

昭和 5 8 年 度

国有林野事業特別会計 技術開発試験成績報告書

(完 了 分)



昭和 5 9 年 1 0 月



02000-00043112-0

林 業 試 験 場

昭和58年度国有林野事業特別
会計技術開発試験成績報告書

目 次

1. 簡易な小型電算機による林道設計システムの開発 1
(O D C 383. 1, 686. 3)
2. ブナ林および亜高山帯林の更新保育施業の体系化 81
3. 崩壊斜面の落石防止 135

簡易な小型電算機による林道設計
システムの開発

簡易な小型電算機による林道設計システム の開発 (ODC 383.1, 686.3)

I 試験担当者

機械化部林道研究室	福 田 章 史
"	井 上 源 基
"	市 原 恒 一

II 試験目的

本研究の目的は、いわゆるパーソナルコンピュータを用いて林道の自動設計をおこなおうとするもので、近年非常な発達をとげたマイクロエレクトロニクスの技術により、マイクロコンピュータ、パーソナルコンピュータが相当高度なものとなり、しかも比較的安価となってきたため、林道関係の各事業体にも導入されてきており、その有効な利用を図って、効率的にかつ林業施業や地域の環境条件へのきめの細い配慮のいきとどいた林道を設計できるようにしようとするものである。

林道の自動設計の研究は大型計算機を利用したものは既におこなわれており、実用化されている。しかしパーソナルコンピュータでは、記憶容量、計算速度の点で制限されているため、自動設計をおこなうにしても、おのずと異った手法が必要である。個人が専用で用いることができるというパーソナルコンピュータの利点を生かし、先に述べた制限をカバーする手法として、対話形式のプログラム手法が適当である。大型計算機では、データを入力してから結果を出力するまでを一貫しておこない、あらかじめ決定した条件で計算をするため、計算の途中で設計者が介入することは困難である。それに対しパーソナルコンピュータは、設計者の手元にあつて、途中結果を見ながら計算を進められるので、設計者の知識や経験、意図等をその都度コンピュータに指示していくプログラムを作ることが容易である。このようなプログラムを対話形式のプログラムといい、プログラム容量の減少、プログラム化しにくい人間的要素の介入がおこなえる。これらのことから、従来の設計方法と大型の電算機を用いた方法の中間的位置にある対話形式のプログラムによる自動設計を研究の目的とした。

また、近年、携帯のできる電算機（ハンドヘルドコンピュータ）ともいうべき、プログラム電卓が進歩した計算機が市販されてきており、これらはBASIC言語でプログラムが可能で、データをカセットテープ等と記憶する機能をそなえている。また光波距離計等の測量機器にもマイ

- (1) 現場の林道技術者（電算機の専門家でない）が容易に使えるものであること。
- (2) 重要な判断は、主として設計者がおこない、電算機の負担を軽くすると同時に、設計者の意図、知識、経験が充分設計に生かせるようにすること。
- (3) 単純な計算、図化は計算機におこなわせ、グラフィックディスプレイ等を用い、何回でも条件を変えて修正が容易に能率よくおこなえること。
- (4) できるかぎり、「林道規定」やその基準・要領に準ずるものであること。

このような原則にもとづき、現在市販されているパーソナルコンピュータの仕様を比較検討し、外部装置と合わせて林道自動設計のための装置を構成した。また全体の設計の流れ図を作成し、その要素となるプログラムを順次開発していった。全体の流れ図を図-1に示す。

今回用いた装置および設計の考え方についての概略は次に述べるとおりである。

1-1 林道自動設計装置の概要

本研究で用いたパーソナルコンピュータを中心とするシステムの概略を図-2に示す。

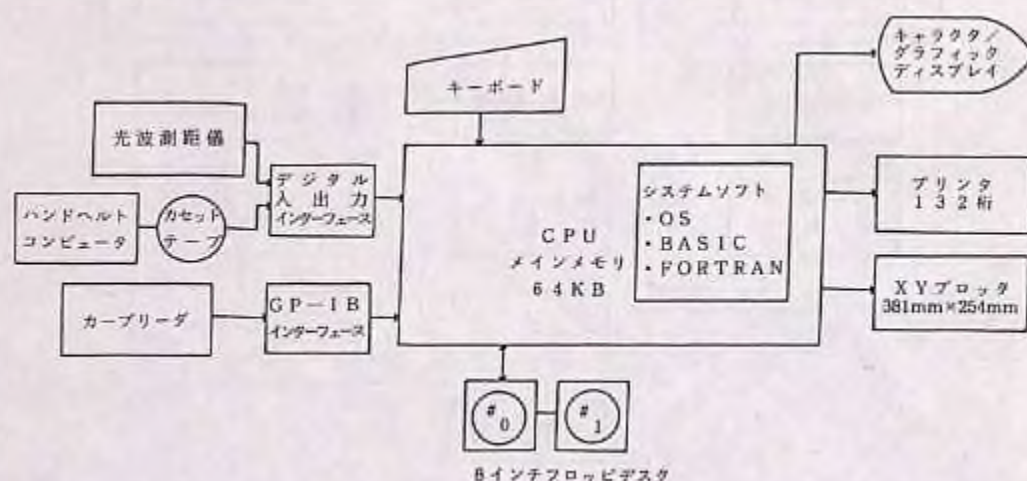


図-2 林道設計システムの構成

現在パーソナルコンピュータで最も標準的なZ80マイクロプロセッサを用いたパーソナルコンピュータ本体に、外部装置として、8インチフロッピーディスク2台、プリンタ、グラフィックディスプレイとキャラクターディスプレイを兼用したCRT、それにXYプロッタにより構成されている。この構成は、XYプロッタを除けば、ビジネス用のパーソナルコンピュータとして標準的なものであり、50万円～100万円程度で購入できる。

本研究で開発したプログラムを用いるためには、以上のシステムが最低限必要である。さらに、測量データの自動入力をおこなうためにデジタル入力インターフェース、地図等のデータの座標を入力するための座標読取装置（デジタイザ）等が電算機を有効利用する上で必要である。

パーソナルコンピュータで最も多く用いられている言語はBASICであり、本研究においてもBASICを主に用いた。ただBASICには、FORTRANと異り確立した標準がなく、機種により若干仕様が異なる。そこで、プログラムの作成にあたっては、できるだけ標準的なBASICのコマンドのみを用い、他機種への移植を容易にするように努めた。しかし、ディスクファイルの入出力、グラフィックディスプレイやXYプロッタの図化等のコマンドは標準的とは言えないため、これらのコマンドは、多くサブルーチンとし、移植性を考慮した。

このシステムの仕様については表-1に示した。フロッピーディスクの容量、プリンタの仕様、グラフィックディスプレイの表示可能なドット数についてはこれと若干異ってもプログラムの手直しで対応可能である。

表-1 林道自動設計装置の仕様

本 体	SORD M 223 mark V
メモリー	64 Kバイト
CRTディスプレイ	80字×24行
グラフィック	512×256ドット、モノクロ
8インチフロッピー	1 Mバイト×2台
プリンタ	132桁シリアルプリンタ
XYプロッタ	渡辺測器 WX 4631 図化面積 381mm×254mm

1-2 林道測量の自動化

測量の自動化は、航空写真を利用するもの、大縮尺の地形図、あるいはデジタルマップを利用するもの等が考えられるが、現実として実施設計に用いるにはいたっていない。

本研究としては、測量は従来の方法でおこない、データを自動記録することと、それを後段の設計に用いるため、電算機に直接入力する方法について検討した。

具体的には、BASICでプログラムができ、カセットテープへデータ出力が可能な電卓（シャープPC-1211）を用い、現地でIPの設定をおこない、そのデータを入力すると、曲線設定

のための諸数値を計算・表示し、同時にカセットテープにそれらのデータを記録するプログラムを開発し、現地試験をおこなった。

また光波測距儀を用いて距離の測定と角度の測定をして、IPの設定、曲線の設定をおこない、これもまた、同時に測量データをカセットテープに記録し、パーソナルコンピュータに自動入力することを検討した。

1-3 平面の設計

平面測量の結果を測量野帖からパーソナルコンピュータにキーボードから入力し、あるいは前述のカセットテープより自動入力し、XYプロッタで図化をおこなうプログラムを開発した。

電算機についての知識がなくても操作が可能のように、必要な操作は、電算機がその都度指示し、データをキーボードから入力する場合も野帖をそのまま入力すればよい形式とした。結果はCRTで確認した後、図面はXYプロッタに、曲線表はプリンタに出力される。またフロッピーディスクにデータファイルが作成され、後段の計算に用いられる。任意の時点での作業の中断、再開、あるいは後もどりしてのデータの修正等が可能である。

なお、先にも述べた様に、等高線、地況等の図化は困難であるので、IP点、BC、MC、EC、距離杭(20mおき)、曲線半径等の図化のみにとどめ、他は必要に応じ手作業で引き加えることとした。

1-4 縦断面図の設計

平面図と同様に、縦断面測量の結果を野帖等より入力することにより、グラフィックディスプレイに、地形線が図化され、それを見ながら、簡単な指示を与えると、計画線が抽かれる。これに修正を加え、横断面図の設計とフィードバックを繰り返しながら、計画線を決定していくプログラムを開発した。

縦断計画線の決定は、林道設計において最も重要な問題のひとつであり、この決定に際しては、様々な因子を考慮しなければならない。これらをプログラム化することは困難であり、設計者の経験にたよるところも多いといえる。そこで本研究では、計画線の決定は設計者がおこなうことを主とし、必要に応じて暫定的に計画線を決定しておいて、横断面の設計、あるいは、平面の路線の修正を試みてみたりしながら、再度、計画線に修正を加える等フィードバックをおこないながら、最終的な決定をすることとした。計画線を決定した後は、XYプロッタにより図化される。ここで作成された図面は、ほぼ設計要領の条件を満たしているものである。

これに加えて、縦断計画線の決定の資料として、電算機によって最適計画線の計算をおこなうことも必要と考え、パーソナルコンピュータで実用的に用いることのできる最適計画線選定のプ

ログラムも検討した。

1-5 横断面の設計

横断面の設計は、標準的な土工定規の選定、構造物の位置や工種の決定等、様々な問題があり、パーソナルコンピュータでは困難であり、まだプログラムの開発はおこなっていない。上記の土工定規の標準化、構造物の設計の標準化を検討すると共に、自動設計は今後に残された課題である。

1-6 各種数量計算

これについては、国、県で用いられている設計要領、単価表等の資料を収集し、プログラムの基本的な考え方を検討したが、プログラムの開発はおこなっていない。これも今後に残された課題である。

2. 試験の経過

2-1 昭和55年度

林道の自動設計をおこなうにあたり、各県、国有林でおこなわれている林道設計書等の資料の収集をおこなった。また大型計算機でおこなわれている林道設計のプログラムについて検討を加えた。

これらをもとに、林道設計の全体の流れ図を検討すると同時に、これに用いるパーソナルコンピュータの検討をおこない、機種を選定し、周辺装置とともに購入した。

また測量についてハンドヘルドコンピュータの利用を考え、曲線設定およびデータの記録をおこなうプログラムを開発した。

2-2 昭和56年度

林道測量に用いるハンドヘルドコンピュータのプログラムの現地試験を、埼玉県有馬線林道においておこない、プログラムの修正、検討をおこなった。また路線計画、予測等に用いるため、地形の立体透視図を図化するプログラムをパーソナルコンピュータを用いて開発した。

林道の平面図の設計、図化をおこなうプログラムを完成した。

2-3 昭和57年度

平面図に続き、縦断面の設計、図化をおこなうプログラムを完成し、両者について、埼玉県、徳島県、東京営林局の既存の林道の設計書をもとにパーソナルコンピュータを用いて計算、図化

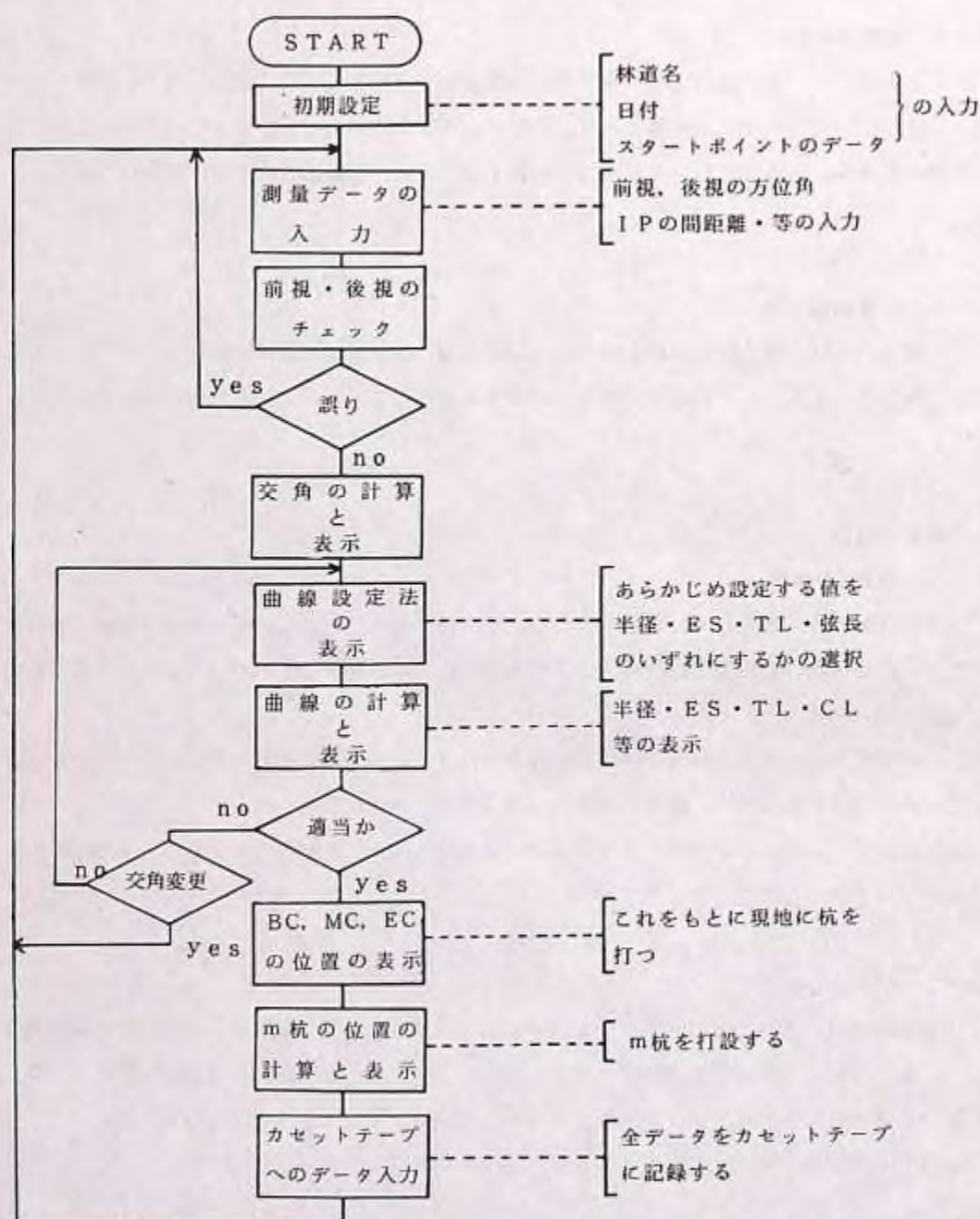


図-3 曲線設定のプログラムの流れ図

をおこない、プログラムの検討、修正をおこなった。

3. 試験の成果

開発した各プログラムについて、その考え方、使用方法、およびその結果について述べる。

3-1 ハンドヘルドコンピュータの曲線設定プログラム

このプログラムは、ハンドヘルドコンピュータのシャープPC-1211を用いて作成したもので、BASICを用いた。プログラムの流れ図を図-3に、プログラムを付属のプログラムリスト-1に示す。

このプログラムは比較的簡易な林道でポケットコンパスを用い、現地で直接曲線設定をおこなうと同時に、測量データをカセットテープに記録することを前提としている。

手順は、あるIPから次のIPへの方位角と距離を計算機の指示にしたがって（HOOI？、L？等の入力要求を計算機がおこなう）入力する。その後、曲線の半径、TL、SL、あるいはBCとECの直線距離（長弦）のいずれかを入力すると、1m括約をした半径、TL、SL、CL等を計算して表示する。これらの値が現地に適合しない場合は、何度でもくり返し違う条件のデータを入力し計算させることができる。さらに適当な半径が定まると、中心杭を打設するためのデータが表示される。（たとえば曲線上の距離杭の進出法によるX、Yの値）そして1つのIPが終るとデータがカセットテープに記録される。

これを用いて埼玉県の有馬線林道の実施設計に用いて現地試験をおこなった。測量は業者に依頼されており、実際に用いてもらい意見を聞いた所、1) 計算機の操作になれるのに若干時間がかかるが、なれば従来の方法と変わりなくおこなえる。2) 作業の手順は計算機により指示されやり易い。3) 計算機がもっと小型軽量にならないか。4) カセットテープの信頼性に不安がある。等が言われた。

これらの意見で特に3)、4)については、近年の半導体技術の進歩により、小型軽量化を図り、また記録もバブルメモリや、電池バックアップしたCMOSメモリを用いる等が可能で、この点の検討を必要とするであろう。

3-2 平面図設計プログラム

このプログラムは、図-4に示すような構成となっており、各プログラムは次のような役割がある。

PLANE：全体の平面図プログラムの管理をおこない、システムの起動、データファイルの生成、他のプログラムへの分岐をおこなう。

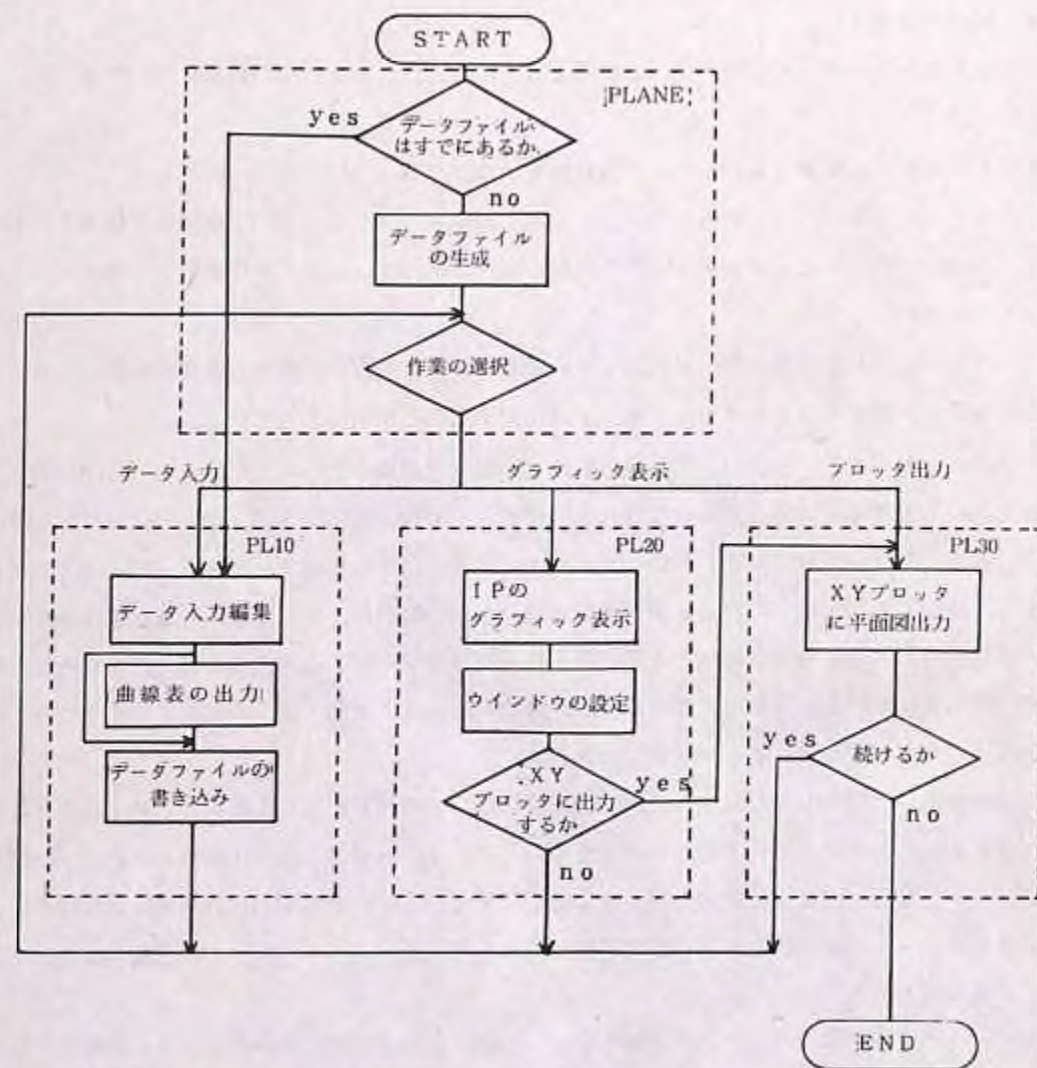


図-4 平面の設計プログラムの流れ図

PL 10 : 平面測量データの入力、編集、曲線表の出力、データファイルへの書き込みをおこなう。

PL 20 : グラフィック画面 (CRT) に IP の位置を表示、XYプロットに作図する範囲 (ウィンドウ) を指定する。

PL 30 : XYプロットに平面図を作図する。

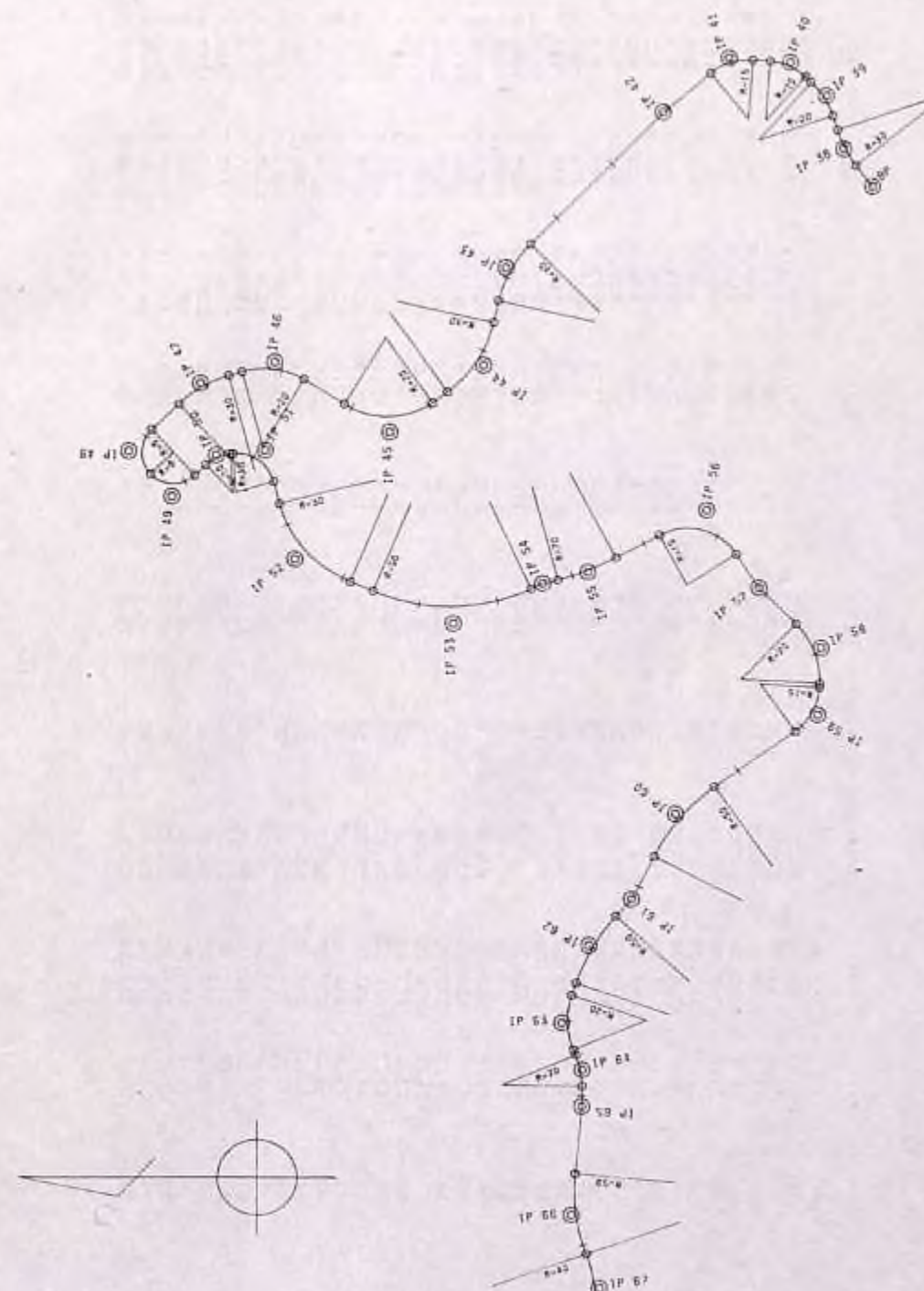


図-5 平面図の出力

IP.No.	角度	方位角	コサリ(IA)	バンク(R)	TL	SL	CL	BC	MC	EC
BP										
38	12.3	52.30	19.30	30	5.2	0.4	10.2	713.6	718.7	706.5
39	14.3	72.00	29.30	20	5.3	0.7	10.2	727.6	732.7	723.8
40	12.5	4.30	38.00	15	5.2	0.9	10.0	739.8	744.8	737.8
41	15.8	320.30	44.00	15	6.1	1.2	11.6	754.3	760.1	749.8
42	21.8	315.00	5.30	0	0.0	0.0	0.0	781.6	781.6	765.9
43	56.5	282.30	32.30	30	8.7	1.3	17.0	829.4	837.9	781.6
44	25.9	324.00	41.30	30	11.4	2.1	21.8	852.2	863.1	846.4
45	29.3	31.00	67.00	20	13.2	4.0	23.4	878.7	890.4	874.0
46	33.7	344.30	46.30	20	16.2	1.8	16.2	914.0	922.1	902.1
47	19.6	316.30	28.00	30	7.5	0.9	14.6	933.7	941.0	930.2
48	25.0	236.30	90.00	8	8.0	3.3	12.6	957.8	964.1	948.3
49	16.0	136.30	90.00	8	8.0	3.3	12.6	970.4	976.7	970.4
50	15.4	175.30	39.00	10	8.3	0.6	6.8	986.9	993.7	983.0
51	12.6	255.00	79.30	10	8.3	3.0	13.8	994.5	1001.4	993.7
52	29.2	202.00	53.00	30	15.0	3.5	27.8	1014.2	1028.1	1008.3
53	42.8	155.00	47.00	50	21.7	4.5	41.0	1048.1	1068.6	1042.0
54	24.9	165.00	10.00	0	0.0	0.0	0.0	1092.3	1092.3	1089.1
55	11.9	152.00	13.00	70	8.0	0.5	15.8	1096.2	1104.1	1092.3
56	34.3	237.00	85.00	15	13.7	5.4	22.2	1124.6	1135.7	1112.0
57	24.3	224.30	12.30	0	0.0	0.0	0.0	1157.4	1157.4	1146.8
58	22.4	273.00	48.30	20	9.0	1.9	17.0	1170.8	1179.3	1157.4
59	17.2	324.30	51.30	15	7.2	1.7	13.4	1188.8	1195.5	1187.8
60	44.5	297.00	27.30	50	12.2	1.5	24.0	1227.3	1239.3	1202.2
61	24.8	312.00	15.00	0	0.0	0.0	0.0	1263.9	1263.9	1251.3
62	16.2	289.00	23.00	50	10.2	1.0	20.0	1269.9	1279.9	1263.9
63	21.2	247.00	42.00	20	7.7	1.4	14.6	1293.2	1300.5	1289.9
64	13.4	271.00	24.00	20	4.3	0.5	8.4	1309.2	1313.4	1307.8
65	9.6	275.00	4.00	0	0.0	0.0	0.0	1322.9	1322.9	1317.6
66	28.8	250.00	25.00	50	11.1	1.2	21.8	1340.6	1351.5	1322.9
67	20.9	277.30	27.30	40	9.8	1.2	19.2	1362.4	1372.0	1362.4
68	15.4	257.00	20.30	30	5.4	0.5	10.8	1381.8	1387.2	1381.6
69	14.1	190.00	67.00	10	6.6	2.0	11.6	1394.7	1400.5	1392.6
70	20.1	246.30	56.30	20	10.7	2.7	19.8	1409.1	1419.0	1406.3
71	20.9	279.00	32.30	30	8.7	1.3	17.0	1430.4	1438.9	1428.9
72	50.0	238.30	40.30	40	14.8	2.6	28.2	1473.9	1486.0	1473.9

表-2 曲線表の出力

これらのプログラムは分割してディスクファイルに存在し、順次計算機のメモリに読み込まれる。すなわちメモリに常駐するプログラムは、これらの内いずれか一つで、いわゆるオーバーレイ構造を取り、メモリに占めるプログラムの容量の減少を図っている。しかし始めに PLANE プログラムをロードし起動すれば、あとのプログラムは BASIC の "CHAIN" コマンドで自動的に読み込まれる。

プログラムの詳細は、付表のプログラムリスト-2を参照されたい。

作業の手順としては、通常は、先のプログラムの順に、CRT の画面の最上段に表示されるメニュー（おこなう作業を列挙してあり、その内からひとつを選択できる）の指示にしたがい、データを入力していけばよいだけで、電算機やプログラミングの知識がないものでも使用できる。その概略を述べると、

- 1) プログラム PLANE を起動し、データファイルが既にディスク上に作られているか否かを入力する。データファイルは、ひとつの林道につき一組作成されるもので、測量結果や計算の結果が記録される。
- 2) データファイルにつける名前を入力し、新しいファイルであれば、測量データを入力し、すでにデータが記録されているファイルを用いる場合は、その編集やあるいは図化をおこなう。
- 3) 図化をおこなうには、XYプロットに図化する範囲と、縮尺を決定しなければならない。それには入力した測量データから計算された全ての IP の位置がグラフィックディスプレイに図化され、それにかさねて、縮尺に応じた XYプロットが図化できる大きさ（A4版相当）が直方形の枠（ウインドウと呼ぶ）で表示される。このウインドウを移動、回転させて（そのためのコマンド入力を用意されている）、XYプロットの表示範囲を決定する。その後、XYプロットに図化させる。

XYプロットにより図化した1000分の1の平面図を、図-5に示す。原図はA4版の大きさで、縮尺は自由に選べるが、通常500分の1、1000分の1を用いる。一枚の図面に入りきらない場合は先に述べたウインドウの設定で、数枚に分けて図化する。また曲線表の出力を表-2に示す。

平面の設計プログラムの使用で注意すべきことは、測量データの输入の時、前の IP から次の IP への方位角を入力することである。これは、コンパス測量を想定したためであるが、IP の内角または外角を入力するようプログラムを修正することは容易である。また距離のデータは、計算機内では単精度の有効数字6桁で計算しているが、10cm単位で四捨五入している。県によっては、習慣的にcm単位の測量をおこなっているところもあるが、その必要は少いと考えた。また、CLについては、20cm括約として BC-ME間距離と MC-EC間距離を等しくするようにしている。

3-3 縦断面図設計プログラム

このプログラムの全体の構成を図-6に示す。平面図の場合と同様に3つのプログラムからなり、これらがオーバーレイする。各々のプログラムの役割は、

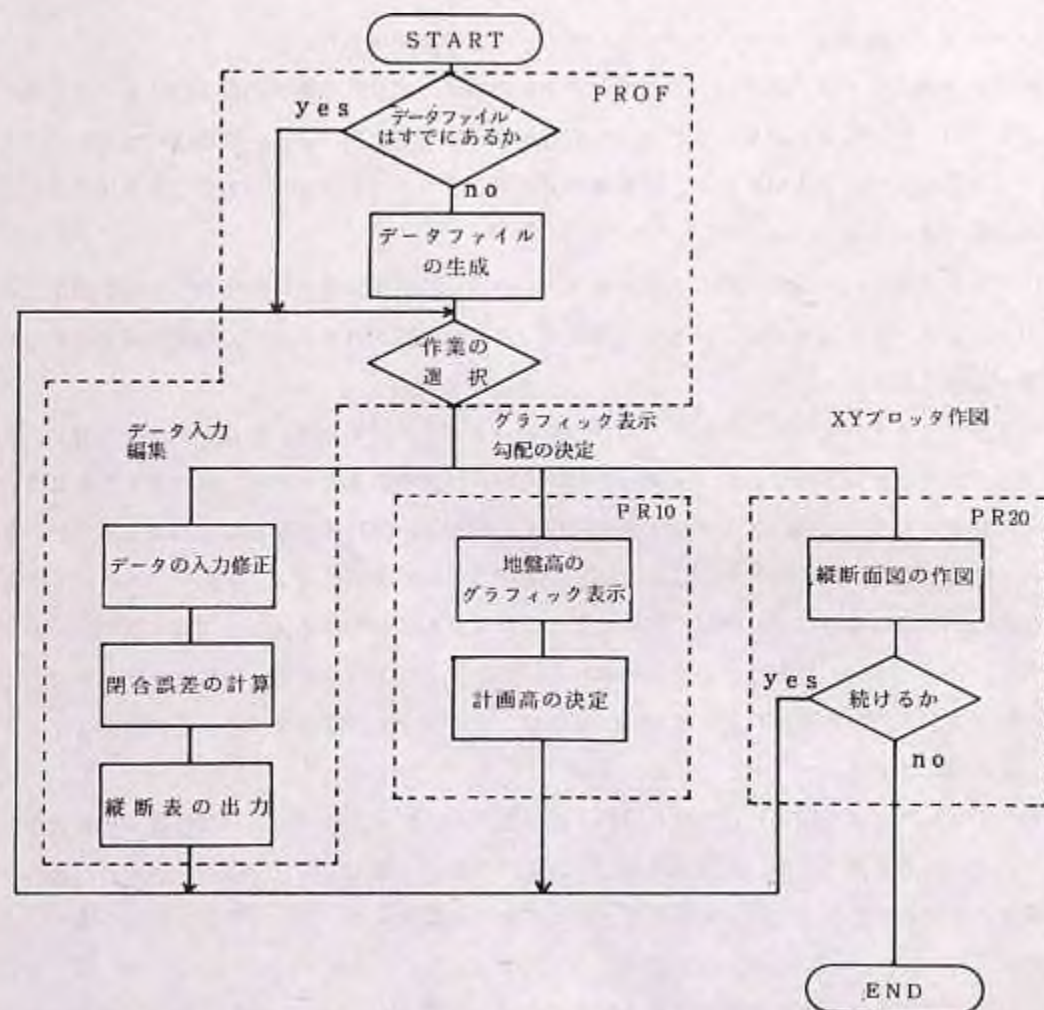


図-6 縦断面図のプログラムの流れ図

PROF : 縦断面図の設計プログラム全体の管理をおこなう。また、測量データの入力、修正をおこなったあと、閉合誤差の計算をおこない、後段で用いるデータファイルへの書き込みをおこなう。

PR 10 : 地盤高データをグラフィックディスプレイに図化し、その画面上で設計者の指示に

したがって計画線を図化する。設計者はそれを見ながら、計画線の修正をくり返し、勾配の決定をおこなう。

PR 20 : XYプロッタに縦断面図を作図する。

作業の手順は、平面図の場合と同様に、これらのプログラムを順に用いていけばよいが、任意のところから作業を始めることも可能である。手順の概略を述べると、

- 1) プログラム PROF を起動し、縦断面図のデータファイルがすでに存在するか否かの入力要求に答える。ないのであれば、新しいデータファイルを生成するためファイル名を入力する。このファイル名は、平面図のファイル名と同じでなければならない。これらのファイル名は、プログラムで拡張子をつけられ、平面図ファイルには "*****.DAT", 縦断面図ファイルは "*****.PRF" (*****はファイル名) とし区別されている。その後順次、測量データを入力していく。
- 2) 測量データは、器高式野粘とし、往復測量をするものとする。ただし復路のデータは、BMとTPのみでもよい。一番始めのBMと復路の最後のBMは、同一のもので、これを用いて閉合誤差の計算をおこなう。したがって任意の標高が既知のBMで閉合することはできない。
- 3) 閉合誤差を計算し修正したデータを用いて、グラフィックディスプレイに地盤高データを表示する。これを見ながら、コマンド入力要求にしたがって、変曲点の位置と勾配、あるいは変曲点の計画高を入力し、計画線を決定していく。この作業は何回でも繰り返しおこない、最適な計画線を決定する。
- 4) 以上の作業が終了すれば、XYプロッタにより図化できる。図面はA4版1枚におさまらない場合は、自動的に分割して数枚に図化される。

プログラムを付属のプログラムリスト-3に、図化した結果を図-7に示す。

3-4 林道縦断計画線の決定プログラム

前節では、縦断計画線の決定は、設計者にまかせられていたが、その決定に何らかの指針を与えるため、計画線を決定するプログラムの検討をおこなった。現在なお検討中であるため、前節のプログラムとは結合されておらずまた使用した言語はFORTRANである。

この決定法での最適な林道の縦断計画線は、以下の制約条件と目的条件を満足するものである。

○制約条件

1. 盛土量と切土量がバランスしている。
2. 始点と終点の路面高は任意の高さに設定できる。
3. 任意の3地点間で縦断勾配を一定にすることができる。または縦断勾配を任意の値に指定

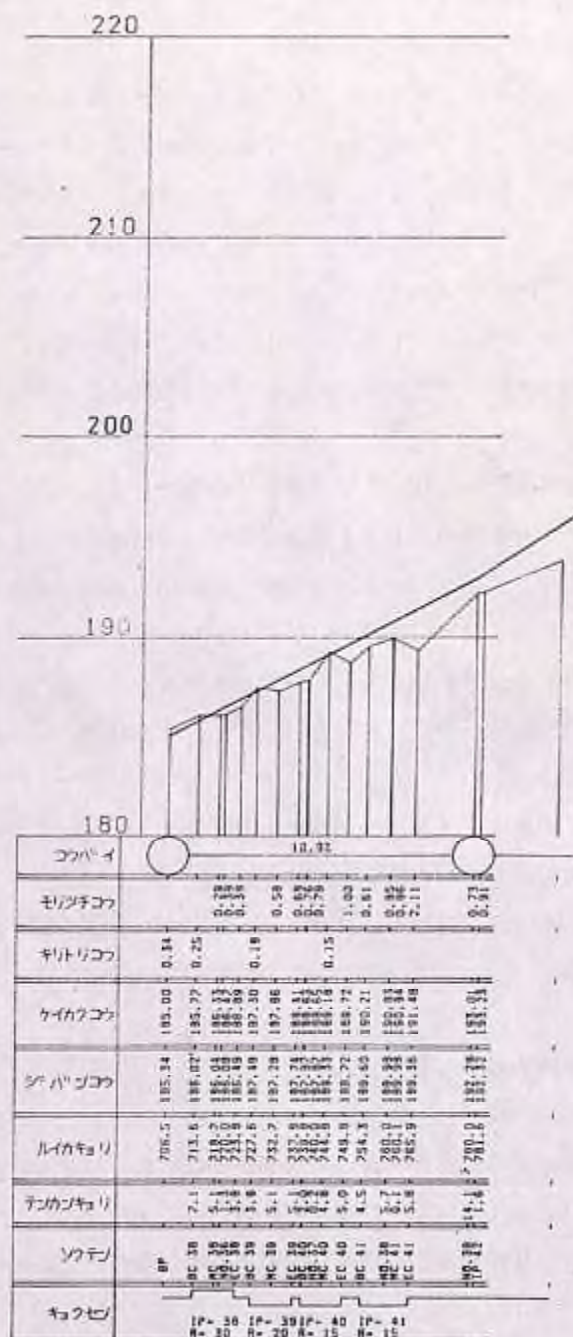


図-7 a 縦断面図の出力

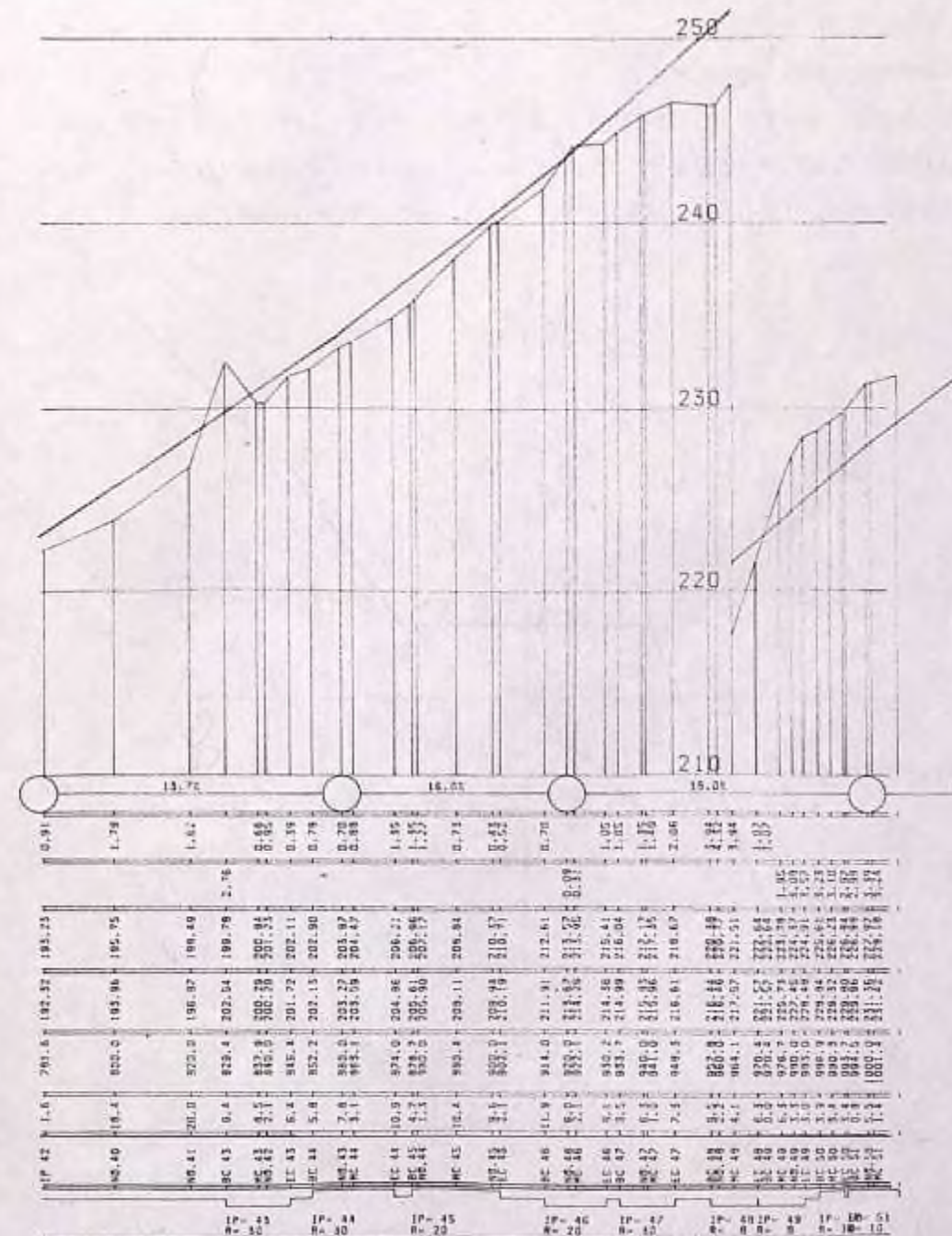


図-7 b 縦断面図の出力

○目的条件

1. 土工量を最少にする。
2. 縦断勾配の分散を最少にする。

图-8 土工横断面图

Figure 1 is a line graph showing the relationship between the number of fish (N) and the distance from the shore (m) for three different fish sizes: 200 mm (open circles), 2000 mm (filled circles), and 200 mm (dashed line). The graph shows a general decrease in fish density with distance from the shore, with a significant peak at 100 m for the 200 mm size class. The 2000 mm size class shows a more gradual decline, and the 200 mm size class (dashed line) shows a relatively stable density across the distance range.

圖—9 縱断面图

とする。(図中A, B, C, D, E)

ついで前記の制約条件3を用いて、先に定めた勾配変化点を条件として与え、必要に応じ、ある区間の勾配を指定し、全条件を含んだ評価関数により、 $2N-5$ 個の連立一次方程式を解く。図-9の実線でその結果を示す。

以上述べたように未定乗数法を用いて、連立一次方程式を導き最適な計画線を求める方法は、繰り返し計算がなく計算時間は短い。しかし $2N \times 2N$ の行列が必要となり、ディスクファイルを仮想メモリとして用いる等のプログラム上の考慮が必要である。また先にも述べたように、切取法面と盛土法面の勾配を同じにしないと非線型の連立方程式になり、ガウス・ジョルダン法で解けないため、同一勾配としている等の点は今後検討を必要とする。

なお、このプログラムリストは省略する。

3-5 林道透視図の作図プログラム

林道の計画、予測、あるいは設計を終えた林道の評価のため、地形の立体透視図を利用すること

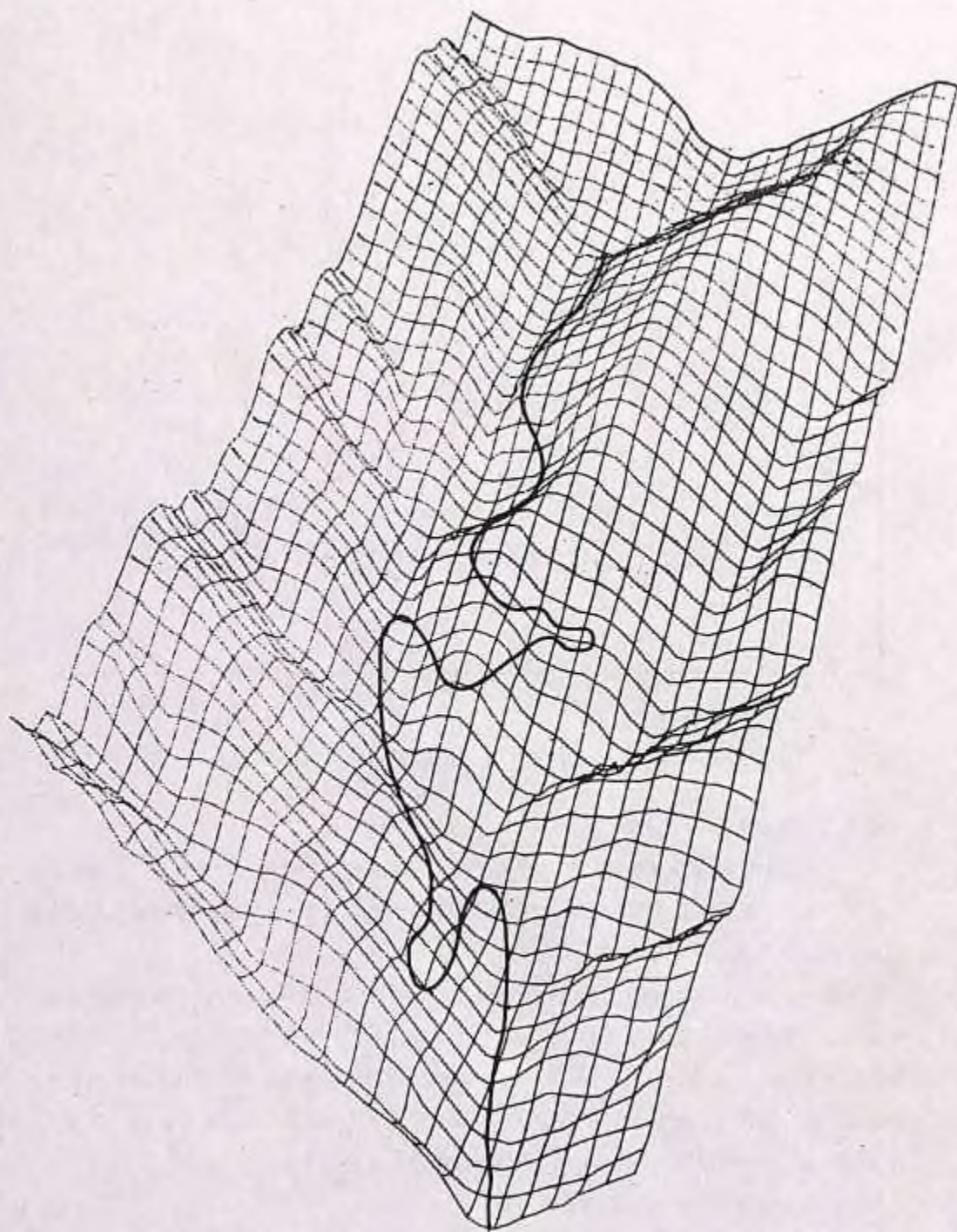


図-10 立体透視図の図化

とを検討し、パーソナルコンピュータを用いて立体透視図をかくプログラムを作成した。プログラムには FORTRAN を用いて文献 (3) を参考にディスクファイルを仮想メモリとしてデータを記憶し計算するプログラムを作成した。図-10にその結果を示す。これは 5000 分の 1 の地形図より 12.5m メッシュで標高を読みとり XY プロットで図化したものである。図-5, 7 で例示した林道路線を図中に実線で描いた。透視図は、数量的な測定には不適當であるが、全体を直観的に把握する点では優れており、路線計画等に利用が可能であると考えられる。

このプログラムリストについては省略する。

4. 今後の問題点

今後に残された問題点として次のような点があげられる。

- (1) 構造物に対する検討も含めた横断面の設計方法の検討
- (2) 土工量の計算と、各種数量計算の自動化
- (3) 縦断計画線の最適化プログラムの開発
- (4) 完成したプログラムを実際の設計者に広く用いてもらい、改良、修正を加える。

引用文献

- (1) 小林洋司他 電子計算機による土木事業の設計数値化計算手法, 昭和46年度国有林野事業特別会計林業試験成果報告書, 1972
- (2) 福田章史 林道測量へのポケットコンピュータの利用, 「林道」No 118, 3~5, 1981
- (3) 森 正武 曲線と曲面, 教育出版, 1974

プログラムリスト-1 PC 1211 による曲線設定

```

2:DEGREE :
INPUT "NAME?"
:IF "DATE?"
:J$,"DP?" :L:
INPUT "SP->B
P?" :S:L=L-S
6:BEEP 1:INPUT
"IP NO.?" :N:
M=N-1:U=0
10:USING :BEEP
1:PAUSE "IP"
:MI "->" :N:
INPUT "HOOI?"
:IE:E=DEG E:
GOTO 14
12:GOTO 10
14:"H"USING :
BEEP 1:PAUSE
"IP":N:INPUT
"HOOI(ATO)?"
:IF:F=DEG F:A
=ABS (E-F)-1
80
15:IF (A<-17)+
(A>17)PAUSE
"!HOOI":
GOTO 14
16:"G"BEEP 1:
INPUT "HOOI(
MAE)?" :G:G=
DEG G
18:USING :BEEP
1:PAUSE "IP"
:MI "->" :N:
INPUT "D.?" :
D:GOTO 22
20:GOTO 18
22:A=G-F:IF A>1
80LET A=A-36
0
24:IF A<-180LET
A=A+360
26:P=F+A/2:
GOSUB 40:K=P
28:W=DMS ABS A:
BEEP 1:PRINT
"IP":N:PRINT
USING "#####.
###": "NAIKAK
U=" :W:PRINT
"IP KAN D.="
:ID
30:"C"O=ABS A/2
:BEEP 1:
INPUT "R/ES/
TL/L/G?" :H$:
GOTO H$
32:GOTO 28
40:IF P>360LET
P=P-360:GOTO
40
42:IF P<0LET P=
P+360:GOTO 4
2
44:RETURN
50:"ES"INPUT "E
S?" :S:R=S+
SIN O/(1-SIN
O):GOTO 58
52:"TL"INPUT "T
L?" :T:R=T+
TAN O:GOTO 5
8
54:"L"INPUT "L?
" :Q:R=Q/2:
COS O:GOTO 5
8
56:"R"INPUT "R?
" :R
58:IF R<10PAUSE
"R<10M":R=10
60:R=INT (R+.5)
:T=R/TAN O:
IF ABS D-T-U
<OPRINT "TL
TOO LONG":
PRINT "TL=":
T:GOTO 30
62:S=R*(1/SIN O
-1):C=2PIR*(1
80-ABS A)/36
0:O=2R*COS O
64:"D"USING :
BEEP 1:PAUSE
"IP":N:PRINT
USING "#####.
###": "R=" :R:
PRINT "TL=":
T:PRINT "CL=
" :C:PRINT "E
S=" :S:W=DMS
K
66:PRINT "MC HO
OI=" :W
68:INPUT "OK=EN
T/DSP/CNG/HS
T?" :H$:GOTO
H$
70:D=L+D-U-T:V=
B+C/2:E=B+C:
X=29:A(X)=
INT (L/20)*2
0+20
72:IF A(X)>D
GOTO 76
74:W=A(X)-L:H$:
"EC":N=N:
GOSUB 94:
GOSUB 96:N=N+
1:GOTO 72
76:BEEP 1:PRINT
USING "#####.
###": "BC="
:ID:PRINT "MC
=" :V:PRINT "
EC=" :E
78:INPUT "OK(EN
T/N)?" :H$:
GOTO 76
80:IF A(X)>V
GOTO 84
82:H$="BC":W=A(
X)-B:GOSUB 9
0:GOTO 80
84:IF A(X)>E
GOTO 87
86:H$="EC":W=A(
X)-E:GOSUB 9
0:GOSUB 96:
GOTO 84
87:INPUT "SET T
APE(ENT/N)?" :
H$:GOTO 88
88:PRINT "DATA
":INPUT "OK(
ENT/N)?" :H$:
GOTO 88
89:L=E:U=T:E=G:
M=N:N=N+1:
GOTO 14
90:Z=90W/R/R:Y=
2R*SIN Z:
GOSUB 94:A(X
2)=Y+COS Z:A
(28)=Y*SIN Z
:PRINT USING
"#####.###": "G
EN=" :Y: K0=
" :W
92:PRINT "X=" :A
(27): "Y=" :A
(28):GOSUB 9
6:RETURN
94:BEEP 1:PRINT
USING :A(X):
"KUI":
PRINT H$:N:
->" :USING "###.
###": "W": "M
":RETURN
96:X=X+1:A(X)=A
(X-1)+20:
RETURN

```

プログラムリスト-2 平面図の設計
2-a メインプログラム

```

10 /*****
20 / ( FOREST ROAD DRAINING SYSTEM )
30 / FILE NAME="PLANE"
40 / PLANE DRAINING PROGRAM NO.1
50 / 7*07*36.27A "PL10" "PL20" "PL30" "X" "Y" (37+1) : 76(1).
60 / *****
70 / CREATED BY AKIFUJI FUKUDA
80 / *****
90 / ON ERROR GOTO 10000
100 /DEF DEG TO RAD
110 /DEF FNM(1)
120 /DEF FNM(2)
130 /DEF FNM(3)
140 /DEF FNM(4)
150 /DEF FNM(5)
160 /DEF FNM(6)
170 /DEF FNM(7)
180 /DEF FNM(8)
190 /DEF FNM(9)
200 /DEF FNM(10)
210 /DEF FNM(11)
220 /DEF FNM(12)
230 /DEF FNM(13)
240 /DEF FNM(14)
250 /DEF FNM(15)
260 /DEF FNM(16)
270 /DEF FNM(17)
280 /DEF FNM(18)
290 /DEF FNM(19)
300 /DEF FNM(20)
310 /DEF FNM(21)
320 /DEF FNM(22)
330 /DEF FNM(23)
340 /DEF FNM(24)
350 /DEF FNM(25)
360 /DEF FNM(26)
370 /DEF FNM(27)
380 /DEF FNM(28)
390 /DEF FNM(29)
400 /DEF FNM(30)
410 /DEF FNM(31)
420 /DEF FNM(32)
430 /DEF FNM(33)
440 /DEF FNM(34)
450 /DEF FNM(35)
460 /DEF FNM(36)
470 /DEF FNM(37)
480 /DEF FNM(38)
490 /DEF FNM(39)
500 /DEF FNM(40)
510 /DEF FNM(41)
520 /DEF FNM(42)
530 /DEF FNM(43)
540 /DEF FNM(44)
550 /DEF FNM(45)
560 /DEF FNM(46)
570 /DEF FNM(47)
580 /DEF FNM(48)
590 /DEF FNM(49)
600 /DEF FNM(50)
610 /DEF FNM(51)
620 /DEF FNM(52)
630 /DEF FNM(53)
640 /DEF FNM(54)
650 /DEF FNM(55)
660 /DEF FNM(56)
670 /DEF FNM(57)
680 /DEF FNM(58)
690 /DEF FNM(59)
700 /DEF FNM(60)
710 /DEF FNM(61)
720 /DEF FNM(62)
730 /DEF FNM(63)
740 /DEF FNM(64)
750 /DEF FNM(65)
760 /DEF FNM(66)
770 /DEF FNM(67)
780 /DEF FNM(68)
790 /DEF FNM(69)
800 /DEF FNM(70)
810 /DEF FNM(71)
820 /DEF FNM(72)
830 /DEF FNM(73)
840 /DEF FNM(74)
850 /DEF FNM(75)
860 /DEF FNM(76)
870 /DEF FNM(77)
880 /DEF FNM(78)
890 /DEF FNM(79)
900 /DEF FNM(80)
910 /DEF FNM(81)
920 /DEF FNM(82)
930 /DEF FNM(83)
940 /DEF FNM(84)
950 /DEF FNM(85)
960 /DEF FNM(86)
970 /DEF FNM(87)
980 /DEF FNM(88)
990 /DEF FNM(89)
1000 /DEF FNM(90)
1010 /DEF FNM(91)
1020 /DEF FNM(92)
1030 /DEF FNM(93)
1040 /DEF FNM(94)
1050 /DEF FNM(95)
1060 /DEF FNM(96)
1070 /DEF FNM(97)
1080 /DEF FNM(98)
1090 /DEF FNM(99)
1100 /DEF FNM(100)
1110 /DEF FNM(101)
1120 /DEF FNM(102)
1130 /DEF FNM(103)
1140 /DEF FNM(104)
1150 /DEF FNM(105)
1160 /DEF FNM(106)
1170 /DEF FNM(107)
1180 /DEF FNM(108)
1190 /DEF FNM(109)
1200 /DEF FNM(110)
1210 /DEF FNM(111)
1220 /DEF FNM(112)
1230 /DEF FNM(113)
1240 /DEF FNM(114)
1250 /DEF FNM(115)
1260 /DEF FNM(116)
1270 /DEF FNM(117)
1280 /DEF FNM(118)
1290 /DEF FNM(119)
1300 /DEF FNM(120)
1310 /DEF FNM(121)
1320 /DEF FNM(122)
1330 /DEF FNM(123)
1340 /DEF FNM(124)
1350 /DEF FNM(125)
1360 /DEF FNM(126)
1370 /DEF FNM(127)
1380 /DEF FNM(128)
1390 /DEF FNM(129)
1400 /DEF FNM(130)
1410 /DEF FNM(131)
1420 /DEF FNM(132)
1430 /DEF FNM(133)
1440 /DEF FNM(134)
1450 /DEF FNM(135)
1460 /DEF FNM(136)
1470 /DEF FNM(137)
1480 /DEF FNM(138)
1490 /DEF FNM(139)
1500 /DEF FNM(140)
1510 /DEF FNM(141)
1520 /DEF FNM(142)
1530 /DEF FNM(143)
1540 /DEF FNM(144)
1550 /DEF FNM(145)
1560 /DEF FNM(146)
1570 /DEF FNM(147)
1580 /DEF FNM(148)
1590 /DEF FNM(149)
1600 /DEF FNM(150)
1610 /DEF FNM(151)
1620 /DEF FNM(152)
1630 /DEF FNM(153)
1640 /DEF FNM(154)
1650 /DEF FNM(155)
1660 /DEF FNM(156)
1670 /DEF FNM(157)
1680 /DEF FNM(158)
1690 /DEF FNM(159)
1700 /DEF FNM(160)
1710 /DEF FNM(161)
1720 /DEF FNM(162)
1730 /DEF FNM(163)
1740 /DEF FNM(164)
1750 /DEF FNM(165)
1760 /DEF FNM(166)
1770 /DEF FNM(167)
1780 /DEF FNM(168)
1790 /DEF FNM(169)
1800 /DEF FNM(170)
1810 /DEF FNM(171)
1820 /DEF FNM(172)
1830 /DEF FNM(173)
1840 /DEF FNM(174)
1850 /DEF FNM(175)
1860 /DEF FNM(176)
1870 /DEF FNM(177)
1880 /DEF FNM(178)
1890 /DEF FNM(179)
1900 /DEF FNM(180)
1910 /DEF FNM(181)
1920 /DEF FNM(182)
1930 /DEF FNM(183)
1940 /DEF FNM(184)
1950 /DEF FNM(185)
1960 /DEF FNM(186)
1970 /DEF FNM(187)
1980 /DEF FNM(188)
1990 /DEF FNM(189)
2000 /DEF FNM(190)
2010 /DEF FNM(191)
2020 /DEF FNM(192)
2030 /DEF FNM(193)
2040 /DEF FNM(194)
2050 /DEF FNM(195)
2060 /DEF FNM(196)
2070 /DEF FNM(197)
2080 /DEF FNM(198)
2090 /DEF FNM(199)
2100 /DEF FNM(200)
2110 /DEF FNM(201)
2120 /DEF FNM(202)
2130 /DEF FNM(203)
2140 /DEF FNM(204)
2150 /DEF FNM(205)
2160 /DEF FNM(206)
2170 /DEF FNM(207)
2180 /DEF FNM(208)
2190 /DEF FNM(209)
2200 /DEF FNM(210)
2210 /DEF FNM(211)
2220 /DEF FNM(212)
2230 /DEF FNM(213)
2240 /DEF FNM(214)
2250 /DEF FNM(215)
2260 /DEF FNM(216)
2270 /DEF FNM(217)
2280 /DEF FNM(218)
2290 /DEF FNM(219)
2300 /DEF FNM(220)
2310 /DEF FNM(221)
2320 /DEF FNM(222)
2330 /DEF FNM(223)
2340 /DEF FNM(224)
2350 /DEF FNM(225)
2360 /DEF FNM(226)
2370 /DEF FNM(227)
2380 /DEF FNM(228)
2390 /DEF FNM(229)
2400 /DEF FNM(230)
2410 /DEF FNM(231)
2420 /DEF FNM(232)
2430 /DEF FNM(233)
2440 /DEF FNM(234)
2450 /DEF FNM(235)
2460 /DEF FNM(236)
2470 /DEF FNM(237)
2480 /DEF FNM(238)
2490 /DEF FNM(239)
2500 /DEF FNM(240)
2510 /DEF FNM(241)
2520 /DEF FNM(242)
2530 /DEF FNM(243)
2540 /DEF FNM(244)
2550 /DEF FNM(245)
2560 /DEF FNM(246)
2570 /DEF FNM(247)
2580 /DEF FNM(248)
2590 /DEF FNM(249)
2600 /DEF FNM(250)
2610 /DEF FNM(251)
2620 /DEF FNM(252)
2630 /DEF FNM(253)
2640 /DEF FNM(254)
2650 /DEF FNM(255)
2660 /DEF FNM(256)
2670 /DEF FNM(257)
2680 /DEF FNM(258)
2690 /DEF FNM(259)
2700 /DEF FNM(260)
2710 /DEF FNM(261)
2720 /DEF FNM(262)
2730 /DEF FNM(263)
2740 /DEF FNM(264)
2750 /DEF FNM(265)
2760 /DEF FNM(266)
2770 /DEF FNM(267)
2780 /DEF FNM(268)
2790 /DEF FNM(269)
2800 /DEF FNM(270)
2810 /DEF FNM(271)
2820 /DEF FNM(272)
2830 /DEF FNM(273)
2840 /DEF FNM(274)
2850 /DEF FNM(275)
2860 /DEF FNM(276)
2870 /DEF FNM(277)
2880 /DEF FNM(278)
2890 /DEF FNM(279)
2900 /DEF FNM(280)
2910 /DEF FNM(281)
2920 /DEF FNM(282)
2930 /DEF FNM(283)
2940 /DEF FNM(284)
2950 /DEF FNM(285)
2960 /DEF FNM(286)
2970 /DEF FNM(287)
2980 /DEF FNM(288)
2990 /DEF FNM(289)
3000 /DEF FNM(290)
3010 /DEF FNM(291)
3020 /DEF FNM(292)
3030 /DEF FNM(293)
3040 /DEF FNM(294)
3050 /DEF FNM(295)
3060 /DEF FNM(296)
3070 /DEF FNM(297)
3080 /DEF FNM(298)
3090 /DEF FNM(299)
3100 /DEF FNM(300)
3110 /DEF FNM(301)
3120 /DEF FNM(302)
3130 /DEF FNM(303)
3140 /DEF FNM(304)
3150 /DEF FNM(305)
3160 /DEF FNM(306)
3170 /DEF FNM(307)
3180 /DEF FNM(308)
3190 /DEF FNM(309)
3200 /DEF FNM(310)
3210 /DEF FNM(311)
3220 /DEF FNM(312)
3230 /DEF FNM(313)
3240 /DEF FNM(314)
3250 /DEF FNM(315)
3260 /DEF FNM(316)
3270 /DEF FNM(317)
3280 /DEF FNM(318)
3290 /DEF FNM(319)
3300 /DEF FNM(320)
3310 /DEF FNM(321)
3320 /DEF FNM(322)
3330 /DEF FNM(323)
3340 /DEF FNM(324)
3350 /DEF FNM(325)
3360 /DEF FNM(326)
3370 /DEF FNM(327)
3380 /DEF FNM(328)
3390 /DEF FNM(329)
3400 /DEF FNM(330)
3410 /DEF FNM(331)
3420 /DEF FNM(332)
3430 /DEF FNM(333)
3440 /DEF FNM(334)
3450 /DEF FNM(335)
3460 /DEF FNM(336)
3470 /DEF FNM(337)
3480 /DEF FNM(338)
3490 /DEF FNM(339)
3500 /DEF FNM(340)
3510 /DEF FNM(341)
3520 /DEF FNM(342)
3530 /DEF FNM(343)
3540 /DEF FNM(344)
3550 /DEF FNM(345)
3560 /DEF FNM(346)
3570 /DEF FNM(347)
3580 /DEF FNM(348)
3590 /DEF FNM(349)
3600 /DEF FNM(350)
3610 /DEF FNM(351)
3620 /DEF FNM(352)
3630 /DEF FNM(353)
3640 /DEF FNM(354)
3650 /DEF FNM(355)
3660 /DEF FNM(356)
3670 /DEF FNM(357)
3680 /DEF FNM(358)
3690 /DEF FNM(359)
3700 /DEF FNM(360)
3710 /DEF FNM(361)
3720 /DEF FNM(362)
3730 /DEF FNM(363)
3740 /DEF FNM(364)
3750 /DEF FNM(365)
3760 /DEF FNM(366)
3770 /DEF FNM(367)
3780 /DEF FNM(368)
3790 /DEF FNM(369)
3800 /DEF FNM(370)
3810 /DEF FNM(371)
3820 /DEF FNM(372)
3830 /DEF FNM(373)
3840 /DEF FNM(374)
3850 /DEF FNM(375)
3860 /DEF FNM(376)
3870 /DEF FNM(377)
3880 /DEF FNM(378)
3890 /DEF FNM(379)
3900 /DEF FNM(380)
3910 /DEF FNM(381)
3920 /DEF FNM(382)
3930 /DEF FNM(383)
3940 /DEF FNM(384)
3950 /DEF FNM(385)
3960 /DEF FNM(386)
3970 /DEF FNM(387)
3980 /DEF FNM(388)
3990 /DEF FNM(389)
4000 /DEF FNM(390)
4010 /DEF FNM(391)
4020 /DEF FNM(392)
4030 /DEF FNM(393)
4040 /DEF FNM(394)
4050 /DEF FNM(395)
4060 /DEF FNM(396)
4070 /DEF FNM(397)
4080 /DEF FNM(398)
4090 /DEF FNM(399)
4100 /DEF FNM(400)
4110 /DEF FNM(401)
4120 /DEF FNM(402)
4130 /DEF FNM(403)
4140 /DEF FNM(404)
4150 /DEF FNM(405)
4160 /DEF FNM(406)
4170 /DEF FNM(407)
4180 /DEF FNM(408)
4190 /DEF FNM(409)
4200 /DEF FNM(410)
4210 /DEF FNM(411)
4220 /DEF FNM(412)
4230 /DEF FNM(413)
4240 /DEF FNM(414)
4250 /DEF FNM(415)
4260 /DEF FNM(416)
4270 /DEF FNM(417)
4280 /DEF FNM(418)
4290 /DEF FNM(419)
4300 /DEF FNM(420)
4310 /DEF FNM(421)
4320 /DEF FNM(422)
4330 /DEF FNM(423)
4340 /DEF FNM(424)
4350 /DEF FNM(425)
4360 /DEF FNM(426)
4370 /DEF FNM(427)
4380 /DEF FNM(428)
4390 /DEF FNM(429)
4400 /DEF FNM(430)
4410 /DEF FNM(431)
4420 /DEF FNM(432)
4430 /DEF FNM(433)
4440 /DEF FNM(434)
4450 /DEF FNM(435)
4460 /DEF FNM(436)
4470 /DEF FNM(437)
4480 /DEF FNM(438)
4490 /DEF FNM(439)
4500 /DEF FNM(440)
4510 /DEF FNM(441)
4520 /DEF FNM(442)
4530 /DEF FNM(443)
4540 /DEF FNM(444)
4550 /DEF FNM(445)
4560 /DEF FNM(446)
4570 /DEF FNM(447)
4580 /DEF FNM(448)
4590 /DEF FNM(449)
4600 /DEF FNM(450)
4610 /DEF FNM(451)
4620 /DEF FNM(452)
4630 /DEF FNM(453)
4640 /DEF FNM(454)
4650 /DEF FNM(455)
4660 /DEF FNM(456)
4670 /DEF FNM(457)
4680 /DEF FNM(458)
4690 /DEF FNM(459)
4700 /DEF FNM(460)
4710 /DEF FNM(461)
4720 /DEF FNM(462)
4730 /DEF FNM(463)
4740 /DEF FNM(464)
4750 /DEF FNM(465)
4760 /DEF FNM(466)
4770 /DEF FNM(467)
4780 /DEF FNM(468)
4790 /DEF FNM(469)
4800 /DEF FNM(470)
4810 /DEF FNM(471)
4820 /DEF FNM(472)
4830 /DEF FNM(473)
4840 /DEF FNM(474)
4850 /DEF FNM(475)
4860 /DEF FNM(476)
4870 /DEF FNM(477)
4880 /DEF FNM(478)
4890 /DEF FNM(479)
4900 /DEF FNM(480)
4910 /DEF FNM(481)
4920 /DEF FNM(482)
4930 /DEF FNM(483)
4940 /DEF FNM(484)
4950 /DEF FNM(485)
4960 /DEF FNM(486)
4970 /DEF FNM(487)
4980 /DEF FNM(488)
4990 /DEF FNM(489)
5000 /DEF FNM(490)
5010 /DEF FNM(491)
5020 /DEF FNM(492)
5030 /DEF FNM(493)
5040 /DEF FNM(494)
5050 /DEF FNM(495)
5060 /DEF FNM(496)
5070 /DEF FNM(497)
5080 /DEF FNM(498)
5090 /DEF FNM(499)
5100 /DEF FNM(500)
5110 /DEF FNM(501)
5120 /DEF FNM(502)
5130 /DEF FNM(503)
5140 /DEF FNM(504)
5150 /DEF FNM(505)
5160 /DEF FNM(506)
5170 /DEF FNM(507)
5180 /DEF FNM(508)
5190 /DEF FNM(509)
5200 /DEF FNM(510)
5210 /DEF FNM(511)
5220 /DEF FNM(512)
5230 /DEF FNM(513)
5240 /DEF FNM(514)
5250 /DEF FNM(515)
5260 /DEF FNM(516)
5270 /DEF FNM(517)
5280 /DEF FNM(518)
5290 /DEF FNM(519)
5300 /DEF FNM(520)
5310 /DEF FNM(521)
5320 /DEF FNM(522)
5330 /DEF FNM(523)
5340 /DEF FNM(524)
5350 /DEF FNM(525)
5360 /DEF FNM(526)
5370 /DEF FNM(527)
5380 /DEF FNM(528)
5390 /DEF FNM(529)
5400 /DEF FNM(530)
5410 /DEF FNM(531)
5420 /DEF FNM(532)
5430 /DEF FNM(533)
5440 /DEF FNM(534)
5450 /DEF FNM(535)
5460 /DEF FNM(536)
5470 /DEF FNM(537)
5480 /DEF FNM(538)
5490 /DEF FNM(539)
5500 /DEF FNM(540)
5510 /DEF FNM(541)
5520 /DEF FNM(542)
5530 /DEF FNM(543)
5540 /DEF FNM(544)
5550 /DEF FNM(545)
5560 /DEF FNM(546)
5570 /DEF FNM(547)
5580 /DEF FNM(548)
5590 /DEF FNM(549)
5600 /DEF FNM(550)
5610 /DEF FNM(551)
5620 /DEF FNM(552)
5630 /DEF FNM(553)
5640 /DEF FNM(554)
5650 /DEF FNM(555)
5660 /DEF FNM(556)
5670 /DEF FNM(557)
5680 /DEF FNM(558)
5690 /DEF FNM(559)
5700 /DEF FNM(560)
5710 /DEF FNM(561)
5720 /DEF FNM(562)
5730 /DEF FNM(563)
5740 /DEF FNM(564)
5750 /DEF FNM(565)
5760 /DEF FNM(566)
5770 /DEF FNM(567)
5780 /DEF FNM(568)
5790 /DEF FNM(569)
5800 /DEF FNM(570)
5810 /DEF FNM(571)
5820 /DEF FNM(572)
5830 /DEF FNM(573)
5840 /DEF FNM(574)
5850 /DEF FNM(575)
5860 /DEF FNM(576)
5870 /DEF FNM(577)
5880 /DEF FNM(578)
5890 /DEF FNM(579)
5900 /DEF FNM(580)
5910 /DEF FNM(581)
5920 /DEF FNM(582)
5930 /DEF FNM(583)
5940 /DEF FNM(584)
5950 /DEF FNM(585)
5960 /DEF FNM(586)
5970 /DEF FNM(587)
5980 /DEF FNM(588)
5990 /DEF FNM(589)
6000 /DEF FNM(590)
6010 /DEF FNM(591)
6020 /DEF FNM(592)
6030 /DEF FNM(593)
6040 /DEF FNM(594)
6050 /DEF FNM(595)
6060 /DEF FNM(596)
6070 /DEF FNM(597)
6080 /DEF FNM(598)
6090 /DEF FNM(599)
6100 /DEF FNM(600)
6110 /DEF FNM(601)
6120 /DEF FNM(602)
6130 /DEF FNM(603)
6140 /DEF FNM(604)
6150 /DEF FNM(605)
6160 /DEF FNM(606)
6170 /DEF FNM(607)
6180 /DEF FNM(608)
6190 /DEF FNM(609)
6200 /DEF FNM(610)
6210 /DEF FNM(611)
6220 /DEF FNM(612)
6230 /DEF FNM(613)
6240 /DEF FNM(614)
6250 /DEF FNM(615)
6260 /DEF FNM(616)
6270 /DEF FNM(617)
6280 /DEF FNM(618)
6290 /DEF FNM(619)
6300 /DEF FNM(620)
6310 /DEF FNM(621)
6320 /DEF FNM(622)
6330 /DEF FNM(623)
6340 /DEF FNM(624)
6350 /DEF FNM(625)
6360 /DEF FNM(626)
6370 /DEF FNM(627)
6380 /DEF FNM(628)
6390 /DEF FNM(629)
6400 /DEF FNM(630)
6410 /DEF FNM(631)
6420 /DEF FNM(632)
6430 /DEF FNM(633)
6440 /DEF FNM(634)
6450 /DEF FNM(635)
6460 /DEF FNM(636)
6470 /DEF FNM(637)
6480 /DEF FNM(638)
6490 /DEF FNM(639)
6500 /DEF FNM(640)
6510 /DEF FNM(641)
6520 /DEF FNM(642)
6530 /DEF FNM(643)
6540 /DEF FNM(644)
6550 /DEF FNM(645)
6560 /DEF FNM(646)
6570 /DEF FNM(647)
6580 /DEF FNM(648)
6590 /DEF FNM(649)
6600 /DEF FNM(650)
6610 /DEF FNM(651)
6620 /DEF FNM(652)
6630 /DEF FNM(653)
6640 /DEF FNM(654)
6650 /DEF FNM(655)
6660 /DEF FNM(656)
6670 /DEF FNM(657)
6680 /DEF FNM(658)
6690 /DEF FNM(659)
6700 /DEF FNM(660)
6710 /DEF FNM(661)
6720 /DEF FNM(662)
6730 /DEF FNM(663)
6740 /DEF FNM(664)
6750 /DEF FNM(665)
6760 /DEF FNM(666)
6770 /DEF FNM(667)
6780 /DEF FNM(668)
6790 /DEF FNM(669)
6800 /DEF FNM(670)
6810 /DEF FNM(671)
6820 /DEF FNM(672)
6830 /DEF FNM(673)
6840 /DEF FNM(674)
6850 /DEF FNM(675)
6860 /DEF FNM(676)
6870 /DEF FNM(677)
6880 /DEF FNM(678)
6890 /DEF FNM(679)
6900 /DEF FNM(680)
6910 /DEF FNM(681)
6920 /DEF FNM(682)
6930 /DEF FNM(683)
6940 /DEF FNM(684)
6950 /DEF FNM(685)
6960 /DEF FNM(686)
6970 /DEF FNM(687)
6980 /DEF FNM(688)
6990 /DEF FNM(689)
7000 /DEF FNM(690)
7010 /DEF FNM(691)
7020 /DEF FNM(692)
7030 /DEF FNM(693)
7040 /DEF FNM(694)
7050 /DEF FNM(695)
7060 /DEF FNM(696)
7070 /DEF FNM(697)
7080 /DEF FNM(698)
7090 /DEF FNM(699)
7100 /DEF FNM(700)
7110 /DEF FNM(701)
7120 /DEF FNM(702)
7130 /DEF FNM(703)
7140 /DEF FNM(704)
7150 /DEF FNM(705)
7160 /DEF FNM(706)
7170 /DEF FNM(707)
7180 /DEF FNM(708)
7190 /DEF FNM(709)
7200 /DEF FNM(710)
7210 /DEF FNM(711)
7220 /DEF FNM(712)
7230 /DEF FNM(713)
7240 /DEF FNM(714)
7250 /DEF FNM(715)
7260 /DEF FNM(716)
7270 /DEF FNM(717)
7280 /DEF FNM(718)
7290 /DEF FNM(719)
7300 /DEF FNM(720)
7310 /DEF FNM(721)
7320 /DEF FNM(722)
7330 /DEF FNM(723)
7340 /DEF FNM(724)
7350 /DEF FNM(725)
7360 /DEF FNM(726)
7370 /DEF FNM(727)
7380 /DEF FNM(728)
7390 /DEF FNM(729)
7400 /DEF FNM(730)
7410 /DEF FNM(731)
7420 /DEF FNM(732)
7430 /DEF FNM(733)
7440 /DEF FNM(734)
7450 /DEF FNM(735)
7460 /DEF FNM(736)
7470 /DEF FNM(737)
7480 /DEF FNM(738)
7490 /DEF FNM(739)
7500 /DEF FNM(740)
7510 /DEF FNM(741)
7520 /DEF FNM(742)
7530 /DEF FNM(743)
7540 /DEF FNM(744)
7550 /DEF FNM(745)
7560 /DEF FNM(746)
7570 /DEF FNM(747)
7580 /DEF FNM(748)
7590 /DEF FNM(749)
7600 /DEF FNM(750)
7610 /DEF FNM(751)
7620 /DEF FNM(752)
7630 /DEF FNM(753)
7640 /DEF FNM(754)
7650 /DEF FNM(755)
7660 /DEF FNM(756)
7670 /DEF FNM(757)
7680 /DEF FNM(758)
7690 /DEF FNM(759)
7700 /DEF FNM(760)
7710 /DEF FNM(761)
7720 /DEF FNM(762)
7730 /DEF FNM(763)
7740 /DEF FNM(764)
7750 /DEF FNM(765)
7760 /DEF FNM(766)
7770 /DEF FNM(767)
7780 /DEF FNM(768)
7790 /DEF FNM(769)
7800 /DEF FNM(770)
7810 /DEF FNM(771)
7820 /DEF FNM(772)
7830 /DEF FNM(773)
7840 /DEF FNM(774)
7850 /DEF FNM(775)
7860 /DEF FNM(776)
7870 /DEF FNM(777)

```



```

240 GOTO 210
250 /OPEN FILE AND INPUT DATA
260 GOSUB 10050
270 PRINT CURSOR(0,23) : "7:15.4" : " " :
280 INPUT 24
290 IF INSTR(1,24) < 1 THEN GOTO 270
300 ELSE
310 LET 24 = "01" + 24
320 LET 24 = 24 * 1000
330 LET 24 = 24 * 1000
340 LET 24 = 24 * 1000
350 LET 24 = 24 * 1000
360 LET 24 = 24 * 1000
370 LET 24 = 24 * 1000
380 LET 24 = 24 * 1000
390 LET 24 = 24 * 1000
400 LET 24 = 24 * 1000
410 LET 24 = 24 * 1000
420 LET 24 = 24 * 1000
430 LET 24 = 24 * 1000
440 LET 24 = 24 * 1000
450 LET 24 = 24 * 1000
460 LET 24 = 24 * 1000
470 LET 24 = 24 * 1000
480 LET 24 = 24 * 1000
490 LET 24 = 24 * 1000
500 LET 24 = 24 * 1000

```

```

500 LET 0(1,0) = 0:1
510 LET 0(1,0) = 1
520 CHAIN "PL11" + 100
530 PRINT CLEAR
540 PRINT CURSOR(0,23) : "7:15.4" : " " :
550 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
560 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
570 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
580 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
590 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
600 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
610 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
620 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
630 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
640 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
650 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
660 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
670 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
680 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
690 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
700 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
710 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
720 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
730 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
740 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
750 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
760 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
770 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
780 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
790 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
800 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
810 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
820 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
830 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
840 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
850 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
860 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
870 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
880 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
890 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
900 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
910 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
920 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
930 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
940 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
950 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
960 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
970 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
980 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
990 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1000 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1010 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1020 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1030 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1040 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1050 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1060 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1070 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1080 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1090 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1100 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1110 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1120 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1130 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1140 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1150 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1160 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1170 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1180 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1190 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1200 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1210 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1220 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1230 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1240 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1250 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1260 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1270 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1280 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1290 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1300 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1310 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1320 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1330 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1340 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1350 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1360 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1370 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1380 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1390 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1400 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1410 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1420 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1430 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1440 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1450 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1460 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1470 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1480 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1490 PRINT TAB(1) : "15" : " " :
1500 PRINT TAB(1) : "15" : " " :

```



```

10170 FOR I = 1 TO 8
10171 PRINT CHR$(130) ;
10172 NEXT I
10173 FOR I = 9 TO 30 STEP 10
10174 PRINT CURSOR(1,15) ; CHR$(130) ;
10175 FOR J = 1 TO 9
10176 PRINT CHR$(130) ;
10177 NEXT J
10178 FOR I = 1 TO 3
10179 PRINT CHR$(152) ;
10180 FOR J = 1 TO 9
10181 PRINT CHR$(130) ;
10182 NEXT J
10183 PRINT CHR$(151)
10184 LET J = 14
10185 GOSUB 10240
10186 PRINT CURSOR(9,13) ; CHR$(153) ;
10187 FOR I = 1 TO 9
10188 PRINT CHR$(130) ;
10189 NEXT I
10190 FOR I = 1 TO 2
10191 PRINT CHR$(138) ;
10192 FOR J = 1 TO 9
10193 PRINT CHR$(130) ;
10194 NEXT J
10195 NEXT I
10196 PRINT CHR$(137)
10197 LET J = 12
10198 GOSUB 10240
10199 PRINT CURSOR(9,11) ; CHR$(150) ;
10200 FOR I = 1 TO 9
10201 PRINT CHR$(130) ;
10202 NEXT I
10203 FOR I = 1 TO 2
10204 PRINT CHR$(152) ;
10205 FOR J = 1 TO 9
10206 PRINT CHR$(130) ;
10207 NEXT J
10208 NEXT I
10209 PRINT CHR$(151)
10210 FOR I = 1 TO 8
10211 LET J = (I-1)*10+1
10212 PRINT CURSOR(J,18) ; F$(I) ;
10213 NEXT J
10214 PRINT CURSOR(11,14) ;
10215 FOR I = 9 TO 31
10216 LET J = (I-8)*10+1
10217 PRINT CURSOR(J,14) ; F$(I) ;
10218 NEXT I
10219 RETURN
10220 PRINT CURSOR(0,0) ; CHR$(146)
10221 FOR I = 9 TO 79 STEP 10
10222 PRINT CURSOR(I,1) ; CHR$(145)
10223 NEXT I
10224 RETURN
10225 FOR I = 9 TO 39 STEP 10
10226 PRINT CURSOR(I,1) ; CHR$(145) ;
10227 NEXT I
10228 RETURN
10229 USING U1$ : CURSOR(1,18) ; D(1,PO) ;
10230 PRINT USING U2$ : CURSOR(10,16) ; D(2,PO)
10231 PRINT USING U3$ : CURSOR(20,16) ; FNM(D(3,PO))
10232 PRINT USING U4$ : CURSOR(30,16) ; FNM(ABS(D(4,PO)))
10233 PRINT USING U5$ : CURSOR(40,18) ; D(5,PO)

```

```

10234 LET I = 4
10235 FOR J = 50 TO 70 STEP 10
10236 PRINT USING U2$ : CURSOR(J,16) ; D(1,PO)
10237 LET I = I+1
10238 NEXT J
10239 LET I = 9
10240 FOR J = 10 TO 30 STEP 10
10241 PRINT USING U2$ : CURSOR(J,12) ; D(1,PO)
10242 LET I = I+1
10243 NEXT J
10244 RETURN
10245 USING U1$ : CURSOR(10,16) ; FNM(D(3,10))
10246 PRINT
10247 RETURN
10248 USING U2$ : CURSOR(30,12) ; D(11,10)
10249 /SUE MATUYAHU
10250 LET DD = 00+100
10251 LET DD = INT(DD*0.5)/100
10252 RETURN
10253 NO END MARK

```


2-b データ入力編集

```

10 *****
20 ( FOREST ROAD DROWING PROGRAM )
30 FILE NAME="PL10"
40 PLANE DROWING PROGRAM NO.2
50 VER.A
60 *
70 *
80 *
90 *
100 *****
110 CL A 0.014 3070.
120 CL A 0.015 28.
    IA 0 3070 3 23013 28.
    CREATED BY AKIFUMI FUKUDA
*****
/DEF DEG TO RAD
130 DEF FNR(X)
140 LET S1 = INT(X)
150 LET S2 = S-51
    IF S2 > 0.59 THEN
160 PRINT "3070- 3" 60 /5-59 3-31.
    LET M = -9999
    GOTO 140
170 LET S2 = 52/0.6
180 LET S1 = 51/52
190 LET R = 514PI/180
    FNRND
/DEF RAD TO DEG
200 DEF FNR(X)
210 LET S1 = R1*180/PI
220 LET S2 = FIX(S1)
230 LET S3 = S1-S2
240 LET S3 = 83*0.6
    IF S3 > 0.599 THEN
250 LET S3 = 0
260 LET S2 = S2+1
270 LET M = 52*63
    FNRND
/COMMAND
280 GOSUB 10070
290 PRINT CURSOR(D*23) : "COMMAND INPUT CHANGE USE DOWN PRINT GUIT -"
300 INPUT M0 : CS
310 IF ERR = 50 THEN
320 RESUME 170
330 ELSE
340 PRINT CS
    IF CS = "T" THEN GOTO 340
    IF CS = "C" THEN GOTO 340
    IF CS = "U" THEN GOTO 340
    IF CS = "R" THEN GOTO 340
    IF CS = "D" THEN GOTO 340
    IF CS = "Q" THEN GOTO 340
    IF CS = "P" THEN GOTO 340
    GOTO 170
/UP
350 LET PD = PD-1
360 IF PD < 0 THEN
370 LET PD = 0
380 GOTO 270
390 ELSE
400 GOTO 270
/DOWN
410 LET PD = PD+1
420 IF PD > P9 THEN
430 LET PD = P9
440 IF PD > 09 THEN

```

```

270 *****
280 PRINT CURSOR(1,22) : "9-9 207 9 315/23.
290 GOTO 170
300 ELSE
310 LET D(1,PD) = D(1,PD-1)+1
320 GOTO 270
330 IF D(1,PD) = 1 THEN
340 GOSUB 10110
350 ELSE
360 GOSUB 10180
370 LET D(1,PD) = PD-D(1,1)-1
380 PRINT USING US$ : CURSOR(1,16) : D(1,PD)
390 GOTO 170
/QUIT
400 GOSUB 10070
410 PRINT "Quit" : Gdata E(1,1) R(1,1) :
420 INPUT M0 : CS
430 IF ERR = 50 THEN
440 RESUME 290
450 ELSE
460 PRINT CS
    IF CS = "U" THEN GOTO 340
    IF CS = "E" THEN GOTO 480
    IF CS = "R" THEN GOTO 480
    GOTO 290
470 INPUT "9934 7746 X" : Z$
    IF INSTR(1,16,"") THEN GOTO 360
    ELSE
480 LET Z$ = "014+26"
490 LET Z$ = Z$+"MUR"
500 LET Z$ = Z$+"0AT"
510 PURGE Z1$ : Z2$
520 OPEN 114 FOR OUTPUT AS FILE 1
530 IF ERR = 16 THEN
540 PRINT "7746" : Z$ : " " : 777Z$.
550 RESUME 340
560 LET Y$ = 15*SPACES(200)
570 WRITE #1 : Y$ : P9 :
580 CLOSE 1
590 RECOMPOSITE #2 : 05(11)
600 OPEN 125 AS FILE 2 RECORD CONTENTS P9
610 FOR I = 0 TO P9
620 LET D(1,1) = D(1,1)
630 NEXT I
640 PUT #2 RECORD 1
650 NEXT I
660 CLOSE 2
670 CLOSE 1
680 CHAIN "PLANE"
690 END
/PRINT OUT
700 OPEN "BOUTA" AS FILE 2 MODE 3
710 PRINT #2 : CHR$(12)
720 PRINT #2 : "7746" : Y$
730 PRINT #2 : CHR$(13)
740 FOR I = 1 TO 11
750 PRINT #2 : TAB(I) : F$(I) :
760 LET J = J+10
770 NEXT I
780 PRINT #2 : CHR$(13)
790 PRINT #2 : TAB(5) : "0P" :
800 PRINT #2 USING US$ : TAB(21) : FNR(D(1,0)) :
810 PRINT #2 USING US$ : TAB(101) : D(1,0)
820 FOR J = 1 TO P9
830 PRINT #2 USING US$ : TAB(1) : D(1,J) :

```



```

1 PRINT #2 USING U2$ : TAB(11) : D(2,J) :
2 PRINT #2 USING U1$ : TAB(21) : FNM(D(3,J)) :
3 PRINT #2 USING U1$ : TAB(31) : FNM(ABS(D(4,J))) :
4 LET PO = 51
5 FOR I = 6 TO 11
6 PRINT #2 USING U2$ : TAB(PO) : D(I,J) :
7 LET PO = PO+10
8 NEXT I
9 PRINT #2
10 PRINT #2 : CHR$(13)
11 CLOSE #2
12 GOTO 170
13 /INPUT DATA
14 LET PO = 99+1
15 LET D(1,PO) = D(1,PO-1)+1
16 LET IO = PO
17 GOSUB 10150
18 /IP
19 GOSUB 10210
20 /DIST.
21 GOSUB 10220
22 /BA
23 GOSUB 10230
24 /IA
25 GOSUB 10270
26 /R
27 GOSUB 10320
28 /TL-EC
29 GOSUB 10340
30 /FLG
31 IF D(12,PO) >= 1 THEN GOTO 670
32 LET D(12,PO) = 1
33 LET PO = PO
34 GOSUB 10430
35 GOTO 170
36 /CHANGE DATA
37 GOSUB 10180
38 LET IO = PO
39 IF PO > 0 THEN GOTO 810
40 GOSUB 10120
41 GOSUB 10070
42 PRINT "INPUT 1(4,1) 2(4,2) 3(4,3) 4(1P NO. " :
43 INPUT #0 : N1
44 IF ERR = 50 THEN
45 RESUME 740
46 ELSE
47 IF N1 < 1 OR N1 > 4 THEN GOTO 740
48 ON N1 GOTO 760 : 770 : 780 : 790
49 GOSUB 10070
50 INPUT "7(4,1) 8(4,1) " : T$
51 LET T$ = T$+SPACE$(200)
52 PRINT CURSOR(9,10) : T$
53 GOTO 170
54 GOSUB 10070
55 INPUT "BP / 3(4,7) 4(4,7) " : D(11,0)
56 GOSUB 10410
57 LET PO = PO+1
58 GOSUB 10430
59 GOTO 170
60 GOSUB 10250
61 LET PO = PO+1
62 GOSUB 10430
63 GOTO 170
64 GOSUB 10070
750
760
770
780
790

```

```

1 INPUT "AD-3 / IP NO. " : D1
2 LET D(1,0) = 01-t
3 FOR I1 = 1 TO P4
4 LET D(1,11) = D(1,11-t)+1
5 NEXT I1
6 GOTO 170
7 GOSUB 10210
8 GOSUB 10240
9 GOSUB 10260
10 GOSUB 10270
11 GOSUB 10330
12 GOSUB 10340
13 GOSUB 10070
14 PRINT "INPUT 1(4,3) 2(4,7) 3(4,7) 4(4,1) " :
15 INPUT #0 : N1
16 IF M1 < 0 OR M1 > 3 THEN GOTO 820
17 ON M1 GOTO 840 : 850 : 860 : 870
18 /DIST.
19 GOSUB 10220
20 GOSUB 10340
21 GOSUB 10430
22 GOTO 170
23 /BA
24 GOSUB 10250
25 GOSUB 10270
26 GOSUB 10340
27 GOSUB 10430
28 GOTO 170
29 /R
30 GOSUB 10320
31 GOSUB 10340
32 GOSUB 10430
33 GOTO 170
34 /ALL
35 GOTO 570
36 GOTO 170
37 END
38 /ERROR
39 IF ERR = 5 THEN GOTO 0
40 IF ERR = 11 THEN GOTO 0
41 IF ERR = 16 THEN GOTO 0
42 IF ERR = 50 THEN GOTO 0
43 PRINT "ERR=" : ERR : "ERRL=" : ERRL
44 END
45 /***** SUB ROUTINE *****/
46 /SUB COMMAND LINE CLEAR
47 PRINT CURSOR(0,23) : SPACES(80)
48 PRINT CURSOR(0,23) :
49 RETURN
50 /SUB DATA DISPLAY
51 IF PO = 0 THEN
52 GOSUB 10180
53 PRINT CURSOR(1,16) : " BP"
54 PRINT USING U1$ : CURSOR(20,16) : FNM(D(3,0))
55 PRINT USING U2$ : CURSOR(30,12) : D(11,0)
56 RETURN
57 PRINT USING U3$ : CURSOR(1,16) : D(1,PO) :
58 PRINT USING U3$ : CURSOR(10,16) : D(2,PO)
59 PRINT USING U1$ : CURSOR(20,16) : FNM(D(3,PO))
60 PRINT USING U1$ : CURSOR(30,16) : FNM(ABS(D(4,PO)))
61 PRINT USING U3$ : CURSOR(40,16) : D(5,PO)
62 LET I = A
63 FOR J = 30 TO 70 STEP 10
64 PRINT USING U2$ : CURSOR(J,16) : D(1,PO)
65 LET I = I+1
66 NEXT J

```



```

10160 LET I = 9
10170 FOR J = 10 TO 30 STEP 10
10180 PRINT USING U2% I CURSOR(J,12) : D(1,10)
10190 LET I = I+1
10200 NEXT J
10210 RETURN
10220 /SUB DATA DISP, CLEAR
10230 PRINT CURSOR(1,16) : "
10240 FOR I = 10 TO 70 STEP 10
10250 PRINT CURSOR(I,16) : "
10260 NEXT I
10270 FOR J = 10 TO 30 STEP 10
10280 PRINT CURSOR(J,12) : "
10290 NEXT J
10300 RETURN
10310 /SUB CALCULATE ITEMS
10320 /SUB PRINT
10330 PRINT USING U3% I CURSOR(1,16) : D(1,10)
10340 RETURN
10350 /SUB DIET
10360 LET X = 10
10370 LET Y = 16
10380 LET L9 = 8
10390 LET U4 = U2%
10400 GOSUB 10450
10410 GOSUB 10450
10420 LET D(2,10) = D0
10430 LET D0 = D(2,10)
10440 LET X = 10
10450 LET Y = 16
10460 LET U4 = U2%
10470 GOSUB 10490
10480 RETURN
10490 /SUB BA
10500 LET X = 20
10510 LET Y = 16
10520 LET L9 = 8
10530 LET U4 = U1%
10540 GOSUB 10450
10550 LET D(3,10) = FNR100
10560 IF D(3,10) = -9999 THEN GOTO 10250
10570 LET D0 = FNR100(0(3,10))
10580 LET X = 20
10590 LET Y = 16
10600 LET U4 = U1%
10610 GOSUB 10490
10620 RETURN
10630 /SUB IA
10640 LET D1 = D(3,10)-D(3,10-1)
10650 IF D1 > P1 THEN
10660 LET D1 = D1-2*P1
10670 GOTO 10280
10680 IF D1 < -P1 THEN
10690 LET D1 = D1+2*P1
10700 GOTO 10280
10710 LET D(4,10) = D1
10720 PRINT USING U1% I CURSOR(30,16) : ABS(FNR100)
10730 RETURN
10740 /SUB R
10750 LET X = 50
10760 LET Y = 16
10770 LET U4 = U3%
10780 LET L9 = 8
10790 GOSUB 10450
10800 GOSUB 10450
10810 LET D(5,10) = D0

```

```

10330 LET D0 = D(5,10)
10340 LET X = 50
10350 LET Y = 16
10360 LET U4 = U3%
10370 GOSUB 10470
10380 RETURN
10390 /SUB TL--EC
10400 LET D3 = ABS(D(4,10))
10410 LET D4 = D3/2
10420 /TL
10430 LET D0 = D(5,10)*TAN(04)
10440 GOSUB 10510
10450 LET D(6,10) = D0
10460 PRINT USING U2% I CURSOR(50,16) : D(6,10)
10470 /EL
10480 LET D0 = D(5,10)*1/COS(04)-1
10490 GOSUB 10510
10500 LET D(7,10) = D0
10510 PRINT USING U1% I CURSOR(60,16) : D(7,10)
10520 /CL
10530 LET D0 = D(5,10)*D3
10540 /CL-->A*P10
10550 GOSUB 10520
10560 LET D(8,10) = D0
10570 PRINT USING U2% I CURSOR(70,16) : D(8,10)
10580 /BC
10590 LET D0 = D(11,10)-1+D(2,10)-D(6,10)-D(6,10-1)
10600 GOSUB 10510
10610 LET D(9,10) = D0
10620 PRINT USING U2% I CURSOR(10,12) : D(9,10)
10630 /MC
10640 LET D0 = D(9,10)*D(5,10)/2
10650 GOSUB 10510
10660 LET D(10,10) = D0
10670 PRINT USING U2% I CURSOR(20,12) : D(10,10)
10680 /EC
10690 LET D0 = D(9,10)*D(8,10)
10700 GOSUB 10510
10710 LET D(11,10) = D0
10720 PRINT USING U2% I CURSOR(30,12) : D(11,10)
10730 /SUB CORRECT DATA
10740 IF D(12,10-1) = 1 THEN
10750 FOR I0 = P0 TO P9
10760 IF D(12,10) = 0 THEN
10770 LET P9 = I0
10780 GOTO 10440
10790 ELSE
10800 GOSUB 10210
10810 GOSUB 10240
10820 GOSUB 10260
10830 GOSUB 10270
10840 GOSUB 10320
10850 GOSUB 10340
10860 NEXT I0
10870 LET P0 = P9
10880 RETURN
10890 /SUB INPUT DATA
10900 PRINT CURSOR(1,1) : CHR$(22) : STR$(L9,32)
10910 PRINT CURSOR(1,1) : CHR$(22) : "
10920 INPUT LINE : " : I : A%
10930 LET D0 = VAL(A%)
10940 RETURN
10950 /SUB PRINT DATA
10960 PRINT USING U5 I CURSOR(1,1) : D0

```



```

400 GET #2 RECORD 1
410 LET L(1) = X3
    LET L(1) = L3
    LET A(1) = A3
    NEXT I
420 CLOSE 1
430 CLOSE 2
440 LET X(0) = 0
450 LET Y(0) = 0
460 LET X1 = X(0)
    LET Y1 = Y(0)
    LET X2 = X(0)
    LET Y2 = Y(0)
470 FOR I = 1 TO P9
480 LET X(1) = L(1)*SIN(A(1-1))+X(1-1)
490 LET Y(1) = L(1)*COS(A(1-1))+Y(1-1)
    IF X(1) < X1 THEN
        LET X1 = X(1)
    IF X(1) > X2 THEN
        LET X2 = X(1)
    IF Y(1) < Y1 THEN
        LET Y1 = Y(1)
    IF Y(1) > Y2 THEN
        LET Y2 = Y(1)
    NEXT I
500 /SCALE FACTOR
    LET X3 = X2-X1
    LET Y3 = Y2-Y1
    LET L1 = X3
    IF Y3 > X3 THEN
        LET L1 = Y3
    LET S0 = 1/L1
510 /WINDOW INITIALIZE
    LET X4(1) = X1
    LET X4(2) = X1+Q2/S
    LET X4(3) = Y1
    LET X4(4) = Y1+P2/S
    LET X4(5) = X1
    LET X4(6) = Y1
    LET X4(7) = Y1
520 /CUT PLOTTING
    CALL #11, 0, 0
    CALL #11, 1
    FOR I = 0 TO P9
        LET FO = 1
        IF I = 0 THEN
            LET FO = 0
        LET X8 = FNOD(X(1),Y(1),X1,Y1)
        LET Y8 = FNOD(Y(1),Y1,Y1,X1)
        PRINT X8, Y8
        CALL #11, 4, X8, Y8, X8, Y8, FO
        LET I9 = CHR$(141)+NUM$(I(1))
        CALL #11, 9, X8, Y8, X8, Y8, 0, I9
    NEXT I
530 /SCALE PRINT
    LET L9 = 100*50*51
    CALL #11, 5, 10, 10, L9, 1
    CALL #11, 6, 10, 10, 3, 1
    LET L8 = L9+10
    CALL #11, 6, L8, 10, 3, 1
    CALL #11, 9, 13, 0, 0, "100m"
    LET L9 = 10000/S
    LET Z8 = NUM$(L9)+":1"

```

```

750 /WINDOW SET
760 GOSUB 10120
770 LET Z18 = "INPUT Clear R(otate T(rotate Q(uit "
780 GOSUB 10220
    INPUT #0, M18
790 CALL #11, 9, 245, 248, 0, M18
800 IF M18 = "C" THEN GOTO 810
810 IF M18 = "S" THEN GOTO 820
820 IF M18 = "T" THEN GOTO 940
830 IF M18 = "Q" THEN GOTO 1030
840 GOTO 770
850 /ROTATE
    LET Z18 = "R(otate T(rotate Q(uit "
    GOSUB 10220
    INPUT A1
    IF ERR = 50 THEN
        RESUME 860
    ELSE
        LET A28 = NUM$(A1)
        GOSUB 10420
        PRINT "ROTATE " A28
        LET A1 = INT(A1)*PI/180
        FOR I = 1 TO 4
            LET X6 = FNOD(X4(1),X4(1),X4(1),Y4(1),Y4(1))
            LET Y6 = FNOD(Y4(1),Y4(1),Y4(1),Y4(1),Y4(1))
            LET X4(1) = X6
            LET Y4(1) = Y6
        NEXT I
        GOTO 1010
860 /TRANSLATE
    LET Z18 = "T(rotate T(rotate Q(uit "
    GOSUB 10220
    INPUT X5
    IF ERR = 50 THEN
        RESUME 930
    LET A28 = NUM$(X5)
    GOSUB 10420
    LET Z18 = "T(rotate T(rotate Q(uit "
    GOSUB 10220
    INPUT Y5
    IF ERR = 50 THEN
        RESUME 970
    LET A28 = NUM$(Y5)
    GOSUB 10420
    FOR I = 1 TO 5
        LET X4(1) = X4(1)+X5
        LET Y4(1) = Y4(1)+Y5
    NEXT I
    GOSUB 10120
    GOTO 770
870 /QUIT
    CALL #11, 0, 5
    PRINT CLEAR
    PURGE F3$
    OPEN F3$ FOR OUTPUT AS FILE 1
    LET Z8 = Z8+SPACE$(10)
    WRITE #1, P9, I, 0, A1
    FOR I = 1 TO 4
        WRITE #1, X4(1), Y4(1)
    NEXT I
    FOR I = 1 TO P9
        WRITE #1, X(1), Y(1)
    NEXT I
    CLOSE 1
    GOSUB 10080

```



```

1 PRINT "X,Y,Z" 9 7:0000 = 00000 (Y/N) 0 0 1
2 INPUT #0, N15
3 PRINT N15
4 IF N15 = "Y" THEN
5   VTCLEAR
6   CHAIN "PL30"
7   VTCLEAR
8   CHAIN "PLANE"
9   ***** ERROR *****
1000 IF ERR = 5 THEN GOTO 0
1010 IF ERR = 11 THEN GOTO 0
1020 IF ERR = 11 THEN GOTO 0
1030 IF ERR = 50 THEN GOTO 0
1040 PRINT "ERR=" 1 ERR, "ENRL=" 1 ENRL
1050 CALL #11, 0, 5
1060 END
1070 ***** SUBROUTINE *****
1080 /SUB COMMAND LINE CLEAR
1090 PRINT CURSOR(0,23) 1 SPACES(80)
1100 PRINT CURSOR(0,23) 1
1110 RETURN
1120 /SUB WINDOW PLOT
1130 FOR I = 1 TO 4
1140   LET V7 = FN80(V4(I),V1,V1)
1150   LET V7 = FN80(V4(I),V1,V1)
1160   LET V8 = FN80(V4(I),V1,V1)
1170   LET V8 = FN80(V4(I),V1,V1)
1180   GOSUB 10250
1190   IF CO = -999 THEN GOTO 10300
1200   CALL #11, 4, X7, V7, 0
1210   CALL #11, 4, X8, V8, 1
1220   PRINT X7, V7, X8, V8
1230 NEXT I
1240 RETURN
1250 /SUB CRT COMMAND LINE
1260 CALL #11, 9, 0, 248, 0, "
1270 CALL #11, 9, 0, 248, 0, 118
1280 RETURN
1290 /SUB CRIPPING
1300 LET A5 = X7
1310 LET B5 = Y7
1320 GOSUB 10340
1330 LET C5 = X8
1340 LET D5 = Y8
1350 GOSUB 10340
1360 LET E5 = X7
1370 LET F5 = Y7
1380 IF CO = 0 AND C1 = 0 THEN
1390   IF CO = 0 AND C1 = 0 THEN
1400     RETURN
1410   IF CO = -999
1420     RETURN
1430   IF CO = 0 THEN
1440     LET V = X7
1450     LET X7 = X8
1460     LET X8 = V
1470     LET V = Y7
1480     LET Y7 = Y8
1490     LET Y8 = V
1500     LET V = CO
1510     LET CO = C1
1520     LET C1 = V
1530   IF CO AND 1) < 0 THEN
1540     IF X7 = X8 THEN
1550       LET X7 = 0
1560       GOTO 10350
1570     ELSE
1580       LET Y7 = Y7+(Y8-Y7)*(X7)/(X8-X7)
1590       LET X7 = 0
1600       GOTO 10350
1610   IF CO AND 2) < 0 THEN
1620     IF X7 = X8 THEN
1630       LET X7 = U2
1640       GOTO 10350
1650   ELSE
1660     LET Y7 = Y7+(Y8-Y7)*(U2-X7)/(X8-X7)
1670     LET X7 = U2
1680     GOTO 10350
1690   IF CO AND 4) < 0 THEN
1700     IF Y8 = Y7 THEN
1710       LET Y7 = 0
1720       GOTO 10350
1730   ELSE
1740     LET X7 = X7+(X8-X7)*(Y7)/(Y8-Y7)
1750     LET Y7 = 0
1760     GOTO 10350
1770   IF Y7 = Y8 THEN
1780     LET Y7 = V2
1790     GOTO 10350
1800   ELSE
1810     LET X7 = X7+(X8-X7)*(V2-Y7)/(Y8-Y7)
1820     LET Y7 = V2
1830     GOTO 10350
1840   LET A5 = X7
1850   LET B5 = Y7
1860   GOSUB 10340
1870   LET C5 = X8
1880   LET D5 = Y8
1890   GOTO 10280
1900 /SUB CRIP CODE
1910 IF A5 > 0 AND A5 <= U2 THEN
1920   LET C5 = 0
1930   GOTO 10400
1940 IF A5 < 0 THEN
1950   LET C5 = 1
1960   GOTO 10400
1970 IF A5 > U2 THEN
1980   LET C5 = 2
1990 IF B5 > 0 AND B5 <= V2 THEN GOTO 10430
2000 IF B5 < 0 THEN
2010   LET C5 = C5+4
2020   GOTO 10430
2030 IF B5 > V2 THEN
2040   LET C5 = C5+8
2050   GOTO 10430
2060 RETURN
2070 /SUB ECHO BACK GRAPHIC
2080 CALL #11, 9, 120, 248, 0, A28
2090 RETURN
2100 NO END MARK

```

```

1 LET Y7 = Y7+(Y8-Y7)*(X7)/(X8-X7)
2 LET X7 = 0
3 GOTO 10350
10320 IF (CO AND 2) < 0 THEN
10330 IF X7 = X8 THEN
10340 LET X7 = U2
10350 GOTO 10350
10360 ELSE
10370 LET Y7 = Y7+(Y8-Y7)*(U2-X7)/(X8-X7)
10380 LET X7 = U2
10390 GOTO 10350
10400 IF (CO AND 4) < 0 THEN
10410 IF Y8 = Y7 THEN
10420 LET Y7 = 0
10430 GOTO 10350
10440 ELSE
10450 LET X7 = X7+(X8-X7)*(Y7)/(Y8-Y7)
10460 LET Y7 = 0
10470 GOTO 10350
10480 IF Y7 = Y8 THEN
10490 LET Y7 = V2
10500 GOTO 10350
10510 ELSE
10520 LET X7 = X7+(X8-X7)*(V2-Y7)/(Y8-Y7)
10530 LET Y7 = V2
10540 GOTO 10350
10550 LET A5 = X7
10560 LET B5 = Y7
10570 GOSUB 10340
10580 LET C5 = X8
10590 LET D5 = Y8
10600 GOTO 10280
10610 /SUB CRIP CODE
10620 IF A5 > 0 AND A5 <= U2 THEN
10630   LET C5 = 0
10640   GOTO 10400
10650 IF A5 < 0 THEN
10660   LET C5 = 1
10670   GOTO 10400
10680 IF A5 > U2 THEN
10690   LET C5 = 2
10700 IF B5 > 0 AND B5 <= V2 THEN GOTO 10430
10710 IF B5 < 0 THEN
10720   LET C5 = C5+4
10730   GOTO 10430
10740 IF B5 > V2 THEN
10750   LET C5 = C5+8
10760   GOTO 10430
10770 RETURN
10780 /SUB ECHO BACK GRAPHIC
10790 CALL #11, 9, 120, 248, 0, A28
10800 RETURN
10810 NO END MARK

```


2-d XYプロッタ作図

```

10 /*****
20 / ( FOREST ROAD DROWING PROGRAM )
30 / FILE NAME = "PL30"
40 / PLANE DROWING PROGRAM NO.4
50 / CREATED BY AKIFUMI FUKUDA
60 /
70 / ON ERROR GOTO 10000
80 /
90 /
100 /DEF WINDOW CHECK
110 /DEF FHM(A,B,C,X,Y,V) = (A+V*B+V*C)/500*(A+B+C)
120 /READ X,Y DATA P#S:14
130 /PRINT CLEAR
140 /PRINT CURSOR(0,2) 1 "30000 = 1/432" 2 3472.2"
150 /DIM X(13), Y(13), F2(12), W3(12), W3(12), X(14), Y(14), T3(130), X2(6), Y2(6)
160 /OPEN "WORK.DAT" FOR INPUT AS FILE 2
170 /READ #2, Z5
180 /CLOSE 2
190 /LET I = INSTR(1,25,CHR$(32))
200 /IF I = 0 AND LEN(Z5) = 8 THEN GOTO 180
210 /ELSE Z5 = MID(Z5,I,1)
220 /LET W3 = Z5*1000
230 /OPEN #36 FOR INPUT AS FILE 1
240 /READ #1, P#S:5, A3
250 /LET A1 = A3
260 /FOR I = 1 TO 4
270 /READ #1, X1(I), Y1(I)
280 /IF LEFT(Z5,2) = "01" OR LEFT(Z5,2) = "1:" THEN GOTO 230
290 /ELSE
300 /LET Z5 = "01" + Z5
310 /MAIN PROGRAM
320 /WINDOW CHECK PARAMETER
330 /LET A1 = Y1(1)-Y1(2)
340 /LET B1 = X1(2)-X1(1)
350 /LET C1 = X1(1)*Y1(2)-X1(2)*Y1(1)
360 /LET A2 = Y1(1)-Y1(4)
370 /LET B2 = X1(4)-X1(1)
380 /LET C2 = X1(1)*Y1(4)-X1(4)*Y1(1)
390 /PARAMETER
400 /P# NO. POSITION
410 /LET L1 = 30/S
420 /ALPHA SCALE
430 /IF S < 15 THEN
440 /LET L2 = 5*2
450 /ELSE
460 /LET L2 = 25
470 /PRINT "70000...OK" = 1
480 /INPUT #0, Q5
490 /PRINT #4
500 /IF Q5 = "Y" THEN GOTO 310
510 /ELSE
520 /GOTO 300
530 /OPEN "ROUT8" AS FILE 2
540 /PRINT #2, "A"
550 /PRINT #2, "B" + L2 + "1"
560 /PRINT #2, "C" + L2 + "1"
570 /PRINT #2, "40.0"
580 /PRINT #2, "72810.2540,"

```

```

330 /PRINT #2, "1150.0,"
340 /PRINT #2, "03750.0,3750.2540,150.2540,150.0", CHR$(13)
350 /PRINT #2, "4200.45,"
360 /DIM X(P#), Y(P#), Z1(P#), D1(11)
370 /LET J = 0
380 /P# DATA READ
390 /FOR I = 0 TO P#
400 /IF I = 0 THEN
410 /LET X(0) = 0
420 /LET Y(0) = 0
430 /GOTO 410
440 /READ #1, X(1), Y(1)
450 /LET X9 = X(1)
460 /LET Y9 = Y(1)
470 /GOSUB 10050
480 /IF P# < 0 THEN GOTO 460
490 /LET I1(J) = 1
500 /LET J = J+1
510 /NEXT I
520 /CLOSE 1
530 /LET P# = J-1
540 /DATA READ
550 /LET F18 = Z5*1000
560 /LET F18 = Z5*1000
570 /OPEN F18 FOR INPUT AS FILE 3 MODE 10
580 /READ #3, T5, P9
590 /PRINT T5
600 /CLOSE 3
610 /RECORDSIZE #4, 0(11)
620 /OPEN F25 AS FILE 4 RECORD CONTENTS P9
630 /PLOT
640 /PRINT "IP 70000"
650 /GOTO 660
660 /FOR I = 0 TO P#
670 /LET J = 11(1)
680 /LET X9 = X(J)
690 /LET Y9 = Y(J)
700 /GOSUB 10050
710 /PRINT #2, "H" + UD + UD + 20 + 0 + 3600 + "A"
720 /PRINT #2, "H" + UD + UD + 10 + 0 + 3600 + "A"
730 /PRINT #2, "H" + UD + UD + 7 + 0 + 3600 + "A"
740 /PRINT #2, "H" + UD + UD + 3 + 0 + 3600 + "A"
750 /NEXT I
760 /PRINT #2, "H"
770 /PRINT "IP 70000"
780 /INPUT #0, Q5
790 /PRINT #4
800 /IF Q5 = "Y" THEN GOTO 660
810 /ELSE
820 /GOTO 1920
830 /SET #4 RECORD 0
840 /FOR I = 0 TO P#
850 /PRINT
860 /IF I5(1) < 0 THEN GOTO 740
870 /LET Q18 = "BP" + CHR$(13)
880 /LET A1 = 0(2)*PI/2
890 /LET X9 = X(0)+L1*ASIN(A1)
900 /LET Y9 = Y(0)+L1*COS(A1)
910 /GOSUB 10050
920 /LET A5 = -(A1-A3)*1800/PI-900
930 /GOSUB 10310
940 /GOTO 1760
950 /LET J = 11(1)
960 /LET J1 = 11(1)-1

```



```

750 LET J2 = I1(I1)+1
760 GET #4 RECORD J1
FOR J3 = 0 TO 11
  LET O1(J3) = O(J3)
NEXT J3
770 SET #4 RECORD J
780 / X3-V3 = EC-1 POINT
  LET X3 = X(J1)+O1(5)*SIN(O1(2))
  LET Y3 = Y(J1)+O1(5)*COS(O1(2))
  LET A9 = X3
  LET Y9 = Y3
  GOSUB 10050
  LET F3 = F0
  LET U3 = U0
  LET V3 = V0
  / X4-Y4 = BC
  LET X4 = X(J1)+O1(5)*SIN(O1(2))
  LET Y4 = Y(J1)+O1(5)*COS(O1(2))
  LET X9 = X4
  LET Y9 = Y4
  GOSUB 10050
  LET F4 = F0
  LET U4 = U0
  LET V4 = V0
  / X5-V5 = EC
  LET X5 = X(J1)+O1(5)*SIN(O1(2))
  LET Y5 = Y(J1)+O1(5)*COS(O1(2))
  LET X9 = X5
  LET Y9 = Y5
  GOSUB 10050
  LET F5 = F0
  LET U5 = U0
  LET V5 = V0
  / X6-Y6 = R CENTER
  IF O1(3) >= 0 THEN
    LET A9 = O1(2)*PI/2
    GOTO 890
  LET A9 = O1(2)-PI/2
  GOTO 900
  IF A9 > 2*PI THEN
    LET A9 = A9-2*PI
  GOTO 890
  ELSE
    GOTO 910
  IF A9 < 0 THEN
    LET A9 = A9+2*PI
  GOTO 900
  ELSE
    GOTO 910
  LET X6 = X4+O1(5)*SIN(A9)
  LET Y6 = Y4+O1(5)*COS(A9)
  LET X9 = X6
  LET Y9 = Y6
  GOSUB 10050
  LET U6 = U0
  LET V6 = V0
  /PLT IPNO
  LET Q16 = "P"+NUM$(O1(1))+CHR$(3)
  LET A4 = O1(2)+O1(3)/2-SIN(O1(3))*PI/2
  LET A5 = -((A4-A3)*1800/PI-900)
  LET A6 = A5
  GOSUB 10340
  LET A5 = A6
  LET X9 = X(J1)+L1*SIN(A4)
  LET Y9 = Y(J1)+L1*COS(A4)
  GOSUB 10050
1000

```

```

1010 GOSUB 10310
1020 /PLT LINE EC-BC
  IF O1(10) = 0(8) THEN GOTO 1050
  LET U7 = U3
  LET V7 = V3
  LET U8 = U4
  LET V8 = V4
  GOSUB 10160
  /PLT BC
  IF F4 < 0 THEN GOTO 1100
  IF O1(3) = 0 THEN GOTO 1120
  PRINT #2, "M", U4, V4, 10, 0, 3600, "M"
  / PRINT #2, "M", U4, V4, 7, 0, 3600, "M"
  / PRINT #2, "M", U4, V4, 3, 0, 3600, "M"
  /PLT LINE BC-R CENTER
  IF O1(4) <= 25 THEN GOTO 1140
  LET X9 = X4+25*SIN(A9)
  LET Y9 = Y4+25*COS(A9)
  GOSUB 10050
  LET U9 = U0
  LET V9 = V0
  GOTO 1150
  LET U8 = U6
  LET V8 = V6
  LET U7 = U4
  LET V7 = V4
  GOSUB 10160
  /PLT "RS" 10160
  LET Q16 = "R"+NUM$(O1(4))+CHR$(3)
  IF O1(3) < 15 THEN
    LET L2 = 1.6*5
  ELSE
    LET L2 = 20
  LET L3 = 10/5
  LET L4 = 50/5
  IF O1(4) <= 15 THEN
    LET L4 = 20/5
  LET A5 = -((A9-A3)*1800/PI-900)
  LET A6 = A5
  GOSUB 10340
  LET A5 = A6
  LET A8 = -((O1(2)-A3)*1800/PI-900)
  GOSUB 10340
  IF A8 > 1800 THEN
    LET L3 = L3+L2/5
  LET X9 = X4+L3*SIN(O1(2))+L4*SIN(A9)
  LET Y9 = Y4+L3*COS(O1(2))+L4*COS(A9)
  GOSUB 10050
  LET L2 = 25
  IF O1(4) < 15 THEN
    LET L2 = 5*2
  PRINT #2, "R25", "
  PRINT #2, "R25", "
  /PLT LINE R CENTER - EC
  IF O1(4) <= 25 THEN GOTO 1350
  LET L3 = O1(4)-25
  LET A4 = A9+PI+O1(3)
  LET X9 = X4+L3*SIN(A4)
  LET Y9 = Y4+L3*COS(A4)
  GOSUB 10050
  LET U7 = U0
  LET V7 = V0
  GOTO 1340
  LET U7 = U6
  LET V7 = V6
1350

```



```

360 IF CS = "N" THEN GOTO 380
370 IF CS = "Y" THEN GOTO 480
380 GOTO 350
390 PRINT CLEAR
400 PRINT COSUB(0,20,1,"350-39-11")
410 PRINT TAB(3) 1 "112-9 / 2000"
420 PRINT TAB(3) 1 "2120-4 / 1000"
430 PRINT TAB(3) 1 "312-10-21 5 7-0-9 3- 30"
440 INPUT NO, NI
450 IF NI < 1 OR NI > 4 THEN GOTO 380
460 ON NI GOTO 430, 450, 460, 470
470 CLOSE 1
480 VTCLEAR
490 CHAIN "PR10"
500 CLOSE 1
510 CLOSE 2
520 VTCLEAR
530 CHAIN "PR20"
540 CLOSE 1
550 CLOSE 2
560 END
570 /BP INPUT
580 GET #2 RECORD D
590 LET CS = "BP / 9-9 / 2000"
600 GOSUB 10350
610 LET H15 = " BP = "
620 GOSUB 10480
630 LET PO = 0
640 LET P1 = 0
650 LET P2 = 0
660 LET P3 = 1
670 LET P4 = 0
680 GOSUB 10740
690 LET H10 = P4
700 LET H11 = 0
710 LET H12 = 0
720 LET H13 = 0(10)
730 LET A1 = H13
740 LET X = I(3)
750 LET Y = Y(3)-2
760 LET U15 = U15(3)
770 LET X = Y(3)
780 LET Y = Y(3)-2
790 LET U15 = U15(2)
800 GOSUB 10240
810 IF EPR = 18 THEN
820 RESUME 350
830 ELSE
840 LET H(4) = A1
850 LET H(9) = 0
860 PUT #1 RECORD D
870 GET #2 RECORD P3
880 LET P1 = 1
890 GOTO 710
900 /NOT START
910 GOSUB 11440
920 GET #1 RECORD D
930 LET P1 = H(2)
940 LET P4 = H(0)

```

```

640 LET PO = P1
650 FOR I = 0 TO P1
660 GET #1 RECORD 1
670 IF H(9) = 9 THEN
680 LET B1 = 1
690 GOTO 660
700 NEXT I
710 GET #1 RECORD PO
720 IF PO = 0 THEN
730 LET P3 = 0
740 ELSE
750 LET P3 = H(0)
760 GET #2 RECORD P3
770 IF H(3) < 0(8) THEN
780 LET P2 = 1
790 GOTO 700
800 IF H(3) < 0(9) THEN
810 LET P2 = 2
820 GOTO 700
830 IF H(3) < 0(10) THEN
840 LET P2 = 3
850 IF H(9) = 8 OR H(9) = 6 THEN
860 LET H2 = H(5)
870 ELSE
880 LET H2 = H(4)+H(5)
890 GOSUB 10800
900 /INPUT COMMAND LEVEL-1
910 LET CS = "Command: Input, Delete, fuser, Change, fprint, Adjust, Quit, "
920 GOSUB 10320
930 IF CS = "I" THEN GOTO 830
940 IF CS = "D" THEN GOTO 1990
950 IF CS = "C" THEN GOTO 1940
960 IF CS = "F" THEN GOTO 2050
970 IF CS = "E" THEN GOTO 2460
980 IF CS = "A" THEN GOTO 2710
990 IF CS = "Q" THEN GOTO 2780
1000 GOTO 730
1010 /INPUT DATA
1020 IF PO < P1 THEN
1030 PRINT "Data file / #10 ch input #170"
1040 SLEEP 5
1050 GOTO 730
1060 IF P4 < 0 THEN
1070 GET #1 RECORD PO
1080 LET P5 = H(6)-1
1090 GOTO 1600
1100 /INPUT LAST DATA
1110 GET #1 RECORD PO
1120 LET CS = "Input mode: Next, Blank mark, Tigrine point, Plus, Reverse, Exit"
1130 GOSUB 10320
1140 IF CS = "N" THEN GOTO 970
1150 IF CS = "B" THEN GOTO 1270
1160 IF CS = "T" THEN GOTO 1420
1170 IF CS = "P" THEN GOTO 1460
1180 IF CS = "R" THEN GOTO 1560
1190 IF CS = "E" THEN GOTO 1910
1200 GOTO 880
1210 /NEXT POINT
1220 GOSUB 10520
1230 LET LY = 0(7+P2)
1240 LET LB = INT(H(3)/20)
1250 LET L7 = LB+17*20
1260 IF L7 > LY THEN GOTO 1130
1270 /INPUT NO NUI
1280 LET CS = "INPUT NO. 9 / next"
1290 GOSUB 10350

```



```

1040 13Y H15 = " NO."
      GOSUB 11210
      IF ERR = 10 THEN
        RESUME 860
      LET H15 = " NO." + NUM$(H1) + SPACES(8)
1050 LET H(3) = L7 - H(3)
1060 LET H(3) = L7
      GOSUB 10480
1070 GOSUB 10480
1080 GOSUB 10480
1090 LET X = X(5)
      LET Y = Y(5) - 2
      LET U15 = U15(3)
1100 GOSUB 10240
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      ELSE
        LET H(4) = A1
        LET H(5) = H2 - H(4)
1110 LET H(9) = 4
      GOSUB 10730
1120 GOTO 1310
1130 /VAKUGU1
1140 LET L9 = H(3)
      IF H(4) = 0 THEN
        LET P2 = 3
        LET H15 = " JP "
        LET H(3) = 0(10)
        LET H(9) = 3
        GOTO 1200
1150 ON P2 GOTO 1170, 1180, 1190
      LET H15 = " BC "
      LET H(9) = 1
      LET H(3) = 0(8)
1160 GOTO 1200
      LET H15 = " HC "
      LET H(9) = 2
      LET H(3) = 0(9)
1170 GOTO 1200
      LET H15 = " EC "
      LET H(9) = 3
      LET H(3) = 0(10)
1180 LET H15 = H15 + NUM$(0(10))
      GOSUB 10480
      LET H(2) = H(3) - L9
      LET X = X(5)
1190 LET Y = Y(5) - 2
      LET U15 = U15(2)
      GOSUB 10240
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      ELSE
        LET H(4) = A1
        LET H(5) = H2 - H(4)
1200 GOSUB 10730
      LET P2 = P2 + 1
      IF P2 > 4 THEN
        LET P2 = 1
        LET P3 = P3 + 1
        IF P3 > P9 THEN
          PRINT "4/5 9999 / Data 0 8799-1"
          SLEEP 5
          GOTO 860
        ELSE
          GOTO 1310
1210 /B1
1220 GET #2 RECORD P3
1230 /B1
1240 GOTO 1310
1250 /B1
1260 /B1
1270 /B1

```

```

1280 IF B1 < -9999.99 THEN
      LET P4 = P0
      GOTO 1780
1290 GOSUB 10520
      LET C4 = "Input BM number"
      GOSUB 10350
      LET H15 = " BM "
      GOSUB 11210
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      LET H15 = " BM " + NUM$(A1) + SPACES(8)
1300 LET H15 = " BM "
      GOSUB 10480
      LET X = X(4)
1310 LET U15 = U15(2)
      GOSUB 10240
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 830
      ELSE
        LET H(4) = A1
        LET X = X(7)
1320 GOSUB 10240
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      ELSE
        LET H(5) = A1 + H(4)
        LET H2 = H(5)
        LET H(9) = 4
        LET X = X(8)
        LET A1 = H2
        GOSUB 10310
1330 LET P0 = P0 + 1
      LET P1 = P1 + 1
      LET H(3) = P3
      LET H(1) = P0
      LET B1 = P0
      GOSUB 10800
1340 PUT #1 RECORD P0
      /...BACK TO P0=0
      LET L9 = H2
      GOSUB 11240
      GOTO 860
1350 /TP
      GOSUB 11070
1360 IF ERR = 18 THEN
      RESUME 860
      GOTO 1310
1370 /PLUS
      GOSUB 10520
      GOSUB 10840
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      GOSUB 10900
1380 IF H3 > L9 THEN GOTO 860
      IF ERR = 18 THEN
        RESUME 860
      /INC. POINTER AND PUT DATA
      LET P0 = P0 + 1
      LET P1 = P1 + 1
      LET H(3) = P3
      LET H(1) = P0
      PUT #1 RECORD P0
      GOSUB 10800
1390 GOTO 860
1400 REVERSE
      IF B1 = -9999.99 THEN
        GOTO 1370

```



```

1580 PRINT "05-1 / BM 2-230920 101420"
1581 GOTO 1600
1582 INPUT "05-1 / BM 2-230920 101420" : BM = VAL$(V1/N) : I CS
1583 IF CS = "N" THEN GOTO 1600
1584 LET H4 = H0
1585 LET P5 = P0
1586 IF P5 < 0 THEN
1587   LET P5 = 0
1588   GOTO 1610
1589 ELSE
1590   GET #1 RECORD P5
1591   IF H(4) = 6 THEN
1592     LET P5 = P5-2
1593     GOTO 1600
1594   IF H(4) = 7 THEN
1595     LET P5 = P5-1
1596     GOTO 1600
1597   LET CS = "Input node (Reverse): Next, Termination point, Bench mark, Exit"
1598   GOTO 1630
1599   /NEXT POINT(REVERSE)
1600 IF H(5) = 6 THEN GOTO 1780
1601 ELSE
1602   GOSUB 10520
1603   GOSUB 10480
1604   GOSUB 10490
1605   LET X = H(5)
1606   LET Y = Y(5)-2
1607   LET U15 = U15(2)
1608   GOSUB 10240
1609   IF ERR = 18 THEN
1610     RESUME 1630
1611   LET H(4) = A1
1612   LET H(5) = H2-H(4)
1613   LET P5 = P5-1
1614   GOTO 1680
1615   /TERMINING POINT(REVERSE)
1616   GOSUB 11070
1617   LET H(6) = P5
1618   GOTO 1680
1619   /BENCH MARK(REVERSE)
1620 INPUT "05-1 / BM 2-230920 101420" : BM = VAL$(V1/N) : I CS
1621 IF CS = "N" THEN GOTO 1800
1622 ELSE
1623   GOTO 1630
1624   GOSUB 10520
1625   LET CS = "Input BM number"
1626   GOSUB 10350
1627   LET H(4) = BM
1628   GOSUB 11210
1629   IF ERR = 18 THEN
1630     RESUME 1630
1631   LET H(4) = "BM " + NUM$(A1) + SPACES(8)
1632   GOSUB 10680
1633   LET X = X(3)
1634   LET Y = Y(3)
1635   LET U15 = U15(2)
1636   GOSUB 10240
1637   IF ERR = 18 THEN
1638     RESUME 1630
1639   GOTO 1630

```

```

1870 ELSE
1871   LET H(4) = A1
1872   LET H(5) = H2-H(4)
1873   LET H(6) = B1
1874   LET H(7) = Y
1875   LET P5 = P5-1
1876   LET P0 = P0+1
1877   LET P1 = P1+1
1878   LET H(1) = P0
1879   PUT #1 RECORD P0
1880   GOSUB 10680
1881   GOTO 1680
1882   /EXIT
1883   GOSUB 11360
1884   GOTO 730
1885   /JUMP
1886   LET CS = "Jump 18 7-5 / 0-3-3"
1887   GOSUB 10350
1888   INPUT CS
1889   LET J1 = VAL$(CS)
1890   IF ERR = 18 THEN
1891     RESUME 720
1892   IF J1 > P1 THEN
1893     LET P0 = P1
1894     ELSE
1895       IF J1 < 0 THEN
1896         LET P0 = 0
1897       ELSE
1898         LET P0 = J1
1899   GOTO 660
1900   /DELETE
1901   IF P0 < P1 THEN
1902     PRINT "43" : Data / 28 4 Delete 7-7-7"
1903     SLEEP 3
1904     GOTO 730
1905   IF P0 = 0 THEN GOTO 730
1906   IF P0 = P4 THEN
1907     LET H4 = 0
1908     LET B1 = -9999.99
1909     LET P0 = P0-1
1910     LET P1 = P1-1
1911   /CHANGE DATA
1912   LET CS = "7-9 / 3-90"
1913   GOSUB 10350
1914   ON H(9)+1 GOTO 2380, 2380, 2380, 2380, 2310, 2360, 2090, 2090, 2380
1915   /...1928M
1916   IF H(9) = 6 THEN
1917     LET LB = 6
1918     ELSE
1919       LET LB = 0
1920       LET X = X(4)
1921       LET Y = Y(4)-2
1922       LET U15 = U15(2)
1923       GOSUB 10250
1924       IF ERR = 18 THEN
1925         RESUME 720
1926       LET H4 = A1
1927       IF H(9) = 8 THEN
1928         LET L9 = H4-H(4)
1929         GET #1 RECORD P0-1
1930         LET H5 = H(5)+H4
1931         GET #1 RECORD P0
1932         GOTO 2250
1933       LET X = X(7)
1934       GOTO 2160

```



```

2940 1 GOTO 2860
2941 1 IF H(9) = 9 THEN
2942 1 LET A2 = A2+H(4)
2943 1 GOTO 2920
2944 1 ELSE
2945 1 GOTO 2860
2946 1 LET S3 = (S2-S1)/1000
2947 1 LET G0 = A2-A1
2948 1
2949 1 LET S3 = 3*50R(S3)
2950 1 PRINT USING "3.7" / S3; "***** CM" ; 60*100
2951 1 LET C8 = "3.7" / S3; "***** CM" ; S3
2952 1 GOSUB 10330
2953 1 IF C8 = "N" THEN
2954 1 LET S2 = 0
2955 1 GOTO 2990
2956 1 /MODEL KEISAM
2957 1 /END
2958 1 LET S2 = 50/61
2959 1 LET S2 = 0
2960 1 LET I = 0
2961 1 GET #1 RECORD I
2962 1 IF H(9) = 8 THEN GOTO 3030
2963 1 GOSUB 11330
2964 1 IF I > P1 THEN GOTO 3090
2965 1 ELSE
2966 1 GOTO 3000
2967 1 IF H(9) = 9 THEN
2968 1 LET S2 = S2+62
2969 1 GOTO 3040
2970 1 ELSE
2971 1 GOTO 3020
2972 1 GOSUB 11330
2973 1 IF I > P1 THEN GOTO 3090
2974 1 ELSE
2975 1 GET #1 RECORD I
2976 1 GOTO 3040
2977 1 IF H(9) = 8 THEN
2978 1 LET S2 = S2+62
2979 1 GOSUB 11330
2980 1 IF I > P1 THEN GOTO 3090
2981 1 ELSE
2982 1 GET #1 RECORD I
2983 1 GOTO 3030
2984 1 /HELWIN
2985 1 GET #1 RECORD 0
2986 1 LET P4 = H(1)
2987 1 LET C8 = "3.7" / 1072; "***** CM" ; 3.7*H(1)
2988 1 GOSUB 10330
2989 1 IF C8 = "N" THEN GOTO 3180
2990 1 ELSE
2991 1 IF C8 < 0 THEN GOTO 3110
2992 1 FOR I = P1 TO P4+1 STEP -1
2993 1 GET #1 RECORD I
2994 1 IF H(9) = 7 OR H(9) = 8 THEN GOTO 3170
2995 1 LET P5 = H(6)
2996 1 LET L9 = H(7)
2997 1 GET #1 RECORD P5
2998 1 LET H(6) = L9
2999 1 LET H(8) = (H(7)+L9)/2
3000 1 PUT #1 RECORD P5
3001 1 NEXT I
3002 1 LET C8 = "750" / P5; "***** CM" ; 750*H(8)
3003 1 GOSUB 10330
3004 1 IF C8 = "N" THEN GOTO 3190
3005 1
3006 1
3007 1
3008 1
3009 1
3010 1
3011 1
3012 1
3013 1
3014 1
3015 1
3016 1
3017 1
3018 1
3019 1
3020 1
3021 1
3022 1
3023 1
3024 1
3025 1
3026 1
3027 1
3028 1
3029 1
3030 1
3031 1
3032 1
3033 1
3034 1
3035 1
3036 1
3037 1
3038 1
3039 1
3040 1
3041 1
3042 1
3043 1
3044 1
3045 1
3046 1
3047 1
3048 1
3049 1
3050 1
3051 1
3052 1
3053 1
3054 1
3055 1
3056 1
3057 1
3058 1
3059 1
3060 1
3061 1
3062 1
3063 1
3064 1
3065 1
3066 1
3067 1
3068 1
3069 1
3070 1
3071 1
3072 1
3073 1
3074 1
3075 1
3076 1
3077 1
3078 1
3079 1
3080 1
3081 1
3082 1
3083 1
3084 1
3085 1
3086 1
3087 1
3088 1
3089 1
3090 1
3091 1
3092 1
3093 1
3094 1
3095 1
3096 1
3097 1
3098 1
3099 1
3100 1
3101 1
3102 1
3103 1
3104 1
3105 1
3106 1
3107 1
3108 1
3109 1
3110 1
3111 1
3112 1
3113 1
3114 1
3115 1
3116 1
3117 1
3118 1
3119 1
3120 1
3121 1
3122 1
3123 1
3124 1
3125 1
3126 1
3127 1
3128 1
3129 1
3130 1
3131 1
3132 1
3133 1
3134 1
3135 1
3136 1
3137 1
3138 1
3139 1
3140 1
3141 1
3142 1
3143 1
3144 1
3145 1
3146 1
3147 1
3148 1
3149 1
3150 1
3151 1
3152 1
3153 1
3154 1
3155 1
3156 1
3157 1
3158 1
3159 1
3160 1
3161 1
3162 1
3163 1
3164 1
3165 1
3166 1
3167 1
3168 1
3169 1
3170 1
3171 1
3172 1
3173 1
3174 1
3175 1
3176 1
3177 1
3178 1
3179 1
3180 1
3181 1
3182 1
3183 1
3184 1
3185 1
3186 1
3187 1
3188 1
3189 1
3190 1
3191 1
3192 1
3193 1
3194 1
3195 1
3196 1
3197 1
3198 1
3199 1
3200 1
3201 1
3202 1
3203 1
3204 1
3205 1
3206 1
3207 1
3208 1
3209 1
3210 1
3211 1
3212 1
3213 1
3214 1
3215 1
3216 1
3217 1
3218 1
3219 1
3220 1
3221 1
3222 1
3223 1
3224 1
3225 1
3226 1
3227 1
3228 1
3229 1
3230 1
3231 1
3232 1
3233 1
3234 1
3235 1
3236 1
3237 1
3238 1
3239 1
3240 1
3241 1
3242 1
3243 1
3244 1
3245 1
3246 1
3247 1
3248 1
3249 1
3250 1
3251 1
3252 1
3253 1
3254 1
3255 1
3256 1
3257 1
3258 1
3259 1
3260 1
3261 1
3262 1
3263 1
3264 1
3265 1
3266 1
3267 1
3268 1
3269 1
3270 1
3271 1
3272 1
3273 1
3274 1
3275 1
3276 1
3277 1
3278 1
3279 1
3280 1
3281 1
3282 1
3283 1
3284 1
3285 1
3286 1
3287 1
3288 1
3289 1
3290 1
3291 1
3292 1
3293 1
3294 1
3295 1
3296 1
3297 1
3298 1
3299 1
3300 1
3301 1
3302 1
3303 1
3304 1
3305 1
3306 1
3307 1
3308 1
3309 1
3310 1
3311 1
3312 1
3313 1
3314 1
3315 1
3316 1
3317 1
3318 1
3319 1
3320 1
3321 1
3322 1
3323 1
3324 1
3325 1
3326 1
3327 1
3328 1
3329 1
3330 1
3331 1
3332 1
3333 1
3334 1
3335 1
3336 1
3337 1
3338 1
3339 1
3340 1
3341 1
3342 1
3343 1
3344 1
3345 1
3346 1
3347 1
3348 1
3349 1
3350 1
3351 1
3352 1
3353 1
3354 1
3355 1
3356 1
3357 1
3358 1
3359 1
3360 1
3361 1
3362 1
3363 1
3364 1
3365 1
3366 1
3367 1
3368 1
3369 1
3370 1
3371 1
3372 1
3373 1
3374 1
3375 1
3376 1
3377 1
3378 1
3379 1
3380 1
3381 1
3382 1
3383 1
3384 1
3385 1
3386 1
3387 1
3388 1
3389 1
3390 1
3391 1
3392 1
3393 1
3394 1
3395 1
3396 1
3397 1
3398 1
3399 1
3400 1
3401 1
3402 1
3403 1
3404 1
3405 1
3406 1
3407 1
3408 1
3409 1
3410 1
3411 1
3412 1
3413 1
3414 1
3415 1
3416 1
3417 1
3418 1
3419 1
3420 1
3421 1
3422 1
3423 1
3424 1
3425 1
3426 1
3427 1
3428 1
3429 1
3430 1
3431 1
3432 1
3433 1
3434 1
3435 1
3436 1
3437 1
3438 1
3439 1
3440 1
3441 1
3442 1
3443 1
3444 1
3445 1
3446 1
3447 1
3448 1
3449 1
3450 1
3451 1
3452 1
3453 1
3454 1
3455 1
3456 1
3457 1
3458 1
3459 1
3460 1
3461 1
3462 1
3463 1
3464 1
3465 1
3466 1
3467 1
3468 1
3469 1
3470 1
3471 1
3472 1
3473 1
3474 1
3475 1
3476 1
3477 1
3478 1
3479 1
3480 1
3481 1
3482 1
3483 1
3484 1
3485 1
3486 1
3487 1
3488 1
3489 1
3490 1
3491 1
3492 1
3493 1
3494 1
3495 1
3496 1
3497 1
3498 1
3499 1
3500 1
3501 1
3502 1
3503 1
3504 1
3505 1
3506 1
3507 1
3508 1
3509 1
3510 1
3511 1
3512 1
3513 1
3514 1
3515 1
3516 1
3517 1
3518 1
3519 1
3520 1
3521 1
3522 1
3523 1
3524 1
3525 1
3526 1
3527 1
3528 1
3529 1
3530 1
3531 1
3532 1
3533 1
3534 1
3535 1
3536 1
3537 1
3538 1
3539 1
3540 1
3541 1
3542 1
3543 1
3544 1
3545 1
3546 1
3547 1
3548 1
3549 1
3550 1
3551 1
3552 1
3553 1
3554 1
3555 1
3556 1
3557 1
3558 1
3559 1
3560 1
3561 1
3562 1
3563 1
3564 1
3565 1
3566 1
3567 1
3568 1
3569 1
3570 1
3571 1
3572 1
3573 1
3574 1
3575 1
3576 1
3577 1
3578 1
3579 1
3580 1
3581 1
3582 1
3583 1
3584 1
3585 1
3586 1
3587 1
3588 1
3589 1
3590 1
3591 1
3592 1
3593 1
3594 1
3595 1
3596 1
3597 1
3598 1
3599 1
3600 1
3601 1
3602 1
3603 1
3604 1
3605 1
3606 1
3607 1
3608 1
3609 1
3610 1
3611 1
3612 1
3613 1
3614 1
3615 1
3616 1
3617 1
3618 1
3619 1
3620 1
3621 1
3622 1
3623 1
3624 1
3625 1
3626 1
3627 1
3628 1
3629 1
3630 1
3631 1
3632 1
3633 1
3634 1
3635 1
3636 1
3637 1
3638 1
3639 1
3640 1
3641 1
3642 1
3643 1
3644 1
3645 1
3646 1
3647 1
3648 1
3649 1
3650 1
3651 1
3652 1
3653 1
3654 1
3655 1
3656 1
3657 1
3658 1
3659 1
3660 1
3661 1
3662 1
3663 1
3664 1
3665 1
3666 1
3667 1
3668 1
3669 1
3670 1
3671 1
3672 1
3673 1
3674 1
3675 1
3676 1
3677 1
3678 1
3679 1
3680 1
3681 1
3682 1
3683 1
3684 1
3685 1
3686 1
3687 1
3688 1
3689 1
3690 1
3691 1
3692 1
3693 1
3694 1
3695 1
3696 1
3697 1
3698 1
3699 1
3700 1
3701 1
3702 1
3703 1
3704 1
3705 1
3706 1
3707 1
3708 1
3709 1
3710 1
3711 1
3712 1
3713 1
3714 1
3715 1
3716 1
3717 1
3718 1
3719 1
3720 1
3721 1
3722 1
3723 1
3724 1
3725 1
3726 1
3727 1
3728 1
3729 1
3730 1
3731 1
3732 1
3733 1
3734 1
3735 1
3736 1
3737 1
3738 1
3739 1
3740 1
3741 1
3742 1
3743 1
3744 1
3745 1
3746 1
3747 1
3748 1
3749 1
3750 1
3751 1
3752 1
3753 1
3754 1
3755 1
3756 1
3757 1
3758 1
3759 1
3760 1
3761 1
3762 1
3763 1
3764 1
3765 1
3766 1
3767 1
3768 1
3769 1
3770 1
3771 1
3772 1
3773 1
3774 1
3775 1
3776 1
3777 1
3778 1
3779 1
3780 1
3781 1
3782 1
3783 1
3784 1
3785 1
3786 1
3787 1
3788 1
3789 1
3790 1
3791 1
3792 1
3793 1
3794 1
3795 1
3796 1
3797 1
3798 1
3799 1
3800 1
3801 1
3802 1
3803 1
3804 1
3805 1
3806 1
3807 1
3808 1
3809 1
3810 1
3811 1
3812 1
3813 1
3814 1
3815 1
3816 1
3817 1
3818 1
3819 1
3820 1
3821 1
3822 1
3823 1
3824 1
3825 1
3826 1
3827 1
3828 1
3829 1
3830 1
3831 1
3832 1
3833 1
3834 1
3835 1
3836 1
3837 1
3838 1
3839 1
3840 1
3841 1
3842 1
3843 1
3844 1
3845 1
3846 1
3847 1
3848 1
3849 1
3850 1
3851 1
3852 1
3853 1
3854 1
3855 1
3856 1
3857 1
3858 1
3859 1
3860 1
3861 1
3862 1
3863 1
3864 1
3865 1
3866 1
3867 1
3868 1
3869 1
3870 1
3871 1
3872 1
3873 1
3874 1
3875 1
3876 1
3877 1
3878 1
3879 1
3880 1
3881 1
3882 1
3883 1
3884 1
3885 1
3886 1
3887 1
3888 1
3889 1
3890 1
3891 1
3892 1
3893 1
3894 1
3895 1
3896 1
3897 1
3898 1
3899 1
3900 1
3901 1
3902 1
3903 1
3904 1
3905 1
3906 1
3907 1
3908 1
3909 1
3910 1
3911 1
3912 1
3913 1
3914 1
3915 1
3916 1
3917 1
3918 1
3919 1
3920 1
3921 1
3922 1
3923 1
3924 1
3925 1
3926 1
3927 1
3928 1
3929 1
3930 1
3931 1
3932 1
3933 1
3934 1
3935 1
3936 1
3937 1
3938 1
3939 1
3940 1
3941 1
3942 1
3943 1
3944 1
3945 1
3946 1
3947 1
3948 1
3949 1
3950 1
3951 1
3952 1
3953 1
3954 1
3955 1
3956 1
3957 1
3958 1
3959 1
3960 1
3961 1
3962 1
3963 1
3964 1
3965 1
3966 1
3967 1
3968 1
3969 1
3970 1
3971 1
3972 1
3973 1
3974 1
3975 1
3976 1
3977 1
3978 1
3979 1
3980 1
3981 1
3982 1
3983 1
3984 1
3985 1
3986 1
3987 1
3988 1
3989 1
3990 1
3991 1
3992 1
3993 1
3994 1
3995 1
3996 1
3997 1
3998 1
3999 1
4000 1

```

```

3190 1 ELSE
3191 1 GOTO 730
3192 1 FOR I = 0 TO P4
3193 1 GET #1 RECORD I
3194 1 IF H(9) = 7 OR H(9) = 8 THEN GOTO 3210
3195 1 ELSE
3196 1 IF H(9) = 5 THEN
3197 1 LET H(8) = H(5)-H(4)
3198 1 ELSE
3199 1 LET H(8) = H(7)
3200 1 PUT #1 RECORD I
3201 1 NEXT I
3202 1 GOTO 730
3203 1 /ERROR
3204 1 IF ERR = 5 THEN GOTO 0
3205 1 IF ERR = 18 THEN GOTO 0
3206 1 PRINT "ERR" ; ERR ; "ERR" ; ERR
3207 1 PRINT "Manual" ; 1;98;9;
3208 1 FOR I = 1 TO 8
3209 1 CLOSE I
3210 1 NEXT I
3211 1 END
3212 1 /SUB PLT GRID
3213 1 /PLT UPPER GRID
3214 1 PRINT CURSOR(X,Y) ; CHR$(134) ;
3215 1 FOR I = 1 TO 6-1
3216 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(136) ;
3217 1 NEXT I
3218 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(135)
3219 1 RETURN
3220 1 /PLT I = 1 I = 1 ...
3221 1 PRINT CURSOR(X,Y) ;
3222 1 FOR I = 1 TO 6
3223 1 PRINT CHR$(146) ;
3224 1 NEXT I
3225 1 PRINT CHR$(145)
3226 1 RETURN
3227 1 /PLT MIDDLE GRID
3228 1 PRINT CURSOR(X,Y-1) ; CHR$(153) ;
3229 1 FOR I = 1 TO 6-1
3230 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(136) ;
3231 1 NEXT I
3232 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(135)
3233 1 RETURN
3234 1 /PLT LOWER GRID
3235 1 PRINT CURSOR(X,Y-1) ; CHR$(150) ;
3236 1 FOR I = 1 TO 6-1
3237 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(136) ;
3238 1 NEXT I
3239 1 PRINT STRING$(L-130) ; CHR$(135)
3240 1 RETURN
3241 1 /SUB SCREEN INPUT
3242 1 IF X < 0 OR X > 80 THEN GOTO 10310
3243 1 IF Y < 0 OR Y > 23 THEN GOTO 10310
3244 1 PRINT CURSOR(X,Y) ; CHR$(22) ; STRING$(L-160)
3245 1 PRINT CURSOR(X,Y) ; CHR$(22) ;
3246 1 INPUT LINE = " ; AS
3247 1 LET A1 = VAL(LAS)
3248 1 IF ERR = 18 THEN
3249 1 RETURN
3250 1 ELSE
3251 1 PRINT CHR$(21)
3252 1 RETURN
3253 1 PRINT USING U1$ ; CURSOR(X,Y) ; A1
3254 1 RETURN

```



```

10990 RETURN
11000 /SUB BACK TO PO=0 (BRT)
11010 LET X = X(5)
11020 LET U15 = U15(2)
11030 IF ERR = 18 THEN
11040 RETURN
11050 LET H(4) = A1
11060 LET H(5) = H2-H(4)
11070 LET H(6) = 5
11080 RETURN
11090 /SUB TRENNING POINT
11100 LET C6 = "Input TP / Number"
11110 LET H(5) = " TP "
11120 LET H(6) = " TP "
11130 LET H(5) = " TP "
11140 LET H(6) = " TP "
11150 LET H(5) = " TP "
11160 LET H(6) = " TP "
11170 LET H(5) = " TP "
11180 LET H(6) = " TP "
11190 LET H(5) = " TP "
11200 LET H(6) = " TP "
11210 LET H(5) = " TP "
11220 LET H(6) = " TP "
11230 LET H(5) = " TP "
11240 LET H(6) = " TP "
11250 LET H(5) = " TP "
11260 LET H(6) = " TP "
11270 LET H(5) = " TP "
11280 LET H(6) = " TP "
11290 LET H(5) = " TP "
11300 LET H(6) = " TP "
11310 LET H(5) = " TP "
11320 LET H(6) = " TP "
11330 LET H(5) = " TP "
11340 LET H(6) = " TP "
11350 LET H(5) = " TP "
11360 LET H(6) = " TP "
11370 LET H(5) = " TP "
11380 LET H(6) = " TP "
11390 LET H(5) = " TP "
11400 LET H(6) = " TP "
11410 LET H(5) = " TP "
11420 LET H(6) = " TP "
11430 LET H(5) = " TP "
11440 LET H(6) = " TP "
11450 LET H(5) = " TP "
11460 LET H(6) = " TP "
11470 LET H(5) = " TP "
11480 LET H(6) = " TP "
11490 LET H(5) = " TP "
11500 LET H(6) = " TP "
11510 LET H(5) = " TP "
11520 LET H(6) = " TP "
11530 LET H(5) = " TP "
11540 LET H(6) = " TP "
11550 LET H(5) = " TP "
11560 LET H(6) = " TP "
11570 LET H(5) = " TP "
11580 LET H(6) = " TP "
11590 LET H(5) = " TP "
11600 LET H(6) = " TP "
11610 LET H(5) = " TP "
11620 LET H(6) = " TP "
11630 LET H(5) = " TP "
11640 LET H(6) = " TP "
11650 LET H(5) = " TP "
11660 LET H(6) = " TP "
11670 LET H(5) = " TP "
11680 LET H(6) = " TP "
11690 LET H(5) = " TP "
11700 LET H(6) = " TP "
11710 LET H(5) = " TP "
11720 LET H(6) = " TP "
11730 LET H(5) = " TP "
11740 LET H(6) = " TP "
11750 LET H(5) = " TP "
11760 LET H(6) = " TP "
11770 LET H(5) = " TP "
11780 LET H(6) = " TP "
11790 LET H(5) = " TP "
11800 LET H(6) = " TP "
11810 LET H(5) = " TP "
11820 LET H(6) = " TP "
11830 LET H(5) = " TP "
11840 LET H(6) = " TP "
11850 LET H(5) = " TP "
11860 LET H(6) = " TP "
11870 LET H(5) = " TP "
11880 LET H(6) = " TP "
11890 LET H(5) = " TP "
11900 LET H(6) = " TP "
11910 LET H(5) = " TP "
11920 LET H(6) = " TP "
11930 LET H(5) = " TP "
11940 LET H(6) = " TP "
11950 LET H(5) = " TP "
11960 LET H(6) = " TP "
11970 LET H(5) = " TP "
11980 LET H(6) = " TP "
11990 LET H(5) = " TP "
12000 LET H(6) = " TP "

```

```

11240 /SUB BACK TO PO=0 (BRT)
11250 FOR I = PO-1 TO 0 STEP -1
11260 GET #1 RECORD I
11270 IF H(4) = 8 THEN
11280 LET H(5) = L9
11290 LET H(6) = H(5)-H(4)
11300 PUT #1 RECORD I
11310 LET I = I-1
11320 GET #1 RECORD I
11330 LET H(5) = L9
11340 LET H(6) = H(5)-H(4)
11350 PUT #1 RECORD I
11360 LET I = I-1
11370 GET #1 RECORD I
11380 LET H(5) = L9
11390 LET H(6) = H(5)-H(4)
11400 PUT #1 RECORD I
11410 LET I = I-1
11420 GET #1 RECORD I
11430 LET H(5) = L9
11440 LET H(6) = H(5)-H(4)
11450 PUT #1 RECORD I
11460 LET I = I-1
11470 GET #1 RECORD I
11480 LET H(5) = L9
11490 LET H(6) = H(5)-H(4)
11500 PUT #1 RECORD I
11510 LET I = I-1
11520 GET #1 RECORD I
11530 LET H(5) = L9
11540 LET H(6) = H(5)-H(4)
11550 PUT #1 RECORD I
11560 LET I = I-1
11570 GET #1 RECORD I
11580 LET H(5) = L9
11590 LET H(6) = H(5)-H(4)
11600 PUT #1 RECORD I
11610 LET I = I-1
11620 GET #1 RECORD I
11630 LET H(5) = L9
11640 LET H(6) = H(5)-H(4)
11650 PUT #1 RECORD I
11660 LET I = I-1
11670 GET #1 RECORD I
11680 LET H(5) = L9
11690 LET H(6) = H(5)-H(4)
11700 PUT #1 RECORD I
11710 LET I = I-1
11720 GET #1 RECORD I
11730 LET H(5) = L9
11740 LET H(6) = H(5)-H(4)
11750 PUT #1 RECORD I
11760 LET I = I-1
11770 GET #1 RECORD I
11780 LET H(5) = L9
11790 LET H(6) = H(5)-H(4)
11800 PUT #1 RECORD I
11810 LET I = I-1
11820 GET #1 RECORD I
11830 LET H(5) = L9
11840 LET H(6) = H(5)-H(4)
11850 PUT #1 RECORD I
11860 LET I = I-1
11870 GET #1 RECORD I
11880 LET H(5) = L9
11890 LET H(6) = H(5)-H(4)
11900 PUT #1 RECORD I
11910 LET I = I-1
11920 GET #1 RECORD I
11930 LET H(5) = L9
11940 LET H(6) = H(5)-H(4)
11950 PUT #1 RECORD I
11960 LET I = I-1
11970 GET #1 RECORD I
11980 LET H(5) = L9
11990 LET H(6) = H(5)-H(4)
12000 PUT #1 RECORD I

```



```

580 CALL #11, 9, 1, U, V, 1, 1, AS
590 LET U = U+24
600 FOR I = PIP3+1 TO PIP3+11-1
610 GET #1 RECORD 1
620 IF H(9) > 4 THEN GOTO 630
630 LET AS = MID(H13,2,5)
640 CALL #11, 9, 1, U, V, 1, 1, AS
650 LET U = U+20
660 NEXT I
670 LET E = PIP3+1
680 IF P3 > P THEN
690 LET E = E-1
700 GET #1 RECORD E
710 LET X = H(3)
720 LET U = FNUR(X)+4
730 LET AS = MID(H13,2,5)
740 CALL #11, 9, 1, U, V, 1, 1, AS
750 /JIBANKO PLOT
760 LET PD = PIP3
770 GET #1 RECORD PD
780 IF H(9) > 5 THEN
790 LET PD = PD+1
800 GOTO 670
810 GOSUB 10170
820 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
830 FOR I = PD+1 TO PIP3+1
840 GET #1 RECORD I
850 IF H(9) > 5 THEN GOTO 750
860 IF H(8) > V1 THEN
870 LET VO = VO+30
880 LET V1 = V1+30
890 GOSUB 10200
900 IF H(8) < VO THEN
910 LET VO = VO-30
920 LET V1 = V1-30
930 GOSUB 10200
940 LET X = X
950 LET YB = Y
960 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
970 /KOBAL NETTER
980 LET PD = PIP3
990 LET VO = 80
1000 LET V1 = 80+40
1010 GET #1 RECORD PD
1020 IF H(9) > 5 THEN
1030 LET PD = PD+1
1040 GOTO 780
1050 LET D(1,1) = PD
1060 LET D(1,1) = H(3)
1070 LET CS = "30A" / 77925 (RETURN=30A) / 77925
1080 GOSUB 10230
1090 SLEEP 2
1100 IF P3 < 1 THEN GOTO 850
1110 LET CS = "A" / 77925 (H13) / 77925
1120 GOSUB 10240
1130 LET D(2,1) = VAL(CS)
1140 IF ERR = 18 THEN
1150 RESUME 1090
1160 GOTO 860
1170 LET CS = "A" / 77925 (H13) / 77925
1180 GOSUB 10240
1190 LET CS = "779" / 77925
1200 GOSUB 10240
1210 FOR J = PD TO E

```

```

1220 GET #1 RECORD J
1230 IF INSTR(1:H13,CS) THEN GOTO 900
1240 NEXT J
1250 LET CS = "779" / 77925 (H13) / 77925
1260 GOSUB 10240
1270 IF CS = "A" THEN GOTO 1050
1280 ELSE
1290 GOTO 860
1300 LET D(1,1) = H(3)
1310 IF D(3,1) = 0 THEN GOTO 860
1320 LET CS = H13 / 77925 (RETURN=30A) / 77925
1330 GOSUB 10240
1340 LET D(2,1) = VAL(CS)
1350 IF ERR = 18 THEN
1360 RESUME 950
1370 LET D(4,1) = 02-0(2,1)
1380 LET D(5,1) = D(4,1)/D(3,1)
1390 GOTO 960
1400 LET CS = H13 / 77925 (H13) / 77925
1410 GOSUB 10240
1420 LET D(5,1) = VAL(CS)
1430 IF ERR = 18 THEN
1440 RESUME 860
1450 ELSE
1460 LET D(5,1) = 0(5,1)/100
1470 LET D(5,1) = INT(0(5,1)/1000+0.2)/1000
1480 LET D(4,1) = D(5,1)*D(3,1)
1490 LET D(2,1) = D(2,1)*D(5,1)
1500 /NEINARUNG PLOT
1510 LET X = D(1,1)
1520 LET Y = D(2,1)
1530 GOSUB 10190
1540 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
1550 LET B1 = VO
1560 LET VO = VO+30
1570 LET V1 = V1+30
1580 GOTO 1020
1590 IF D2 < VO THEN
1600 LET Y = VO
1610 LET X = (Y-D(2,1))/D(5,1)+D(1,1)
1620 GOSUB 10190
1630 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
1640 LET B1 = VO
1650 LET VO = VO+30
1660 LET V1 = V1+30
1670 GOTO 1020
1680 IF D2 < VO THEN
1690 LET Y = VO
1700 LET X = (Y-D(2,1))/D(5,1)+D(1,1)
1710 GOSUB 10190
1720 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
1730 LET B1 = VO
1740 LET VO = VO+30
1750 LET V1 = V1+30
1760 GOTO 1020
1770 ELSE
1780 GOTO 1030
1790 GOSUB 10190
1800 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
1810 LET Y = 80
1820 LET V1 = 80
1830 GOSUB 10190
1840 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1
1850 LET CS = NUM$(0(5,1)/100)+1
1860 LET X = D(1,1)
1870 LET Y = VO+2
1880 GOSUB 10190
1890 CALL #11, 4, 1, U, V, 1, 1, CS

```



```

1030 LET C$ = "NON (Y/N) ?"
1035 GOSUB 10240
1040 IF C$ = "N" THEN
1045 LET YD = B1
1050 LET Y1 = B1+40
1055 GET #1 RECORD HQ
1060 IF HQ = P(P3) THEN GOTO 820
1065 ELSE
1070 GOTO 850
1075 LET B1 = YD
1080 LET I1 = I1+1
1085 LET D(1,1) = 00
1090 LET D(1,11) = 01
1095 LET D(1,11) = 02
1100 LET HQ = 00
1105 IF HQ >= E THEN
1110 LET P3 = P3+1
1115 IF P3 > P THEN GOTO 1110
1120 ELSE
1125 GOTO 380
1130 GET #1 RECORD HQ
1135 CALL #1, 0, 5
1140 GOTO 320
1145 CALL #1, 0, 5
1150 /50H1 TORI
1155 LET I = 0
1160 IF D(1,1) < D(5,1) THEN
1165 LET I = I+1
1170 IF I >= 11 THEN GOTO 1190
1175 ELSE
1180 GOTO 1140
1185 FOR J2 = I+1 TO 11
1190 FOR J1 = 0 TO 5
1195 LET D(J1,12) = D(J1,12+1)
1200 NEXT J1
1205 NEXT J2
1210 LET I1 = I1+1
1215 GOTO 1140
1220 FOR J1 = 0 TO 11
1225 PRINT #2, I, I
1230 FOR J = 0 TO 5
1235 PRINT #2, I, D(J,12)
1240 NEXT J
1245 PRINT #2, CHR$(13)
1250 NEXT I
1255 /PRINT MORI
1260 FOR I = 0 TO 11-1
1265 LET J1 = D(1,1)
1270 LET J2 = D(1,11)-1
1275 FOR J = J1 TO J2
1280 GET #1 RECORD J
1285 IF H(9) > 5 THEN GOTO 1310
1290 LET H(10) = (H(3)-D(1,1))*0.5+1+D(2,1)
1295 LET H(11) = H(8)-H(10)
1300 LET H(12) = D(5,1)
1305 PRINT J, H(10), H(11), H(12)
1310 PUT #1 RECORD J
1315 NEXT J
1320 NEXT I
1325 GET #1 RECORD D(0,11)
1330

```

```

1340 LET H(10) = (H(3)-D(1,1))*0.5+1+D(2,1)
1345 LET H(11) = H(8)-H(10)
1350 LET H(12) = D(5,1)
1355 PUT #1 RECORD D(0,11)
1360 /ROBAY PRINT
1365 PRINT #5
1370 FOR I = 1 TO 8
1375 LET T1 = 3
1380 FOR I = 1 TO 8
1385 PRINT TAB(T1), I, F$(I)
1390 LET T1 = T1+10
1395 NEXT I
1400 PRINT
1405 GET #1 RECORD Q
1410 LET P4 = H(10)
1415 FOR I = 0 TO P4
1420 GET #1 RECORD I
1425 IF H(9) > 5 THEN GOTO 1430
1430 PRINT #15, I
1435 PRINT USING #4(3) I, TAB(10) I, H(2)
1440 PRINT USING #4(3) I, TAB(20) I, H(3)
1445 PRINT USING #4(3) I, TAB(30) I, H(8)
1450 PRINT USING #4(3) I, TAB(40) I, H(10)
1455 IF H(11) <= 0 THEN
1460 LET T1 = 40
1465 ELSE
1470 LET T1 = 30
1475 PRINT USING #4(3) I, TAB(T1) I, ABS(H(11))
1480 PRINT USING #4(3) I, TAB(T1) I, H(12)*100
1485 NEXT I
1490 /PRINT
1495 LET C$ = "C2Y 523H"
1500 GOSUB 10150
1505 INPUT #0, C$
1510 PRINT C$
1515 IF C$ < "Y" THEN GOTO 1280
1520 LET C$ = "C2Y 523H... 323H OK"
1525 GOSUB 10150
1530 INPUT C$
1535 IF C$ < "Y" THEN GOTO 1460
1540 PRINT #2, CHR$(13) I, "TITLE: " I, T$
1545 PRINT #2, CHR$(10) I
1550 PRINT #2, TAB(6) I, "NO" I
1555 LET T1 = 11
1560 FOR I = 1 TO 8
1565 PRINT #2, TAB(T1) I, F$(I)
1570 LET T1 = T1+10
1575 NEXT I
1580 PRINT #2, CHR$(13) I
1585 FOR I = 0 TO P4
1590 GET #1 RECORD I
1595 IF H(9) > 5 THEN GOTO 1570
1600 PRINT #2 USING #4(1) I, I
1605 PRINT #2, TAB(10) I, H(5)
1610 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(20) I, H(2)
1615 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(30) I, H(3)
1620 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(40) I, H(8)
1625 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(50) I, H(10)
1630 IF H(11) <= 0 THEN
1635 LET T1 = 70
1640 ELSE
1645 LET T1 = 40
1650 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(T1) I, ABS(H(11))
1655 PRINT #2 USING #4(3) I, TAB(T1) I, H(12)*100
1660 NEXT I
1665 /WRITE "WRN" FILE
1670

```



```

1390 1  PUNCH 215/31
1400 1  IF ERR = 5 THEN
1410 1  RESUME 1500
1420 1  OPEN 215/31 FOR OUTPUT AS FILE 3
1430 1  WRITE #3, I1, I
1440 1  FOR I = 0 TO 11
1450 1  FOR J = 0 TO 5
1460 1  WRITE #3, O(I,J), I
1470 1  NEXT J
1480 1  NEXT I
1490 1  CLOSE #3
1500 1  /XY PLOT
1510 1  LET C$ = "3*0+9 = 991-3233"
1520 1  GOSUB 10150
1530 1  INPUT #0, C$
1540 1  PRINT C$, C$
1550 1  IF C$ <> "Y" THEN GOTO 1470
1560 1  VTCLEAR
1570 1  CLOSE #0
1580 1  CLOSE #3
1590 1  CHAIN "P330"
1600 1  /END VTCLEAR
1610 1  CLOSE #0
1620 1  CLOSE #3
1630 1  CHAIN "P50F"
1640 1  /ERROR ERR = 5 THEN GOTO 0
1650 1  IF ERR = 18 THEN GOTO 0
1660 1  PRINT "ERR="; ERR; "ERRL="; ERRL
1670 1  PRINT "*** Manual ? If yes?"
1680 1  CALL #1, 0, 5
1690 1  FOR I = 1 TO 8
1700 1  CLOSE #1
1710 1  NEXT I
1720 1  END
1730 1  /SUB INPUT FILE NAME
1740 1  PRINT CURSOR(0,23) ; SPACE$(80)
1750 1  PRINT CURSOR(0,23) ; "7745 44 0 = 1"
1760 1  INPUT Z$
1770 1  IF INSTR(1,26,"1") THEN GOTO 10140
1780 1  LET Z$ = "01"-Z$
1790 1  RETURN
1800 1  /SUB PRINT COMMAND LINE
1810 1  PRINT CURSOR(0,23) ; SPACE$(240)
1820 1  PRINT CURSOR(0,23) ; C$ ;
1830 1  RETURN
1840 1  /SUB SET X,Y,V
1850 1  LET X = H(1)
1860 1  LET Y = H(8)
1870 1  LET V = FNV9(X)
1880 1  LET V = FNV9(Y)
1890 1  RETURN
1900 1  /SUB CHANGE Y0
1910 1  LET Y = FNV9(X9)
1920 1  LET V = FNV9(Y9)
1930 1  CALL #11, X, Y, V, 1, 1
1940 1  RETURN
1950 1  /SUB GNP PRINT
1960 1  CALL #11, 9, 0, 248, 0, "
1970 1  CALL #11, 9, 0, 248, 0, C$
1980 1  RETURN
1990 1  /SUB GNP INPUT
2000 1  GOSUB 10230

```

```

10260 1  LET C$ = "
10270 1  LET C2 = 216
10280 1  INPUT #0, A$
10290 1  CALL #11, 9, C2, 248, 0, A$
10300 1  LET C$ = C$+A$
10310 1  LET C2 = C2+6
10320 1  IF ASC(11(A$)) = 13 THEN GOTO 10290
10330 1  ELSE
10340 1  GOTO 10270
10350 1  LET C$ = MID$(C$,2,LEN(C$)-2)
10360 1  RETURN
10370 1  NO END PARM

```


3-c XYプロッター図

```

10 /***** ( FIREST ROAD DROWING SYSTEM ) *****/
20 /
30 / FILE NAME="PR20"
40 / PROFILE DROWING PROGRAM NO.3
50 / CREATED BY A.FUKUDA
60 /
70 /*****
80 /
90 / ON ERROR GOTO 10000
100 / PRINT CLEAR
110 / PRINT CURSOR(10,13) : "*****FORO 5472*****"
120 / PRINT CURSOR(0,11) : "3/ 5'00"54.0 0 0000 0 / 5'000"54.0 0 0000 0 1000 5472"
130 /
140 / FUNCTION
150 / DEF FNUP(X) = UO-(X-YD)*450
160 / DEF FNV(X) = (X-XD)*10*VD
170 /CONSTANT
180 / DIM C$(80) , F$(8,7) , T$(150) , Z$(8) , Z1$(3,12) , P(10) , U(4) , V(4) , O1(5,15) , L(1,5)
190 / LET F$(0) = " "
200 / LET F$(1) = " "
210 / LET F$(2) = " "
220 / LET F$(3) = " "
230 / LET F$(4) = " "
240 / LET F$(5) = " "
250 / LET F$(6) = " "
260 / LET F$(7) = " "
270 / LET F$(8) = " "
280 /
290 /FILE OPEN
300 / OPEN "WORK.DAT" FOR INPUT AS FILE 1
310 / READ M1 , Z$
320 / CLOSE 1
330 / LET Z1$(0) = Z$+"DAT"
340 / LET Z1$(1) = Z$+"NUM"
350 / LET Z1$(2) = Z$+"PRF"
360 / LET Z1$(3) = Z$+"WRK"
370 / OPEN Z1$(1) FOR INPUT AS FILE 1 MODE 10
380 / READ M1 , T$ , P$
390 / CLOSE 1
400 /
410 /WORK FILE DATA INPUT
420 / OPEN Z1$(3) FOR INPUT AS FILE 1 MODE 10
430 / IF ERR = 5 THEN
440 / PRINT "74700 0 0000 000000"
450 / LET M1 = 0
460 / RESUME 270
470 / READ M1 , I$
480 / FOR I = 0 TO 19
490 / FOR J = 0 TO 5
500 / READ M1 , O1(J,1)
510 / NEXT J
520 / NEXT I
530 / CLOSE 1
540 /
550 /... PRF FILE AS M1
560 / RECORDSIZE M1 , H1$(8) , H1(12)
570 / OPEN Z1$(2) AS FILE 1 RECORD CONTENTS 200 MODE 10
580 / IF ERR = 5 THEN
590 / PRINT "54700 0000 0000 0000"
600 / RESUME 150
610 /
620 /... DAT FILE AS M1
630 / RECORDSIZE M1 , O1(11)
640 / OPEN Z1$(0) AS FILE 3 RECORD CONTENTS P$
650 /... PLOTTER OPEN AS M2
660 / LET C$ = "7000 OK (Y/N)"
670 / GOSUB 10100
680 / IF C$ = "Y" THEN GOTO 290

```

```

1 / ELSE
2 / GOTO 280
3 / OPEN "SOUTH" AS FILE 2
4 / MEIKAKUO PLOT7
5 / LET C$ = "74700 0 0000 0000 (Y/N)"
6 / GOSUB 10100
7 / IF C$ = "Y" THEN
8 / LET M1 = 1
9 / ELSE
10 / LET M1 = 0
11 /
12 /SET X0,Y0,X1,Y1,X2,Y2
13 / GET M1 RECORD 0
14 / LET X0 = INT(H(3)/20)*20
15 / LET X1 = 85
16 / LET X2 = 85
17 / LET Y0 = INT(H(8)/10)*10
18 / LET Y2 = 40
19 / LET Y1 = Y0+Y2
20 /PAGE SET
21 / LET L = X1
22 / LET P(1) = 0
23 / LET P = 1
24 / LET P1 = H(0)
25 / FOR I = 1 TO P1
26 / GET M1 RECORD 1
27 / IF H(3) > L AND H(9) < 6 THEN
28 / LET P = P+1
29 / LET P(2) = 1
30 / LET L = L+220
31 / NEXT I
32 / LET P(P+1) = 1
33 / PRINT "54700 0000 0000 0000"
34 /MAIN... START
35 / LET U0 = 2210
36 / LET U2 = 2000
37 / LET U1 = 210
38 / LET S1 = P(1)
39 / LET S2 = 0
40 / FOR P3 = 1 TO P
41 / PRINT P3 : "54700 0000 0000 0000"
42 / IF P3 < 1 THEN
43 / LET V = 150
44 / GOSUB 10180
45 / LET V(1) = 100
46 / LET V(2) = 100
47 / LET V(3) = 100
48 / GOTO 530
49 /
50 / LET V = 0
51 / GOSUB 10180
52 / GOSUB 10260
53 / GOSUB 10300
54 / LET V(1) = 200
55 / LET V(2) = 1200
56 / LET V(3) = 1500
57 / IF P3 = P THEN GOTO 540
58 / ELSE
59 / GOTO 570
60 /
61 / GET M1 RECORD P(P+1)
62 / LET X1 = H(3)
63 / LET X2 = X1-10
64 / LET V1 = FNV(X1)
65 / LET V2 = V1-V0
66 / LET V(3) = V1+100
67 / LET V(4) = V1+200
68 / IF V(3) > 2380 THEN

```


— 74 —

— 75 —


```

10370 /SUB KOKUSEN
10380 RESTORE 11520
10390 LET V = V(1)
10400 READ U
10410 GOSUB 10140
10420 LET V = V(4)
10430 GOSUB 10160
10440 LET V = V(3)
10450 FOR I = 1 TO 11
10460 READ U
10470 GOSUB 10140
10480 LET V = V(2)
10490 GOSUB 10160
10500 READ U
10510 GOSUB 10140
10520 LET V = V(1)
10530 GOSUB 10160
10540 RETURN
10550 /SUB TATESEN-2
10560 LET U = 210
10570 LET V = V(3)
10580 GOSUB 10140
10590 LET U = 3490
10600 GOSUB 10160
10610 LET U = 3590
10620 LET V = V(4)
10630 GOSUB 10140
10640 LET U = 50
10650 GOSUB 10160
10660 RETURN
10670 /SUB SUMI MARK-2
10680 LET U = 0
10690 LET V = 2350
10700 PRINT #2 I "EO-40" : CHR$(3)
10710 GOSUB 10140
10720 PRINT #2 I "E40.0" : CHR$(3)
10730 LET U = 3840
10740 GOSUB 10140
10750 PRINT #2 I "EO-40" : CHR$(3)
10760 GOSUB 10160
10770 PRINT #2 I "E-40.0" : CHR$(3)
10780 RETURN
10790 /...PLOT PAGE NO.
10800 PRINT #2 I "530.030.R900.M3700.2360."
10810 LET C4 = NUM$(P3)
10820 PRINT #2 I "P" : C4 : CHR$(3)
10830 /SUB HYOKO MEMORI
10840 IF P3 = 1 THEN
10850 LET V = VD-220
10860 ELSE
10870 GOTO 10720
10880 LET U = UB-10
10890 PRINT #2 I "E40.040.R900."
10900 FOR V = VD TO VD+40 STEP 10
10910 GOSUB 10140
10920 PRINT #2 USING "#####" I V : CHR$(3)
10930 LET U = U-500
10940 NEXT V
10950 RETURN

```

```

10730 /SUB SOKUTEN DATA PLOT
10740 LET V = V7+10
10750 IF V-22 < V8 THEN
10760 LET V = V8-25
10770 LET V8 = V
10780 PRINT #2 I "530.030.R1800."
10790 PRINT #2 I "H3300." I V : " "
10800 LET C4 = MID$(H3,3,6)
10810 IF INSTR(1,H3,"BP") THEN GOTO 10740
10820 PRINT #2 I "H3160." I V : " "
10830 PRINT #2 USING "P48.0" I V : " "
10840 PRINT #2 I "P3070." I V : " "
10850 PRINT #2 USING "P4888.0" I V : " "
10860 PRINT #2 I "M2Y00." I V : " "
10870 PRINT #2 USING "P4888.00" I V : " "
10880 RETURN
10890 /SUB JIBANKO PLOT
10900 IF H(8) > Y1 THEN
10910 LET YD = YD+30
10920 LET Y1 = Y1+30
10930 LET L(0,N) = H3
10940 LET L(1,N) = 30
10950 LET N = N+1
10960 LET U(3) = U(3)+1500
10970 LET V = FNVR(H3)-220
10980 GOSUB 10680
10990 IF H(8) < YD THEN
11000 LET YD = YD-30
11010 LET Y1 = Y1-30
11020 LET L(0,N) = H3
11030 LET L(1,N) = -30
11040 LET N = N+1
11050 LET U(3) = U(3)-1500
11060 LET V = FNVR(H3)-220
11070 GOSUB 10680
11080 LET L(0,N) = Y1
11090 LET U(3) = FNVR(H(8))
11100 IF H(9) = 0 THEN
11110 LET U = U(4)
11120 LET V = V7
11130 GOSUB 10140
11140 GOTO 10880
11150 LET U = U(3)
11160 LET V = V3
11170 GOSUB 10140
11180 LET U = U(4)
11190 LET V = V7
11200 GOSUB 10160
11210 LET U = U0
11220 IF I < P(P3+1) THEN
11230 LET U(3) = U(4)
11240 LET V3 = V7
11250 LET V = V7
11260 RESTORE 11520
11270 FOR I1 = 1 TO 6
11280 READ U
11290 NEXT I1
11300 FOR I1 = 1 TO 8
11310 READ U : Z9
11320 GOSUB 10140
11330 PRINT #2 I "E10.0" : CHR$(3)
11340 NEXT I1
11350 RETURN
11360 /SUB KYOKUSEN PLOT

```



```

10950 LET V5 = FNV9(H3)
10951 ON H(1) GOTO 10960, 10970, 11060, 10980, 11060, 11060
10952 /...
10953 LET U3 = 3360
10954 GOTO 11130
10955 /...
10956 GET #3 RECORD H(1)
10957 LET U = U3
10958 LET V = V4
10959 GOSUB 10140
10960 LET V = V7
10961 GOSUB 10160
10962 IF D(3) >= 0 THEN
10963 LET U3 = 3360
10964 ELSE
10965 LET U3 = 3400
11000 LET U = U3
11001 GOSUB 10160
11002 IF H(3) > 11 THEN GOTO 11130
11003 PRINT #2 "1020,620,8900,"
11004 LET U = 3450
11005 LET V = V7
11006 GOSUB 10140
11007 LET U = 3460
11008 GOSUB 10140
11009 PRINT #2 USING "PIP=###" I D(1) : CHR$(3)
11010 LET U = 3460
11011 GOSUB 10140
11012 PRINT #2 USING "PR=###" I D(4) : CHR$(3)
11013 GOTO 11130
11014 /...MC-OTHER
11015 LET V = V6
11016 LET U = U3
11017 GOSUB 10140
11018 LET V = V7
11019 GOSUB 10160
11020 LET U = 3390
11021 GOSUB 10160
11022 IF I = F(P3+1) THEN GOTO 11130
11023 ELSE
11024 LET U3 = U
11025 RETURN
11130 /SUB REIKAKU DATA
11131 PRINT #2 "1020,620,81800,"
11132 LET V = V8
11133 PRINT #2 "102730," I V : "
11134 PRINT #2 USING "P###.##" I H(10) : CHR$(3)
11135 IF H(1) <= 0 THEN
11136 LET U = 2430
11137 ELSE
11138 LET U = 2360
11139 GOSUB 10140
11140 PRINT #2 USING "P###.##" I ABH(H(1)) : CHR$(3)
11141 RETURN
11142 /SUB PLOT CIRCLE
11143 PRINT #2 "102360," I V : "50,50,0,3600"
11144 RETURN
11145 /SUB KOBAL DATA REIKAKU
11146 LET V = FNV9(1+18)
11147 LET U = 2280
11148 GOSUB 11260

```

```

11250 FOR I = 18 TO 19-1
11251 LET V4 = FNV9(1+1+1)
11252 LET V5 = FNV9(1+1+1+1)
11253 IF V4 > V1 THEN
11254 LET V = I-1
11255 GOTO 11420
11256 LET V = 2260
11257 LET V = V4+50
11258 GOSUB 10140
11259 LET V = V5-50
11260 GOSUB 10160
11261 LET V = V5
11262 GOSUB 10140
11263 LET V = (V5-V6)/2+V4-70
11264 GOSUB 11200
11265 LET U = 2250
11266 GOSUB 10140
11267 PRINT #2 "1020,620,8900,"
11268 PRINT #2 USING "P###.##" I U(3), I+100 : CHR$(3)
11269 /...REIKAKU
11270 LET V = V4
11271 LET U = FNV9(1+2+1)
11272 LET U4 = U
11273 GOSUB 10140
11274 IF D(1+1+1) < L(0+0) THEN GOTO 11400
11275 LET V = L(0+0)
11276 LET V = L(0+0)
11277 LET V = L(0+0)
11278 LET V = FNV9(1)
11279 LET U = FNV9(Y)
11280 LET V = FNV9(Y)
11281 LET V = FNV9(X)
11282 LET U = FNV9(Y)
11283 LET U4 = U
11284 LET V4 = V
11285 GOSUB 10140
11286 LET V = V5
11287 LET U = FNV9(1+1+2+1+0+1+1)
11288 GOSUB 10160
11289 GOSUB 11430
11290 NEXT I
11410 RETURN
11420 /SUB NJOGAKI
11421 LET U = U-1
11422 GOSUB 10140
11423 LET U = U4-1
11424 LET V = V4
11425 GOSUB 10160
11426 RETURN
11427 /DATA
11428 /...DATA 50, 200, 3590, 200, 3490, 1200, 2210, 1208, 2210, 1450, 3490, 1430, 2210, 1500, 210, 1500
11429 /...DATA 50, 200, 3590, 200, 3490, 1200, 2210, 1208, 2210, 1450, 3490, 1430, 2210, 1500, 210, 1500
11430 /...DATA 3535, 3345, 3155, 3015, 2845, 2675, 2525, 2395, 2275
11431 /...DATA 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000, 1000
11432 /...DATA 30, 210, 710, 1210, 1710, 2210, 2710, 3210, 3710, 4210, 4710, 5210, 5710, 6210, 6710, 7210, 7710, 8210, 8710, 9210, 9710, 10210, 10710, 11210, 11710, 12210, 12710, 13210, 13710, 14210, 14710, 15210, 15710, 16210, 16710, 17210, 17710, 18210, 18710, 19210, 19710, 20210, 20710, 21210, 21710, 22210, 22710, 23210, 23710, 24210, 24710, 25210, 25710, 26210, 26710, 27210, 27710, 28210, 28710, 29210, 29710, 30210, 30710, 31210, 31710, 32210, 32710, 33210, 33710, 34210, 34710, 35210, 35710, 36210, 36710, 37210, 37710, 38210, 38710, 39210, 39710, 40210, 40710, 41210, 41710, 42210, 42710, 43210, 43710, 44210, 44710, 45210, 45710, 46210, 46710, 47210, 47710, 48210, 48710, 49210, 49710, 50210, 50710, 51210, 51710, 52210, 52710, 53210, 53710, 54210, 54710, 55210, 55710, 56210, 56710, 57210, 57710, 58210, 58710, 59210, 59710, 60210, 60710, 61210, 61710, 62210, 62710, 63210, 63710, 64210, 64710, 65210, 65710, 66210, 66710, 67210, 67710, 68210, 68710, 69210, 69710, 70210, 70710, 71210, 71710, 72210, 72710, 73210, 73710, 74210, 74710, 75210, 75710, 76210, 76710, 77210, 77710, 78210, 78710, 79210, 79710, 80210, 80710, 81210, 81710, 82210, 82710, 83210, 83710, 84210, 84710, 85210, 85710, 86210, 86710, 87210, 87710, 88210, 88710, 89210, 89710, 90210, 90710, 91210, 91710, 92210, 92710, 93210, 93710, 94210, 94710, 95210, 95710, 96210, 96710, 97210, 97710, 98210, 98710, 99210, 99710
11433 NO END MARK

```


ブナおよび亜高山帯林の更新保育
施業の体系化

ブナ林および亜高山帯林の 更新保育施業の体系化

I 試験担当者

主査	本場調査部長（元造林部長）	蜂屋 欣二
造林部	植生研究室	前田 禎三
		谷本 丈夫
		浅沼 晟吾
		鈴木 和次郎
土壌部	土壌第3研究室	宮川 清
東北支場	造林第2研究室	瀬川 幸三
		佐藤 昭敏
	経営第1研究室	柳谷 新一
		金 豊太郎
木曽分場	造林研究室	原 光好
		仙石 鉄也

（実施期間 昭和56年～58年）

II 試験目的

亜高山帯や上部ブナ帯は低温、多湿という不良な気象条件にあり、土じょうもまた特殊なものが多く、開発跡地の更新には大きい困難性がある。また奥地という経営的悪条件も加わって、これらの地帯の安全確実な施業技術の体系化には問題が多く残されている。

さらに戦後昭和30年代よりこれら地帯の開発が進むとともに、自然公園など自然休養の場や風致維持の場として、また水土保持などの環境問題の面からも重要な役割をもつ地域としての認識が高まってきた。これらの地帯の天然林の施業技術の確立は多方面から望まれるところである。

この研究は以上の背景をうけて、安全確実でしかも事業実行が可能な施業技術の体系化を目的としてすすめられてきた。

Ⅲ 試験の経過と得られた成果

○ 試験の経過

亜高山帯および上部ブナ帯の天然林の施業についてはすでに約20年以前より、国立林試においてとりあげられてきた。とくに昭和40年より国有林との共同研究の形で進められている。すなわち

「亜高山帯の造林に関する研究」(40～44)

「亜高山帯および上部ブナ帯の更新に関する研究」(45～49)

「亜高山帯針葉樹林および上部ブナ帯の施業法」(50～55)

「ブナ林および亜高山帯林の更新保育施業の体系化」(56～58)

天然林の施業技術の研究は実証的データの集積に長期間を要するため、継続的な研究とならざるを得ないが、これまでに多くの成果があがっている。亜高山帯針葉樹林およびブナ林の施業とくに更新施業についてはその施業法の大綱はほぼ明らかとなり、現地での検討を経て、現実の経営計画、事業計画にすでに取入れられ、これら地帯の施業に大きく貢献している。しかしながら、林業試験場において提言した天然林の更新法の実行には、各局間に差があり、技術の全国的な交流を促進する必要がある。また、過去および現在の施業方法によつての更新成績の実態を把握し、技術の評価と改善点をさらに検討することが必要で、更新不成績地の改良方法やその技術の開発もまた急がれる問題である。

本研究は、これらの問題を含めて3年間行われたが、ブナ林および亜高山帯林の施業は、スギ、ヒノキ林の施業に比較すると経験が少ない。また、すでに述べたようにこれらの成林には長期間かかり、それぞれのステージにおける技術的問題は未知なものが多い。したがって、更新稚樹の成長ならびに林床条件の変化にともなう発生する更新稚樹の成長におよぼす諸条件の把握とその処理法について、さらに継続して研究する必要がある。

○ 得られた成果

この研究はA)施業と更新の事例調査、B)固定試験調査、C)指標林指導を中心とした成果の普及活動に分かれている。成果についてはすでに多くの報告を出し、さらに全体的とりまとめを行っている。ここでは一部にしばって報告する。

A 施業と更新の事例実態調査

1. ブナ林

天然更新が問題になるのは裏日本型気候下のブナ林である。この調査期間内では長野局飯山営林署(56年)、青森局鯉ヶ沢営林署(56, 58年)、大阪局倉吉および鳥取営林署(58年)、前橋

局六日町営林署五味沢(57年)管内のブナ林の更新実態調査と、東北支場では萌芽について調査した。それぞれの調査結果は、学会などで発表した。ここでは六日町営林署五味沢、飯山署カヤノ平の更新実態およびブナの萌芽について報告する。

(1) 六日町営林署五味沢におけるブナ林の植生と跡地更新(本場; 植生研, 土3研)

1) 調査地の概況

(1) 位置

新潟県の東端は、北から南へかけて、朝日山地、飯豊山地、越後山脈、三國山脈など、一連の高い山岳によって、山形県、福島県、群馬県と境を接している。五味沢団地は、これらのほぼ中央に位置する越後山脈の主峰、浅草岳(H. 1,585 m)の西麓にひろがっている。

行政区割は、新潟県北魚沼郡入広瀬村に属し、六日町営林署入広瀬担当区(16,300 ha余)の一部を構成している。

調査は、そのうちの、主として11林班および14～19林班について行った。

(2) 気候

典型的な日本海型気候下にあるが、冬季北西季節風に対して第1線に位置するために、わが国でも有数の豪雪地帯として知られている。

調査地よりもかなり標高が低くなるが、最寄の入広瀬村の観測値を、参考のためにかかげておく。

また団地での最深積雪深は、1953～1982年(うち4年欠測)の26年間の平均で278 cm、最高で460 cmとなっている(農業気象月報)。

表—1 入広瀬村における気温、降水量

月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
気温 ℃	-0.2	0.1	2.3	8.4	15.0	19.6	23.8	25.0	20.6	14.5	8.3	2.4	11.7
降水量 mm	449	306	204	124	142	183	257	197	203	178	296	392	2964

入広瀬 37° 2' N, 139° 4' E 標高 230 m

(全国気温、降水量月別平年値表(1951～1978) 気象庁 1982. 3月より)

「豪雪地帯の造林技術」の研究グループが、1965～1969年に、調査地およびその周辺で実測した、最深積雪深を次に紹介する。

(3) 地質・地形

表-2 調査地およびその周辺の最深積雪深

測点No.	地 況						最深積雪深 cm			
	林 班	地 形	方位	傾 斜	標高 m	備 考	第1冬季 ('65 ~ '66)	第2冬季 ('66 ~ '67)	第3冬季 ('67 ~ '68)	第4冬季 ('68 ~ '69)
1		平坦地			470	製品事業所 構内	290	330	490	320
2	16	"			770		420	380	640	350
3	17	"			810		440	440	600	360
4	16	"			840	沢地形	480	420	630	340
5	18	"			830		480	380	570	350
6	14	"			530	スギ壮令林 内風背地	440	450	680	400
7	16	"			790		360	390	520	370
8	17	"			850	小丘陵地山 頂	380	360	530	360
9	16	"			870		550	550	720	470
10	17	"			550	スギ若令林, 風背地	420	430	630	370
11	16	傾斜地	SSW	28~30°	820	風衝斜面		440	×	
12	"	"	"	"	780	"		340	×	
13	"	"	NW	35°	850	"		280	310	290
14	"	平坦地			920			420	640	×
15	"	"			840	小丘陵地 NW側		440	620	400
16	"	"			840	小丘陵地 SE側		450	×	400
17	"	傾斜地	NNW	25°	860	丘陵地風衝 斜面		350	×	320
18	"	平坦地			885	" 山頂		410	620	×
19	"	傾斜地	SW	30~35°	860	" 風背斜面		≥ 650	≥ 750	
20	県行 造林地	平坦地			430	スギ壮令林 外		370	510	320
21	官行 造林地	"			350	"		370	510	320
十日町	"	"			200	十日町試験 地露場	275	290	306	233

× 積雪計折損のため欠測
No. 19 測深棒実測値

浅草岳は、前期洪積世に、緑色凝灰岩を貫いて噴出した鳥海火山帯に属する成層火山である。

高部は、山頂部を中心に、主として熔岩がかなりひろく分布しており、地形も急である。

また、山体の東側は、著しく浸蝕をうけて急峻であるが、調査の対象になった標高1,000 m内外から以下の西斜面は、原火山地形を残しており、一部の尾根や谷沿を除いて、緩傾斜地がひろく分布し、主として泥流などの火山砕屑物によっておおわれている。

そして、それらの地形を刻んで、左沢、右沢、白崩沢などの諸支流が流下し、信濃川上流の平石川本流に合流している。

(4) 土壌

土壌調査報告¹⁾によると、浅草岳の頂部稜線ぞいの火山残丘面には、Pw(h)Ⅲ型土壌がひろく分布し、その凹地にはPp型土壌も出現している。それにつづく急斜面にはEr型土壌がひろくひろがり、11, 14, 18, 19などの林班では、それが低部にまで及んでいる。

しかしながら、調査対象地域の大部分は緩傾斜地で、その多くは、堅密で理学的性の悪いB₀型土壌によって占められている。また、その凹地にはPw(i)型やG型土壌、尾根地形にはB₀型、ときにはP₀型土壌も出現する。

(5) 植生

中部、関東地方でのブナ帯の上限は標高1,600 m内外で、表日本と裏日本とであまりかわらないが、下限はかなりちがっている。前者では、標高700 mぐらいのところが多いのに対して、後者では、新潟県を含めて、それより遥かに下降している。

山形県境に近い宮堅八幡宮社叢(H. 50 m, 岩船郡山北町勝木)では、タブノキ、ヤブツバキ、ヒサカキなどの暖地性のものと、シナノキ、オオバボダイジュ、ブナ、エゾイタヤなどの温帯性のものが混生している。また、同じく笹川地域の二次林では、ヒサカキが標高100 m付近まで上昇していたのに対して、ブナおよびミズナラが、それぞれ標高70 m, 50 m付近まで、単木的に下降しているのが確認できた。これらは新潟県北部での例であるが、それ以外のところでも、人為が加わる以前は、ブナ林がかなり低地まで下降していたものと思われる。

いずれにしても、こんど調査した五味沢団地は、それらよりも遥かに標高が高いので、当然のことながら、最低部からブナ帯に含まれる地域で、かつては高蓄積のブナの実林がひろく分布していたところである。しかしながら、現在は、標高1,000 mぐらいから以下は、ほとんどが伐採されて、主としてスギの造林地にかわっており、ブナ林はそれより以高、標高1,200 mぐらいまでの、凸形斜面や尾根を中心に、貧弱なかたちで残存しているにすぎない。

宮脇らの報告²⁾によると、さらに上部の急傾斜地には、なだれの影響を受ける低木林

表 - 3 五味沢天然林

方形区番号		N 1	N 2
標高(m)		900	900
地質, 地形		第4紀火山岩類, 微凹形斜面	同前, 複合斜面
土 壤 型		B _B	B _B B _D (d)
傾斜方向, 傾斜角		N 60° W 24°	N 30°
4a当り本数 (10m以上, 10m以下)		180, 144	145, 261
林 樹高平均及び範囲		17.4(6 ~ 28)	12.6(4 ~ 26)
分 胸高直径平均及び範囲		32.7(8 ~ 60)	31.1(4 ~ 80)
構 (1) 4a当り材積 (m³)		419.22	631.73
成 (2) 4a当り胸高断面積合計 (cm²)		38.82	64.93
主な林床植物 (優占度 3 以上)		ユキツバキ, ムシカリ	ムシカリ, ミヤマカタバミ
樹 種		ブ ナ	ブ ナ
1年生, 2年生以上		1年生 2年生以上	1年生 2年生以上
健全, 枯, 半枯		健全 健全 枯 半枯 健全	健全 枯 半枯 健全
樹 高 階 (cm)		10 30 50 100 200 300 合計	10 30 50 100 200 300 合計
健全, 枯, 半枯の割合 (%)		95.1 2.2 2.7	95.1 2.2 2.7

の林分構成と稚樹本数 (その1)

(4a当り)

N 3	N 4	N 5
850	640	780
同前, ヤセ尾根	同 前, 小尾根	同 前, ゆるやかな尾根
B _B	P _{DII}	P _{DII}
S 40° W, 20°	N 30° W, 10°	S 80° W, 10°
606, 303	268,	250,
11.9(4 ~ 18)	18.6(15 ~ 21.5)	20.5(14 ~ 24)
36.2(4 ~ 86)	39.0(22 ~ 58)	45.7(20 ~ 62)
910.31	300.83	399.00
139.12	35.44	43.75
ユキツバキ, リョウブ, イワウチワ	ユキツバキ, アズキナシ, リョウブ, イワウチワ	リョウブ, ユキツバキ, イワウチワ
ミズナラ	ブ ナ	ミズナラ ホオノキ
1 年 生	1 年 生 2 年生以上	1 年 生 2 年生以上
健 全	健 全 枯 健 全	健 全 枯 半 枯 健 全
10	20,001 1,333 667	55,500 1,500 4,000
30	667 36,669 667 5,334	60,500 500 3,500
50		
100	667	
200	1,333	
300		68
合計	667 56,670 2,000 6,001 667 68	116,000 1,500 4,500 3,500
健全, 枯, 半枯の割合 (%)	96.6 3.4	95.1 1.2 3.7

表 - 3 五味沢天然林の

方形区番号		N 6					N 10				
標高(m)		750					800				
地質, 地形		同 前, 斜面上部の凸形斜面					同 前, 広尾根				
土 壌 型		B _B					B _B				
傾斜方向, 傾斜角		S 45° E, 23°					S 15° E, 15°				
林 分 構 成	ha当り本数 (10m以上, 10m以下)	216, 135					385, 140				
	樹高平均及び 範囲	15.8 (5 ~ 27)					18.7 (5 ~ 28)				
	胸高直径平均 及び範囲	33.8 (4 ~ 68)					33.7 (6 ~ 64)				
	ha当り材積 (m ³)	442.40					664.47				
	ha当り胸高断 面積合計(cd)	46.80					63.41				
主な林床植物 (優占度3以上)		ユキツバキ, リョウブ, イワウチワ					ユキツバキ, リョウブ, イワウチワ				
樹 種		ブ ナ				ホオノキ	ブ ナ				
1年生, 2年生以上		1 年 生		2年生以上	2年生以上		1 年 生		2年生以上		
健全, 枯, 半枯		健 全	枯	半 枯	健 全	健 全	健 全	枯	半 枯	健 全	
樹 高 階 (cm)	10	114,500	8,500	1,000			53,995	3,333	2,333	2,666	
	30	103,500	6,000	1,000	9,500		61,994	667	1,333	34,663	
	50				5,000					12,665	
	100				500					1,000	
	200				500	527					
	300					27					
	合 計	218,000	14,500	2,000	15,500	554	115,989	4,000	3,666	50,994	
健全, 枯, 半枯の割合 (%)		92.9	6.2	0.9			93.8	3.2	3.0		

林分構成と稚樹本数 (その2)

(4a当り)

N 11 700 同 前, 平衡斜面 B _D S 15° E, 20°					N 12 550 同 前, 河岸段丘 B _F N 8° W, 4°				
189, 405					200, 125				
11.7 (5 ~ 30)					15.4 (3.7 ~ 28)				
22.0 (4 ~ 110)					31.7 (4 ~ 80)				
705.81					395.84				
66.59					40.35				
ユキツバキ, ヒメアオキ					ユキツバキ, ヒメアオキ				
ブ ナ			イタヤ	ホオノキ	トチノキ	ブ ナ			サワグルミ
1 年 生			2 年生以上	2 年生以上	2 年生以上	2 年生以上	1 年生	2 年生以上	2 年生以上
健全	枯	半枯	健全	健全	健全	健全	健全	健全	健全
19,334	1,333			667			1,250	500	
72,004	667	667		667			3,750	6,750	
			1,333					4,000	
			3,334		667			1,750	
			1,785	27	27	54		200	100
			106					50	
91,338	2,000	667	6,558	1,361	694	54	5,000	13,250	100
97.2	2.1	0.7							

表-4 五味沢天然林

階層	林床型	リョウブ——イワウチワ				イワウチワ	ヒメアオキ			アブラチヤン——ミヤマカタバミ	総合優占度	常在度	
	標高m	850	640	800	780	750	900	700	550	920			
	基岩	第4紀 火山岩類											第4紀火山岩
	地型	ヤセ尾根	小尾根	尾根	山頂緩斜面	派生尾根に接した凸形斜面	ヒ凹形面	平衡斜面	河岸段面	複合斜面			
	傾斜方向	S40°W	N30°W	S15°W	S80°W	N45°E	N60°W	S150°E	N8°W	N			
	傾斜角	20°	10°	15°	10°	23°	24°	20°	4°	30°			
	土壌型	Bb	PdII	Bb	PdII	Bb	Bc	Bd	Bf	Bd, Bd(d)			
	樹高m	18	22	28	24	27	28	30	28	26			
	林小班	19い	14ぬ	11	14ぬ?	14ぬ?	19い	11?	14	19い			
	方形区 の大きさ	15×7	15×10	20×15	20×20	20×20	(斜) 20×15	20×20	20×20	20×20			
方型区No	3	4	10	5	6	1	11	12	2				
種数	20	16	18	19	16	16	17	25	19				
高木	ブナ	4	5	5	5	5	5	5	5	5	8,472	V	
	ホオノキ	3							+		418	II	
	イタヤ カエデ							3	+		418	II	
	ミズナラ	4									694	I	
垂高木	ブナ				2	2	+			1	446	III	
	アズキ ナシ		500 4			600 +					696	II	
低木	チシマ ザサ	+	1	1	+	+					114	III	
	ユキツバキ	100~200 5	80~200 4	50~250 4	100~250 3	50~200 4	150~300 4	50~300 5	50~40 4	250~50 1	5,889	V	
	ムシカリ	200 +	100~300 1	100~500 3	200~400 2	100~300 3	30~500 4	400 1	50~40 2	500~50 4	2,723	V	
	オオバ クロモジ	30 +	350~100 2	300 +	300 1	100 +	400 2	500 2	100 1	300 1	753	V	

低	タムシバ	200~300 +	100~600 1	400 2	50~300 +	30~500 1 亜1,低+	400~50 2	400 +	400 +		504	V
	コシ アブラ	350 1	300~400 +	100~400 1	500 +	450 +	500 2	400 +	80 +	500~200 1 亜1,低+	367	V
	ハウチワ カエデ	500 2 亜 低+	50 +	30 +	50~450 +	350 +	200 +		100~400 +	500 1	257	V
	ヒメ アオキ		30 +	50 +		70 +	50 2	30~50 3	50 3	50 1	1,087	IV
	チマキ ザサ		80 1	70 1	100 1	80 +	100 +	50 +	50 1		226	IV
	リョウブ	150~300 3	250~100 3	400 3	200~500 4				100 +		1,946	III
	ハナ ヒリノキ	150 2	100 2	50~100 1	70 +				30 +		447	III
木	ケアブ ラチャン		10 +				70 +	50~400 +	150~400 +	300 2	199	III
	アクシバ	30 +	40 1	80 1	70 +	30~60 1					169	III
	エゾ ユズリハ	150 +		70 +	130 +		120 +				4	III
	マルバ カエデ	100~400 2			50~150 +						196	II
	ハイ イヌツゲ	150 1			80 +						57	II
	マルバ マンサク			600 +	100~250 +						2	II
	ハイ イヌガヤ								30 +		1	I
草	イワ ウチワ	10 4	10~15 4	15 4	10 4	20~10 3			10 +		3,196	IV
	ツルアリ ドオシ	5 +		10 1	5 1	10 +	5 +		10 1		170	IV
	ヤマ ソテツ	40 +					60 +	60 +	50 1	70 2	253	III
	ヤブ コウジ	10 +		10~15 +	10 +	10 +		15~20 +			6	III
	ミヤマ カタバミ								10 +	15 3	418	II

(La³⁺)

方 形 区 番 号	N 7	N 8	N 9	N 13
標 高 (m)	550	550	500	
地 質、地 形	第4紀火山岩類、平衝斜面	同前、微凹形斜面	同前、平衝斜面	同前、微凸斜面
土 壌 型	Bp(d)	Bp(d)	Bp(d)	Bp(d)
傾斜方向、傾斜角	S 65° E、15°	N 60° E、10°	S 20° W、36°	N 20° W、20°
4a当り本数 (10m以上、10m以下)	1,664	714	1,260	22,552
樹高平均及び範囲	8.6(4 ~ 13)	9.8(5 ~ 17)	8.3(4 ~ 11)	5.8(3.3 ~ 8.5)
胸高直径平均及び範囲	9.1(4 ~ 28)	12.4(4 ~ 26)	8.3(4 ~ 14)	6.6(2.2 ~ 14)
構成	215.27 41.40	152.21 26.29	130.78 29.53	276.15 65.55
主な林床植物 (カッコン内は優占度)	クロゾル (3)	ケアブラチヤン(2) サワフタギ(2) ミズギ(2)	ミヤカンスゲ (1) イワガラミ (1)	ユキツバキ
樹 種	ブ	ミズナラ	ナ	ブ
1 年生、2 年生以上	2 年生以上	2 年生以上	2 年生以上	2 年生以上
健全、枯、半枯	健全	健全	健全	健全
樹 高	500	1,000	2,143	
階	1,000	500	3,572	400
(cm)	2,547	103	3,220	4,800
合 計	1,856	103	752	4,000
	5,903	103	9,687	9,200

(ボイ山)がひろく分布し、山頂およびそれにつづく稜線は、風衝低木林や湿生山地草原および雪田草原によって占められている。

2) 調査方法

ブナの天然林には、 $15\text{m} \times 7\text{m} \sim 20\text{m} \times 20\text{m}$ 、二次林には $7\text{m} \times 7\text{m} \sim 10\text{m} \times 10\text{m}$ 、スギの人工林には $5\text{m} \times 5\text{m}$ の方形区を設定し、上木の毎木調査と、ブラウナー・プランケの優占度法による植生調査を行った。

ブナをはじめとする有用稚樹(用材になりうる高木性樹種の稚樹)の更新状態については、樹高120cm以上のものは、方形区全体について、それ以下のものは、方形区のほぼ中央に2m巾のベルトを設定し、それぞれの区画内に出現する稚樹の樹種別本数、出現頻度、樹高、当年の伸長量、樹令、健全度などを調べた。

また、まだ地植え・新植を行っていない、伐採直後の跡地については、その中央をよぎるようにラインをひき、それにそって一定間隔ごとに $2\text{m} \times 2\text{m} \sim 3\text{m} \times 3\text{m}$ の方形区を設定し、同様に植生と更新状態の調査を行った。

なお、それらとあわせて国有林野土壌調査方法にもとづく、土壌断面調査も行った。

3) 結果

(1) ブナ林の植生と稚樹の更新状態

i) ブナの天然林および二次林の林分構成

(イ) ブナ天然林(表3, 4参照)

ヤセ尾根のヒメコマツ・ネズコ林や、沢沿いのトチノキ・サワグルミ林などを除いて、大部分はブナ・チシマザサ群集(現在は群団にしている場合が多い)に含まれる、典型的な日本海型ブナ林である。ほとんどが純林状で、ほかに、ミズナラ、イタヤカエデ、ホオノキなどをわずかに混えるにすぎない。

かつては、このあたりには、ha当り250~300m²のブナ林が、ひろく分布していたといわれるが、現在では、筆者らの調査した林分も含めて、大部分が人工林にかわり、まったく昔日の俤をみることができない。

1966年の調査当時のブナ林の林分構成を表-3にかかげたが、調査プロットを、よくまとまった林分に設定してしまうために、結果が平均よりかなり高くなっている。

(ロ) ブナ二次林(表-5, 6参照)

国有林に隣接する(道神沢大白川部落有林)と、造林団地内に残存する二次林を、1966年と1982年に、それぞれ調査したもので、いずれもブナが更新を完了し、見事に成林している例である。

このうちの、道神沢の二次林のなりたちについては、すでに一部を紹介したが、その後

の聞き取りなども含めて総合すると、全国的に最も多い炭焼跡地に成立した二次林といえることができる。20ha余といわれるこの二次林は、筆者らが調査したころ、すでに一部除、間伐されていたが、1978年頃から3年間にわたって、全面的に間伐が行われ、立派な林になっている。

ii) 林床植生の区分

従来、植物社会学的には、ブナ・チシマザサ群集とされてきた裏日本型ブナ林は、現在ではブナ・チシマザサ群団(ブナ・アオトド群集、ブナ・オオバクロモジ群集、ブナ・クロモジ群集)として取扱われていることが多い。そのような区分の評価は別として、ここでは、立地との関連で、林床植生の特徵によってブナ林を区分してみた。

全体を通じての大きな特徴は、チマキザサ、チシマザサが非常に少ないのに対して、ユキツバキが沢沿いから尾根にかけてきわめてひろく出現していることである。ヤブツバキが暖温帯の照葉樹林帯を特徴づけるツバキであるのに対して、ユキツバキは冷温帯多雪地のもので、裏日本側の秋田県から福井県にかけて、ブナ帯の下部に分布している。新潟県でも苗場山まで内陸部に入ると、これを見ることができない。

このユキツバキの出現状態によって、まず大きく、ユキツバキの優占するグループと、優占しないグループとに分け、さらにそれを乾生から湿生にわたって次のような林床型に区分した。

o ユキツバキの優占するグループ

a) リョウブ・イワウチワ型

特徴的な組成種としては、リョウブ、ハナヒリノキ、オオバスノキ、ハイイヌツゲ、マルバカエデ、エゾユズリハ、マルバマンサク、イワウチワなどをあげることができる。いわゆるツツジ型の林床型である。

尾根地形に成立し、土壌はP₀~B₀型である。

b) イワウチワ型

イワウチワが優占し、組成内容も前者に近いが、リョウブやツツジ科植物が少ないことがある。成立する地形も、出現する土壌も乾性で、a)によく類似しているがここでは一応区分しておいた。

c) ヒメアオキ型

ヒメアオキの優占するのがめだっている。乾生要素はほとんど見られず、アブラヤシ、ヤマイヌワラビ、ミゾシダなどの湿性要素が弱い優占度で混生する。ほかにヤマソテツ、ハリガネワラビ、ナライシダ、ミヤマイトチシダ、イワガラミ、ツタウルシ、オオバクロモジ、ミヤマカンスゲなど、適潤地中心に出現する組成種が多くなっている。

表-6 五味沢ブナ二次林

林 床 型	特徴なし	アブラチャン	特徴なし	ユキツバキ	総 合 優 占 度	常 在 度	
	標 高 m	←	5 5 0	→			8 4 0
	基 岩	第 4 紀 火 山 岩 類					
	地 形	平 衡 緩斜面	ビ 凹 形緩斜面	平 衡 斜 面			ビ 凸 形斜面
	傾 斜 方 向	S65° E	N60° E	S 20° W			N20° W
	傾 斜 角	1 5 °	1 0 °	3 6 °			2 0 °
	土 壌 型	← B _D (d) →					
	樹 高 m	1 3	1 5	1 1			
	区 の 大 き さ	10×10	10×10	7×7			5×5
	方 形 区 番 号	N 7	N 8	N 9			N 1 3
	種 数	2 3	2 9	2 0			1 3
高木	ブ ナ	5	5	5	5	8750.0	V
亜高木	ブ ナ	2	+	+		442.5	IV
高木	ミズナラ	1	+			127.5	Ⅲ
	イタヤカエデ	1	+			127.5	Ⅲ
低木	ユキツバキ	+	+	+	4	1570.0	V
	チマキザサ	1	1	+	+	255.0	V
	ウワミズザクラ	+	1	+	+	132.5	V
	ヤマウルシ	1	+	+	+	132.5	V
	オオバクロモジ	+	+	+	+	10.0	V
	ヒメアオキ	+	+	+	+	10.0	V
	ムシカリ	+	1		2	565.0	IV

低木	ケアブラチャン	+	2	+		442.5	IV
	サワフタギ	+	2	+		442.5	IV
	ウリハダカエデ	+	+	+		7.5	IV
	ハウチワカエデ	+	+	+		7.5	IV
	ヤマモミジ	+	+	+		7.5	IV
	ツノハシバミ	+	+	+		7.5	IV
	コシアブラ	+	+		+	7.5	IV
	コマユミ		+	+		5.0	III
	テツカエデ	+	+			5.0	III
	コハウチワカエデ	+	+			5.0	III
	ヒメモチ		+		+	5.0	III
	チシマザサ		+		+	5.0	III
草本	ミズキ		2			437.5	II
	ワラビ	+	+	+		7.5	IV
	イチヤクソウ	+		+		5.0	III
	アキノキリンソウ		+	+		5.0	III
	ツルアリドウシ		+		+	5.0	III
	ミヤマカンスゲ			1		125.0	II
ツル	ウチワドコロ	+	+	+		7.5	IV
	クロヅル	3	+			940.0	III
	イワガラミ		1	1		250.0	III
有用稚樹	ブ ナ	1	+	+	2	567.5	V
	イタヤカエデ	+	+			5.0	III
	ミズナラ			+		2.5	II

平衡斜面や河岸段丘などに見られ、出現する土壌も B₀ 型が中心である。

o ユキツバキの優占しないグループ

飯豊山では、リョウメンシダの優占する林床型とユキツバキが結びついていた例があったが、どちらかというところのグループは湿性な立地に出現する傾向がある。ここでは次の林床型しか確認できなかった。

d) アブラチャン—ミヤマカタバミ型

ケアブラチャン、エゾアジサイ、ミヤマカタバミ、ミゾシダ、ミヤマベニシダ、ヤマイヌワラビ、キョウタキシダ、ヒメワラビ、ジュウモンジシダ、サカゲイノデ、トチバニンジンなど、湿性要素によって特徴づけられている。

凹形と微凸形の複合する斜面に出現し、土壌は B₀ 型であった。

なお、ブナ二次林では、凸形斜面にユキツバキが、凹形斜面にケアブラチャンのめだつものが出現していたが、平衡斜面に成立するものには特徴的な組成種はみられなかった。

ブナ林といえば、すぐに林床のササが連想されるほど、ササとの結びつきが強いが、なかにはその欠除するものや、優占度の非常に低いものもある。またここでのように、かわって、ユキツバキが普遍的に出現するような林もある。しかしながら、土壌の乾湿との関係でみると、それらが優占するしないにかかわらず、どの地域でも基本的には4つの林床型を確認することができる。弱湿性から乾性へかけて立地との対応で区分されるそれらの林床型の配列は、どの地域のものも、それぞれ非常に類似した組成内容をもっている。

ただ、五味沢の場合には、沢沿や凹形斜面に発達するようなブナ林がみられなかったのと、伐採がかなり進んでいたりしていたために、調査プロットの設定が乾いた方にかたよってしまい、それらの配列を網羅することができなかった。

iii 稚樹の更新状態（表—3 参照）

ブナはほぼ隔年に結実し、その翌年には結実にみあって稚樹が発生する。閉鎖された林内では、雪どけ直後に一斉に発生した稚樹は、梅雨あけごろまでに半数前後が枯れ、その後も徐々に枯死しながら越冬し、翌年秋までには発生時の数%にまで激減するのが普通である。そして残存したものも、その後の数年間のうちにほとんどが枯死してしまう。

どの地域のブナ林でも、古い稚樹が極めて少ないのは、このような発生、消失がくりかえされているためである。

この調査は、7月上旬に行ったので、発生稚樹のかなりの部分がそれまでにすでに枯死していたものと思われる。しかしながら、大豊作（1965年）の翌年であったので、そ

れでもまだ極めて多数の稚樹が残存していた。ただその残り方にはかなりムラがあって、No 3（ヤセ尾根）で皆無、No 12（河岸段丘）でha当り5千本（以下同じ）、その他のところで9万～46万本という状態であった。

これに対して、3年生以上の稚樹（当年生以外は、このように一括した）は、No 10の5万本余を除いて、3カ所で1万本余、他はいずれも1万本以下であった。とくにヤセ尾根のNo 3でゼロ、湿性なNo 12では僅かに29本にすぎなかったが、このように乾湿両極のところ、稚樹本数が非常に少なくなるのは、どの地域でもみられる傾向である。

林床にササが非常に少ないのと、調査プロットが、稚樹の比較的残りやすい乾きぎみの立地に多く設定されたために、1万本をこすプロットが4コも出現していて多いほうであるが、全体としては更新に十分な本数ということとはできない。しかも更新の安定性のめやすになる稚樹の大きさをみると、大部分が、樹高30cm以下の、不安定な小さな稚樹によって占められている。このような状態の林を皆伐しても、更新がうまくいくはずのないことは、後でも述べるように明らかである。

天然林のほかに、二次林でも同様な調査を行ったが（図—5）、当年生稚樹は、どのプロットでもみることはできなかった。No 7～9の林を構成するブナは、樹令がほぼ40年であったが、このていどの樹令の林では、ブナはまだほとんど結実しないのではなかろうか。

(2) 伐採跡地の植生と稚樹の更新状態

調査地は、戦時中に軍用材を抜き伐りし、さらに製炭したあとの林を1965年に皆伐したところである。1966年秋植の予定地で、調査時にはまだ地拵えも行われておらず、伐出が終ったままの状態であった。

このような履歴をもった跡地は、ある標高以下に限られ、それより上部は、人為の加わらない天然林を伐採したので、後で述べるように、ブナの更新状態はまったくよくなかった。

i 植生（表—7～10参照）

調査結果を表—7～10に示したが、このうちのラインIVは、ヌマガヤ—ミズゴケ群落の湿原を中心にひいたもので、普通林地ではない。参考のためにかかげておいた。

そのほかのラインI～IIIは、普通林地であるが、乾性なツツジ（リョウブ）型から、もととトチノキ—サワグルミ林の領域だった湿性なアブラチャン型までを含んでいる。全体として緩斜地であるが、小さな起伏もあって、植生もそれに対応してかなり変化に富んでいる。

さきに述べたように、ユキツバキがどのプロットにも出現し、優占度も高いが、ササは少なく、ほとんどがチマキザサによって占められている。

表-7 伐採跡地の植生ラインI

樹種		No												総合 優占度	常在度
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
低 木	チマキザサ	3	4		2	+	+	+	+		+			983.3	IV
	ユキツバキ	1	2	3	3	4	4	3	2	1	2	2	3	2958.3	V
	ヤマウルシ	3		2	4	4	1	+	1		+		1	1626.7	IV
	ケアブラチャン	+				+	2	+	3	5	1		+	1232.5	IV
	オオバクロモジ			2	2	2						+	3	750.8	III
	テツカエデ					+	+		2	+		4		669.2	III
	コシアブラ			+	2		1	2				+	2	480.8	III
	ムシカリ	+		1	+	1	1	1				2		314.2	III
	ミヤマベニシダ							3	2		2			604.2	II
	サトメシダ					+		+	1		1			85.0	II
草 本	シラネウラボ							+	+	1		+		44.2	II
	ミヤマカタバミ							+		+	+			2.5	II
	ミヤマイトチシダ									+	+	+		2.5	II
	ハンゴンソウ	+								1				42.5	I
	ヤマドリゼンマイ	1												41.7	I
	ヤマブドウ	+				2	3	4	5	5	3	+		2751.7	IV
	ツタウルシ	+						+	+			+		3.3	II
ツ ル	クロヅル			1							3			354.2	I
	ブナ上層	3	4	4	3	3	2	4			+		2	2792.5	IV
	ホオノキ						1		+	1				84.2	II
有 用 雑 樹	ブナ下層			2	2									291.7	I

表-8 伐採跡地の植生ラインII

樹種		No												総合 優占度	常在度
		1	2	3	4	5	6	7	8						
低 木	チマキザサ	2	+	2	1	1	+	2	3					1252.5	V
	チシマザサ					3								468.8	I
	ユキツバキ	3	1	1	1	4	+	1	3					1970.0	V
	リョウブ	+		+	5	+	+							1098.8	IV
	ムシカリ	1		2	+	1			3					813.8	IV
	タムシバ	1		1	1	+			3					657.5	IV
	ウワミズザクラ	2		2	+	+	+							441.3	IV
	ヒメモチ		+	+		+	+							5.0	III
	ヤマウルシ	+			2	+								221.3	II
	コシアブラ	+		2					+					221.3	II
草 本	ヤマゲワ						+	3						470.0	II
	オオバクロモジ	2							1					281.3	II
	ケアブラチャン						+	2						220.0	II
	ハイイヌツゲ				2	+								220.0	II
	ズタヤクシュ						1	3						531.3	II
	ミヤマカンスゲ						2	2						437.5	II
	イワウチワ				2	1								281.3	II
	カメバヒキオコシ						+	2						220.0	II
	ミヤマベニシダ						+	+						2.5	II
	リョウメンシダ							3						470.0	I
ツ ル	ウワバミソウ						1							62.5	I
	ミゾシダ							1						62.5	I
	ヤマブドウ		4			+		1						845.0	II
	クロヅル		2											220.0	I
	ツタウルシ			+			1		+					65.0	II
有 用 雑 樹	ブナ	3	+	4	1	+	4		4					2877.5	V
	ホオノキ	2												218.8	I
	ミズキ							2						218.8	I
	サワグルミ							1						62.5	I
	イタヤカエデ							+						1.3	I
有 用 雑 樹	ヤチダモ													1.3	I

表-9 伐採跡地の植生ラインⅢ

樹種		No.	1	2	3	4	5	6	7	総合 優占度	常在度
サ	チマキザサ	50 +	50 1							72.9	Ⅱ
	チシマザサ							200 +	80 +	2.9	Ⅱ
低	ユキツバキ	60~ 200 4	30~ 150 4	100 3	200~ 250 5	50~ 280 4	20~ 150 3	100~ 200 3		5535.7	V
	ヤマウルシ	40 +	50 +	10 +	300 +	500~ 400 2	600 1	500~ 40 2		577.1	V
	ウワミズサクラ		10~ 600 1	30 +	15 +	150 +	30 +			77.1	Ⅳ
	リョウブ		400 3		400~ 50 1		500~ 100 4	400 4		2392.9	Ⅲ
	ムシカリ		350 1		200~ 300 3	500 4	400 3			2035.7	Ⅲ
	ヒメアオキ	80 1	60 +			40 +				74.3	Ⅲ
	ウリハダカエデ				400 2	5 +				251.4	Ⅱ
木	オムツツジ							200~ 230 4		892.9	I
	ヤマソテツ		40 +			50 +	30 +			4.3	Ⅲ
草	クロヅル	100 +	100 +	150~ 300 3	150 +					540.0	Ⅲ
	ヤマブドウ			150~ 200 5						1250.0	I
有用 雑樹	ブナ	5	5		1	4	+	+		3467.1	V
	ホオノキ			3						535.7	I
	トチノキ			+						1.4	I

表-10 伐採跡地の植生ラインⅣ

樹種		No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	総合 優占度	常在度
サ	チシマザサ	2		+										160.0	I
	チマキザサ												60 +	0.9	I
低	ハイイヌツゲ	1	4	3	1	3	2	1	+	2	2	3		2205.5	V
	ウラジロヨウラク	1	3	2	1	3	1	2		+	2	1		1341.8	V
	コミネカエデ	2	+	+	+			+			+	+		164.5	Ⅳ
	ウワミズザクラ	+	+	+							+	+		4.5	Ⅲ
	ナナカマド		2	+		2		+						320.0	Ⅱ
	ノリウツギ			+	1						+	+		48.2	Ⅱ
	オオバスのノキ	+		+	+						+			3.6	Ⅱ
木	ユキツバキ	2		+										160.0	I
	ヌマガヤ			+	4	4	5	5	5	5	3	+		4660.9	V
	ヤマドリゼンマイ	2		2	3	3	1	+	+	+	1	1		1139.1	V
	オオカサスゲ	2	2	1	2	1	2	1	+	1	1	1		910.0	V
	ヨシ		1	1	2	2	2	2	1	1	+			819.1	V
	ゼンマイ	3	4	4	1	+					1			1569.1	Ⅲ
	ツルアリドオシ	+		+	1	+					+	+		50.0	Ⅲ
草	チゴユリ		+	1	+	+						+		49.1	Ⅲ
	カワズスゲ						3	4	4	3				1818.2	Ⅱ
	ノギラン		2	3		+								500.9	Ⅱ
	ニッコウシダ	+	+	+										2.7	Ⅱ
	トキソウ						+		+	+				2.7	Ⅱ
	ショウジョウバカマ	2												159.1	I
	イワガラミ	+	+	1								+		48.2	Ⅱ
ツ	ツタウルシ	+	+	+								+		3.6	Ⅱ
	ミズコケSP			2	5	5	3	3	4	3	2			3500.0	Ⅳ
ケ	モウセンゴケ					+	1	1	1	+				138.2	Ⅲ
	ミズナラ	3	2	4		+					4	4		2205.5	Ⅲ
有用 雑樹	ブナ	+		+								3		342.7	Ⅱ
	ヤチダモ											+		0.9	I

たところとがある。

後者では、ブナの更新はすでに完了状態であったが、それをわざわざ刈払って地拵えし、スギを植栽していたのである。

そのような造林地が16年を経てどうなったのか、調査結果を報告する。

表一13 五味沢スギ造林地林分構成

(ha当り)

プロット番号	本数	樹高(m)*	胸高直径* (cm)	胸高断面積 (m ²)	材積(m ³)	材令
1	1,633	5.3 5.0~5.8	10.6 8~14	17.93	48.98	20
2	1,633	6.9 5.2~7.8	15.0 12~18	29.49	99.18	20
6	4,255	5.9 5.4~7.7	14.0 12~16	71.79	211.06	17
5	2,000	4.2 2.3~5.5	12.0 10~14	21.48	53.20	18
7	2,400	4.5 4.0~5.4	11.0 8~14	21.20	53.20	17
9	1,224	4.4 3.9~4.7	13.0 12~14	17.18	39.18	17
3	1,600	5.4 4.5~6.3	14.0 12~16	26.77	71.60	20
4	2,000	6.0 5.3~7.4	16.5 12~20	43.36	130.00	20

* 上段平均, 下段範囲

Ⅰ 林分構成(表一13参照)

1962年秋から1965年秋までに植栽された、スギ人工林を調査した。春植と秋植とあるが、いずれも6回の刈払いと、1回の除伐(スギ以外)が終った林分で、他には2回目の除伐の行われたところもある。ブナは、その都度他の雑草木とともに刈払われてきたが、最近では、ブナをはじめ有用広葉樹を保全する方針がとられている。

スギの植栽本数はha当り4,000本(1966年から3,000本になる)だったが、雪害のために、現在ではかなり本数が減少してしまっている。樹形も1~2m匍伏してから立上るなど、根元曲りがひどく、正常な形状のものはほとんど見ることができない。いわゆる

“提灯だたみ”状の被害木もかなり多い。

樹高や胸高直径を、曲った樹幹なりに測定したので、値が過大になっているが、それでも8プロット中5プロットでの幹材積は、越後・会津地方のスギ収穫表の地位3等にも達していない。調査プロット中、No.6は、20°の傾斜地であるために、本数の減少も少なく、胸高断面積、材積ともに計算上は地位1等を示し、抜んでているが、根元曲りがひどく、将来とも、採材を期待できるようなものは1本も見当らなかった。

Ⅱ 林床植生(表一14参照)

種類組成は、天然林の場合と基本的にはかわらないが、1966年の調査以来、16年ぶりに来てみて、一番驚いたのは、チマキザサが非常に増えたことである。

表一14 五味沢スギ人工林組成表

階層	林種	スギ人工林								総合優占度	常在度
	林型	スギブナ						スギ			
	林床型	ササ				ユキツバキ ーススキ		ササ			
	場所	218 ぬ	〃	17 わのに	18 へのに	17 わのに		早坂線 歩道18 ちのに			
	標高 (m)	960	〃	850	860	820	840	940	〃		
	地形	緩斜地	〃	平衡 斜面	平坦地	河岸 段丘 平坦地		緩斜地	〃		
	傾斜方向	N10°E	N10°W	N25°E	—	—	N55°W	N40°W	N35°W		
	傾斜角	10°	10°	20°	—	—	10°	5°	5°		
	土壌			B _D (つまり)					B _D (つまり)		
	植栽年	S.37 秋	〃	S.40 秋	S.39	S.40	〃	S.38 春	〃		
	面積	←			5×5		→				
	種数	23	23	27	26	21	21	21	20		
調査番号	1	2	6	5	7	9	3	4			
高木	スギ	3	4	5	4	4	4	3	4	5937.5	V

低木	チマキザサ	5	5	3	4	+	+	5	5	5627.5	V
	ユキツバキ	+	+		1	2	2	+	+	505.0	V
	リョウブ	2	2	1	+	+		+	+	505.0	V
	ヤマウルシ	+	2	+	2	+	+	+	+	445.0	V
	ムシカリ	+	+	+	2	+	+	+	+	227.5	V
	オオバクロモジ	+	+	+	+	+	1	+	+	71.3	V
	コシアブラ	2	1	1	2		+		2	782.5	IV
	ウワミズザクラ	2	+	+	1	+		+		286.3	IV
	サワフタギ	+	+	+		+	2		+	225.0	IV
	ウリハダカエデ	+	1	+	1		+		+	130.0	IV
	ハウチワカエデ	+		+	+	+	+		+	7.5	IV
	アオダモ		+	+		+	+	+	+	7.5	IV
	ヒメアオキ	+	+		+			+	+	6.3	IV
	アクシバ	+	+	+	+	+				6.3	IV
	タムシバ		+	+	+	+	+			6.3	IV
	ヒメモチ		+	+	+	+			+	6.3	IV
	ケアブラチャン				+	+	+	+		5.0	III
	ヤマモミジ			2			+			220.0	II
草	ウド	+	1		1		+	+		128.8	IV
	ヤマソテツ	+	+	+				+	+	6.3	IV
	ススキ			1	3	4	3			1781.3	III
	ワラビ	1		+				1	2	345.0	III
	ミヤマベニシダ			1		+				63.8	II
	ナライシダ		+	+			+			3.8	II
	ミヤマカタバミ	+		+						2.5	II
	シノブカグマ			+	+					2.5	II
本	イワガラミ	+	+	2	+		3	+	1	755.0	II

ツル	ヤマブドウ	1	2	2	+	+	+	2		722.5	V
	クロヅル	+	+			+		+		5.0	III
	ツタウルシ	+		+				+	+	5.0	III
有用稚樹	ブナ	2	3	2	3	5	5	+		3563.8	V
	イトマキイタヤ							1	2	281.3	II
	ミズキ						1	1		125.0	II
	キハダ				+			1		63.8	II
	ホオノキ				+	+				2.5	II
	ミズナラ				1					62.5	I
樹	トチノキ				+					1.3	I

ここは、湿地を除いて、もともとユキツバキの優勢なところで、ササは非常に少なかった。

ところが、皆伐によって林冠の開鎖がなくなったのと、ユキツバキをはじめ、他の林床植生が、何回もの刈払いによって抑えられたために、再生力の強いチマキザサが繁茂してきたのである。同じササでも、チシマザサは、もともと少なかっただけではなく、再生力が弱いために、刈払いのひんぱんに行われた造林地では皆無状態になり、二次林でしかみることができなかった。

林床型は、表一14にみられるように、ササ型とユキツバキーススキ型とが認められた。ススキの多いところは、一時的に土場敷になっていたところである。

III 稚樹の更新（表一15参照）

有用稚樹としては、ブナのほかに、ミズナラ、ホオノキ、イタヤカエデ、キハダ、トチノキなどがみられたが、数が少ないうえに樹形も悪く、更新上問題にならない。トチノキはNo 5にのみ出現していたが、いずれも当年生で、近くに母樹がまったくないので、動物によって運ばれてきたものと思われる。

(イ) 本数

ブナは何回もの刈払い、除伐に耐えて萌芽しているものが多いが、ここでの本数は株数で数えてある。

ブナの出現状態は、表一14でみられるように、スギ植栽前の、ブナ林の施業履歴のちがいを非常にはっきりとあらわしている。

天然林をそのまま伐採したところでは、ブナの稚樹はほとんどないし、人為の加わった

表-15 ブナとスギ本数およびブナの当年伸び (5 m×5 m当り本数)

調査区番号		1	2	6	5	7	9	3	4
樹	～ 50	a			1		1		
		b			6		10	—	—
	～100	a	7	6	4	12	2	2	—
		b	$\frac{5.1}{1 \sim 13}$	$\frac{3}{1 \sim 7}$	$\frac{9.8}{1 \sim 25}$	$\frac{6.9}{1.5 \sim 12}$	$\frac{17.5}{15 \sim 20}$	$\frac{13}{6 \sim 20}$	—
	～150	a	6	7	4	21	10	11	2
		b	$\frac{7.4}{2 \sim 15}$	$\frac{7.7}{2 \sim 19}$	$\frac{23.8}{16 \sim 35}$	$\frac{14.7}{1 \sim 28}$	$\frac{27}{15 \sim 35}$	$\frac{18.5}{3.5 \sim 33}$	—
	～200	a	6	9	8	10	13	15	—
		b	$\frac{7.3}{1 \sim 23}$	$\frac{18}{10 \sim 30}$	$\frac{32.5}{20 \sim 44}$	$\frac{27.5}{10 \sim 34}$	$\frac{32.4}{26 \sim 46}$	$\frac{34}{20 \sim 47}$	—
	～250	a	2	11	2	5 ①	6	6	—
		b	$\frac{26.5}{18 \sim 35}$	$\frac{26.8}{18 \sim 37}$	$\frac{24}{13 \sim 35}$	$\frac{35.4}{31 \sim 38}$	$\frac{33.5}{17 \sim 43}$	$\frac{40.5}{24 \sim 52}$	—
階	～300	a	1	4		2	1	1	—
		b	20	$\frac{28.5}{19 \sim 35}$		$\frac{24}{23 \sim 25}$	37	35	—
(cm)	～400	a	1			①	②	①	
	～500	a	1 ①			①	②	②	②
	～600	a	③	①	⑧	②	②		① ③
	～700	a		①	①				① ①
	～800	a		②	①				①
	～900	a							
合 計		24 ④	37 ④	18 ⑩	51 ⑤	32 ⑥	36 ③	2 ④	⑤

○：スギ a：本数 b：当年の伸び（上段は平均，下段は範囲）

ブナ林を伐採した跡地のスギ林では、ブナの稚樹が多く、スギとブナの二段林状を呈している。その本数は、前者が400（0～800）本と極めて少ないのに対して、後者では13,200（7,200～14,800）本と多く、ほとんどが樹高1 m以上で、3 m以上のものもみられた。ブナ林伐採直後の調査結果（前出のラインⅠ～Ⅲ）が15,907（14,151～17,670）本であるので、本数に若干の減少がみられるが、ブナの更新地としては、必要な本数が確保されているといつてよい。このように多数の稚樹が残存したのは、幼児のブナの旺盛な萌芽

力によるもので、抜群の耐雪性とともに、天然更新上の一つの有利な特性といえることができる。

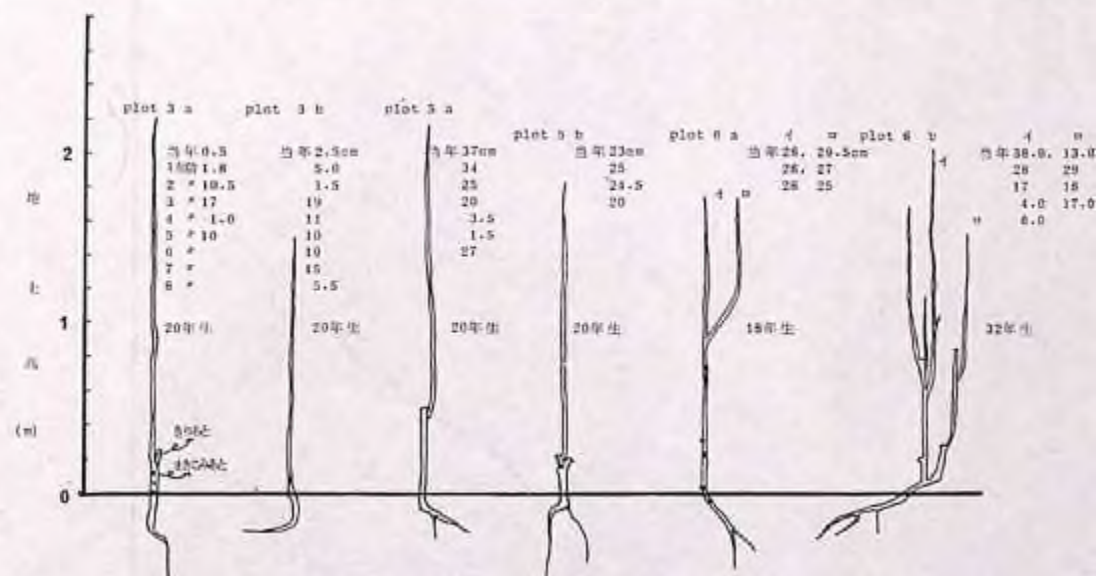


図-1 プナ稚樹の最近の伸長生長、樹齡および形態

(四) 生長狀態 (圖一1 參照)

この造林地は、6回の下刈と1回の除伐が行われているので、図-1にみられるように稚樹のすべてに、その痕跡が残っている。また調査プロットのなかの比較的小さな稚樹を選んで、樹令調査を行なった結果が同図に示してある。何回も刈られているので、実際の樹令はこの値よりも高いと思われるが、いずれにしても、ブナの稚樹が、スギの植栽前の前生稚樹であったことは、この結果からもまちがいないといえる。

樹幹解析の結果が図-2に、調査プロット内に出現した稚樹の当年伸長量（株立の場合は、そのなかの最大値をとった）を、樹高階別に集約した結果が、表-15に示してある。

図一2の生長曲線をみると、下刈り終了後の生長は良好である。また抜き伐りの前歴をもった跡地のブナの当年伸長量は、上層のものほど大きくなっているが、とくに150 cm以上ではかなり大きな値を示している。

造林地内の有用広葉樹は、以前は除伐の対象になっていたが、こんごは保護するように方針がかわってきている。したがって、スギが雪圧のために、まともな生長ができないのに対して、ブナは若干の根元曲りがあるにしても、順調な生長をつづけるので、いずれスギを抜き去って、ブナの二次林にかわっていくことは確実である。このような経過を経て、スギ人工林がブナの二次林にかわっている例は他の地域でも見ることができる。

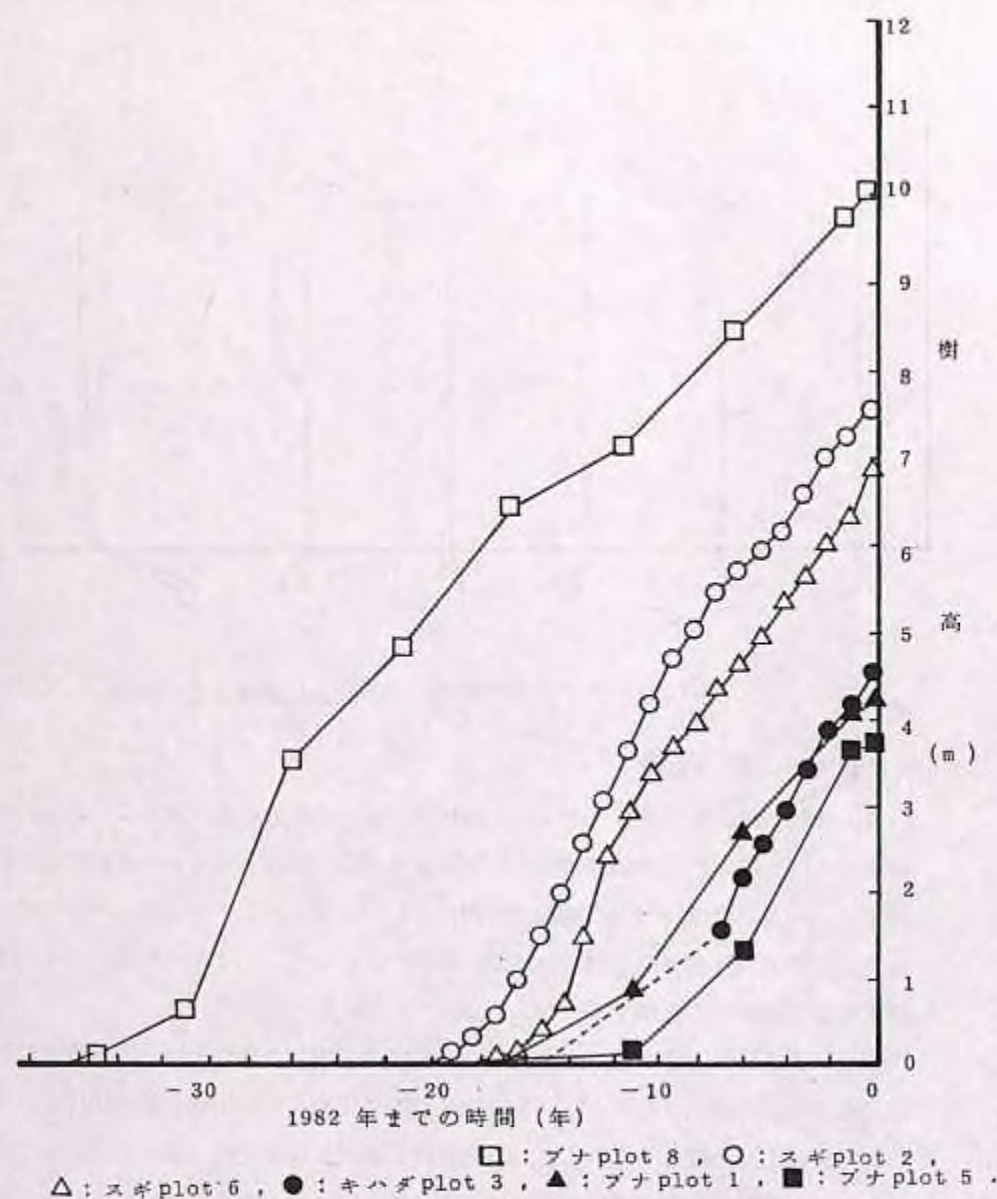


図-2 樹高の生長経過

それに対して、天然林跡の造林地は、ほとんど有用稚樹がないことから、形質不良のスギが点在し、雑低木やササの繁茂する無立状地になっていくことは火を見るより明らかである。このような跡地が、天然更新失敗地（確実な方針がないままに実行された）を含めて、裏日本にはかなりひろく存在している。これらをどうするかがこんどの一つの大きな

問題であるが、それを検討する際の資料として調査結果を報告した次第である。

引用文献

- 1) 林野土壤調査報告 前橋宮林局土壤調査報告第30報 長岡事業区 林野庁前橋宮林局
- 2) 宮脇昭, 大場達之, 奥田重俊, 中山洸 藤原一絵: 越後三山奥只見周辺の植生 1968年3月 日本自然保護協会

〔2〕 カヤノ平（飯山署）のブナ更新実態

長野宮林局、飯山宮林署管内往郷山国有林通称カヤノ平は昭和45年以来実験牧場として施業されていた。放牧ならびにブナ林の伐採等の記録がよく保存されており、放牧施業とブナ更新との関係を調査するに適している。55年度は、林床を広くおおっているチマキザサとブナ稚樹との関係について調査した。56年度はブナの母樹の樹冠と稚樹およびササとの関係について調査した。対象とした林分は昭和46, 47, 49, 50, 51, 52年と53年に放牧されていた林分および昭和45, 46, 48, 50年と52年に放牧されていた、いわゆる連年放牧区と隔年放牧区の2つである。これらの林分のうちから任意に20m×20mの区画を作り、樹冠投影図を作成した。また、各区画内にある代表的な立木間に1m×1mの小方形枠を置き、この中のブナ稚樹とササの本数、高さを調査した。

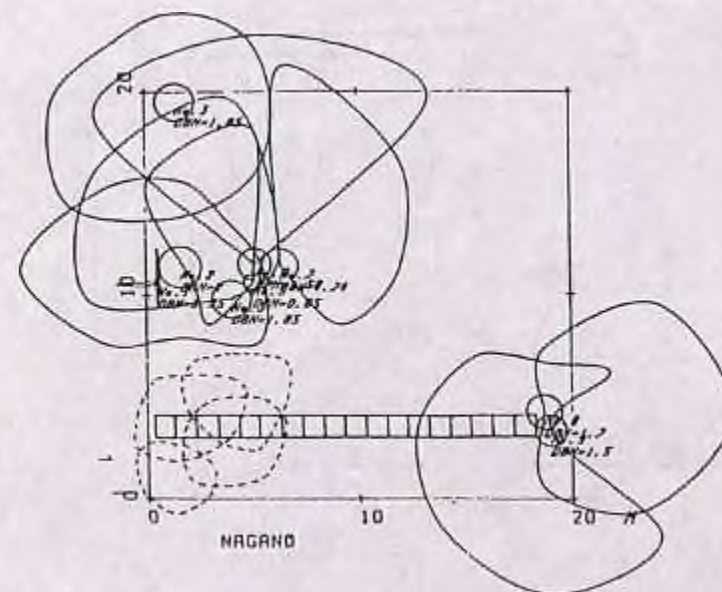


図-3 連年放牧で疎林区の樹冠投影図

点線は低木をあらわす

コードラート番号は右から1, 2となっている。

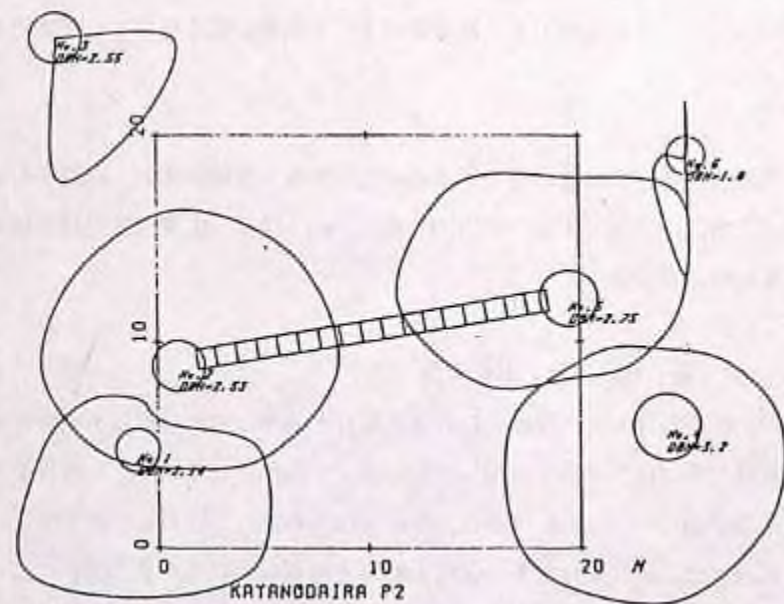


図-4 隔年放牧で疎林区の樹冠投影図

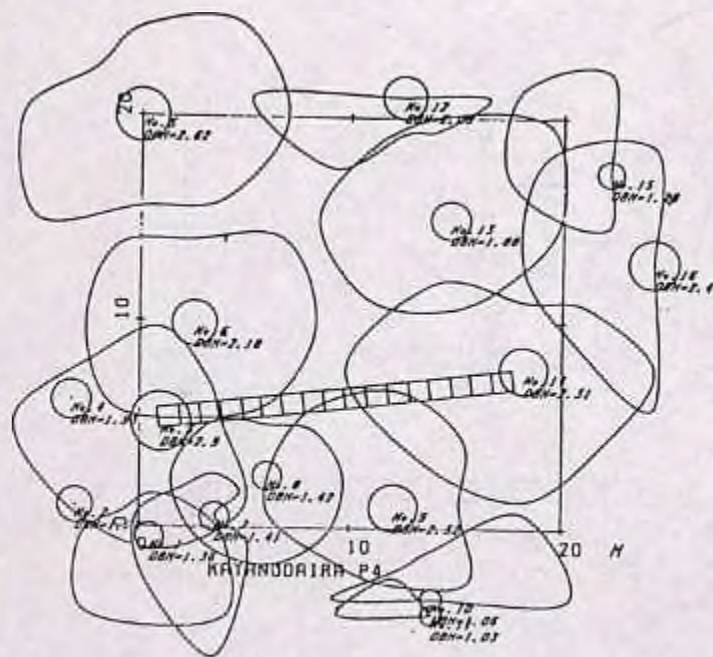


図-5 連年放牧で密林区の樹冠投影図

各小方形枠のブナとササの状態は表-16に示した。

表-16 ブナ稚樹と樹冠密度、地床処理との関係

方形区 番号	連年放牧区 1		隔年放牧区 1		禁牧区 1		連年放牧区 2	
	稚樹数 (本/㎡)	ササ量 指数	稚樹数 (本/㎡)	ササ量 指数	稚樹数 (本/㎡)	ササ量 指数	稚樹数 (本/㎡)	ササ量 指数
1	1	1.8	0	53	0	53	0	1.4
2	12	3.9	0	40	0	40	0	0.4
3	15	3.0	0	40	1	40	0	1.2
4	29	1.8	1	42	0	42	0	2.0
5	63	9.0	0	39	0	39	0	0.0
6	79	3.2	0	54	2	54	9	2.0
7	101	2.3	0	47	0	47	2	5.7
8	107	2.3	0	54	0	54	17	1.6
9	74	5.6	0	42	0	42	11	0.4
10	8	6.5	0	61	0	61	6	0.0
11	29	5.5	0	38	0	38	6	1.0
12	25	4.8	2	44	2	44	6	0.0
13	6	3.6	0	48	0	48	9	0.0
14	0	0.0	0	18	0	18	4	0.1
15	4	0.0	0	46	0	46	5	0.1
16	4	0.0	1	18	1	18	13	1.0
17	8	0.0	0	29	0	29	10	0.0
18	3	0.9	—	—	—	—	12	0.1
19	—	—	—	—	—	—	4	0.0
20	—	—	—	—	—	—	17	2.4

樹冠投影図は上木の疎開の十分な連年放牧区と隔年放牧区をそれぞれ図-3, 4に、連年放牧区で疎開の少ないところを図-5に示した。ブナの天然更新を成功させるためには、タネの確保とブナ稚樹が成長できるように、上木が疎開され、光が十分に透過し、さらに地床処理がなされていることにある。林床のササは、2つの連年放牧区では放牧牛の採食によってほとんど成育していないが、隔年区と禁牧区（図は省略したが樹冠と樹冠の間は十分に空いている）ではササの繁茂が著しかった。（表-16）これらの条件を反映して、ブナ稚樹数は連年放牧区1（図-3）で著しく多かった。しかし、点線の樹冠で示した低木のあるところでは稚樹数が少なくなっていた。樹冠が良く閉鎖している連年放牧区2（図-5）の稚樹数は、1に比

較するとかなり少なくなっていた。これまでに行った林床にササが成育している天然林の同種の調査では、ブナ稚樹がほとんどなかったことから考えると、林床植生の繁茂はブナ稚樹の生存にかなり影響しているといえよう。一方、ササの繁茂の著しい隔年放牧区と禁牧区では当然のことながら稚樹はほとんどなかった。特に隔年放牧区では、昭和52年までは相当数の稚樹が生存していた（放牧担当者談）にもかかわらず、ほとんど消失してしまっている。このことは、ササ繁茂の著しい地帯では、予想以上にササの処理を長く行わなければ、ブナ稚樹が成長できないことを物語っている。今後、さらに、ブナ稚樹とササの関係についての事例調査を進め、より確実な地表処理法について検討していきたい。

〔3〕ブナ稚樹の萌芽力（東北支場・造林第2研究室）

ブナ林地帯の樹種更改地における下刈り除伐後のブナ萌芽再生状況を検討するため、カラマツおよびスギ造林地内で、ブナ萌芽の発生・消長を調査した。

調査地は、青森営林局安代営林署8林班小班で、安比川支流の岩名沢上流に位置する稲庭岳（海拔高1,078 m）の東斜面山麓、海拔高650 m前後の緩斜地である。この付近一帯は牛の放牧地であることから、造林地内にも侵入してきている。

また、対象造林地は、下刈り保育完了後6年を経過し、除伐期に入っている林齢12年生であるが、その林内にはすでに下刈り後に萌芽発生したブナ稚樹がhaあたり6.2万～9.3万本も成立し、その樹勢はきわめて旺盛である。

調査方法としては、前記の両樹種の造林地内に20 m×20 mの大きさのプロットを各1か所ずつ設け、昭和54年9月にそこに成立しているブナ稚樹を萌芽基部から20 cm前後の高さで全伐した。この伐跡地に昭和55年9月、カラマツ造林地内には6か所、スギ造林地内には5か所の調査区（1 m×1 m）を設定して、昭和58年までの4年間についてブナ萌芽の発生・消長の調査を実施した。

調査結果

1年目：各調査区内の切株数は、平均11.1株/㎡、切株高は14～44 cmの範囲で平均22.4 cm、平均切株径2.0 cmである。また、切株からの萌芽の発生本数は平均73.1本/㎡で、切株の高さが高いほど萌芽本数が多くなる傾向がみうけられた。

2年目：生存切株数は平均9.3本/㎡、発生本数は平均41.6本/㎡、平均萌芽長は13.5 cmであった。

3年目：平均萌芽長が24.8 cmであって、切株のD₅₀Hに対する萌芽本数と総萌芽長の関係、および萌芽の前年長に対する当年長の関係は、若干のパラッキがみられるが、いずれも正の相関関係がみられる。

4年目：平均萌芽本数が33.5本/㎡で、平均萌芽長は40.2 cmである。これによると、萌芽

の伸長量はおよそ1年あたり10 cm程度とそれほど大きくないが、樹勢はきわめて旺盛である。また、その消失率は、4年間で切株11.7%、萌芽本数45.8%で造林地の樹林下でのブナ萌芽の消失は比較的早くからおこる傾向がうかがわれる。なお、牛による食害とみられる痕跡も若干認められた。

B. 固定更新試験地の調査

1. 亜高山帯針葉樹林

〔1〕玉滝試験地（木曽分場・造林研）

長野局玉滝署438、445、446の玉滝更新試験地およびその周辺において以下の調査を行った。

1) 大豊作の翌年発生した稚樹の消長

稚樹の発生や消失は種子落下量、地床条件、環境因子などによって影響されるが、ここでは地床条件をとりあげて、植生型を6つのタイプ「A：ダケカンバ B：イチゴ類 C：コケ D：裸地 E：裸地（地表が流出） F：ササ」に分類して、昭和49年の大豊作の翌年発生した稚樹本数と9年生の残存本数を表17に示した。

稚樹の発生と残存は地表処理、植生型によって顕著な差が認められる。試験地全体の㎡あたりの発生本数はシラベ49.5本、トウヒ22.5本、コメツガ17.3本で、出現比率は56%、25%、19%、おおむね種子落下量に比例している。9年生における残存本数は㎡あたりシラベ18.3本、トウヒ3.2本、コメツガ2.4本、残存率は37%、14%、14%である。地表処理別の㎡あたりの発生本数はⅠが112.7本、Ⅱが81.2本、Ⅲが74.1本で、9年生の残存本数は㎡あたり44.8本、16.9本、9.7本、残存率は39.7%、20.8%、13.0%である。植生型でみると発生本数は樹種によって順位のちがいはみられるが、ⅠではD>C>A>B>E、ⅡではC>D>E>F、また、ⅢのFはⅠのBに相当する。9年生の残存本数、残存率は発生本数と類似した傾向を示している。

シラベ、トウヒ、コメツガの3樹種を合せて調査時ごとの残存本数を植生タイプ別に図6に示した。

この結果から消失経過をみると、当年生においてはC、Dは2～5%、A、B、EⅡ、FⅡは8～11%、とくにEⅠは19%、FⅢは24%と極めて高い消失率である。2年生ではA、C、Dは28～39%、B、E、Fは46～55%と半数が消失している。5年生ではA、C、Dも50～65%と半数以上の消失率となり、B、E、Fでは68～90%となっている。このように5年生までは急激な減少をたどるが、6年生くらいから安定的に推移する傾向を示しているものの、FⅢは7年生で消滅、CⅡ、DⅡは9年生に至ってもかなりの消失が続いている。

以上の結果から、ササ生地においては「かきおこし・除草剤・刈払い」などの地表処理をは

表-17 大豊作の翌年発生した稚樹の状況

㎡あたり

タイプ	地表処理	林分密度	地床の植生	相対照度%		S 50.8 発生本数				9年生 S 58.9 残存本数 (残存率%)			
				地床	植生上部	シラベ	トウヒ	コメツガ	計	シラベ	トウヒ	コメツガ	計
A	I	密	ダケカンバ	12.6	26.9	77.8	33.1	13.8	124.7	38.2(49.1)	7.6(23.1)	3.3(23.7)	49.1(39.4)
B	I	疎	イチゴ類	4.9	52.2	40.7	10.7	9.8	61.2	8.9(21.8)	0.6(5.6)	0.6(6.1)	10.1(16.5)
C	I	密	コケ	3.7	—	126.0	32.0	32.0	190.0	64.0(50.8)	10.0(31.3)	12.0(37.5)	86.0(45.3)
C	II	"	"	10.9	—	153.3	56.0	36.0	245.3	58.7(38.3)	6.7(11.9)	4.0(11.1)	69.4(28.3)
D	I	"	裸地	5.9	—	181.3	25.3	20.0	226.6	104.0(57.4)	3.3(13.2)	4.7(23.3)	112.0(49.4)
D	II	"	"	7.0	—	85.3	40.0	58.7	184.0	22.7(26.6)	5.3(13.3)	14.7(25.0)	42.7(23.2)
E	I	"	(地表) 裸地(流出)	7.8	—	29.2	19.3	7.0	55.5	10.1(34.7)	1.9(9.8)	1.4(20.0)	13.4(24.2)
E	II	"	"	14.3	—	35.0	42.7	30.6	108.3	17.3(49.5)	8.7(20.3)	5.0(16.3)	31.0(28.6)
F	III	中	ササ	6.9	24.4	25.8	22.2	26.2	74.2	5.0(19.4)	2.9(12.8)	1.8(7.0)	9.7(13.0)
F	II	疎	"	2.4	52.7	23.1	10.1	2.8	36.0	0 (S55消滅)	0 (S56消滅)	0 (S53消滅)	0 (0)

※ 地表処理 I は除草剤+かきおこし, II は除草剤, III は刈払いである。

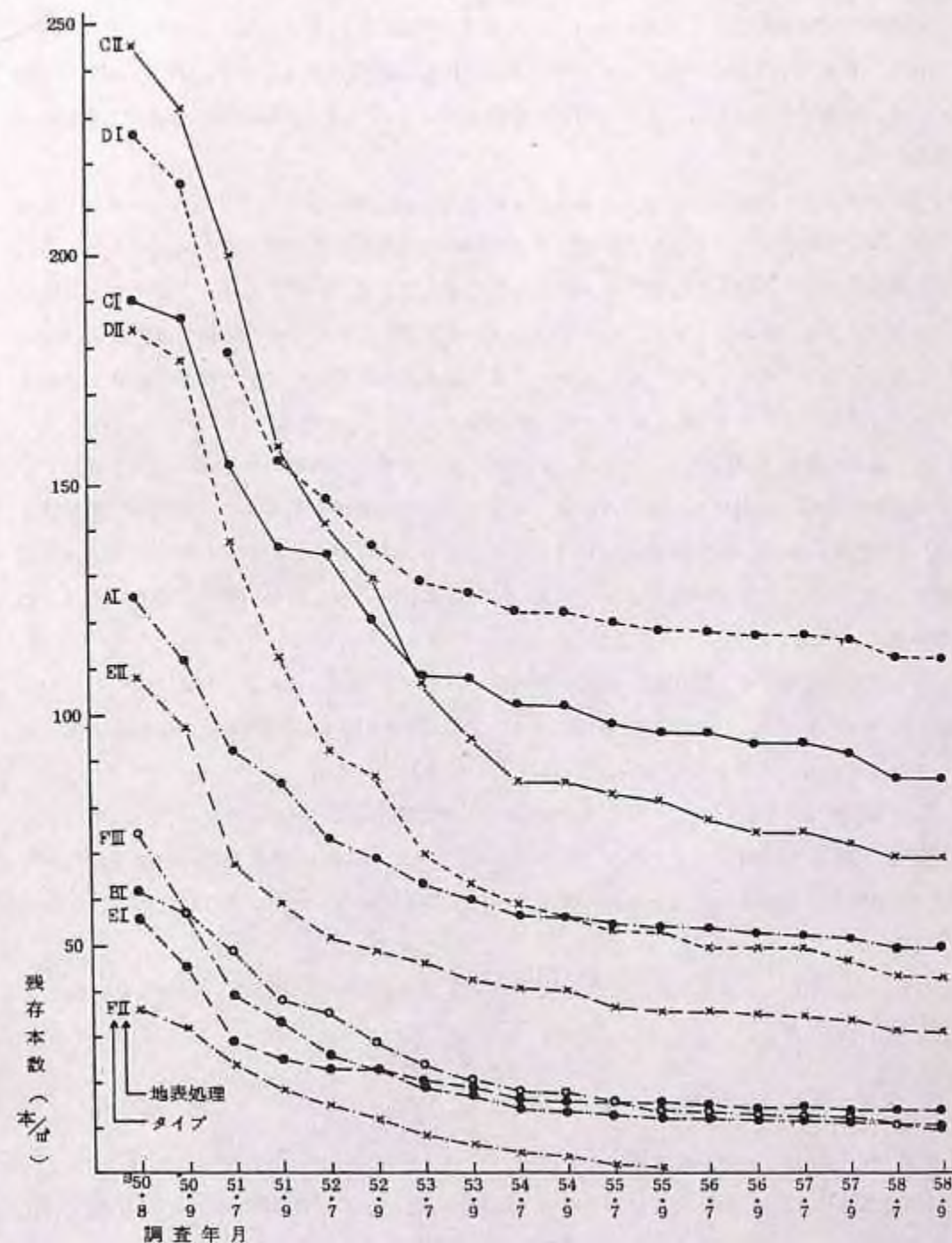


図-6 大豊作の翌年発生した稚樹 (シラベ・トウヒ・コメツガ) の残存経過

どこし、保育を十分に行えば天然更新は期待できるものとする。

2) 植込み苗と天然更新稚樹の生長

試験地内の疎開地に P1 (5×20m), P2 (5×40m), P3 (25×25m), P4 (8×20m), P5 (7×15m) のプロットを設定し、昭和53年秋に P1, P2, P3, 昭和54年秋に P3, 昭和57年春, P4, P5 に付近に生存している山引苗、分場苗畑の養成苗の植込みを実施した。

各プロットとも活着は良好で、これまでの枯損率は山引苗のシラベ 8.9%, トウヒ 7.7% であったが、食害(うさぎ)を受けたコメツガのみは 53.4% と非常に高い枯損率を示している。養成苗では P3 のシラベ 1.7%, トウヒ 3.1%, ヒメマツハダ 3.2%, ヤツガタケトウヒ 1.8% で、P4, P5 のシラベ、ヒメマツハダ、ヤツガタケトウヒには枯損木は生じていない。

しかし、ヤツガタケトウヒ、ヒメマツハダはうさぎの食害を受け、その被害率は P4 で 11.4%, 4.4%, P5 では 48.7%, 22.2% と高かった。

植込み苗の伸長量と試験地内の条件のよい場所に天然更新した稚樹の稚樹高を図-7 に示した。養成苗の伸長量は各樹種とも植込み時期、年度によって生長差が明らかで、昭和57年春植え(P4, P5) は 53, 54 年秋植え(P3) に比べて、かなりの差があらわれている。山引苗のシラベ、トウヒは植込み当初はプロット間に生長差はみられないが、除々にあらわれはじめている。

5 年間の伸長量を P3 で比較すると、養成苗ではシラベ 44cm, ヒメマツハダ 35cm, トウヒ 28cm, ヤツガタケトウヒは 5 年を経過していないが、およそ 15cm と推定できる。山引苗ではシラベ平均 20.5cm, トウヒ平均 18cm で、ほぼ同一な生長といえる。

天然更新稚樹の生長はシラベ 9 年生で 18cm, 平均樹高生長量 2cm, トウヒは 10cm, 平均樹高生長量 1cm, これに対してダケカンバは 9 年生で 254cm, 平均樹高生長量 28cm である。シラベ、トウヒの生長は 20cm を越えると急速に生長を開始すると思われるので、より以上の生長が予測される。

これらの結果から、天然更新完了の目安を稚樹高 30cm とすれば、保育を行いながら 15 年を要するものと思われる。

2. ブナ林

(1) 苗場山試験地(本場; 植生研・土 3 研)

本研究期間中には、57 年に設定後 16 年目の調査を行った。種子結実 は 53 年並作, 56 年豊作, 57 年一部結実であったが、これらに対応して発生した稚樹は、ササの繁茂とすでに大きくなっている 48 年以前の稚樹に庇陰されたため、ほとんど残存するものはなかった。一方、48 年以前に発生

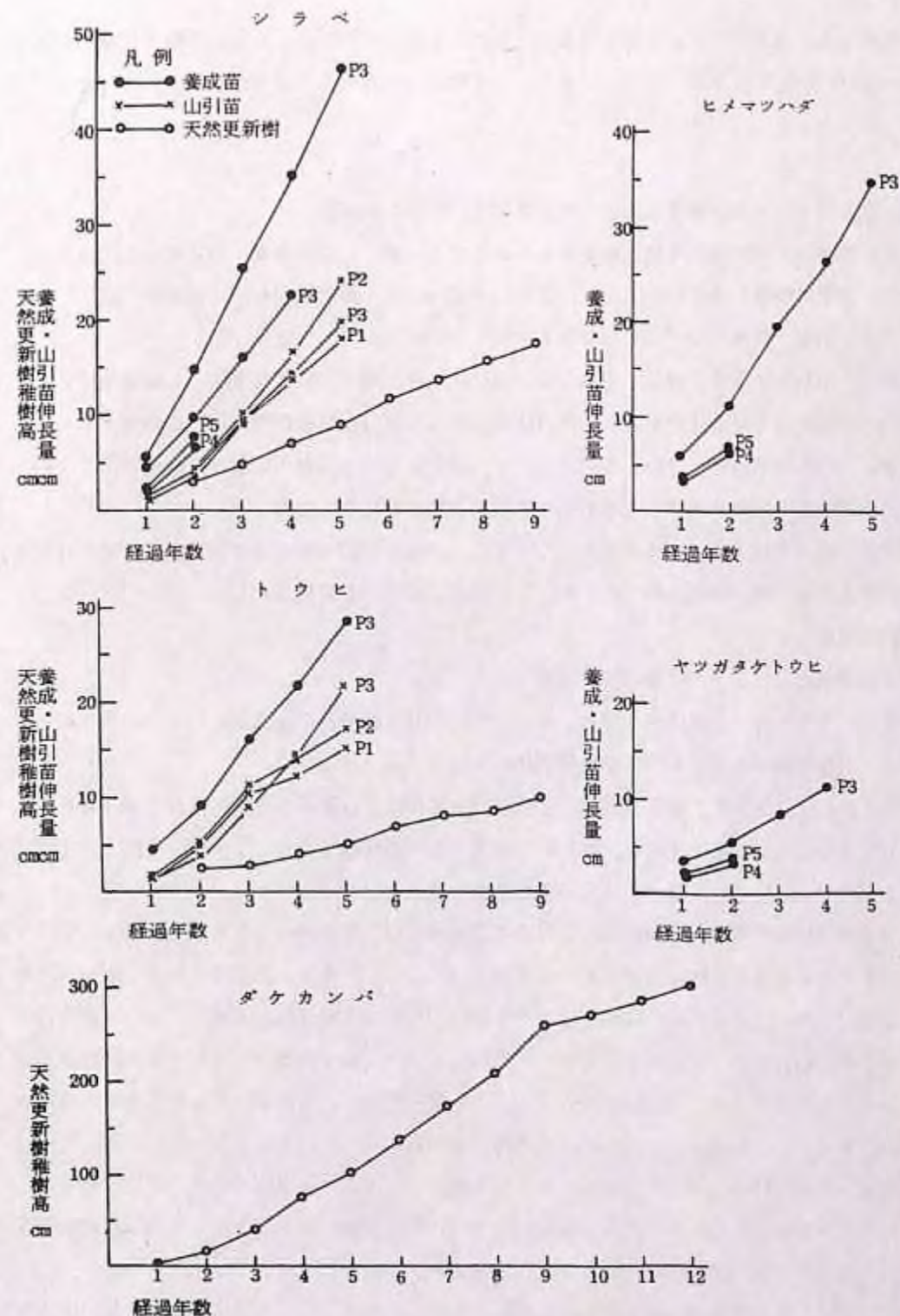


図-7 植込み苗と天然更新稚樹の生長

した稚樹は大きなもので1mを超えており、順調に生育している。しかし、母樹を伐採した区では、一部ササの繁茂が著しくなっており、ブナ稚樹の生長とササとの関係について、さらに調査する必要がある。

〔2〕 生保内ブナ天然林施業指標林（東北支場・経営第1研究室）

この指標林は、ブナ皆伐天然下種更新を対象とする「新しい森林施業」の定着化を図るため、林野庁・林業試験場の指導のもとに秋田営林局が昭和50年8月に設定し、その更新成績について東北支場が調査を担当しているものである。

今期は、昭和55年度終了課題「亜高山帯針葉樹林及び上部ブナ帯の施業法」の継続部分として、同林内に設定されている4作業区（皆伐点状及び皆伐列状母樹保残作業）の固定調査コードラートを対象に、昭和56～58年までの3年間について、成立している各発生年別ブナ稚樹の消失・樹高成長、及び更新を阻害する林床木本植生の再生繁茂量を経年的に把握した。

施業地の概況・施業内容・調査方法については、前報「昭和55年度国有林野事業特別会計技術開発試験成績報告書、林試、昭 56. 12」及び発表文献 1) を参照されたい。

1) 調査結果

(1) 施業後におけるブナ稚樹の成立状態

1977年7月（上木伐採の翌春）から'83年10月（施業後7年経過時）までの各年におけるブナ稚樹の平均成立本数を発生年別にかかざると表-18となる。

これによると、'77年7月時点での成立ブナ稚樹は、施業前の'74年の豊作種子から発生して生き残っている3年生と、'76年の保残母樹の豊作種子から'77年春に発生した当年生とからなっているが、その主体は後者の稚樹である。

3年生稚樹の平均成立本数は、7月時点で㎡あたり0.2本から0.9本と極めて少ない。この3年生稚樹は発生時には㎡あたり4本以上は成立していたものと推定されることから、施業前の林内の庇蔭下において発生するブナ稚樹の初期の消失は極めて著しいものであることがうかがわれる。一方、当年生稚樹の平均成立本数は、発生直後の7月時点で伐採跡地が㎡あたり1.4本から9.1本、保残帯内で3.7本となっており、各作業区間の発生本数に違いがみられる。その原因としては、特に成立本数がきわだって多いI区については、この区だけがトラクタ集材によったことから、地表層の攪乱と、さらには母樹の点状の保残が効を奏したものとみられるし、また、発生本数の少ないIV区は、他の作業区よりも保残母樹本数が少なかったことと、伐採帯幅が広がったこと等があげられる。

つぎに、これ等稚樹の経年的な消失の推移についてみると、'75年に発生した3年生の前生稚樹は、施業後の消失に変動が少なく、安定的に推移している。'77年発生のもは、各

表-18 発生年別ブナ稚樹の平均成立本数の推移

(本/㎡)

発生年	調査 年月 作業区	1977		1978		1979		1980		1981	1982	1983
		7・上	10・中	6・上	9・下	6・上	10・上	6・上	10・中	10・上	10・上	10・上
1975 春 (施業前)	I 区	0.5	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	II 区	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6
	III 区	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	IV 区	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
	保残帯内	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
1977 春 (施業後)	I 区	9.1	8.0	7.3	7.0	6.6	6.7	6.7	6.8	6.2	6.2	5.7
	II 区	3.2	2.9	2.9	2.7	2.8	2.9	2.5	2.7	2.2	2.3	2.2
	III 区	2.5	2.0	1.9	1.8	1.3	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2
	IV 区	1.4	1.1	1.0	0.6	0.7	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.4
	保残帯内	3.7	2.2	1.7	1.7	1.3	1.5	1.4	1.4	1.4	1.0	1.1
1982 春 (施業後)	I 区										2.9	2.2
	II 区										2.0	1.1
	III 区										0.7	1.0
	IV 区										0.7	1.0
	保残帯内										5.1	3.6
全 体	I 区	9.6	8.4	7.7	7.3	6.9	7.0	7.0	7.1	6.5	9.4	8.2
	II 区	4.1	3.8	3.7	3.5	3.5	3.6	3.2	3.4	2.8	4.9	3.9
	III 区	2.7	2.2	2.0	1.9	1.4	1.5	1.5	1.5	1.4	2.1	2.3
	IV 区	1.7	1.4	1.2	0.8	0.9	0.8	0.7	0.9	0.7	1.4	1.5
	保残帯内	4.0	2.5	2.0	2.0	1.5	1.8	1.7	1.7	1.7	6.4	5.0

註：各発生年の前年はブナ種子の豊作年であった。

作業区とも2年目までは急激に減少するが、3年目あたりからは消失の変動が少なくなつて安定的に推移する傾向がみられる。この結果、7年経過時での残存率は、保護帯内の30%に対して作業区は29～68%の範囲にあり、しかも発生時の本数の多い作業区ほど残存率が高い傾向がある。各区の残存率の違いの原因についてはよく判らないが、ただ、この傾向からみると初期の発生環境がその後の更新成績に影響をもつことだけは明らかなようである。また、'82年に新たに発生した稚樹については、発生時の本数を調べていないため、発生当年

表-19 発生年別ブナ稚樹の平均樹高・林床植生繁茂量の推移

作業区	調査年月 経過年	1977. 10		1978. 9		1979. 10		1980. 10		1981. 10		1982. 10		1983. 10	
		1		2		3		4		5		6		7	
		3	1	4	2	5	3	6	4	7	5	8	6	9	7
I	平均高 (cm)	11.4	9.4	15.2	15.5	20.2	22.2	24.2	28.5	30.6	34.8	34.0	42.1	8.1	27.6
	㎡あたり 植生繁茂量(m/本)	4.3/26		10.8/38		17.0/41		22.1/43		25.0/43		29.1/46		30.3/42	
II	平均高 (cm)	14.9	9.4	21.1	16.4	29.8	24.5	28.7	31.6	37.9	47.7	48.1	58.1	7.9	57.5
	㎡あたり 植生繁茂量(m/本)	3.5/15		9.0/23		11.7/21		17.8/28		19.9/27		21.3/27		24.2/26	
III	平均高 (cm)	11.0	9.5	18.5	13.6	23.0	18.1	21.3	27.5	40.0	29.2	60.0	39.9	10.0	75.0
	㎡あたり 植生繁茂量(m/本)	4.9/23		9.3/28		11.2/26		16.3/32		19.8/29		21.3/29		29.4/34	
IV	平均高 (cm)	13.4	9.9	22.5	15.2	23.5	21.5	32.4	33.7	62.5	37.5	75.0	61.3	8.4	80.0
	㎡あたり 植生繁茂量(m/本)	5.8/25		11.9/33		18.0/33		28.6/41		31.9/37		35.4/38		42.7/40	
保残帯内	平均高 (cm)	13.0	9.1	16.7	12.3	18.4	13.0	20.8	16.7	27.5	17.9	31.0	21.1	9.7	37.0
	㎡あたり 植生繁茂量(m/本)	13.2/21		13.5/20		13.9/20		14.8/21		13.4/19		15.8/24		18.6/25	

の消失率は算出できないが、残存本数では、'77年発生のもとの同一経過年で比較した場合には、これよりもかなり少ない。

なお、表中、後年の成立本数が前年より増加しているのは、野鼠による地際部からの啃切り被害木等が後年において萌芽再生しているためである。

(2) ブナ稚樹の樹高成長の推移

各発生年別ブナ稚樹の平均樹高の推移と、その時の林床木本植生の繁茂量（総樹高量）をかかざると表-19となる。

これによると、'75年発生の前生稚樹は、施業後2年目位までは各区とも当然ながら後生稚樹より樹高が大きい、3年目あたりからは特にI・II区では伸長量が緩慢となって、4年目以降はその樹高値が逆転したまま推移している。この原因についてはよく判らない。一方、'77年発生の子ナ稚樹は、上木伐採前に刈払いを施行したI～IV区では、1年生時ではほとんど差はみられないが、その後、年数経過とともに差を生ずるようになって、7年生時には平均樹高の範囲が46～71cmまでにわたっている。この樹高差は今のところ林床植生繁茂量の多寡とは無関係のようなので、各作業区の立地条件の違いによるものと解される。保残帯内のブナ稚樹の平均樹高は、1年生時には作業区のもとのそれほど大きい差はないが、ブナ上層木や放置された林床植生の庇蔭下で生育しているため、その後の伸長量は当然ながら小さく7年生時で24cm弱にとどまっている。しかも稚樹は外観的にも弱々しく活力のないものが多い。

また、施業後6年目の'82年に発生したブナ稚樹は、発生時の林床植生の総樹高がすでに㎡あたり21～35mの繁茂量に達していたこともあって、その樹高値は、'77年の初回発生のもとの比較すると同一経過年でかなり下廻っている。

(3) 林床木本植生の再生繁茂量の経年変化

更新面林床の刈払い後2年目から8年目までの各作業区、及び放置の保残帯内における木本植生の経年的な再生繁茂量の推移と、その樹種別内訳をかかざると表-3となり、さらに、それを作業区全体平均でみると図-8のようになる。

各作業区の刈払い後8年目における林床植生の総樹高量は、24～42mの範囲にある。これを2年目の総樹高量を基準にして経年的な増加量と、その増加率についてみると、各作業区とも総樹高量が年々4～6m位づつ増加している。それを6年間の増加率でみると、I区が705%、II区が691%、III区が559%、IV区が736%となって、III区を除いては各区ともほぼ同率で増加している。一方、保残帯内では上木が影響しているため、ほとんど横ばいで推移している。

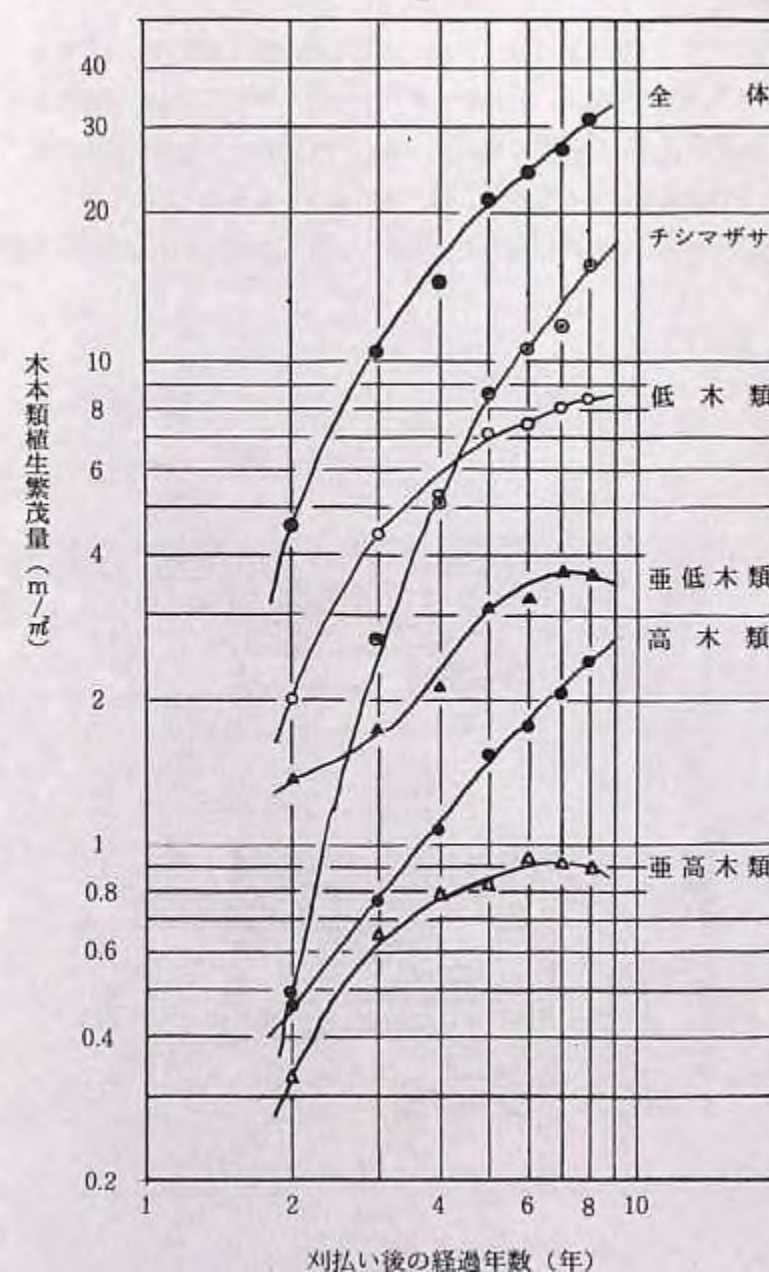
つぎに、繁茂量に占める樹種別の割合をみると、各区ともその85～95%が低木類・亜低木

表一20 林床植生（木本類）再生繁茂量の樹類別内訳 (㎡あたり)

作業区	経過年数	総樹高量 (m)	総樹高量の樹類別割合(%)					計
			高木類	亜高木類	低木類	亜低木類	ササ	
I	2	4.3	18.6	7.6	36.5	25.5	11.8	100
	3	10.8	13.2	6.7	35.5	17.5	27.1	100
	4	17.0	12.0	4.9	30.9	16.1	36.1	100
	5	22.1	11.8	3.7	31.5	16.8	36.2	100
	6	25.0	12.2	3.5	31.6	14.6	38.1	100
	7	39.1	13.5	3.0	30.2	15.4	37.9	100
	8	30.3	12.9	3.2	27.6	12.9	43.4	100
II	2	3.5	16.6	1.0	53.4	9.3	19.7	100
	3	9.0	12.3	0.9	49.0	6.2	31.6	100
	4	11.7	13.0	1.2	47.0	5.5	33.3	100
	5	17.8	11.1	1.2	40.5	5.7	41.5	100
	6	19.9	11.2	1.5	36.7	5.9	44.7	100
	7	21.3	12.5	2.0	32.4	9.2	43.9	100
	8	24.2	12.0	1.9	32.0	3.8	50.3	100
III	2	4.9	5.1	8.0	41.0	42.9	3.0	100
	3	9.3	3.1	10.7	53.4	24.2	8.6	100
	4	11.2	4.2	10.1	47.7	23.1	14.9	100
	5	16.3	4.8	7.3	43.4	23.3	21.2	100
	6	19.8	4.7	8.2	41.0	18.6	27.5	100
	7	21.3	4.6	8.4	39.9	19.4	27.7	100
	8	27.4	6.7	4.2	33.0	18.2	37.9	100
IV	2	5.8	3.5	9.5	44.4	32.1	10.5	100
	3	11.9	1.8	6.5	37.8	20.4	33.5	100
	4	18.0	1.7	6.0	27.9	14.2	50.2	100
	5	28.6	2.4	3.8	24.3	14.1	55.4	100
	6	31.9	2.3	3.1	22.1	14.4	58.1	100
	7	35.4	2.2	1.7	22.4	12.9	60.8	100
	8	42.7	2.3	2.4	20.0	11.1	64.2	100
保残帯内	2	13.2	2.6	0.8	33.6	21.9	41.1	100
	3	13.5	2.3	0.7	33.0	24.3	39.7	100
	4	13.9	2.5	1.0	31.7	23.7	41.1	100
	5	14.8	2.5	0.8	39.0	23.5	34.2	100
	6	13.4	3.3	0.8	35.4	27.2	33.3	100
	7	15.8	5.9	2.9	34.5	24.1	32.6	100
	8	18.6	4.3	2.1	31.6	22.5	39.5	100

注：1975年9～10月 伐前刈払い

類・ササ等の不良樹種群によって占められている。特にチシマザサは刈払い後3年目あたりから急激に増加率が大きくなり、他の樹類に較べて再生力の高いことを示している。なお、刈払い後8年経過時での出現樹種数は、高木類7種（ブナ・ミズナラ・ホオノキ・シナノキ・イタヤカエデ・キハダ・ウダイカンバ）、亜高木類9種（ウワミズザクラ・ゴンゼツ・ウ



図一8 植生繁茂量の樹類別増加傾向（作業区平均）

リハダカエデ・ハウチワカエデ・ミネカエデ・ミズキ・ナナカマド・アオダモ・マンサク）、低木類10種（リュウブ・タムシバ・オオバクロモジ・ノリウツギ・オオカメノキ・ツノハシバミ・コマユミ・タラノキ・ニワトコ・エゾアジサイ）、亜低木類6種（ハイイヌガヤ・ハイイヌツゲ・ヒメモチ・ヒメアオキ・ツルシキミ・エゾユズリハ）、ササ類1種（チシマザサ）の計33種類となっている。

さらに、以上の繁茂状態をもう少し詳しくみるため、各作業区内に設定されている各調査コードラートの繁茂量を、便宜上、刈払いの際の一つの基準とみなされる総樹高量の階層区分（㎡あたり15m以下、15.1～30.0m以下、30.1m以上の3階層）によって、その出現割合の経年変化を作業区全体でみてみると図-9のようになる。

これによると、刈払い後2年経過時では再生の仕方もそれほど旺盛でなく、すべて15m以

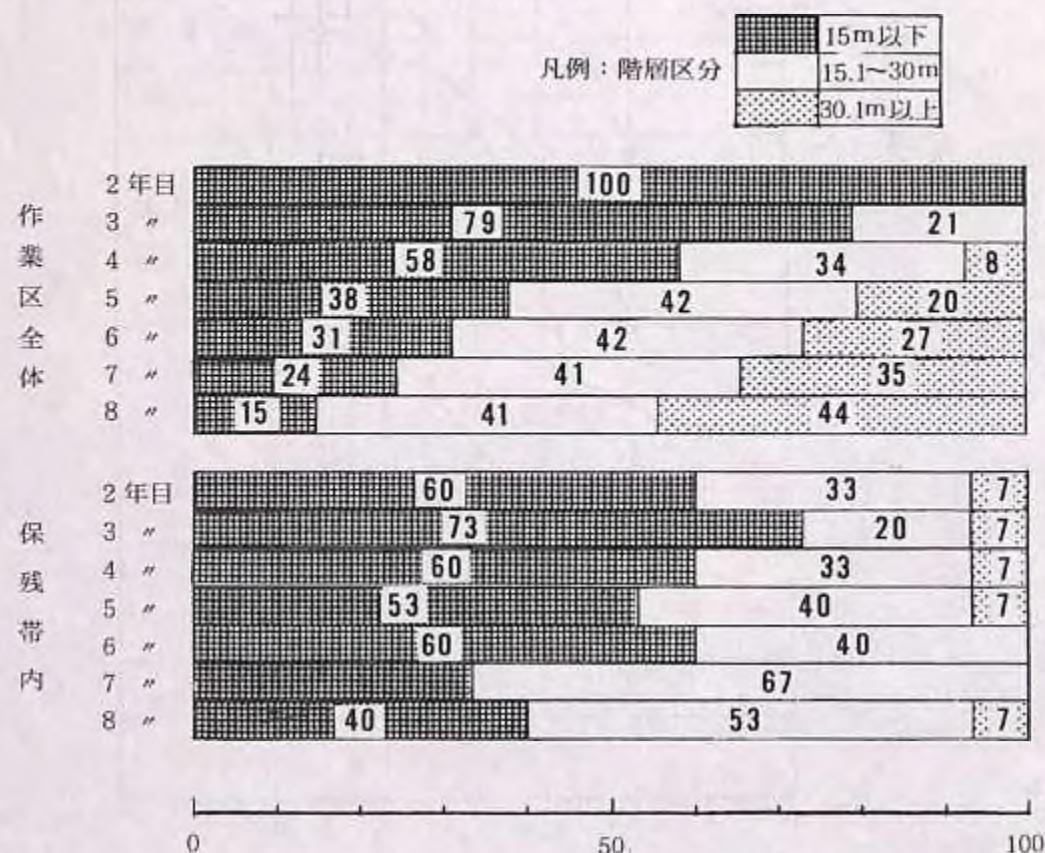


図-9 植生繁茂量の総樹高量階層別占有率の経年変化

下の階層にとどまっている。それが、3年経過時からは年々急激に上位階層への移行が増加しはじめ、5年経過時では、15m以下の階層が38%、15.1～30.0m階層が42%、30m以上階層が20%を占め、さらに8年経過時では、15%・41%・44%を占めるまでに至っている。一方、刈払いを施行しない保残帯内では、上木の庇蔭により、繁茂量はほとんど変化しない状態で推移している。

2) 試験のまとめ

ササ型植相に属する老齢ブナ林分を対象に、天然下種更新法として皆伐施業形態での点状及び列状母樹保残作業を採用し、その施業後7年経過時までの更新成績を経年的に把握した。

それによると、現存するブナ後継稚樹は、施業前・後の3回にわたる豊作種子から発生したものであるが、その主体は施業当年の豊作種子から発生したものによって占められている。その成立本数は、施業後7年経過時において、樹齢9年のものが㎡あたり平均0.1～0.6本、7年のものが0.4～5.7本、2年のものが1.1～2.2本の合計1.5～8.2本である。また、これらブナ稚樹の樹高は、施業後7年経過時には10～106cmまでの広範囲にわたっているが、平均樹高でみると9年生が20～80cm、7年生が46～71cm、2年生が10～12cmとなっている。

この成績をブナ天然下種更新での更新完了の目安とされている30cm以上の稚樹、haあたり1万本という値を基準にしてみると、この施業地では施業後に2回の種子豊作にも恵まれたこともあって、伐採後5年目でその基準に達している。なお、ここでの成績を、さきに同一方法・同一期間にわたって試験を行った落葉低木型植相ブナ林（黒沢尻ブナ林総合試験地）のものと比較してみると、本施業地が若干上廻っている。

一方、林床植生の刈払い後の再生状態は、ササ型植相のうちでも古いチシマザサの密生地では、刈払い後2～3年目位まではササの再生力が比較的緩慢で、これに替って低木類が早期に再生（主として萌芽）するため、外観上は一時的に落葉低木型の様相を呈する。このため、初期の再生量（総樹高量）は落葉低木型の1/4程度にとどまるが、それも3年目あたりから次第にチシマザサの増加が顕著となってササ型植相に移行し、再生量も落葉低木型とほぼ同程度となる。

ブナの天然更新上からみた林床植生の処置については、すでに刈払いの有効性が立証されているが、今のところブナ稚樹の成長に影響を与える繁茂量の限界については明確でないため、刈払いの時期・回数等についてはなお検討を要する問題として残される。

発表文献

- 1) 金 豊太郎・柳谷新一：ブナ皆伐母樹保残作業の更新初期の成績—ササ型植相ブナ林の例—、日林東北支誌、33、（1981.12）

2) 金 豊太郎・柳谷新一：ブナ林の伐採跡地における林床植生繁茂量の経年変化—ササ型植相について—, 日林東北支誌, 33, (1981. 12)

C. 施業指標林指導を中心とした成果の普及活動その他について

林野、局および林試合同で設定された施業指標林は、亜高山帯針葉樹林では、長野局臼田署および名古屋局久々野署管内の2カ所、ブナ林では前橋局六日町署および秋田局生保内署管内の2カ所であるが、これらの指標林の現地指導を通じての感想をまず述べてみたい。

ついで、それらの局管内の指標林以外の関連のある現場、および4局以外の局で、同様な問題をかかえている現場の調査や視察を通じて気のついたいくつかの問題についても卒直に指摘しておきたい。

1. 指標林関係

4局とも非常によくやられているし、そこでの成果は、現場への普及に充分値するものであることを、まず評価しておきたい。そのなかで敢て問題点を指摘するとすれば、名古屋の指標林についてである。ここでは、コケ型での更新はメドがついたとして、ササ型の林に設定されたが、帯状の伐採帯巾がかなり広いのと、ササの処理が必ずしも充分ではないことが問題となる。

(現在はやられているかもしれないが)。

亜高山帯林でもササ型の場合は、前生稚樹が充分でなく、更新方法は基本的にはブナの場合と同様である。したがって種子の飛散範囲を考えた伐採帯巾の設定と、ササの処理の併用をさらに徹底する必要がある。またコケ型についても、久々野署管内胡桃島の良好な更新状態をみて、コケ型ではかなり大面積に皆伐しても大丈夫ではないかという雰囲気があったように思う。しかしながら、私たちが、1960年代の初頭に、その付近をかなり詳細に調査した結果では、更新良好地はかつて抜き伐りされたところで、まったくの天然林を伐採したところではないことが明らかになっている。なかには、林冠が自然に疎開されて、林内に耐性をもった前生稚樹の多くある場合もあるが、多くの場合は耐性のない前生稚樹で、大面積に皆伐すれば、ほとんどが枯損してしまうものであることをもう一度想起してほしいと思う。

2. 4局の指標林以外のとくにブナの天然更新施業現場での問題

○天然更新の基本方針はかなり徹底して現場におろされていることを評価したい。しかしながらなかには機械的に70%伐採→30%母樹保残がうけとられている傾向もみられる。すでに過去に伐採がはいついて材積のかなり落ちているような林分で、このような70%伐採が機械的に行われれば、充分な母樹を保残しえなくなることはきわめて明瞭である。母樹保残の基本は、伐採率

ではなく、種子の飛散範囲を考えて、母樹を単位面積あたり何本保残するかということであることを再確認してほしい。

○ブナの天然更新の成否は、母樹保残と地床処理の併用がどのように行われるかにかかっている。

母樹保残については、上記のような問題もあるが、現場はかなり定着化してきている。しかしながら、地床処理については、思うようには実行されていない。国有林の実情もよく理解することができ、何とか解決できないものかと切実に感ずる。

3. 4局以外の局の現場での問題

○多雪地の更新問題をかかえ、当然ブナの天然更新を考えざるをえないにもかかわらず、とりくみが4局に比べてやや遅れており、かなりの対象地があるにもかかわらず、ブナの天然更新が局の方針として十分にとりあげられていない。皆伐→新植も、無理をしてかなり高海拔地まで行われているために、不成績造林地の拡大という結果になりかねないので、現場に対しさらにキメの細かい指導を望みたい。

○4局の現場でも共通していえることであるが、肥りざかりの立派なブナの二次林が、みすみす伐採されて人工林化されたり、天然林施業が行われたりしている例がまだかなりみられる。そうせざるをえない実情もわかるが、二次林の保育を優先してほしい。

崩壊斜面の落石防止

崩壊斜面の落石防止

I 試験担当者

林業試験場北海道支場

治山研究室	真島 征夫,	北原 曜,	清水 晃
防災研究室	増田 久夫,	坂本 知己,	斉藤 武史
経営研究室	真辺 昭,	篠原 久夫,	小木 和彦

林業試験場防災部

治山第一研究室	阿部 和時
---------	-------

林業試験場関西支場

支 場 長	遠藤 泰造
-------	-------

II 試験目的

北海道内における落石危険地は、段丘斜面の発達した海岸線地帯と風化節理の進んだ内陸中央部に多く、これらの地域では人家、交通機関等に各種の被害を蒙っている。またこれらの危険地は、国有林、道有林となっている場合が多く、落石防止林や土砂崩壊防備林等の保安林に指定されているケースも多い。

なお北海道内で落石防止保安林として指定されている面積は、昭和56年度現在で国有林179 ha、道有林 46 ha の合計 225 ha となっており、こうした保安林制度の活用とその配備は、防止対策の中でも優れた方法といえる。そして、落石危険地を所有する国有林および民有林治山事業にとって、人命・財産の保護、交通の安全確保上、合理的な落石防止対策の確立は重要課題の1つとなっている。しかし林業サイドでのこうした保安林の活用を含む落石対策の研究は進んでいない現状といえる。したがって本研究では落石危険斜面の諸条件を明らかにし、落石の発生、運動機構および落石防止保安林としての樹林の機能を解明し、その補完対策も考慮して落石防止保安林の配備・活用、施業方法を含めた落石防止対策の指針を得ようとするものである。

III 試験の経過と得られた成果

次の順序に従って得られた成果を報告する。

1. 落石危険地の実態

- (1) 落石危険地の分布と現況
- (2) 落石の発生機構
- (3) 落石危険斜面における林況
2. 落石の運動機構と植生の落石防止・軽減効果
 - (1) 落石の運動形態と運動分類
 - (2) 落石の衝撃実験
 - (3) 現地落石実験
 - (4) 林木の落石防止・軽減効果
3. 落石防止対策のための森林施業
 - (1) 林木の落石防止機能
 - (2) 落石防止林の造成と維持
4. 落石防止のための工種工法
 - (1) 落石防止対策の考え方
 - (2) 工種とその選定
5. むすび
6. 参考文献

1. 落石危険地の実態

北海道内における自然斜面の落石危険地は、渡島、桧山、後志、日高の海岸線の国有林、道有林などに多い。そして、危険地の自然条件については、過去に発生した被害の調査報告書や、落石防止工を行った場所からの情報などを通じ、断片的に知れる程度で、全道的な実態については十分に資料整備が行われていなかったのが実情であったように思える。そこで、本試験を実行するにあたり、北海道内の落石発生危険地の分布や落石危険斜面の実態を総括的に把握することを目標として、国有林、道有林を対象にアンケートによる調査を行った。

アンケート調査は、表-1に示す内容のものを道内の国有林、道有林関係の官署で治山係のある86署に依頼した。回答は国有林関係で北海道局9営林署、函館支局10営林署、旭川支局9営林署、帯広支局6営林署、北見支局6営林署、道有林関係林務署5、支庁関係6の合計52の官署からうけた。

表-1 調査票記入要領

所轄署名

- (1) 落石対象林班

所轄地内で落石危険地（斜面）を含む林班がありましたら、それについて記入下さい。

(2) 保安林指定

現在保安林等に指定してあれば、それについて記入下さい。

保全対象については、人家、公共施設、道路（国道〇〇号線、道々〇〇号線）、鉄道（〇〇線）、その他（具体的に）別等に記入下さい。

(3) 対策法

落石被害に備えて措置しておられる方法を具体的に記入下さい。例えばコンクリート擁壁工、鋼製防護壁工、鋼製ネット工、モルタル吹付工、植栽工等具体的に。わかりましたらその規模、金額等も記入していただければなお結構です。

(4) 地 況

地形は段丘斜面、道路法切面、崩壊跡地、風化節理斜面、その他。

傾斜は急（45°以上）、中（30°～45°）、緩（30°未満）で記入して下さい。

(5) 気 象

気象については皆様のところで観測された資料があればそれを記入して下さい。ないときは最寄りの気象台関係の測候所名等だけでもわかりましたら記入して下さい。

(6) 落石の発生しやすい場所

その斜面の地形や湧水等水関係、植生等と関連して発生しやすい特徴と考えられるものがあれば記入して下さい。

(7) 落石の発生および被害の履歴

- ・発生原因については、豪雨、融雪水、なだれ、湧水、凍結融解、地震、その他（具体的に）等から記入して下さい。
- ・被害内容については、例えば、死者〇〇人、負傷者〇〇人、家屋〇〇棟倒損壊、鉄道、道路〇〇回不通等記入して下さい。
- ・発生場所は地名を記入して下さい。
- ・発生地の方位 8方位（N, NE, E, SE, S, SW, W, NW）で記入。
- ・発生地の地被 落石発生地の地被状況を裸地、露岩地、草生地、林地、その他（具体的に）別に記入して下さい。
- ・発生地地形 縦断面形：凹、凸、平滑、複合。横断面形：凹、凸、平滑。

斜面高、斜面長、落石発生高、落石移動距離、斜面傾斜角については別紙の図のような定義に従って記入して下さい。

- ・落 石 落下した石についてその形状を玉石（球形、だ円体等丸味のある石）、風化岩（立方体、直方体等角張った石）、その他等に分類し、大きさ（タテ×ヨコ×ハバ）

落下概数を記入する。

・斜面植生状況 樹木の有無、林床植生の有無、主な植生名と被度（疎、中、密）を記入。

落石危険地（斜面）実態調査票

所轄署名	署（支庁）	市町村
1 所轄地内での落石危険地の有無	有 ・ 無	
2 落石対象林班	林班数	班
合計面積		ha
(1) 林班名		
(2) 同面積		
(3) 地 被		
(4) 主な樹種		
(5) 林 齢		
(6) 材 積		
(7) 平均樹高		
(8) 平均胸高直径		
(9) 立木密度		
(10) 保育管理		
3 保安林指定の有無	有 ・ 無	
(1) 指定保安林名		
(2) 指定年月日		
(3) 保全対象		
(4) 対策法		
4 地 況		
(1) 地 質		
(2) 地 形		
5 気 象		
(1) 年降雨量		
(2) 年平均気温		
(3) 積雪深		
6 各林班や林班内で特に落石の発生しやすい所があるか	有 ・ 無	
7 落石発生および被害の履歴		
(1) 発生時期		

(2) 発生原因
(3) 被害内容
(4) 発生場所
(5) 発生方位
(6) 発生地の地被
(7) 発生地の地形
・ 縦断面形
・ 横断面形
・ 斜面高
・ 斜面長
・ 落石発生高
・ 落石移動距離
・ 斜面傾斜角
(8) 落石の形状
・ 形 状
・ 大きさ
・ 落下概数
(9) 斜面の状況
・ 樹木の有無
・ 林床植生の有無
・ 主な植生名
・ 植被度
・ 斜面下部の樹木の有無
・ 樹木の落石に対する効果の有無
・ 斜面土壌の有無と深さ

8 その他（何かお気づきの点ありましたら何んでも結構です御記入下さい。）

◎お願い

・落石に対して林木はまずその発生源の岩石を根系等で緊縛する効果をもつと考えられる。
また、落下岩石に対しても樹幹、枝条等との衝突でエネルギーを減殺する効果を発揮すると考えられる。このような効果例を貴管内等で実際に目撃、経験されておられるなら、その場

・この調査票の記入の外、参考図面（管内図、事業図、基本図、その他）一緒にお送りいただければ幸いです。

(1) 落石危険地の分布と現況

アンケート調査の結果、管内に落石危険箇所があると回答があったのは29署で、危険箇所数は林班数にして92個林班であった。したがって、それぞれの林班内の個々の危険箇所を数えあ

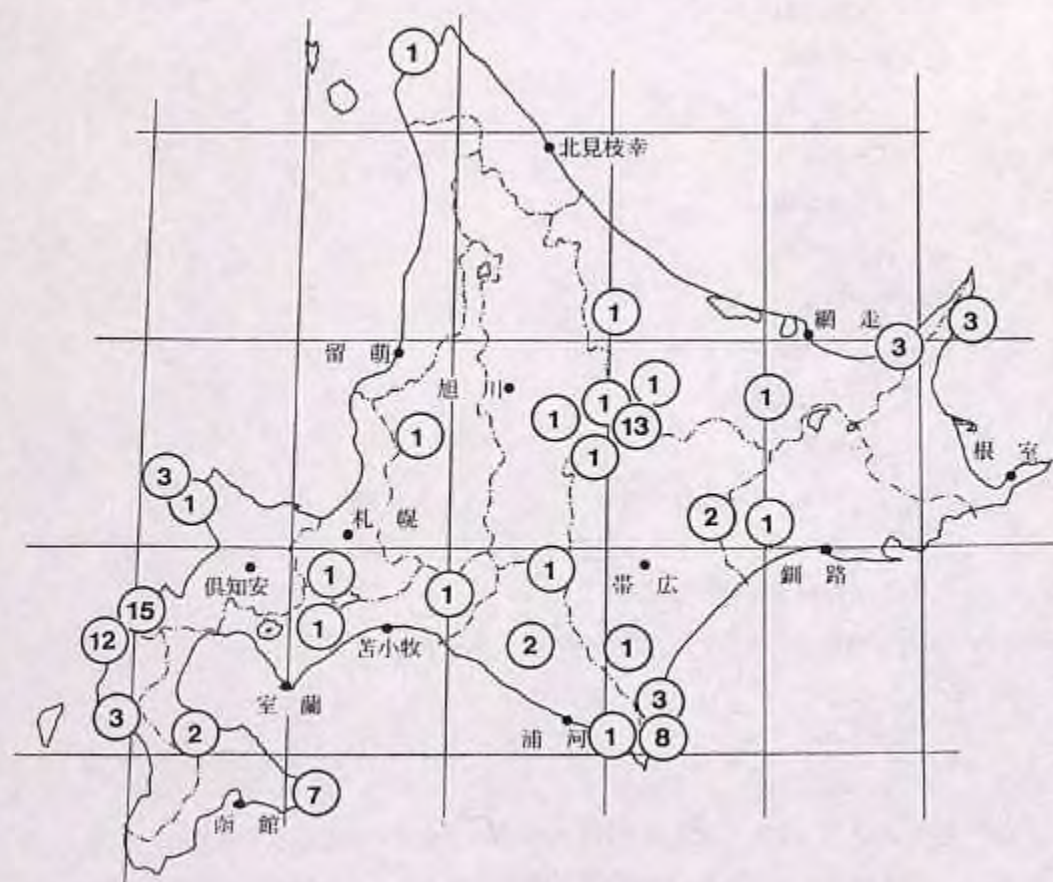


図-1 落石危険地の分布

道内全域の落石危険地の分布は図-1に示した。図中、白抜きの丸印は落石危険箇所のおよそその位置で、丸の中の数字は危険箇所数(林班数)を示す。これによると、危険箇所の集中しているのは、海岸地帯では積丹半島から渡島半島にいたる日本海沿岸で、黒松内営林署管内の15箇所、東瀬棚営林署管内の12箇所などが際立っており、道南、函館林務署管内の檜法華村、浦河林務署管内の黄金道路沿線の各8箇所がこれについている。一方、内陸地帯では、大雪・上川両営林署管内の層雲峡を含む大雪山周辺に集中しているのがみとめられる。

そして、これらの落石危険地に共通的にみられる地況・林況をはじめとする自然条件の特徴は図-2に示すとおりである。



図-2 落石危険地帯の現況

図-2の表示方法は、各項目ごとにアンケート調査の全回答数を報告された内容にしたがって分類し、それぞれの内容を全数に対する比で表わした。スクリーンで覆った内容は、その項目中でもっとも頻度の高いことを示しているが、これは危険地の判定などを行う際に、一応の基準として利用されるものとする。

次に、回答内容から落石危険地の特徴を述べる。

1) 地質：落石危険地帯の地質は、第三紀層が圧倒的に多く、全体の72%で回答数92のうち66個所を占めている。とくに、函館支局（後志支庁を含む）管内では、すべてがこれに含まれている。次いで第四紀の溶結凝灰岩が多く25%で、これは大雪山周辺部からの回答中に多かった。また、これらの他には、日高地方における古生層の報告（3%）や、安山岩、花崗

岩なども報告されている。

2) 地形：海岸地方（後志，日高，網走）では，段丘斜面が58%，内陸部（日高，大雪山周辺）では，風化柱状節理の発達した斜面が35%を占め，北海道の落石危険地は，この2種類の地質，地形に代表されるといえる。

また，全道的には人工斜面の法切面も約7%と，かなりの例数を示し，林道開設時の施工技術上，道路管理上の問題点として，今後改善法について配慮される必要があろうと考える。危険地帯の斜面の角度は45°以上の急斜面がもっとも多い。

3) 地被：地被状態は露岩地を含め，裸地が全体の半分近くの43%を占めており，林地は少なく，僅か2%である。

4) 保安林指定関係等

落石危険地帯で保安林指定をうけている個所は92例中83個所（90%）で，保安林名は土砂崩壊防備保安林，水源涵養保安林，土砂流出防備保安林，落石防止保安林，潮害防備保安林等と多彩である。

5) 保全対象と対策法

落石被害を回避する必要がある，いわゆる保全対象の半数は道路で，人家，公共施設等の建造物に比して多く，全体の46%を占め，道路開設，車社会発達の影響を反映していることがうかがえる。落石防止工は多くの工法が採用されており，斜面における転石の発生を抑止し，また，仮に転石が発生しても被害を外に及ぼさないようにするため，斜面のかなり広い範囲を鋼製の網で覆い，落石発生を未然に防ぐ目的のネット被覆工を筆頭に，斜面で発生した転石，落石を斜面の途中あるいは下部に設けた鋼製防護壁（例えばラムダ工），コンクリート擁壁，土塁などの工作物で運動を阻止する方法や，裸地斜面などでは植生の吹付けによる表層被覆なども行われている。

(2) 落石の発生機構

落石は自然あるいは人工斜面上に静止していた石が，降雨，湧水，凍土，表土，積雪の匍行，地震等が誘因となって落下する現象である。落石現象を把握するには，落石の地質的特性，落石の形状や浮石，転石区分等の落石の形態，落石の時期・被害と頻度等落石災害の特徴，それに落石の発生原因を含めた落石発生機構を解明する必要がある。そのため，今回実施したアンケート調査のなかでは，これまでに北海道内で発生した落石の実例をもとに，発生時期，原因，地況，林況などの多くの項目について回答を依頼したので，この結果を分析し，実例を通じて北海道内における落石発生機構に関する諸条件の共通性を探ると同時に，落石発生源としての斜面上における石の分布，大きさ等についての現地調査を行った。

1) 落石被害の履歴

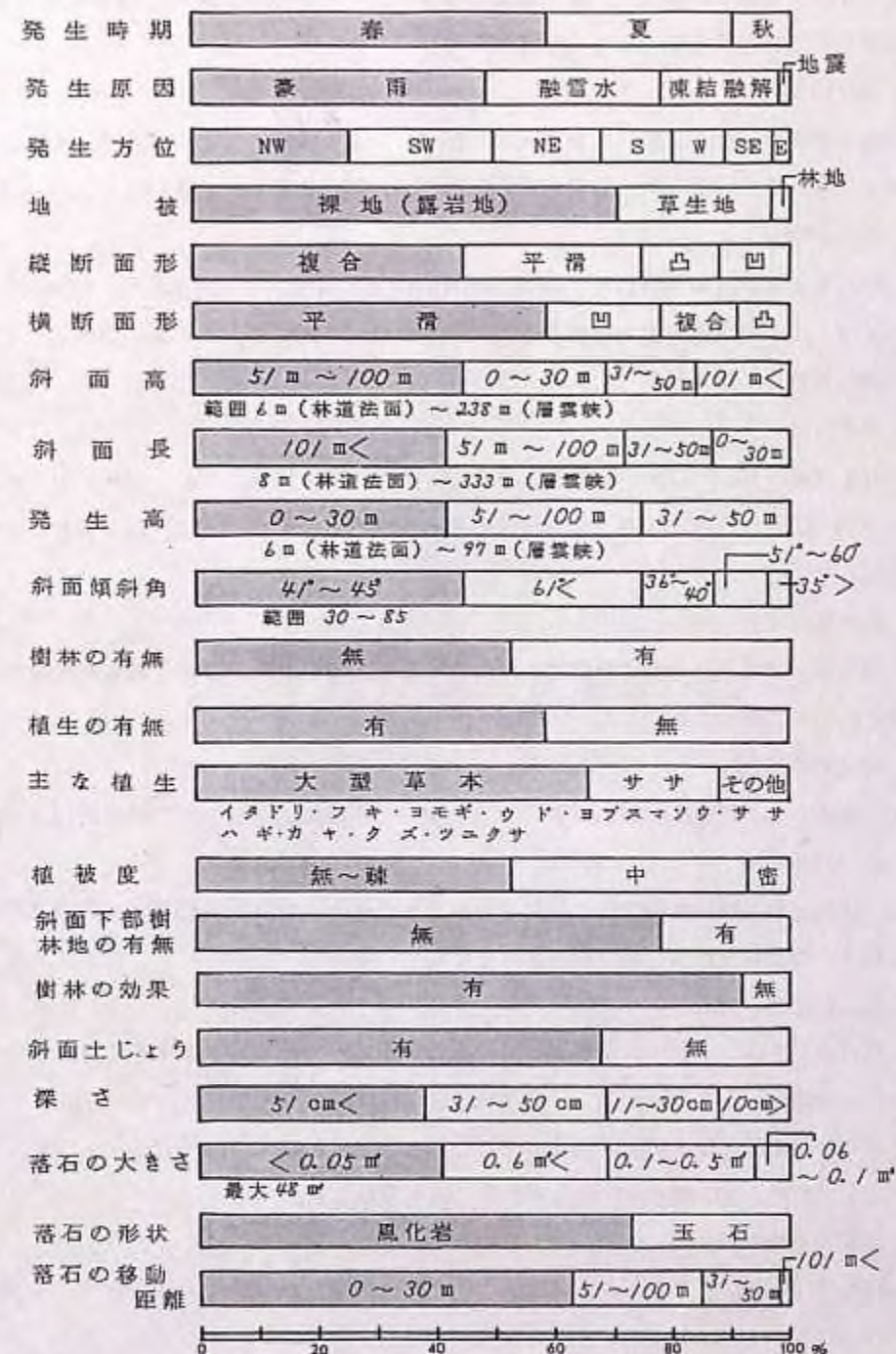


図-3 落石被害の履歴

アンケート調査で依頼した、落石被害の履歴についての回答を整理し結果を図-3に掲げた。整理の方法は前節(1)と同じ方法によった。

① 発生時期

春の融雪期が50%、次いで夏の大雨(26%)、また秋雨によるものが9%あったが、同一個所で、春、夏の両者という回答も多く、結局2時期に集約されるということである。

② 発生原因

融雪水と凍結融解が合わせて49%、豪雨が49%と同程度で2分された。地域的な特徴としては、太平洋岸地方で大雨によるものが多い傾向にあった。その他の原因として地震(浦河宮林署)が1例あった。

③ 発生方位

N: 0%, NE: 17%, E: 3%, SE: 9%, S: 12%, SW: 24%, W: 9%, NW: 26%で、SWとNWがやや多い傾向にあるが、方位性については、はっきりした傾向はみられない。

④ 発生地の地被

回答数34のうち林地が1個所で3%、次いで草生地が26%、裸地(露岩地を含む)が71%と圧倒的に裸地が多かった。

⑤ 発生地の地形

③ 縦断面形: 複合型斜面が最多で45%、次いで平滑斜面30%、凸型斜面が12%、凹型斜面が12%の順となっている。

④ 横断面形: 横断面形では平滑斜面が最多で全体の半数以上の59%で、次いで凹型斜面19%、複合斜面13%、凸型斜面9%となっている。

⑥ 落石発生地の斜面高

これまでに落石が発生した個所の斜面高の範囲は、低いものでは林道開設にともなう高さ6mの法面、また高いものでは層雲峡で風化柱状節理が発達した地域の238mで、全体としては斜面高が0~30mのものが24%、31~50mが15%、51~100mが45%、100m以上が15%で、50~100mというのがもっとも多かった。

⑦ 落石発生地の斜面長

斜面長は林道法面の8mから層雲峡の333mの範囲内で、0~30mが12%、31~50mが15%、51~100mが30%、100m以上が43%であった。

⑧ 落石発生高

次に、実際に落石が発生した高さは、林道法面の6mから、層雲峡における97mの範囲内で0~30mで発生した場合が、全体の42%、31~50mが24%、51~100mが33%とな

っている。

⑨ 斜面の傾斜角

落石が発生した斜面の傾斜角は30~85°の範囲で、35°以下が3%、36~40°が12%、41~45°が45%、46~50°が0%、51~60°では9%、60°以上では30%で、35°以上に多く、とくに41~45°、60°以上に発生の頻度が高い。地域別にみると、第三紀層海岸段丘地の危険地や、この地帯での落石発生地などでは45°以下、第四紀層溶結凝灰岩や古生層、花崗岩地帯では46~85°の急傾斜地に発生頻度が集中している。

⑩ 樹林の有無

落石発生斜面の地表植生状況中、樹林は有と回答あったのは47%、無が53%で、おおよそ2分されるが、有には、数本の樹木が存在する場合も含めた。

⑪ 地表植生の有無および種類

同じように草本等の植生についてみると、有が59%、無が42%で、植生の種類は主に、イタドリ、フキ、ヨモギ、ウド、ヨブスマソウ、ササ、ハギ、カヤ、クズ、ツユクサなど、大型草本はじめ低木類やその他でこのうち、イタドリ、フキなどの大型草本の占める割合が76%で、ササ類が11%、他の草本が13%となっている。

⑫ 落石発生地の植被度

落石発生地の植生による地表面の被覆程度は、“無~疎”の場合が53%、“中”が40%、“密”は僅か7%であった。

⑬ 斜面下部の樹林の有無

斜面の下部に落石、転石などの運動を阻止する機能をもつ樹林があったかどうかについて、“有”が22%、“無”は78%と樹林がなかった場合が圧倒的に多かった。

⑭ 樹林の効果

落石斜面および斜面下部に樹林を有するとの回答例の場合は、ほとんどが効果を認めている。

⑮ 斜面土壌の有無と深さ

斜面に土壌“有”の回答は全体の68%、露岩地で土壌がないところは32%である。土壌“有”の回答のうち38%については深さが51cm以上、次いで31~50cmが32%、11~30cmが19%となっている。

⑯ 落石の形状、大きさ

落石の形は角ばった形の風化岩が74%および玉石が26%の割合で、玉石は第三紀層海岸段丘地帯での回答例に多かった。また、大きさは0.05m³(1辺が38cm程度)以下が約41%、0.6m³(1辺約84cm)以上のものが28%、その中間の大きさのものが31%で、小径

級のものがやゝ多い傾向がみられる。また、 48m^3 （1辺約3.6m）という巨石の落下も報告されている。

⑩ 落石の移動距離

落石発生斜面の法尻から石が停止した位置までの斜距離は3～135mの広範囲に及ぶが、大半は30m以内で停止することが示された。このことは落下石防御ゾーン等を考える上で参考となろう。

以上、アンケート調査により北海道内における落石発生の全般的な実態を知ることができ、この結果は今後、落石危険地の判定の場合など十分に活用されるものと考えられる。

2) 石の形態と斜面における分布

落石の発生源となる斜面上の石の状態についての現地調査は、樹木の分布調査と同じ場所で、昭和56～58年の3年間を通じ、計7箇所について行った。

次に地区ごとの調査結果を述べる。

① 原歌・大平・本目地区

初年度の昭和56年度は黒松内営林署管内（島牧村）の落石防止工作物の施行地斜面のなかから、原歌（黒松内営林署498林班）、大平（同508林班）、本目（同511林班）を調査対象地として3地区で各1つの代表的斜面を選んだ。斜面における石の形態は、石が土中に埋って簡単に落下しそうな状態の根付石と、土中に埋っていても抜け落ちそうなものや、地表面に全体が出ているような浮石に大きく2分された。

一般に形態の大きいものは根付石で、小さいものは浮石タイプといえる。これらの石について幅10mの調査ベルトにおける斜面位置、形状（長さ、幅、厚さの3方向の径）について計測した。斜面上におけるベルト内の石の分布は、樹木の分布を含め図-4に示した。

また、斜面に分布する石の3方向径のうちで最大径の長さ（長径）について、各調査地区でまとめた結果が表-2である。

原歌地区と大平地区とは石の分布個数、平均長径ともほぼ同等であるのにくらべ、本目地区では個数が少ないが大きい石が分布していることがわかる。斜面上の石の分布状況をより見易くするため、斜面長10m間隔ごとに分布する石の数を整理して、縦軸に石の積算分布個数百分率、横軸に斜面長百分率をとって分布状況にあらわしたのが図-5・aで、図中には比較のため、北海道林務部治山課が道南の樺法華村で標高区分毎に石の分布個数を調査した結果も掲載した。なお、図-5・bは、分布のしかたの基準を示したもので、図中Aが表わす型は各区分一様に分布する型、B型は斜面下部がピークで、斜面上部に向かって直線的に減少する型分布を示し、逆にD型は斜面下部が零で、斜面上部がピークの型を示す。C型は斜面中央部がピークで斜面下部、上部に向かって直線的に減少する

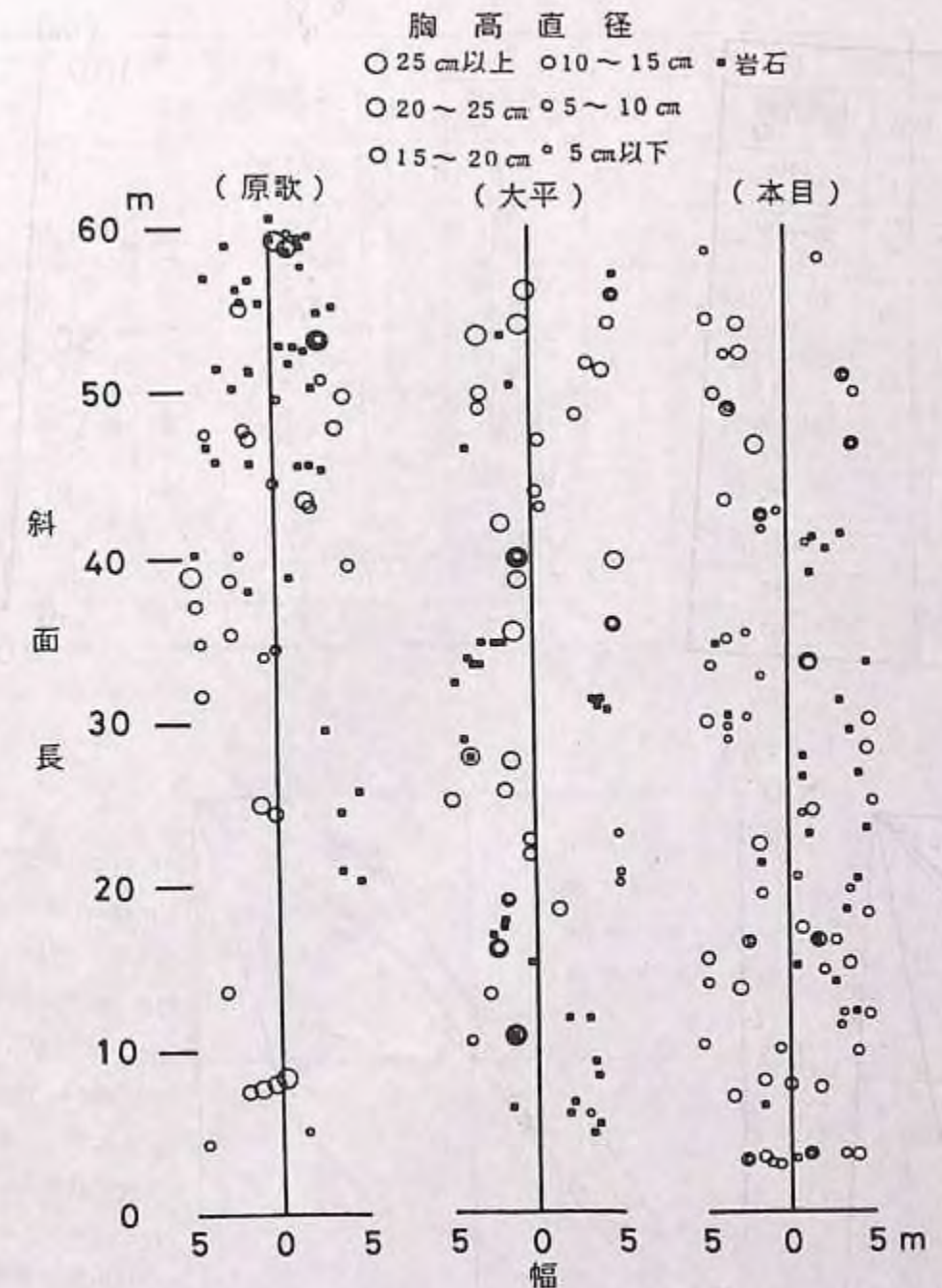


図-4 斜面における樹木・石の分布

表-2 石の分布

項目	地区名	原 歌		大 平		本 目	
斜面区間 (下部より) (m)		個数	長径範囲 平 均	個数	長径範囲 平 均	個数	長径範囲 平 均
0 ～ 10		0	0	7	$\frac{20 \sim 65}{42.0}$	1	$\frac{110}{110}$
10 ～ 20		1	$\frac{46}{46}$	11	$\frac{15 \sim 200}{39.1}$	6	$\frac{20 \sim 190}{73.7}$
20 ～ 30		5	$\frac{31 \sim 100}{51.8}$	4	$\frac{20}{20.0}$	9	$\frac{23 \sim 70}{50.3}$
30 ～ 40		2	$\frac{24 \sim 30}{27.0}$	11	$\frac{20 \sim 150}{53.3}$	7	$\frac{20 \sim 100}{45.7}$
40 ～ 50		7	$\frac{17 \sim 48}{36.3}$	1	$\frac{40}{40}$	4	$\frac{35 \sim 90}{54.3}$
50 ～ 60		23	$\frac{15 \sim 160}{47.4}$	3	$\frac{38 \sim 85}{54.3}$	0	0
斜面傾斜 (度)		40.8		47.5		40.0	
分布個数		38		37		27	
平均長径 (cm)		44.8		43.1		57.1	

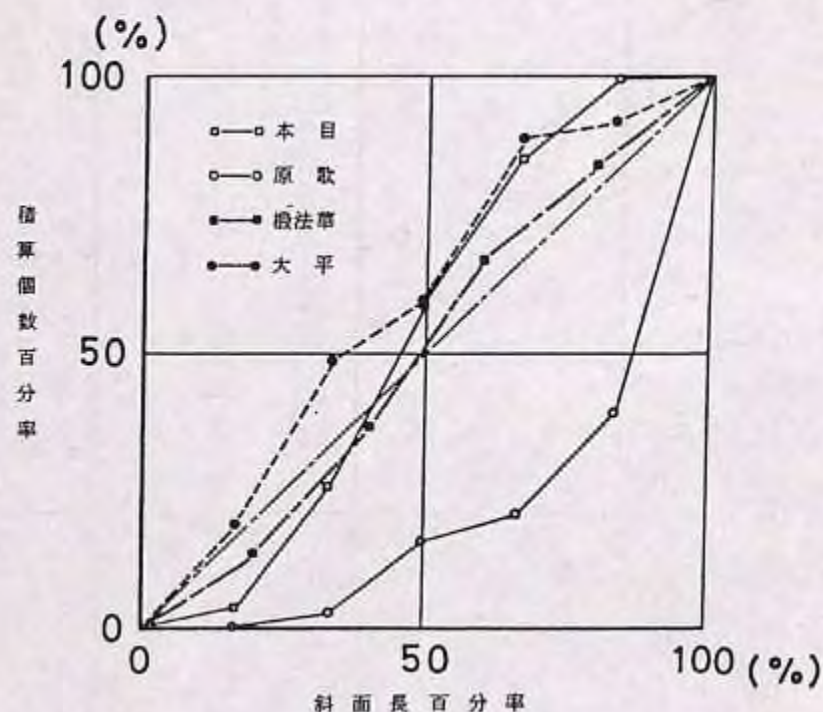


図-5・a 斜面における石の分布

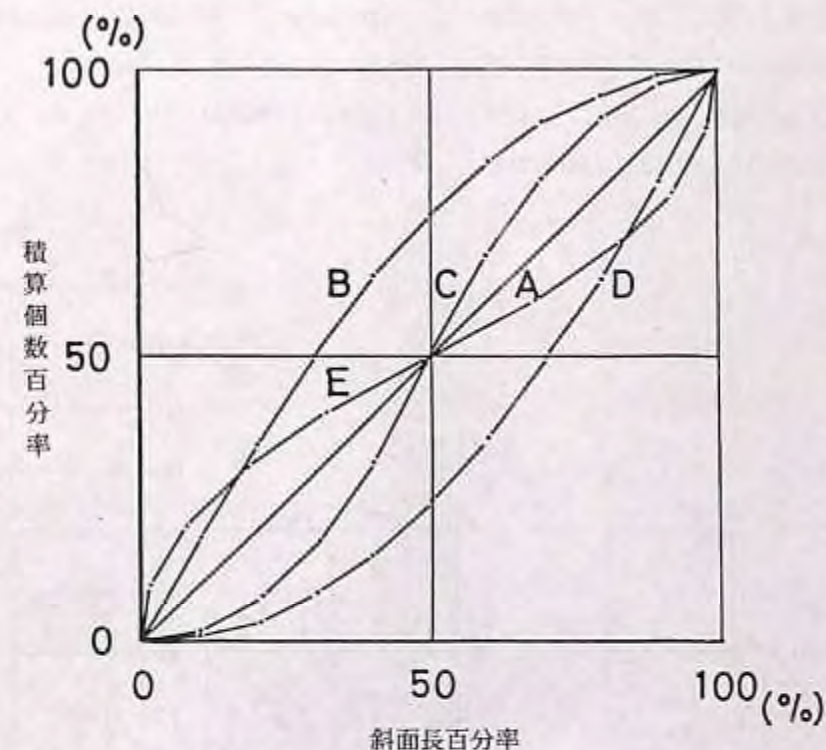


図-5・b 斜面における石の分布(基準図)

対称的な△型分布状況を示す。なお、C型の曲線はその個数分布のピークの位置により左右に移動した形となる。E型は斜面下部と頂部にピークがあり、中央部に向かって減少する▽型、すなわち谷型分布状況を示す。この基準に照らして3地区の石の分布をみると、原歌地区では斜面上部にピークのある型で、逆に大平地区は斜面下部にピークのある型を示し、本目地区が斜面中央部より少し下部に移動し、上部・下部に行くに従い減少する型の分布である。檄法華村の例は、標高中央部がピークで、その上・下方向に対称的に減少する典型的な分布形状を示していることが知れた。原歌地区の石の個数分布は後述の樹木の成立本数分布と同傾向であることがわかったが、他の2区では樹木分布と明確な傾向はなく、斜面における樹木の成立と石の分布態様の関係が単純でないことが示された。

② 貝取洞、平浜、館平地区

昭和57年度には、乙部営林署管内で落石危険地として各種の防止工作物も施工されている大成町、熊石町の代表的斜面を選び、前年と同様に10m幅のベルトをとって、石の分布の違いや、被害防止対策として積極的に樹木植栽を実施している斜面も組みこんで、大成

町では平浜地区（乙部営林署 497 林班）と貝取澗地区（同 498 林班）の 2 斜面，熊石町では斜面下部にイタヤカエデを植栽している館平地区（同 499 林班）を調査斜面とした。

調査ベルトは，斜面に既設の防止工作物を起点として斜面上部に延長し，石の分布位置，大きさ（長さ，幅，厚さ），根付石，浮石の別を計測記録した。図-6 に 3 地区の調査ベルトにおける樹木と石の分布状況を示す。

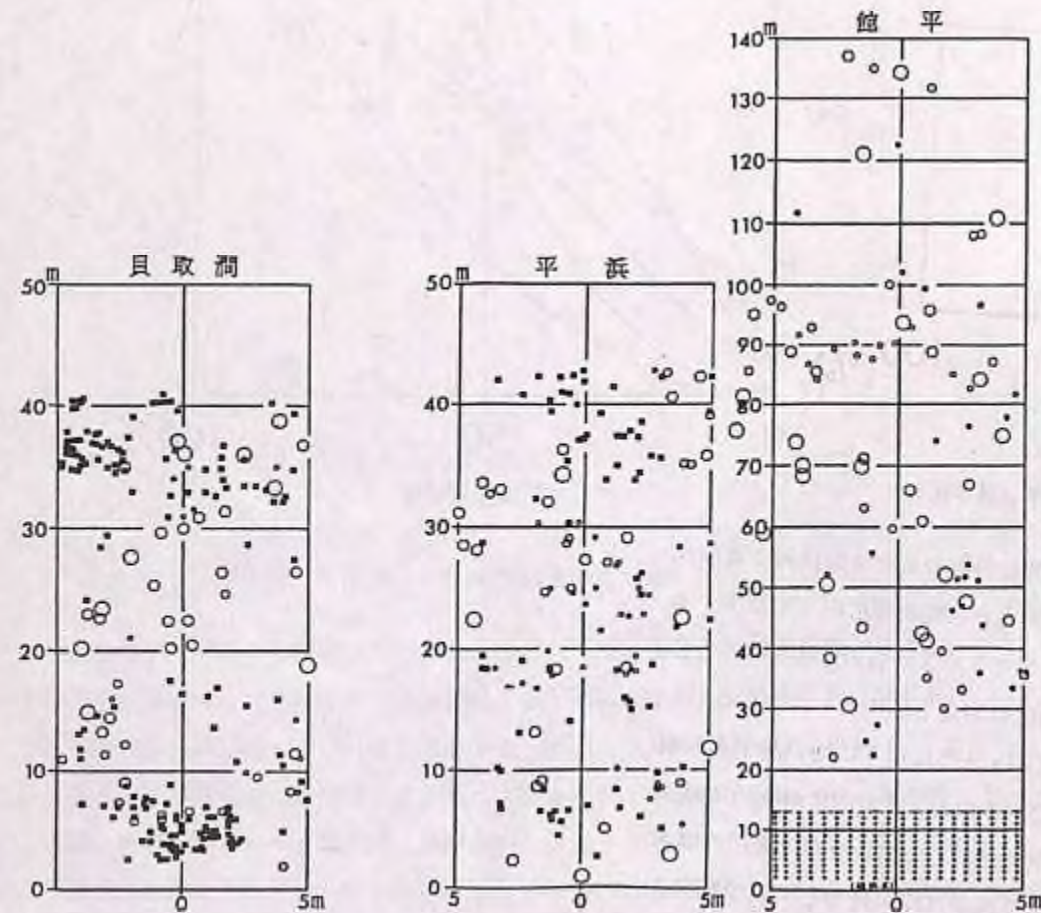


図-6 斜面における樹木・石の分布

ただし，館平地区では斜面下部から上部 7 割くらいの位置まで全面状に石があったので，分布位置の測定は行わず，最大径に見合った 1 m 間隔でラインサンプリングを行って，形状や浮石，根付石の別の調査を実施した。したがって，図-6 では樹木の分布のみを示した。浮石と根付石では前年の調査地区同様，一般に根付石の方が大きかった。斜面に分布する石の 3 方向の径長の中で最大径（長径）について斜面上の区間ごとに 3 地区をまとめ

たのが表-3 である。

表-3 石の分布

地区名 項目	貝 取 澗		平 浜		地区名 項目	館 平	
斜面区間 (m) (下部より)	個数	範囲 (cm) 平均 (cm)	個数	範囲 (cm) 平均 (cm)	斜面区間 (m) (下部より)	個数	範囲 (cm) 平均 (cm)
0 ~ 10	68	$\frac{12 \sim 82}{25.5}$	19	$\frac{14 \sim 30}{20.8}$	0 ~ 20	20	$\frac{15 \sim 37}{23.8}$
10 ~ 20	17	$\frac{15 \sim 28}{20.6}$	17	$\frac{13 \sim 74}{36.9}$	20 ~ 40	20	$\frac{14 \sim 44}{25.9}$
20 ~ 30	6	$\frac{16 \sim 60}{29.2}$	4	$\frac{20 \sim 52}{35.0}$	40 ~ 60	20	$\frac{10 \sim 78}{25.4}$
30 ~ 40	59	$\frac{13 \sim 175}{39.0}$	20	$\frac{12 \sim 40}{21.9}$	60 ~ 80	20	$\frac{10 \sim 38}{17.7}$
40 ~ 50	10	$\frac{10 \sim 180}{35.5}$	14	$\frac{15 \sim 25}{20.2}$	80 ~ 100	16	$\frac{10 \sim 37}{18.0}$
					100 ~ 120	3	$\frac{14 \sim 24}{18.0}$
					120 ~ 140	1	$\frac{34}{34.0}$
斜面傾斜 (度)	42.7		40.7			38.9	
分布個数 (個)	160		74			100	
平均長径 (cm)	31.1		25.1			22.3	

石の分布個数については，同程度の斜面長を有する貝取澗，平浜両地区間でも大きな差があり，平均径も偏差も貝取澗の方が大きい。

調査方法は異なるが，館平地区は平均長径も小さく偏差も狭い。貝取澗，平浜地区の石の分布は図-6 から概観わかるが，前年度同様に，縦軸に石の積算分布個数百分率，横軸に斜面長百分率をとって，斜面における石の分布状況をみたのが図-7 である。この図からも貝取澗地区では斜面下部と頂部にピークがあり，中央部に向かって減少する分布を示し，図-5・b の E 型曲線形を示している。平浜地区は斜面中央部までは一様分布で，中央部から頂部のピークに向かって増加する形の個数分布をしている。両地区とも樹木の成立本数分布と石の個数分布には明確な対応関係のない結果となった。

次に，斜面における石の粒径変化について検討した結果が図-8 である。貝取澗，平浜地区については，斜面下部から斜面長 10 m 区間ごと，館平地区はラインサンプリングの 20 m 区

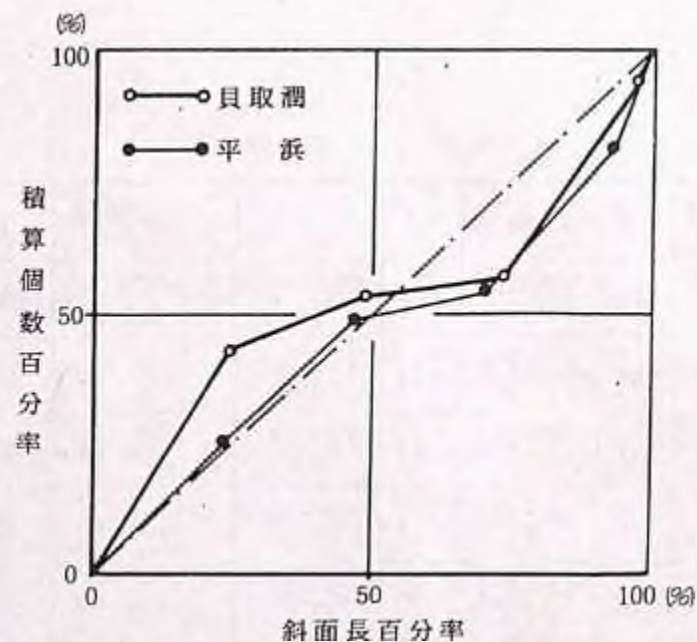


図-7 斜面における石の分布

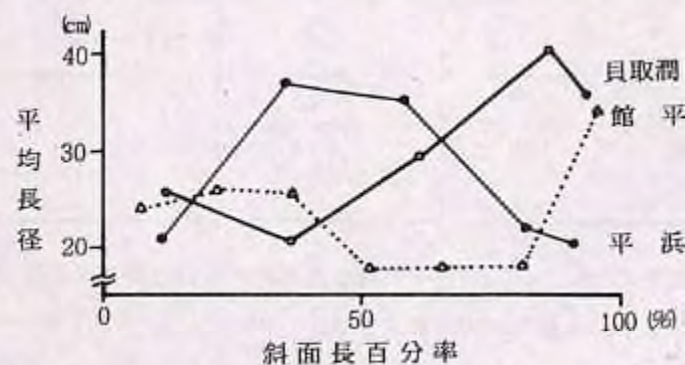


図-8 斜面における粒径(長径)変化

間ごとの長径の平均値の斜面位置に伴う変化を図は示している。この図から地区別の差がわかる。すなわち、貝取潤地区は斜面上部に向って長径の大きい石が分布し、平浜地区は斜面下部、上部が小さく、中央部に大長径の石が分布すること、館平地区は下部から中央部まで、平均長径 25 cm 前後のものが分布し、中央部から上部 8 割くらいの斜面までその値が低下し、18 cm 前後で推移し、斜面頂部で急に大長径の石が分布する変化態様を示している。

③ 川白地区

最終年度の昭和58年度には、各種の落石防止工事が施工され、対策の進んでいる岩内営林署管内の神恵内村川白地区に調査斜面を選定し、これまで同様に調査ベルトを斜面上にとって樹木および岩石の分布調査を行った。

調査斜面は、土砂崩壊防備林として保安林に指定されている16林班に該当し、ほぼ西向き斜面で、斜面下部には落下してきた熔岩の巨岩が堆積し、鋼製の防止柵が設置され、斜面中上部では岩石の移動落下を防止するためネット被覆工が施されている。調査ベルトは巨岩堆積部より約 100 m 南側に離れて、幅 10 m をとって斜面上部に延長した。この斜面では岩石が全面的に多数分布していたので、この調査ベルトより数 m 隔てて最大長径に合せて約 1 m 間隔でラインサンプリングし、大きさ(長さ、幅、厚さ)、根付石、浮石の別を計測、記録した。

ラインサンプリングによる岩石分布調査結果は樹木分布調査結果とともに表-4に示した。岩石は一般に根付石の個数が多く、約 6 割を占めており、形も大きいものも多く、斜面位置的には上部に分布している。逆に危険性の高い浮石は斜面下部に分布し、根付石にくらべ小型のものが多かった。このことは危険性の高い浮石群がすでに落下移動した結果として、斜面下部に浮石状態の岩石が多く、上部には根付石として安定しているものだけが残されたものと考えられる。

浮石の大きさ(長さ、幅、厚さ)の計測要素を長さ順に長径、中径、短径に区分して計測結果をまとめると、各平均径は 32.9 cm, 22.8 cm, 15.9 cm となり、これを楕円体とみなして、比重を 2.65 として重量を計算すると 15.6 kg 程度となって、平均的な浮石の位置エネルギー値算出の目安が得られる。

3) 融雪期における落石の調査

昭和57年3月30日、島牧村の原歌、大平、本目の3地区の斜面について、落下岩石の調査を実施した。原歌・大平地区の斜面にはまだ残雪がみられたが、本目地区の斜面はすでに消雪後であった。なお、同年3月

表-4 調査ベルトにおける斜面の現況(川白地区)

斜面長(m)	151
斜面傾斜角(°)	40.1°
樹木成立本数(本)	117
樹高〔範囲〕(m)	2.5~11.0
平均	6.9
胸高直径〔範囲〕(cm)	3.0~51.4
平均	16.4
石サンプリング数(個)	121
浮石数(個)	51
根付石数(個)	70
浮石長径〔範囲〕(cm)	12~124
平均	32.9
主な樹種	イタヤカエデ ヤマグワ ハシドイ シナノキ

21日に浦河沖地震が発生し、浦河町を中心として日高地方では地震による崩壊も発生した。こうした地震の影響もあったかも知れないが、凍結融解等の原因が主と考えられる落下石が、大平地区でとくに多数観察された。原歌地区では僅かながら認められたが、本目地区では全く落下していなかった。落下していた石で5cm以上の径のものについて計測したが、原歌地区で防止工斜面側の延長27.2m間に6個、長径6～12cmの範囲で平均8.5cmであった。

一方、大平地区では同様に129.2m区間に62個の落石が残雪上にみられ、その長径範囲は5～29cm、平均長径14.7cmと原歌地区にくらべて個数も多く大きかった。

(3) 落石危険斜面における林況

1) 保安林指定の現況

交通網の発達にともない、交通安全対策上や農山漁村の家屋・人命保全上も落石保安林制度はひじょうにすぐれた土地利用形態の一つで、17種類の保安林のなかに落石防止保安林制度がある。全国的には国・民有林合わせて1,489ha指定されている。北海道内で指定されている同保安林の面積は昭和54年現在で、国有林内に181ha、民有林内に44ha、計225haで国有林の指定面積が全体の8割を占めている。現状における指定面積は僅かではあるが、北海道内ではさきに述べたように土砂崩壊防備保安林、水源涵養保安林、土砂流出防備保安林、潮害防備保安林等に落石防止機能を併用させている例も多く、実質的にはかなりの面積にのぼっている。

2) 斜面に生育する樹木の現況

落石発生斜面の林況の現状調査は、石の形態・分布調査を行った場所で石の調査と並行して同時に行った。石の調査は館平、川白のように、斜面上の石の分布量がとくに多い場合には便宜的にライン調査法によったが、樹木の調査はすべて幅10mのベルトを、既設の落石防止工作物を基点として、斜面上部に延長し、原歌・大平・本目・川白地区ではベルト内に生育している胸高直径3cm以上の樹木について、また、小径木の分布割合が高い貝取間、平浜、館平の3地区は胸高直径1cm以上の樹木について、樹種、位置、樹高、胸高直径等を計測記録した。

各地区の調査結果は次のとおりである。

① 原歌・大平・本目地区

各調査斜面の調査ベルトにおける林分現況を整理すると表-5の結果となる。いずれも斜面は40°以上の急傾斜地で、そこに生育する樹木は本目地区が他の2地区と異なった状況下であって、その内容は低くて細いものが多数生育しているといえる。原歌地区は大平地区にくらべ傾斜はやゝゆるく、成立本数はほぼ同等で、高くて細い林分であることを示している。前出の図-4に石の分布とともに樹木の分布状況を示す。同図からも3地区の

表-5 調査ベルトでの林況

項目	地区名	原 歌	大 平	本 目
斜面傾斜(度)		40.8	47.5	40.0
樹木成立本数(本)		51	52	99
樹高〔範囲/平均〕(m)		2.5～16.2 7.9	3.5～11.0 6.7	2.0～8.0 4.9
胸高直径〔範囲/平均〕(cm)		3.0～37.2 13.2	3.0～39.0 15.7	3.0～32.0 9.4
主 な 樹 種		イタヤカエデ ヤマグワ ハコネウツギ	イタヤカエデ シナノキ	イタヤカエデ スモモ ヤマグワ

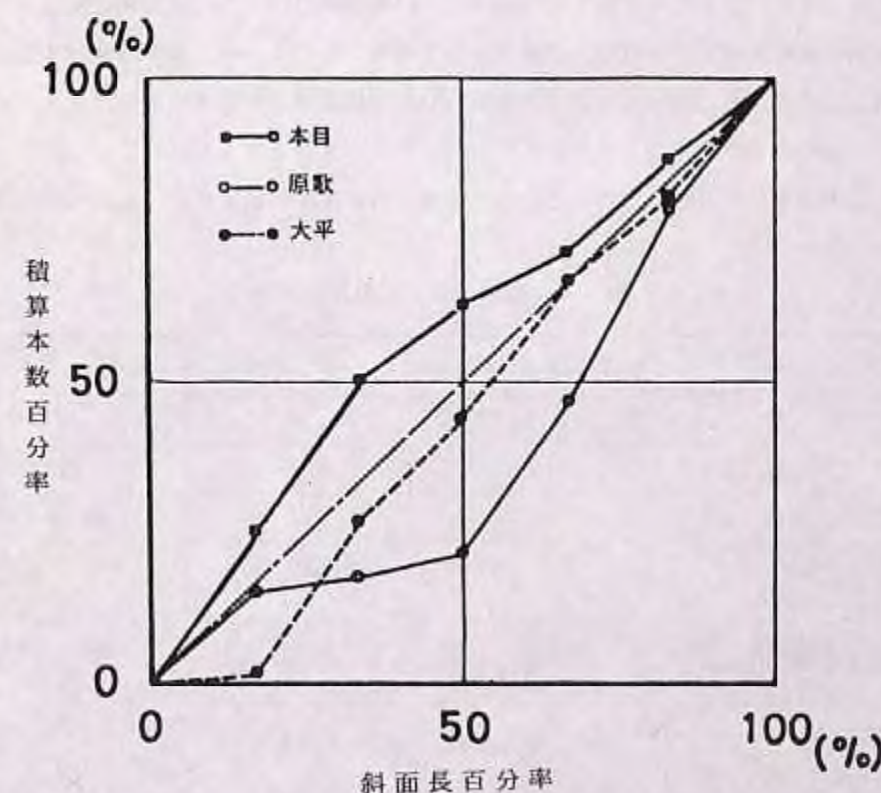


図-9 斜面における樹木の分布

分布の違いがおおよそつかめるが、石の分布傾向で示したと同じように、斜面長10m間隔ごとに、その間に分布する樹木成立本数を整理して、縦軸に積算樹木本数百分率、横軸に全斜面長に対する各区間長の百分率（斜面長百分率）をとって示したのが図-9である。

さきの図-5・bの基準分布に照らして、この3地区の樹木分布の傾向を考察すると、原歌地区は斜面上部にピークがある本数分布型で、斜面下部から中央部までには全体の2割程度しか分布していない。逆に本目地区では斜面下部に本数分布のあらわれるB型分布で、斜面下部から中央部までに6割程度が分布している。大平地区は両地区の中間的分布型で、斜面下部から中央部までに4割程度が成立分布している。また、全成立樹木本数の半数が分布する斜面長位置は、原歌地区で斜面下部から全斜面長の68%の位置、大平地区で55%、本目地区で33%の位置であることが図から知れる。

② 貝取淵、平浜、館平地区

各調査斜面の調査ベルトにおける林分現況は表-6のとおりで、いずれも斜面は急傾斜地で、館平地区では斜面下部に、昭和48年植栽のイタヤカエデが、基点から2mの地点より植えられ、斜面方向に約1m間隔で12列、等高線方向に50cm間隔で配置されている。岩屑の崖堆積地で生育し、植栽後9年で樹高は平均2.4m、胸高直径は平均2.0cmに成長している。各調査ベルトで共通的にみられた林床草本類はイタドリ、オオハナウド、エゾニユウ、アキノキリンソウ、ギョウジャニンニク等であった。

調査ベルトにおける調査結果から、3地区の林況を概観すれば、天然木の成立本数は10

表-6 調査ベルトにおける林況

項目 \ 地区	貝 取 淵	平 浜	館 平
斜 面 傾 斜	42.7°	40.7°	38.9°
斜 面 長 (m)	41	43	137
樹木成立本数 (本)	88	82	98 (+240)
樹 高 [範囲] [平均] (m)	1.6 ~ 12.0 5.7	1.7 ~ 10.8 5.4	1.1 ~ 16.0 5.8
胸高直径 [範囲] [平均] (cm)	1.9 ~ 31.6 9.6	1.0 ~ 26.3 7.8	0.4 ~ 70.0 11.0
主 な 樹 種	イタヤカエデ ヤマグワ	イタヤカエデ ヤマグワ	イタヤカエデ ニワトコ トチノキ ヤマグワ

()内は植栽木本数

本程度ずつの差で大きな違いはなく、樹高についてもほぼ等しく、胸高直径では範囲に開きがあって、平均値で多少差がある。3地区中、平浜が細く低い林分といえ、長大斜面の館平が多少とも太く高い林況下にあるといえるが、それでも原歌、大平、本目地区にくらべると樹高、胸高直径とも劣っている。斜面上の樹木の分布は前出の図-6に示してある。

図-6からも、地区による分布の違いがおおよそつかめるが、原歌、大平、本目地区で行ったと同じ方法で、斜面長10m間隔ごとに（館平地区は20mごと）、その間に分布する樹木成立本数を整理して、斜面上の位置と樹木の分布割合を示すと図-10のとおりである。

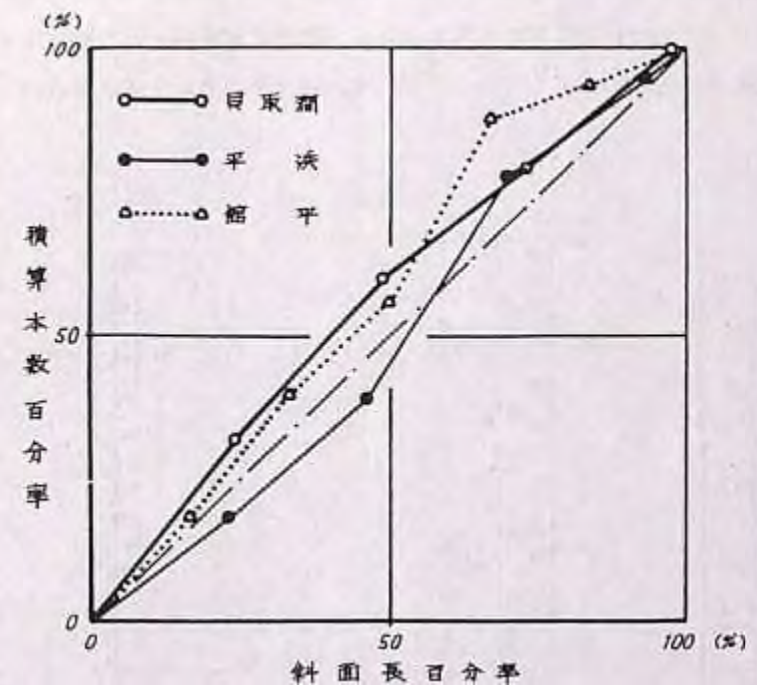


図-10 斜面における樹木の分布

同図によると、貝取淵地区は斜面下部にピークがあり、斜面上部に向って直線的に減少する型の分布を示し、平浜地区は斜面中央部のやや上部にピークがあって、斜面上部、下部に向って減少する山型分布で、館平地区は斜面中央部まで、ほぼ一様分布に近い形で分布しながら、斜面の7割近い上部にピークが存在する複合型の本数分布を示している。成立本数の半数が分布する斜面位置は貝取淵地区で下部から4割の位置、平浜地区で5.5割、館平地区で5.5割の位置となっている。また、斜面中央までの間の本数分布の程度は、貝取淵地区が60%、平浜地区で45%、館平地区で55%であることがわかる。

③ 川白地区

川白地区の調査ベルトにおける斜面の現況は前出の表-4に示したが、林況については、これまでの地区とはほぼ同等であるといえるが、やや胸高直径の大きい林分といえるようである。調査ベルトをはじめ、斜面全体に共通的にみられた林床草本類はオオハナウド、エゾニウ、トリカブト、ヨブスマソウ、イワガラミ、クルマバソウ等で、斜面上部にはチシマザサがみられた。

幅10mの主調査ベルトから約5m離れて、4m幅の更新樹調査用ベルトを設けて、その中に成立する稚樹を含めた樹木の分布位置、樹種、樹高等を同様に計測記録した。2つの調査用ベルトの樹木分布の様子は図-11に示した。図からも分布の様子が知られるが、10m幅のベルトでは斜面下部で本数が少なく、斜面上部に向かって本数が増加し、ピークが上部斜面にある分布型を示している。そして、斜面半ばでは全成立本数の3割程度しか分布

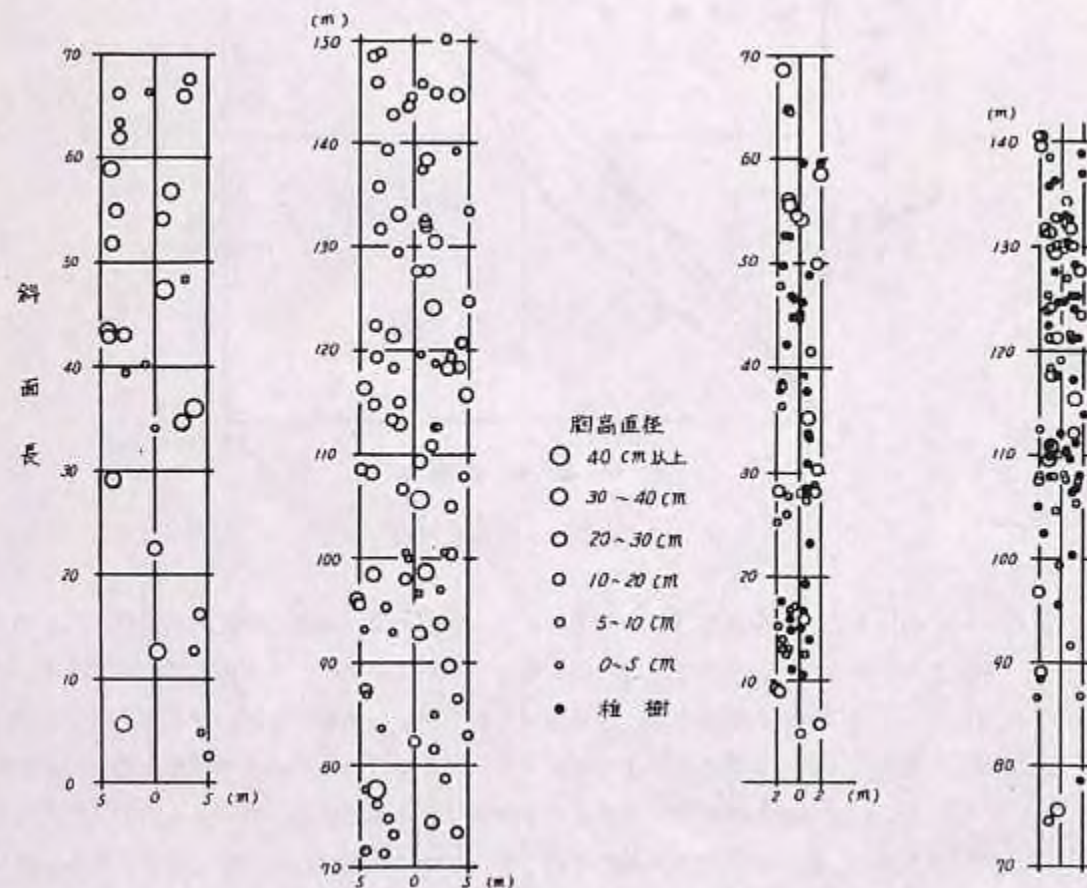


図-11 斜面における樹木分布 (川白)

していない。調査ベルト内に含まれる胸高直径3cm以上の成立樹木を、便宜的に樹高階で7m以上を上層木、3.5m以上7m未満を中層木、3.5m未満を下層木として分類し、その樹種構成を調べ図-12に示した。図から明らかなように、上層構成樹種は、ここではイタヤカエデが圧倒的で42%を占めている。中層木構成はヤマグワ・イタヤカエデが多い。イタヤカエデの上中層占有率は過半数を超え、ヤマグワを加えると約70%となる。

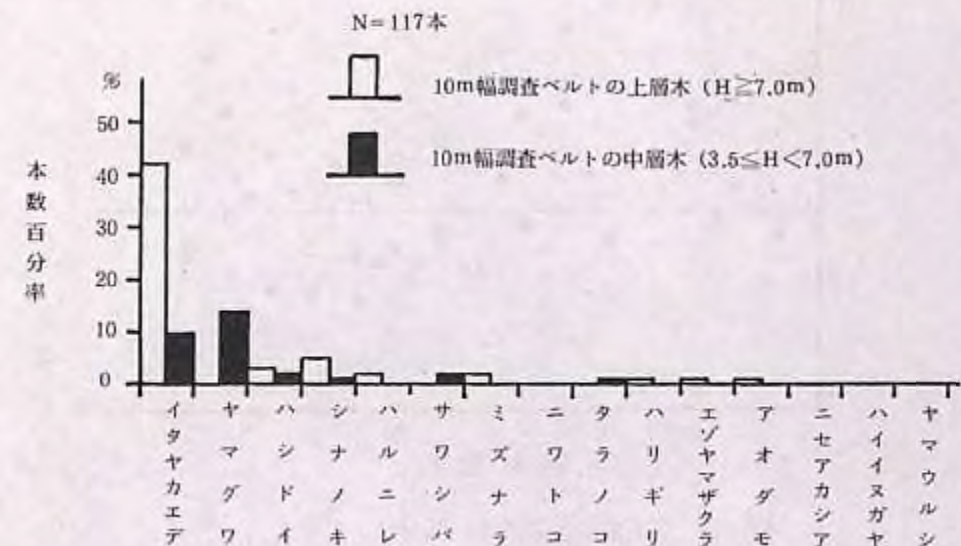


図-12 斜面における樹種構成 (川白)

3) 落石危険斜面における樹木分布の特徴

落石危険地の海岸段丘斜面に成立する、イタヤカエデを主体とする樹木の分布は、一般林地のイタヤカエデのそれと差はないのであろうか。分布の様子を示す個体間距離の2点相関関数(Fr)で、島牧村の原歌、大平、本目地区を代表として計算するとともに、比較のため向出氏の調査結果(定山溪の天然イタヤカエデ林、樹高0.5~5.0m、岩見沢の天然イタヤカエデ林、胸高直径2cm以上)と対比してみた。島牧村の3地区はほぼ似たようなFr分布図となり、ランダム分布といわれるFr=1の近傍に各距離階級でも散布している。1例として大平地区の結果を図-13に示す。図中には向出による定山溪、岩見沢の例も示した。この図からも分布に相違のあることがわかる。すなわち、一般林地のイタヤカエデは、やはり両地区とも似たような分布傾向を示し、急斜面のものと違って、とくに低距離階でFr値が高く、個体間距離15m前後まで集中分布している様子を示し、それ以降大距離階に向かうにしたがいFr値が低下する。一方、島牧村の3地区では低距離階から高距離階までほぼ一定の

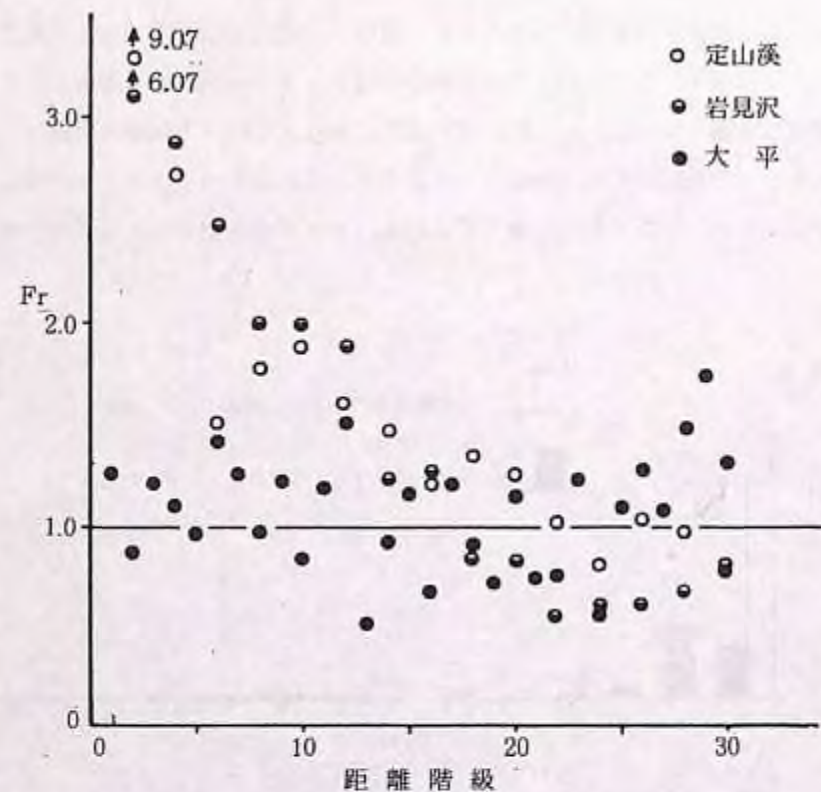


図-13 落石危険地斜面と一般林地における
イタヤカエデ林の2点相関函数分布

散布状態を示し、とくに低距離階から中距離階までの間の一般林地と落石危険地の分布の違いは顕著であった。

4) 更新樹調査

落石危険斜面における更新樹木の状況を把握するため、神恵内村川白地区の調査斜面に、幅10mの主調査ベルトと平行に、幅4mのベルトを設け、ベルト内に含まれる稚樹と一般樹木の分布位置、樹種、樹高、胸高直径（稚樹は樹高のみ）を計測記録した。分布状況は前出の図-11に示した。図から稚樹や極小径木は斜面中央部に少なく、上・下部域に多く分布している様子が知れる。図-14は10m幅の調査ベルトでの樹種構成比率と更新樹調査ベルトにおける樹高3m以下の樹木を更新稚樹とみなしたときの樹種構成比率を対比させたものである。イタヤカエデ、ヤマグワ、ハシドイ等が比較的更新比率の高い結果を示している。ニワトコが下層木のなかで更新比率の高いことも注目し、図-12と図-14を対比させることで、上・中層木の更新割合が知れるが、相対的にイタヤカエデ、ヤマグワ、ハシドイの更新比率の良好さが目立っている。なお、図-15に樹高3m以下の更新稚樹とみなした樹木の

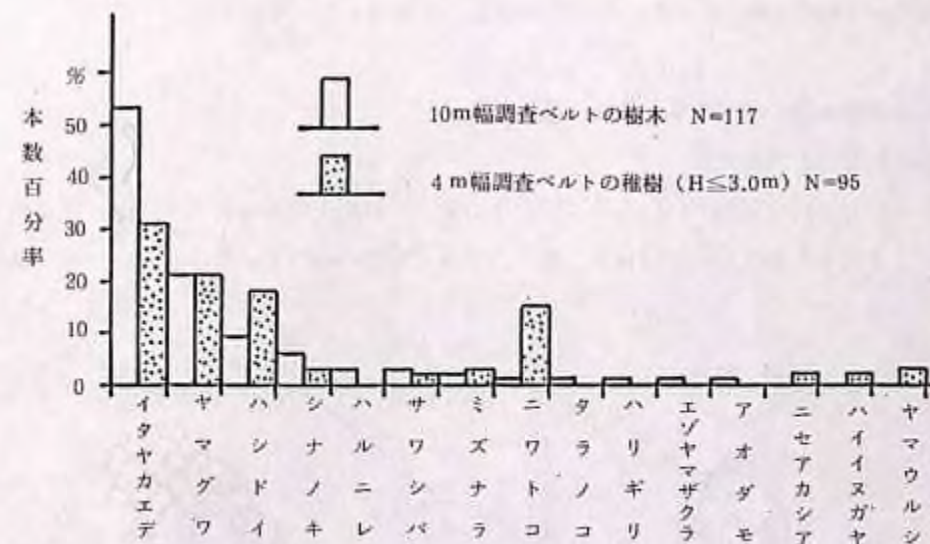


図-14 斜面における稚樹の樹種構成 (川白)

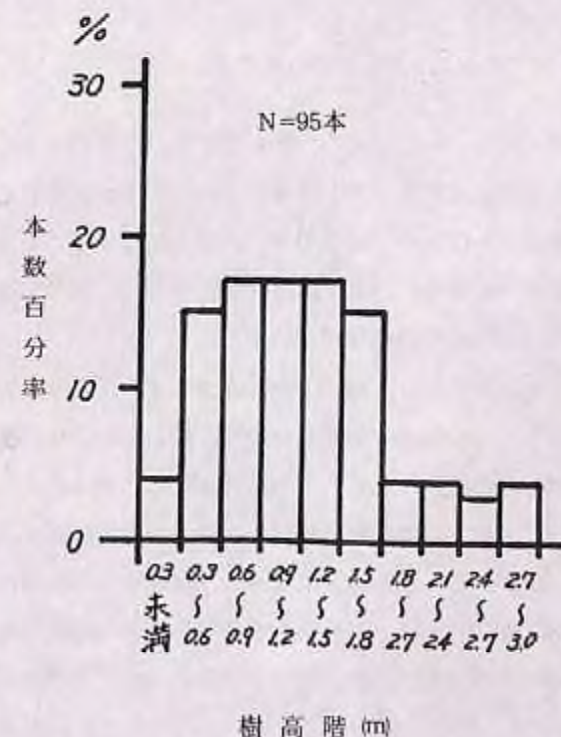


図-15 更新稚樹の樹高階別分布

樹高階分布構成を示した。

樹高 30 cm から 180 cm 未満に 80 余が含まれる構成となっている。

2. 落石の運動機構と植生の落石防止・軽減効果

(1) 落石の運動形態と運動分類

一般に落石源となる斜面上の岩石は、図-16のように斜面土壌等の表面に完全に浮き出て、かろうじて岩石と土壌等の間の粘着力、摩擦力で落下をまぬがれている浮石型と一部土壌表面

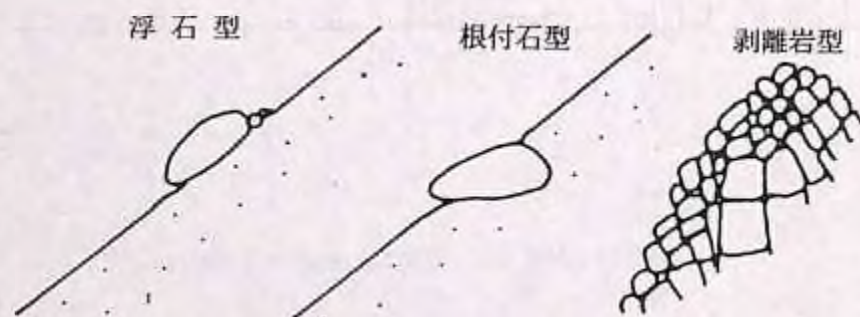


図-16 落石源となる斜面上の岩石の分類

や互層の岩盤中から顔を出しながら、他からの作用がなければ、そのままの状態では抜け落ちそうにない根付石型、また岩盤斜面上に多いが、風化が進み、節理が発達して、何かのショックで抜け落ちそうな剥離岩型の3つに、現地調査等から大まかに分類される。

これらの斜面上の落石源たる岩石が、降雨、湧水、積雪の匍行、凍結融解、風、地震、人為作用等により落下移動するのが落石の発生機構といえる。

なお、落下移動する落石の運動形態は、岩石が斜面表面をずり落ちる形で移動する、すべり運動型、岩石が回転しながら下方へ移動する回転運動型、岩石が空中を飛跳しながら落下移動する飛跳運動型の3タイプに分類集約される。ただ飛跳運動では発生箇所から直接飛跳する場合とすべり運動、回転運動の過程で飛跳運動に移行する場合とが実験等で目撃された。

また、落石の運動現象は、図-17に示されるようにすべり運動、回転運動のような運動軌跡が線運動をなす場合と、飛跳運動でバウンドを繰り返したり、発生地点から落下して直接衝突・停止に至る放物運動や自由落下運動の形態に分類される。しかし実際に斜面で実験した結果では、単純に個々の運動に分類できぬものが多く、それぞれのタイプが組み合わさった運動形態をとることが多かった。このことから斜面での落石運動は、混合運動形態をとることが大

半と考えられ、落石の発生→停止の運動系統は、落石発生→すべり運動→回転運動→飛跳運動→回転運動→すべり運動→停止という運動系が、現地実験の際には一般的で、かつ最も多く観察された。

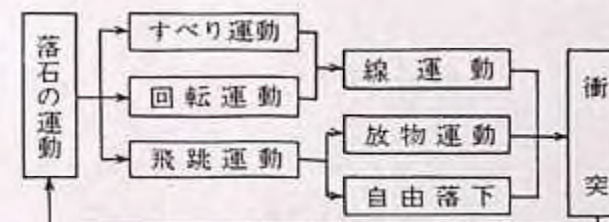


図-17 落石の運動分類

これらの落石の運動形態は発生源たる岩石の形状や岩質、斜面の地形、地質、植被状態によりかなり異なり、図-17の運動形態のいずれか、あるいは複合された形の落下運動をすることが知られる。

(2) 落石の衝撃実験

斜面に存在する落石源たる岩石が、何らかの誘因で移動を開始し、各種の運動形態をとって落下し、保全対象物があればそれに衝突して被害を与える。これが落石災害の例である。こうした落石災害防止対策を考える上でも、先ず落石の運動エネルギーやその衝撃力を把握することが必要となる。したがって、落石供試石を用いて、斜面模型上で実際に落石衝撃実験を行い、落石形状、斜面模型の地被条件の相違による影響を検討した。

1) 落石の衝撃力の把握

一般に落石の衝突のような動的荷重現象の衝撃力は非常に大きなものといわれ、かつその作用時間が極めて短かく、この間の変化も複雑で、これを直接測定する方法が確立されていない。

ここでは落石の運動エネルギーに基づく衝撃の効果として、力積を測定することとした。すなわち、落石の衝突という運動量の変化は、その間に働いた力積に等しく、運動の激しさの指標となりうると考えられるからである。

さて、斜面からの落石の衝突に基づく運動量 P は次式で示され、結局時間 t の間の力積に等しい。

$$P = mV = \frac{W}{g} \cdot V$$

$$= \frac{F}{g} \cdot V = F \cdot t \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 m ：落石の質量、 V ：落石の衝突速度、 W ：落石の重量、 g ：重力加速度、 F ：力、 t ：力が作用した時間

したがって落石の衝撃効果をロードセルを用いて、歪量とその作用時間を記録することで

求めた。すなわち、落石の衝突による衝撃波形から、その力積 I は(2)式で求められる。

$$I = \int_0^t P \cdot dt \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 I : 落石の衝突による力積 (kg · Sec)

t : 衝撃波形の継続時間 (sec)

P : 衝撃波形の歪量からの換算衝撃荷重 (kg)

dt : 衝撃荷重の作用した微小時間 (sec)

以上から、運動量保存則に基づき、上2式は(1)=(2)となり、したがって(3)式のように衝突波形記録の読みとりから、落石の衝突速度も換算できる。

$$V = \int_0^t P \cdot dt / (W/g) = \frac{(\int_0^t P \cdot dt) \cdot g}{W} \quad \dots\dots\dots (3)$$

2) 実験方法

落石の衝撃実験に用いた測器類は、センサーとして共和電業社製ロードセル LC-20 TE (2個)、延長ケーブル、動歪計 DPM-110 A、データレコーダ RTP-500 B、電磁オシログラフ RMS-11、(MS-2 KD) を用い、野外実験のため、電源はガソリンエンジンのホンダ発電機より供した。

図-18に計測系統図を示した。

実験は3種の実験斜面を用いて、上記の測器、計測システムで実施した。

実験斜面の1つは既製品の塩ビ管 (φ = 25 cm、長さ 4m) を用いて、斜面長 4.5 m、傾斜角 43° として、落石供試石は管径から小形、軽重量の天然石を現地採取して使用した。

他方の実験斜面は北海道支場の実験林地内の緑化法面 (傾斜角 25°) を利用し、断面横 45

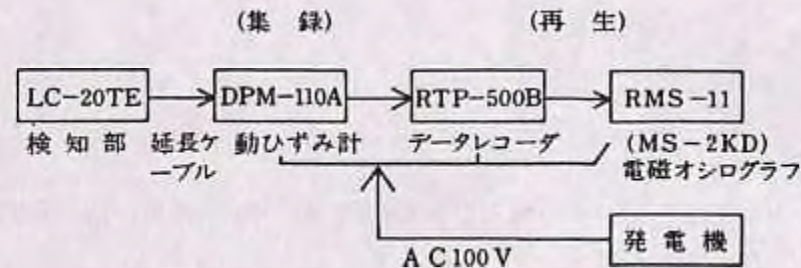


図-18 落石衝撃実験計測系統図

cm×縦 90 cm、長さ 1.8 m の木製樋型枠を 11 個連結したシュート (上面板なしの U 字型) を、リースした足場枠に傾斜角 40° に固定し、下端にロードセルセンサーを配置し、シュート上端の供試石落し口からセンサー部までの斜面長を、20.5 m として実験斜面とした。そしてその実験シュートの底面を、板張りのままの状態と、法面緑化用切芝を張りつけた張芝斜面との 2 種類の斜面構成として、落石の衝撃に及ぼす斜面地被の影響も検討することとした。

この板張斜面、張芝斜面の実験に使用した落石供試石には、現地で採取した天然石 (供試石番号に N と冠す) とコンクリート製で大小 2 種類、かつその形状が直方体形、円柱形、立方体形 (それぞれ供試番号に C、E、R と冠す) の 3 種類のものを用いて、それぞれ重量、形状の相違による影響も検討することとした。

供試石の重量は使用するロードセルの容量 (20 ton) から、予備実験を行って衝撃作用時間を 0.002 sec として次式から逆算し、供試石の最大重量を 24 kg 以下とした。

$$I_F = \frac{W \cdot V}{g \cdot t} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 I_F : 衝撃力 (ton)、 W : 落石の重量 (ton)、 g : 重力加速度 (m/sec²)、

t : 変位に要する時間 (sec)

3) 実験結果

実験斜面条件と落石供試石をかえて行った衝撃実験の衝撃波形の一例を図-19に示した。

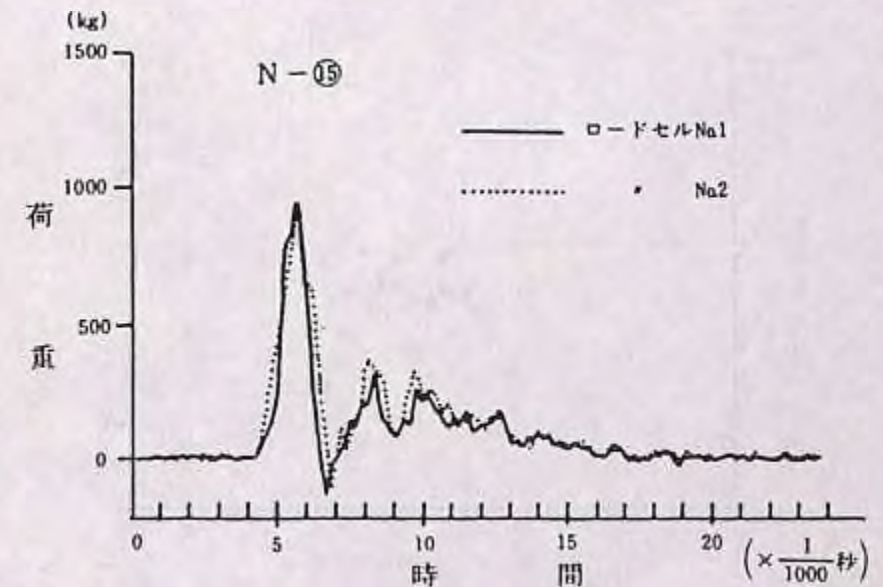


図-19 衝撃波形の一例

データレコーダに集録された実験結果を電磁オシログラフに再生し、2つのロードセルによるそれぞれの波形について、メインの山型波形を落石の衝撃によるものとし、その波形の継続時間（衝撃時間と呼ぶ）、波形のピークまでの時間（衝撃ピーク時間）、波形のピークいわゆる最大荷重強度（最大衝撃力）、全波形面積（衝撃力積）、ピークまでの波形面積（ピークまでの衝撃力積）をそれぞれ計測整理した。その結果を付表-①～③に示す。

① 衝撃力と衝撃時間

付表からも衝撃力が一般にいわれているとおり非常に大きな値をとることが知れた。衝撃による歪波形のピーク値を静的荷重に換算した最大衝撃力は、傾斜角 43° 、斜面長 4.5 m の塩ビ管斜面でも、供試石重量 1.0 ～ 8.2 kg で、0.8 ～ 3.3 ton を記録し、傾斜角 40° 、斜面長 20.5 m の板張シュート斜面において、供試石重量 15.0 ～ 21.0 kg の実験でも、5.1 ～ 11.9 ton と極めて大きな値であることが知れた。

なお図-20に最大衝撃力とそれが生起するまでに要した時間（衝撃ピーク時間）の関係を図示した。

衝撃ピーク時間の範囲は、実験条件で板張、張芝の斜面状態の相違、また供試石の軽・重差やその形状の差異があつて、 $4 \sim 53 \times 10^{-4}$ sec と10倍余の開きがあつた。しかし、その所要時間で生起した最大衝撃力の値の大部分は、 $4 \sim 12 \times 10^3$ kg の範囲に分布し、図から概括すれば、最大衝撃力の大きさは衝撃ピーク時間にあまり左右されず、ほぼ一定

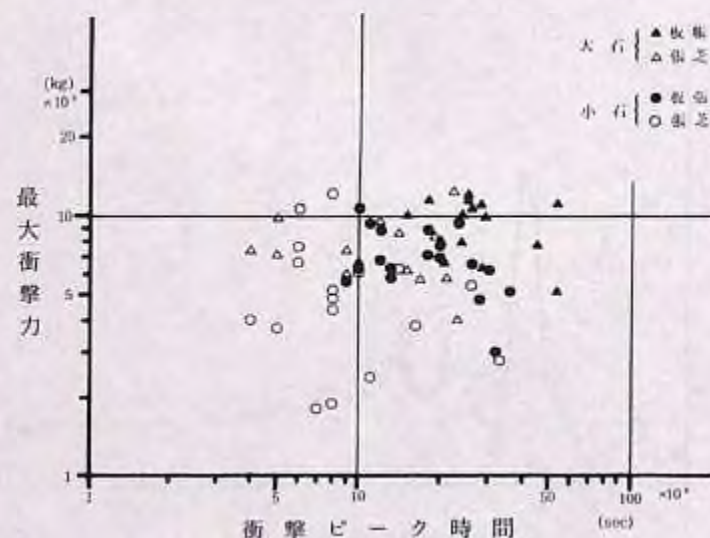


図-20 衝撃ピーク時間と最大衝撃力の関係

の値をとると今回の実験からはいえそうである。

② 衝撃時間と衝撃力積

落石による衝撃効果は運動量の変化量として把握され、結局衝撃時間中の力積で示せることから、落石衝撃実験の結果を整理して、図-21に衝撃時間と衝撃力積の関係をプロットした。両対数紙上で両者の関係は正の直線回帰関係が認められる。また斜面条件では、

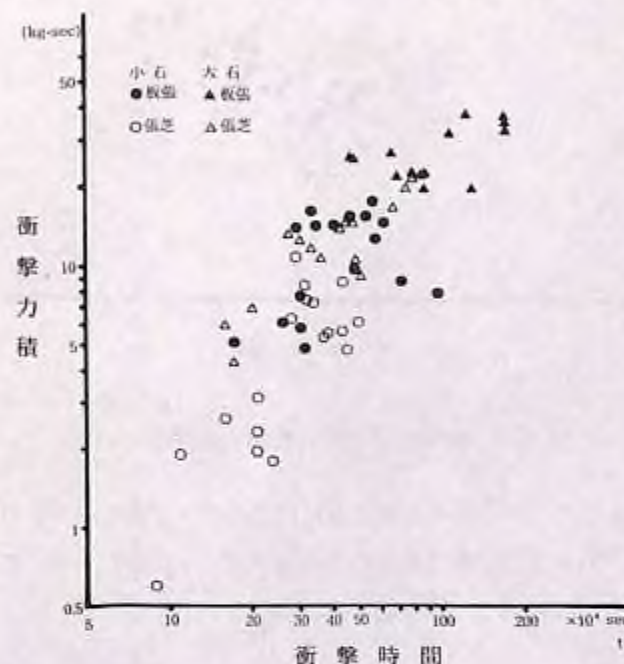


図-21 衝撃時間と衝撃力積の関係

やはり板張の場合が、供試石の大小どちらでも高位にプロットされている。そのほか、図から大供試石で張芝斜面の結果と小供試石で板張斜面の結果とがほぼ同分布範囲にプロットされていることは注目される。

③ 衝撃力積と最大衝撃力

落石等による衝撃荷重を受けて破壊に至る過程においては脆弱材料の場合は最大衝撃力も衝撃力積もともに低値で破断面は平滑もしくは階段状になるという。逆に靱性な材料の場合は最大衝撃力も衝撃力積もともに高値となり、ささくれ状の破断面を呈し、衝撃抵抗の強いことを物語るといわれている。

そこで、ここでは落石実験によるこれらの衝撃力積と最大衝撃力の関係を求めてみた。

結果を図-22に示した。両者の関係は両対数紙上で正の相関関係が認められ、やはり板

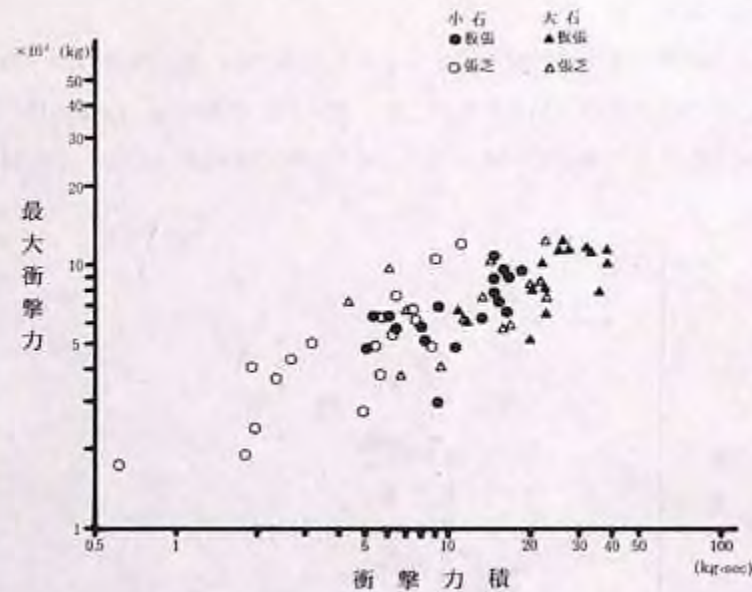


図-22 衝撃力積と最大衝撃力の関係

張斜面が、供試石の大小どちらの場合もともに高位にプロットされており、地被の差を示している。また供試石が大石で張芝斜面の場合のプロット位置と小石で板張斜面の場合のプロット位置とがほぼ同範囲で、地被効果の一端がうかがえる。

④ 衝撃速度と衝撃力積

落石の衝撃効果は運動量の変化量として力積で表わせることから、式(1)における落石の衝撃速度 V と衝撃力積 $P \cdot t$ の関係を実験結果から調べ、斜面地被条件の違いや供試石形状の相違の影響を検討した。その結果を図-23、図-24に示す。

両図からも両者間に正の相関関係が認められる。図-23では板張斜面の場合が高位置にプロットされ、張芝斜面では低位置に分布し、張芝の減速作用による衝撃力積低下を招来していることが明瞭となった。図-24では衝撃速度と衝撃力積の関数に及ぼす供試石形状の影響をみたものであるが両者の関係においては形状の差の影響は明瞭でなく、立方体形、直方体形などの角ばった供試石の場合が幾分高位置にプロットされている程度といえよう。

⑤ 斜面地被と供試石形状の影響

同一供試石による斜面地被の相違に伴う衝撃効果の差異については、前述の各要因間の関係解析の中でも認められたが、実験で得られた最大衝撃力、衝撃力積値等で比較した一例を表-7に示す。

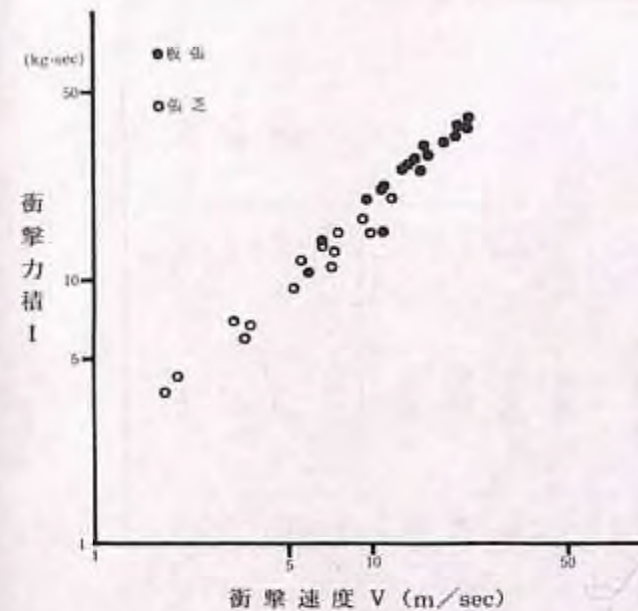


図-23 衝撃速度と衝撃力積の関係(大石)

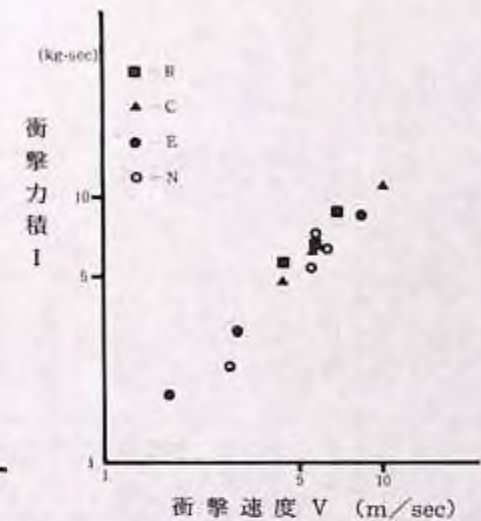


図-24 衝撃速度と衝撃力積の関係(小石、張芝)

表中、張芝の値が大きくなった例も各項目中数例散見されるが、大多数は板張シュートの場合の値が大で、結果的に張芝の衝撃エネルギー減殺効果が発揮されたといえる。このことは、落石対策としての斜面維持管理技術に関する、1つの考え方を示していると思われる。また、供試石の形状は斜面地被差を一層明瞭にしていることが、各計測項における張芝/板張の比を、各供試石形状群毎に比較することで知れる。すなわち、立方体形、円柱体形が他よりやや低い値を示し、植被効果を供試石形状が一層強めていることを示した。

(3) 現地落石実験

斜面からの落石の運動形態について、現地斜面で実際に落石実験を行い、その落下移動の様子、落下所要時間、停止距離等について種々計測観察した。

1) 実験方法

実験斜面を図-25の模式図に準じてその概況をまとめると表-8に示される。

定山溪No 1 斜面は裸地斜面で崖錐を含み、一部小岩塊が露出し、わずかながらヤマハシノキ、カンバ類が点在している。定山溪No 2 斜面は緑化法面で、オーチャード、ヨモギ、フキ、ハンゴンソウの草本類と樹高約 1.5 m までのハシノキ、ヤナギ類の木本が侵入し、植被度 1 の斜面である。定山溪No 3 斜面はNo 2 斜面と張り出し尾根をはさんで反対側の斜面で、法面緑化用オーチャードの退化した、ほぼ裸地状の斜面である。定山溪No 4 斜面は林道作設時の

表-7 落石衝撃実験結果

供試石 番号	形 状 (cm)	重 量 (kg)	最大衝撃力 (kg)		衝撃力積 (kg・sec)		ピークまでの衝撃 力積 (kg・sec)		備 考
			板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝	
N-5	39×21×13	15.5	8030.0	6222.2 (0.77)	19,7516	11,1760 (0.57)	4,7691	6,6308 (1.39)	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5m 大型の供試石
N-19	28×26×17	17.5	5575.8	3952.8 (0.71)	10,7088	9,3301 (0.87)	4,4727	6,0957 (1.36)	
N-25	28×27×14	15.0	10191.9	9425.9 (0.92)	21,9613	14,9803 (0.68)	5,6993	3,4154 (0.60)	
N-27	24×24×19	16.5	6424.2	12259.3 (1.91)	22,4381	22,3734 (1.00)	14,7973	5,7276 (0.39)	
N-29	27×24×18	17.0	11323.2	8388.9 (0.74)	37,3475	20,3119 (0.54)	11,9004	10,2010 (0.86)	
C-2-2	19×19×28	20.0	5100.0	7446.4 (1.46)	19,8020	13,4014 (0.68)	10,5641	1,6210 (0.15)	注) () は 張芝/張板比 を示す
C-2-3	"	"	11320.0	8535.7 (0.75)	31,7899	21,6774 (0.68)	18,8185	7,9184 (0.42)	
E-2-1	φ 20×28	17.0	11454.6	9689.6 (0.85)	25,4275	6,0219 (0.24)	9,8536	1,9015 (0.19)	
E-2-2	"	18.0	10727.3	3750.0 (0.35)	33,0478	6,6920 (0.20)	10,3477	3,1095 (0.30)	
E-2-3	"	18.0	9868.7	5821.4 (0.59)	37,8649	16,8832 (0.45)	15,1090	7,2864 (0.48)	
E-2-4	"	17.0	7676.2	7446.2 (0.97)	35,2692	12,6809 (0.36)	15,0099	2,4099 (0.16)	
R-2-1	22×22×22	21.0	10242.4	7103.4 (0.68)	14,2414	4,2958 (0.30)	9,5083	0,9799 (0.10)	
R-2-2	"	20.0	11333.4	6571.4 (0.58)	27,2229	7,0143 (0.26)	11,7681	3,2709 (0.28)	
R-2-3	"	"	11909.1	6017.8 (0.51)	26,1174	11,7113 (0.45)	16,7771	1,7868 (0.11)	
R-2-4	"	"	8030.3	5714.3 (0.71)	22,6491	15,2706 (0.67)	9,8260	7,9439 (0.81)	

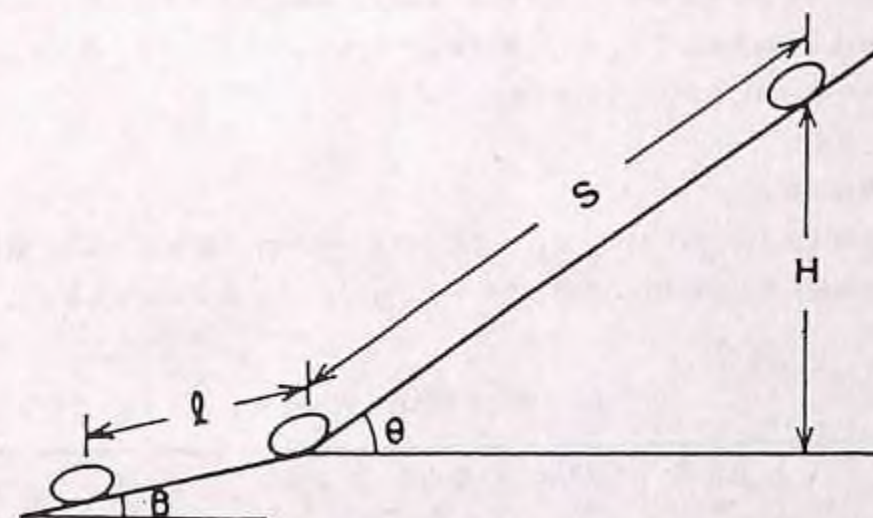


図-25 斜面模式図

カット土砂を沢筋へ押し出した斜面で、現在は上部6割強の部分に胸高直径3～10cm、樹高3～9.5mのヤマハシノキを主体に、ヤナギ類も混入した林分が成立している。林分の下部は岩礫の裸地状態が続く、緩斜地にはササが生えている。また林床植生はウド、フキ、ヨモギ類の大型草本が見られる斜面である。定山溪No.5斜面は林道開設時の排土法面で、クマイザサが密生している斜面で、実験終了後密度調査のため、1×1mの面積に含まれるササを地際で切り取って持ち帰り、稈長、稈径(地際直径)、着葉数、葉の長さ、幅、分岐枝数、風乾重量を計測した。総本数77本で約半数が枯れていたが、全平均の稈長112cm(生立ササだけでは130cm)、稈径6.5mm、着葉数9.8枚、分岐枝数2.1本、風乾重量28.5gという状況下のササであった。一方、望来の実験斜面は海岸の段丘斜面で、最下部にごくわずかに崖が見られる程度の裸地斜面である。

実験に際し斜面を測量して落石供試石の落下開始点を決め、緩急斜面の勾配変換点に測線をとって落石の落下所要時間、停止距離の測定に供した。

落石供試石は現地で採取したが、取扱い上重量は最大89.5kgから最小2.1kgの石であった。また形状は丸味のあるものから偏平な板状のものまで様々で、大きさは長径55.5～12cm範囲、短径47～6cm範囲のものを使用した。

これらの供試石を初速度0で落下させ、測線をよぎる落下所要時間および測線から停止位置までの停止距離を計測した。ただ定山溪No.4斜面は、林分の落石抑止効果をみるため、急斜面途中の林分下端に第1測線を設け、林分を通過してくる時間を測定した。また他斜面と

同様に緩急斜面変換点に第2測線を設けたが、この線を通過する石はごくわずかだった。なお林内の立木位置を予め測定し、落下供試石が衝突、接触、停止する位置および痕跡高、落下移動経路等を観察測定した。そして時間測定にはストップウォッチを、落下態様は観察するほかビデオ装置にも録画して解析に供した。

2) 結果と考察

① 動摩擦係数 μ

斜面模式図(図-25)から、落石の運動方程式を解いて、斜距離 S は斜面の傾斜角 θ 、動摩擦係数 μ および落石が斜距離 S を落下する時間 t より、次式で求められる。

$$S = \frac{g}{2} (\sin \theta - \mu \cos \theta) t^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 g : 重力加速度

実験斜面の測量から、 S 、 θ が既知であり、実験から落石の落下所要時間 t を計測することで、その斜面の動摩擦係数を(2)式で逆算することができる。

$$\mu = \tan \theta - \frac{2S}{g t^2 \cos \theta} \quad \dots\dots\dots (2)$$

表-8に μ の実験結果を要約した。表から定山溪No.4斜面のヤマハンノキ林、定山溪No.5のクマイザサ、定山溪No.2の緑化植生の順で高い値を示し、裸地斜面の値より高く、木本、草本植生の摩擦抵抗の大きいことが数値上でも明示された。また裸地斜面の μ 値が、いずれも平均値で0.5台の値となったことは、これまで道路関係で行われた実験結果に照して高い数値といえる。

② 落石の落下速度 V_H と残存係数 α

落石の運動方程式を解いて、落下速度 V_H を求める式を導くと次式となる。

$$V_H = \sqrt{2gH(1 - \mu/\tan \theta)} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ところで、 $\alpha = \sqrt{1 - \mu/\tan \theta}$ とすると(3)式は(4)式のように書き改められる。

$$V_H = \alpha \sqrt{2gH} \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに α は残存係数といわれ、高さ H から初速度なしで自由落下するときの落下速度に対して、斜面上を滑・転動および飛跳して降下移動する落石の速度比を示す。

一般に残存係数は斜面の勾配にあまり影響されず、斜面の土質、凹凸等微地形、落石の形状、地被状態に大きく左右されるといわれる。実験の結果は表-8に示されるが、定山溪No.4斜面の残存係数値は小さく、落下速度が自由落下速度に対して4割強程度の速度比で、しかも標準偏差も最も大きい値を示している。次いで、やはりササ密生斜面の値が小さく、緑化植生斜面がそれをややうまわる数値で、落石が林木やササ、草生類に衝突・接触することで速度を減じたことを裏づけた。

林内での落石の動態は、落下して林木に衝突すると反動で斜面上方に押し戻され、一瞬停止したかに見えるが、まだ下降エネルギーのあるものは、また再落下を開始するという動きをした。衝突して下降エネルギーを解放したものはそこに停止した。接触した場合はそこで下降方向が変えられる。林木が細い場合には、大きい供試石は木をその下に巻き込み、圧倒して下降する。観測された接触・衝突高の痕跡は最高地上80cm、落石の最大接

表-8 実験斜面の状況と実験結果

項目	定山溪 No.1	定山溪 No.2	定山溪 No.3	定山溪 No.4	定山溪 No.5	望 来
斜 面	林道切取 法面	林道切取 法面	林道切取 法面	林道押出 法面	林道押出 法面	海岸段丘 斜面
斜 面 長 S (m)	19.03	19.11	21.73	23.50	12.88	40.48
斜 面 高 H (m)	13.58	12.96	14.82	14.34	8.84	30.48
急斜面傾斜角 θ°	45.5	42.7	43.0	37.6	43.4	48.9
緩斜面傾斜角 β°	-3.3 (逆勾配)	1.8	2.5	7.8	8.0	5.6
急斜面の地被	裸 地	緑化植生 被覆	裸 地	ヤマハン ノキ林	クマイザ サ密生	裸 地
緩斜面の状態	林道路面	林道路面	林道路面	岩礫裸地 ・ササ地	裸 地 (粘性土)	砂 浜
供試落石個数	27	27	29	34	26	26
動摩擦係数 $\frac{\sigma}{\mu}$	0.0865 0.5052	0.0931 0.6105	0.0912 0.5026	0.0643 0.6280	0.0819 0.6141	0.0943 0.5477
残 存 係 数 $\frac{\sigma}{\alpha}$	0.0615 0.7075	0.0896 0.5751	0.0762 0.6748	0.0972 0.4154	0.0787 0.5871	0.0560 0.7203
反 撥 係 数 $\frac{\sigma}{e}$	0.1292 0.4962	0.2284 0.6255	0.1486 0.5442	— —	0.1868 0.4456	0.0842 0.3876
$\bar{e}/\bar{\alpha}$	0.70	1.09	0.81	—	0.76	0.54

触、衝突林木本数は14本だった。

一方、裸地斜面は残存係数値も大きく、かつ偏差も小さく、特に望来斜面の場合がその傾向が顕著であった。

結果として、裸地斜面では落下速度が植生斜面より速く、その偏差も小さいことが裏づけられた。

③ 反撥係数 e

上部急斜面から落下してきた岩石は、それに続く緩斜面に侵入してやがて止まる。この停止斜距離を停止距離 ℓ として測定した。この停止距離 ℓ は上部急斜面における落石エネルギーもさることながら、緩斜面の傾斜角、土質、粗度、植生状況等で異なることが予想される。

今、図-25のように緩斜面の傾斜角を β 、動摩擦係数を μ' とすると、緩斜面に降下移動してきた落石の運動方程式は(5)式となる。

$$m \frac{d^2 \ell}{dt^2} = mg (\sin \beta - \mu' \cos \beta) \quad \dots\dots\dots (5)$$

(5)式から時間 t について積分し、 $t = 0$ のとき $d\ell/dt = V_0$ の初期条件を代入して ℓ を求める次式が導かれる。

$$\ell = V_0 t + \frac{g}{2} (\sin \beta - \mu' \cos \beta) t^2 \quad \dots\dots\dots (6)$$

なお落石が停止するまでの時間を T とすると、 T は(7)式で求められる。

$$T = \frac{V_0}{g (\mu' \cos \beta - \sin \beta)} \quad \dots\dots\dots (7)$$

したがって(6)、(7)式より、急斜面から初速度 V_0 で緩斜面に落下してくる石の停止距離 ℓ は(8)で求まる。

$$\ell = \frac{V_0^2}{2g (\mu' \cos \beta - \sin \beta)} \quad \dots\dots\dots (8)$$

落下高 H に対し、落下速度 V_H をもつ落石が、緩斜面で減速されて運動エネルギーを失う。したがって V_0 は V_H に反撥係数 e を乗じた値と解釈される。すなわち、(9)式で表わされる。

$$V_0 = e V_H \quad \dots\dots\dots (9)$$

(9)式と、(3)式あるいは(4)式を(8)式に代入して、 ℓ を導く式を書きかえると(10)式となる。

$$\ell = \frac{\alpha^2 e^2 H}{(\mu' \cos \beta - \sin \beta)} \quad \dots\dots\dots (10)$$

(10)式を変形して e を導く次式が得られる。

$$e = \sqrt{\frac{\ell (\mu' \cos \beta - \sin \beta)}{\alpha^2 H}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

(11)式から、仮りに $\mu' = 0.4$ として、計測して得た ℓ 、 α 、 H 、 β 値を代入して計算して求めた反撥係数 e の結果を要約すると表-8に示される。

定山溪No.4斜面は緩斜面に突入したものはごく少数だったので削除した。

他の5斜面の値は0.39~0.63の範囲に含まれ、流下速度の約6割以下に減殺されたことを示した。定山溪No.2斜面の高い値は、緩斜面が林道路面で乾燥しており、凹凸もほとんどなくよく整備されており、すべりやすい状態だったことが影響しているかもしれない。逆に値の小さい望来斜面は、湿った砂地の緩斜面であり、定山溪No.5の場合は湿った粘性土斜面であったことが原因しているものと思われる。

また、残存係数に対する反撥係数の割合 (e/\bar{e}) は、緩斜面における減速効率を示す指標と考えられるが、その値は定山溪No.2斜面では1以上となり、植生斜面から裸地路面に入って、相対的に加速された形となる結果を示した。望来斜面の値は小さく、前述のように緩斜面の構成土質が砂浜であったためと解され、落石の落下移動距離を減ずる場合の1つの工法としても示唆に富むものといえよう。

(4) 林木の落石防止・軽減効果

1) 林木の根系分布

斜面における林木の落石防止効果においては、落石源となる岩石を林木の根系の網効果によって固定保持する作用が重要な役割を果していると考えられる。そしてその根系の張り方は、岩礫地や傾斜地では通常の林地土壌中と、かなり違った形態であろうと予想される。したがって、林木根系の落石発生抑制効果を評価するためには、その分布を把握し、さらにその分布量から、定量的に落石防止・軽減効果を評価することが必要である。

ここでは、まず各種斜面条件下での林木根系分布の実態をさぐるため、現地調査を実施しその手掛りを得ようとした。

① 調査方法と調査地

岩礫地や傾斜地に調査対象木を選定し、根系を明瞭にして、その根株を中心に方形コドラートを設け、各方眼内に含まれる根系1本ごとの長さや直径を計測した。なお、直径5 mm以上の根系を対象として解析に供した。

調査地は手稲山の岩礫地と定山溪営林署管内の林道切取法面で、前者の調査地は岩礫堆積地で傾斜も緩で対象木は針葉樹のエゾマツ、広葉樹のオヒョウ、イタヤカエデ、ダケカンバ (No 1 ~ No 4) の4カ所で測定した。後者では2カ所で調査を行い (1, 2区とする)、1区は斜面傾斜角 38.5°, 崖の発達した土壌の厚い斜面で、シラカンバが7本株立 (平均樹高13m, 平均胸高直径 12.5 cm) している。2区は傾斜角 42°, 土壌は薄く、岩盤が露出した斜面で、根元が接触したミズナラ、シラカンバが対象木 (平均樹高 8 m, 平均胸高直径 10.5 cm) である。

② 結果と考察

根系は長短、太いもの、細いもの各種あり、これらがふくそうし、複雑にからみ合っており、岩礫・土塊の緊縛効果を発揮し、樹体を維持しているものと解される。したがって樹木の根系による岩礫および土塊の緊縛効果の高さは、その面積に含まれる根系量に左右され、根系が太く、長いほど、すなわち投影面積が大きく、かつ本数が多いことに比例して効果も高まると考えられる。また根系の土石緊縛効果は、根系の投影面積範囲だけでなく、その周縁に、ある角度の広がり分をプラスして効果を発揮するものと解される。このことを考え合わせると、根系の投影面積が同一の場合は根系本数が多い方が周縁の影響範囲だけ緊縛・固定化作用が大きくなるので有利と考えられる。これらの考え方から、手稲山の岩礫地の4調査区について、各分割方形毎に含まれる根系投影面積合計 a と根系本数 n について計測し、それらの積の平方根 ($\sqrt{a \cdot n}$) を指標として、調査コドラート毎の根系分布態様を森下の I_d で比較した。

結果を図-26に示す。結果としてランダム分布や規則分布ではなく、集中分布もしくは小さい集中班をもち、その集中班内の分布はランダム分布に相当するといわれる曲線形状に似た形を全ての調査区が示している。その中でも曲線形状の違いから、No 1のエゾマツの分布と他の広葉樹のNo 2 ~ No 4の分布との2タイプに分けることができるように見える。

また I_d 曲線の形状から、調査コドラートにおける根系分布が、集中分布あるいは集中班を持つことが判明したが、その集中班の概形すなわち規模がどの程度かを示すものが図-①中に破線で示した折線である。この折線のピークが現われる方形区の大きさがその集中班の大きさを表わすといわれる。この調査例ではほぼ 0.32 m² の規模で集中班を構成して分布していることが知れた。

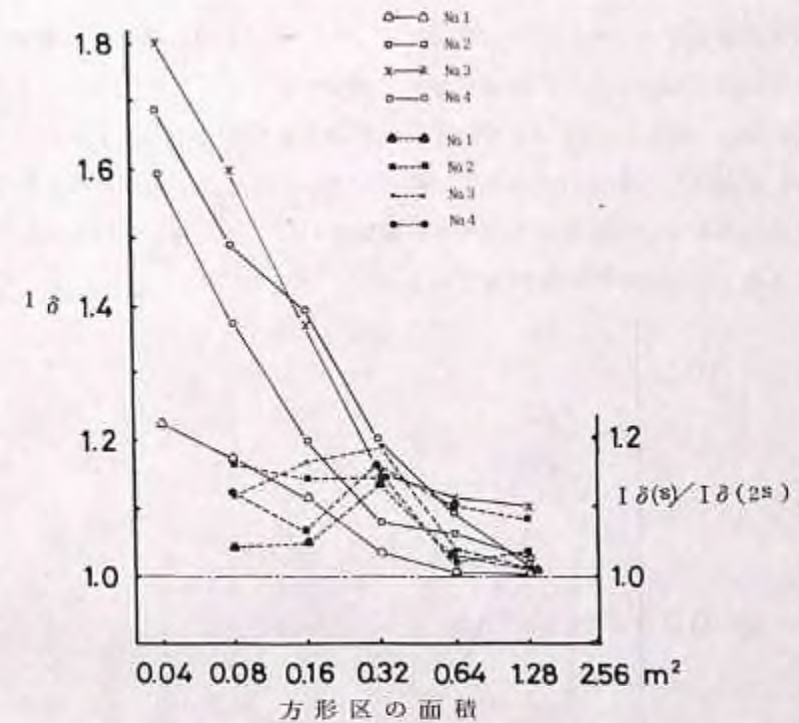


図-26 根系の分布

定山溪の2区において、計測資料から根系量の分布を表わす指標として、 L : 根系長の指標、 A : 根系断面積の指標、 V : 根系材積の指標を各方眼毎に算出した。

$$L = \sum \ell_i, A = \sum a_i = \sum (d_i/2)^2 \cdot \pi, V = \sum a_i \cdot \ell_i$$

ここで i : 各方眼に含まれる根系本数, ℓ : 根系長, d : 根系直径, a : 根系断面積, X : 方眼の一辺長。

一方、根系による落石発生抑制効果は根系の岩礫・土塊を緊縛する力によって表現されることが考えられるため、その指標値として $F = P \cdot A$ を用いた。ここに $P = L/X$ とする。すなわち1本1本の根系の持つ緊縛力は、その断面積に比例し、緊縛力の及ぶ範囲は根系の本数密度に比例すると仮定し、各方眼内の根系断面積指標値 A と本数密度 P の積を指標値とした。この F 値を各方眼毎に求め、両区を比較した。なお両区の調査方眼辺長の大きさが異なるため、それを調整して算出単位を同一にそろえて比較に供した。

A , L , V の各計測値から、根元を中心とする同一半径上の方眼の、各指標の平均値を求め、半径方向の分布として比較検討した。なお平均値を求める際、根系の分布しない方眼を除外してその値を求めた。

根系材積値Vの分布は図-27に示すように、1区の場合約2.3 mまで、2区の場合1.0 mまで急激に減少し、それ以後は徐々に減少する形をとる。同じ半径上での2区の値は1区の約20～40％、平均32％であった。根系長値Lの分布は、1区の場合1.0～1.5 m間にピークがあり、それ以後はしだいに減少する。これは中心部に太い根が多いためである。2区は増減の多い分布傾向を示すが、概観すれば1区と同じ傾向を示している。2区の値は1区の90～60％で平均72％である。

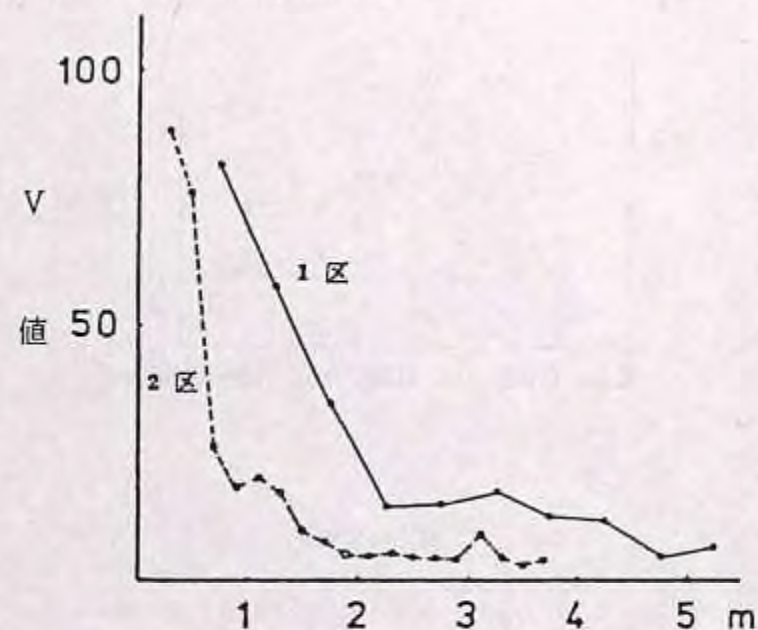


図-27 根系材積の分布

根系断面値Aの分布は、1区では2.3 mまで、2区の場合1.8 mまで急激に減少する分布傾向を示す（図-28）。同半径上での2区の値は1区の90～60％で平均74％となっている。

落石発生抑制効果の指標と考えたF値の分布は、V値の分布ほどの差は見られず、両区とも2 m付近まで減少し、それ以後は0.4～0.2の値を示し、2区のF値は1区の95％程度になる分布を示し、明瞭な差とはいえない結果となった（図-29）。

次にF値の面積的な分布傾向に、両区で違いがあるか検討してみた。

F値を6つの階級に分け、各階級に属するF値を示した方眼の合計面積を算出し、かつそれらを各階級で積算した値も求めた。そして各階級毎の積算面積値を2区/1区の形で対比した。それらの結果が表-9である。

F値が1.0を上回る面積は少なく、1区で調査面積の約10％、2区で約4％であった。

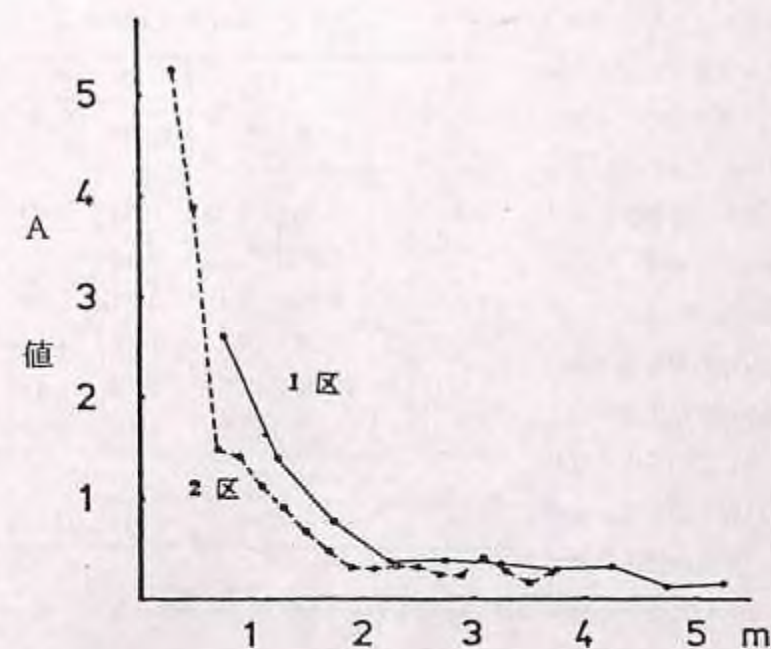


図-28 根系断面値の分布

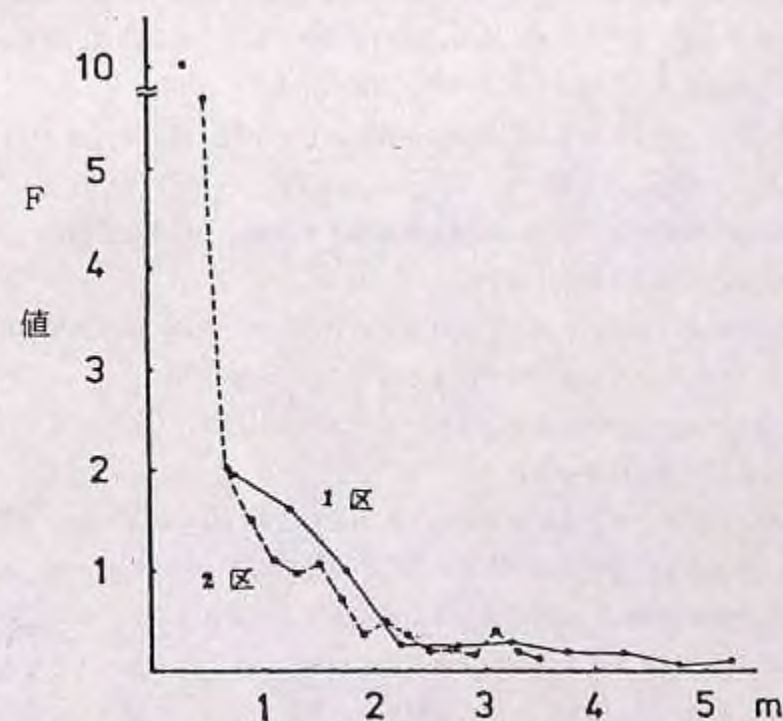


図-29 F値の分布

表から $F = 4.0$ 以上では2区が1区の3倍強、 $F = 0.1$ 以上で2区は1区の3割弱と、2区はF値の大きい部分と逆に小さい部分とに極端に偏在した面積割合で分布していることが知れた。

以上定山溪の現地調査からは、2区のような土壌が浅く岩盤の露出しているような斜面地では、根系の分布する範囲は狭く、F値の分布面積の

検討から、落石発生抑制効果の及ぶ面積も狭いことが判明した。

2) 落石エネルギーに対する林木の効果

林木の落石防止効果として大きいものは、まずその根系網で、発生源において岩石を固定し、落下移動を抑制することであるが、そのほかにも発生した落石を樹幹で受け止め、衝撃を吸収し、落下エネルギーを減殺したり、方向を変換したりその効用は大きい。今、落石防止林としての森林樹木の有効性を考えれば次の諸点が考えられる。

- ① 表面侵食の防止：水による岩石基部の侵食に対し、樹冠、根系、落葉落枝により斜面を保護し、落石発生を防止する。
- ② 土層岩礫層の緊縛保持：根系が風化土層岩礫層を緊縛しその強度を高め、崩壊を防ぎ、これに誘発される落石を防止する。
- ③ 温度変化の緩和：地表面の激しい温度変化をやわらげ、凍結、融解作用を緩和する。
- ④ 防風効果：林内の風を弱め、強風による落石を防止する。
- ⑤ なだれ発生の防止：樹木により、雪のクリープ・滑動抑止、なだれ発生を防止し、雪の移動に伴う落石発生を防止する。
- ⑥ 落石衝撃力の緩和：落石の樹幹衝突のくりかえしや幹折れ等によって落下エネルギーを減殺する。また林地土壌は膨軟であり、落石の地面への衝突時にそのエネルギーを吸収し、飛跳現象の発生を抑制し、場合によってはめり込んで停止させる。

以上の効用を持つ樹木を落石防止対策として、積極的に導入すべきものと考えられる。

ここでは特に樹木の落石衝撃に対する緩衝性や強度評価について検討してみる。

木材の衝撃吸収機構の研究における実験で、木材は、発泡スチロールのもつ緩衝能（吸収

表-9 F値の面積分布

F 値		1 区		2 区		積算面積 の2区比率
		面積	積算面積	面積	積算面積	
> 4.00	5	0.25	0.25	0.84	0.84	3.36
~ 3.00	4	1.00	1.25	0.16	1.00	0.80
~ 2.00	3	2.50	3.75	0.64	1.64	0.44
~ 1.00	2	2.50	6.25	1.52	3.16	0.51
~ 0.10	1	21.25	27.50	4.28	7.44	0.27
~ 0.01	+	14.50	42.00	2.48	9.92	0.24
胸高断面面積		1 区		2 区		比率
		879.17		182.91		0.21

エネルギーが大きく、外部から加わった力を伝達しにくい性質）も備えつつ、かつ鋳鉄のもつ外力に抵抗する強度も適度に兼ね持つ材料と評価している。そして供試片の衝撃実験から、半径方向で最も吸収エネルギーが大きいことを報告している。

一般に木材の衝撃曲げ試験は、図-30の模式図の要領で行われ、 α 、 β を測定することで、衝撃仕事Uを次式で算出する。

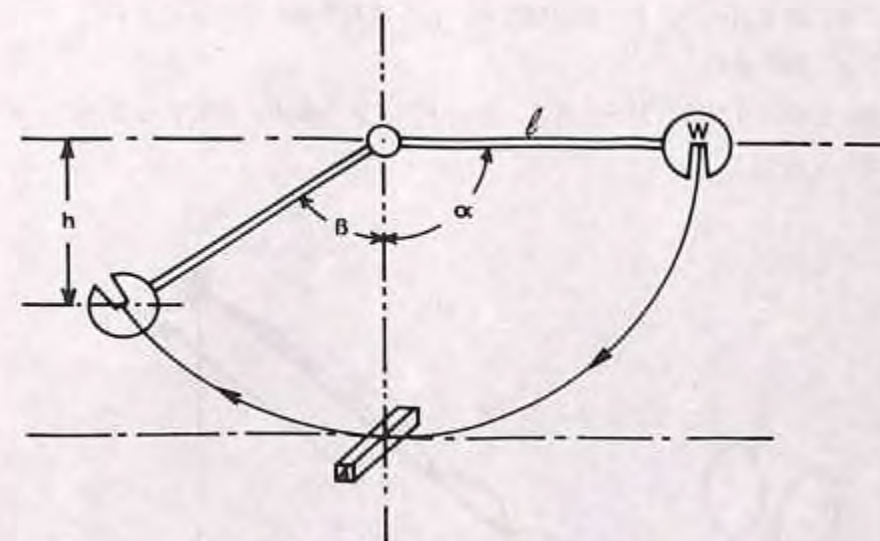


図-30 木材の衝撃曲げ試験模式図

$$U = W \cdot l (\cos \beta - \cos \alpha) = W \cdot h \quad \text{..... (1)}$$

ここに、W：ハンマー重量、 l ：ハンマーのアーム長、 α ：ハンマーの持ち上げ角度、 β ：ハンマーが試験片を破壊して反対側に振上った角度、 h ：ハンマーが試験片を破壊する前後における比高。

結局、衝撃仕事は試験片の破壊によって吸収されたエネルギーに等しく、その試験片の断面積Aで除して、衝撃曲げ吸収エネルギー a と称している。

$$a = W \cdot h / A \quad (\text{kg} \cdot \text{m} / \text{cm}^2) \quad \text{..... (2)}$$

ところで落石の運動エネルギー E_m は、落石の線速度エネルギー E_v ($1/2 \cdot mV^2$) と回転エネルギー ($1/2 \cdot I_w \omega^2$) との和で示される。

$$E_m = E_v + E_r \quad (\text{kg} \cdot \text{m}) \quad \text{..... (3)}$$

これまでの実験の集積から、 $E_r = 0.1 E_v$ といわれている。

したがって(3)式は(4)式のように書き改められる。

$$E_m = (1 + 0.1) E_v = 1.1 \left(1 - \frac{\mu}{\tan \theta}\right) W \cdot H$$

$$= 1.1 \alpha^2 W \cdot H \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここに、 μ ：動摩擦係数、 θ ：斜面傾斜角、 W ：落石重量、 H ：落石落下高、
 α ：残存係数

いま、図-31のような落石斜面を考え、斜面下部にある樹木に衝突する場合の樹木の強度評価を試算してみる。

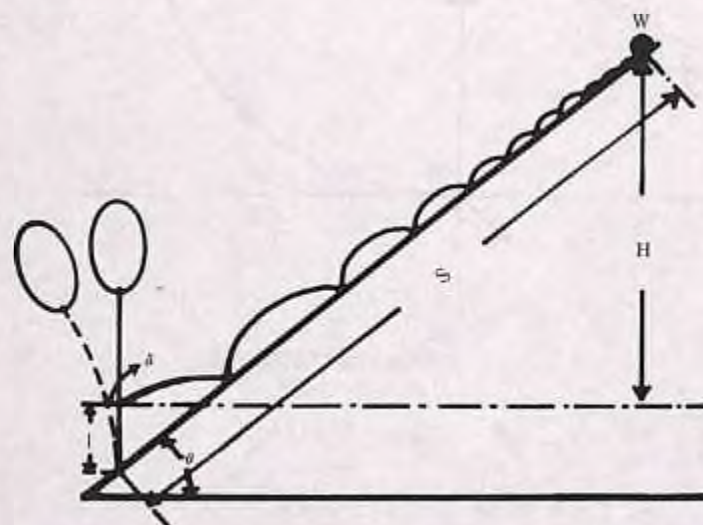


図-31 落石斜面模式図

樹木を根部の回転を考えない、円柱片持梁と考えて計算する。

片持梁の最大曲げモーメントは自由端荷重の場合で、一般に次式で示される。

$$M_{\max} = -P \cdot \ell \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、 M_{\max} ：最大曲げモーメント、 P ：荷重、 ℓ ：スパン。

また最大たわみ δ_{\max} については、(6)式で表わされる。

$$\delta_{\max} = \frac{P \ell^3}{3 E_b I} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに、 E_b ：曲げヤング係数、 I ：断面2次モーメント

樹木も弾性材料と見なせば、弾性比例限界内で貯えるエネルギー U （仕事）は次式で示せる。

$$U = \frac{P \cdot \delta}{2} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(7)式に(6)式を代入して(8)を得る。

$$U = \frac{P^2 \ell^3}{6 E_b I} = \frac{3 E_b I \delta^2}{2 \ell^3} \quad \dots\dots\dots (8)$$

(8)式から、逆算して荷重 P も次式で求められる。

$$P = \frac{3 E_b I \delta}{\ell^3} = \sqrt{\frac{6 U E_b I}{\ell^3}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

落石の衝撃曲げ荷重に対し、抵抗する樹木が安全かどうかは、次の曲げ強度式で算出した値に対し、その樹木の固有強度がまされば安全となるわけである。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (10)$$

ここに、 σ_b ：曲げ強さ、 Z ：断面係数

図-31の斜面模式図で、諸条件を以下のとおりに仮定して概算してみる。

S ：落石発生点から樹木根元までの斜面長（ $S = 20.00\text{m}$ ）

θ ：斜面傾斜角（ $\theta = 40^\circ$ ）

ℓ ：落石が落下してきて樹木に衝突する地上高（これまでの実験から、落石が斜面上を落下してくるとき、落下軌跡の斜面垂直高 h は、ほぼ 2m に収れんするといわれている。したがってここではこの結果から逆算して $\ell = 2.61\text{m}$ とした。また落石の樹木に衝突する角度は、最大荷重となるよう水平とした）

H ：落石が樹木に衝突する位置の斜面高（ $H = S \sin \theta - \ell = 12.86 - 2.61 = 10.25\text{m}$ ）

W ：落石重量（ $W = 20.0\text{kg}$ ）

α ：残存係数（これまでの実験結果から、 $\alpha = 0.7$ とした。）

一方、衝突される側の樹木については、落石危険地斜面の現地調査で、出現数の多かったイタヤカエデを対象樹種とした。

樹木の諸条件についても、これまで行われた木材強度実験の結果を借用して、そのまま生立木条件でもあてはまるものとして次のようにした。

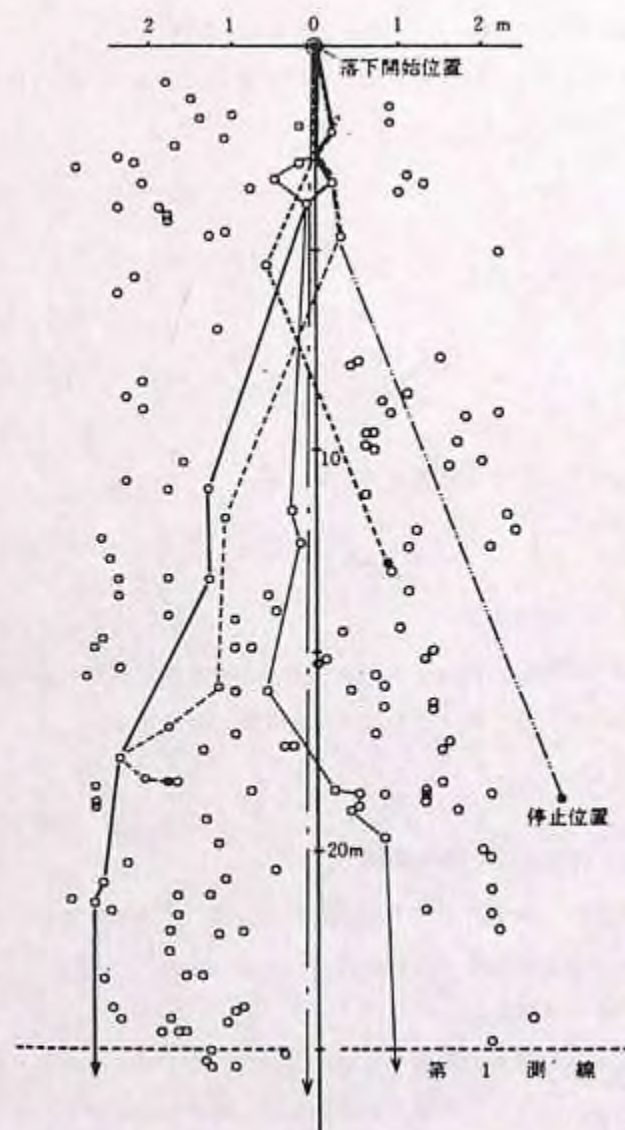


図-32 落石の林内行跡の一例
(定山溪 No.4 斜面)

a : イタヤカエデの衝撃曲げ吸収エネルギー ($a = 0.80 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{cm}^2$)

$\sigma_{b\ell}$: イタヤカエデの曲げ強さ ($\sigma_{b\ell} = 700 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

E_b : イタヤカエデの曲げヤング係数 ($E_b = 90 \times 10^3 \text{ kg}/\text{cm}^2$)

I : 断面2次モーメント (円形として, $I = \pi \cdot d^4/64$)

Z : 断面係数 (円形として, $Z = \pi \cdot d^3/32$)

d : イタヤカエデの衝突位置の直径 ($d = 30 \text{ cm}$)

ℓ : 落石が樹幹に当る地上高 ($\ell = 2.61 \text{ m}$)

以上のような落石斜面条件と樹木条件において、概算結果を示せば以下のとおりとなる。

イ. 落石の運動エネルギー

$$E_m = 1.1 \cdot \alpha^2 \cdot W \cdot H = 1.1 \times 0.7^2 \times 20 \times 10.25 = 110.50 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

ロ. 衝撃曲げ吸収エネルギーから推算した所要断面

斜面上部から落下してくる落石の運動エネルギーが、衝突したイタヤカエデの衝撃曲げ吸収エネルギーとして、全て吸収されると考えたときの、衝突位置における必要断面を推算した。

$$a = E_m / A \text{ から, } A = E_m / a$$

ここに、断面を円形として $A = \pi \cdot d^2/4$ とすると、

$$d = 2 \sqrt{E_m / \pi \cdot a} = 2 \sqrt{110.50 / 0.80 \pi} \\ \approx 13.3 \text{ cm}$$

ハ. イタヤカエデに加わる荷重

断面を円形として、 $d = 30 \text{ cm}$ から断面2次モーメントを算出し、それらを(9)式に代入して求める。

$$P = \sqrt{\frac{6UE_b I}{\ell^3}} = \sqrt{\frac{6 \times 110.50 \times 90 \times 10^7 \times 3.98 \times 10^{-4}}{(2.61)^3}} \\ \approx 3654.8 \text{ kg}$$

ニ. イタヤカエデの変形たわみ

落石の落下荷重による衝突位置でのたわみ量を(6)式から推算する。

$$\delta = \frac{P \ell^3}{3 E_b I} = \frac{3654.8 \times 2.61^3}{3 \times 90 \times 10^7 \times 3.98 \times 10^{-4}} \\ \approx 0.060 \text{ m} = 6.0 \text{ cm}$$

ホ. イタヤカエデの落下荷重による強度評価

落石によりイタヤカエデに加わる曲げモーメントに対して、この条件下のイタヤカエデが強度的に安全かどうかを検討する。

断面を円形として、曲げ強さ σ_b は(10)式より

$$\sigma_b = \frac{M_{\max}}{Z} = \frac{P\ell}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} = \frac{32 P \ell}{\pi \cdot d^3}$$

$$= \frac{32 \times 3654.8 \times 261}{30^3 \cdot \pi} = 359.9 \text{ kg/cm}^2$$

結果として、イタヤカエデの曲げ強さ $\sigma_{b\ell} = 700 \text{ kg/cm}^2$ より、この計算値は小さい値となった。よって、 $\sigma_b < \sigma_{b\ell}$ となり、このような条件での落石荷重に対して、直径 30 cm の衝突位置断面をもつイタヤカエデは強度的に安全という概算結果がでた。

以上落石の落下エネルギーに対する単木樹木の効果について、試算してみたが、落石防止林として発展させるためには、林分構造等やその施業管理法まで多くの詳細な検討が必要である。

3. 落石防止対策のための森林施業

(1) 林木の落石防止機能

この試験では、落石防止のための最適な林分構造および立木配置がどのようなものであるかを明らかにし、その実現のための手段を検討することを目標にしてきた。その基礎は、林木による落石防止機能を定量的に把握することであるが、この種の問題は未開拓の分野であって、岩石の落下が立木によって阻止された事例の報告や、落石防止効果の定性的な解説のほかには、数量的評価に結びつく研究成果は見当たらない。過去 3 年間の試験の結果も、目標とすべき林分型を妥当な根拠に基づいて想定するという点では極めて不十分な段階にあるが、現状の確認という意味で、問題点の所在と解決の方向を考えてみたい。

一般に、林木による落石防止の機能は次のようだとされている。

- 1) 浮石の発生原因となる雨水、融雪水による表土の流亡の抑制
- 2) 根系が土層や岩石を緊縛することにより落石の発生を防止する。
- 3) 雪の移動をとめ、なだれによる落石を防止する。
- 4) 地表面の温度変化をやわらげ、凍結、融解現象をおさえることで剥離型の落石を防ぐ。
- 5) 落葉、落枝の堆積、分解によって土壌を膨軟にし、岩石の衝突のエネルギーを吸収する。
- 6) 樹幹との衝突によって落下エネルギーを減殺し、最良の場合には捕捉して停止させる。

このうち 2) については、さきに現地の実態を示したが、この項を含め、1) ~ 5) は森林がそこに成立していることによる間接的な効果であって、場所的な条件と切離した評価は不可能である。一方、6) は最も直接的な効果で、この項目を満足する林の状態は、他についても相当の

程度まで充足しうると考えてよい。したがってここでは、衝突による落下エネルギーの減殺効果のみを考えることにする。

落石の運動は、裸地斜面の場合でも石の形状や大きさ、地表面の条件によって複雑に変化し、解析的な表現は困難だといわれている。

このため多くの落石実験が行われ、結果の統計的処理によって平均的な動きが分析されている。しかし、林木との衝突が加わる、より複雑な場合を考えると、こうした実験的な手法だけで、林分間の比較について何等かの結論に達するのは不可能と思われる。実験計画や計測の難しさを別にしても、通常の立木密度、および構造をもつ林分では、立木の断面積を考慮しても、1 回の試行で衝突のおきる確率はごく微小で、林分としての評価を下すまでには多くの試行を必要とするからである。

こうした事情のもとで可能性のある一つの方法は、電子計算機に落石実験を行わせることである。もし、偶然変動を含めて合理的な落石の運動モデルを構成できれば、地形や林分条件の多様な組合せについて、機能の定量的な比較が可能になる。

落石の運動は基本的には力学法則にしたがうわけで、裸地または植生が草本の場合の法則性からの変動は、実験的にかなりのところまで調べられている。したがって、立木に衝突してから次の木に衝突するまでの落石の行動に関しては、それらが準用できると思われる。問題は、衝突直後の落石の速度と方向をどのように定式化するかである。さきに述べた力積による衝撃エネルギーの計測もこのための準備であるが、いまのところ落石と林木間の相互作用を衝撃力との関係で明らかにできるデータは存在しない。これはおそらく、落石の形状や回転エネルギー、衝撃力の作用点の高さなどを考慮しないとしても、かなり面倒な問題になりそうである。

例えば、衝撃力に対して立木の断面が十分小さければ、落石の方向と速度はほとんど変化せずに幹折れや倒伏が生ずると思われる。逆に木の断面積が大きいときの衝突は、堅固な壁に対するのと同じく、力の作用方向と逆向きにある比率の反撥力が働くであろう。

厄介なのは両者の中間で、立木が変形しながらいったん落石を受けとめ、そのあと逆方向に押しもどす場合である。このときには、樹幹の曲げ強度や力の作用時間、反撥力などが複雑に作用しそうである。

いずれにしても、計算機実験の基本的な部分に欠落があるわけで、この課題の解決には今後適切な実験方法により必要最小限の資料を整備していく必要がある。

これとは別に、衝突による減速効果の最も控え目な見積りとして幹の中心方向への衝撃力が立木によって完全に吸収され、反撥が生じないというモデルが考えられる。これは進行方向の変化による効果のみを評価しようとするもので、方向の変化が大きくなければ、明確な減速効果は期待できないのであるが、計算機実験のモデルの組立てを考えるステップとして、定山溪

第4斜面の落石実験のデータでこの分析を進めてみよう。

進行方向の変化による減速

この実験は、傾斜角 37.6 度の斜面の上部に設けた幅 5 m、傾斜方向の長さ 23.5 m のプロットで行われた。試験区画の中には、ヤマハンノキを主とする直径 1-10 cm、樹高 2-10 m の天然生幼樹木が密生しており、それらの平均は直径が 3.5 cm、樹高は 5.4 m で、ha 当たり本数と断面積は 12,250 本と 14.7 m² であった。

プロットの上の境界線の中央から供試石を落下させ、プロットの下端の測線を通過するまでの時間を計測するとともに、衝突した立木の番号を記録して立木位置図から落下径路を決定した。

34 個の供試石を落した中で、斜行してプロットの外に逸走した 3 個を除いた供試石の諸元および林木との衝突回数、測線への到達時間を表-10 に示す。全く立木に接触することなくプロットを通過したのは 1 個だけで、他はすべてどれかの木に衝突している。特に全体の 1/4 強にあたる 9 個が立木の抵抗で停止しているのが注目される。このようなエネルギーの減殺効果を平均的に表示するのが、さきの動摩擦係数 0.628 である。ただし計算には途中で停止したものは含まれていないから、実質的な効果は数字の示す以上に大きい。

さてここでは、供試石の行動径路から衝突後の速度変化を試算し、計算機実験の原型を示すのが目的である。そこで、プロットの上の境界線を X 軸とし、その中央に原点をとって斜面の下側を Y 軸の正の方向と定める。また供試石は、衝突した木の位置を次々に結んだ直線の上を動いたものと考え、その進行方向を Y 軸からの角度で測って X 軸の向きと同じ符号をつけて左右を区別する。すなわち、i 番目に衝突した立木の座標を X_i、Y_i とすると、立木 i から i+1 にいたる進行角は

$$\alpha = \arctan \left(\frac{X_{i+1} - X_i}{Y_{i+1} - Y_i} \right)$$

である。

問題を簡単にするために立木の断面を円、供試石を球と仮定すると、 α の進行角で立木に衝突した落石が、その後方向を変えて β の角度で進んだ場合の速度は

$$v_E = v_H \cdot \sin \varphi$$

となる。ここで v_H は衝突時の速度で

$$\varphi = \beta - \alpha \quad (\beta > 0 \text{ のとき})$$

$$\varphi = \alpha - \beta \quad (\beta < 0 \text{ のとき})$$

表-10 供試石の諸元および実験結果

供試石 No	寸 法			重 量	衝 突 回 数	測線への 到達時間	摘 要
	長 さ	幅	長 さ				
	cm	cm	cm	kg	回	秒	
1	23.0	26.2	11.2	9.8	4	8.97	
4	28.0	15.6	7.3	8.0	5	—	stop
5	26.0	22.1	21.1	13.4	3	9.14	
6	32.0	14.5	13.8	10.5	4	—	stop
8	22.0	21.6	18.0	9.3	2	7.49	
9	24.0	16.6	16.5	7.2	4	10.78	
10	31.0	19.1	15.9	10.1	3	—	stop
11	38.0	30.0	10.3	13.0	3	7.36	
12	19.0	18.9	18.6	7.5	3	5.14	
13	28.0	27.1	12.4	10.2	3	5.89	
16	25.0	22.4	8.9	3.8	4	—	stop
18	47.0	23.2	20.8	22.3	6	—	stop
20	25.0	23.3	19.0	15.0	3	7.36	
21	38.0	24.8	24.1	30.2	9	13.64	
22	42.0	30.9	16.0	24.2	7	10.55	
23	30.0	19.6	15.4	13.3	4	9.02	
24	20.7	21.0	14.0	7.3	0	5.49	直 通
27	34.0	30.0	17.8	20.5	7	6.87	
28	41.0	31.3	20.0	31.0	5	6.62	
29	28.0	21.0	15.0	10.0	1	6.75	
30	25.0	22.5	13.0	9.5	5	—	stop
31	53.0	40.4	31.4	63.8	7	7.53	
32	36.0	29.6	22.0	20.7	14	11.13	
33	24.0	21.0	14.8	9.0	6	8.12	
34	45.0	40.0	24.6	52.0	6	7.17	
35	23.0	10.8	10.4	3.8	4	—	stop
36	22.0	13.4	12.4	5.0	7	—	stop
37	20.0	14.2	12.8	4.4	5	8.74	
38	42.0	25.1	19.6	22.5	10	—	stop
39	37.0	26.0	20.4	20.8	9	12.08	
40	28.0	19.0	18.4	12.4	7	6.92	

である。すなわち、 v_E は v_s の β 方向の分力になっている。

ところで、初速 v_0 で Y 軸に対して α の角度で落下する物体の時刻 t における X、Y 方向の速度分力は、斜面の傾斜角を θ として

$$X: v_x = v_0 \sin \alpha - \mu g \cos \theta \cdot t \quad (1)$$

$$Y: v_y = v_0 \cos \alpha - g (\sin \theta - \mu \cos \theta) \cdot t \quad (2)$$

で与えられる。また時間 t 内の X および Y 方向の変位は

$$\Delta x = v_0 \sin \alpha \cdot t - \frac{1}{2} \mu g \cos \theta \cdot t^2 \quad (3)$$

$$\Delta y = v_0 \cos \alpha \cdot t + \frac{1}{2} g (\sin \theta - \mu \cos \theta) \cdot t^2 \quad (4)$$

になる。ただし g は重力の加速度で μ は立木がないときの動摩擦係数である。

仮定により、立木 i と $i+1$ 間の移動における変位は

$$\Delta x = X_{i+1} - X_i, \quad \Delta y = Y_{i+1} - Y_i$$

また進行角は

$$\alpha = \arctan (\Delta x / \Delta y)$$

である。したがって、 v_0 が与えられれば(4)式を t について解き、 i から $i+1$ までの所要時間を求めることができる。さらに、この t を(1)と(2)式に適用し、 $v_s = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ によって、立木 $i+1$ に衝突するときの速度 v_s を計算する。立木番号 $i=1$ については $v_0 = 0$ であるから、これを出発点にして上の計算を順次繰返せば、希望する速度変化の状態を知ることができる。

立木がないときの動摩擦係数を 0.5 として、この方法で測線までの到達時間を計算すると表-11の第3欄のようになる。途中で停止したものも位置エネルギーの残存を考慮して、その地点から再落下するものとして全体の所要時間を求めている。

なお上の方法では、(4)式による t は一般に(3)式を満足しない。計算には i から $i+1$ へのコースをきめる二つのパラメータ、初速 v_0 と進行角 α が必要であるが、 v_0 は α に依存し、一方 α は幹のどの方向で衝突が生じたかがわからなければ推定できない。このための便法として、進行方向を i と $i+1$ を結ぶ直線ときめたのであるが、そのような進路は X 軸方向の加速度を仮定しなければ生じえない。実際の進行角は仮定したものよりかなり大きいものと思われる。このため表-11の計算では立木 $i+1$ への衝突速度 v_s の X 成分を(1)式でなく、 $v_x = \Delta x / t$ として平均速度を代用している。これは進行角を過少に、 v_x を過大に評価しているという二つの

表-11 減速効果の計算

供試石 No	測線への到達時間		形状・重量 指数	最少所要時 間に対する比	計算による	
	実 測	計 算			最 終 速 度	エ ネ ル ギ ー 比
	秒	秒			m/秒	
1	8.97	5.00	0.3	1.6	8.42	0.72
4	—	6.39	0.2		9.41	0.90
5	9.14	5.06	1.4	1.7	3.01	0.09
6	—	6.69	0.3		5.41	0.30
8	7.49	4.76	1.1	1.4	9.90	0.99
9	10.78	4.84	0.4	2.0	5.94	0.36
10	—	6.40	0.3		4.78	0.23
11	7.36	4.78	0.3	1.3	9.54	0.92
12	5.14	4.78	8.3	0.9	9.48	0.91
13	5.89	4.74	0.3	1.1	9.90	0.99
16	—	8.82	0.1		8.01	0.65
18	—	6.12	0.6		9.48	0.91
20	7.36	4.97	1.3	1.3	9.15	0.85
21	13.64	6.86	1.4	2.5	6.80	0.47
22	10.55	5.04	0.7	1.9	9.45	0.91
23	9.02	5.15	0.5	1.6	9.44	0.90
24	5.49	4.73	0.4	1.0	9.93	1.00
27	6.87	5.97	0.8	1.3	6.42	0.42
28	6.62	6.65	1.1	1.2	5.24	0.28
29	6.75	4.82	0.4	1.2	9.71	0.96
30	—	8.62	0.4		9.78	0.97
31	7.53	5.29	3.0	1.4	9.31	0.88
32	11.13	6.28	1.1	2.0	6.20	0.39
33	8.12	5.17	0.5	1.5	9.04	0.83
34	7.17	5.21	2.2	1.3	8.52	0.74
35	—	6.69	0.1		9.83	0.98
36	—	6.56	0.2		8.33	0.70
37	8.74	4.87	0.2	1.6	8.85	0.98
38	—	6.19	0.7		1.12	0.01
39	12.08	7.35	0.8	2.2	6.22	0.39
40	6.92	4.84	0.6	1.3	9.30	0.88

点で、到達時間を短くする方向に作用する。

供試石の測線への到達時間は、No 28以外は計算値が実測値を下まわった。立木と接触せずに測線に達したNo 24についても同様である。この中で実測値との差が特に大きいのは、No 9、No 21、No 22、No 32、No 39であるが、これらの測線への到達時間はNo 24の場合の2倍またはそれ以上である。つまり、大きい減速効果が生じたときの落石の行動は、進行角の変更だけでは説明できない。これらの実際の落下状況は次のようである。

No 9：斜面上部で2本の木と衝突したが、ほとんど方向を変えることなく22.5m地点(斜面長の95%)に達し、そこでの衝突により進行角を45度に変えて測線に到達。

No 21：14m地点までに7本の木と衝突している。12m地点でX軸方向に進路を変え、その後2本の木を押し倒し、他の1本との衝突で一旦停止してから再落下。

No 22：7本の木と衝突しているが、進路の左右へのふれは少ない。

No 32：衝突回数は最大の14である。20.3m地点で進行角を90度近くに変え、そのままの方向で順次3本の木と衝突した後落下。

No 39：9本の木に衝突している。斜面長の1/2の地点の衝突で一旦押しもどされる。進路のふれが大きい。

これによると、実測値との差が大きくなるのは、X軸方向の変位が大きいときと、斜面上部への押しもどしの生じているときである。表-11の計算では、 Δy がゼロまたは負のときは、衝突前の1/2の速度で新しい方向に進むとしているが、この仮定は全く不十分であり改善が必要である。

ここで、No 22については事情が違うように見える。しかし、進行方向のY軸からのふれが小さくなる例として、落石が幹の側面に軽く衝突し、ほとんど速度をおとさずに通過する場合と、正面から衝突して押しもどされ、あるいは一旦停止してから再落下する場合の二つが考えられる。No 22で到達までの時間が長くなった理由としては、後者による減速を考えるのが自然だから、この場合もさきの解釈が当てはまる。

林内の落石の行動が、進行方向の変化仮定だけで、どこまで説明されたかをみるため、到達時間の実測値と計算値の間の回帰分析を行った。到達時間の計算は、立木の断面積や石の大きさ、重量の違いを考慮せずに行われているので、それらを一括して指数化し追加変数に用いた。この形状・重量指数は、供試石の長さ、幅、厚さの間の変動係数に重量をかけ合わせたもので、立方体との形状の差(扁平度)を示すための変動係数に、重量を乗じたものである。

回帰分析によると、追加変数を含めても相関係数は0.63程度で、実測到達時間の変動の40%程度がモデルによって説明できたことになる。

供試石の形状・重量指数は有意とならなかったが、検定統計量は5%水準の有意点に近い値

になった。

このように、仮定したモデルは実態を正しく表わしていないが、林木との衝突による減速効果を模式的に示す意味で、図-33～図-36に計算された速度変化の例を示した。

ここで落石の防護対策上重要なのは、斜面の下端における運動エネルギーの大きさである。したがって計算機実験のとりまとめでは、摩擦係数による平均的評価のほかに、最終の運動エネルギーの分布とX軸方向の落石の分散状況の二つをあわせて減速効果を判定すべきであろう。

運動エネルギーの大きさは、質量と速度の二乗に比例するので、表-11には自由落下のNo 24を基準にしたエネルギー比を示してある。

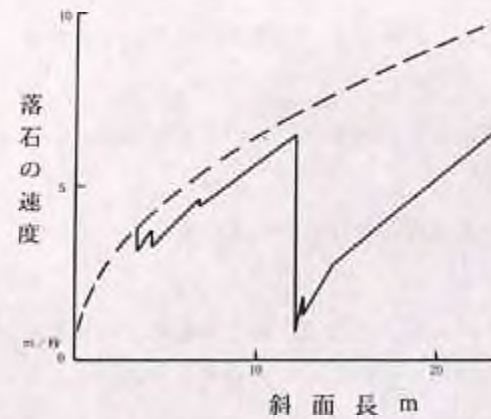


図-33 衝撃による減速 (No21)
(破線は自由落下の場合)

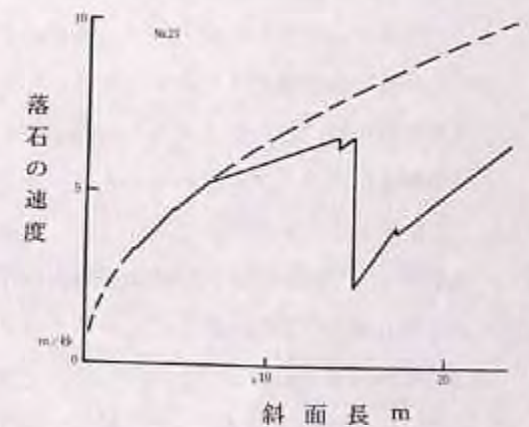


図-34 衝突による減速 (No27)

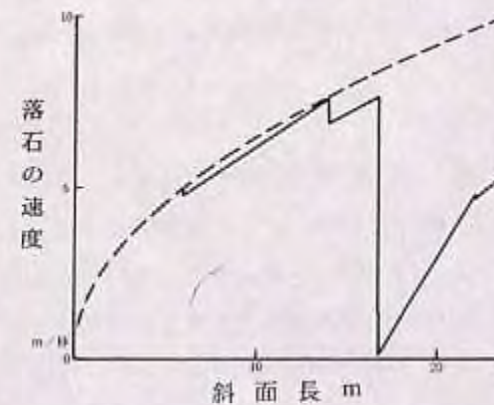


図-35 衝撃による減速 (No28)

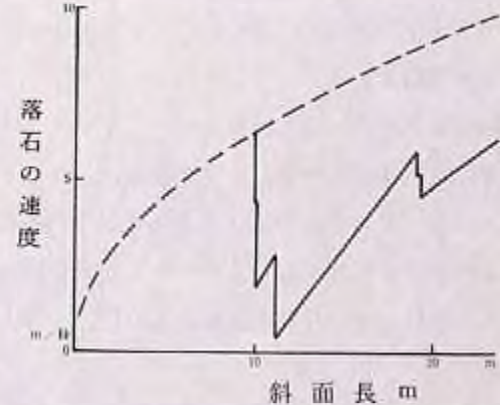


図-36 衝突による減速 (No39)

指摘した問題点が解決できれば、計算機実験の組立ては、ここに用いた計算の順序を逆にし、次のようなものになるであろう。

- 1) 斜面条件に応じて、適切な動摩擦係数を選定する。これには、種々の落石実験の結果が参考になる。
 - 2) テスト林分の立木配置とそれらの直径データを読みこむ。
 - 3) 斜面の傾斜角をセットし、斜面上の立木の位置をきめる。
 - 4) 石の寸法、重量を指定する。
 - 5) プロットの上端の一定範囲の中でランダムな点を選び石を落下させる。
 - 6) Y軸の ℓ cmの間隔ごとに落石の軌跡を計算していく。まず初速をゼロとして(4)式により ℓ cmの落下に要する時間と区間の最終速度を求める。このとき、地表条件の変動を考慮するため、動摩擦係数にランダムな変動を加える。
 - 7) 計算された時間内の対応するX方向の変位と最終速度を計算する。このときにも(1)、(3)式の動摩擦係数にランダム変動を加えるべきであろう。
 - 8) この結果から、Y方向の ℓ cmの進行にともなうX座標の変化と合成速度を計算する。また速度のX、Y成分によって次の進行方向を計算する。
 - 9) Y座標の適当な間隔、例えば1 mまたは2 mごとに、6)～8)で求めた落石のコースを、記憶されている立木位置図と照合して、立木との衝突が生じたかどうかを判定する。
 - 10) 衝突がなければ6)にもどって、新しい座標値の計算を進める。
 - 11) 衝突したことがわかれれば、そのときの落石の位置と対象木の幹上の衝突点をきめる。
 - 12) 衝突前の速度と方向、樹幹上の衝突点、立木の断面積、落石の形状・重量をもとにして、新しい進行方向と速度を求める。
 - 13) プロットの最下端に達していれば、それまでの落石の径路と速度変化を印刷し、最終速度、エネルギー比、X座標を計算して出力する。最下段に達していなければ6)にもどって同じ手続きを繰返す。
- (2) 落石防止林の造成と維持
- 定山溪第4斜面の落石実験の結果は、次の2点で示唆的である。まず、平均直径4 cm弱の立木によって、全体の1/4にあたる供試石が停止させられたことである。この大部分は10 kg以下の小さい石であるが、それでも長さ40 cm、幅20 cm以上の20 kg級のものも混っている。このことは、十分な立木密度があれば、小径木でも相当の抑止効果が期待できることを示している。
- 一方、ha 当り12,250本、平均樹間距離90 cmという普通には考えられない高密度の林で、立木と全く接触せずに林内を通り抜ける場合のあることも証明された。したがって、適切な林

帯が形成されれば、落石の危険度は著しく軽減されるものの、人命や家屋等への被害防止の点では万全とはいえず、その役割は斜面下端に構築される防護工作物の補完的な位置にあると考えざるを得ない。

このことから、さきに計量的評価が不可能とした、1)～5)までの森林の存在による総合的効果、すなわち危険斜面の環境を改善し落石を未然に防止するという機能が、むしろ本命といえるかもしれない。前節の目標林分型の検討も、林木による直接効果を確かめ、施業の方向づけをするという意味では重要であるが、いま述べた観点では、林の内容はともあれ、必要なところに樹木を生立させることが先決である。

しかし、落石危険地帯の実態は、今回調査した海岸段丘の斜面の中でも、植栽によって積極的に林帯の造成を図っている例は稀であって、7箇所の調査地のうち、館平地区で小面積にイタヤカエデが植えられていたのみであった。

一般に落石危険地帯といわれているところは、急傾斜に加えて岩礫地か、または土壌があっても表土が絶えず崩落するといった植生の定着に著しく不利な条件下にある。そのような、早急な本木導入の必要性が認められたのは、貝取淵、川白地区の小尾根にはさまれた凹形急斜面である。立木は両側の尾根にのみあり、凹部は裸地または僅かに草本の侵入した状態にあることから、この部分は過去に林木を含めて崩落を生じた跡とみられる。このような場所に直接に苗木を植えることは難しいので、必要に応じ適当な基礎によって表土の安定化をはかる必要がある。

このような崩落斜面の下部には、多かれ少なかれ堆積斜面あるいは崖錐斜面が形成される。それらは上部斜面に比べて傾斜が緩く、土砂や礫がゆるく堆積しているため、苗木の植付けは極めて容易である。植栽された苗木は新たな崩落によって年ごとに埋没してゆくが、広葉樹の場合、梢頭や枝先が土の上に出ている限り枯死することはないといわれている。したがって、植栽による林帯の造成は、特別な土木工法を必要としない斜面下部の平坦地、堆積斜面および崖錐斜面から着手し、次第に上部に及ぼしていくべきだと思われる。

凹形地形は発生した落石が周囲から集まってくる場所である。したがってその下部に造成した林帯は、落石のエネルギーを減殺する上でも効果的である。落石の速度は短い時間の間に急速に増大するので、林木による捕捉が斜面下部で生ずるほど減速効果が大きくなるのである。また落石実験で明らかにしたように、緩斜面への突入の際、落石のエネルギーは大幅に減少するので、これとあわせた効果も期待できる。

このほか、落石防止を目的とする森林の取扱いにおいて重要と考えられるのは、現存林分の維持および更新の問題である。これにはさきの目標林型への誘導の問題も関連するが、それを別にしても現在海岸段丘斜面上に成立している林の中には、早急な更新対策を必要とするもの

も含まれている。例えば川白地区の中腹以下は、胸高直径 30 cm 以上の大径木で占められているが、地表には後継となるべき稚樹が見当らない。斜面下端で調べた直径約 15 cm のヤマグワの伐根年齢は 80 年前後であったが、上層のイタヤ、シナノキでは枝の先端部分の枯れが目立ち、樹勢はかなり衰退してきている。このような大径木が枯損、風害等で倒れた場合には、抱えていた石の落下を誘発するおそれもある。また海岸から塩分を含む強風の吹きつける岩礫地で、現在の林が消滅してから後継林を仕立てることは容易でない。したがって、更新対策は早いほどよく、上木の保護が期待できる間に造成を完了すべきである。

植栽する樹種としては、さきの斜面下部での場合を含めて、現存林分の主体をなすイタヤ類、シナノキ、ヤマグワ等を用いるのが安全であろう。

4. 落石防止のための工種工法

(1) 落石防止対策の考え方

北海道内の落石危険地帯といわれているところでは、これまで各種の防止工事が施工され成果を挙げている。

落石被害の防止対策としては、基本的には森林の造成・維持によることが恒久的対策としても景観的にもソフト工法として奨励されるが、危険斜面の形態によっては実施も困難性を伴ない、速効性という点からも人為的補完法が必要とされるところも多い。しかし、いずれの場合も、落石をその発生源で押さえることが最善であるが、次善の策として落下移動を阻止・軽減する方法も、特に斜面上に浮石・転石等が多数分布する場合には必要不可欠な対策といえる。

落石対策の考え方には大きく分けて予防、防護、警戒の 3 つに類別され、落石の発生が予想される斜面をよく調査しておき、落石の発生を未然に防ぐため浮石・転石の除去・固定、生育樹木の管理等が予防対策といえよう。また防護とは発生した落石を斜面途中や斜面下部に設置した施設等で防除して保全対象物を防護する対策である。また、落石発生が複雑な要素のからんだ現象であるところから、今のところ事前に時間的余裕をもって予測することは難しいが、落石災害は、斜面崩壊等の他の斜面災害が同一地点で連続して発生するケースが少ないのに対し、発生地点の地形・地質によっては頻発性、再現性のある現象であり、したがって、危険地と見られるところでは、気象通報に注意し、検知器の配備やパトロールを強化する等の警戒体制の整備も重要対策の 1 つといえる。

これら落石対策の基本的考え方に沿って、保全対象物や予想される落石の規模、落石の発生確率、維持管理体制等の要因を考慮して適切な対策や工種の組み合わせを計画することが望ましい。

落石対策の施設等の配置には、発生源での対策としての落石予防工と、斜面途中や斜面下部

の保全対象物近くでの対策である、落石防護工に分類される。そして、危険斜面の調査結果に基づき、浮石の移動性、落下の規模、落下経路、運動形態などを推定し、必要箇所に最も適切な工法を、その効果、耐久性、維持管理法、施工の難易、経済性等の諸条件を勘案して選定する必要がある。ただその場合でも用いられる各種工法にもそれぞれ被害防除面で構造的限界を有していることを認識して工種の選定、配置計画をたてることも必要であろう。また施設計画に際しては、単独の工種のみによるよりも、幾つかの工種を組み合わせることが有利な場合も多い。

以上落石対策計画の基本的な考え方を要約すれば次のようになる。

- ① 落石斜面の調査結果を活用すること。
- ② 施設対策は発生源対策が最も効果的であるが、施工性をも考慮すること。
- ③ 各工種にはそれぞれ機能的な限界があるのでこれを考慮すること。
- ④ 各工種を単独で用いるよりも組み合わせて用いることが効果的な場合が多いこと。

(2) 工種とその選定

落石対策工の機能には次のような点が考えられる。

- ① 発生の原因となる風化侵食を防止する。
- ② 落石の発生を止める。
- ③ 落下エネルギーを吸収する。
- ④ 落下方向を変えて無害なところに導く。
- ⑤ 衝撃に抵抗して落石運動を止める。
- ⑥ なだれ防止の効果を兼ねる。

以下に予防工と防護工に分けて、その機能と工種について述べる。

1) 落石予防工の機能と種類

落石予防工は落石の発生源での落石発生を予防するもので、前述の 6 つの機能の中では、

- ①, ②, ⑥に該当すると考えられ、次のような効果を期待して設置される。
 - a. 凍結融解、温度変化、乾湿くり返えし、風力などによる風化の進行を防止する。
 - b. 落石を発生源に直接的に抑止・固定する。
 - c. 落石源たる浮石・転石を除去・整理する。
 - d. 表層崩壊などの土砂崩壊に伴う落石を防止する。

以上の機能を有した工種として、次のような工種がこれまでも実施されてきた。

- ① 根 固 め 工
- ② 排 水 工
- ③ 吹 付 工

- ④ 張 工
- ⑤ 枠 工
- ⑥ ロックボルト工およびロックアンカー工
- ⑦ 編 柵 工
- ⑧ 切 土 工
- ⑨ 浮石除去工
- ⑩ ワイヤロープ掛工
- ⑪ 落石防止林

2) 落石防護工の機能と種類

落石防護工は落石が発生したとき、下方の保全対象に落下してしまう前の段階で、斜面の途中や斜面の下方で落石を受けとめるとか、落石を無害箇所に誘導したり、保全対象を被覆して防護する工法で、前述の機能の中では③、④、⑤、⑥に相当する役目を果たす。

工種としては設置する位置によって次のように分類され施工されている。

斜面途中の中間帯に設置する防護工

- ① 落石防止網
- ② 落石防止柵
- ③ 落石防止擁壁
- ④ 落石誘導工

斜面下部保全対象物付近に設置する防護工

- ① 落石防止網
- ② 落石防止柵
- ③ 落石防止擁壁
- ④ 落石覆工
- ⑤ 落石防止堤および溝工
- ⑥ 落石誘導工

落石対策工として予防工、防護工についてその機構と工種について現在よく用いられている代表的なものの総称を記したが、これらは使用される材料、形状等によりまた細分類されるものも多い。しかしその工種の決定に当たっては、現地調査の結果をふまえて、その機能・耐久性・施工性・経済性・維持管理の方法等を十分検討して計画する必要がある。

計画に際しての参考として表-12を道路防災施設調査報告書から転載する。

表-12 落石対策の適用に関する参考表

(国鉄「落石対策の手引き」による)

分類	特 徴 工 種	対策工の効果						耐 久 性	維 持 管 理	施 工 の 難 易	信 頼 性	経 済 性	記 事
		風化浸蝕防止	発生防止	方向変更	エネルギー吸収	衝撃に抵抗	なだれ防止兼用						
		◎	◎	◎	◎	◎	◎						
予 防 工 法	切 土 工	◎						◎	○	△	◎	○	
	浮石除去工	◎						○	○	△	○	○	
	根 固 工	○	◎					○	○	○	◎	○	
防 護 工 法	ロックアンカー工	◎						◎	◎	○	◎	○	
	表面被覆工	◎	○					◎	◎	○	◎	○	
	多段式落石防止柵	◎			◎	◎	◎	△	△	○	○	○	
防 護 工 法	落石誘導柵			◎			◎	◎	○	◎	○	◎	
	落石防止壁				○	◎	◎	○	△	◎	○	◎	
	落石防止柵					◎	◎	◎	○	◎	○	◎	
防 護 工 法	落石防止網		○		○			○	○	◎	○	◎	
	落石覆工			◎			◎	◎	◎	△	◎	△	
	落石防止土堤					◎	◎	◎	○	◎	○	○	

5. むすび

北海道内における落石危険地の実態をアンケート調査と現地調査を通じて、落石発生機構や発生源となる斜面上の岩石分布ならびに落石の発生防止と落下抑止に効果を発揮する生育樹木の分布や更新状況等について知見を得た。

また、落石実験により、落石の衝撃力が従来いわれているように、実に大きい値を示すことや落石の落下運動に対し、林木をはじめとする地被植生の落下エネルギー減殺効果の高いことや、落石の停止距離に緩斜面地の土質構成が制動効果に関係することなどが知れた。

次いで、落石の林木衝突による落下エネルギー減殺効果に注目し、電子計算機による落石の林木衝突経路、速度、エネルギーのシミュレーションの方法について検討を加えた。

そのほか現実斜面に対する施策方針についてその考え方を示し、岩盤斜面等の森林造成の容易でない斜面や早急な対策の望まれる斜面に対する土木工作物の導入等、落石予防工、防護工の工種について、機能別の実施例を示した。

しかし、落石の実態については運動形態はじめ、関連因子が多く複雑で、まだ未解明の部分が多く、したがって落石防止保安林の利・活用のためには、今後ともなお一層の調査・研究の集積が痛感される。

最後にアンケート調査および現地の調査実験に多大な御協力をいただいた関係機関および関係各位に対し深謝の意を表する。

6. 参考文献

- (1) 北海道営林局：天然林における樹群構造と更新の解析（中間報告），1980
- (2) 日本道路協会・道路防災施設調査特別委員会：道路防災施設調査報告書，1980
- (3) 北海道林務部治山課：落石－防止工法の技術開発，1982
- (4) 戸田盛和・宮島龍興：物理学ハンドブック，朝倉書店，1963
- (5) 真島征夫ら：落石の運動形態について，日林北支講，31，1982
- (6) ：落石危険斜面の実態調査，日林北支講，32，1983
- (7) ：落石衝撃実験について，日林北支講，32，1983
- (8) 森下正明：森下正明生態学論集Ⅱ，思索社，1979
- (9) 阿部和時ら：落石発生防止効果を考慮した根系分布調査結果について，日林関東支論，35，1983
- (10) 梶田 茂：木材工学，養賢堂，1961
- (11) 太田正光・浅野猪久夫・岡野 健：脆心材の力学的性質に関する研究（第2報），木材誌，1979
- (12) 浜野義昭・松本 昴：木材の衝撃吸収機構の研究（第2報），木材誌，1980
- (13) 三上善蔵：落石防止の設計－法面安定と落石防止工－，日本林業調査会，1984
- (14) 二見秀雄：構造力学，実教出版，1969
- (15) 本多静六：森林家必携，林野弘済会，1975

付表－1 落石衝撃実験結果

供試石 番号	重量 (kg)	ロード セル 番号	衝撃時間 (sec)	衝撃ピーク 時間 (sec)	最大 衝撃力 (kg)	衝撃力積 (kg・s)	ピークま での力積 (kg・s)	平均 衝撃力 (kg)	換算衝撃 速度 (m/sec)	備 考
N-1	9.5	1	0.0048	0.0032	7992.0	11.4951	5.2559	2604.4	11.86	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5 m 小型の石、板張
		2	0.0042	0.0014						
N-13	8.5	1	0.0024	0.0019	8028.0	7.2835	5.5055	3330.4	8.40	"
		2	0.0021	0.0016						
N-7	18.0	1	0.0068	0.0028	13854.6	29.3866	11.9162	4101.4	16.00	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5 m 中型の石、板張
		2	0.0077	0.0034						
N-22	14.5	1	0.0056	0.0023	13470.6	32.0634	16.5479	4448.5	21.67	"
		2	0.0110	0.0031						
N-24	19.5	1	0.0100	0.0044	7575.8	28.4532	13.4822	3132.4	14.30	"
		2	0.0077	0.0026						
N-28	18.0	1	0.0052	0.0022	18254.6	41.1458	21.9320	7864.9	22.40	"
		2	0.0053	0.0040						
C-2-4	20.0	1	0.0053	0.0038	8800.0	22.1300	12.0026	2696.2	10.85	"
		2	0.0129	0.0038						
C-2-4	20.0	1	0.0010	0.0008	3785.7	3.6938	0.8854	1844.8	1.81	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5 m 中型の石、板張
		2	0.0021	0.0005						
N-①	3.3	1	0.0022	0.0012	2063.6	2.3855	1.3259	1158.6	7.08	斜面傾斜角 43° 斜面長 4.5 m 小型の石、板使用
		2	0.0019	0.0011						
N-②	4.3	1	0.0023	0.0013	1300.0	1.5334	0.6083	684.6	3.49	"
		2	0.0022	0.0011						
N-③	5.5	1	0.0032	0.0019	2300.0	3.4195	1.6969	1049.3	6.09	"
		2	0.0033	0.0015						
N-④	8.1	1	0.0033	0.0020	2916.3	4.2764	2.0926	1334.2	5.17	"
		2	0.0031	0.0016						
N-⑤	4.5	1	0.0028	0.0017	2414.6	2.5786	1.1406	974.0	5.62	"
		2	0.0025	0.0013						
N-⑥	5.8	1	0.0074	0.0019	1373.2	3.4661	1.2118	656.8	5.86	"
		2	0.0027	0.0019						
N-⑦	3.5	1	0.0023	0.0014	2147.3	2.4724	1.1543	1126.9	6.92	"
		2	0.0021	0.0012						
N-⑧	8.2	1	0.0023	0.0017	3321.8	4.7453	2.2153	2111.1	5.67	"
		2	0.0022	0.0007						
N-⑨	1.3	1	0.0023	0.0014	880.4	1.0231	0.5051	453.8	7.71	"
		2	0.0022	0.0012						
N-⑩	6.6	1	0.0039	0.0021	2744.6	4.8554	2.4997	1280.6	7.22	"
		2	0.0037	0.0017						
N-⑪	1.0	1	0.0017	0.0010	1017.8	0.6974	0.3072	410.1	6.83	"
		2	0.0017	0.0010						
N-⑫	2.4	1	0.0023	0.0014	1919.7	2.1185	1.1949	941.8	8.65	"
		2	0.0022	0.0015						
N-⑬	4.6	1	0.0026	0.0012	1673.3	1.8164	1.0081	852.8	3.87	"
		2	0.0019	0.0013						
N-⑭	5.5	1	0.0030	0.0013	2530.3	3.4665	1.5180	1254.4	6.18	"
		2	0.0025	0.0015						
N-⑮	4.1	1	0.0025	0.0015	1844.6	2.0954	1.1613	870.9	5.01	"
		2	0.0023	0.0015						
N-⑯	0.2	1	0.0009	0.0004	177.8	0.0945	0.0460	96.3	4.63	"
		2	0.0011	0.0005						

付表 - 2 落石

供試石 番 号	形 状 (cm)	重量 (kg)	ロードセル 番号	衝 撃 時 間 (sec)		衝撃ピーク時間 (sec)		最大衝撃力 (kg)	
				板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝
N-6	26×25×10	8.0	1	0.0089	0.0019	0.0051	0.0003	5226.0	3721.4
			2	0.0102	0.0023	0.0021	0.0006		
N-9	24×22×18	12.5	1	0.0042	0.0032	0.0009	0.0008	9438.0	6704.9
			2	0.0048	0.0036	0.0012	0.0004		
N-11	30×20×12	9.5	1	0.0035	0.0007	0.0012	0.0005	5778.0	1762.2
			2	0.0025	0.0011	0.0012	0.0008		
N-12	29×15×13	8.0	1	0.0015	0.0029	0.0009	0.0028	6282.0	3827.9
			2	0.0018	0.0047	0.0010	0.0003		
N-14	30×17×15	12.0	1	0.0041	0.0016	0.0019	0.0005	8760.0	4065.5
			2	0.0027	0.0006	0.0016	0.0003		
N-15	22×20×11	6.5	1	0.0043	0.0019	0.0021	0.0004	6330.0	2409.8
			2	0.0017	0.0023	0.0005	0.0017		
N-17	28×20×14	9.5	1	0.0054	0.0036	0.0036	0.0008	4806.0	4860.6
			2	0.0041	0.0037	0.0019	0.0007		
N-23	24×18×15	10.0	1	0.0028	0.0035	0.0013	0.0004	5676.0	7672.1
			2	0.0024	0.0021	0.0004	0.0007		
N-26	24×17×12	6.0	1	0.0020	0.0012	0.0017	0.0004	4776.0	4368.8
			2	0.0042	0.0020	0.0008	0.0012		
C-3-1	14.5×15×22	10.8	1	0.0032	0.0029	0.0015	0.0027	8910.0	2819.7
			2	0.0033	0.0061	0.0009	0.0039		
C-3-2	"	"	1	0.0053	0.0031	0.0033	0.0011	9380.0	12147.6
			2	0.0057	0.0027	0.0012	0.0004		
C-3-3	"	"	1	0.0052	0.0039	0.0036	0.0004	6290.0	5459.0
			2	0.0059	0.0058	0.0023	0.0047		
E-3-1	15.5×22	10.1	1	0.0037	0.0022	0.0023	0.0002	6900.0	1918.1
			2	0.0024	0.0026	0.0017	0.0013		
E-3-2	"	"	1	0.0029	0.0016	0.0009	0.0005	10600.0	5123.0
			2	0.0029	0.0026	0.0011	0.0011		
E-3-3	"	"	1	0.0073	0.0021	0.0045	0.0006	3040.0	4934.5
			2	0.0069	0.0040	0.0018	0.0009		
R-3-1	17×17.5×17	12.8	1	0.0074	0.0037	0.0023	0.0007	7180.0	10737.7
			2	0.0045	0.0048	0.0012	0.0004		
R-3-2	"	"	1	0.0041	0.0050	0.0025	0.0007	7930.0	6311.4
			2	0.0039	0.0036	0.0014	0.0020		
R-3-3	"	"	1	0.0054	0.0027	0.0025	0.0004	6550.0	6147.6
			2	0.0049	0.0037	0.0026	0.0016		

衝撃実験結果

衝 撃 力 積 (kg・sec)		ピークまでの衝 撃力積 (kg・sec)		平 均 衝 撃 力 (kg)		換算衝突速度 (m/sec)		備 考
板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝	
8.0230	2.2954	3.8207	0.4858	818.3	1133.9	9.83	2.81	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5m 小型の石
15.5959	7.2852	4.6858	1.0282	3455.1	2131.2	12.23	5.71	"
6.8438	0.6100	3.2635	0.3769	2265.8	690.3	7.06	0.63	"
5.1796	5.5667	2.6856	0.4825	3207.4	1210.7	6.35	6.82	"
14.4468	1.8778	7.6804	0.6418	4153.6	1964.7	11.80	1.53	"
5.9123	1.9632	1.6031	1.2343	2673.2	916.3	8.91	2.96	"
10.2072	5.3722	6.3394	1.4795	2282.4	1475.2	10.53	5.54	"
6.2541	6.4200	1.1104	1.6784	2554.3	2170.2	6.13	6.29	"
4.8727	2.6161	2.0058	1.5117	1389.9	1584.5	7.96	4.27	"
16.5774	4.7962	6.8389	2.1988	5123.4	832.2	15.04	4.35	"
18.0124	10.9802	6.3625	3.8719	3254.4	3789.6	16.34	9.96	"
12.9694	6.1534	7.6203	3.0227	2344.5	1204.7	11.77	5.58	"
8.8567	1.7983	5.3484	0.5319	2574.1	730.8	8.59	1.74	"
14.1278	3.1011	4.8932	1.1322	4871.7	1383.0	13.71	3.01	"
8.9674	8.6037	4.2261	1.4634	739.9	1742.7	8.70	8.35	"
14.8232	8.9493	6.7688	2.4226	2264.9	2121.4	11.35	6.85	"
14.6399	5.7067	8.0014	1.4483	3632.5	1283.0	11.21	4.37	"
15.9144	7.4981	9.2917	3.5471	3087.3	2263.6	12.18	5.74	"

付表 - 3 落石

供試石 番 号	形 状 (cm)	重量 (kg)	ロードセル 番号	衝 撃 時 間 (sec)		衝撃ピーク時間 (sec)		最大衝撃力 (kg)	
				板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝
N-5	39×21×13	15.5	1	0.0063	0.0024	0.0027	0.0003	8030.0	6222.2
			2	0.0109	0.0048	0.0020	0.0027		
N-19	28×26×17	17.5	1	0.0040	0.0043	0.0024	0.0006	5575.8	3982.8
			2	0.0055	0.0056	0.0018	0.0040		
N-25	28×27×14	15.0	1	0.0064	0.0030	0.0016	0.0011	10191.9	9425.9
			2	0.0072	0.0058	0.0013	0.0012		
N-27	24×24×19	16.5	1	0.0087	0.0056	0.0004	0.0023	6424.2	12259.3
			2	0.0088	0.0109	0.0051	0.0021		
N-29	27×24×18	17.0	1	0.0190	0.0022	0.0036	0.0006	11323.2	8388.9
			2	0.0150	0.0125	0.0014	0.0032		
C-2-2	19×19×28	20.0	1	0.0109	0.0007	0.0052	0.0004	5100.0	7446.4
			2	0.0149	0.0046	0.0054	0.0004		
C-2-3	"	"	1	0.0069	0.0033	0.0049	0.0009	11320.0	8535.7
			2	0.0141	0.0120	0.0056	0.0018		
E-2-1	20 × 28	17.0	1	0.0060	0.0011	0.0017	0.0003	11454.6	9689.6
			2	0.0034	0.0020	0.0018	0.0007		
E-2-2	"	18.0	1	0.0154		0.0028		10727.3	3750.0
			2	0.0190	0.0038	0.0024	0.0015		
E-2-3	"	18.0	1	0.0135	0.0022	0.0037	0.0010	9868.7	5821.4
			2	0.0110	0.0112	0.0021	0.0032		
E-2-4	"	17.0	1	0.0168	0.0016	0.0043	0.0014	7676.7	7446.2
			2	0.0170	0.0043	0.0046	0.0004		
R-2-1	22×22×22	21.0	1	0.0044	0.0011	0.0021	0.0004	10242.4	7103.4
			2	0.0040	0.0023	0.0026	0.0005		
R-2-2	"	20.0	1	0.0055	0.0005	0.0032	0.0002	11333.4	6571.4
			2	0.0074	0.0034	0.0024	0.0018		
R-2-3	"	20.0	1	0.0047	0.0016	0.0022	0.0012	11909.1	6017.8
			2	0.0045	0.0049	0.0028	0.0005		
R-2-4	"	20.0	1	0.0088	0.0007	0.0034	0.0003	8030.3	5714.3
			2	0.0047	0.0085	0.0005	0.0030		

衝撃実験結果

衝 撃 力 積 (kg・sec)		ピークまでの衝 撃力積 (kg・sec)		平 均 衝 撃 力 (kg・sec)		換算衝突速度 (m/sec)		備 考
板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝	板 張	張 芝	
19.7616	11.1760	4.7691	6.6308	2067.1	2700.3	12.49	7.07	斜面傾斜角 40° 斜面長 20.5m 中型の石
10.7088	9.3301	4.4727	6.0957	2015.3	1769.1	6.00	5.22	"
21.9613	14.9803	5.6993	3.4154	3171.2	2876.4	14.35	9.79	"
22.4381	22.3734	14.7973	5.7276	2552.9	2395.2	13.33	13.29	"
37.3475	20.3119	11.9004	10.2010	2451.1	2080.2	22.11	11.71	"
19.8020	13.4014	10.5641	1.6210	1551.5	3269.3	9.70	6.57	"
31.7899	21.6774	18.8185	7.9184	3557.7	2090.3	15.58	10.62	"
25.4275	6.0219	9.8536	1.9015	5080.9	3362.5	14.66	3.47	"
33.0478	6.6920	10.3477	3.1095	1908.7	1761.1	17.99	3.64	"
37.8649	16.8832	15.1090	7.2864	3075.1	1806.3	20.62	9.19	"
35.2692	12.6809	15.0099	2.4099	2087.3	3587.4	20.33	7.31	"
14.2414	4.2958	9.5083	0.9799	3353.6	2145.4	6.65	2.00	"
27.2229	7.0143	11.7681	3.2709	4380.6	2843.8	13.34	3.24	"
26.1174	11.7113	16.7771	1.7868	5700.7	2970.0	12.80	5.57	"
22.6491	15.2706	9.8260	7.9439	3200.7	2006.8	11.10	7.48	"