



Title	森林施業に関連する流域調査の方法
Author(s)	東, 三郎; HIGASHI, Saburo
Citation	北海道大學農學部 演習林研究報告, 30(1), 69-101
Issue Date	1973-07
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/20917">https://hdl.handle.net/2115/20917</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	30(1)_P69-101.pdf



# 森林施業に関連する流域調査の方法

東 三 郎\*

## A Method of the Watershed Research for the Forest Working

By

Saburo HIGASHI

### 目 次

はじめに Foreword .....	70
I. 森林成立の環境因子 Environmental factors for forest establishment .....	71
II. 地表変動と植物指標 Geo-dynamic processes and plant indication .....	75
1. 木本侵入 Tree invasion .....	76
2. 変異樹形 Abnormal tree form .....	78
a. 樹冠不斉 Abnormal crown .....	78
b. 立ち枯れ Snag .....	78
c. 年輪の損傷 Wounded rings .....	78
d. 樹幹傾斜とアテ材 Tilted trunk and reaction wood .....	79
e. 上伸枝 Vertical sprout .....	81
f. 心材部腐朽 Heart rot .....	81
3. 根系異常 Abnormal root system .....	82
III. 流域調査の方法 A method of the watershed research .....	82
1. 沖積扇状地 Detritus fan .....	83
a. 扇状地の変化 Topographic change of the fan .....	84
b. 沖積地の造林成績とダム効果 Effects of afforestation and dams on the alluvium .....	84
2. 山地溪流 Gully and stream .....	84
a. 堆積地生成年代の推定 Presumption of deposit-age .....	84
b. ダムの堆砂傾向 Trend of dam up .....	85
3. 山地斜面 Hill slope .....	86
a. 林内地すべり地の判別 Discrimination of creeping land .....	86
b. 不成績造林地からの情報 Information of a poor plantation .....	87
c. 三点法によるクリープ測定 Creep-measurement by the three-point method .....	89
4. 調査の要点 The point of the research .....	90
IV. 諸調査との関連 Other investigations .....	92

\* 北海道大学農学部 砂防工学研究室

Laboratory of Erosion Control Engineering, Faculty of Agriculture, Hokkaido University.

1. 森林蓄積および生長量調査 Growing stock .....	93
2. 植生調査 Vegetation research .....	93
3. 地形, 地質調査 Geomorphology and geology .....	93
4. 土壌調査 Soil survey .....	94
5. 気象災害調査 Meteorological disaster .....	94
6. 治山調査 Erosion control .....	95
V. 森林施業のすすめかた Course of the forest working .....	95
1. 伐採関係 Cutting budget .....	96
2. 造林関係 Afforestation .....	97
3. 林道関係 Forest-road engineering .....	98
4. 治山関係 Erosion check .....	98
5. 防災林関係 Disaster prevention forest .....	99
むすび Conclusion .....	99
参考文献 References .....	100
Summary .....	101

## はじめに

### Foreword

人間は自然の一員として、自然に働きかけ、自然を知ることによって、他の生物が作り出すことのできない多くのものを創造し、それを継承し発展させてきた。しかしながら、人間が自然に深く介入するにしたがって、逆に自然を破壊し、人間自身の生活や生存までもおびやかされるような結果を招くようになった。

われわれが日常接している森林の場合も同じように、開発の目的で行なわれている諸種の作業が、山地荒廃の度合を早めているような傾向すらみせている。

うっそうたる北海道の原生林が、膨大な森林資源として開発の進展に寄与し、各種の物財や強力なエネルギー源となったことはいまさら言及する必要もないだろう。しかし、昨今の社会情勢は、以前の数十倍、数百倍にあたる木材を要望し、さらに伐採行為と全く対立する姿の自然そのものの森林環境を要求するようになってきた。とくに、都市の発展、産業道路の開発につれて、人間は、山地斜面に接近するようになり、奥地開発や水源地帯の森林施業によってひきおこされた加速侵食、および施業残材の悪影響もこうむるようになってきた。いわゆる山地災害の危険地帯は、自然の急激な変化と、人間の欲望の増大によって、しだいに拡大しつつあるとあってよいだろう。

そして、荒廃した山地は、生産力を失い、土砂害の危険地帯となって、たんに林業の問題としてだけでなく、社会的にも不安な要素となってきた。したがって、森林施業に従事する技術者は、伐出生産や、林道開設、造林行為、治山業務などの問題をたんに個々別々に処理すればよいという閉鎖的な考え方に安住することなく、森林の歴史をひもといて山地の個性を明らかにし、豊かな自然を保全しながら、組織的に開発するように検討しなおす時期にきているよ

うにおもわれる。すなわち、人間にとって森林はもっと多目的な効用をもたらす存在であり、人間はそのことを正しく認識しなければならないのである。

ところで、森林をみる立場には、これまでもいろいろなものがあった。その多くは、森林を分析し、ある目的のためにながめるワンサイドのみかたが強かった。しかし、これはさきにも述べたように、森林を総体的にとらえようとする自然の認識とは、遠くかけ離れる危険性を含んでいたようである。このことはつぎのような表現によって理解できるのではなからうか。森林の所在を明記した一枚の地図をひろげ、ある地区の自然を語る時、その地区は広い地域の中の点（0次元）として扱われているにすぎない。そしてその森林と深い関係をもつ溪流および道路は線（1次元）として扱われ、材積を算定するための林相区分は面（2次元）として扱われている。

しかしながら、われわれが現地にのりこんでみると、そこに展開された世界はどのひとつをとってみても「3次元の空間」として扱われなければならない存在であり、なおかつ、長年月を経た歴史的所産でもある。したがって、教科書的な方法で、天下りの的におしつけられた理屈とは、全くかけはなれた自然に直面し、技術者は相当な知識をもちながら、現場の自然を解釈することにとまどいをおぼえるのである。本来ならばそれぞれの現場で、帰納的につくり出される理論が、どこかで集約され再び還元されるべきであるけれども、残念ながら、森林をとりまく物の考え方は、その段階までに到達していないといつてよいだろう。

しからば、どのような方法によってこの問題を解決すればよいのだろうか。端的にいうならば「森林の顔から、森林の歴史をよみとり、その歴史から山地の個性を知り、未来への展開方法を習得する以外にない」ということになる。その意味では教科書はたんなる手引きでありメモにしかすぎず、真の教師は森林そのものであるということになる。すなわち、森林に関する価値のある情報は、自然の中に潜在し、読みとりの技術は人間がもっているということになる。もちろん、現代の問題は、現在の森林を対象にして考えられてこそはじめて解決されるのである。

本論文は、このような意味で、筆者が過去に経験した野外観察の結果をもとにしてまとめたもので、森林に接する多くの技術者が森林との出会いによって、まず知らなければならない現象は握の方法についてのべた。そして、流域調査という意識的な自然観察を、いわゆる森林の機能を究め、人間の社会生活における生産と防災あるいは保全を調和させるための知的作業の序曲としたいのである。

## I. 森林成立の環境因子

### Environmental factors for forest establishment

森林は、無機物と生物が複雑に作用しあって存続している集合体である。すなわち、土地的条件と生物的条件が、多元的にからみあっているために、個々の現象を分析的手法でのみと

らえようとしても明快な解答は得られない。過去の森林調査が資源の物量測定に熱中している間は、この多元的な要素のひとつひとつに、きまじめな意義づけがなされていたが、相互の関連について論ずる必要性は認められず、伐採技術の低い段階では、環境変化を未来の問題としてとりたてて意識するほどのこともなかった。したがって、一般に行なわれてきた地況・林況調査はそれぞれ個々の要求を満足させたかもしれないが、そのまま未来の森林施業を計画的に展望するための情報としてふさわしいものとはならなかった。

このことはつぎにあげるように、森林をめぐる環境因子のとりかたにもあらわれている。すなわち、これらの因子は「伐出」という現業的林業にはあまり深い関係がなく、「造林」という研究的林業において、はやくから取り沙汰されてきたものである。

1. 気象因子： 気温・降水量・風・日射・湿度・ある地方の総括的な気候
2. 地形因子： 標高・斜面の方位と傾斜・地層の性質
3. 土性因子： 土壤の物理的性質と化学的性質、含水比、通気性
4. 生物因子： 植物相互間の競争・動物との共存および競合

これらの諸因子は、計器によって測定できるものの一部で、単独にあるいは複合して、大小種々の規模で作用しあうものであるから、実際には総体的にとらえなければならないものである。したがって、複雑にからみあっている自然現象の中の単一の因子と森林の構成や樹木生育との相互関係を、一次的関係としてとらえ、そのことに固執すると、総体的には、大きな誤りをおかすことになる。

これらの諸因子は、一般に造林行為に適しているとして選ばれた土地条件において検討されてきたもので、かりに天然林を対象とした全般的森林施業の理論的根拠を形づくろうとするには、いくつかの問題点がある。すなわち、これらの諸因子は、環境の静的因子ばかりで、とくに土地的条件に加わる必要のある動的因子を無視している。たとえば、地形因子と土性因子にその傾向があらわれているように、標高が高くなることは気温の低下と共通し、斜面の方位および傾斜は、日射量・風向および土壤の性質と関係が深い。けれども、地表をおおい、その上に植物群を生活させている基盤風化土（未熟土、土壤を含む）、火山灰土の土質力学的性質については、全く考慮されていない。

たとえば、森林内でしばしば起こっている地すべり・崩壊・クリーブ（ほ行）・土石流・飛砂・火山灰降下などの侵食・堆積現象は、除かれたまま議論されている。したがって、経済林を対象とする場合に、限られた環境の因子だけが扱われているために、そこで得られた法則は、天然林一般に適用させようとしても、無理な場合が多い。

このような、侵食、堆積現象は現在でも人間の予期しない状態で起こっているが、過去に数回のくりかえしを経たはずであり、天然林の成立を探るには欠くことのできない環境因子であると考えられる。つまり、地学的時間単位でみた場合に、地質条件は現在の地形に反映し、われわれの生活時間単位でみた場合に、侵食、堆積現象は、地上の植物群に直接の影響を及ぼ

しているとみることができる。

このような地表面に起こる現象を「地表変動」として、その時間的・空間的關係について考え、地況・林況調査とあわせて検討することにより、森林の成立を探る手がかりをもつことができるとおもわれるのである。

図-1に、わが国における自然の変貌について、地質・地形・気象・植生・人為の相互關係を模式化した。100~200 万年前といわれる新第三紀末から洪積世にかけて、日高造山運動、グリンタフ変動が起こり、現在の北海道の地形がほぼできあがったといわれている。その後、洪積世にはいつてから、海水準の変動、緩慢な陸地上昇、火山活動、地震などにより、地形は複雑に変化したものらしい。しかし、この洪積世にあたる時間は、これからのべようとする沖積世1万年にくらべると、はるかに長いものである。

沖積世にはいつてからも、各地で火山活動・地震・集中豪雨が起ったものと考えられるが、これらの原動力によって誘発された地表変動は、局地的気象因子、土性因子、生物因子とからみ合せて、地上の植物群すなわち天然林の成立に影響を及ぼしたものであろう。

ここで森林のもつ侵食防止機能を全く無視することはできないのであるが、デーヴィスの唱えた侵食輪廻説が、数10~数100 万年を単位とする地学概念であることを知るならば<sup>12)</sup>、沖積世1万年の侵食現象は、高い山の岩石が風化し、その風化土砂が河川をとおり、海底に運ばれる一方通行の「不可逆的变化」であるとしてもよいだろう。

その侵食現象のベクトルにくらべると、森林の侵食防止機能は、小さい限られたベクトル

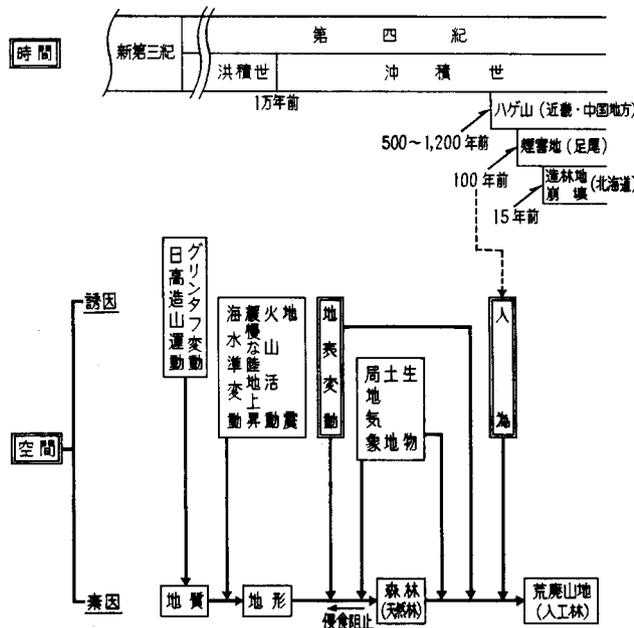


図-1 自然の時間的、空間的变化

Fig. 1. Time-Space change of the nature

にすぎないのである。つまり、森林の成立は一方通行の侵食現象に支配され、生物自体の生成・発展・消滅の不可逆的変化と相まって、一方通行的に終始しているとみることができる。

このような森林の変化に対して、伐採を主とする人為が、どのような影響を与えたものか、すこしばかり歴史的にながめてみよう。

わが国では、近畿・中国地方において、500~1,200年前に、大々的に天然林の伐採がはじまり、現在みるような奈良・京都・大阪などの大都市の下地がつくられた。その付属物として伐採後の山林は荒廃し、花こう岩地帯のはげ山を出現させ、林地回復、山地防災に膨大な経費と労力を費した。また、100年ほど前から始められたという足尾銅山の製錬所では、周辺の森林が煙害によって壊滅し、林地の生産力を失ったばかりでなく大量の土砂流出に苦しめられるはめに陥った。ひるがえって北海道の実情はどうであろうか。昭和29年秋の洞爺丸台風で多くの天然林が壊滅し、それを契機として林地生産力の飛躍的増強策がとられたが、北海道の低山地帯を占める三紀層山地には多くの剝落崩壊地を出現させるにいたった。

図-2は、天然林や人工林を対象とする林業と、侵食現象との関係を示したものである。地表変動の影響・気象因子・土性因子は、原生林時代から継続しているもので、人為介入によって、いっそう影響しやすくなるのである。つまり、その土地本来の侵食現象を正規侵食 ( $E_n$ ) とし、人為介入後の侵食現象を加速侵食 ( $E_a$ ) としてあらわすと、 $E_a$  は  $E_n$  よりはるかに大きいことになる。これによって、われわれは正規侵食の実態を知り、加速侵食の度合を予測することが林業経営のみならず、農業・畜産業・宅地造成・その他の土地利用計画においてもいかに重要であるかということを理解できるだろう。

森林植物は、地表の風化土層に浅く根をひろげ、植物間の競争にうちかとうとするような能力をもっている。しかし、ひとたび定着した植物が、その種固有の体制を維持する時間は、長短様々であり、もしその間に突発的な環境の変化があると、植物はそれに支配されて壊滅し

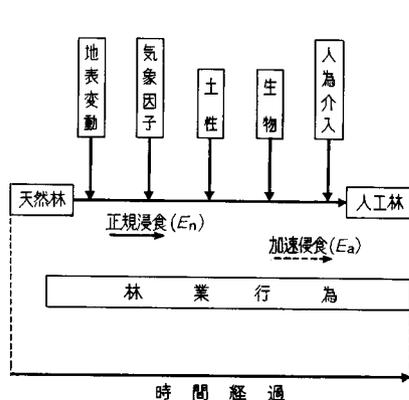


図-2 林相変化の不可逆性

Fig. 2. Irreversible change of the forest

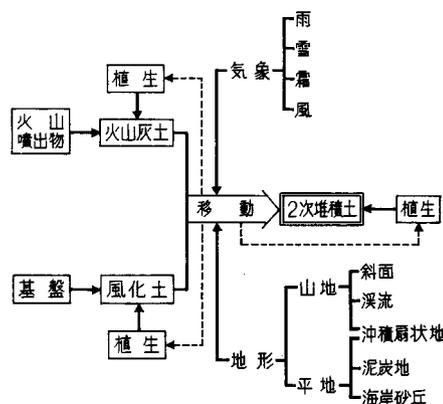


図-3 土砂移動と植生の関係

Fig. 3. Relation to earth movement and vegetation

たり、逆に繁殖するようになる。

図-3に地表をおおっている火山灰土や、基盤の風化土が、雨・雪・霜・風の働きによって、移動する傾向をあらわした。とくに、山地斜面の土層は、重力の作用によって、下降運動を起こしやすい状態におかれていることがわかる。そして移動後の土砂のうえにはたちまち植物が侵入する。

図-4は、地すべり・崩壊・土石流・火山灰堆積・飛砂などによって、突然「裸地」ができたときに、植生が交替する模様を示したものである。人為的な影響とみられる山火・野火・伐採・土木工事などの地表攪乱による裸地の場合も同様である。

いっぽう、うっぺいした林のなかには、下草のすくない裸地同様の地表状態となるために、耐陰性のある木本種子にはそこで発芽する条件が与えられる。

裸地は競争相手のいない空間で、他の条件がそろっていれば、発芽・生長によい環境となる。そして、土砂が移動し、在来の植物群を埋没するような場合、土砂はある植物にプラスとなって作用し、ある植物にはマイナスとなって作用する。この現象が、自然のなかで、ときどきくりかえされるために、とくに木本群落の成立をみることにもなる。すなわち、草本類が全く埋没すれば、木本群落の独壇場となるわけである。

これまでのべてきたような地表の変化に対応する植物群の存在は、表-1のように、空間的ひろがりとしては集団の規模であらわされ、時間的経過としては、とくに樹木年輪において顕著に示される。したがって、木本類にみられるように、時間的・空間的情報をとらえることによって、自然の動態を歴史的に探ることができるのである。

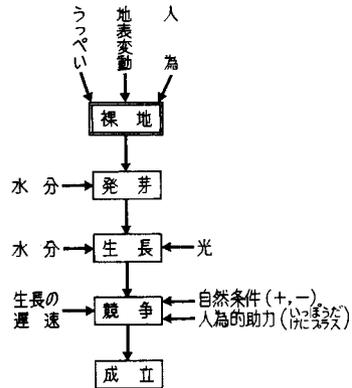


図-4 裸地から森林成立までの過程、裸地は大小種々の規模で出現し、一地域の気象条件はあらゆる植物に共通に作用する

Fig. 4. Process of forest establishment from bare land

表-1 動的環境因子の反映

Table 1. Reflection of dynamic environmental factors

空間	時間
林相 (木本群落)	樹形 年輪
下層植生 (低木・草本群落)	明瞭でない
裸地 (崩壊地・きれつ 堆積地)	—

## II. 地表変動と植物指標

### Geo-dynamic processes and plant indication

山地(斜面・溪流・扇状地)や、平地(沖積地・泥炭地・海岸砂丘)において、木本および草本の群落、針葉樹と広葉樹の区別、先駆広葉樹と一般広葉樹の区別、乾生草本か湿生草本の区別について検討すれば、おおよそ、その土地の履歴を知ることができる。すなわち、この方

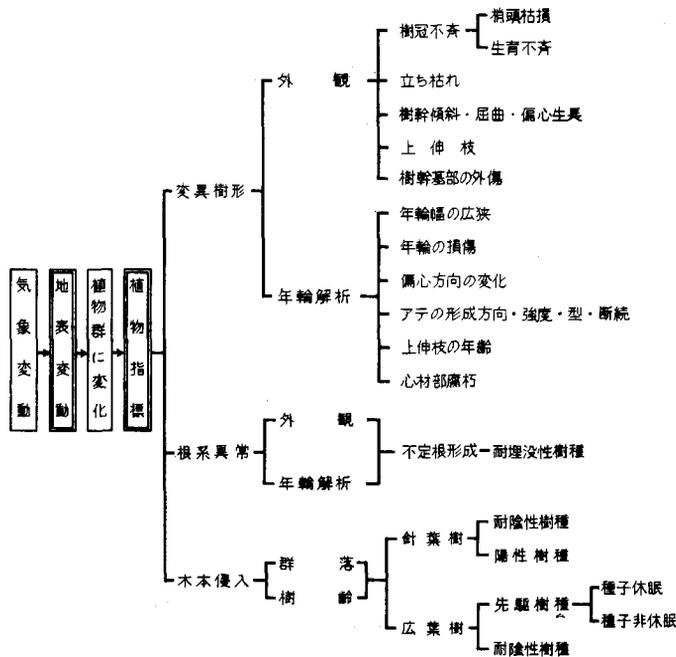


図-5 地表変動に関連する植物指標

Fig. 5. Relation to geo-dynamic processes and plant indication

法は生物学的手段によって、山地の歴史を探ろうとするもので、地質学が「化石」や「火山灰」を使って、地層の年代決定を行なっているように、林業立地あるいは治山対象地の「**時間的情報**」を得るために、とくに樹木年輪による年代学を使うのである。

そこで森林資源調査と同様に、自然の動的変化をは握するための林相および植生調査が行なわれるならば、現在の意味をもった地況判断の資料が得られることになるのである。

これまでに、北海道の山地で帰納的方法によって明らかになったことを要約すると、図-5に示すように地表変動と植物指標の関係があらわされる。

植物指標は木本侵入、変異樹形、根系異常に大別して考えられ、外観および年輪解析からその外的条件が推察されることになる。したがって、無機質土からなる裸地の出現は、新しい木本群落をつくり、樹木が枯死しない程度の表層土の下降運動は変異樹形として記録され、堆積地の生成や破壊現象は根系異常として観察される。実際の山地や平地においては、これらのいくつかの現象がいりまじっているので、野外調査の際には、これらの現象がマークされ、それらの組み合わせから、地況として判断されなければならない。

## II-1. 木本侵入 Tree invasion

なんらかの原因で裸地ができるとそこには周囲から植物の種子が移住し、定着する。ここでいう裸地とは無機質の新成土でおおわれた場所をいい、山火跡や刈り払い地のような根系の残存している場所とは区別される。

裸地の出現には原因と規模にちがいががあるので、植物群の生存に影響するとおもわれるものをあげてみよう。

- (a) 巨大裸地： 降下火山灰堆積地
- (b) 大裸地： 火山泥流地・地震による崩壊地
- (c) 中裸地： 地すべり地・土石流堆積地・海岸飛砂地
- (d) 小裸地： 剝落崩壊地・不安定な崖錐・ガリー
- (e) 微小裸地： 地すべり地のきれつ

このような大小の裸地では、表面が落ちつきさえすれば、草本類とともにある種の本木が侵入する。ダム堆積地や廃道でヤナギやハンノキが旺盛な群落をつくっているのも、年代学的に興味ある事実であり、扇状地や河川堆積地の先駆樹種の群落も、裸地出現の年代をあらわしているといえるのである。

安息角以上の裸地斜面では、雨水・融雪水による水食・凍土崩落・凍土融解・乾燥風食などで、表土がなかなか落ちつかないために種子の定着はのぞめない。

図-6に植生侵入の初期条件を模式的にあらわしてみた<sup>4)</sup>。競争相手のいない裸地で、表土の安定した部分に着地した種子は、水分にめぐまれた場合に発芽し、その後生長し、再生産し、いよいよ定着することになる。

いっぽうでは、樹木の生活リズムに個性のあることを知らなければならない。基本的な問題として繁殖方法の特徴を明らかにしておく必要がある。種子の重量・生産量・成熟期・飛散能力・飛散期・寿命・耐陰性などである。1,000粒の種子

の重量<sup>14)</sup>は、ヤナギ類0.1g、ケヤマハンノキ0.7g、トドマツ100g、ブナノキ1,540g、ミズナラ2,400gとその差は大きい。種子の重量は移動距離と密接な関係をもつから、前述したような巨大裸地、大裸地の出現には、ふつう先駆樹種といわれるヤナギ類、ハンノキ類の侵入がめだち、中・小裸地では周辺の母樹の影響が大きい。遠方にかけて繁殖するタイプと、足元に営々と子孫を残すタイプとでは、陽性、耐陰性のちがいともなっていて、それぞれの個性を示している。したがって樹高は異なっても、年代学的には同齡林か異齡林かの判定が重要な鍵となることを忘れてはならない。

北海道で5月下旬から6月中旬にかけて、種子を散布するヤナギ類は、裸地であっても乾燥や風食のために発芽条件の満たされないところでは定着しない。しかもヤナギ科の種子には休眠性がなく、成熟後わずかに旬日の寿命しかないので、水分条件にめぐまれなければ発芽しないままに終る。しかし水分条件がよければ、わずかに24~48時間で発芽が完了するという特性をそなえている。また、ヤナギは初期生長の段階で、植物間の競争に弱い。したがって競

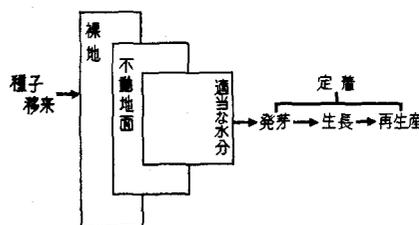


図-6 植生侵入の初期条件

Fig. 6. Primary conditions of plant invasion

争相手のない広大な裸地を好むということになり、このことは逆にヤナギ類の群落形成を裸地出現の年代として読みとるのに都合がよい<sup>10)</sup>。山腹、溪流、沖積地の新成堆積地や、地すべり地の土砂氾らん地にみかけるヤナギ、ハンノキの群落がその好例である。

## II-2. 変異樹形 Abnormal tree form

### a. 樹冠不齊 (梢頭枯損, 生育不齊) Abnormal crown

針葉樹の幼齢木にみかける現象として、図-7のように、芯づまり、枝づまりの樹形がある。このような樹形は被圧による陽光不足の影響であると解釈されやすい。しかし、順調な生育が急激に止まり、なお数年間継続したのち、復活することや、上層木のない皆伐あとの造林地で起こるのをみると、表層移動の際の根切れによる現象としたほうが解釈しやすいようである。

頂芽は健全であるから、側枝が主軸の代りになるような凍・霜害による樹形と区別することができる。また広葉樹では片側の枝が枯れ、偏樹冠となりやすい。



図-7 樹冠不齊, 芯づまりのトドマツ造林木 (左) と中づまりのトドマツ自生木 (右)

Fig. 7. Abnormal crown of Todo-fir. Left: The top of planted trees. Right: The middle of spontaneous

### b. 立ち枯れ Snag

表層土の移動が、部分的に活発になると、地表にきれつが発生し、根系発達の十分でない小径木では、突然に立ち枯れとなる。このような現象は虫害・菌害と混同されやすい。しかし、幾何学的な配置をもって植えられた造林地でみかけるように、被害木が点・線状にあらわれ、大面積に出現しない場合には、地表の動的問題についても検討しなければならない。

### c. 年輪の損傷 Wounded rings

溪流堆積地や、扇状地に生立する樹幹は、その後の洪水の際に、土砂移動によって基部が傷つけられている。傷つけられた年輪は、その後の生長部が巻きこんで、図-8のように入り皮になっている。その入り皮の年数を伐採時点から算定することにより、その傷をつくるにいたった土砂・岩塊の移動年代を推定できる。



図-8 年輪の損傷，土石流堆積地に侵入しているヤナギ(左)と，その年輪(右)

Fig. 8. Wounded ring. Left: Willow on the debris.  
Right: Wounded ring, ditto.

#### d. 樹幹傾斜とアテ材 (Tilted trunk and reaction wood)

樹幹を傾斜させる外力としては、ふつう風や雪の影響があげられる。なかでも台風やなだれ、積雪による影響はこれまでもよく知れわたっている。しかし、地盤が上下、左右に傾動した場合に、樹幹が傾斜する現象は、ほとんど注目されていなかった。地盤の変化では、小径木といえども傾斜せざるをえないし、大径木が傾斜するには、大きな変化が起こらなければならないわけである。じつは、地盤が変化し、樹幹が傾斜すると針葉樹では、図-9に示すようにアテという異常材が形成される<sup>4,9)</sup>。針葉樹のアテ材は、傾斜樹幹を直立位にもどそうとして、傾斜の下側断面に形成される。また、広葉樹では、針葉樹と反対の上側断面に肉眼では識別しにくい異常材が形成される。この異常材は「顕微鏡段階のアテ材<sup>10)</sup>」といことになるだろう。

針葉樹のアテ材は、一般に濃褐色で三カ月形に年輪に沿ってできているので、樹木の伐採年代から逆算することにより、アテ材の形成年代を知ることができる。

外力を類別するには、同一斜面から数本の試料木をとってしらべなければならないが、一般に図-10のような「渦巻き型」のアテは、地表変動に起因するものとみてさしつかえない。雪による樹幹傾斜の場合のアテ材は谷側方向に一致し、台風の際に樹幹が傾斜すると、アテ材は風向と年代が多くの試料木で一致するので、地盤がぐらついて樹幹が傾斜する場合と異なる。

数回にわたる地盤変化は、年輪にこのような痕跡を残し、樹形としては屈曲したり、湾曲した外観を呈する。なかでも広葉樹の樹幹は不規則にねじれてしまう。広葉樹の年輪では色彩的に特別な模様はみられない。そのかわり図-11のように偏心生長の方向が急変しているものがある。この方向変換の年代も、樹幹が外力によって、傾斜するときのもので、地表変動の関係をよくあらわしている。

アテ材といい偏心生長といい、いずれも樹木が枯死しない程度の外力であるから、地すべりや崩壊が起こる以前の前兆であったり、起こってしまったからの余波による場合が多い。したがって歴史的な時間経過のなかで山地をみる時に、無視することのできない現象である。天然林伐採、人工林間伐時点において、これを年輪から読みとるようにし、樹幹基部について磁北、

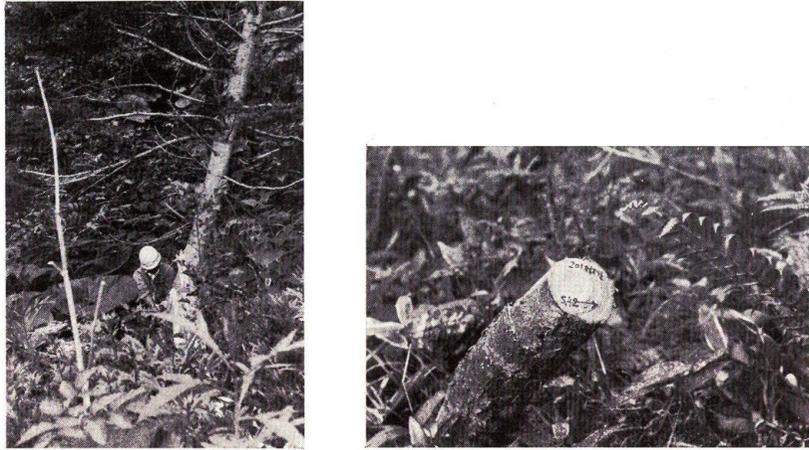


図-9 樹幹傾斜と異常年輪，地すべり地のトドマツ傾斜木（左）とその樹幹断面にみるアテ材（右）

Fig. 9. Tilted trunk and abnormal ring. Left: Todo-fir on the creeping land. Right: Reaction wood (dark, arch).

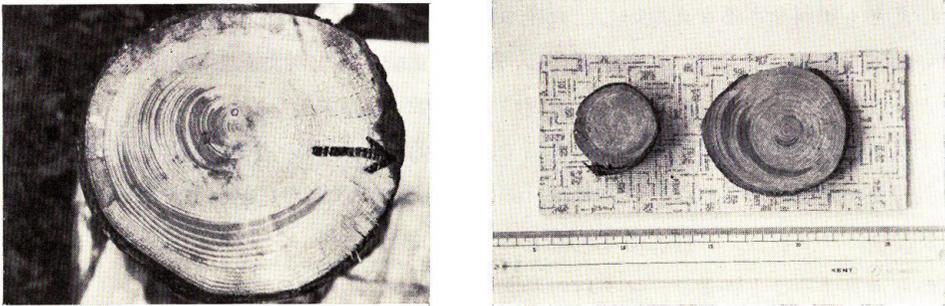


図-10 樹幹の傾斜方向が変わったとみられる「渦巻き型」のアテ材，トドマツ天然木（左）トドマツ造林木（右）

Fig. 10. Reaction wood of scroll type (Todo-fir). Left: Spontaneous. Right: Planted tree.

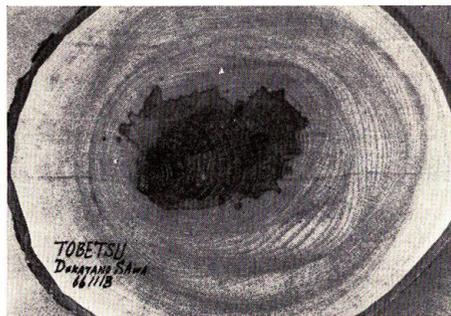


図-11 広葉樹の複雑な偏心生長，地すべり地のシナノキ樹幹断面

Fig. 11. Eccentric growth of Japanese linden on the creeping land

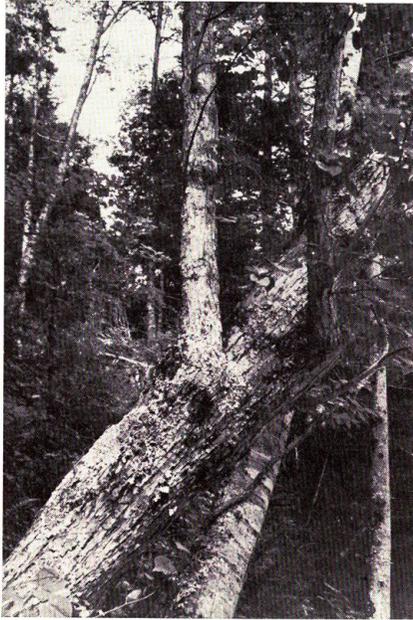


図-12 広葉樹の上伸枝，地すべり地のシナノキ，上伸枝の年輪から，樹幹傾斜の年代を推定できる。

Fig. 12. Vertical sprout of Japanese linden on the creeping land

斜面方向，伐採高 (0.3~0.5 m) をいれておけば貴重な現地資料となる。

**e. 上伸枝 Vertical sprout**

広葉樹の樹幹が傾斜すると，新しい枝が真上に伸びる傾向がある。北海道では，ケヤマハンノキ，カンバ，ヤナギ，ドロノキ，シナノキ，ミズナラなどによくみかける。図-12に示したような例について，親木の年齢，傾斜状況とともに上伸枝の年齢を調べ，付近の針葉樹のアテ材や形成年代と照合すれば，樹幹傾斜の原因，発生年代を推定できる。

**f. 心材部腐朽 Heart rot**

俗にいう心ぐされのことで図-13はその一例である。造材の際に樹幹基部について調べておく必要がある。心ぐされは，根の切断部から侵入した菌によっておこされる場合が多いといわれるから，地盤変化による根系切断を無視できない。土層の小移動が，根の新鮮な生長部分を切断し，大移動が太い部分に影響を及ぼすだろうとい

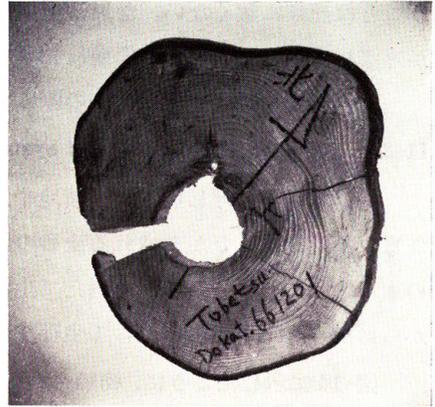


図-13 心材部腐朽，地すべり地のトドマツ材

Fig. 13. Heart rot of Todo-fir on the creeping land



図-14 広葉樹の根系異常，ケヤマハンノキの不定根形成，樹齢，根の年輪から埋没年代を推定できる

Fig. 14. Abnormal root system of Japanese alder

うことは想像に難くない。なお、土層が局所的に移動した場合、斜面には凹地ができ、地表水が停滞しやすく、腐朽菌の繁殖に拍車をかけるだろうということも考えられる。

造材歩止り調査や伐根検査の際にマークしておくべき事である。

### II-3. 根系異常 Abnormal root system

土砂移動のはげしい溪流堆積地や扇状地、崖錐でしばしばみかける現象に、樹木の埋没がある。不定期にくりかえされる土砂の堆積によって、多くの植物は枯死する。しかし、ある種の本木類はこのような埋没に耐えて生活を持續する。俗に二段根といわれている根以外の器官から形成された不定根によって生存するのである。

図-14に示したように、樹齢や根の年輪数を読みとり、土砂の堆積年代を推定するのに好都合である。不定根の形成はさしきの発根と同じ原理であるから、埋没年代をさぐるのに適している。

このような樹種を耐埋没性樹種と称し、北海道では、ヤナギ、ドロノキ、ケヤマハンノキなどをその好例としてあげることができる。

## III. 流域調査の方法

### A method of the watershed research

大流域は小流域の複合したものであり、沖積扇状地、山地斜面、溪流などの地形要素が組み合って成り立っている。またひとつの流域には、森林・農地・宅地・工場敷地・道路などの多くの経済施設が多様に入りこんでいる。すでに、地質学・地形学・気象学・植物生態学の立場から、流域の個々の現象については、詳しい調査が行なわれ、資源開発に寄与してきた。しかしながら流域全体について総合的立場から論ずる方法が確立されていないために、ある場面の利用が他の部分に不利益をもたらし、上流部の開発が下流部に被害をもたらすなど、利害関係の対立が深刻になりつつある。

したがって流域の安全な開発に、社会・経済的条件が大きく影響することは否定できないが、いちおう、これまでの自然に対する知識を総合し、流域の変化を自然科学的に検討しなおす必要があるだろう。いわゆる「動的自然の認識」を高めることにより、社会・経済的側面からみた流域の開発計画にもはじめて理論的根拠が生まれるものとおもわれる。ここでは主として林業立地における生産と防災の面に関連して、さきにのべた植物指標という時間情報を地形判読と組みあわせてのべることにする。その調査要領を表-2のように、自然をなまの姿でみる方法と、人為的条件の加わった時点を念頭においてみる方法にわけた。じっさいには両者を組みあわせ、時間的経過をみていくようにするといっそう効果的である。

野外調査は、河口、あるいは沢口から漸次上流に向ってすすめられ、現在観察できる形態から、それにいたる過程を推論し、未来への展開にそなえるのである。まず、下流部の土砂堆積状態の年代学的判断からはじめ、その土砂の流出源の存在と、その実態をつきとめるように

表-2 流域調査の方法

Table 2. A method of the watershed research

位置	指 標				
	自 然 的 条 件			人 為 的 条 件	
	地 形*	表 層 土	植 生**	土 木 工 事	植 栽
沖積扇状地	扇状地の広がり	堆積層の粒径組成	木本侵入	ダムによる堆砂と洗掘	造林木の生長
	堆積地横断形	降下火山灰の堆積	根系異常		2次侵食の際の変異樹形
	洗掘・堆積の交互性		変異樹形		埋没による枯死
溪流・支川	堆積地の位置	堆積層の粒径組成	木本侵入	ダムによる堆砂と洗掘	沿岸欠壊による造林木の变異樹形
	洪水段丘の横断形	降下火山灰の堆積	根系異常		
			変異樹形	林道開設による捨土の堆積	
山地斜面	斜面の立体的構造	風化土層の厚さ	木本侵入	山腹工および法面防護工 地すべり地排水工 三点法観測	造林不成績団地
	ウロコ状斜面	降下火山灰層の堆積	変異樹形		造林木の变異樹形
	波状地形				
	裸地の位置と規模	崖錐および地すべり先端部			

\* 地形： 植生の乏しい裸地に注目する。

\*\* 植生： 樹種，群落の規模，樹形，年齢をしらべる。

しなければならない。しかも、その土砂が自然状態での土砂流出であるか、人為的影響を含むものであるかという点は、詳細に吟味する必要がある。その場合、土砂は洪水のようにいっきよに流出しないで、斜面、溪流、扇状地の順に、処々に停滞しながら移動するものであることを忘れてはならない。

防災の見地からしても、保全対象が下流域から発達してくることを考え、災害に直結する移動土砂はより下流部に位置するものから順にマークしておくべきである。土地によっては、「ニゴリ沢」「ドロノ川」「ドロノ沢」「カラ沢」「カレ川」「アバレ川」とよばれ、昔からいちじるしい土砂流出をいいつたえているところもあり、貴重な情報となる場合も多い。

### III-1. 沖積扇状地 Detritus fan

溪流からはき出された土砂は、堆積して扇状堆積地を形成する。この堆積地は、流域内の地理的位置によって、下流への土砂供給源となる場合もあり、また最終的な堆積地となる場合もある。いずれにしても、扇状地自体は、たえず変化している。それは上流からの流水と土砂供給の度合によって、堆積・洗掘の両作用が多様に変化するからである。

平地に接した扇状堆積地は土地利用の競合する場所であり、忘れたころに土砂害をこうむるおそれがあるので、地学的年代にさかのぼるほどのことはないが、数100年程度の歴史だけは知っておく必要があるだろう。

### a. 扇状地の変化 Topographic change of the fan

土砂が氾らん堆積した裸地には、一般に先駆広葉樹の侵入がいちじるしい。年代差のある木本群落は、扇状地自体の洗掘・堆積のくりかえしを示すものである。洪水の流心部分はいちじるしく破壊されるが、流心をはずれた部分では、土砂がおだやかに堆積し、しかも、草本類がしばしば埋没するために、木本の繁殖に好条件をもたらす結果となる。しかし耐陰性の樹種と陽性の広葉樹が侵入する場合とでは、氾らん堆積地の規模が異なるとみなければならない。たとえば大裸地の場合には陽性広葉樹の侵入がいちじるしいのである。

扇状地は、いわゆる「首振り現象」によって流路が固定しないために、洗掘によって流心付近の地盤が変化し、立木の樹幹は傾斜しやすい。したがって地すべり地同様にアテ材の形成年代をしらべると、扇状地の変化を年代学的に追跡することができる。そして、扇状地の横断地形とあわせて考察することにより、現在の土砂移動を知ることができるのである。

扇状地のヤナギ類、ハンノキ類の林は、数10年以内の土砂氾らんの歴史を物語っている。このような場合には、上流部の土砂流出源の実態を把握できるように、溪流、斜面の動的自然にメスを入れなければならない。

### b. 沖積地の造林成績とダム効果 Effects of afforestation and dams on the alluvium

造林もダムも、地盤変化を知るための一種の長期実験とみることができる。すなわち、過去の堆積地に設けられた造林地がしだいに破壊されるような場合には、上流部の変化とそれに伴う連鎖反動的な影響について検討しなければならない。たとえば上流部の地すべりや林道開設による大量の土砂供給が、溪床堆積に変化をひき起こしたり、ダム築設によってかえって下流部洗掘を活発にするような現象については、歴史的に明白な事実として記録しておけば、自然へ介入する人為の影響をしらべる際の資料となる。

## III-2. 山地溪流 Gully and stream

山地斜面の風化土は、重力の作用によって自動的な下降運動をつづけているために、溪流では山地斜面から供給された土砂が堆積し、洪水の際に他動的に移動している。したがって、流域内の土砂の移動結果は、現時点の溪床堆積地形として表現され、しかもその変化は堆積地上の植物群に反映しているとみることができる。

流域に崩壊地がないにもかかわらず、堆積地の植物群落が若いとか、原生林の時代においてすら、溪流に厚い堆積地が形成されているということは、植物群落の形成が、土砂の移動に支配されたことを示すもので、斜面の風化土層移動の場合と同様である。このような堆積現象を正しく認識することは、たんに治山行為のみならず、上流地帯の地表攪乱を強行しなければならない森林施業全般にとっても必要なことである。

### a. 堆積地生成年代の推定 Presumption of deposit-age

年代の明らかな火山灰層の存在について、堆積地の新旧を確かめることが、まず第一の作業である。これはしばしば同類地形として扱われる堆積地に、現在の意味をもたせるうえで、

きわめて重要である。すなわち、降下火山灰堆積後300年あるいは500年間の気象条件(とくに豪雨)下で、破壊されないで現存している必然的な理由を探るのに有効な指標となるのである。

つぎに、植物指標のひとつである先駆広葉樹の群落形成に注目し、年代学的に解析する方法がある<sup>1)</sup>。堆積地の広がりを図-15のように平面的にあるいは、横断的にスケッチし、樹齢から堆積地の生成年代をとらえると、土砂移動の変化を知るのに都合がよい。この場合、周囲からの種子供給には年代ごとに豊凶の差があるので、それを考慮し、おおよその見当をつけるようにする。

地下茎によって営々と繁殖するササ群落の存在は、山地斜面と同様にその堆積地のある期間の安定状態を物語るもので、種子の重い広葉樹や針葉樹との混交は、安定期間が長く、先駆樹種との混交は、過去に堆積裸地の出現がくりかえされたことを意味している。したがって、ササ群落の占領地域と現在の流心との落差は、土砂移動の大小を論ずる場合に貴重な資料となる。

樹幹の埋没状態は外見的に判断できるから、みおとしてはならないし、できれば不定根の発達状態をスケッチしておかなければならない。耐埋没性樹種は文字どおり堆積土砂の動態を示す時間指標である。なお、樹幹断面の年輪で、上流側にキズのあるものについては、土石流の影響を考えてみる必要がある。できれば最近発生した洪水年代と符合するものを、それぞれの流域で確かめ、過去の歴史をひもとく場合の基準としておきたいものである。

このようにひとつの堆積地をしらべると当然のように土砂の流出源に目をむけることになる。土砂は水のようにいっきに流下しないで、諸所に停滞しながら移動する性質をもっているから、まず上流部堆積地の被壊状態についてみておかなければならない。また植物におおわれて一見安定しているかのような崖錐の存在や、溪岸で狭さく部を形成している地すべり舌端部を判別する必要がある。溪流に接しているこれらの斜面の動態は山地斜面と同じような要領では握ることができる。

#### b. ダムの堆砂傾向 Trend of dam up

既設ダムは、天端で渓床洗掘を抑制しているために、土砂の堆積現象を知る実験装置と考えることができる。たとえば、土砂移動量の大小、堆積の遅速は、ダム周辺の堆砂形態および先駆樹種の侵入状態から判断できる。

自然の溪流断面で観察する場合と異なり、ダム築設年代が明らかであるために、土砂の流

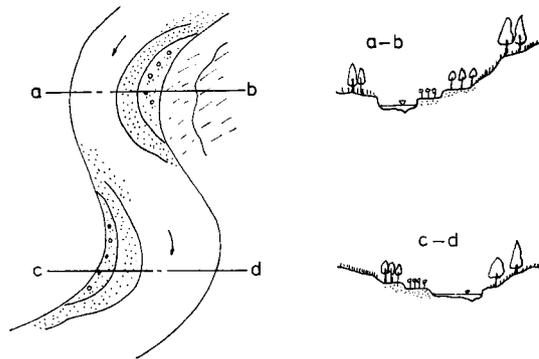


図-15 溪流堆積地の木本侵入、林齢、樹齢から堆積地の形成年代を推定する

Fig. 15. Tree invasion on the stream deposit

出源をさぐる場合に有効である。

### III-3. 山地斜面 Hill slope

伐採、造林、林道開設、治山などの森林施業はいずれもその大部分が山地斜面において行なわれる。したがって、山地斜面の個性を知ることは、林業上不可欠の知的作業といわなければならない。これまで、治山関係者以外の技術者は、地すべりや崩壊についてあまり関心を示さなかったが、斜面の火山灰層や風化土層の下降運動についても考えてみる必要がある。

#### a. 林内地すべり地の判別 Discrimination of creeping land

北海道ではこれまで地すべりに深い関心が寄せられていなかった。おそらく災害に直結する地すべりが少なかったためであろう。しかし、最近開発がすすむにつれて、地すべり災害も頻発し、多くの関係機関も地すべりをテーマとして研究するようになった。

奥地林開発に際しても、地すべり現象に苦しめられている点では例外でない。すなわち地すべりに対する認識が低かったために、自然改造にブレーキがかかっていたのである。

各機関の災害地質調査でも明らかにされたように、北海道の各地にも大小、新旧の地すべり地が存在しており、その他にも技術者が現場で設計・施工の段階で経験した地すべり現象は多いはずである。原生林におおわれた山地では、ふつう見のがされやすいこの種の現象について、われわれは林況調査から、その情報を得ようとしているわけである。

現在地すべり調査としては、地質、地形、すべり面、移動量、地下水、土質などの各調査・試験が行なわれている。もし、林況調査につぎの数項目の調査を加味するならば、森林施業に有効な地況判読の資料となるだろう。

#### 予備調査 (室内作業)

- i 地形図による判別—主として等高線の乱れ、すなわち周辺部より異常に緩斜面をなしていることに注目する。
- ii 地質図との照合一三紀層、白亜紀層、先白亜紀層、蛇紋岩地帯、鈹化変質帯（地層や岩石が熱水溶液で粘土化した地帯）、断層、岩相（泥炭、硬質頁岩、粘板岩、砂岩、凝灰岩、それらの互層状態）について調べる。
- iii 航空写真の判読—地形図にあらわれた緩斜部について、滑落崖、側壁、沼池、沢の発達、植生などを判読し、新旧の地すべり地形をとらえる。

#### 現地調査

- i 地形踏査—波状地形、沢型、極端な逆勾配、きれつ（縦・横）沼池、氾らん堆積地、滑落崖（1次・2次）、側壁に注目し、概略の形態をつかむ。
- ii 地質条件の観察—火山灰層の存在・位置、攪乱状況、溪岸にせり出している風化土層中の粘土の有無、滑落崖・側壁などにおける構成岩石の種類、互層状態について調べる。
- iii 林相からの判断—天然林の群落構成（針葉樹・先駆広葉樹の集合状態および樹齢）、人工造林地（トドマツ・カラマツ）における林木の生育状態の観察、針葉樹の変異樹形、とくに山側

表-3 林内地すべり地の植物指標  
Table 3. Plant indication of the creeping land

地すべり 地内の区分	群 落	樹 形	年 輪	反 復 性	交 互 性
冠 頭~頭 部	N { アカエゾマツ トドマツ ゴヨウマツ }	L プナノキ	年輪 (アテ材)*	一般に 不規則 短	ブロック状  小
冠 頭~頭 部	N { トドマツ エゾマツ ハイマツ }				
中 央 部	L ヒメヤシヤブシ	L (一般樹種) L (先駆樹種)	心材部腐朽*	↓ 長	↓ 大
中 央 部	N・L 混交林				
中 央 部	L (一般樹種)				
中央部~舌 部	L (先駆樹種)	上伸枝一年輪			
頭 部~中央部	低木 (ササ) - 立ち枯れ				
中央部~舌 部	湿生草本類 (凹地)				
頭 部~中央部	裸地 (滑落崖, 側壁, きれつ)				

\* 造林木に適用できる。N: 針葉樹 L: 広葉樹  
ゴヨウマツ・プナノキは道南においてみかけるものをあげた

傾斜木, 年輪 (渦巻き型のアテ, 山側のアテ) 心材部腐朽の状態についてしらべる。

典型的な地すべり地の植物指標は表-3のようにあらわされる。たとえば尾根筋に針葉樹が残り, 斜面中央部には広葉樹が多く, 斜面脚部のいわゆる舌端部には大型草本が多いなど, 風化土層の移動度合があらわされ, 地下茎によって繁殖するササ類の存在は, ある期間の風化土層の静止期を物語っているのである。

なお, 人工林では植栽木が記録計の役割りを果たすので, 植物計のひとつとして扱うことができる。

**b. 不成績造林からの情報 Information of a poor plantation**

地すべり地は緩斜面を呈しているために, 地形的には造林適地としてとりあげられやすい。しかし針葉樹 (トドマツ・エゾマツ・アカエゾマツ・カラマツ) の良質な材を得ることはむずかしい。不定期にしかも反復して地盤が変化するために, 幼齢木は根切れによって上長生長をやめ, 樹幹が傾斜してアテをつくったり, 立ち枯れになったりする。かろうじて大径木に生育したとしても, アテ材か心材部腐朽の低品位の材となってしまう。

欧米では土质地質学の分野で, はやくから土のは行現象に注目し, これを, Creep と称しているが, わが国では高温多湿で植物が繁茂しやすいせいか, あまり関心を集めていなかった。この現象はほとんど肉眼視できない程度の風化土層の下降運動であるから, 日常観察することはできない<sup>18)</sup>。また, これまで長期間記録できる測定方法がなかったのも事実である。しかし, 地すべり移動計などによる方法は, この種の運動を知る手段であったにもかかわらず, クリープへの関心がなかったために, それを感知するにいたらなかったようである。

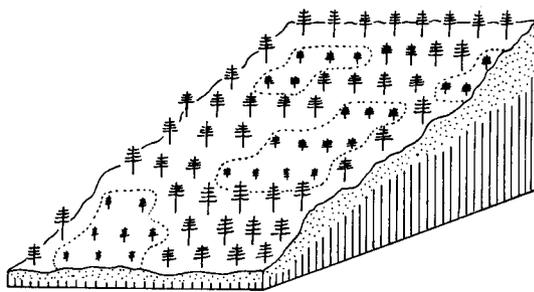


図-16 クリープ性造林地の生長不斉

Fig. 16. Distribution of abnormal crowns on the creeping plantation

ところで地すべり地の造林木の不斉な生育について、年代ごとにマークしていくと、ブロック状の変化がでてくる。すなわちクリープといえども一種の小規模な地すべり現象であるといえる。図-16のように斜面の上部と脚部の生育が良く、中腹で悪いのがその典型である。このような傾向は地すべり地形を呈していない小さな斜面においてもみかけることがある。

そこで、この問題を $35^\circ$ 以上の斜面にあてはめて考えると、植栽後数年たった造林地の不成績の原因のひとつに、クリープ現象をあげることができる。もともと、風化土層は下降運動をつづけているものであるから、皆伐後の根系腐朽が加わって、下降運動ははげしくなり、植栽後間もない苗木が、土層移動に支配されて生育を阻止されても不思議なことではない。

斜面崩壊は、累積したヒズミによってバランスが破れ、発展するものと考えることができる。したがって、改植をくりえしても、予想を裏切るような造林の不成績については、気象害・虫害・菌害以前にクリープの影響を考慮しなければならないだろう。このような斜面は外観的にはウロコ状をなし、天然林と同様、尾根筋に植栽木が残存する傾向をもっている。

なお、三紀層山地の皆伐造林地で、植栽後頻発する剝落崩壊については、たんに降雨量の多寡ばかりでなく、時間経過のなかで累積されるヒズミの性質について検討しておかなければならない。図-17のように二、三の経験から、崩壊の前駆現象は長年にわたって、年輪に記録されていることがわかった<sup>5)</sup>このような傾向は、天然木伐採あるいは造林木間伐時点で、年輪を確かめることによって推察できる。調査に際しては、アテ材出現の直径を測定し、移動規模の大きさを推定しておくのもひとつの有効な方法である。

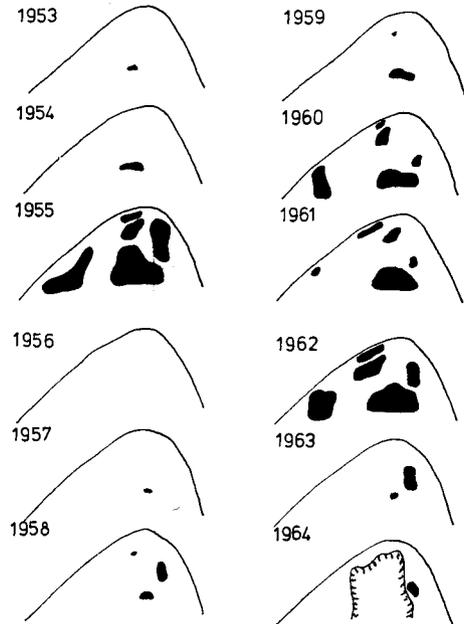


図-17 山腹崩壊の前駆現象、アテの年代解析から推定したブロック状移動、カラマツ造林地において、1964年崩壊地形成にいたる12年間の経過を推定した

Fig. 17. Pre-movement of hillside slip that presumed pattern of brock-slides for 12 years

**c. 三点法によるクリープ測定**  
**Creep-measurement by the three-point method**

幼齢木の生育に影響する表層土の移動を、物理的に測定する方法として三点法がある。この方法は、地すべり地、急斜面の造林地、林道法面の背後斜面で、クリープ現象をみるときに有効な手段となる<sup>7)</sup>。

この方法は図-18に示すように、3本の杭で地表に一边が60~70cmの三角形をつくり、直接距離測定によって、三角形の変形をしらべ、杭に影響する表層土の移動傾向を、定性的に知ろうとするものである。

杭の長さは、風化土層の深さや目的によって加減し、ふつうの地すべり地では約50cmの杭を用い、積雪移動の影響を受けないように、地上部をあまり凸出させないように5cm以下にとどめる。各杭の点を結ぶ三角形は、必ずしも水平面に設置される必要はなく、傾斜していても支障はない。かりに水平面で出発しても、1回の移動で傾斜が変わってしまうから、最初の形態のとりかたに重きをおいてもあまり意味がない。要は3点間相互の距離を確実に測定しておくだけでよいわけである。杭頭には小釘を打ちスチールテープで測定しやすいようにする。

杭間の距離があまり長くなると、測定誤差も大きくなるし、また、1回の移動で斜面の凹凸ができるので、直線距離の測定はむずかしくなるので、ちょうど苗木の生活圏としてみこんだ60cm程度が適当な間隔である。

測定期ごとに、3点相互の距離を比較すると、伸び縮みがわかる。岩塊、粘質土、有機質土、根などのまじりあった土層が全く平行移動することはありえないし、また斜面の一部が下降運動するとき、移動の前後で移動部が同じ状態であるということは考えられないので、三角形が同一の図形を保っているということになれば、つまりその部分は移動しなかったものと解釈できる。

3点間の距離  $a \cdot b \cdot c$  から、ヘロンの公式により三角形の面積  $S$  を計算することができる。

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$p = 1/2(a+b+c)$$

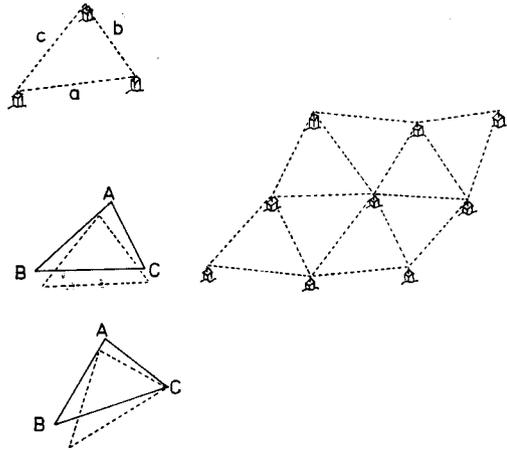


図-18 三点法による地表変動の測定、単一の三角形および複合三角形の変化、ヘロンの公式による面積計算、

$$S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

$$p = 1/2(a+b+c)$$

設置時点の面積 ( $S_0$ ) を100とし、測定期ごとの  $S_1, S_2, \dots, S_n$  と比較し100以上をプラス(+), 100以下をマイナス(-)としてあらわし、動態をパターン化する

Fig. 18. Principle of the three-point method. Left: Mono type and the transition. Right: Combination type.

そこで設置時点の三角形の面積  $S_0$  を 100 とすると、各測定期の面積  $S_1, S_2, \dots$  を  $S_0$  と比較し、100 以上の場合を伸び (+)、100 以下の場合を縮み (-) という変形の割合であらわすことができる。

北海道における造林地の測定例をみると、融雪時に 10~60 mm のズレがみとめられ、変形率は 1~13% となっている。また、慢性的地すべり地といわれているところでは、248 mm のズレで変形率は 3~20% と大きな値を示している。これらの変形率は斜面の位置により、また、測定期により異なっている。つまり表層土の移動が不規則な交互性、反復性をもっていることを示している。なお、多くの三角形を連続的に複合させることにより、ある特定区間の不規則な時差運動(交互性)を確かめることができる。そして、移動の大小と、植生状態と対比しながらその土地の動的性質をみていくことができる。

### III-4. 調査の要点 The point of the research

表-4にまとめたような植生条件・土壌条件・地形条件・地質条件をマークしながら、現地をみつめていくと、防災的に注意を要する地区を明らかにすることができ、また計画的な森林施業をすすめることができる。

ひとつの流域では、(保全対象)→(沖積扇状地)→(山地溪流)→(山地斜面)の順に、下流部から上流部にむかって、必要に応じて植生、堆積地形を観察する。この順序は、時間的に新しいものから古いものへと追跡するということにもなる。それらの観察事項の要点はつぎのようにならわされる。

#### I. 沖積扇状地

1. 扇状地の判別
2. 林相の判別—先駆広葉樹—(樹種, 林齢)
3. 首振り現象の判別  
地形の横断面をとり、凹地部の侵入木本の樹種・年齢をみる。
4. 2次侵食の年代判別  
樹幹傾斜, アテ形成, 偏心生長の年代からよみとる。
5. 再堆積の年代を樹幹の損傷年代からよみとる。
6. 再堆積による埋没状況を, 不定根の形成から判別する。
7. 既設ダムの堆砂, 洗掘状態から移動する土砂量, 流路の変化を知る。

#### II. 溪流

溪流拡幅部について

1. 堆積傾向を洪水段丘の形態と侵入木本の年輪でしらべる。
2. 旧堆積地の洗掘傾向を樹幹傾斜, 偏心, アテ形成によってしらべる。
3. 既往洪水時の流送土砂による樹幹の損傷年代をしらべる。
4. ダムの堆砂状態および前庭部の洗掘状態から, 土砂移動の傾向をしらべる。

表-4 流域調査野帳  
Table 4. Field note of the watershed research

No. \_\_\_\_\_

調査地 \_\_\_\_\_ 事業区 \_\_\_\_\_ 林班 通称沢名 \_\_\_\_\_

調査日 昭和 \_\_\_\_\_ 年 \_\_\_\_\_ 月 \_\_\_\_\_ 日 調査員 \_\_\_\_\_

記録写真 No. \_\_\_\_\_ 試料木 No. \_\_\_\_\_ 試料円板 No. \_\_\_\_\_

植 生 条 件	
侵入	草類 コケ類 草本 湿生草本 ヨシ スゲ類 大型草本 オオブキ, エゾヨモギ ヨブスマソウ, その他 ハンゴンソウ オオイタドリ
	低木 クマイザサ, チシマザサ, ミヤコザサ, ヒメヤシヤブシ, エゾノコリンゴ
植物	先駆広葉樹 一般広葉樹 針葉樹 ヤナギ類 _____ 年 シナノキ ヤチダモ カシワ カラマツ _____ 年 トドマツ ドロノキ類 _____ 年 ハルニレ キハダ サワグルミ クロマツ _____ 年 エゾマツ ハンノキ類 _____ 年 カエデ類 ブナノキ オニグルミ アカマツ _____ 年 アカエゾマツ カンバ類 _____ 年 センノキ ミズナラ その他 アカマツ _____ 年 イチイ
	変異樹形 芯づまり 枝づまり 立ち枯れ 樹幹傾斜 (山側 横方向 谷側) 樹幹屈曲 上伸枝 _____ 年 (親木 _____ 年) アテ材 (単木) (複数) 渦巻き型 心材腐朽 (幹径 _____ cm 腐朽径 _____ cm)
根系異常	樹種 _____ 不定根 地下 _____ cm _____ cm _____ cm 年齢 _____ 年 _____ 年 _____ 年 偏心生長 (一方向 (山側 横方向 谷側) 多方向 (年代差 _____ 年))

土 壤 条 件	地 形 条 件	地 質 条 件
火山灰 ローム層 地下 _____ cm 厚さ _____ cm 粒度 (粗, 細, 微細) 起源 _____ 年代 _____ 基盤風化土 (残積土) 風化深 _____ cm (崩積土) 基盤横断形 (直線, 波形) 岩屑 (多・中・少) 細土 (多・中・少) 粘土 (有・無)	台地 斜面 (流盤) (急斜 (35°<) (ウロコ状斜面) 緩斜 (35°>)) 岩盤露出 溪流 堆積地 (平面 _____ m × 幅 _____ m 垂直 _____ cm 階段状 _____ cm 転石平均径 _____ cm _____ cm) 扇状地 (最大幅 _____ m 奥行 _____ m 洗掘深 _____ cm 単一, 複合形, 主扇内角 _____)	新火山期灰 沖積層 洪積層 新第三紀層 古第三紀層 白亜紀層 先白亜紀層 変成岩地帯 火山岩地帯 ローム層 鈹変質化帯 破碎帯

5. フキでおおわれたところは比較的最近の堆積地であることを知る。
6. 溪岸斜面で、崖錐の発達や、大型草本の侵入をマークする。
7. 狭さく部の溪岸斜面が、地すべり性かどうかを確かめる。

### III. 山地斜面

1. つぎの植生から、林内地すべりの履歴を判別する。
  - a. ササがなく大型草本が繁茂している。
  - b. 先駆広葉樹が多い場合。
  - c. 尾根・出尾根にのみ針葉樹が残存している。
  - d. 造林地の不成績団地
  - e. 天然更新良好で、年代不揃いのところ
2. 腐朽材の多いところは、クレープ性の斜面である。
3. 崖錐がいちじるしく発達し、フキ・スギナ・イタドリの多いところは、新しい崩積土である。
4. 既設林道の切り取り面において、風化土と基盤、新期火山灰と基盤風化土あるいは基盤との接触部について、立体的に観察し、滲透水の集りやすい波状形か、または水の集まりにくい直線形をなしているかをみきわめる。
5. 切り取り面が上記法面と同方向の勾配をもつ「流れ盤」か逆勾配の「受け盤」であるかをみておく。

以上のような野外調査の方法を要約すると図-19のように現在から過去への追跡パターンとしてあらわされる。

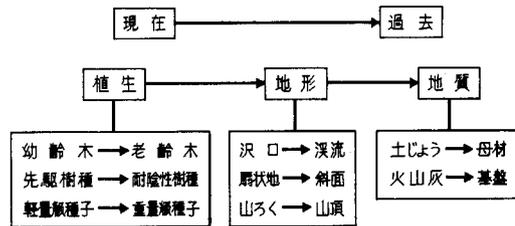


図-19 野外調査の歴史学的方法、痕跡の時間分析は、現在から過去にむかって行なう

Fig. 19. Historical method of field surveys. Time-analysis by the traces.

### IV. 諸調査との関連

#### Other investigations

森林資源の調査に際して、これまでに地況・林況および気象条件については詳しく検討されている。たとえば、つぎのような報告がある。

1. 森林蓄積および生長量調査報告
2. 植生調査報告
3. 地形・地質調査報告
4. 土壌調査報告
5. 気象災害調査報告
6. 治山調査報告

これらの報告は、それぞれ専門的な立場で解説されているから、森林施業の総体的な方向づけさえ明瞭であれば、きわめて利用価値が高い。しかし、これらの報告から得た知識の羅列に終わったのでは、現在の森林およびその推移を解釈することはできない。その理由についてはつぎのようなこともあるとおもわれるので、よく吟味しておく必要がある。

**IV-1. 森林蓄積および生長量調査 Growing stock**

森林調査簿にあらわされたもののなかで、もっとも価値があるとされているのは、木材の物量的把握であるけれども、たまたま記載されている各樹種の樹齢や林齢は、森林の成立を探るうえの目安となる。たとえば老齢木は、その地点の相対的不動期間の長かったことを示し、同齢林はある範囲の裸地の出現を意味している。

とくに、1,000年以内の降下火山灰の堆積と、針葉樹林の成立とは深い関係がある。また、クリーブ性の斜面では、年齢の多様な後継樹を交え、外見上更新状態はよいのであるが、良材は得られない。そして、崩壊の頻発するところには、広葉樹林が成立し、慢性的地すべり地では、先駆広葉樹林および大型草本が侵入し、ササ類の定着を拒んでいる。

**IV-2. 植生調査 Vegetation research**

植生調査は、植物目録の作成で終るものでなく、ある特定の種を利用し、標高の高い位置と低い位置、内陸部と海岸線の環境的差異、山腹における相対的不動部と変動のいちじるしい個所の判別を行なうようにする。

北海道において地表変動を判別するのに有効な植物をあげると表-5のようになる。

コケ類は火山灰土に定着している場合が多く、現地で基盤風化土と降下火山灰のちがいを見わけするのに好都合である。

表-5 指標価値のある植物  
Table 5. Effective indication

生活型	種 類	
藓 類	コケ類	
草 本	オオブキ, エゾヨモギ, スギナ, オオイタドリ, その他大型草本	
低 木	クマイザサ, チシマザサ, ミヤコザサ, エゾノコリンゴ, ヒメヤシヤブシ (ヤシヤブシ)	
高 木	先 駆 広葉樹	ヤナギ類, ドロノキ, ヤマナラシ, ケヤマハンノキ, ミヤマハンノキ, カンバ類
	一 般 広葉樹	ハルニレ, シナノキ, カエデ類, ヤチダモ, キハダ, ナナカマド, ブナノキ, ミズナラ, カシワ, オニグルミ
	陽 性 針葉樹	カラマツ, (アカマツ), (クロマツ)
針葉樹	トドマツ, エゾマツ, アカエゾマツ	

**IV-3. 地形・地質調査 Geomorphology and geology**

地形図や地質図は、植物の生活時間や地表の風化土の存在を無視できるようなフィールドでつくられている。したがってこれらの資料からにわかには植生問題と密着した関係を解くことはできない。またスケールのうえで考えてみると、5万分の1の地質図や地形図は、水平的には、ふつうの林相図と同じように、面的広がりとしての情報を提供するけれども、垂直的な判断に、しばしば狂いを起こさせやすい。たとえば、5万分の1の縮尺で1mmの高さは、実際には50mに当たり、根張りの深度はもちろん、樹高の実状すら伝えてくれない。まして、そのような図

表—6 地形の規模 (西村嘉助 1968, ゴジック記入東)

Table 6. Scale of topography

	地形基準	営力	時間	地形図	写真	観察
大地形	世界的	総営力	10 <sup>8</sup> 年~	10 <sup>-7</sup> ~	宇宙写真	人工衛星
中地形	地形体 (山地・平野・島) (その他)	複合営力	10 <sup>6</sup> ~10 <sup>8</sup> 年	10 <sup>-5</sup> ~10 <sup>-7</sup>	航空写真	航空機
小地形	地形要素 (地形面・川・そ の他)	単一営力	10 <sup>4</sup> ~10 <sup>6</sup> 年	10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-5</sup>	地上写真	自動車
微地形	地形現象 (構造土・ポット ホール・その他)	単純営力	~10 <sup>4</sup> 年	~10 <sup>-3</sup>	肉眼	徒歩

面が崩壊地や扇状堆積地の3次元的空间の変動をあらわすだろうという期待はもてない。林内の土木工事や治山工事の計画図で、垂直方向を水平方向より数倍の大縮尺にしていることを考えれば、立体的情報のとらえ方のむずかしい点が理解できるだろう。したがって、地形・地質の資料は、流域のマクロな性質を示し、ある地点の基盤や岩相をあらわしていることに留意して使用しなければならない。表-6は地形を扱う場合の空間的規模と時間的オーダの関係を示したもので、沖積世1万年は1,000分の1のスケールに対応させてある<sup>15)</sup>。これは野外調査において留意すべきことがらである。

#### IV-4. 土壌調査 Soil survey

土壌は母材(無機物)と生物のかかわり合いによって作り出されるものである。したがって、ある地点の母材(基盤・火山噴出物)の起源は、生物の到着(植物の侵入・動物の移住)よりも時間的に早いことになる。母材の土壌化進度が植物の生育に反応することは否定できないが、さらに根源的には、細粒母材(風化岩屑や火山灰)の堆積している厚さと、その安定状態によると考えられる。

土壌調査報告によると、50~100 cmの土層について記載された土壌断面図が多い。この断面図から、新旧火山灰層の存在、基盤の風化状態をみきわめ、崩壊地周辺の観察によって、崩壊土砂は火山灰と基盤風化土のいずれに属しているかを確かめるようにしなければならない。とくに積雪の多いところでは融雪水の滲透による地すべり、崩壊、ソィルクリーブの傾向をつかむようにしなければならない。また、各地のポドゾル土壌は、地形的にみて安定した台地や緩斜面に多く発達し、さらに山火の形跡は炭化した木片によって判断できる。

#### IV-5. 気象災害調査 Meteorological disaster

最近の異常気象(台風、集中豪雨、豪雪、異常融雪)と、森林の衰退、林地の崩壊、溪流の荒廃を記録的に明らかにし、隣接地区での次回の災害予知に備えるようにする。

1回の豪雨量と崩壊量を直線的な関係としてかたづけることなく、歴史的に積み重ねられ

たヒズミ量の累積として解釈しなければならない。

つまり、地震、豪雨、台風、融雪の作用により、斜面では前駆現象が起こっているとみななければならないのである。

防災計画にはもちろん確率雨量の算定も重要であるが、「いつ」「どこで」「どの程度」の降雨をみるか、数カ月も前から予知することはできないとおもわれるので、過去の経験から、かりに何ミリの雨にあえばどうなるだろうかということ想定しておく必要がある。

このような災害関係の資料は、都市村落の歴史と相伴っているから、新しい防災計画をたてる場合には、都市の膨張にも関心をもたなければならない。

#### IV-6. 治山調査 Erosion control

既設ダムの多い流域は、いちおう荒廃危険度の高いところである。必ずしも、崩壊地の現存量のみによって、荒廃度を判定することはできない。それは、北海道のように豪雨周期の長いところでは、崩壊地ができて外見上復旧しやすいからである。また若い地質系統のために地すべり性の溪岸斜面が多く、その地すべり土塊は異常出水によって流出しやすにもかかわらず、ふだんは、植物が繁茂しいわゆる荒廃状況を呈していないからである。

さらに、原生林時代に形成された沖積地が、人為介入により、逆に洗掘され、欠壊していることもあるから、これらの点を見落とすことのないように調査し、流域全体の個性を探らなければならない。

### V. 森林施業のすすめ方 Course of the forest working

林業にとって木材生産という概念には、時間的に空間的に峻別されなければならない面がある。時間的にみた長期性は、生産上宿命的なものであるだけに、空間的な問題については、とくに予測の論理が適用されなければならない。「山地不動」を前提にするか、「地表変動」を認識するかによって森林施業の基本的姿勢は変わるだろう。具体的にいえば、天然林伐採と人工林造成の両極端を支える理論を、動的自然のなかにおいて、どのようにして組み立てるかということである。

筆者は、木材生産と流域保全に関連する森林施業の位置づけを、図-20のようにあらわしてみた。林道開設、伐採、搬出などの「即時生産」と、造林、保護などの「期待生産」とでは、10~100年の時間差がある。また即時生産は、奥地林において、期待生産は里山において行なわれるように、空間的なちがいがあり、さらに、前者が林木という生物を対象としているのに対して、後者は土地という無機物を生産手段とし、生物である林木を育成するという、作業のちがいに注目しておく必要がある。

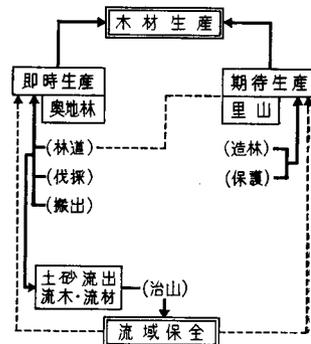


図-20 森林施業と生産および保全の関係

Fig. 20. Relation to production and conservation on the forest working

そして、長い期間に、林木は気象害・生物害はもちろん、地表変動の影響を受けるはずである。たとえば台風や地すべりによる傾斜木にアテ材が形成され、材価が落ちることを考えれば、おそらく処分方法も変らざるをえないだろう。

また、地すべり地を通過する林道や、地すべり地形を造林適地とした場合には、期待どおりの生産目標に達しない。そのような場所において粗悪林分の林種転換を行ない、生産性を高めようとする前に、低質広葉樹林の成立を探る必要もある。地表変動の周期が短い斜面では、先駆広葉樹と大型草本が群落をつくりやすく、逆に、ササ地は一時的ではあるが、草本よりは長い安定期間を示すともいえる<sup>6)</sup>。

もともと風化土層の下降運動が起こっている斜面で、人為的な地表攪乱が加わると、その土砂移動はいちじるしくなる。したがって土砂流出に焦点をあわせて行なわれる治山では、経営活動に伴う捨土、流木の急増によって、即時生産のマイナス効果を消去するのに忙殺される。しかし流域全体を長期的な生産の場としたときに、はじめて治山が即時生産や期待生産に間接的に寄与することが明らかになるだろう。その場合に動的自然に順応した治山行為かどうかを検討しなければならない。下流域防災を名目としたダムといえども、旧堆積地を破壊しかえって被害を大きくした例や、地すべり舌端部をダムサイトを選んで、防災の期待を裏切った例は多い。

このようにみえてくると、森林施業のそれぞれの立場は、地表変動に対する認識を早急に深めなければならないことになる。それには過去の事業実績のなかのいくつかの失敗例から、ひとつの仮説を帰納的な方法で確かめつつ一般化し、得られた法則を新しい事業に折りこむことによって検証するのが好ましいだろう。災害時の刻明な記録が整理、保存されなければならないのもそのためである。

図-21は既存の知識によって計画し、設計し、施工し、維持していくなかで、予期しなかった出来事(現象)が起こった場合に、それに共通性をもったいくつかの事実から法則化し、前段の作業に還元することによって、次の計画、設計、施工に適用されるという技術の進歩する姿をえがいたものである。

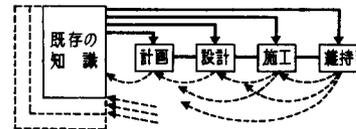


図-21 技術の進歩

Fig. 21. Progression of the technology

既設のダム、道路、造林地などを、人間による実験装置にみ立て、その後の自然の変化をさぐることにすると、大災害にであった場合には、とくに自然の動態を認識する手がかりになるだろう。いわゆる野外科学(現場科学)はわれわれ日常接している未知から知への行為、つまり自然学そのものである。そして、技術者にとって事業はすべて実験的方法として考察できる対象でもある。そこで、つぎに地表変動を考慮した場合に森林施業の各パートに必要なとおもわれる注意事項についてのべよう。

#### V-1. 伐採関係 Cutting budget

過去長い伐採経験から、良材の産出地はほぼ判明しているはずである。したがって、その

空間的分布から、期待生産のために集中的に投資できる地区を選定することができる。

逆に不良材の産地、不良林分については、地質、地形と関連させて検討しておく必要がある。もし資源調査(林相・樹形)歩止り調査(アテ材・心材腐朽材)の結果地すべり地であると判明した場合には、針葉樹材の生産についてはひかえるべきであり、広葉樹存続のために母材が絶滅することのないように、すくなくとも帯状伐採程度にとどめるべきである。

土砂移動は不可逆現象であるから、それに支配される植物群の推移も不可逆現象である。人為介入が自然崩壊に拍車をかけていることを認識し、他の関連分野と十分な連携のうえで伐採計画をたてる必要がある。とくに35°以上の溪岸斜面では皆伐をさけ、択伐方式をとるようにし、大径木から順次収穫するようにしたいものである。

現在行なわれている全幹集材、全木集材方式では、好むと好まざるとにかかわらず、末木枝条は溪流堆積地で処理され、時には沢のなかに放棄されることもある。これらの末木枝条は、豪雨時の出水によって、たちまち押し流され、林道のコルゲートパイプを閉塞し、橋梁を破壊する危険性がある。同様に沢土場に巻き立てられた丸太も、予測できない豪雨によって流失する可能性もあり、林道破壊の原因ともなるわけであるから、とくに注意する必要がある。

### V-2. 造林関係 Afforestation

期待生産の真意を体し、造林適地判定には、地表変動の因子を入れて検討する必要がある。それは、林相調査、天然木伐採、造林木の間伐の時点で判断できる。そして、アテ材をめぐる林業的諸問題のなかで、図-22に示すように、適地判定の時間指標として有効なことをみのがしてはならない<sup>9)</sup>。地すべり地末端部や、35°以上の急斜面造林に際して、表層土がクリープ現象を起こしていることを忘れてはならない。皆伐後6~8年たつと腐朽した伐根のために、表層崩壊がはじまる。この点では造林不成績地から多くの情報が得られるだろう。

なおササ地の林帯造成<sup>9)</sup>には、地表変動の理論をとりいれ、競争緩和をはかれるような地拵え法として計画的にベルト状の裸地を設け、広葉樹侵入の場とする方法もある。既往の皆伐跡地においては、まず捨木列を予定して、そこに広葉樹ベルトを設け、保護帯を兼ねた林帯を先行させ、つぎの段階で針葉樹ベルトを設定する2段階造林法の採用をすすめる。とくに造林地内の小崩壊地復旧に対しては、より侵入しやすい先駆広葉樹を、母樹群として確保しておく必要がある。

崩壊地処理に莫大な経費をつぎこむためのメリットについて十分吟味し、いっぽうなるべく崩壊地をつくらぬような林地の取り扱いがのぞまれる。その場合、従来の地上部の光線競争の考え方にこだわらず、根系部の競争に目を移す必要がある。

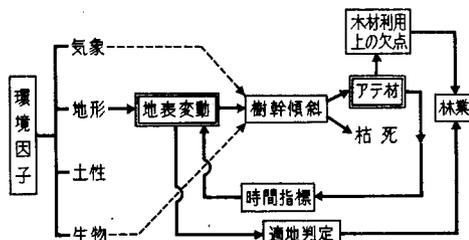


図-22 森林施業に関連するアテ材研究の意義

Fig. 22. Signification of the research for the reaction wood

### V-3. 林道関係 Forest-road engineering

地形的条件からのみ検討されていた路線選定には、地況判断として限界がある。植物指標による現在の地表変動を知らなければ、山地道路の道路工学的問題は解決しないだろう。旧沢型の上の厚い風化土層は、法面カットにより、崩落しやすい部分であるからとくに注意しなければならない。なお、地すべり地は、林相、樹形、年輪から判断できるわけであるから、なるべく路線を変更するか、やむをえない場合には、路幅を3~5倍の広さに設計するか、あるいはズイ道によらなければならないだろう<sup>8)</sup>。

流量のみを計算して設計された排水管には、製品事業の残材である末木枝条がつまり、捨土の流出と相まって路体を破壊する結果になる。かりに1地点の流通を確保したとしても、危害は下流部に累積されるだけで、流域全体としては災害を助長するにすぎない。したがって、土砂のコントロールや流木の処理については、治山関係と連携し溪流における面的な方法を導入しなければならない。

なお、動的因子を入れた地況判断から集中投資ができると予想される林業適地と、不安定な林地とみなされた地区では、林道網の計画におのずから格差を生むだろう。

### V-4. 治山関係 Erosion check

局所防災の総和が流域防災である。保全対象は相対的に下流部に位置するわけであるが、山地においては、林道および河道そのものが保全対象であることを忘れてはならない。

原生林時代の土砂流出を意味する堆積地形と林相の関係をしらべ、人為的な土砂流出、すなわち林道捨土やダムによる下流堆積地の洗掘土砂にも注目する必要がある。溪流にせり出している地すべり土塊は、土砂流出源として重大な存在である。下流の拡幅部で安全な分散処理ができるように、低ダム群の構造と配置について検討しなければならない。また流木処理のために透過性ダムを加えることも必要である。

図-23のように、ともすると、上流部の崩壊地を望遠レンズで眺め、崩壊地を土砂流出の最大の根源であるとしやすいが、広角レンズで写しだされるように、沢の出口に位置している堆積土砂が土砂害の直接原因となるから、その土砂害の有害度について再認識すべきである。

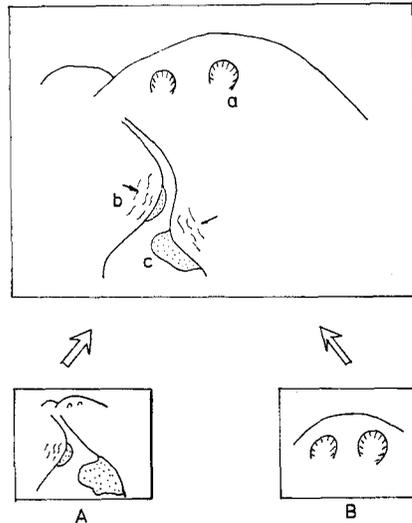


図-23 流域展望のちがいがい

- A: 広角レンズ: 流域保全的視野で溪流の有害土砂を強調している  
 B: 望遠レンズ: 局所防災的視野で崩壊地の存在に注目している  
 a: 崩壊地, b: 地すべり地,  
 c: 堆積地

Fig. 23. Difference of the watershed approach  
 A: Wide angle  
 B: Telescopic sight.

そして、これらの土砂が、溪流の拡幅部で自然に堆積していることを知るならば、低ダム群により面的に処理することが、自然に逆らわない巧みな工法のひとつであることも理解できるだろう<sup>9)</sup>。いたずらに高ダムで林業地の入口を閉塞し、また大量の土砂を貯え、ポテンシャルエネルギーを高めることは、高ダム自体が絶対に安全であるという確証がないかぎり、土地利用上また防災上逆行する方法である。とくに、溪流の狭さく部が地すべり先端部である場合にその危険性が大きいのであるから、林相、樹形、年輪などの情報と、地質学、地形学の知識とをあわせて検討しなければならない。

防災的見地からすれば、治山ダムは保全対象により近い下流部から漸次上流にさかのぼるほうが好ましいということになる。

#### V-5. 防災林関係 Disaster prevention forest

土地条件、気象条件ともに不利な環境にありながら、周辺保護のために設けられる防災林の造成には、もっとも高度な植栽技術を必要とする。

原生林の成立には、内陸部同様に沖積世の火山噴出物に支配されたものとおもわれる点が多く、それを裏書きするかのように各地の海岸砂丘、泥炭地の林木根系層にも、火山灰土の整層あるいは混入をみることができる。したがって、不利な環境下において、再び人為的に林帯を造成しようとするならば、この火山灰土を機械力により攪拌混合し、まず、広葉樹による前生林ベルトを確保し、その保護のもとに、郷土種の針葉樹ベルトを設けるべきであろう。植栽は相対的に条件の良い内陸部に拠点を求めるようにする。

この場合、地形・樹形から、冬季・春季（生長開始期）の風向や、積雪傾向を知り、それに対応した防風土塁、防風柵、人工砂丘を設けなければならない。これらの保護工は天端をレベルにし、集中する風力を分散させるのが基本的な原理となる。これは扇状堆積地において、土石流の分散堆積を意図する低ダム群工法の機能にも共通している点である。

### む す び

#### Conclusion

「山地不動」を前提にして組み立てられた林業立地の扱いから脱脚し、日常接している山地、森林から「地表変動」の実態を認識することは、期待生産や予防治山の理論を裏づけるために必要なことである。これまでにも、地質のみかた、地形のみかた、土壌のみかた、気象記録のみかた、植生のみかたなど、いろいろあったが、いずれも直線的な関係をとらえようとする程度にとどまっていた。

しかし、現場で施業する技術者はだれでも自然が単純な相関関係だけでなりたっていないことを知っている。自然を知るといことは「自然の動的変化」を知ることである。われわれはお互に現場の事実を前にして、歴史的に考察するクセをつけておかなければならない。その意味で長い歴史を刻みこんでいる樹木年輪に目を向けることは、現場における有効な情報キャ

ツチの方法である。そして、生物は環境に支配されて生きているのであり、生物のなかで最も長命なのは樹木であることを忘れてはならない。

林帯造成が林業のためばかりでなく、治山行為が林地回復のためばかりでないことは、すでに第三者の指摘にもみられるとおりである。都市はますます膨張し、土地利用は高度化するのであるから、その推移を予測し、危険地帯の防災的処理と林業生産の可能性とを同一空間において結合させていくべきである。

北海道は、夏期間の降雨量が少ない。しかし「災害は忘れたころにやってくる」ことになっている。また、地形がゆるやかである。しかし、視点をかえると、水の集る個所が少ないだけに、ひとたび集った水は、大きな破壊力をもつことにもなる。しかも、ゆるやかな地形には、人が集中しやすい。したがって「災害は自然の動態を知らないところに起こる」ということになる。

まして、山地、森林の扱いが粗末になり、一時的な生産だけを目標にしたのでは、予期しない災害（実は専門家にも、災害発生の時期はわからない）を招くことになる。奥地の経営活動が盛んになればなおさらのことである。

本論文は、以上の点を考慮しながら、必要最小限度の観察資料を得るような野外調査の方法についてのべた。従来の調査法と異なる点は、植生条件を優先的にとりあげ、ついで土壌条件、地形条件、地質条件へと、現実的事象から過去へさかのぼるような追跡法をとっていることである。

調査に際しては、なおいくつかの問題点が発生するとおもわれるが、それについては将来の研究課題として、一步一步改善していくつもりである。

この研究に際して、種々ご高配を賜った北海道内各営林局、北海道林務部、北海道大学演習林の関係各位に心からお礼を申しのべる。

本論文は、筆者の試みている、林業講習所北海道支所、施業研修の講義内容「地表変動と森林施業」(1969)および北見営林局資料「防災施業の手びき」(1970)に、実際の調査のなかで検討したことがらを加わえたものであることを付記し、諸賢のご批判を仰ぐこととしたい。

### 参 考 文 献

#### References

- 1) 新谷 融 (1971) 荒廃溪流における土石移動に関する基礎的研究. 北大演報, 28, 2, 193-258.
- 2) CLEMENTS, F. E. (1928). Plant Succession and Indicators. The H. W. Wilson Company. New York.
- 3) COWLES, H. C. (1901) The physiographic ecology of Chicago and vicinity, a study of the origin, development and classification of plant societies. Bot. Gaz. 31, 73-108, 145-182.
- 4) 東 三郎 (1967) 地表変動と指標植物, 水利科学, 56, 55-68.
- 5) 東 三郎 (1968) 山腹崩壊の前兆と異常年輪. 道林試報, 6, 19-39.
- 6) 東 三郎・田中 勇 (1969) ササ地における林帯造成. 北大演業資, 14.
- 7) 東 三郎 (1969) 三点法による林地クリーブの判別. 日林北支講, 18, 205-208.

- 8) 東 三郎 (1970) 流動土石の分散処理に関する考察. 新砂防, 75, 1-16.
- 9) 東 三郎 (1970) 地表面の傾動とアテ材の関係. 日本木材学会北・支・講, 2, 27-30.
- 10) 東・藤原・新谷・村井 (1971) 樹木年代学からみた地すべり地の推移. 北大演報, 28, 2, 339-419.
- 11) 木内信蔵 (1968) 地域概論 — その理論と応用 —. 東大出版会.
- 12) 水山高幸・守田 優 (1969) デービス: 地形の説明的記載. 大明堂.
- 13) 三野与吉編 (1968) 自然地理調査法. 朝倉書店.
- 14) 三浦伊八郎 (1961) 本多静六原著, 森林家必携, 増補改訂59版, 林野共済会.
- 15) 西村嘉助ほか編 (1968) 自然的基礎. 大明堂.
- 16) 尾留川正平ほか編 (1972) 人文地理調査法. 朝倉書店.
- 17) TANSLEY, A. G. (1923) Practical Plant Ecology. London.
- 18) 渡辺 貫 (1941) 地質工学 (増補版) 古今書院.

### Summary

This paper is about the land surface and vegetation. It is concerned with topography as a reflect of geological condition, and with geo-dynamic processes in affecting vegetation.

Its particular purpose is to apply present knowledge regarding the degree to which the surface process can be presumed by observing vegetation growing on the land.

It is primarily concerned with only one part of the broad subject of the watershed research.

A reasonable project for the product and preventive treatment of an watershed must be based on a detailed, integrated field inventory.

It is necessary to study the physiographical processes of the area, and the vegetational conditions.

As the form of a slope is the end product of geologic processes of the past, the vegetational history of the area must also be understood.

The method of the investigation deals with field phenomena as process of "Time space", as follows:

1. Surveies designed to develop a better understanding of physiographic processes; the so-called basic researchs. The processes involved environmental factors for forest establishment, mass-waisting and downslope movement.

2. Surveies designed to read history involved in tree growth, as for example, abnormal rings on the tilted trunks, pioneer trees caused by catastrophe.

3. Studies in which some kinds of vegetation are compared in relation to topographic change. Example of these are surveies of detritus fan, deposit on the stream bed, and hillside with landslides.

4. These surveies have referenced to other field inventory following growing stock, plant community, geomorphology, geology, soil survey, meteorological disaster, erosion control.

5. Studies of ways to minimize or correct damage to geo-dynamic processes caused by use or misuse of the land. Included in these are studies of the forest working following cutting budget, of forest-road engineering, of logging, of afforestation, of erosion check, and of disaster prevention forest.