

空中写真による治山計画法

1 試験担当者

治山第1研究室 秋谷 孝一 難波 宣士

治山第2研究室 岩川 幹夫

航測研究室 橋渡 幸男

2 試験目的

治山計画立案に当つては、崩壊地、溪流荒廃地等の実態をつかみ、これら荒廃地の影響に対処する治山ダムあるいは山腹工事等の数量を決める必要がある。従来、治山事業計画は主として現地調査により、崩壊地や溪流荒廃地の現況を把握し、同じく現地調査により、ダムサイトやダムの規模の決定、山腹工の要・不要、工事の難易等の判断がされていた。しかし、今後の治山事業では、奥地林の開闢や下流の人口増加にともなつて、治山事業の対象地も奥地へひろがると同時に、精密な計画の樹立が望まれる情勢にある。奥地での現地調査は、地利も悪く、地形は急しゆんであるため困難であり、そのほかに季節的制約もあつて調査期間に限られる。これらの理由によつて空中写真を併用して調査が行なわれることは必然である。また、突発的な災害発生にともなう全面的計画改訂のための治山調査においては悪条件の下で早急な調査の完了が望まれるため空中写真による調査が不可欠のものとなる。

空中写真利用の利点としては、調査期間の短縮だけではなく、距離や地形に影響されずに精度一様な結果が得られることがあげられる。しかし一方、空中写真は撮影に多額の経費を必要とし、治山調査のためだけに全国的な規模の大面积な範囲を撮影することは考えられない。現在、国有林のほとんど全域にわたつて森林資源調査のための空中写真が撮影済みで、今後も5年に一度は新規撮影が行なわれるのでできるだけこれを活用することが有利である。そこでまづ撮影済の空中写真を用いる場合、荒廃地の現況ならびに推移の状況などについて各種の写真判読を行ない、その結果を現地調査の結果と対比させるなどして、既存の空中写真の利用法の基準および利用し得る限度を明らかにし、次に、既往の空中写真により判読できない項目の調査についてはそれらの判読が撮影仕様の変更によつて可能であるかどうかを検討し、空中写真利用を主とした治山計画法を確立することを目的とした。

3 試験の経過とえられた成果

(1) 試験の方針

空中写真による各種測定判読項目は写真判読の研究としては、非常に多くの項目が考えら

れるが、実際に治山計画のための調査が行なわれない項目をとりあげても意味がない。

国有林では昭和40年度から治山全体調査を実施しており、その第1部「重要度判定調査」は40年度から、第2部「流域別調査」は41年度から実施になつている。そこで国有林治山全体調査で行なっている調査項目をとりあげて検討することにした。このうち、重要度判定調査の項目については、そのほとんどが流域別調査でもとりあげられるため、ここでは流域別調査要領に指示されている調査項目に従つて検討することにした。また流域別調査には保安林整備事業が含まれるが、写真で調査すべき項目は少いので省略し、ここでは治山事業の対象のうちの大部分を占める崩壊地、渓流荒廃地の判読を中心に研究することにした。

国有林野治山事業治山全体調査の流域別調査によれば一般崩壊地の調査項目は表-1のとおりである。

表-1

規 模	位 置	傾 斜	形 状	方 位	植 生	地 質	侵 蝕 状 況	残 留 土 量	掘 大 見 込 量	施 工 状 況	保 全 対 象	備 考
平均長	平均巾	面積	急・中・緩	タイプ	種 類	占有率	周辺林相	多・中・少	mt	山 腹	間	
		○・○一ha以上	斜面上の位置		木本・草本						直接のもの	

また渓流荒廃地の調査項目は表-2のとおりである。

表-2

規 模	延 長	平均巾	面 積	平均深	土 砂 量	溪 床 勾 配	石 礫 構 成	植 生	荒 廃 の 型	保 全 対 象	備 考
								種 類	占有率		

これらの他に堰堤の配置計画決定に不可欠なダムサイトの溪床横断面調査を行なうことを試みた。試験はこれら調査項目を調査する場合の空中写真利用の可能性と限界をたしかめることを目標にして行なつた。

治山計画という仕事の中での空中写真の利用は、諸資料を得るための手段であつて本来の治山技術ではない。従つて技術習得に時間や訓練を要する判読方法を治山技術者に対して要求するのはあまり好ましいことでなく、熟練度によつて判読結果がちがひおそれがあるので、方法はなるべく簡易な方がよい。また国有林全体の計画のように規模が大きい場合は手作業的な判読方法では量的に仕事を消化し切れないおそれがある。これらの点を勘案すると、判読の一部または全部を航空測量会社に外注することが出来るような判読方法をえらぶことが好ましい。そこで各種項目の判読方法はなるべく単純で個人差がなくしかも大量処理に適するよう心がけて決定した。

(2) 試験の経過

i) 昭和41年度

長野営林局中川治山事業所管内四徳川支流シラカバ沢、イワクラ沢のあわせて100haを対象に試験を行なつた。この地域は36年6月のいわゆる伊那谷災害によつて崩壊が多発した地域の一部で、災害直後の36年7月にこの地域の荒廃状況を中部地方建設局が撮影した縮尺約1/20,000(広角)の空中写真と、最近の状況として40年10月に国土地理院が撮影した縮尺約1/20,000(広角)の空中写真の2種類の空中写真を利用した。試験した項目は3(1)の表-1、表-2にあげられている流域別調査の各項目で、これら項目を資料-1のような仕様にもとづいてアジア航測株式会社に発注して判読させ、その結果を現地調査の結果などと対比した。

ii) 昭和42年度

東京営林局梅ヶ島治山事業所管内安倍川支流、毫沢、西日影沢のあわせて1,000haを対象に41年度と同様の試験を行なつた。判読は前年度と同様アジア航測株式会社に請負付託で資料-2の仕様で行ない、41年度の試験の結果を検討していくつかの項目については判読方法を改良した。

iii) 昭和43年度

41、42両年度にわたつて伊那谷、梅ヶ島の両地区で行なつた上記の試験は、現在森林資源調査のために撮影済の縮尺約1/20,000の写真を利用して治山調査を行なう場合の基準を得ることが目的であつたが、その結果後述するように、崩壊地表面の侵蝕

または堆積状況など微細な地形、崩壊地内の植生、地質、溪床面の堆積侵蝕状況、溪床面の植生などの判読は1/20,000の写真では困難であることがわかった。そこで43年度にはこれらの項目の判読を行なうにはどんな写真が必要であるか、撮影縮尺、フィルムの種類などについて前橋営林局新築田営林署中条治山事業所管内で縮尺1/5,000のパンクロ写真(普通角)、1/12,000の赤外写真(広角)の新規撮影を約2,700haについて行ない、そのなかからA～E計5ヶ所の崩壊多発区をえらんで既存の1/10,000カラー写真と1/10,000パンクロ写真をも併用して検討した。このときの判読仕様は資料-3の通りである。

(3) 試験の結果

1) 崩壊地の規模

a. 方法決定までの経過

表-1にあるように崩壊地の規模は、平均長、平均巾、面積であり、このうち面積は治山計画において最も重要視される項目であるのでその調査方法についてはいろいろ検討した結果資料-1および資料-2の仕様書に記載した方法に落ちついた。この間の考え方を述べる。

最も簡単な崩壊地の計測方法は、単写真を直接計測する方法であるが、誤差が非常に大きく極端な場合は、100%以上の誤差を生ずる。既成の図面を用いて面積が測れる20～30haの斜面単位毎に、単写真の歪みを補正する方法を考えて試みた結果でも、やはり50%以上の誤差を生ずる場合があり(20～30haの斜面単位に補正を行なっても、崩壊地の大部分が0.1ha前後の大きさなので崩壊の方位と斜面全体の方角が一致しない場合が多く、そのため補正の効果があがらない。また、歪は傾斜の緩急により変化するが、一般に崩壊地の傾斜が斜面全体の傾斜にくらべて急なものも補正の効果があがらない一つの原因と思われる。)、単写真による簡単な計測では充分な結果が得られない。次に写真を立体視しての計測では崩壊地1個毎に傾斜を計測し、単写真の崩壊地面積とその写真上での位置傾斜から正しい面積を求めることが出来るが手作業的に行なう方法なので、治山計画の基礎調査の方法としては適当でない。何故なら伊那谷の例をとると約100haの流域内の崩壊地数は200個以上で、この率で崩壊地が発生すると10,000haの流域では20,000個の崩壊地を計測しなければならなくなる。伊那谷は極端な崩壊多発地帯であるから例外としても、梅ヶ島の1,000ha当り約200個はそれ程珍しい多発地帯でもないから10,000

ha当り2,000個を計測するわけであり、全国的な治山計画のための調査になると手作業的な処理では時間的にも不適当と言わざるを得ない。

結局、大面積の調査を行なう場合には図化機を用いて平面図を描画し、これを計測するのが最も適当と思われる。図化機を用いるのは平面図を描画するためだけでなく、高低測量(後述の崩壊地の傾斜、溪床勾配およびダムサイト等の測量)を同時に能率的に行なうためでもある。図化機を用いて図化すると言えば勿論外注であり相当な経費を要すると考えられがちであるが、多くの林野庁撮影山番号の空中写真のように三角測量のデーターが完備している場合にはha当りの図化単価は、二級図化機A-8使用の場合、調査区域が広ければ90円程度(等高線なしトレースなし縮尺1/10,000)であり、空中三角測量のデーターがない場合でも現地標定を行なわない空中三角測量ですませれば、このための費用としてha当り約15円程度を加算すればよい。

図化機を使用するとポジフィルムの拡大像を見ながら作業をするのでここにいろいろな利点が生ずる。先づフィルムは印画紙では表現できない微妙な色調が表現できるため、崩壊地の日陰部分などの確認ができ、崩壊地の外周が正確におさえられる。次に拡大画像の大きさはフィルム原板の約1.7倍であるから2倍伸しの印画を実体鏡の望遠鏡で立体視した像より大きい。それもフィルムであるから鮮明で大きい。その他にも図化機を利用することの利点はあるが、それぞれの項目で述べることにする。

さて、図化機を用いて図化する場合に図面縮尺をいくりにするかが問題である。大縮尺ならば正確であるが図面の枚数が多くなるし経費も多少はかさむ。それ以上に計測に手間がかかるおそれが生ずる。

比較検討するために検討すべき縮尺の範囲を考えてみた。先づ小縮尺の限度を流域別調査の調査対象面積0.01ha以上という規定を根拠にして1/10,000と定めた。従来、いろいろの崩壊地調査で面積測定はドット・テンプレートによるのが能率的でしかも正確であることが分っており、ドット・テンプレートのうち肉眼で数え得る最も密なものは100点/1cm²で、これで1/10,000の図面を計測すると一点が0.01haとなる。したがって0.01ha以上の崩壊地を能率的に計測しようとする場合、図面縮尺の最小限度は1/10,000と考えられる。次に大縮尺の限度であるが、治山調査では林野庁撮影の縮尺1/20,000～1/25,000の空中写真を利用することを考えているので、図化機の図化可能倍率は約10倍であるから1/2,500が図面縮尺の最大限度となる。空中写真を使つて崩壊地規模を計測した

場合、最も精密な図化図面による計測と実測を比較してみた。

b. 航測と実測

長野県伊那谷の例で縮尺1/2,500の図化図面を100点/1cmのドット・テンプレートで計測した結果と、同じく縮尺1/2,500のコンパス測量図を100点/1cmの同じドット・テンプレートで計測した結果と較べてみよう。表-3の①にあるように崩壊地1個当り0.01ha程度の差であるが、個々の崩壊地について差を検討してみると、大きな差があるのは0.10ha以上のやや大きな崩壊地で、露岩部分、自然復旧部分などの判定が航測(空中写真による測量)と実測で異なっている場合が多く、図化以前の問題で差が生じているようである。したがって治山技術者が崩壊地の輪かくを明示して図化させればこの差は可成り小さくし得ると思われる。

c. 1/2,500図面と1/10,000図面による計測値

結果の正確さに重きを置くなら1/2,500図面の使用が最も好ましいことになるが図化経費や計画図面としての便利さからは縮尺1/10,000の図面が適当であろうと思われる。この2種の計測結果を比較してみた結果は表-3の②の通りで、実測と航測の差の約1/3に過ぎず、1/10,000図面を利用しても差し支えないと思われる。勿論利用目的によつては1/2,500~1/10,000の中間の任意の縮尺図面で計測しても差し支えない。なお規模についての調査項目、長さ、巾、面積のう



図-1 航測図化図
(40年10月撮影)



図-2 実測図
(41年測量)

ち、面積についての検討しか行なわなかつたが、図-1、図-2の伊那谷シラカバ沢の例の如く、崩壊地図化図の形状は航測図と実測図で非常に似ているので、長さ、巾等も航測実測の差は小さいと思われる。

II) 位置

崩壊地の位置は、山腹斜面上における位置を上中下に分けて記載する。判読は2倍伸し写真の立体視により行ない、同一崩壊地の2種の空中写真の判読結果を対比させたのが表-3の④および表-4の①である。

位置の判読については崩壊地の図化図面があればその平面図だけでも読めそうであるが、1/10,000の図面に大きな尾根、沢が記載してある程度では、現地調査で観察する場合に相当する斜面上の位置を判読することは困難な場合が多い。たとえ等高線図化図面があるとしても、細かい尾根、沢の表現はされないから伸し写真による判読の方が正確なようである。

III) 傾斜

傾斜の測定方法には水平距離と標高差から傾斜角の \tan を算出して角度を求める方法と、傾斜角をもつた立体模像を山腹斜面に沿わせて角度を求める方法とがある。前者は正確な結果が得られるが、測定計算に手間がかかる。後者は計測すれば角度そのものが求められる点は簡単であるが、求められる結果は5度とかる度ごとに括約された角度である。2度括約で読める機械に傾斜測図機があるが、この傾斜測図機にかけるための準備作業に手間がかかるので現在では他の方法によつて計測する方が時間経費両面で有利である。表-3にはのせなかつたが、傾斜測図機による傾斜測定結果も大体正しい結果を得られるので、将来機械が改善されれば利用しうる可能性は充分ある。伊那谷の調査では水平距離を平面図で計測し、標高差を図化機によつて読みとる方法で傾斜を算出した。36年と40年の写真の傾斜測定結果を同一崩壊地ごとに対比させた結果は表-3の⑤の通りである。梅ヶ島も同様に調査し、結果は表-4の③の通りである。

IV) 形状

流域別調査では崩壊を表面侵蝕型、深部崩壊型、崖欠型に分類するよう指示されているが、写真による判読で表面侵蝕型、深部崩壊型を分けることは無理があると思われるので、山腹、溪岸の別を伸し写真の立体視により判読するに止めた。結果は表-3の⑥、表-4の③の通りである。同一崩壊地が異種に判読される理由は崩壊地の拡大または復旧によるものと思われる。

番号	検討項目	数値の求め方	対比した崩壊地数	結 果	
①	崩壊地面積と実測値 の比較	航測値P1/2,500図化 40年 100点/cm ドット板にて計測 実測値S コンパス測量 1/1,000図化を1/2,500に 縮小100点/cmドット板にて計測	160個 実測面積 約 19ha	P>S 44 (+)0.92ha P=S 35 0 P<S 81 (-)2.41 計 160 -1.49	1個所当り 0.0093ha 実測値が大きい
②	図化縮尺の差による 崩壊地面積計測値の 差	航測値P1/2,500図化 (36年, 40年) 100点/cm ドット板にて計測 航測値P'1/1,000図化 (36年, 40年) 100点/cm ドット板にて計測	468個	P>P' 216 (+)5.09 P=P' 138 0 P<P' 114 -3.56 計 468 +1.53	1個所当り 0.0033ha 1/2,500 図計測値 が大きい。
③	濃度測定機による崩 壊地面積の計測	航測値P'1/1,000図化 (36年, 40年) 100点/cm ドット板にて計測 航測値P'' 1/1,000図化 濃度測定機で計測	467個	P>P'' 383 (+)11.12 P=P'' 84 (-) 4.09 P<P'' 84 (-) 4.09 計 467 +7.03	1個所当り 0.0151ha ドット板計測の方が 大きい。
④	崩壊地の位置	36年の写真と40年の写真から 崩壊の発生位置を山腹斜面の上中 下に分けて比較	173個	同位置(上上, 中中, 下下)124個 中と上又は下(上中, 中上, 中下, 下中) 39個 上と下(上下, 下上) 10個 計 173個	72% 22% 6% 100.0%

⑤	崩壊地の傾斜	36年の写真と40年の写真から 崩壊地の傾斜を(高低差/水平距 離)で算出して比較	171個	36年>40年 71個 (+) 325° 36年=40年 31個 0° 36年<40年 69個 (-) 533° 計 171個 -208°	平均1個当り 121°40年の方 が大きい。
⑥	山腹崩壊地溪岸崩壊 地の判別	36年の写真と40年の写真から 判別した崩壊地の種別を山腹崩壊 別に比較	172個	同 種 137 異 種 35	(80%) (20%)
⑦	崩壊地の方位	36年の写真と40年の写真から 判別した崩壊地の方位	172個	同 方 位 128 45°差 34 90°差 3 135°差 5 180°差 2	(74%) (20%) (2%) (3%) (1%)
⑧	崩壊地の縦断面形	36年の写真と40年の写真から 判別した縦断面形を凹凸平滑の3 種類の符合により比較した。	173個	同符号(V, -, -, /, \) 117 平滑と他符合(V-, /-, -, -V, -\) 51 異符号(V/, \/, \) 5	(68%) (29%) (3%)
⑨	溪床勾配の航測と実 測の差	測点間隔 50m 総延長 2,050m 航測勾配(40年) P 実測勾配 S	41区間	P>S 23区間 (+)102.2 P=S P<S 18区間 (-)70.2 計 41区間 32.0	平均1区間当り 0.78% 航測が大きい。

番号	検討項目	数値の求め方	対比した崩壊地の数	結 果
①	崩壊地の位置	39年の写真と41年の写真から崩壊の発生位置を山腹斜面の上中下に分けて比較	117	同位置(上上、中中、下下) 103 中と上又は下(上中、中上、中下、下中) 13 上と下(上上、下下) 1 計 117 88%
②	崩壊地の傾斜	39年の写真と41年の写真から崩壊地の傾斜を(高低差/水平距離)で算出して比較	123	39年>41年42個 301° 39年=41年 9個 39年<41年72個-392° 計 123個-91° 平均1個当り 0.74° 41年が大きい。
③	崩壊地の形状	39年の写真と41年の写真で崩壊地を山腹溪岸別に対比	117	同種 111 異種 6 計 117 95% 5%
④	崩壊地の方位	39年の写真と41年の写真から崩壊地の斜面方向を8方位に分けて比較	123	同方位 99 45°差 17 90°" 6 135°" 1 計 123 80% 14% 5% 1% 100%
⑤	溪床の測点高	実測点の高さSを航測の高さPと比較	対比した測点 112	P>S 58個+103.4m P=S 1個 P<S 53個-85.2m 平均1点当り 0.16m航測 値が大きい。

V) 方位

II) の位置と同様な理由で伸し写真の立体視により崩壊地の斜面方向を8方位で示した。結果は表-3の⑦および表-4の④の通りである。

VI) 植生

崩壊地周辺林相と崩壊地内植生がある。周辺林相については森林資源調査の手法がそのまま利用できるのでは問題はないが、崩壊地内の植生はおおむね、草本や灌木類が主であるから、主林木よりも判読は困難である。1/20,000を用いた伊那谷及び梅ヶ島における調査では写真の濃淡で崩壊地内の植生の確認は出来るが、崩壊面のどこに植生があるかは判然とはわからない。これは、縮尺が小さいので個々の植生までは写真が表現していないためと、崩壊地が周囲の林地と比較して明るすぎるので、崩壊地のハレーションが著しいために、判読が困難になると考えられる。つまり、縮尺と、フィルムの能力(解像力という意味を含まない)の2つの面に問題があることが分つた。そこで43年度は中条地区で縮尺、フィルムの種類のちがいによる植生判読の可否の検討を行なった。

1/5,000のパンクロ写真による観察と現地調査の対比を下記の通りに行なった。

B. 調査地

崩壊地に導入および自然侵入した植物の状況について調査した斜面は、昭和42年8月下旬の集中豪雨によつて、アカマツ幼令林(4~6年生)に発生した多数の板状剝離型崩壊地で、地質は深層風化花崗岩である。斜面内の起伏は少なく比較的平滑な崩壊面であるが、雨裂が多数みとめられる。

導入植生による緑化斜面は、昭和43年6月にヘリコプター実播工施工されたもので、播種後約5ヶ月(生育期間では約4ヶ月)経過したところである。

実播に用いた植物種子は次のようなものであるが、

ウイーピングラブグラス	20kg/ha
ケンタツキ-31フエスク	30
ススキ	50
イタドリ	40
ヨモギ	30
イタチハギ	20
ヤマハギ	5
メドハギ	25

現地では生育している植物種はほとんどウービングラグラスの単一的植物構成となっていて、ごく一部にイタドリ、ヨモギ、ススキなどの雑草が点生するにすぎない。

自然侵入植物はほとんどみとめられないが、多くの崩壊斜面には、点状、島状に滑落残積土があり、これに既存の植生が残留生育している。

b. 調査方法

実地施工斜面については、植物の生育状況を疎密の度合いによつて区分し、1㎡方形の調査プロットをできるだけ多くとるようにし(連続してとれるところは10個ほど)、被覆率(全植物被覆率、植物種類別被覆率)、生育量(重量)、生育密度(本数)などを測定して、比較判別の資料とした。

既往植生が崩壊斜面内に点状、島状に残留するところについては、林地土じよりの上に地被植物が密生しているものが多いので、植物の被覆度を記載するにとどめた。

c. 調査結果と写真判読の対比

ヘリコプター実地によるウービングラグラスの単一的植物種類による緑化形成の斜面では、一般に隣接林地の植生にくらべて、淡色である。光線が適当の状態では撮影された部分については、植物の疎密程度は、写真の濃淡として、かなり明瞭に区別され、緑化状況の判別に役立つ。しかし、崩壊地の斜面方位により、ハレーション部分の疎生地は、ほとんど識別が不能に近く、面的に緑化被覆されているところでも、生育量および生育密度の小さいところでは判別が困難になる。

既存植物が、滑落残積土とともに斜面に点状、島状に残留するところは、ほとんど明瞭に判別される。ごく小規模点状の場合は、ハレーション部分でやや不明瞭になる。

導入植物の種類判読については、この調査地では、ウービングラグラスの単一的植生のため検討できなかった。

既存植物の種類についても、草木および小低木状の植生のため、判読は困難であった。

vii) 地質

岩石の種類を写真で判読する技術は未だに確立されておらず、一部の技術者が研究として行なっている段階で、その研究結果も中率は可成り低いので、まだ実用の段階でないと考えよう。

岩石の風化、割目の多少、もまれ方などについては、写真上でいわゆるリニアメントを見出すことは可能であるが、写真上に見えたリニアメントと崩壊あるいは荒廃の数量的な因果関係が解明されていないため、現在では写真による判読で事業計画のための地質の調査を行なうことは困難な面が多い。

viii) その他、崩壊地に関する項目

崩壊面における侵食状況、残留土量、拡大見込量等の判読はむづかしい。崩壊面のハ

表-5 崩壊地内植生の判読 43年 中 冬

調査地	調査場所	植物生育状況				写真判読	真説	備考	考
		被覆率(%)	生育量(g/m ²)	生育密度(本/m ²)	疎密区分				
A ヘリコプター実地施工斜面	1	(1)	7.5	181	疎	ハレーション	ハレーション	雨裂部分に生育。	ウービングラグラスの単一的植生
		(2)	71.0	647	中	中	中	面状に生育。	"
		(3)	31.2	495	中	中	中	おもに雨裂部分に生育。	"
	2	(1)	264.0	3100	密	濃	濃	面状に生育。	"
		(2)	25.6	373	疎	淡	淡	雨裂部分に生育。	"
		(3)	100		密	濃	濃	小規模群状。	"
	4	(1)	4.4	85	疎	ハレーション	ハレーション	雨裂部分に生育。	"
		(2)	94.0	1527	中	中	中	うすく面状に生育。	"
		(3)	295.0	2743	密	中	中	凹地に群状に生育。	"
	5	(1)	1.2	39	疎	ハレーション	ハレーション	崖い斜面、まばらな生育。	"
		(2)	46.0	1345	中	淡	淡	うすく面状に生育。	"
		(3)	605.0	65	密	中	中	面状に生育。	ススキ、ウラボ
	B 1	(1)	129	150	疎	淡	淡	雨裂部分に生育。	ウービングラグラスの単一的植生
		(2)	122.0	1305	密	中	中	凹地に群状に生育。	"
		(3)	238.0	3088	密	濃	濃	"	"

調査地	植物生育状況				写真	真説	備考
	調査場所	被覆率 (%)	生育量 (g/m ²)	生育密度 (本/m ²)			
D 未施工斜面	崩壊地	1		密	濃	濃	滑落残植生の 既存植生 (点状)。ネザサ50%、スゲSP.50%、イヌツグ5%
	地区	2		密	中	濃	" (点状)。ネザサ70%、キイチゴ50%
		3		密	濃	濃	" (島状)。" 80%、ワラビ 40%
		4		密	濃	濃	" (島状)。ネザサ50%、ハコネウツギ40% サルトリイバラ30%
				密	中	濃	" (点状)。ネザサ90%、ミズキ70%、スゲSP.30%
				密	濃	濃	" (島状)。" 30%、ツツジ80%、ヒサカキ10%
				密	濃	濃	" (")。" 100%、コナラ20%、イヌツグ10%

注
疎 …… ~ 29g/m²
中 …… 30~99g/m²
密 …… 100g/m² ~

表-6 崩壊面の侵蝕状況の判読 43年 中条

崩壊地番号	侵蝕の大きさ			写真判読 の可否	備考
	巾	深さ	長さ		
C-1	10cm	10cm	300cm	X	
"	100	60	250	○	
"	20	15~20	400	?	
C-2	60	40	1000	○	
"	5	5	-	X	長さ3~5m多数のリル
"	3,0 50	50	800	○	
E-1	80 100	40	500	○	
"	20	20	-	?	長さ3~10m多数のリル
"	30	20	-	?	" "
E-2	5 10	20	-	X	" "
E-3	5	3~5	-	X	" "

引伸して1/2,000の写真を反射実体鏡の望遠鏡で観察した。

- は空中写真で判読可能
? は現地の侵蝕状況を知らなければ写真で判読不可能
X は写真で判読不可能

レーションの問題もあるが、むしろ撮影縮尺1/20,000~25,000の写真では1m前後の小さい物や深さを判読しようとするのが無理な注文であろう。43年度に中条地区でC, Eの調査地について1/5,000の空中写真を2.5倍伸して用い崩壊地表面の侵蝕状況を判読した結果が表-6で、深さ・巾が30cmをこえるものは判読できるようである。

施工状況は写真で明らかな場合も多いが、ダムサイトに木が覆い茂っている場合や、

山腹施工地が成林した場合等は見落してしまうから過去の記録から調査の方が早く正確である。勿論堰堤体積などを要求される場合はなおさらである。

IX) 溪床勾配

溪床勾配を写真による測定と実測の両方を行なつて比較した結果が表-3の⑧および表-4の⑨である。溪床勾配の計測は実測では流れの屈曲及び溪床勾配の変化に従つて変化点の流心の最低点に測点を置き斜距離と高低角を測るのが普通である。ところが航測では1/10,000図化図を用いて水平距離を求め、図化機の標高の読みによつて高低差を求め、勾配を算出するのであるから多少の方法の相異が生ずる。

先づ測点間の距離は図上5mm(現地50m)が最小限度と思われる。即ち図上0.1mm迄正確に測定出来るとしても水平距離の誤差は現地1mになる。従つて調査に際しては溪流内の測点を図上5mmの等間隔に設けて測定をした。そこで勾配や流心の変化点に測点が行かない場合の方が多く実測方法とのずれがある。こうして求められた航測による溪床横断面図を実測のそれと較べた結果、当然ではあるが実測の方が細かい勾配の変化をよく表現し得るのに対し航測では累積誤差を生じないという特徴を持っている。

流域別調査では、溪床勾配は溪床荒廃地ごとに平均勾配を多で表わすことになつてゐるため航測結果でも充分と思われる。

X) 溪床石礫構成、その他

VIII)でも述べたように1m以下の、一般の溪床に非常に多くある石については撮影縮尺1/20,000~1/25,000の空中写真で判読するのは無理と思われる。荒廃の型(侵食、堆積の別)も同様な理由で現地調査を必要とする。

XI) ダムサイトの調査

山地治山事業計画を山腹工と溪間工に分けて計画数量の基になる因子を考えると、山腹工では崩壊面積、溪間工では溪流荒廃面積あるいは溪床不安定土砂量である。このうち山腹工の数量は施工の必要な箇所をそのまま計上すればよいが、溪間工の数量は堰堤を作る位置によつて貯砂量、安定面積が変化するので、荒廃面積や不安定土砂量が分つていても溪間工の数量は確定しない。

そこでダムサイトの決定とその溪床横断面図の作成を空中写真によつて行なつてみた。

2倍伸しの印画を立体視し、溪流をたどることによつてダムサイトらしき箇所をさがし、次に箇所毎に2.5倍の望遠鏡でさらにダムサイトとして適当かどうか、また適当な場合その附近で最もよい場所とその方向とを赤線で記入し図化機の作業に廻す。

1万分の1図化作業を行なう際ダムサイトの位置を図化機の座標系で記憶しておき、1万分の1図化終了後再びダムサイトに戻つて図化機のパンタグラフを1/2,500図化にセットし直し、約5m間隔に測点を設けて標高測定を行なう。1/2,500に図化された測点の水平間隔をルーペを用いて正確に測定して横断面図を作成する。

伊那谷では10ヶ所、梅ヶ島では11ヶ所のダムサイトをえらんで横断面図を作成した結果次のことが分つた。

実測と航測(写真測量)の比較例が図-3、図-4である。この例は比較的実測と航測が一致しているが、実測と航測が一致しない例について検討してみると、次の2つの理由が考えられる。一つはダムサイト附近に大きな立木があり、その樹冠が邪魔をして正確な写真測量が出来ない場合(この場合はダムサイトが暗くなるのも影響しているかも知れない)、他の一つは赤鉛筆で引いた測定予定線に巾があるので本当のダムサイトから外れて写真測量を行なつてしまつた場合である。前の問題は図化機の画像倍率を最大限に使つて測量すればよりよい結果が得られると思われるし、後の問題は鉛筆の代りにペンを用いることによつて解決される。

写真上でダムサイトと判定した場所は、現地へ行つてみると非常によいダムサイトであるが、実際の溪間工の計画ではダムの数も多くなるので、もつと広い横断面にダムを作る場合もある。したがつて実際の溪間工の計画を立案するためには、よいダムサイト

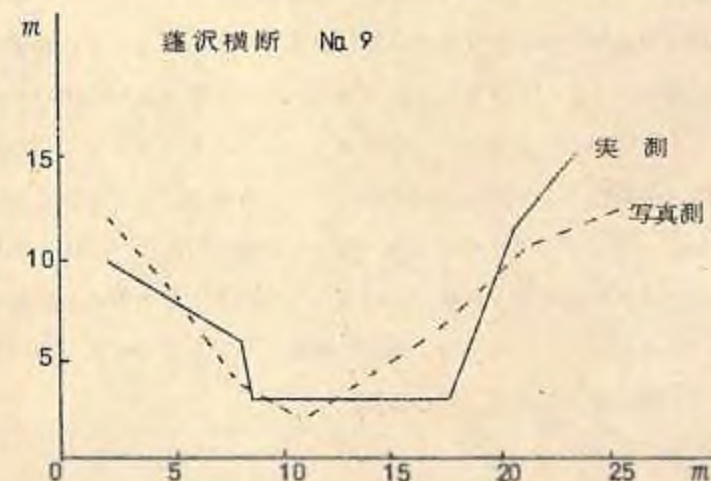


図-3 溪床横断面図



図-4 溪床横断面図

だけでなく他の溪流横断面も計測しなければならないが、広い横断面の計測は見やすい箇所だけに問題が少ないといえよう。

xii) 各項共通事項

a. フィルムの種類と判読

これまでにのべた各項目のうち、崩壊面の判読、崩壊地の植生などについて、パンクロ、赤外、カラーなどによる判読の優劣を検討した。パンクロ写真は判読対象が鮮明にうつる点で他のフィルムよりすぐれているが崩壊地表面のハレーションが著しく、少量の植生、小規模な侵蝕などは判読できない場合が多い。赤外フィルムは通常赤外用フィルターを用いて撮影するが、こうした赤外写真は、コントラストが強過ぎるので、今回はフィルターなしで撮影を行なった。赤外写真は、ハレーションによる判読困難は全くないが、崩壊地や溪流のような凹んだ地形は、暗いこともあつてか崩壊面の侵蝕状況や植生は判然としない点でパンクロにおとる。カラーは特に植生の判読には適していると思われるが、パンクロに比しての優劣については、今回のカラー写真が縮尺約 1/12,000 であつたため、カラーが植生判読に有利であると言いきれない。フィルムの種類と崩壊地の判読の難易を表-7 に示した。

b. 撮影縮尺と判読

4 1 年伊那谷 4 2 年梅ヶ島の調査で撮影縮尺 1/20,000 の空中写真(パンクロ)では判読が困難であつた植生と侵蝕堆積状況について、撮影縮尺 1/5,000 の空中写

真(パンクロ)を用いて判読した。1/5,000 の写真は堆積状況については的確な判読はできないが植生と、侵蝕状況などについては崩壊地の露出が過大でなければ判読しうる。

表-7 崩壊地の判読とフィルムの種類

	崩壊地表面の鮮明度	崩壊地表面のハレーションによる判読困難	崩壊地内植生判読	崩壊地内侵蝕の判読
パンクロ	鮮明	著しい	やや困難	適
赤外	不鮮明	ない	不適	不適
カラー	中間	ややある	適	適

表-8 1/20,000 空中写真による調査の可否

(1) 一般崩壊地の場合

規模			位置	傾斜	形状	方位	植生			地質	侵蝕状況	残留土量	拡大見込量	施工状況		保全対象
平均長	平均巾	面積					種類	占有率	周辺林相					山腹	溪間	
		○・○一ha以上	斜面上の位置	急・中・緩	タイプ		木本・草本				多・中・少	m	m			直接のもの
○	○	○	○	○	○	○	? 注1	? 注2	○	?	X 注3	X	X	○	△	○

注1、注2 : 1/5,000 空中写真を用いた調査では種類(木草別)は○、占有率も多少の問題があるが○である。

注3 : 1/5,000 空中写真を用いた調査では○

○ : 判読可能 × : 判読不可能

? : 判読に問題がある。△ : 判読できる場合もある。

(2) 溪床荒廃地の場合

規 模					溪 床 勾 配	石 礫 構 成	植 生		荒 廃 の 型	保 全 対 象	ダ ム サ イ ト
延 長	平 均 巾	面 積	平 均 深	土 砂 量			種 類	占 有 率			
○	○	○	X	X	○	X	? 注4	? 注5	X	○	○ 注6

注4, 注5 : 崩壊地の場合と同じく1/5,000の空中写真では○

注6 : やや不完全な点もある。

c 広角と普通角

一般に山地は傾斜が急なので広角より普通角の方が適している。梅ヶ島の調査の結果では現地調査で存在する相当数の崩壊地が写真図化では見落されている。この原因を検討してみると、梅ヶ島は地形が急なのに広角で写したので急傾斜の崩壊地がよく写っていないためと、立木の樹冠のかぶりで崩壊面がうつらない場合があるためと推定される。また広角では画角の隅の方の像の歪みが大きいことも原因と考えられる。これらの問題は普通角では広角程いちぢるしくないから、地形の急しゆんな治山事業の調査地では一般に普通角が適している。

以上Ⅰ)~Ⅺ)の結果を簡単な表にまとめると表-8になる。

(4) ま と め

以上述べてきた結果から治山計画への写真利用について要約すると次のようになる。

- Ⅰ) 撮影に使用するフィルムは解像力、露出の許容範囲、利用上の普遍性、コストなどを総合して一般にはパンクロフィルムが適当である。
- Ⅱ) 撮影には普通角レンズを用いて、崩壊地や溪流荒廃地に適した露出で撮影することが望ましい。

Ⅲ) 縮尺1/20,000の空中写真では、植生、侵食堆積などの判読に問題があり、これらの判読は1/5,000の空中写真である程度可能である。しかし、総合的に考えると、突発的災害以外の一般の治山計画のための治山調査は既存の空中写真による調査を現地調査で補足しながら行なうのが妥当であろう。

Ⅳ) 崩壊地の位置、形状、方位、植生、侵蝕状況、施工状況などを調査するには伸し写真の立体視による判読が適当な方法と思われるが、長さ、巾、面積、傾斜など計測を行なう事項については大量の判読の場合には図化機を用いて崩壊地の平面図(等高線は不要)を作成しこれを計測する方法が適当と思われる。崩壊面積を測定するために濃度測定機、傾斜測定に傾斜測図機があるが将来これらの機械が改良されればとり入れて利用すべきであろう。現在はコストの点で図化図作成のあとの作業は手作業で行なう方が有利である。

Ⅴ) 山腹工の設計などで1/1,000図面を作るに十分な精度を要求する場合は1/20,000より大きい縮尺の撮影が必要になる。この場合は、1/5,000の縮尺なら申し分ないが判読または図化の仕様によつては1/10,000でも充分である。

Ⅵ) 過去に於ける流域状況の調査や急を要する災害調査などで空中写真はその効用を十二分に発揮するが特に過去における荒廃状況を調べ得ることは空中写真の大きな利点の1つで復旧治山の資料として崩壊地の推移を調べる際には空中写真の利用が不可欠である。

1. } 省略
2. }

3. 調査項目および調査要領

(1) 崩壊地に関する調査

2種の空中写真の各々について次の調査を行なう。

(i) 崩壊地の平面図化

1級図化機を用いて $\frac{1}{10,000}$ の崩壊地の平面図を描く。ただし、0.01 ha 未満の崩壊地は省略しても差し支えない。同時に峯線および溪流を描く。描がかれた崩壊地の全部について(ii)~(ix)の各調査を行ない、その結果を第1表に記入する。図化の際に山腹崩壊と溪岸崩壊を区分しておく。

(ii) 崩壊地面積の測定

0.01 ha 単位まで読めるような方法で平面図に描がかれた崩壊地面積を計測する。

(iii) 崩壊地の縦断面形

崩壊地の縦断面形を $\frac{1}{1,000}$ の図面に描く。溪流との位置関係を同時に記入する。

(iv) 崩壊地の発生位置

崩壊が発生した山腹斜面の峯から谷まで上中下に分けて該当する位置に○印をつける(1つに限らない)。

(v) 崩壊地の方位

崩壊面が向いている方位を8方位で表わす。

(vi) 崩壊地の傾斜

崩壊地の傾斜を±3°以内の誤差で計測し、その数値を記入する。

(vii) 崩壊地の形状

崩壊地の最大傾斜線方向の水平長を計測し、 $\frac{\text{崩壊地面積}}{(\text{水平長})^2}$ = 形状係数として記入する。

(viii) 周辺林相

崩壊地の中央より上方周縁を針、広、混別に20年未満および20年以上およびその他に分けて記入する。

(ix) 崩壊地内の植生

崩壊地に侵入した植生の粗密度を10%単位に本草別に記入する。

(2) 溪流荒廃地に関する調査

2種の空中写真のおののについて次の調査を行なう。

(i) 溪流の平面図化

崩壊地の平面化と同時に溪流の平面図化を行なう。溪流の末端は溪床巾5m以下の部分を省略する。

(ii) 荒廃溪流の記載

平面図に図化された溪流のうち侵蝕または堆積により荒廃している、あるいは荒廃したと思われる場所を朱書で明示する。

(iii) 溪流荒廃地面積の測定

溪流幅の変化点ごとに幅を測定し、測定点から次の測定点までの距離を平面図上で測定し、第2表により面積を算出する。幅の測定は±1m以内の誤差で測定し得るような方法で、測定間の距離の測定は±5m以内の誤差で測定し得る方法で行なう。

(iv) 溪床縦断面の図化

(i)で平面図化された溪流のすべて(荒廃の有無にかかわらず)についてその縦断面図を描く。縮尺は水平距離千分の1、垂直距離百分の1とする。

(v) 溪床横断面の図化

あらかじめ指定された箇所について百分の1の縮尺で横断面図を作成する。

(vi) 侵入植生

溪流荒廃地内に侵入した植生を本草別に10%単位で第2表に記入する。

(3) 機械による面積および傾斜の測定

崩壊地面積の測定、溪流荒廃面積の測定および傾斜の測定を機械により行なつた結果と手作業による結果を対比させるため次の作業を行なう。

(i) 崩壊地面積の測定

白樺沢、岩倉沢に分けて、また山腹、溪岸別にそれぞれの沢の流域内にある崩壊地の面積を濃度測定機により測定する。($\frac{1}{10,000}$ 平面図使用)

(ii) 溪流荒廃地面積の測定

白樺沢、岩倉沢のそれぞれの流域内にある溪流荒廃地の面積を濃度測定機により測定する。($\frac{1}{10,000}$ 平面図)

(四) 傾斜の測定

傾斜測図機を用いて調査対照区域のうち1モデルにはいる崩壊地および溪流の傾斜および勾配を測定する。

第 1 表 崩 壊 地 調 査 表

沢 名	崩壊地 番 号	面 積 ha	山 腹 溪 岸 別	縦 断 面	発生位置			方 位	傾 斜
					上	中	下		

第 2 表 溪 流 荒 廃 地 調 査 表

沢 名	区 間 番 号	測 点 番 号	溪 床 巾 m	区 間 平 均 巾 m	区 間 延 長 m	面 積 ha
		0				
	1	1				
	2	2				
	3	3				
	4	4				

形 状		崩壊地内の植生			周 辺 林 相					備 考
長さm	係 数	木 多	草 多	その他多	針	広	混	20~	0~20	

区 間 標 高 差 m	区 間 勾 配 標高差 (延長) %	溪流荒廃地内侵入植生			備 考
		木 多	草 多	その他多	

1. 省 略
- 2.

3. 調査項目及び調査要領

(1) 崩壊地に関する調査

2種の空中写真の各々について次の調査を行なう。

(i) 崩壊地の平面図化

2級図化機を用いて $\frac{1}{10,000}$ の崩壊地の平面図を描く。但し0.01ha未満の崩壊地は省略して差し支えない。同時に峯線及び溪流を描く。描がかれた崩壊地の全部について(ii)~(ix)の各種調査を行ない、その結果を表1に記入する。

(ii) 崩壊地番号の記入

同一斜面上に発生し発生原因を共にする崩壊地は1個として沢別に通して崩壊番号を附する。

(iii) 崩壊地面積の測定

1cmに100点のドットテンプレートで平面図に描かれた崩壊地面積を計測する。

(iv) 崩壊地の縦断面形

崩壊地の縦断面形を凹凸平滑、複合(V、Λ、一、VVの各符合であらわす)に分けて表1に記入する。

(v) 崩壊地の方位

崩壊地が向いている方位を8方位であらわす。

(vi) 崩壊地の発生位置

崩壊地の発生した山腹斜面に崩壊地を通る最大傾斜線を想定し峯から谷までを上中下に分けて発生位置を表1に記入する。

(vii) 崩壊地の傾斜

最大傾斜線方向の傾斜を水平距離は1/10,000平面図上に指針した2点間の距離を計測し標高差は指針点の標高を図化機によつて読み取り標高差/水平距離($=\tan \theta$)であらわす。

(viii) 崩壊地の形状

(vii)で求めた水平距離と(viii)で求めた崩壊面積から面積/(水平長)²=形状係数を算出する。

(ix) 周辺林相

崩壊地の中央より上方周縁の林相を針広混別、20未満及び20年以上別、その他に分けて記入する。

その他については草地等を記入する。

(x) 崩壊地内の植生

崩壊地に生育している植生を粗密度10%単位木草別に記入する。

(2) 溪流荒廃地に関する調査

(i) 溪流の平面図化

崩壊地の平面図化と同時に溪流の平面図化を行なう。溪流の末端は溪床勾配20°の点とする。

(ii) 荒廃溪流の記載

図化された溪流のうち侵蝕または堆積によつて荒廃している、あるいは荒廃したと思われる場所を朱書で明示する。

(iii) 溪流荒廃地面積の測定

溪流の延長50m毎に溪流巾を指針測定し表2によつて面積を算出する。溪流巾の計測は図面上で0.1mm(現地1m)単位で行なうものとする。

(iv) 溪床縦断面の図化

荒廃の有無にかかわらず溪流のすべてについて50m間隔に測点を取り、その縦断面図を描く、縮尺は水平距離1/1,000、垂直1/500とする。溪流と山腹の境は勾配約20°の点とする。

(v) 溪床横断面の図化

指定された10箇所のダムサイトの横断を計測する。水平距離計測のために横断測定線のための1/2,500の図化を行ない、水平距離約5m間隔に標高測定を行ない測定点を指針、水平距離を測定する。

測定結果を1/200図面に展開する。

(vi) 植生

溪流内に生育した植生を木草別10%単位で記入する。

表 1 崩壊地調査表

沢名	崩壊地 番 号	面 積 ha	山腹溪岸別		縦断面	発生位置			方 位	傾 斜		
			山腹	溪岸		上	中	下		水平 距離	標高 差	勾配

表 2 溪流荒廃地調査表

沢名	区間番号	測定番号	溪床中	区間平均巾	区間延長	面積
			m			
	1	0		m	m	ha
	2	1				
		2				

形 状		崩壊地内の植生			周 辺 林 相						備 考
					林 地				草 地		
長さm	系 数	木 %	草 %	その他%	針	広	混	20～	0～20	その他	

区間標高差	区間勾配 (標高差× 100/延長)	溪流荒廃地内侵入植生			備 考
		木 %	草 %	その他%	
m	%				

空中写真判読調査委託仕様書

昭和43年度中条地区

1. }
2. } 省略
3. }

4. 作業の内容

(1) 平面図化

縮尺1/5,000のパンクロ写真を用い、主な峯線、谷線、崩壊地を縮尺1/1,000で図化する。使用図化機は2級図化機A-8とする。空中三角の骨格測量に赤外写真を用いる。

(2) 判読

崩壊地内の雨裂、崩壊地内の土砂堆積部、崩壊地内の植生分布を判読し上記1/1,000図化図になるべく図化機を用いて記入する。

(I) 雨裂についてはその中心線を記入し巾が判読できるものについてはその巾を適当な間隔で計測記入する。

(II) 崩壊地内の土砂堆積部の上端を点線で記入する。

(III) 崩壊地内の植生を多、中、少、無に分けて図面内に記入する。尚A地区、B地区、D地区については、多、中、少のモデルを1/1,000のパンクロ写真(約5倍部分伸し)で示す。

(3) 傾斜

A地区の崩壊地の最高点と最低点を測定し標高差を出す。測定点は図面上で明示する。

5. 成果品の納入

上記の作業の結果出来た図面及びその青焼き3部を納入する。又作業に伴つて生じた成果で作業発注者の要求するものを提出する。