

# 広葉樹等から成る保安林の調査について

長野県諏訪地方事務所 しみず やすひさ とだ けんいちろう  
 清水 靖久 ○ 戸田 堅一郎

## 要 旨

長野県ではダムによらない治水対策を目指し、特に森林整備（間伐）に力を入れて事業を推進しています。しかし、現実の森林では均一な林相の林ばかりではなく、間伐の手遅れにより既に優劣のついた林分や、造林地に広葉樹が侵入し過密化した林分、放置された薪炭林など様々な林相があり、根返り倒木等による荒廃が進んでいる地域もあります。このような森林の整備が急務となっていますが、一斉林で行う従来の調査手法や整備内容の考え方は適さないため、新たな調査方法が必要となります。そこで、植生変化が立地環境の影響を大きく受けていることに注目し、尾根～沢の縦断方向でライントランセクトによる植生調査を行い、植生縦断図を作成することによって林況を把握する調査方法を採用し、管内の数地区でこの調査法を実施しました。尾根部、中腹部、溪岸部など斜面の各部位と植生との関係が明らかになり、地区毎に個体管理を前提とした伐採木の選定基準を作成しました。この調査方法により、複雑な林相の中から整備対象とするべきゾーンを確実に絞り込むことが可能になりました。また、広葉樹林、針葉樹林、針広混交林すべてを対象に使用可能で、適地的木を決定する重要な因子である立地環境を把握することができました。

## はじめに

森林が土砂災害や洪水防止のために果たす役割は古来より不変のものではあるが、下流域の開発が進み、そこに住む人々の関心が、より高度なレベルで森林に向けられるようになってきている昨今、防災機能の向上を前面に流域の森林を整備する場合、そこには、対象とする林分の選定経過や現状評価、整備手法について、一層明快な説明を果たす必要が生じてきています。

特に、間伐手遅れ林分、さらには天然林化しつつある林分など、人為的に管理されていた林分が放置され、当初の管理手法が及ばなくなった状態にあるものの扱いについては、どのような管理を行えばよいのか示されることが少なく、最も身近でありながら、最も説明がしにくいもののひとつであると思われます。

この例からも、人為的な管理を行うべき森林において、既存の管理手法が不適當となった時点で、それに替わる新たな管理手法を導入し、目的の達成に向けた整備を臨機応変に行っていく場面は必ず生じると考え、「森林の管理手法」を分類し、整備対象林分の状態の別を入り口として整理するために図1のとおりフローチャー

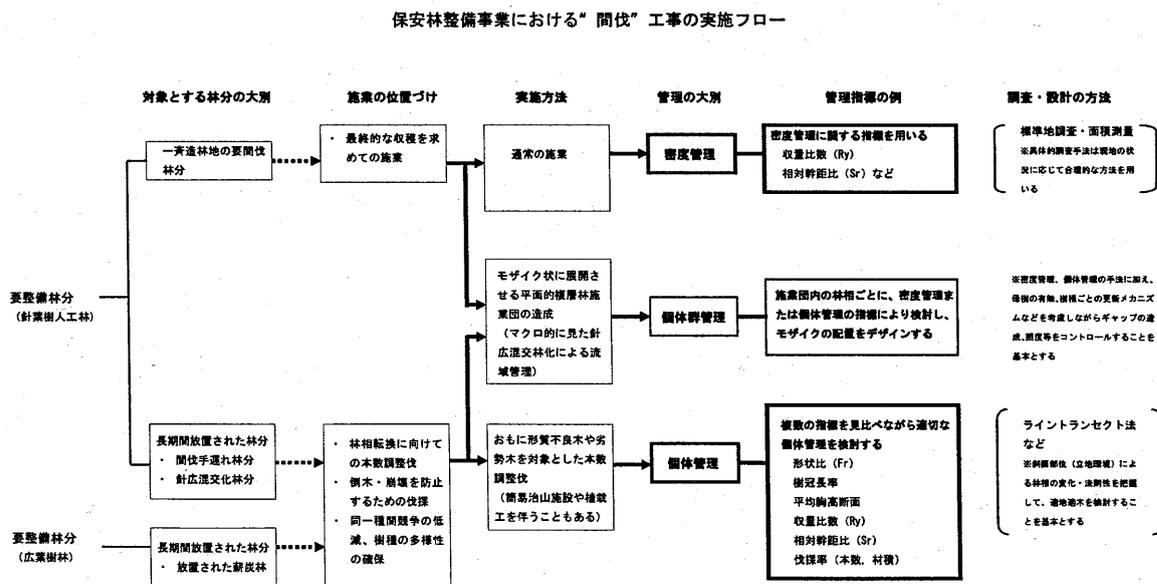


図1 整備対象林分別の管理方法フローの例

このフローチャートの中に、特に保安林整備事業において取り扱う林分についてあてはめてみると、劣悪林として整備対象とする個々の林分は下段に分類され、その整備内容を考えるとき、管理手法の区分は「個体管理」の要素による部分が大きいものと思われます。

ここでは、保安林改良事業の対象地において、上記に該当する林分を調査するために行った効率的な調査方法及び設計事例について紹介します。

## 1 経緯

過去に崩壊や土石流が発生した流域を調査したところ、災害発生後数十年を経過した後も、安定した機能の高い森林に向かって林相が推移していない箇所が確認され、立地環境の厳しい森林においては、災害防止のために十分な調査と適切な管理を加えることが必要であることが考察されます。

このような流域のひとつ、諏訪湖の南東側に位置する諏訪市西山の山域(写真1)については、土石流の発生履歴があり、中央自動車道や集落等重要な保全対象に近接しているため保安林に指定されており、地域防災対策総合治山事業の施工地となっている。流域の林相は造林したカラマツと、広葉樹二次林、あるいは針広混交林から成り、崩壊跡地や沢沿い斜面の森林は安定せず(写真2)、新たな崩壊や土石流が発生する恐れがあることが確認されました。

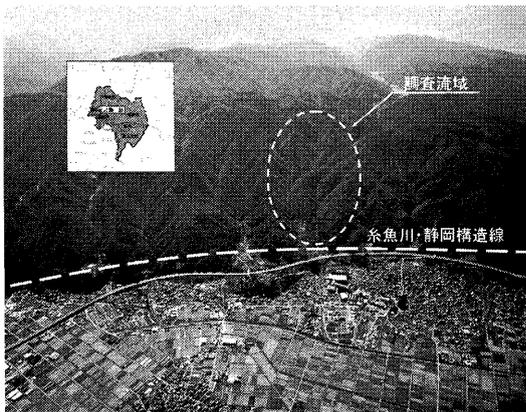


写真1 諏訪市西山地域全景



写真2 沢沿いの安定しない森林

このような森林に対しては、下流の住民の方、あるいは森林所有者から整備を望む声が強く、一斉造林地よりも安定しない広葉樹林から手をつけるべきだという意見もあります。一般に手が入れられることの少ない広葉樹林ですが、急傾斜で土壌侵食が発生している森林や崩壊の恐れがある森林、また、環境の変化に弱く回復に時間のかかる森林については、特に保全対象が近接している場合、自然遷移に任せるだけでなく、補完的に人為的整備を行う必要があると考えられます。

しかし、このような広葉樹主体の林分や、針広混交した林分の整備を行う場合、一斉造林地で行う調査手法や整備内容の考え方は適さないため、新たな調査方法が必要となります。

## 2 新たな調査方法

踏査の結果、天然林化した広葉樹林においては、倒木が多い区域、立木本数が多い区域、逆に非常に少ない区域などが尾根から沢の斜面部位、いわゆる立地環境の影響を大きく受けて展開している傾向があり、この中には根返り倒木が集中して発生しているなど、新たな山腹崩壊の原因となる恐れが非常に高い箇所も確認される。そこで、実際の地形と植生調査を重ねて評価することを調査方法の基本としました。

調査手順(図2参照)

### ① 尾根～沢の縦断面図化及びライントランセクトによる植生調査

- ・ コンパス測量による縦断面図化。
- ・ 幅4mで立木調査を行う(樹種、樹高、胸高直径、枝下高)。
- ・ 検土杖等による表土堆積厚の把握。

② ①の結果による植生縦断面図の評価

- ・ 斜面部位による植生変化を明らかにして変化点を特定し、ゾーニング区分とする。
- ・ このゾーニング区分の平面展開を検討する。
- ・ 各ゾーニング区分の立木について、密度、形状、形質などから伐採対象を検討する。
- ・ 森林整備工事の設計に必要な勾配や石礫補正については、縦断面図上で評価可能。

③ 整備内容の設計

- ・ 斜面の堆積状況に応じ、整備方針、補充する簡易治山施設の構造・配置を検討する。
- ・ 伐採本数は、評価に用いた各測線の平均から導く。
- ・ 伐採本数の総量は、平面図上でゾーニングされた区域ごとに面積を算出する。

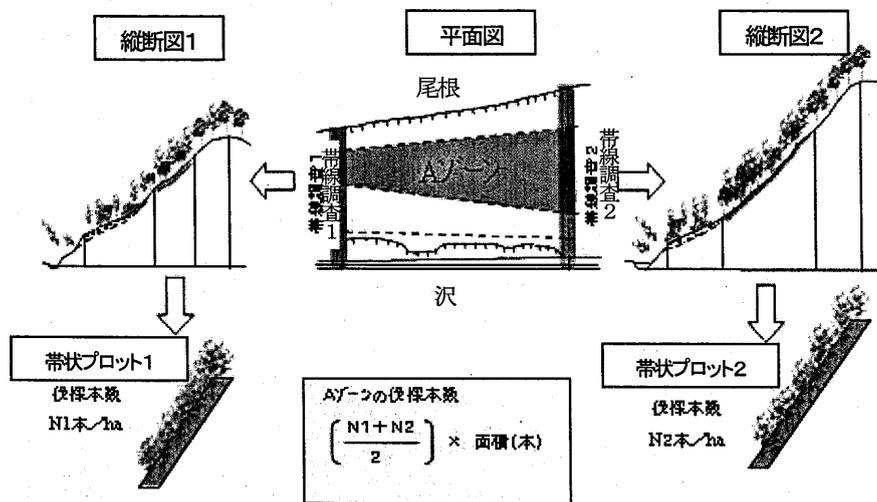


図2 新たな調査方法模式図

3 調査結果と対策工法

次の写真は、特に地域の要望の高い3地区で調査を行ったときの状況です(写真3, 4)。

縦断線を中心に左右2m計4mの毎木調査を実施し、この調査結果に基づき植生断面図を作成しました。



写真3 縦断測量中

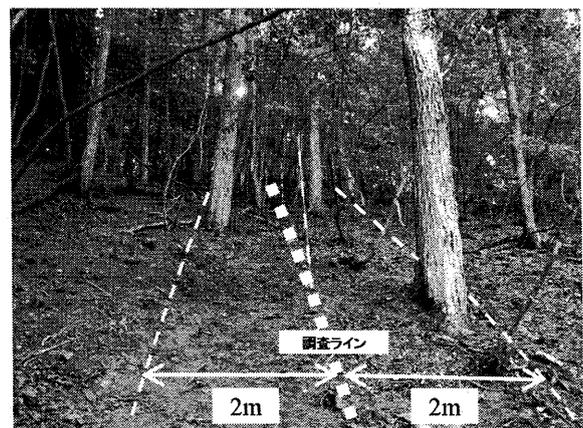


写真4 帯線調査ライン

いずれの地区においても、ほぼ共通した傾向が認められたが、砥沢地区の事例を図3に縦断面図で示します。

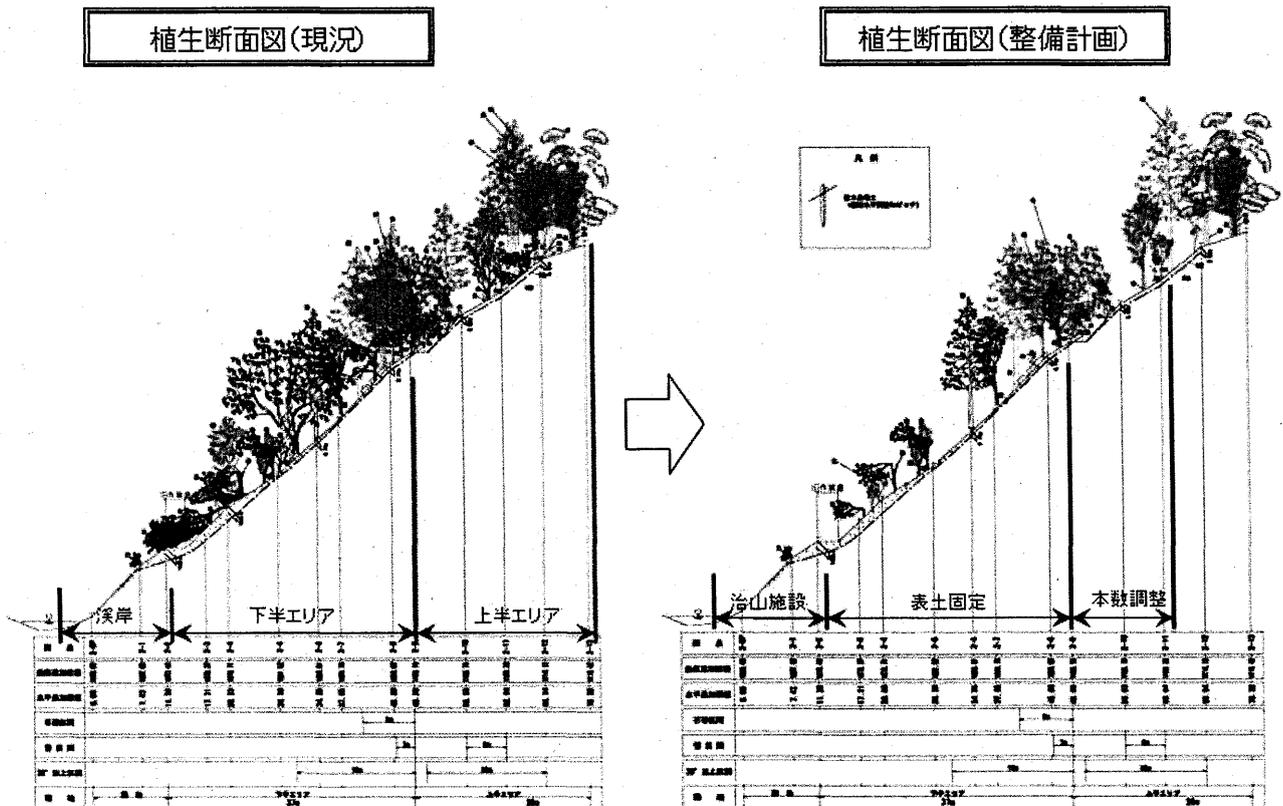


図3 砥沢地区植生縦断面図

#### 植生縦断面図による考察

- ・ 尾根部は、アカマツが優占している。
- ・ その下部は、表土層の移動がなく植生は豊かであるが、やや過密な林分。
- ・ 下半エリアは、崩壊跡地が多く、残積土や薄い圃行土からなり、表土層の移動が多い斜面部分と考えられ、植生が薄く、根返り倒木が発生している。
- ・ 溪岸部では溪岸侵食が発生している。

#### 対策方針の検討

縦断面図とプロットデータを基に対策の基本方針を検討しました。

- ・ 尾根部を除く上半エリアでは、過密林分の、光環境の改善を行う。
- ・ 下半エリアは、籠工、丸太筋工等を施工して表土層を固定し、植生の定着を図る。また、倒木する恐れがある、形質・形状の悪い立木の伐採、必要に応じて植栽を計画する。
- ・ 溪岸部については、治山ダム等による対応を検討する。

### 4 倒木について

#### (1) 広葉樹の根返り倒木

ここで、森林の荒廃につながる倒木に注目してみます。ナラ類やシラカバなど多くの倒木が確認された諏訪市内の別の流域の林分でプロットをとり、立木、倒木それぞれの、胸高直径、樹高、株立ち数を調査した結果が表1です。

一般に深根性で土壌緊縛力が強いといわれているナラ類ですが、ha当り1,000本の密度の林分で、40%程度倒木しているのが確認され、立木、倒木それぞれの直径、形状比に大差はないが、株立ち数の平均を求めると、立木では1株当り1.47本、倒木では2.25本となり、株立ちしているものに倒木が多いことが考察されます。



写真5 シラカバの倒木



写真6 ナラ類の倒木

諏訪市赤津川 倒木調査

<残存木>

No	樹木名	胸高直径 (cm)	樹高(m)	形状比	胸高断面積 (㎡)	株数
1	ミズナラ	20	23.0	115.0	0.03	1
2	ミズナラ	26	23.0	88.5	0.05	2
3	ミズナラ	26	23.0	88.5	0.05	2
4	コナラ	28	20.0	71.4	0.06	1
5	コナラ	26	20.0	76.9	0.05	3
6	コナラ	18	20.0	111.1	0.03	1
7	コナラ	12	20.0	166.7	0.01	1
8	コナラ	24	20.0	83.3	0.05	1
9	ミズナラ	20	20.0	100.0	0.03	1
10	コナラ	18	20.0	111.1	0.03	2
11	コナラ	14	20.0	142.9	0.02	1
12	コナラ	28	21.0	75.0	0.06	1
13	コナラ	28	20.0	71.4	0.06	3
14	コナラ	12	20.0	166.7	0.01	1
15	コナラ	18	20.0	111.1	0.03	1
16	コナラ	36	20.0	55.6	0.10	1
17	コナラ	32	20.0	62.5	0.08	1
18	コナラ	10	10.0	100.0	0.01	1
19	コナラ	10	20.0	200.0	0.01	2
20	コナラ	8	20.0	250.0	0.01	1
21	コナラ	30	20.0	66.7	0.07	1
22	コナラ	34	20.0	58.8	0.09	1

データ数	22本
株数	15株
平均株立ち数	1.47本/株
平均胸高直径	21.7cm
平均形状比	107.9%

<倒木>

No	樹木名	胸高直径 (cm)	樹高(m)	形状比	胸高断面積 (㎡)	株数
1	コナラ	26	23.0	88.5	0.05	2
2	コナラ	26	23.0	88.5	0.05	2
3	コナラ	20	26.0	130.0	0.03	4
4	コナラ	30	26.0	86.7	0.07	1
5	コナラ	14	26.0	185.7	0.02	1
6	コナラ	22	26.0	118.2	0.04	1
7	コナラ	18	16.0	88.9	0.03	3
8	コナラ	14	16.0	114.3	0.02	1
9	コナラ	20	16.0	80.0	0.03	1
10	コナラ	20	24.0	120.0	0.03	2
11	コナラ	18	24.0	133.3	0.03	1
12	コナラ	22	20.0	90.9	0.04	1
13	コナラ	22	20.0	90.9	0.04	2
14	コナラ	24	20.0	83.3	0.05	1
15	コナラ	22	20.0	90.9	0.04	2
16	コナラ	24	20.0	83.3	0.05	1
17	コナラ	18	20.0	111.1	0.03	4
18	コナラ	14	20.0	142.9	0.02	1
19	コナラ	14	20.0	142.9	0.02	1
20	コナラ	26	20.0	76.9	0.05	1
21	コナラ	24	20.0	83.3	0.05	1
22	コナラ	26	20.0	76.9	0.05	3
23	コナラ	16	20.0	125.0	0.02	1
24	コナラ	16	20.0	125.0	0.02	1
25	コナラ	18	20.0	111.1	0.03	2
26	コナラ	16	20.0	125.0	0.02	1
27	コナラ	26	20.0	76.9	0.05	1

データ数	27本
株数	12株
平均株立ち数	2.25本/株
平均胸高直径	20.6cm
平均形状比	106.3%
倒木密度	337.5本/ha

表1 倒木調査結果

図4は、株立ち数と倒木の関係を示し、1本立ちは倒れにくく、株立ちしているものは倒れやすい傾向が表れており、株立ちは薪炭林が放置され、株分けをして成長したため根系と上部のバランスが悪化し、転倒しやすい状態となったものと思われます。

ナラ類の倒木傾向(株立ち数と倒木の関係)  
諏訪市 赤津川流域

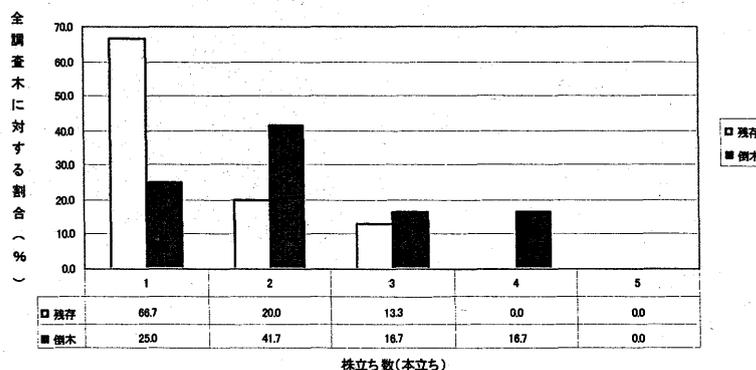


図4 株立ち数と倒木の関係

ここで、胸高直径と形状比の関係についてグラフ化しました(図5)。これから整備を予定している林分の立木のデータ(▲)と倒木のデータ(■)を重ねると、倒木の分布は実線の楕円の範囲となり、おおむね形状比が80以上、胸高直径が14cm以上です。この範囲を倒木危険ゾーンとした場合、これから整備を行おうとする林分の立木のうち、すでにこのゾーンに入っているもの、及びこのまま放置したときこのゾーンに入ると思われるもの(点線の楕円の範囲)を倒木の原因となる個体と考え、グラフに示す二つの楕円の範囲に該当する形状(胸高直径及び形状比)にあてはまるものを整備対象のひとつの目安としました。

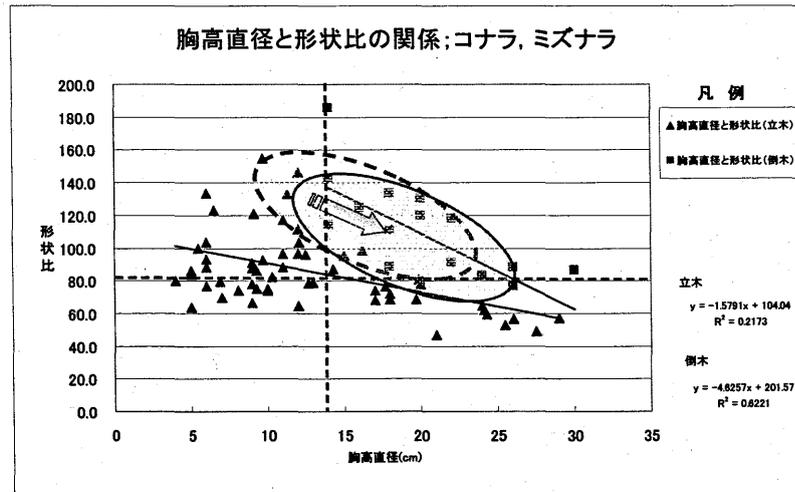


図5 胸高直径と形状比の関係

(2) 倒木の樹幹解析

赤津川流域の倒木多発林分については、株立ちしているものの多さから薪炭林の放置されたものと思われるため、そのような林分内における立木の成長経過と林内の環境変化を推測するためにナラ倒木の樹幹解析を行い、(1)で求められた「整備対象となる個体の目安」との関係を考察しました。

倒木のうち、近接する場所の4本立ち株の中の1本(調査木1)と、1本立ちのもの(調査木2)について、樹高5mごとにチェーンソーで輪切りにして年輪間隔を調べて解析を行いました(図6、写真7)。なお、調査木の樹齢はそれぞれ47年で同一でした。解析結果を表2に示し、これを図化すると図7のとおりとなります。

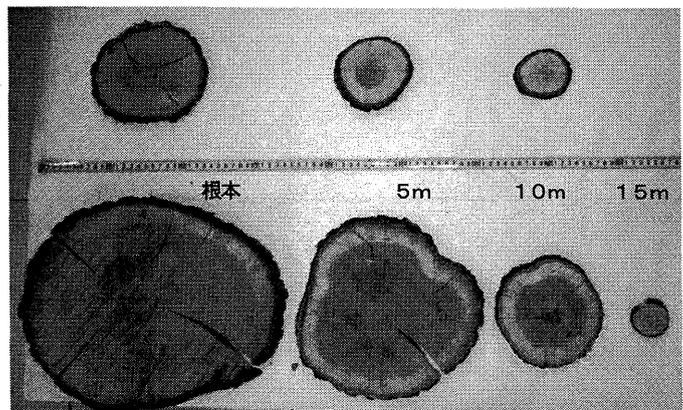
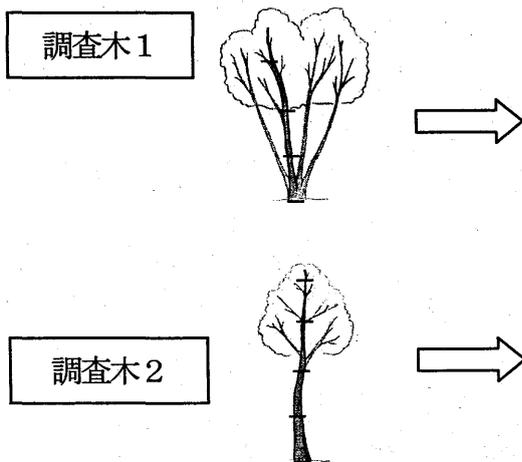


図6 調査木の倒木前のイメージ

写真7 ナラ倒木の年輪写真(諏訪市赤津川地区)

調査木1

樹齢: 47年 樹高: 15.0m 胸高直径: 13.4cm  
 形状: 株立ち4本中の1本

樹齢(年時)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	47
樹高(m)	5.2	8.5	10.5	11.8	12.8	13.7	14.3	14.6	14.9	15.0
胸高直径(cm)	2.6	4.6	6.3	8.1	9.8	11.2	12.0	12.6	13.2	13.4
形状比	200.0	184.8	166.7	145.7	130.6	122.3	119.2	115.9	112.9	111.9

調査木2

樹齢: 47年 樹高: 20.0m 胸高直径: 28.8cm  
 形状: 1本立ち

樹齢(年時)	5	10	15	20	25	30	35	40	45	47
樹高(m)	3.5	6.0	8.4	11.2	13.0	14.5	16.7	17.8	19.6	20.0
胸高直径(cm)	2.0	4.4	7.6	11.7	14.7	18.4	21.7	24.8	27.5	28.8
形状比	175.0	136.4	110.5	95.7	88.4	78.8	77.0	71.8	71.3	69.4

表2 諏訪市赤津川地区の倒木樹幹解析結果

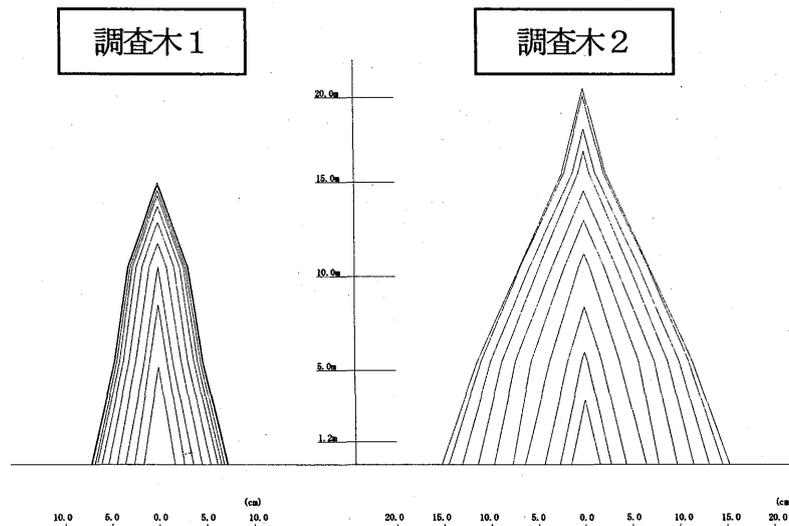


図7 ナラ倒木の樹幹解析図(諏訪市赤津川地区)

解析結果から、次のことが考察されます。

- ・ 株立ちしたものは、樹齢10年以降の肥大成長量が1本立ちに比べてかなり小さくなり、特に25年以降は著しく小さくなっている。
- ・ 株立ちしたものは形状比が100を下回ることがなく、他個体との競争のみならず、同一株内での競争の存在も伺われる。

この解析により得られた調査木1及び2の樹齢(年次)ごとの胸高直径と形状比について、胸高直径と形状比の関係を立木、倒木それぞれプロットした図5にあてはめてみると、図7のとおりとなります。

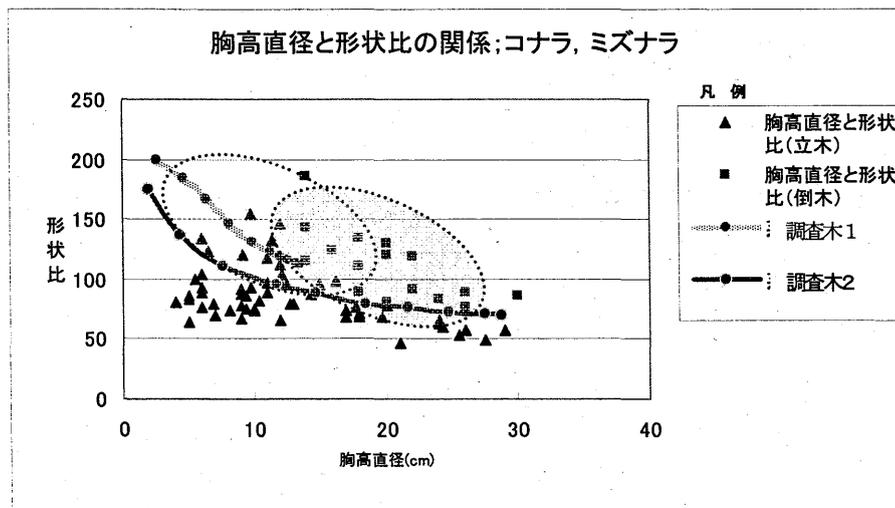


図8 胸高直径と形状比の関係 (倒木の推定成長過程入り)

この図からは、調査木1 (株立ち) の成長過程は図5の評価による倒木危険ゾーン (すでに倒木しているもののゾーン及び立木のうち、このまま放置したときにこのゾーンに入ってくると思われるもの (ふたつの点線の楕円の範囲)) に一致し、調査木2 (1本立ち) については、樹齢25年次 (胸高直径15cm) を過ぎたあたりから倒木危険ゾーンに入っており、これより前に株立ちの整理が行われるか、この林分の立木密度が調整されたならば、倒木には至らなかったであろうことが推測できます。

## 5 伐採木の選定

以上から、当地区における伐採木の選定方法を決定しました。

倒木は、ギャップ・ダイナミクスの重要な働きですが、地形的要因などで繰り返される箇所では安定的な遷移要因とはならないため、同一種競争をできるだけ排除することとし、ナラ類については、

- ・ 1番目に、形状の良いものを1~2本残し株立ちを整理する。
- ・ 2番目は、倒木実績ゾーンに入っている概ね胸高直径14cm以上かつ形状比80以上を対象として整理する。
- ・ 3番目に、胸高直径が10cm以上程度かつ形状比、形質が著しく悪いものを対象として整理を行う。
- ・ これらを選木するにあたっては、枝下高に着目し、樹冠長率の高いものを残存することが重要と思われる。
- ・ カラマツについては、形状比90以上を対象とし、これは、プロットデータから求めると、胸高直径が28cm以下のものとなる。

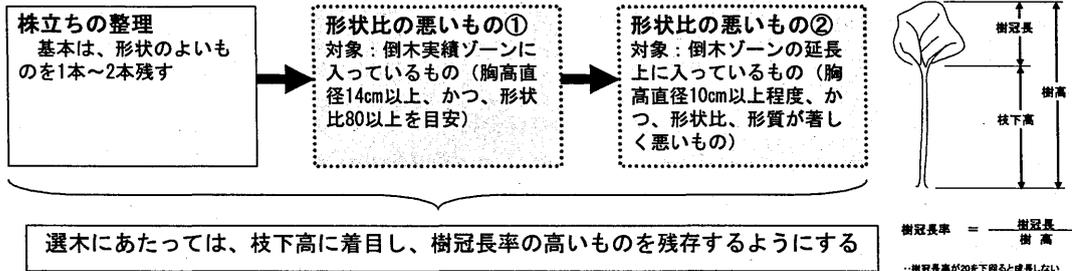
これらを概略的に示したものが図9で、森林整備工事の実施の際には、これと、樹種名テープを取り付け、伐採木を表示した帯線調査プロットに基づいて選木を行うこととなります。この方針に基づいて集計した設計数量を表3、平面図を図10に示します。

諏訪市 砥沢地区における伐採木の選定について

1 ナラ類

- 立木及び倒木調査結果から考察 ① 倒木の多くは、胸高直径14センチ、形状比80以上である  
 ② 倒木は、株立ちした個体に多い

このことから、次の順序で対象を定め、伐採木を決定する。



2 カラマツ

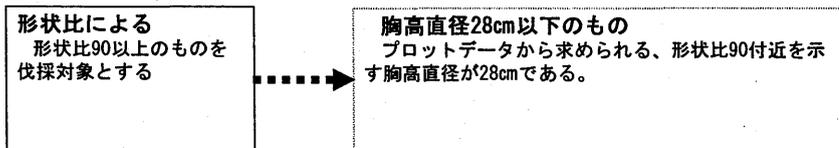


図9 伐採木の選定

森林整備数量集計表 諏訪市字砥沢(その1)

ブロック	工程	樹種	ha当たり伐採本数	面積 (ha)	数量 単位	平均直径 (cm)	補正条件(下は占有率)					備考
							傾斜度	石礫	つる類	笹	林床整理伐	
A-1 下半	本数調整伐 選木・伐倒・玉切・整理	コナラ カラマツ他	320	0.68	218 本	15cm	4%	14%	4%	5%	不要	被害率=倒木本数/全本数 =170/1386=12%
	倒木整理	広葉樹	170	0.68	116 本	18cm	易	無	無	補正なし	不要	
A-1 上半	本数調整伐 選木・伐倒・玉切・整理	コナラ カラマツ他	870	0.34	296 本	13cm	8%	65%	5%	61%	不要	被害率=倒木本数/全本数 =153/2818=5%
	倒木整理	広葉樹	150	0.34	51 本	7cm	難	中	無	補正なし	不要	
A-2 下半	本数調整伐 選木・伐倒・玉切・整理	コナラ カラマツ他	400	0.14	56 本	15cm	4%	14%	4%	5%	不要	被害率=倒木本数/全本数 =230/1411=16%
	倒木整理	広葉樹	230	0.14	32 本	18cm	易	易	無	補正なし	不要	
A-2 上半	本数調整伐 選木・伐倒・玉切・整理	コナラ カラマツ他	870	0.10	87 本	13cm	8%	65%	5%	61%	不要	被害率=倒木本数/全本数 =153/2818=5%
	倒木整理	広葉樹	150	0.10	15 本	7cm	難	中	無	補正なし	不要	

森林整備数量集計表 諏訪市字砥沢(その2)

ブロック	工程	樹種	ha当たり伐採本数	面積 (ha)	数量 単位	平均直径 (cm)	補正条件(下は占有率)					備考
							傾斜度	石礫	つる類	笹	林床整理伐	
B 下半	本数調整伐 選木・伐倒・玉切・整理	コナラ カラマツ他	330	0.37	122 本	9cm	9%	0%	36%	76%	不要	

表3 森林整備数量集

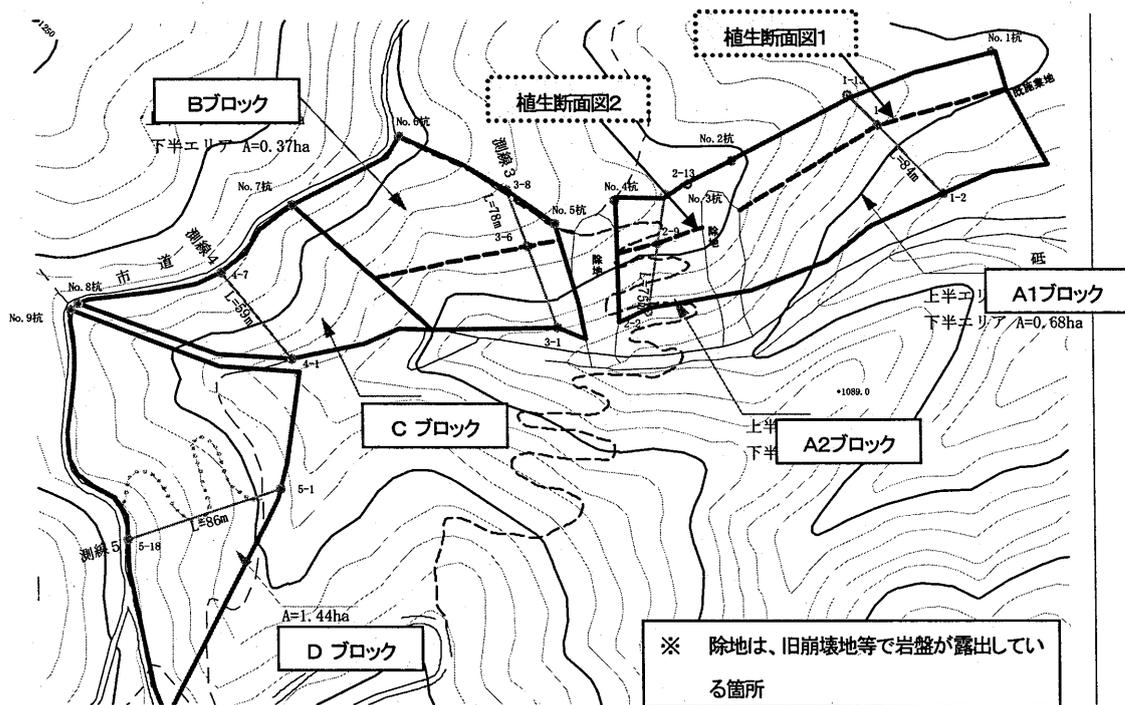


図10 平面図

なお、発注時の数量は伐採本数とし、施工時の管理を、伐採木の樹種、直径、樹高（抽出）測定・記録を伴う毎木のナンバーリングにより行い、目標林相となった時点の伐採本数で精算する方法としています。

## 6 調査方法の考察及び今後について

### (1) 考察（メリット）

- ・ 複雑な林相の中から整備対象とするべきゾーンを確実に絞り込むことが可能である。
- ・ 広葉樹林、針葉樹林、針広混交林すべてを対象に使用可能であり、また、適地的木を決定する上での重要な因子である立地環境を同時に把握できる。
- ・ 作業効率が良く、調査に係るコストの縮減と期間の短縮が図れる。
- ・ 実際の地形を元にした植生縦断面図は、住民等への説明資料としてわかりやすい。
- ・ 斜面の安定を目的とした保安林整備事業の目的が明確である。

### おわりに

その他の荒廃森林においても帯線調査による調査を行っているが、地形・地質など、その箇所特有の自然条件に起因して森林が荒廃している状況が各箇所を確認されています。

ある箇所の例では、地質層界となる一定の標高ラインより下方の森林が荒廃して立木が成立しにくい状態にあること、特に湧水により地下水水位の高いところでカラマツの倒木が多い状況などが、縦断方向と等高線方向を組み合わせた帯線調査の実施により確認されました。これにより、これまで漠然と「荒れている」の一言でくくられていた荒廃森林について、荒廃の現状、原因のメカニズムを視覚にうったえながら説明することが可能となり、地域住民の方たちからもわかりやすいと評価をいただき、荒廃森林の現況把握におけるこの調査方法の可能性を感じています。

荒廃森林の林分評価については、枝下高の測定に基づく樹冠長率、樹幹の傾き・偏りなどを模式的に植生縦断面図に表現することにより、荒廃の原因や過程を推測しやすくなってきています。

今後は、さらに調査・評価方法に検討を加え、データを蓄積し、根系掘削データ等と組み合わせ、立地環境との対比により、適地適木、根系に着目した「壊れにくい森林」への導き方を追求し、流域管理における保安林整備の有効性・位置づけを高めていきたいと思ひます。