で、降灰深度 10cm 以下のところである。空中写真（合成フォールスカラー写真）でも、降灰のおよんでいない範囲と同様な色調を呈している。

(ロ) 樹木被害判読図の区分（図 4）

前記の植生被害分類に沿って、調査地域写真判読を実施し、その結果を 1/5000 国土基本図に図化し、植生被害判読図を作成した。判読対象は、すでに述べたように樹木の分布地域に限り、また、作図範囲は 8 月 14 日の空中写真撮影範囲（図 2）とした。

表示記号は、植生被害分類で述べた A 1～D 2 を使用し、さらに樹種については以下のよう表わした。

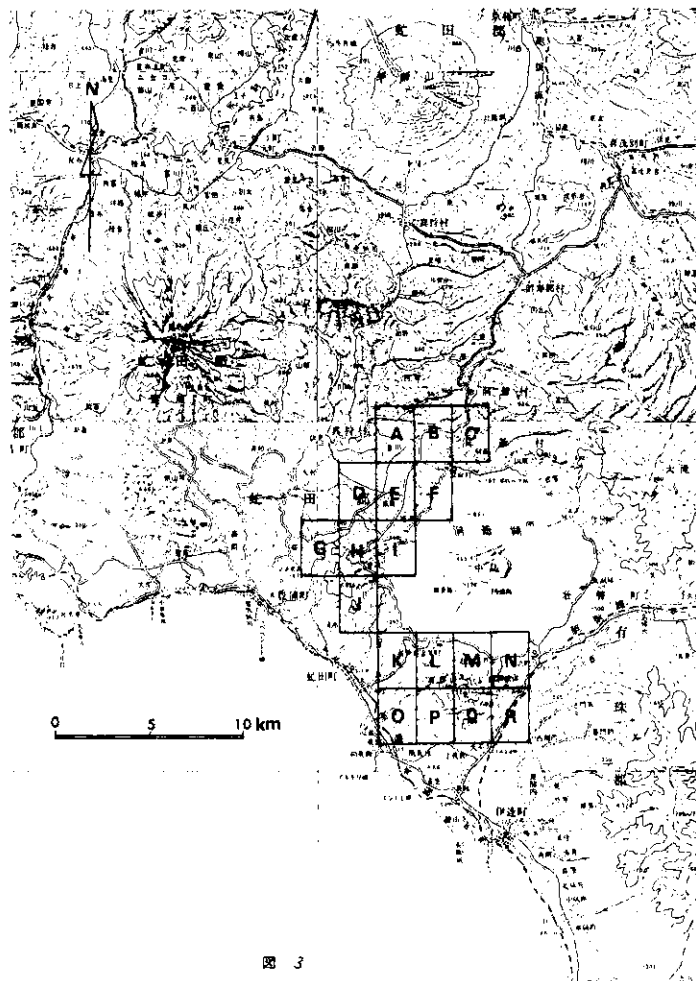


図 3

図 3 樹木被害調査地域及び被害分類判読位置図

L 広葉樹

N カラマツ（一部ゴヨウ松等を含む）

Nt トドマツ

LN 広葉樹優占の混交林

NL 針葉樹優占の混交林

したがって表示記号は、被害分類記号と樹種記号を組み合わせ、たとえばC2Nというようになっている。

植生被害判読図は、被害分類の他、現地調査地点の位置と、その場所の降灰深度を記入した。

2.5 降灰分布と写真画像

降灰分布については、各研究機関によって詳しく調査されている。したがってここでは当センターの現地調査および各研究機関の報告からの資料に基づく、空中写真からの降灰の分布に関する情報の検討結果について述べる。

1977年有珠山噴火による樹木被害判読図の凡例[※]

粗粒の火山レキ・軽石による樹木被害

- A 1 樹皮の損傷、枝の折損顕著。枯死状態。
- A 2 全落葉、枝の折損あり。落葉後、新芽吹出。
- A 3 大型の火山レキによる幹・枝の折損顕著。残葉あり。
- A 4 葉量の低下顕著。

降雨時に降下したシルト質火山灰による樹木被害。

- C 0 特に倒伏の顕著なもの。
- C 1 主幹の倒伏・折損が70%以上。
- C 2 主幹の倒伏・折損が30～70%。
- C 3 主幹の倒伏・折損が30%以下。

見かけ上被害が認められないもの。

- D 1 降灰深/0cm以上の地区
- D 2 降灰深/0cm未満の地区

樹種区分

- L 広葉樹
- N カラマツ（一部ゴヨウマツなどを含む）
- Nt トドマツ
- LN 広葉樹優占の混交林
- NL 針葉樹優占の混交林

 現地調査地点、 cm は降灰深

※ この凡例は概要をしめしたものである。詳細は本文を参照して下さい。

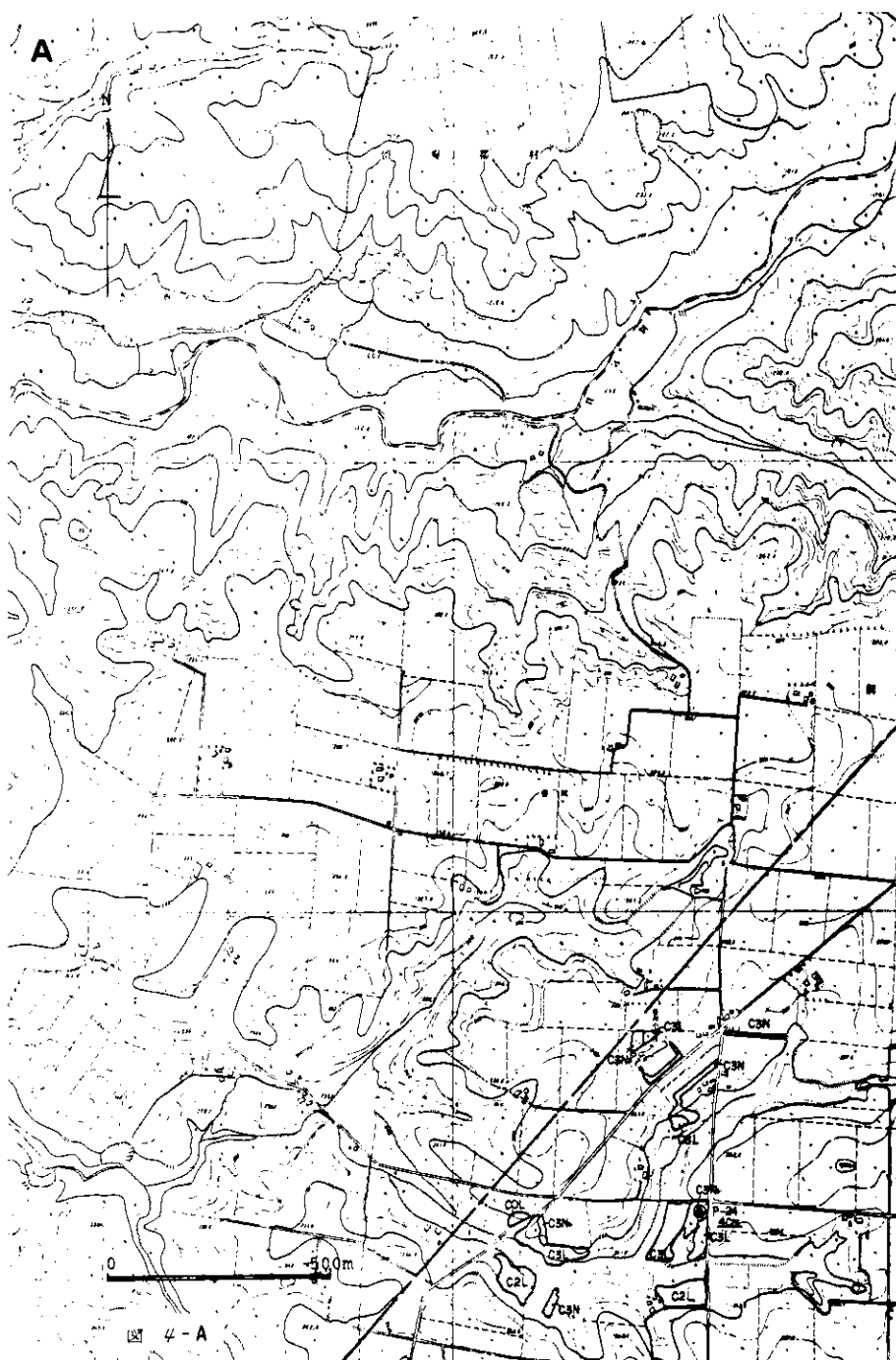
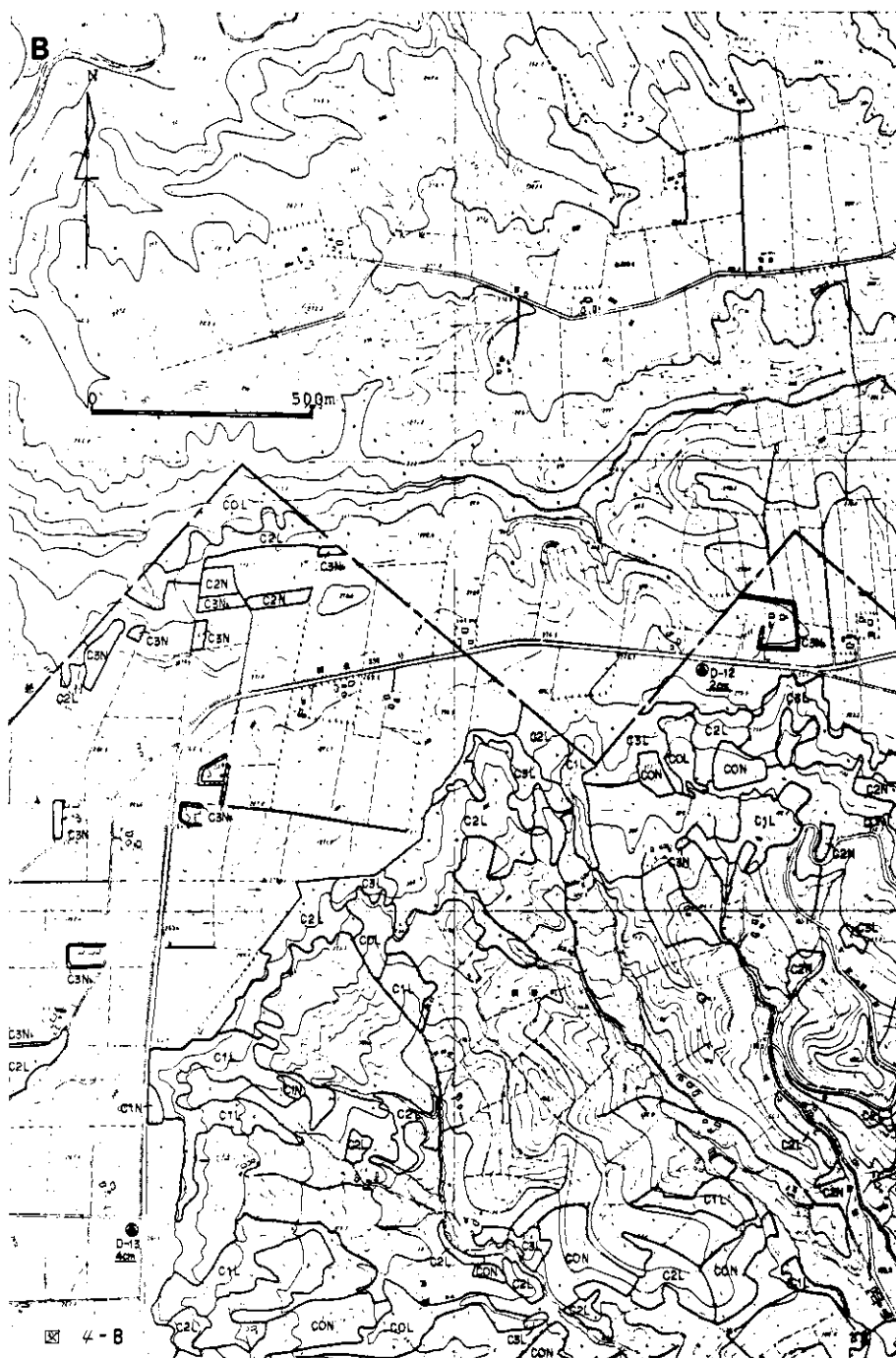
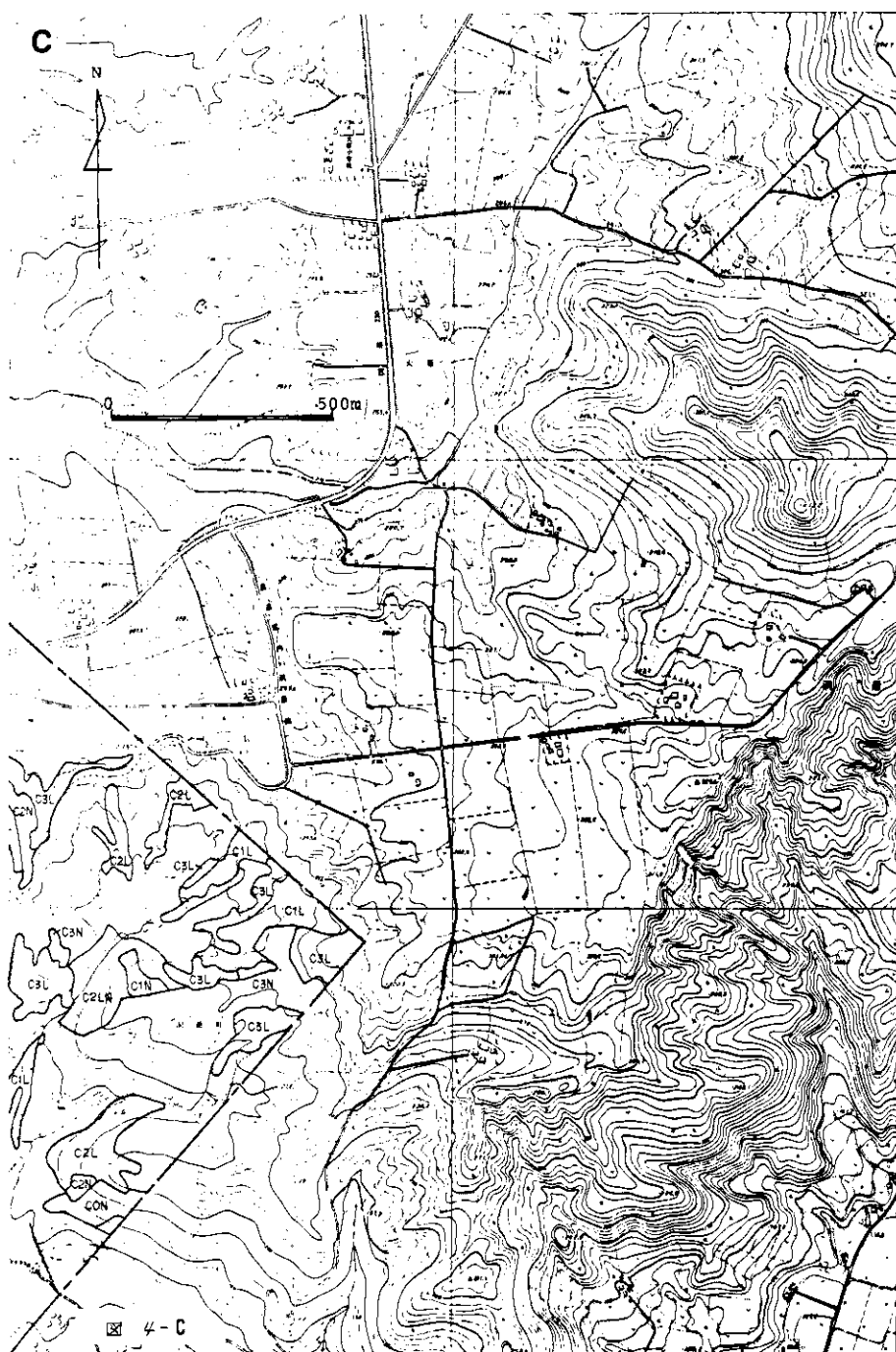
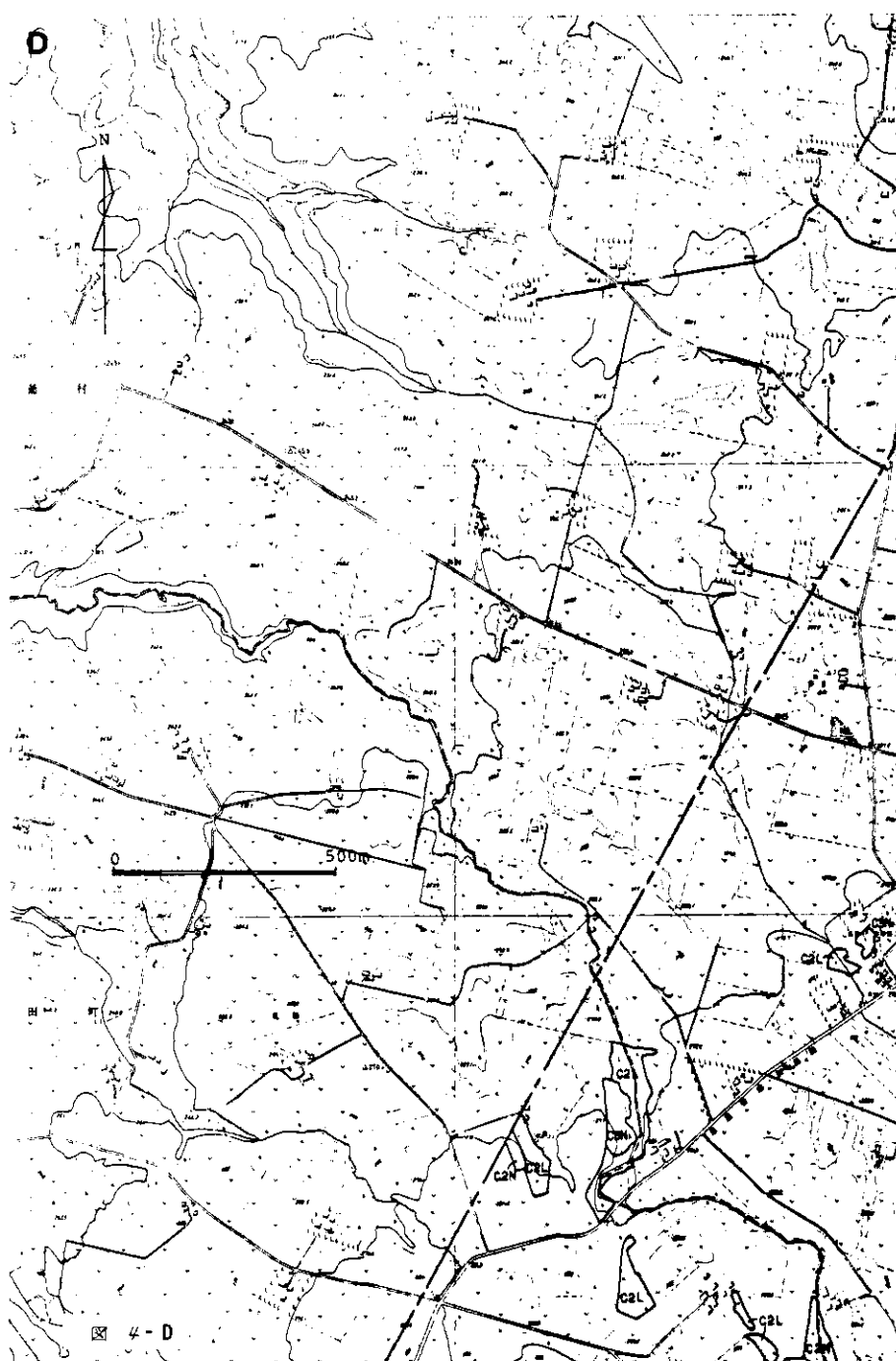


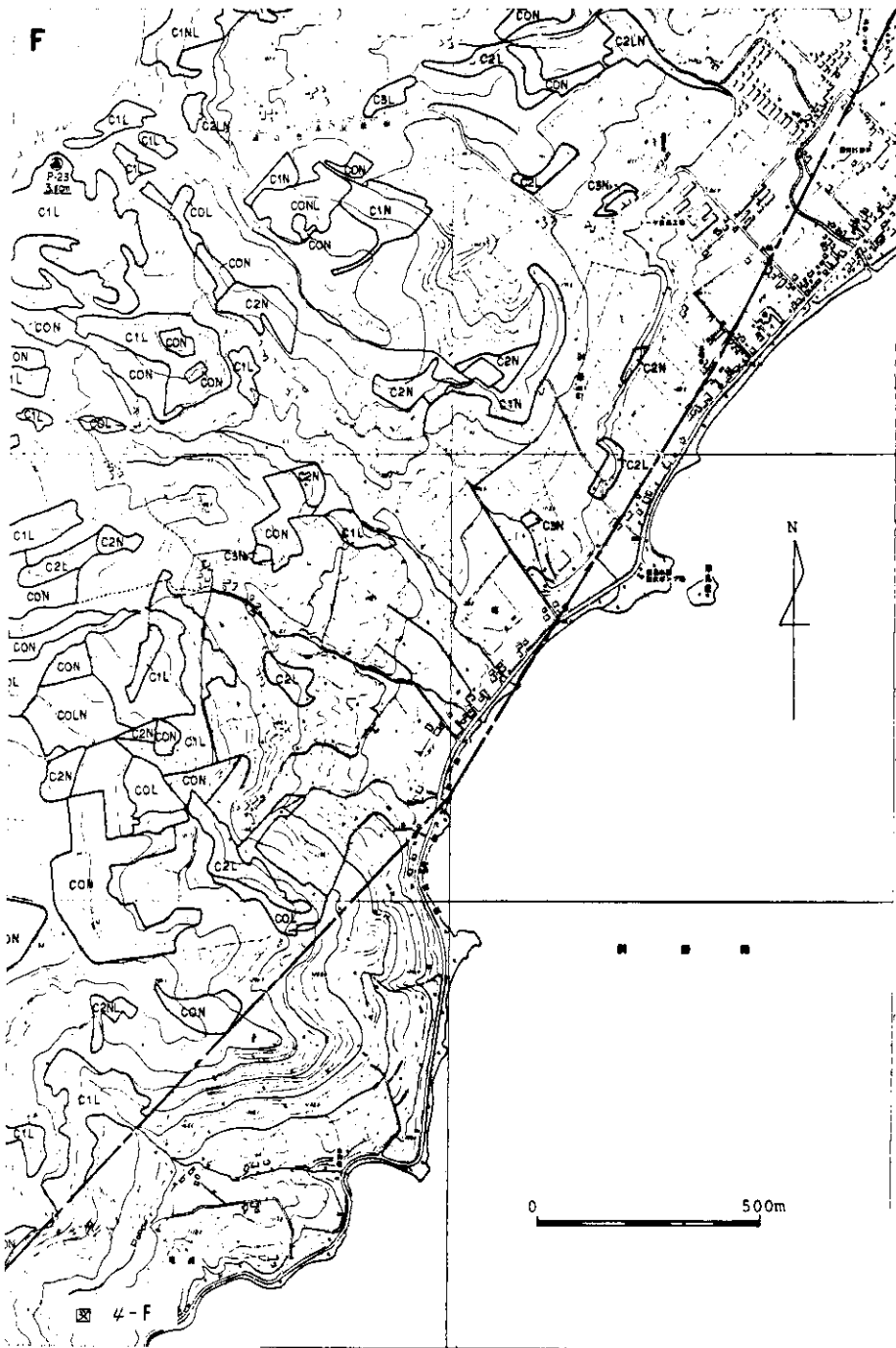
図4 1977年有珠山噴火による樹木被害判読図(1977年8月の噴火による被害)

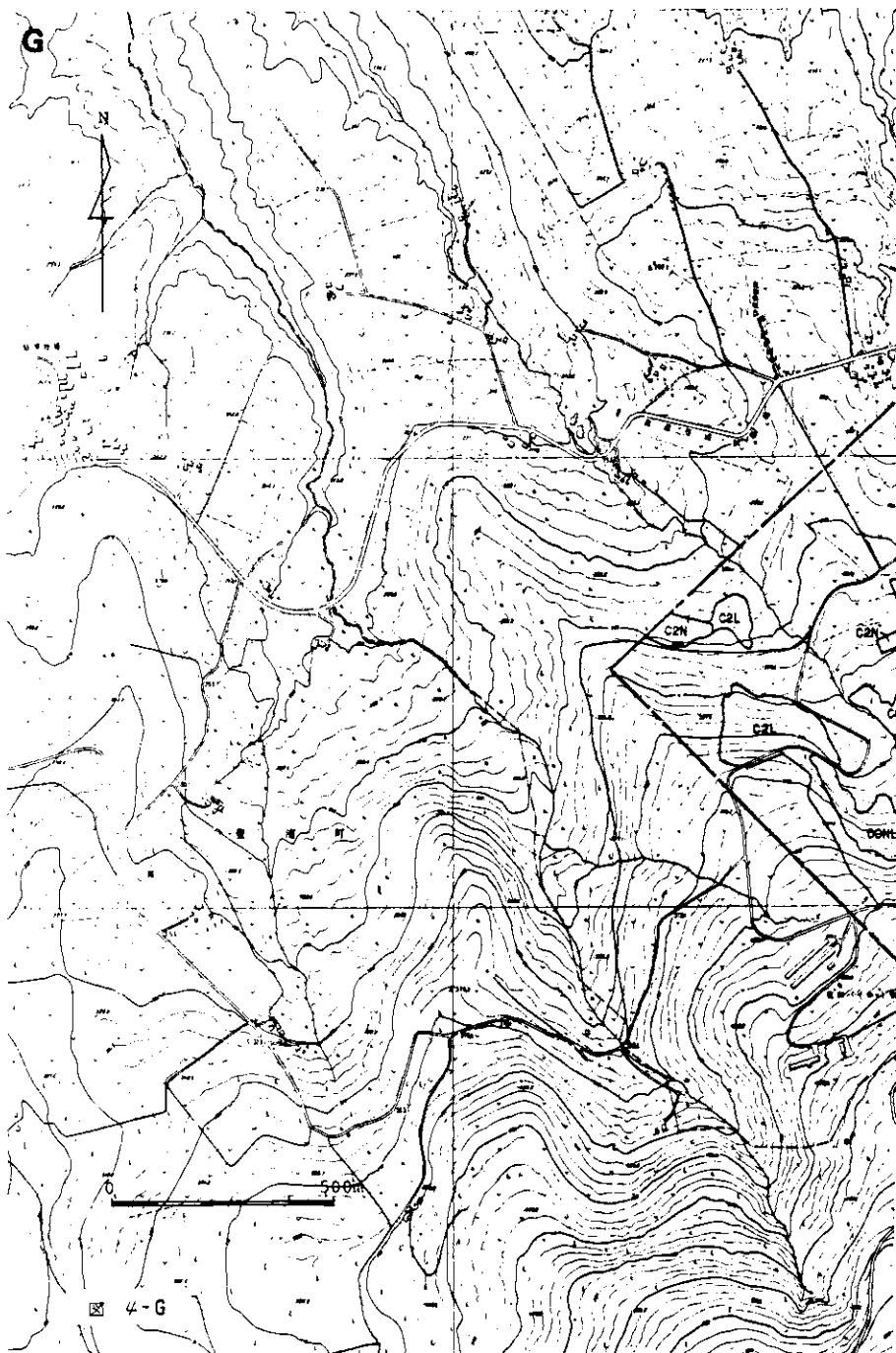


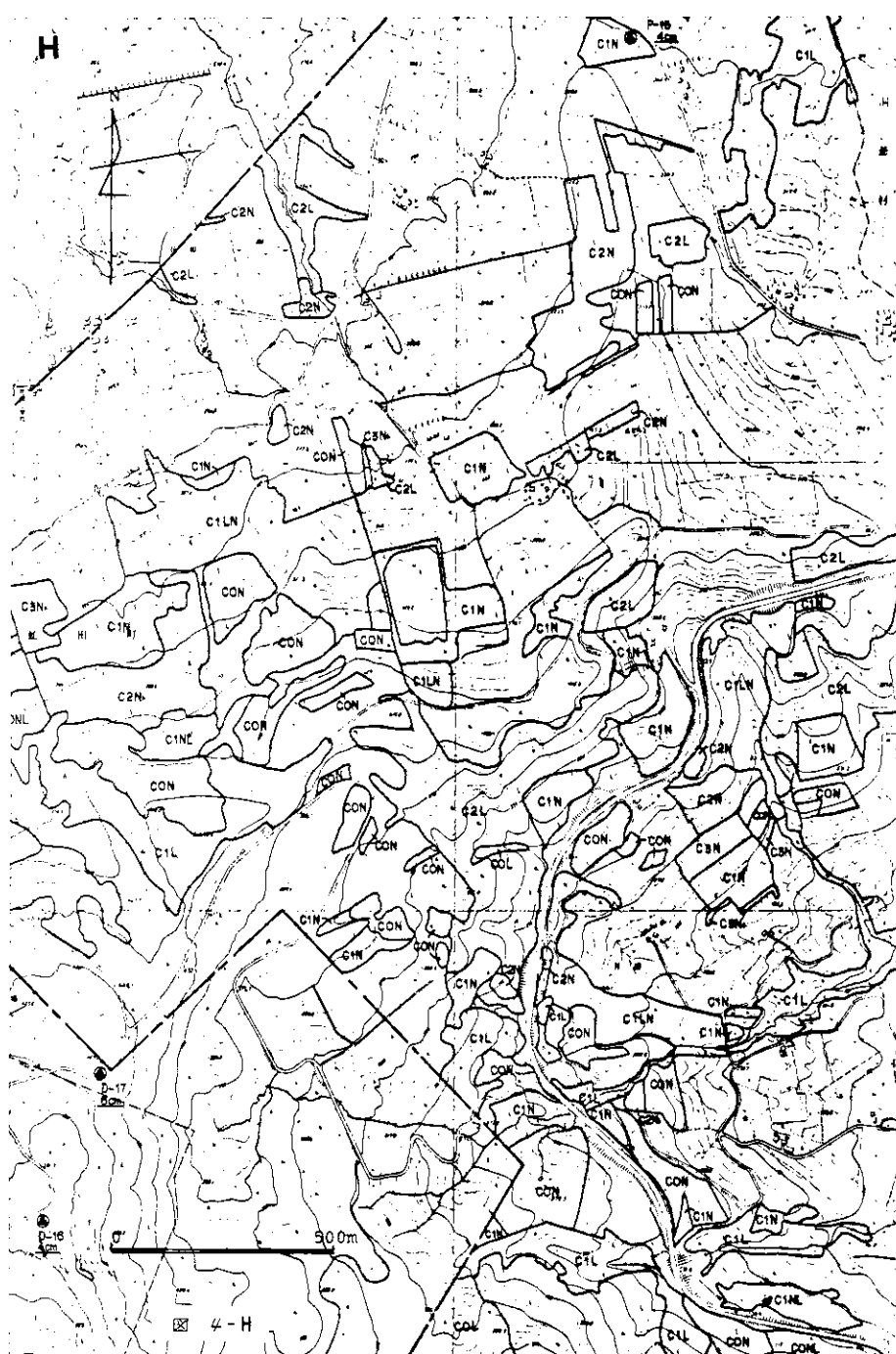


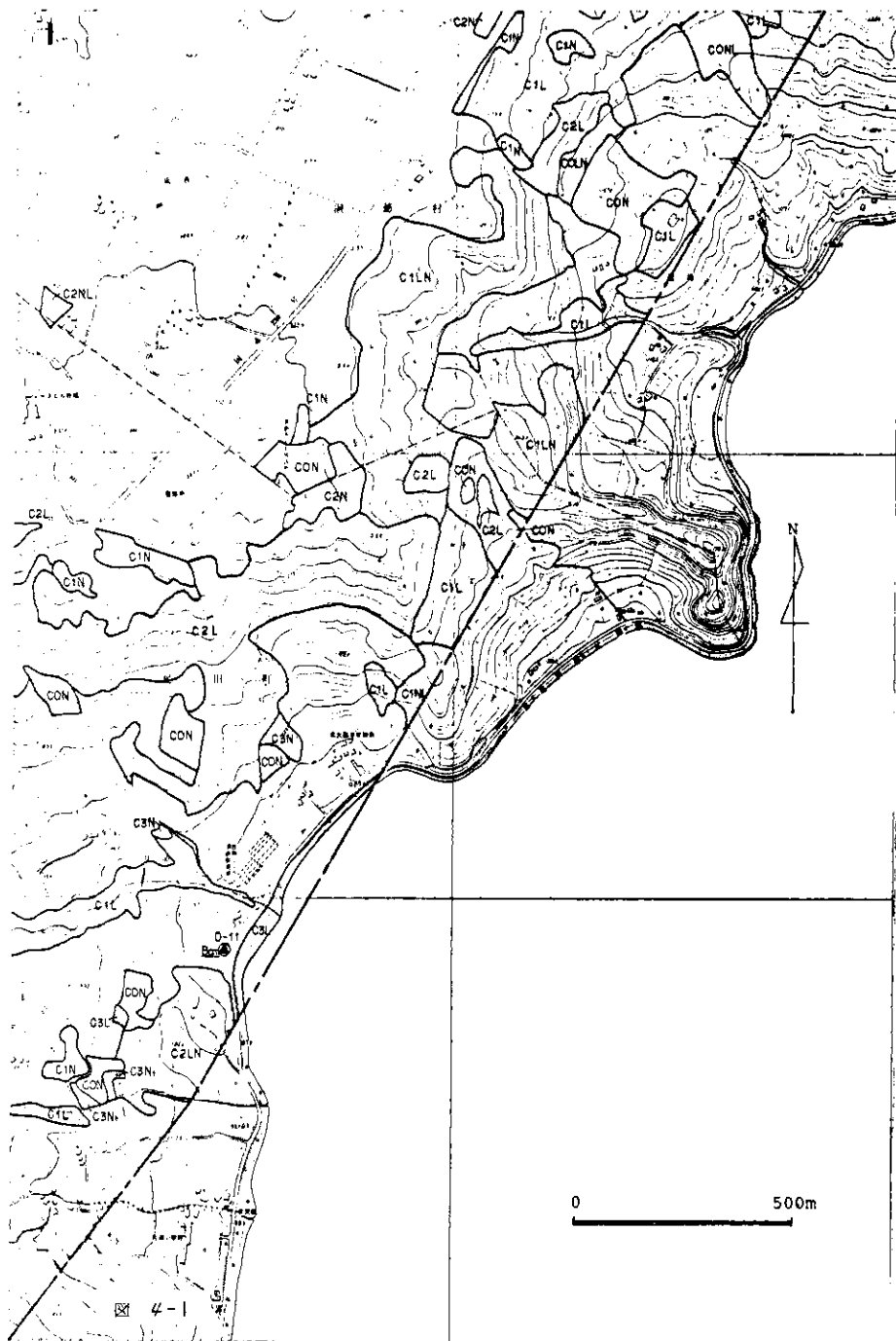


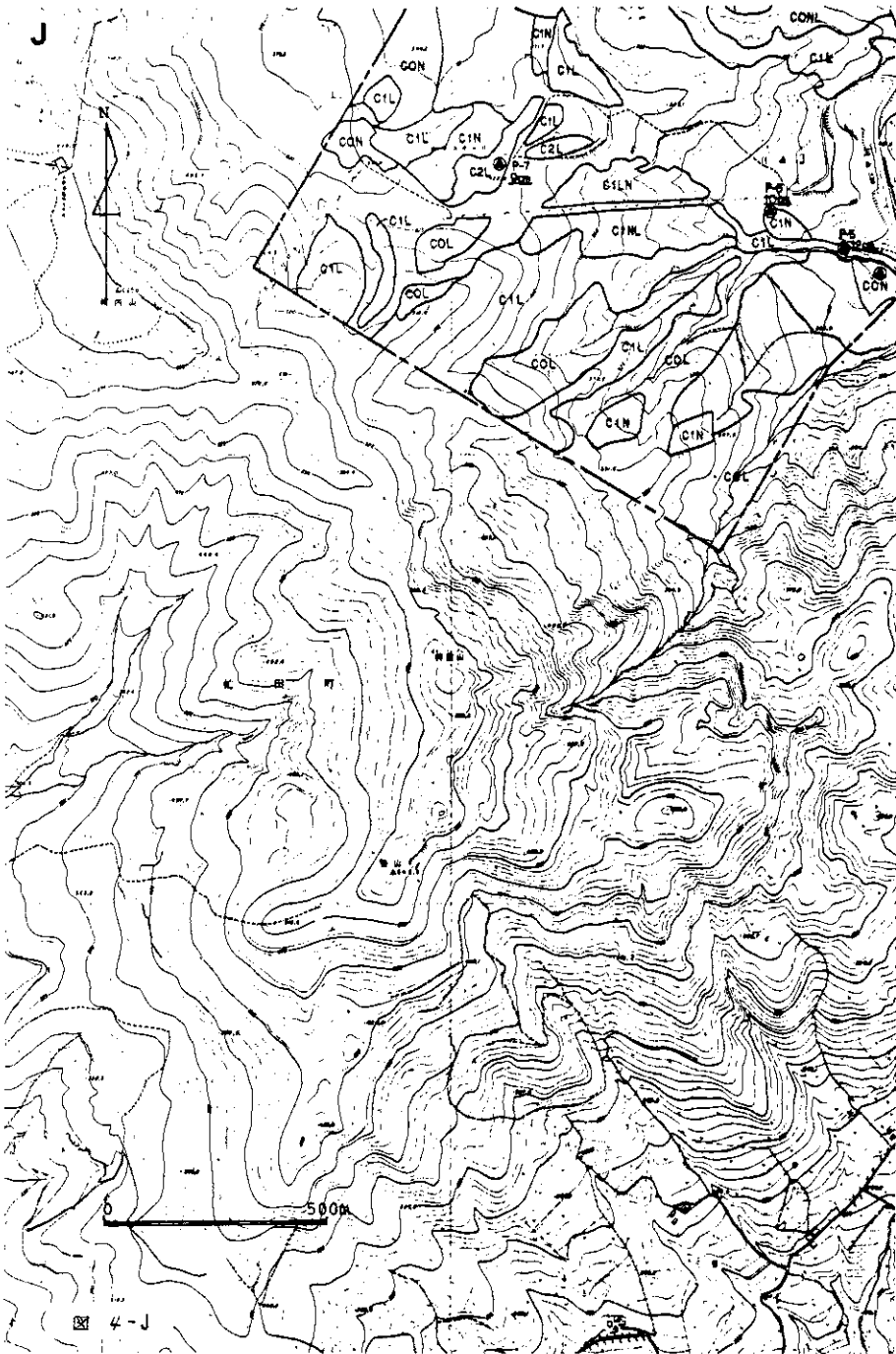


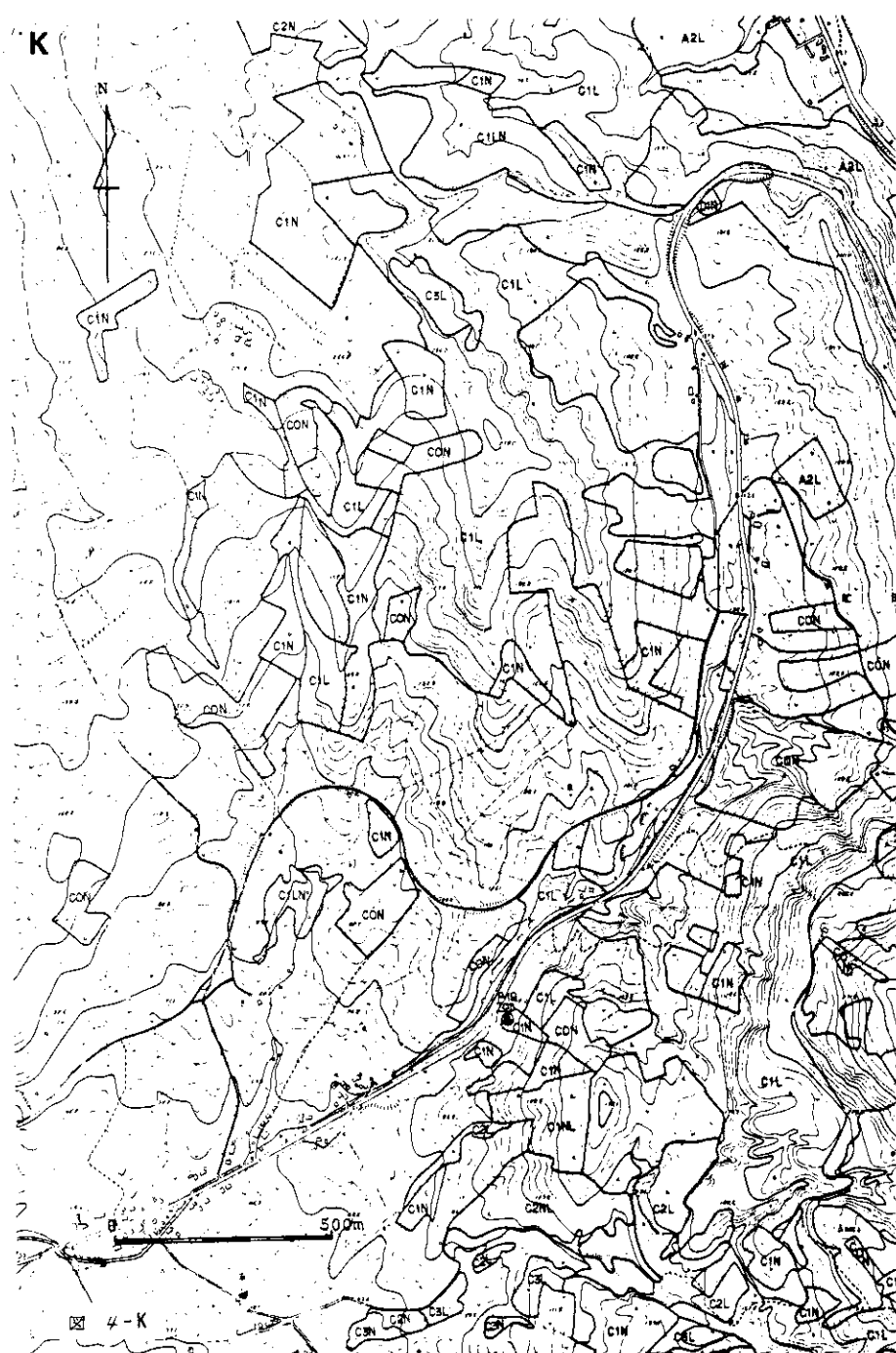






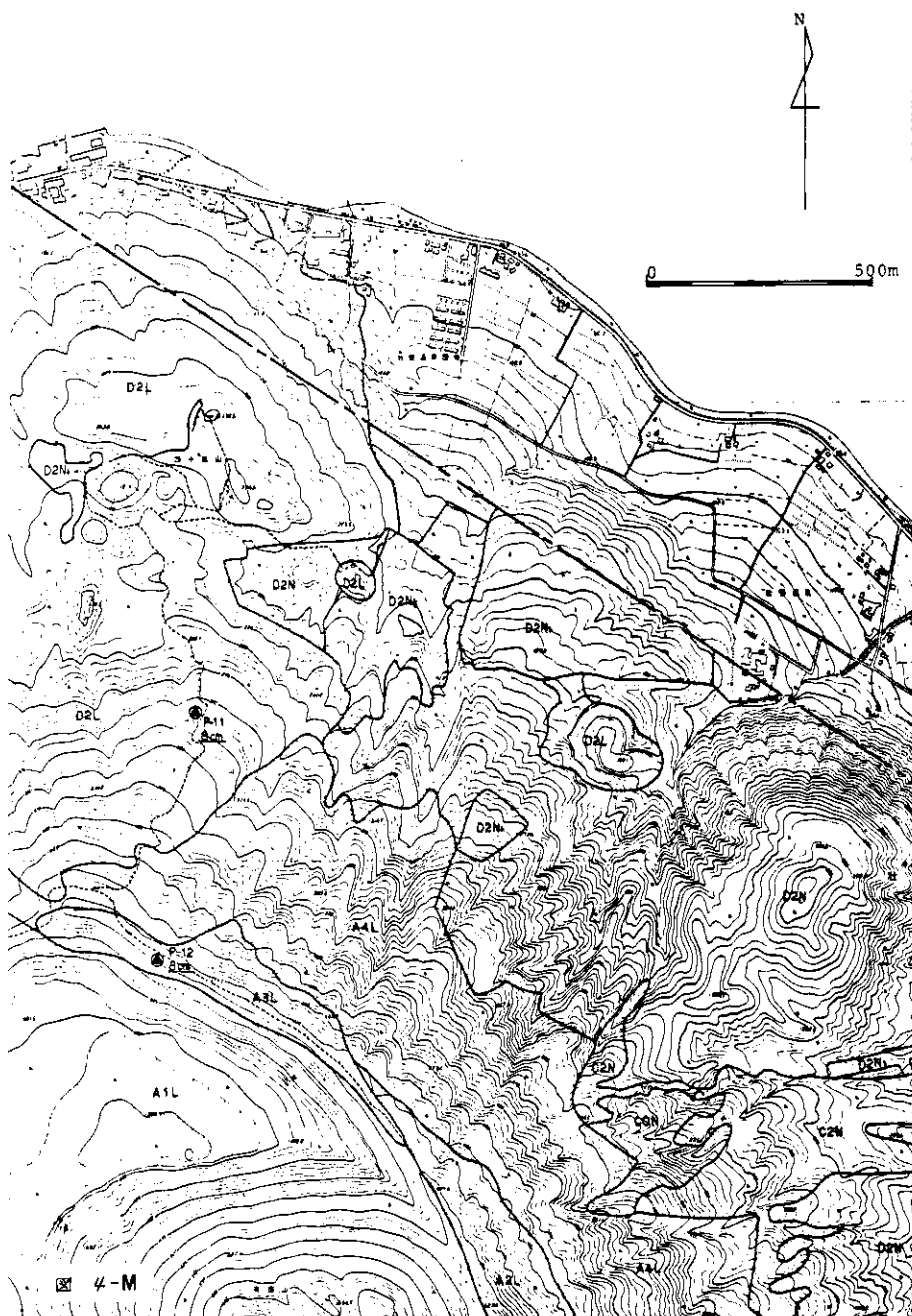




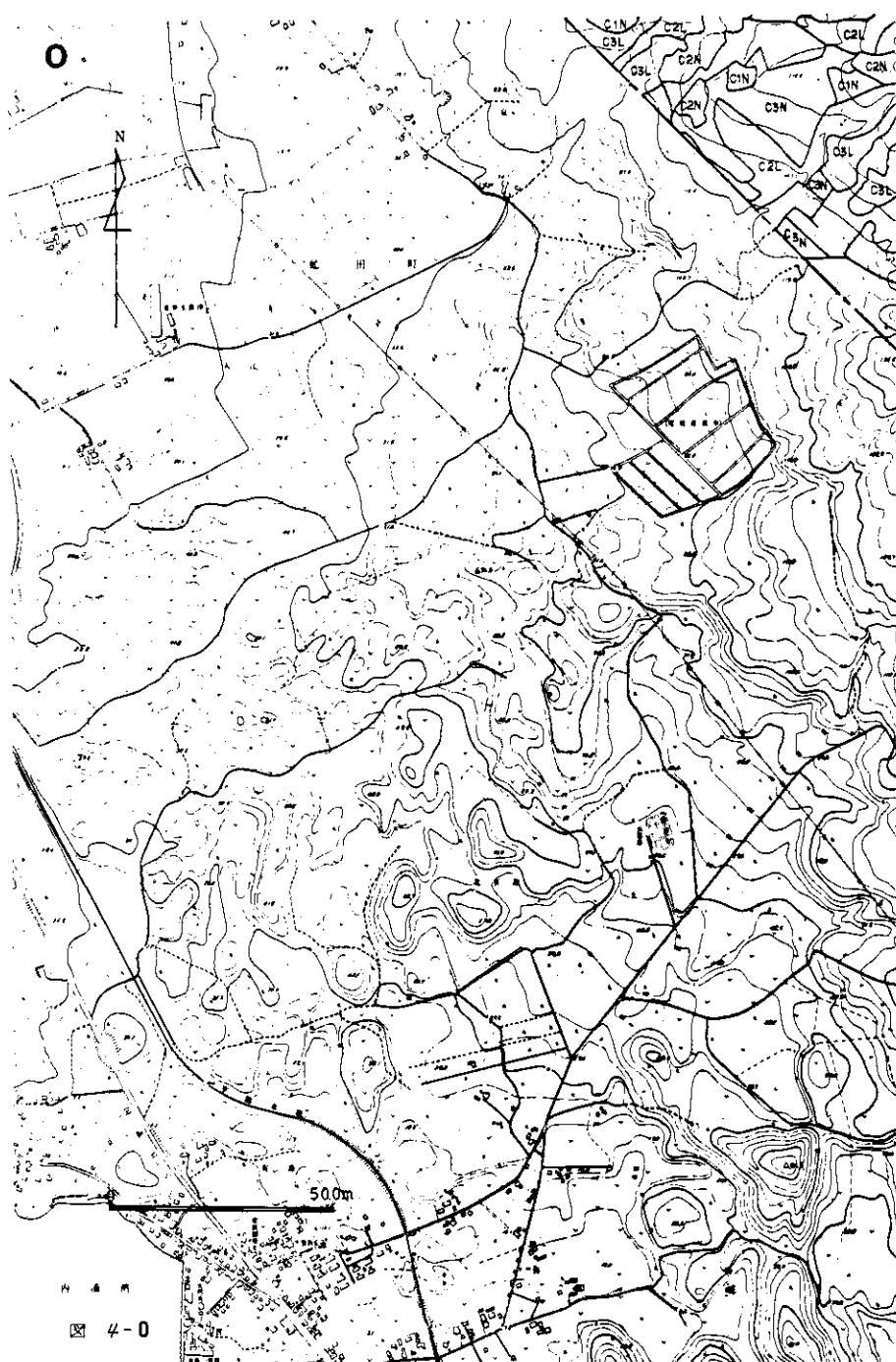


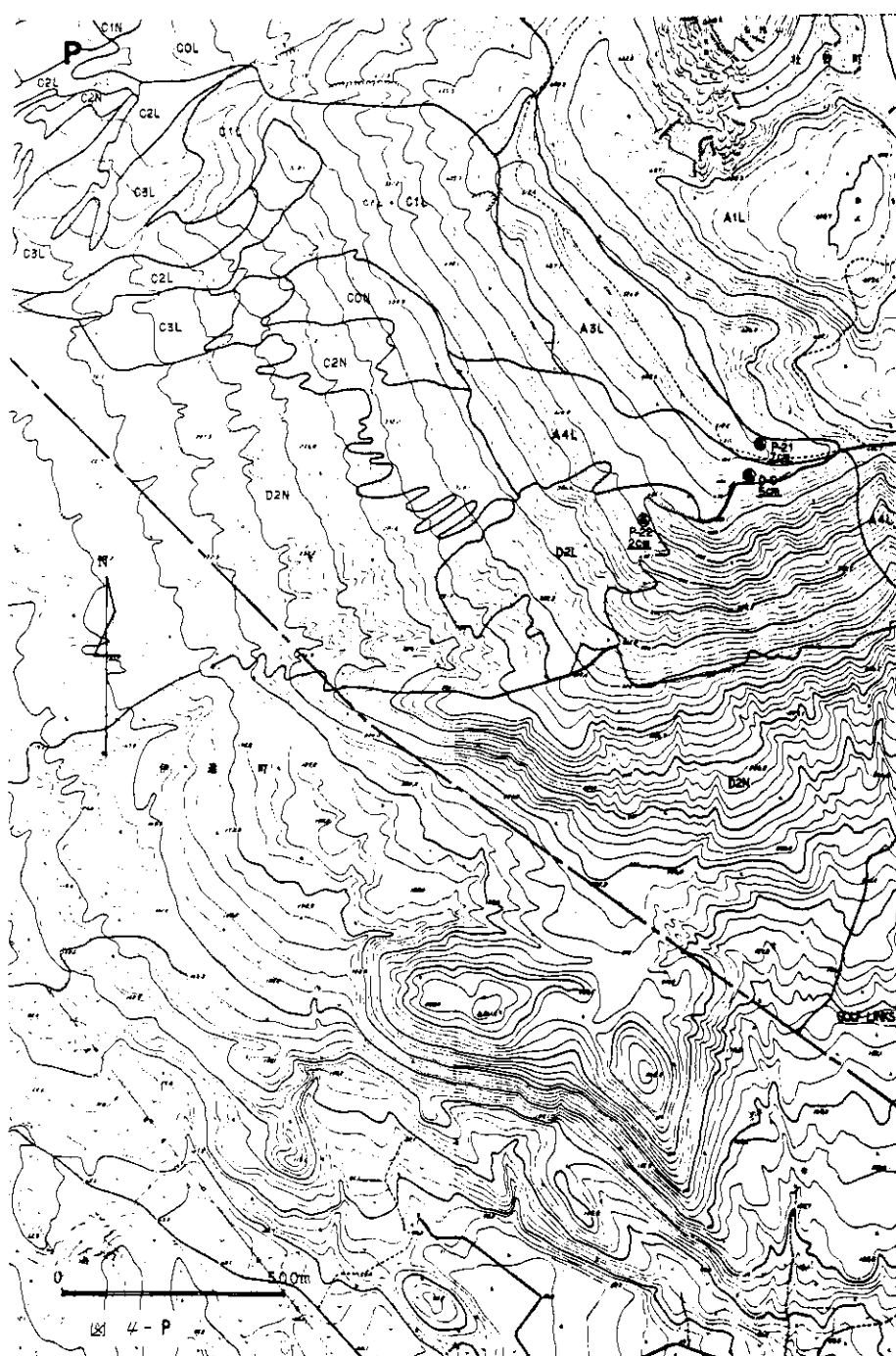


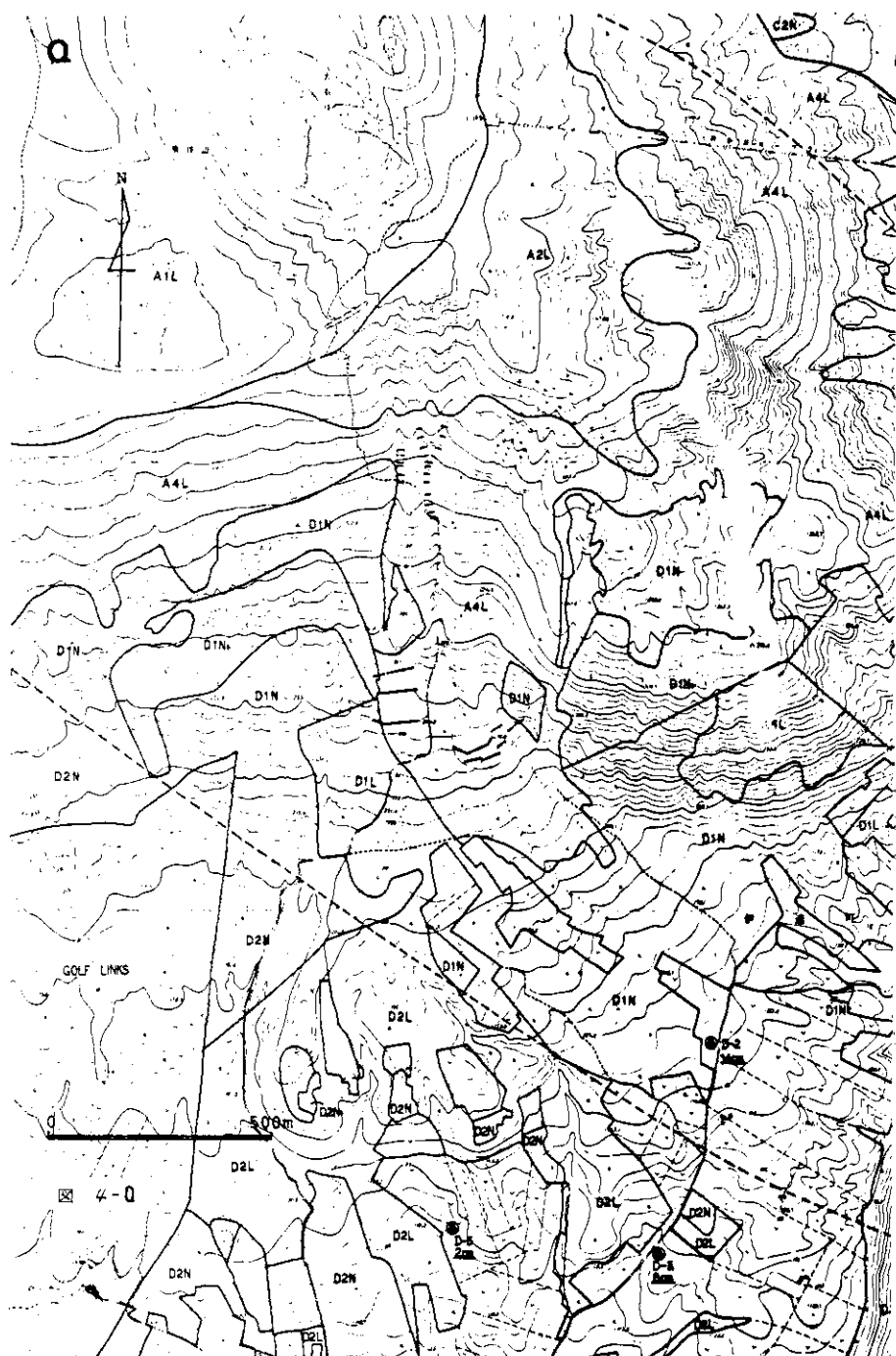
M

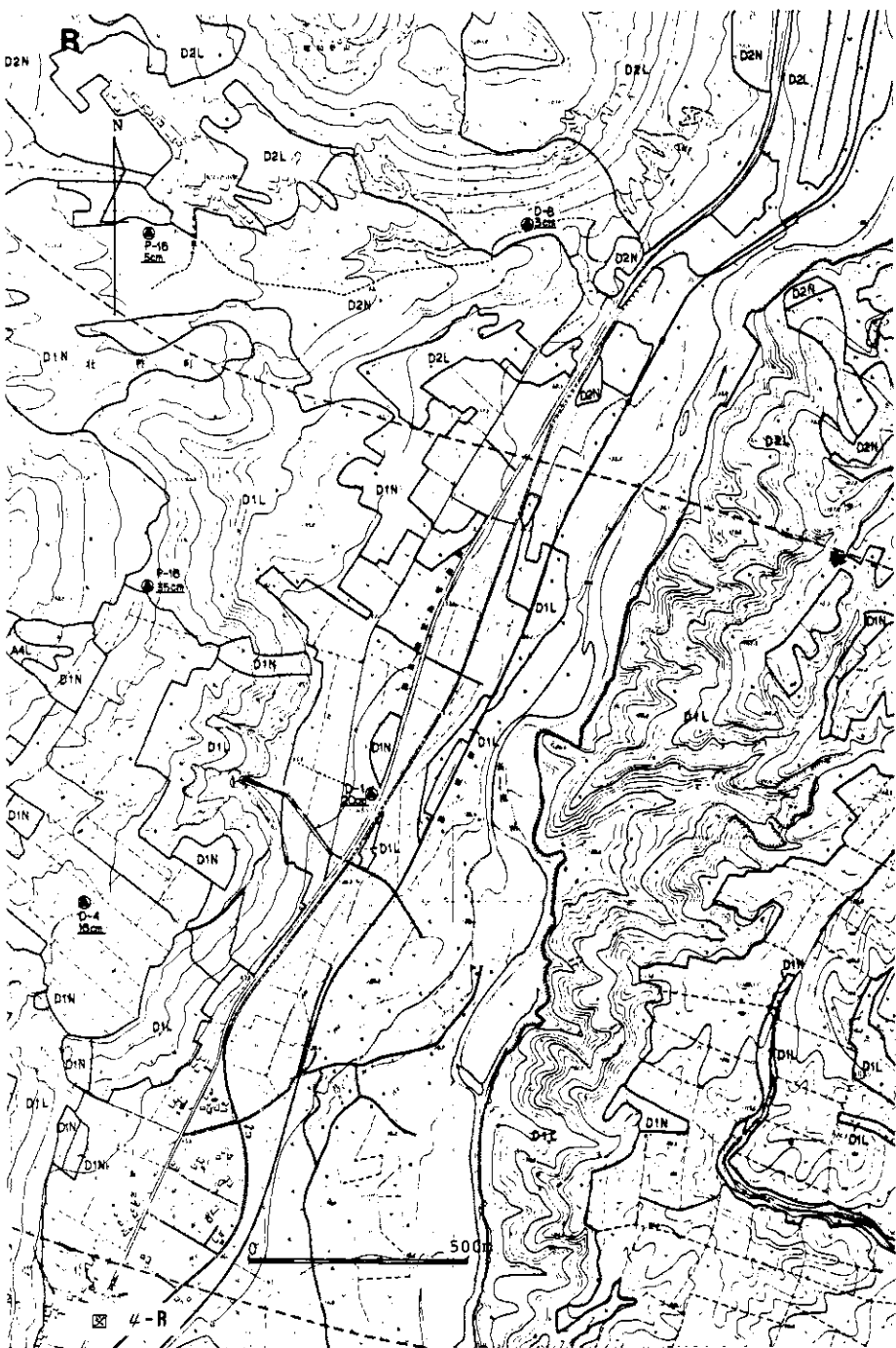












上記のように降灰が樹木・作物等の植生に大きな被害を与えたためそれらの被害程度から、その分布範囲、量、組成等を、推定することが可能と考えられる。しかし、樹木の被害は、降灰の量、組成以外に、降灰時の気象条件、樹種、樹令などの要因によっても被害部位および程度が異なる。また空中写真（合成フォールスカラー写真）で判定が容易なのは、葉部の被害についてである。すなわち、葉の活動力および量が減少または枯死することにより、赤外射が低下し、写真色調が変化するためである。今回使用した合成方式では（I R バンドー赤フィルター、R バンドー緑フィルター、G バンドー青フィルター）葉量が減少するほど、また枯死葉が増加するほど、赤い色が減少し、緑～青の色調が強くなる。したがって、上記の植生被害分類の A 1, A 2 は全落葉のため、合成写真の色調は、緑～青色を示し、赤味はほとんどない。落葉しにくい針葉樹を別として、広葉樹を対象にフォールスカラー写真上で、赤い色調の減少程度を大きい方から順に分類記号を並べてみるとほぼ A 1, A 2, A 3, C 0, C 1, A 4, C 2, C 3, D 1, D 2 となる。また、降灰量の多い方から順に並べてみるとほぼ、A 1, A 2, C 0, D 1, C 1, A 3, A 4, C 2, D 2, C 3 となり降灰量の多い割に樹木被害の軽微な D 1, D 2 を別とすれば広葉樹の落葉程度は降灰量の指標として有効性が高いと考えられる。

葉部の被害以外で空中写真で判定の容易なものに、主幹の倒伏、折損があげられるがこれは C 0, C 1 において特徴的なもので降雨時のシルト質火山灰の降灰と関連が深い、また火山弾の直撃による火口原付近の被害も空中写真で判読できる。

この他、樹木の被害がほとんど認められない地域で、降灰分布が写真色調にあらわれている所がある。これは 8 月 13 日 22:30 の噴火による降灰の分布であり、昭和新山北西のカラマツ林で降灰の分布の境界の判別が行なえる。これは撮影 10 時間前の噴火の火山灰であるため、葉部に降灰がまだ付着しており赤外反射が低下していたことによる。またフォールスカラー写真に有珠山西方の水田果樹園に赤外部の低下が顕著にみられるがこれも 8 月 13 日の噴火による降灰の分布範囲と推定され、これは勝井義雄らのいうフォールスユニットの分布限界とほぼ一致する。このように空中写真上に降灰範囲が写真色調としてとらえられた理由として撮影時刻が降灰後数時間であり天候が静穏であったことと合わせて降灰状態がほとんど変化しなかったためと考えられる。

この 8 月 13 日までの噴火の降灰分布以外で、写真色調に変化の認められるものとしては、有珠山南麓の大平、上長和周辺の広葉樹の色調変化がある。これは合成フォールスカラー、リアルカラー両写真上で降灰深度 10 cm の分布線とほぼ一致し、色調変化が帯状にあらわれている。なお降灰量が 20～30 cm ありながら、落葉などの被害がほとんどみられないところがあるが、空中写真でその境界が明瞭に判別できる。降灰の総量が 10 cm を超すと粒径や温度などによる物理的損傷をあまり与えないような火山灰の場合でも葉部に何らかの影響を与えるため葉色に変化が生じるのではないかと推定される。

3. 泥流調査

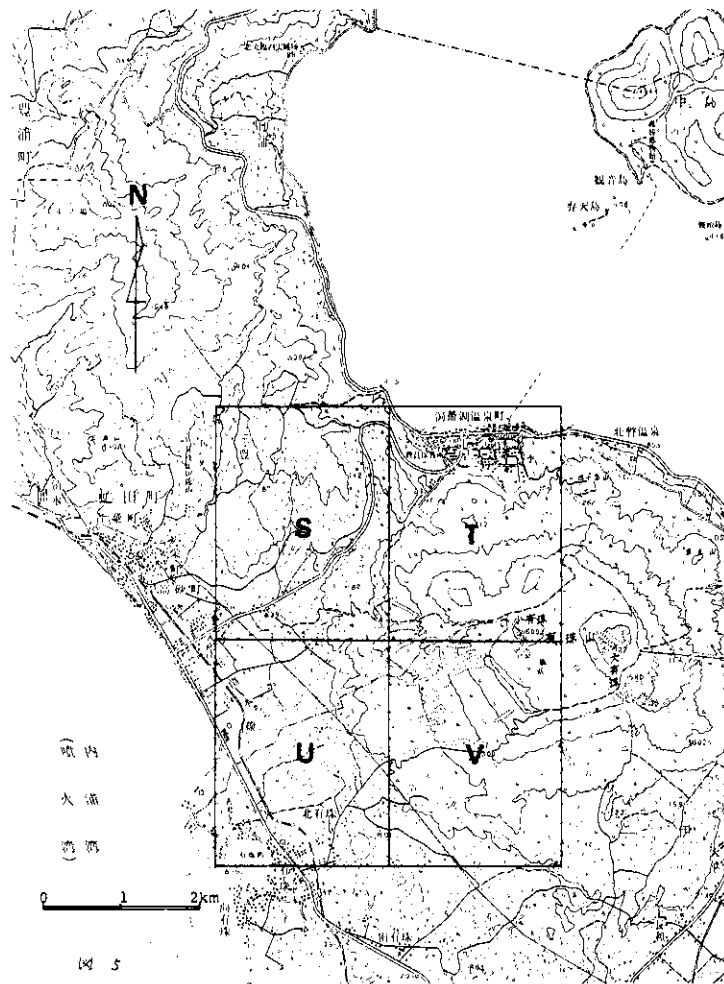


図5 泥流の調査地域及び判読位置図

1977年8月7日の第1回の噴火以降に有珠山周辺地域で発生した泥流は、主として1977年の噴火以前の噴火堆積物が降雨により流出したものである。いわゆる火山性泥流と異なる。以下に現地調査につき報告する。

3.1 現地調査期間と調査範囲

泥流調査は植生被害調査と平行して、10月6日～18日の12日間実施した。

調査範囲は降雨量の多い有珠山周辺で、調査時期において既に泥流の発生が報告されていた入江地区の4本の沢および洞爺温泉町にその流出が予想されている金比羅山地区周辺に限定して実施した。調査範囲を図5に、調査地点は図6－S～Vに示す。

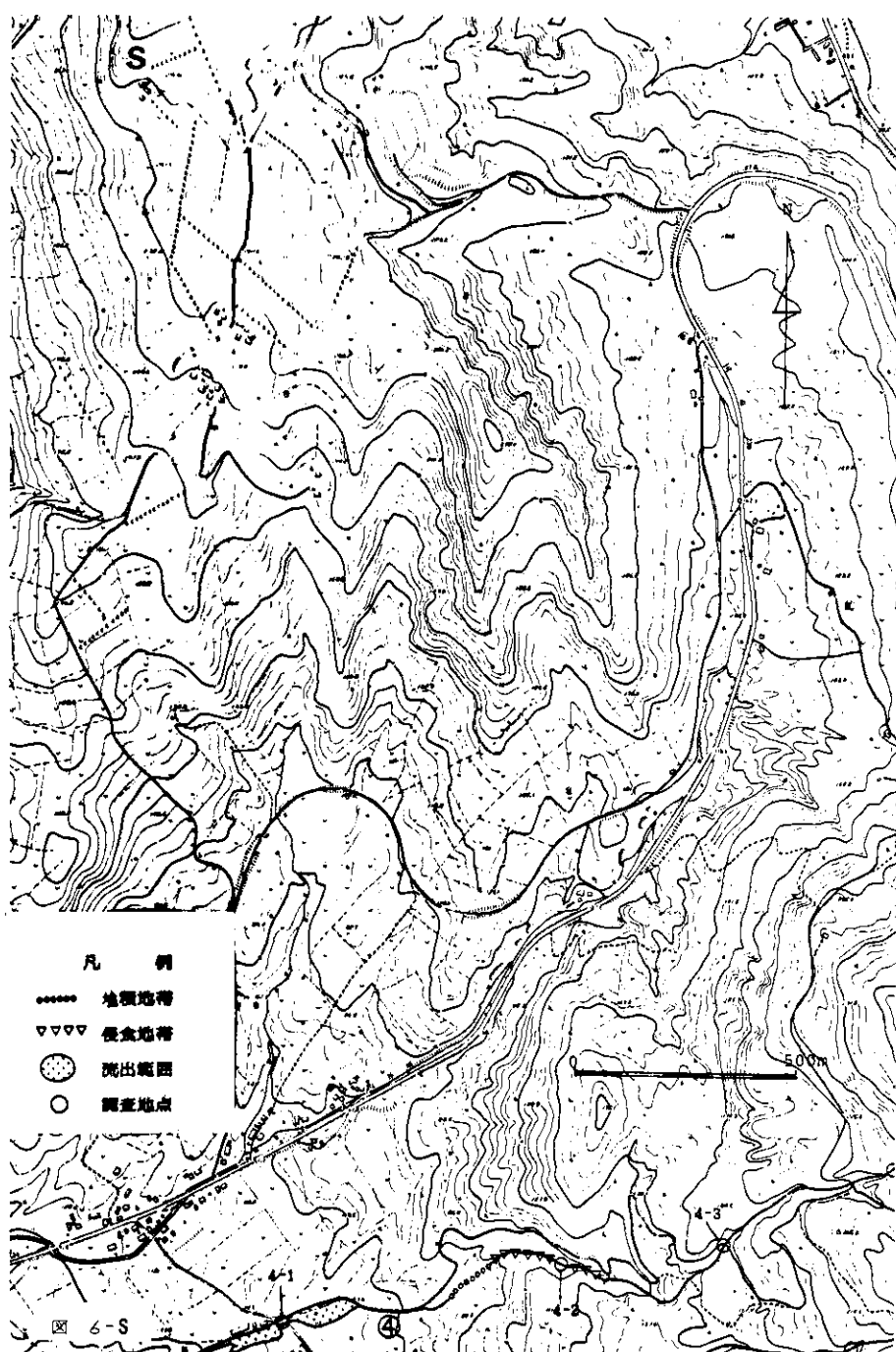
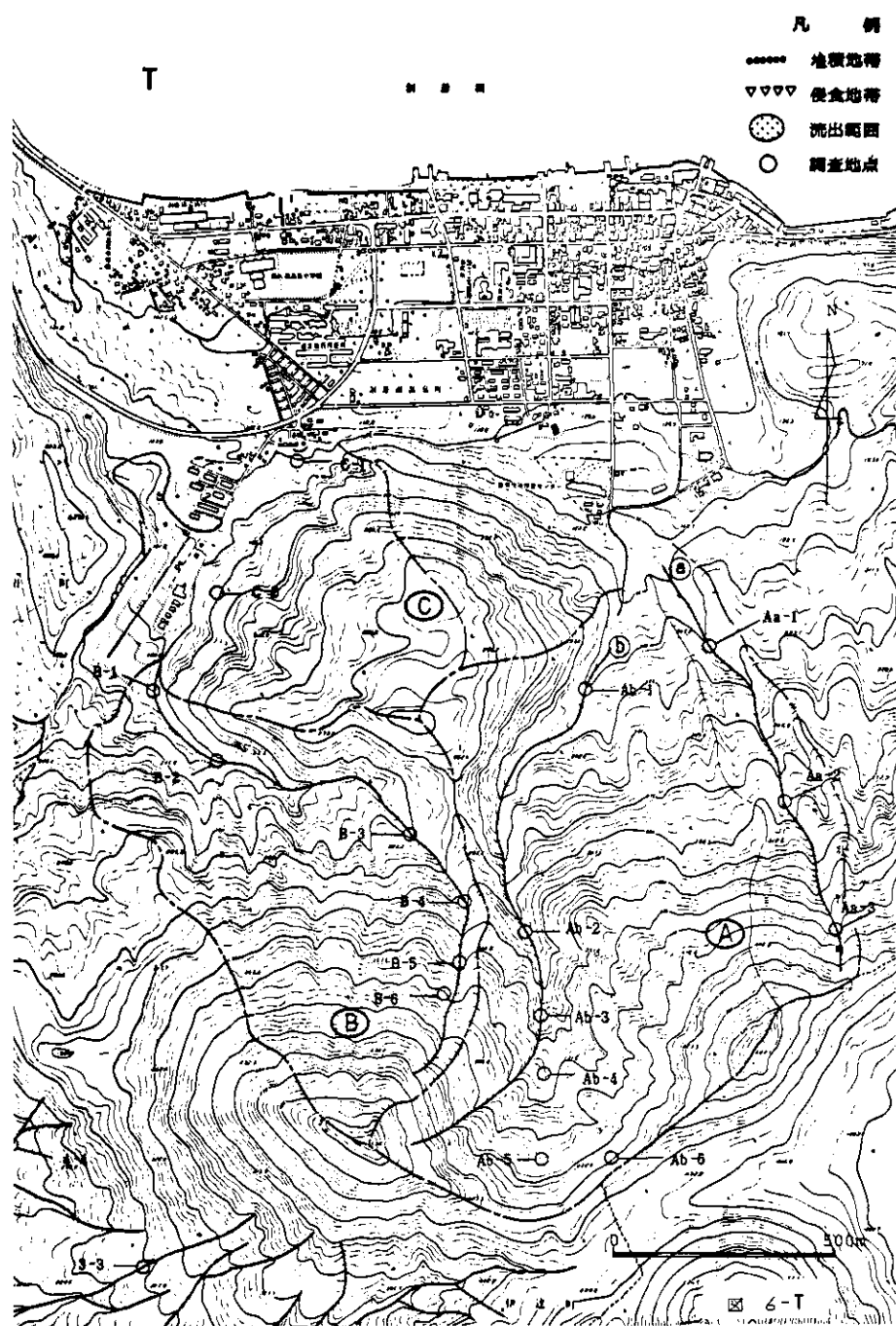
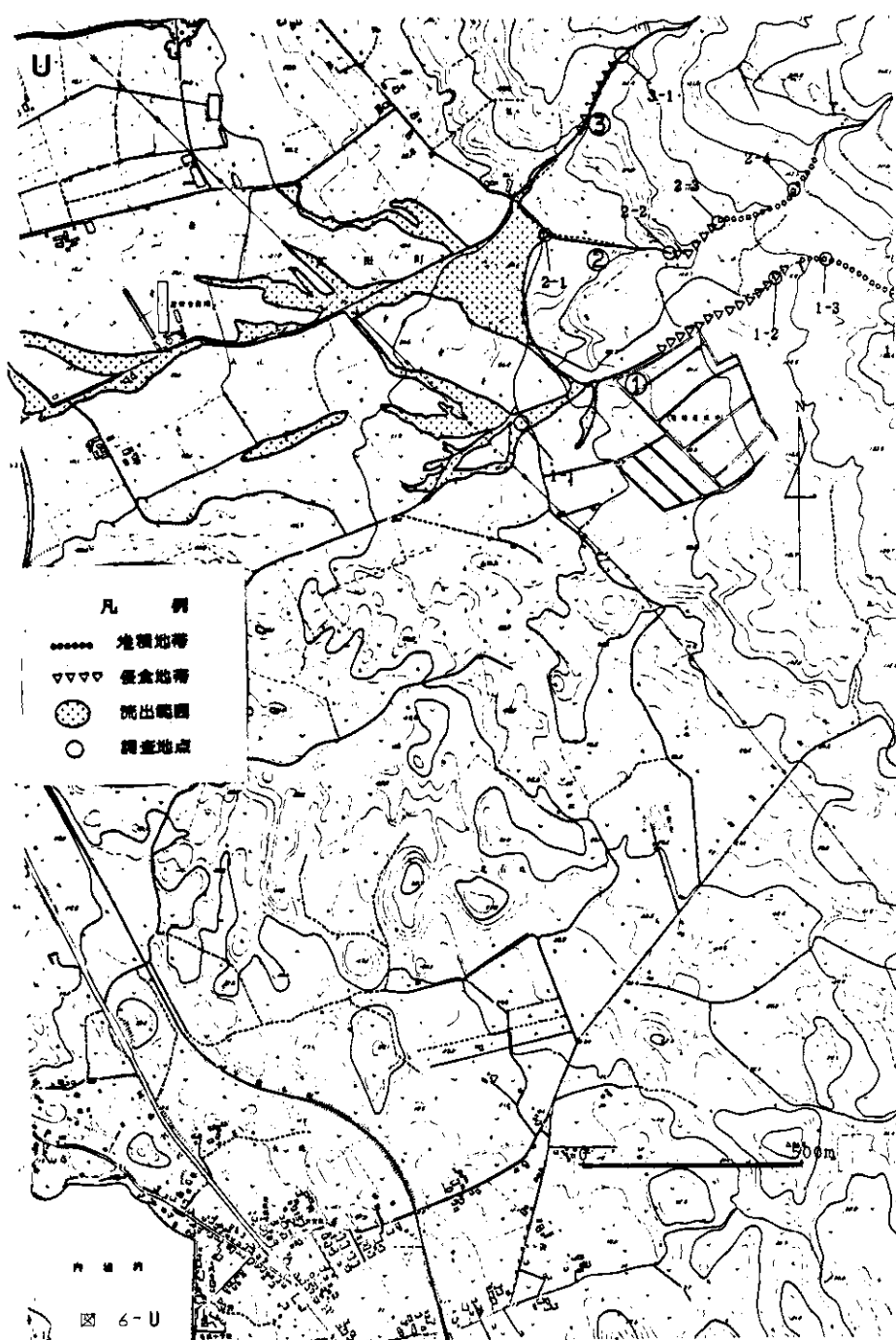
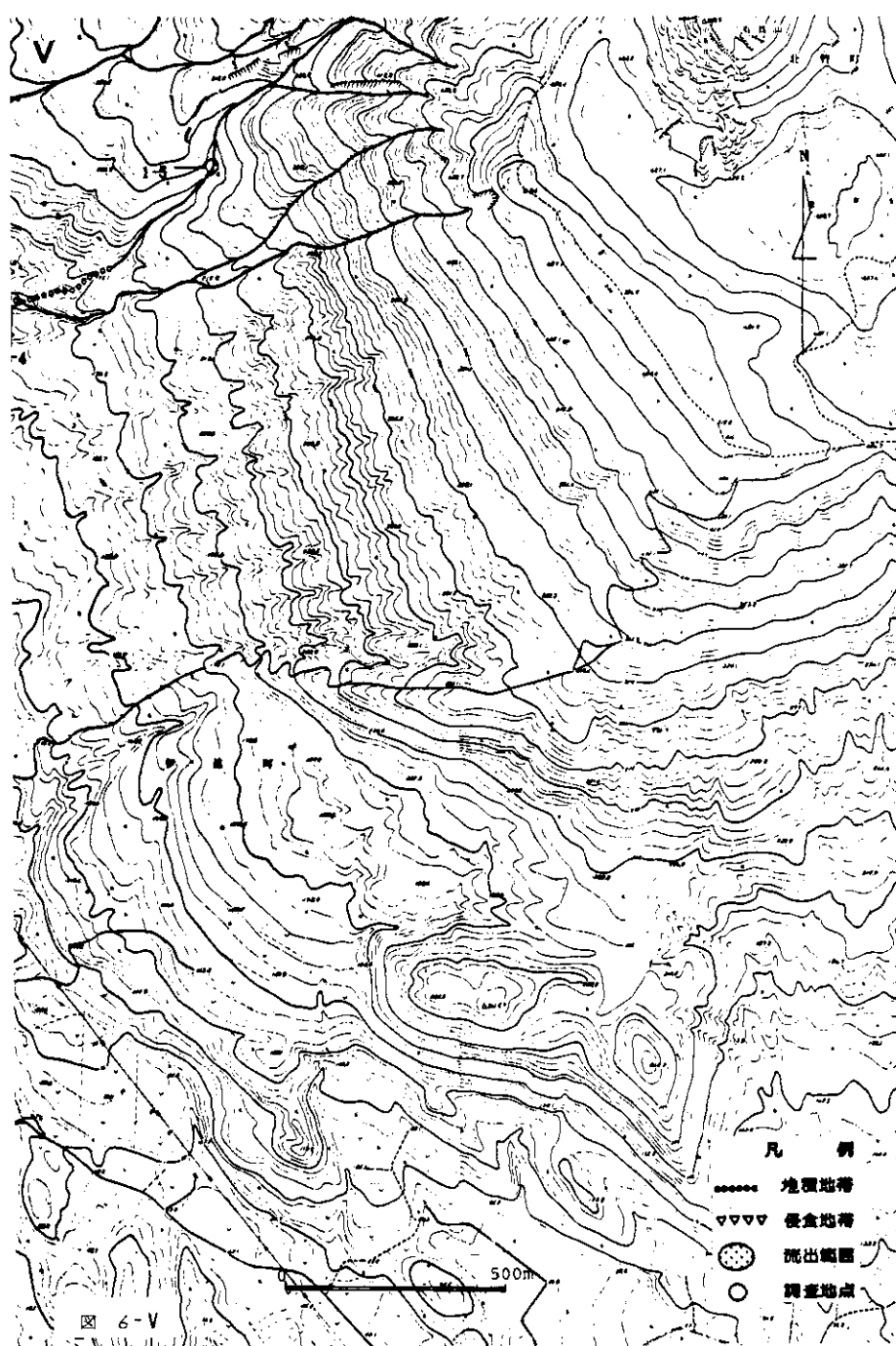


図 6 1977 年有珠山噴火による泥流の分布判読図







3.2 調査方法

調査範囲のうち既に泥流の発生している入江地区の 4 本の沢においては、泥流の流下路および堆積地などの侵食および土砂移動の状況、泥流物質の組成、流出範囲等について調査した。

金比羅山周辺においては、顕著な泥流の発生がみられないため、各溪流内の降下物の堆積および移動状況、不安定土砂の有無などについて調査した。

また 8 月 14 日および 10 月 5 日撮影の空中写真から泥流につき判読を行ない、現地調査結果と対比検討を行なった。

3.3 調査結果

(イ)金比羅山周辺地区

(ロ)A 地区：この地区は温泉町の東端、全日空の寮裏手に当たり a, b の二つの谷によって代表される。居住地区となっており、この扇状地には上記の谷につづく巾の広い流路がないため、万一泥流が発生した場合下流の温泉町に深刻な影響を与えようと考えられている。

a 沢は、全日空の寮のすぐ裏手から外輪山に至る流路長約 1 km、集水面積約 0.2 km²、平均傾斜 16 度のほぼ直線状の沢である。上流部は、植生被害が顕著でほぼ枯死状態であるが、降灰量は 8 cm 前後と比較的少なく降下堆積物の移動侵食はほとんど認められていない。中流部は、落葉が認められる程度であり、降灰も軽石が主体をなし深さ 5 cm 前後と少なく、これもほとんど移動、侵食されておらず、山腹からの土砂の供給も少ない。下流部は、降灰量 2 cm 前後と少なく、植生被害が一部の樹木の落葉の外は認められず降下堆積物の移動侵食は認められない。沢全体として、最上流部がややガレ気味である他は、河道内に樹木が生育しており不安定土砂の存在もほとんど認められない。

b 沢は主流路長約 1.6 km、集水面積約 0.7 km²、平均傾斜 9 度の小溪流である。中・上流部の山腹には 1 m 以上の降灰があり、下流部も 30 cm 前後の降灰範囲にはいっている。沢の最上流部は、降灰量 2 m 前後と極めて大量で植生はほとんど枯死状態となっている。図 6-T, A b-b は外輪山尾根直下の地表状況であるが、急傾斜であるため、降下堆積物の移動が始まっているのが観察される。これより下方 A b-5 付近の山腹斜面においては、リル侵食がみられ、(幅 15 cm, 深さ 10~15 cm) 降下堆積物の上層の火山灰層が侵食を受けている。これらのリル侵食は A b-4 付近で集まって、幅 1~1.5 m, 深さ 0.5~1 m ほどのガリー状侵食となり、さらに下方へ発達していくのが認められる。A b-3 付近では、ガリー状の侵食が数条集まって泥流の水みち状を呈しており、降灰後から調査時期までの間に、小規模な泥流が数回発生したものと推定される。

泥流の流出により、A b-2 付近には大量の軽石が河道いっぱいに堆積しており、これまでに発生した泥流はこの地点で勢いを失って、水と土砂の分離を起こしたと考えられる。しかし、上流部の侵食状況からみていまだに本格的な泥流の発生には至っておらず、現在まで

のところ支流、山腹からの土砂供給も比較的少ないことなどを考えると、今後降雨によるガリ侵食の進行にともない、上・中流域の土砂移動は今後次第に増大することが予想される。A b-2地点の下方には比高7 mほどの滝があり、これまでに発生した泥流は、この滝より下流へは及んでいないようである。さらに沢は滝の下流で傾斜が緩まり、A b-1地点で、谷幅も増してほとんど沼状になっており、断層地形に基づく小尾根状の小起伏によって谷は閉ざされている。すなわちこの沼状地は断層変動による隆起で谷がせばめられ、この間は天然のダム地形をなしている。したがって、泥流発生時においても、泥流は一時的にはこのダム状地形（沼状地）に停滞すると考えられる。

以上をまとめるとA地区についてはa, b 2本の沢の溪床状況の調査をした。a沢の内部の状況は降灰量も少なく安定しており、河道内の不安定土砂の存在も認められず、泥流発生の場合も小規模なものにとどまると推定される。現在沢の出口に鋼鉄製の砂防ダムが施工されており、防災対策はほぼ満足すべき状態にあると考えられる。

b沢については、流域内に極めて多量の火山噴出物が堆積しており、現在侵食が進行中で山腹から河道内に降灰堆積物が集結しつつあり、今後大規模な泥流が発生した場合下流部にみられる、比高2 m弱の天然ダムにより流出土砂の堆積・停滞効果が期待できる。

い) B地区：この地区は西山および金比羅山の山腹を流域とする小溪が存在する。この沢の出口に近接して木の実団地があり、さらにA地区と同様、扇状地には幅の広い流路がないため、泥流が発生した場合温泉町には深刻な影響が予想される。

この沢は主流路長約1.5 km、集水面積0.6 km²、平均傾斜11度の小溪で、流域全域にわたって1 m前後の降下堆積物が堆積している。B-6付近の地点の西山斜面では堆積物の表層の火山灰はすでに侵食されて流出しており下層の主として軽石からなる層が侵食されはじめた。この地域の植生被害は、極めて甚大でほとんど枯死状態となっている。B-5地点付近の山腹斜面においては、リルの発達が顕著で、山腹から大量の降下堆積物が河道に供給されている。B-4地点では付近の山腹および小支溪から供給され、軽石を主とした降下物が河道一杯再堆積しているのが観察された。このあたりの河道巾は4 mくらいと比較的狭く、河床勾配も急であるがB-3付近になると、河道巾は8 mほどに広がり、河床勾配も緩やかになってくる。B-3地点付近でも山腹からの軽石を主とした降下物の供給は盛んで、河道には数回の小規模な泥流の流下痕が認められる。この泥流痕は下流のB-2地点付近まで続いているが、このあたりでは、泥流は勢いを失い分離した水は伏流したものと推定される。またB-2地点付近でも降灰量は1 m前後と極めて大量にあり当溪流の流域範囲に降下した堆積物は、数十万m³にのぼると考えられる。

以上をまとめるとB地区はA地区b沢と同様、河道内に樹木が生育しており、噴火以前における不安定土砂の存在は少ないものと推定されるが、流域内には極めて多量の降下堆積物が堆積しており、それらが、河道内に山腹および支小支溪から供給され2～3 mの厚さで再堆

積している。しかし流域全体からみれば、現在河道内に供給された降下物はごく一部であり、供給は今後はいっそう盛んになると考えられるので泥流の発生の場合、規模は調査対象域でも最大級となることが予想される。現在沢の出口付近で 3 基の鋼鉄製の砂防ダムの施工が始まっているが、溪流状況は予断を許さないものといえることができる。

(二)C 地区：この地区は、金比羅山の温泉町側、北側斜面にあたるが降灰は北西側に偏在しており、30cm～50cm 前後、北東斜面では比較的少なく 10～20cm 程度となっている。

C 地区は、人家が山腹斜面に極く近接しており、かつ密集していること、山腹傾斜が急峻であること沢が浅く未発達である特徴があげられる。このため山腹に堆積した降下堆積物は、強い雨が降った場合、谷を流下する泥流よりも斜面崩壊のようなかたちで流下することが考えられ、それに応じた斜面对策が必要である。現在までのところ、山腹の堆積物には顕著な変化や侵食は認められないが上層の火山灰層には、リル侵食が発達しており、今後時間の経過とともに下層の軽石を主とした土砂が豪雨により流動する可能性が高まっていると思われる。調査時に、北西の木の実団地に面した山腹斜面にはフェンスを等高線状に設置し、山腹からの土砂流下を抑えようとしているが、外観上からは、フェンス下部が表面の流水によってえぐられる可能性も考慮する必要があると思われる、さらに当地区は住居が密集しているため、ごく小規模な泥流降下があっても、その影響は深刻であり、今後の恒例対策工法に配慮のいる地区である。

(三)入江地区：入江地区では 1977 年 9 月 21 日に 4 本の沢でかなりの量の泥流が発生し、鶏舎、畑地、果樹園等が被害を受けた。当地区は、西山の西～南西山麓に位置しており降灰の中心からはずれているため降灰量は比較的少ないが、4 本の沢の上流～中流周辺はシルト質火山の付着による植生被害の顕著な所である。

泥流の発生した 4 本の沢は、いずれも地形的にみると発達過程にあるガリー状の侵食の沢で、地質的には 1822 年の文政熱雲堆積物を侵食している極めて新しい沢である。これらの沢には正式の名称がないため各沢に南側から 1～4 の番号をつけた。1 の沢は最も流路長が長く、ガリーの発達も進んでいる侵食の活発な沢で谷頭は外輪山を貫き小有珠南西側の火口原に達する。従って最上流部は 1～2 m の降灰地帯にあり、ここからかなり多量の火山灰が供給されている。連続的噴火の休止した直後の 8 月 14 日撮影の空中写真上でも谷頭の降下堆積物上に樹枝状のガリー状侵食の発達しているのが確認でき、現地調査時期には幅 1～2 m、深さ 1～1.5 m に達するものが観察された。谷頭直下から 1～5 地点間の上流部は侵食の盛んな地域で今回の噴火とは無関係な巨礫が河道内に堆積している。泥流発生時には侵食が今回の降下堆積層以深におよんでいることからこれら不安定土砂の一部が下流へと運搬されたと推定され、1～4 地点付近の緩傾斜部でその大部分が堆積した。したがって上流部の未固結土砂は、一気に下流まで流下したのではなく、巨礫はほぼこの緩傾斜部（標高 150 m 付近）でとどまり、これらと分離した火山灰を主体に含有した泥流がさらに下流へと流下したと考

えられる。この堆積地の下流側1-3地点付近からはガリー状の侵食が顕著となり、分離した泥流がこの部分の土砂をも再侵食して、下方の畑へと流出したことが観察により明らかとなった。この侵食の生じた部分は、過去の泥流によりできた古い堆積地で、粘土質の火山灰で構成されているため、流水に対する抵抗性が上・中流部の河床に比べて弱い所である。

2の沢は1の沢にはほぼ平行し、西山山腹に谷頭をもつガリー状の沢で上流部には30cm前後の降灰がみられ、植生被害としてはシルト質火山灰の付着による主幹の折損、倒伏が顕著である。

上流部は1の沢と同様河道内に今回の噴火前に形成された巨礫を主とする不安定土砂が多く堆積しており今回の泥流発生時に相当な量が下流へと流下したことが推定される。これら不安定土砂は標高150mほどまでの河道内に堆積している。これより下流の2-4地点付近では河道には薄い(30~50cm)土砂の堆積が観察される程度で比較的安定しており2-3地点付近の谷幅の広がった緩傾斜地では著しいガリー侵食が観察される。以上の状況は1の沢のそれと酷似している。すなわち、ガリー侵食を起源とし、巨礫を主とする不安定土砂とともに流下し、その大部分を中流部のやや上部で分離した泥水状の泥流がさらに流下し緩傾斜地の過去の噴出物から形成されている堆積層を深く侵食して、下方の畑へと侵食土砂とともに流出したものと考えられる。

3の沢は、西山山腹に谷頭をもち上流部は、15~20cmの降灰でおおわれており植生の被害も著しく、ほとんどすべての樹木が倒伏している。1, 2の沢に比して谷口未発達で溪床部には噴火前の堆積物はあまり認められない。今回発生した泥流も上流山腹から供給された今回の火山灰を主とするもので山腹侵食による土砂をとまわなかった。なお、3-1地点付近では、旧河床の下刻が著しく深い所では2m以上掘り下げられているのが観察される。この下流域はローム層が分布しており、山脚の侵食によって溪岸が小規模な地すべりを起こしている所も見うけられる。

4の沢も3の沢と同様西山山腹に谷頭をもち上流部は降灰深15~20cmの降灰におおわれており、植生被害の著しい地域である。河道には今回の噴火以前からの不安定な土砂はあまり堆積しておらず主として、今回の噴火によって降下した火山灰が堆積しており、山腹からの火山灰の供給も多いように見うけられる。河道内は穏やかで、流域内に降下した火山灰が降雨によって単純に流下したものと推定される。

4-3地点付近の道と交差する部分から下流では過去の噴火により形成された堆積層にガリー侵食の発達が認められ、4-2地点付近ではガリー侵食は深さ1.5m、幅1.5m前後にまで発達している。最下流部には、今回の泥流の堆積したと思われるものが認められる。

以上4本の沢のうち2, 3, 4の沢においては調査時に沢の拡幅部および出口に砂防ダムが既に設置されていた。

3.4 調査結果の考察

入江地区の 4 本の沢で発生した泥流について、現地調査をまとめてみると泥流発生の原因をいくつかあげることができる。

(1) 噴出物が地表被覆することによる流域内の流出係数の変化

この場合降下堆積物が微粒な火山灰を主体としかつ噴火時に雨が合ったため、モルタル状になり降下しこれが地表をおおったので、降灰以前の地表に比べて浸透能が著しく低くなっていた。そのため降雨が例外的な量でなかったにもかかわらず、そのほとんどが浸透せず表面を流出したと考えられる。

(2) 降下堆積物による樹木被害

この現象は特に注目されることであり 4 本の沢の上流部の樹木はモルタル状火山灰に被覆されそのほとんどすべて倒伏・折損状態になっており、森林のもつ降雨の緩衝・保水機能が失われている。

(3) 不安定土砂の増大

これは溪流内および流域の山腹に降下した火山噴出物のことである。上記のようにモルタル状をなすが機械的強度は強くなり侵食が始まるといって洗掘崩落しやすい性質のものである。

以上三つのうち(1)と(2)は密接に関連している。通常森林内の土壌表面は、樹木および地表の落葉・落枝層によって保護されており、相当に激しい降雨によっても安定を保ち土壌侵食は起こらない。樹木は雨滴の衝撃力を減衰し、一時的に雨水を保持することによって水の急激な流出を抑え、また土壌の最上層は構成する落葉・落枝層およびそれらの分解過程中の有機物から構成されているため孔隙が多く高い保水力と浸透能をもち、これも降雨が直ちに表面流出することを抑止する機能をもっている。しかし、今回の場合当地域は降下噴出物によって森林としての機能を失い、かつ樹木表土ともにモルタル状火山灰堆積物が覆ったためこれまで保有していた森林の上記の機能がまったく失われてしまい、降雨のほとんどが地表面を流下し、また堆積も少ないため、量、速さとも従来経験したことのない洪水流が発生した。

また(3)に述べたように、降灰、火山灰は、その流出のみならず、高速多量の水により急激に侵食され、洪水流は泥流に化する役割を果たし以前からの河道内に堆積していた土砂をも運搬し、河床を侵食低下して、下流に流下したものと考えられる。

以上を図式化すると次のようになる。

噴火＋降雨→モルタル状降灰→樹木倒伏＋（樹木・表土）モルタル状被覆→降雨→表面流出水の急増→侵食力の急増（火山灰・河床堆積物）侵食搬出→泥流→下流河床侵食低下→耕地・道路破壊、土砂堆積

このようなことは、森林の皆伐によって土壌侵食が急激にすすみだした場合と似ている面がある。今後も降下堆積物に厚く被覆され、植生被害の大きな地域では泥流の発生は必然で

あり、その防止には地表面の安定化、植生の回復が必要と考えられるが樹木は急には育たないこと、草を生やすのには火山噴出物であることから種類の選定など種々に困難がある。

4. 今後の計画

ここに記載した内容は、現在もなお噴火活動を継続している有珠山の噴火2カ月後における調査であり、災害はなお、続いておりその形態に変化もみられる。昭和53年早春の雪どけ時に幸い泥流は発生しなかった。昭和53年の春から夏にかけてどのような様態をとるかその追跡調査が実施されなければ本調査結果を生かすことはできない。そのため当所では、同じ区域について4波長カメラによる空中写真撮影を1978年6月に実施したので本シリーズの(その2)として報告する予定である。なお、空中からの各種の調査観測法の開発、適用について筆者らは今後も努力を続けるつもりである。

謝 辞

本調査解析にあたり便宜と協力を賜った北海道開発局土木試験所、北海道農業試験場、虻田町、壮瞥町の方々、有力な助言を賜った千葉大学の源田秀三郎教授、画像工学研究所の西尾元充氏、画像解析の御指導を戴いた航空宇宙技術研究所の森園重光氏、現地調査に当たられた当センター第3研究部の清水文健氏・田中耕平氏、資料調査室の小池幸男氏、リモートセンシングに関する全般的協力を戴いた第3研究部長植原茂次氏、第4研究部の幾志新吉氏に記して感謝いたします。

参 考 文 献

勝井義雄(1978):1977年有珠山噴火、地理、23, 4, 7~19.

熊谷貞治・田中耕平・大八木規夫・清水文健・小池幸男(1978):1977年有珠山噴火による災害現地調査報告、主要災害調査報告、14, 1~70, 国立防災科学技術センター.

(1980年1月30日 原稿受理)