

植生からみた急傾斜地表面の安定性とその評価

浅見 和弘

Phytosociological Estimation of Surface Stability on Steep Slope

Kazuhiro AZAMI

Abstract

Vegetation is organized by the species that are under the influence of the habitat condition. On steep slope, vegetation is related strongly to surface disturbance. In this study, the author investigated the possibility that forest communities types would be the indexes of surface stability.

Forest communities were classified by pytosociological method on this area. Surface stability was estimated by landslide, movement of soil particle, soil profile, humus, soil moisture(pF). The movement of soil particle was calculated from erosional hight at the bace of *Aucuba japonica* and the age. Chemical propety (pH, electric conductivity) was measured, because it is possible to effect forest communities habitat.

Zanthoxylum forests were found on landslide sites, *Zelkova* and *Carpinus* forests were found on un-landslide sites. *Zelkova* forests were mainly found on lower parts of slopes, and *Carpinus* forests were mainly found on upper parts of slopes. Comparing with *Carpinus* forest, in *Zelkova* forest habitat the movement of soil particle was greater, soil was immature with scanty humus, and heigher soil moisture would promote surface disturbance. On *Zanthocylum* forests, these conditions were worst for plant habitat in 3 forest types. It was not related between chemical prokety of soil and forest types. So it was shown that surface stability influenced stolongly forest habitat on steep slopes.

Consequently, it was proven that forest communities on steep could be indexes of surface stability.

1 まえがき

気候が温暖で降水量に恵まれた我が国では、人為的影響や土砂崩れなどで生じた裸地以外の立地は植生に被われている。植生は光や土壌水分などの環境条件を反映して生育しており、植物種の構成から立地の診断を行うことができる。急傾斜地においては、地すべりが植生の組成に影響を及ぼしており (Veblen and Ashton, 1978 ; Garwood et al., 1979), 地表面の安定性は植生

と深い関係があると考えられる。

地表の攪乱と森林植生の動態およびその分布との関係を明らかにした我が国における研究としては、幹に形成される「あて」* や不定根から、地表の攪乱年代とその程度を明らかにした東 (1979) による研究, 屋久スギの分布と樹齡から、土壌形成年代を明らかにした下川・地頭

*針葉樹では幹が傾くと、傾いた年に形成される年輪に“あて”と呼ばれる黒い部分が形成される。

菌 (1984) による研究, 地すべり地の微地形と植生を明らかにした Sakai and Ohsawa (1993, 1994) による研究などがある。

このような研究は, 植生を調べることによって立地の攪乱を推察できることを示唆しており, 筆者は, 人口密度の高い関東平野南部に残された斜面林において, 植生による地表面 (本報文では, 地表から5~10cm程度の深さを指す) の安定性の評価を試みた。表層崩壊箇所は, 時間の経過とともに植生によって被われるために, 過去に見られた崩壊の位置や面積の確認は, 多くの場合, 空中写真による。現存の植生から, 地表の攪乱の様子や過去の崩壊の有無が把握できれば, 詳細な調査を実施しなくても, 傾斜地の地表面の安定性を容易に推測することが可能となる。さらにこの結果を目安にして, 詳細な計測調査計画を検討することが可能となる。また, 植生から地表の様子が判断できれば, 踏査のできない危険な斜面でも遠望することにより把握することが可能である。

本報文では, 傾斜角が30~50°の急斜面における事例を用いて, 植生が表土・地表面の安定性の指標となることについて述べる。

2 調査方法

2・1 地質の調査

現地における露頭の観察と, 台地肩部から斜面下部にかけて行った簡易貫入試験結果から, 地質断面図を作成する。簡易貫入試験の実施に当っては, 斜面に5本の測線を設置し, 各測線について, 5~8箇所において, 試験を実施する。試験機としては, (財)砂防・地すべり技術センターの斜面調査用簡易貫入試験機を用いる。

2・2 植生の調査

植生調査は, ブラウン・ブランケの植物社会学的調査法 (Braun-Blanquet, 1964) に基づいて実施する。選定した32地点は植生の均質な箇所であり, 調査地点で得られた資料を組成表としてまとめ, 群落単位を決定する。さらに, この結果に基づいて, 各群落単位の典型的な地点を4~5箇所抽出し, 土壌水分および土壌の化学的性質 (pH, 電気伝導率) を調べる。また, 植生調査の結果抽出された群落単位 (群集, 群落) を凡例として, 地域全体について現存植生図を作成する。

2・3 植生の配列と立地の関係

植生の配列と立地の関係を詳細に把握することを目的として, 現地調査によって作成された現存植生図を参考

にし, 代表的な植生配分の見られる斜面において, 台地肩部から斜面下部にかけて, 幅が10mで, 斜距離にして67~70mの3本のベルトA, B, Cを設置する。それぞれのベルトにおいて, 胸高直径5cm以上の樹木の位置と林床植生の生育状況から, 群落単位の配列を把握し, 立地条件として地質, 土粒子の移動, 土壌断面, 土壌の腐植含有量を調べる。

また, 調査対象林の個体群の年齢構成を把握するために, ベルトAにおいて, 高木層を形成する樹種の最大級個体の年齢を成長錘によって計測する。

調査対象地は傾斜30~50°の急傾斜地であるために, 雨水等によって, 地表面の土粒子が斜面の下部へ流れ落ちる可能性がある。したがって, この調査では, 不安定立地ほど土粒子の移動量が多いとして計測を行うことにする。なお, 本報文においては, 自然崩壊などによって地表面の攪乱が少ないことを「安定」と表現する。

数年にわたる土粒子の移動を把握するために, 各ベルトにおいて, アオキを指標とした計測を実施する。アオキは毎年冬芽を形成し, その跡 (芽鱗) を幹に残すことが知られており, 芽鱗の数から個体の樹齢を把握することができる (萩原, 1988)。A, B, Cの3本のベルトにおいて, 10mごとに, 3~5個の樹齢の高い個体を優先的に選定し, アオキの樹齢と根元の土壌流出高 (土が流

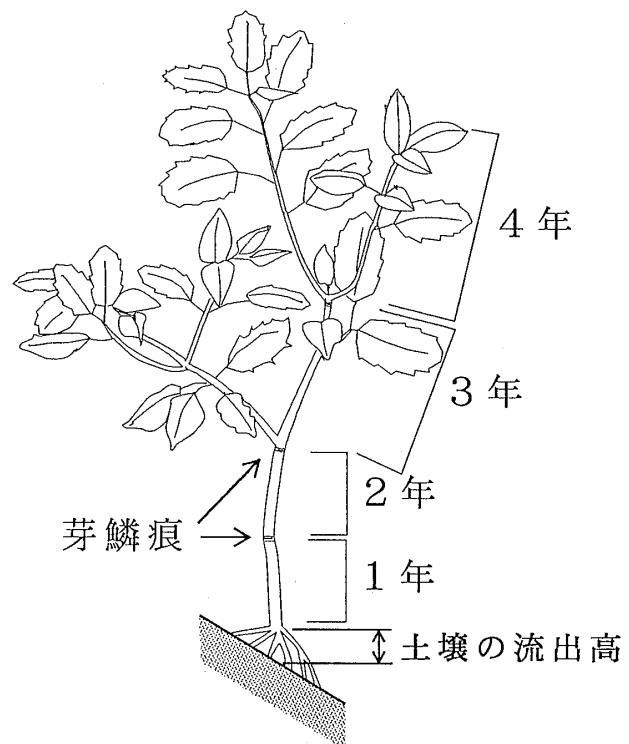


図-1 アオキの模式図と計測箇所

Fig. 1 Profile of *Aucuba japonica* and measure section

されて、根が露出している高さ)を計測する(図-1参照)。

また、植生の基盤となる土壌の状態を把握することを目的として、各ベルトの4~6箇所において、ペドロジスト懇談会(1984)の方法を用いて、土壌断面調査を実施する。土壌型は、河田(1982)を参考にする。

さらに、各ベルトについて、4~6地点で、表層から10cmの厚さの土壌の腐植含有量を測定する。測定方法としては、土壌標準分析・測定法委員会(1986)のチューリン法を使用することにする。

2・4 土壌水分(pF値)の測定

土壌水分の季節による差異を求めるために、調査対象地に見られる3つ群落ごとに、3月~11月にかけて定期的に計測を実施する。イヌシデ林において2箇所、ケヤキ林およびカラスザンショウ林に各1箇所の計4箇所に於いて、深さ40cmのところ毛管ポテンシャル(pF値)測定装置を設置する。

2・5 土壌の化学的性質の調査

群落単位と土壌の化学的性質との対応を把握するために、植物根の発育状態のよい地表から10~20cm下の土壌のpHと電気伝導率を測定する。

測定するための土壌は、各群落単位につき1地点から採取した。電気伝導率は、養分となるイオン量を指標するものである。測定法は、土壌標準分析・測定法委員会(1986)によることとした。

3 調査結果

3・1 調査地とその地質

3・1・1 調査地の概要

調査地は、神奈川県厚木市および愛川町に位置する中津原台地の崖線部の浸食崖である(図-2)。地史的には、相模川が中津原台地を浸食し、その結果、比高差50~70m、傾斜30~50°、長さ10km以上の帯状の浸食崖が形成された(愛川町教育委員会、1979)。

中津原台地上には広く関東ローム層が堆積している。調査地が位置する愛川町では、年平均気温は14.3°Cで、年間平均降雨量は1,974mmである。

台地の大部分は、現在、工業団地・住宅地・畑地として利用されており、浸食崖の下部に連続する相模川低地も、工業団地や宅地として利用されている。台地と低地に挟まれた崖線の急傾斜地は、土地利用が困難であるために、自然性の高い森林となっている。

地元住民からの聞き取りによると、調査地は、昭和30年代までは薪炭林として利用されていたが、昭和40年頃からは、燃料の石油化に伴って、伐採はほとんど行われなくなったとのことである。

本研究では、この浸食崖のうち、イヌシデ、コナラならびにケヤキからなる森林植生が発達する長さ約3kmの範囲を調査対象地とした。

3・1・2 調査地の地質

調査対象地は、中津原台地の辺縁部に位置しており、現地踏査の結果によれば、台地の地質は、斜面上部にはローム層、中部~下部には砂礫層、最下部には中津層群(新生代第三紀鮮新世の砂岩)がほぼ水平に堆積してい

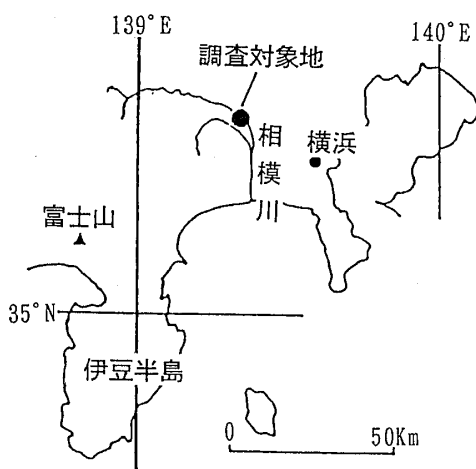


図-2 調査位置

Fig. 2 Location and topographical map of the study area

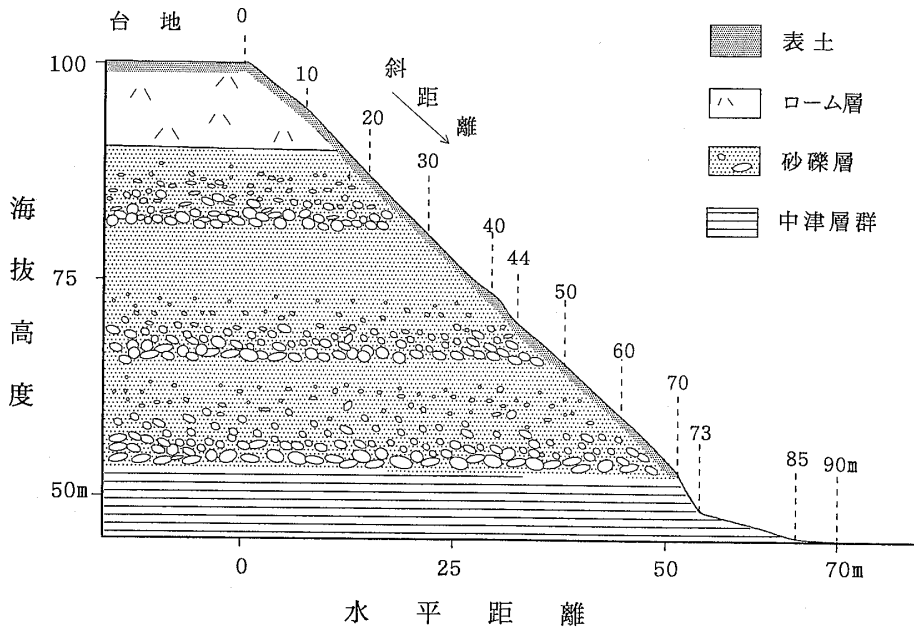


図-3 調査対象地の地質断面図

Fig. 3 Geological profile of study area

総合常在度表の解説

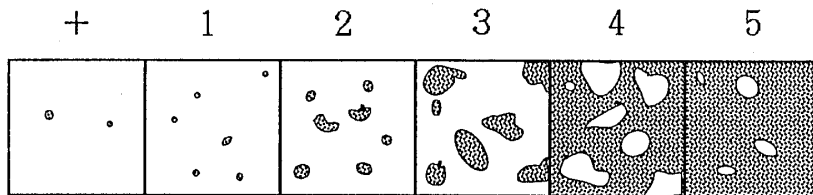
1. 調査区数：植生調査を実施した地点数
2. 表中の数値

(1) () 外の数値

- イ) 群落区分Aの場合：その種が出現した調査区数。
- ロ) 群落区分BおよびCの場合：調査地点中、その種が出現した割合。
- I 1~ 20%
- II 21~ 40%
- III 41~ 60%
- IV 61~ 80%
- V 81~100%

(2) () 内の数値

その種が出現した地点における被度の範囲
 被度：植生調査を実施する際に設置する方形枠によって、その種の面積的な広がりを示したもの。
 [被度の目安]



+	1	2	3	4	5
個体数も少なく被度も少ないもの	個体数は多いが被度は1/20以下、または被度が1/10以下	個体数がきわめておおいが、被度が調査面積の1/10~1/4	被度が調査面積の1/4~1/2	被度が調査面積の1/2~3/4	被度が調査面積の3/4以上

3. 例

- ◎ カラスザンショウ ... 3(4-5)
 A群落のみに出現し、調査区数3のうち3地点でみられ、被度は4~5であることを示す。
- ◎ ケヤキ ... III(+3) V(+5)
 B群落のみに出現し、Baにおいては、調査区数7地点の41~60%にあたる2.9~4.2地点、すなわち、3~4地点でみられ、被度は+~3であり、Bbにおいては、調査区数8地点の81~100%にあたる6.5~8地点、すなわち、7~8地点でみられ、被度は+~5の範囲であることを示す。

表-1 調査対象地森林植生の総合常在度

Table 1 Synoptic table of the forest communities

A : カラスザンショウ群落
 B : ムクノキーケヤキ群落 (a : 典型下位単位, b : テイカカズラ下位単位)
 C : イヌシデ群落 (a : 典型下位単位, b : コナラ下位単位)

群落区分 調査区数	A	B		C	
	3	a 7	b 8	a 7	b 7
群落区分種					
カラスザンショウ	3(4-5)	.	.	.	.
ニシキウツギ	2(+1)	.	.	.	.
群集標徴種・区分種					
ムクノキ	2(+1)	V(1-5)	V(1-4)	IV(1-2)	III(+)
ケヤキ	.	III(+3)	V(+5)	.	.
ミズヒキ	2(1-2)	IV(+2)	II(+1)	II(+)	.
タマアジサイ	1(+)	IV(+2)	II(+1)	I(1)	.
変群集区分種					
テイカカズラ	.	II(+)	V(+3)	V(+4)	V(2-4)
ヒサカサ	.	.	IV(+2)	V(1-5)	V(1-4)
ヤブコウジ	.	.	IV(+1)	V(+1)	V(+1)
キチジョウソウ	.	.	IV(1-2)	.	.
群集標徴種・区分種					
イヌシデ	.	II(1-2)	I(1)	V(2-5)	V(2-4)
ミヤマナルコユリ	.	II(+)	II(+2)	V(+1)	V(+1)
ツリバナ	.	I(+)	II(+1)	III(+1)	III(+1)
シラカシ	.	.	II(1)	IV(+2)	III(+2)
コウヤボウキ	.	.	.	III(+)	V(+1)
ヤマザクラ	.	.	.	III(1-3)	III(1)
クロモジ	.	.	.	III(+)	III(+)
ヤマコウバシ	.	.	.	II(+)	III(+1)
シュンラン	.	.	.	II(+)	III(+)
変群集区分種					
マンリョウ	.	.	II(+)	II(+)	V(+)
コナラ	.	.	.	.	V(1-4)
コマユミ	.	.	I(+)	I(+)	IV(+1)
クマシデ	.	.	I(1)	I(1)	III(1)
ヤマトアオダモ	.	.	.	I(+)	III(+1)
クヌギ	.	.	.	.	III(1-2)
ダンコウバイ	1(+)	.	.	.	III(+1)
イボタノキ	.	II(+)	.	.	III(+)
オオバウマノスズクサ	.	.	.	.	III(+)
夏緑性の種					
マルバウツギ	3(+3)	V(+4)	IV(+4)	V(+2)	V(+1)
クマワラビ	3(+1)	V(+1)	V(+2)	III(1-2)	III(+1)
ミツバアケビ	2(+1)	IV(+)	IV(+1)	V(+1)	V(+)
フジ	.	V(+1)	IV(+2)	III(+1)	V(+1)
ムラサキシキブ	3(+)	IV(+1)	II(+1)	III(+1)	V(+2)
ミズキ	3(+1)	IV(+3)	II(1)	III(+2)	III(+2)
など					
常緑性の種					
アオキ	2(+2)	V(1-4)	V(1-4)	V(1-3)	V(1-2)
キツタ	1(+)	V(+)	V(+2)	V(+2)	V(+1)
ナガバジャノヒゲ	2(+)	V(+)	V(+1)	V(+1)	V(+1)
シロダモ	1(+)	V(+2)	V(+1)	V(+1)	V(+1)
ヤマイトチシダ	1(+)	IV(+1)	V(+1)	V(+3)	V(+2)
アラカシ	2(1-2)	III(+1)	V(+2)	V(+1)	V(+2)
ヤブラン	.	V(+)	IV(+1)	V(+1)	V(+1)
ベニシダ	2(1)	IV(+1)	IV(+2)	V(+1)	IV(+)
シュロ	1(+)	IV(+1)	V(+)	IV(+)	V(+)
タブノキ	1(+)	III(1-2)	V(+1)	IV(+2)	III(+1)
オオバジャノヒゲ	.	III(+)	III(1)	V(+1)	V(+1)
など					

る。各地層の層厚は、ローム層で11~13m、砂礫層で33~39mであり、中津層群は、露出している高さが7~9mであった(図-3)。

この斜面の表面地質は、一部に露頭がみられるが、そのほとんどの部分が表土によって覆われていた。表土の厚さは、ローム層のところでは、0.4~1.1m、砂礫層のところでは0.6~1.2mであった。最下部の中津層群においては、斜面の傾斜が70°ということもあり、露頭になっている箇所が多く観察されたが、一部は、上部からの土砂の供給により、崖錐斜面を形成していた。

3・2 植生

3・2・1 群落単位

調査地の斜面の森林植生は、高木層を相観的に区分すると、斜面上部に生育するイヌシデやコナラからなる群落、下部にみられるムクノキやケヤキからなる群落、また、崩壊跡地に見られるカラスザンショウ群落がある。これらの3つの植生は、相観的に区分が可能であるが、森林はさまざまな構成種から形成されており、そのなかには、立地条件の指標となるものも含まれている。ここでは、群落間の種組成の比較によって立地の指標となる種群を明らかにするために、ブラウン-ブランケの手法によって植生調査を実施し、その結果を常在度表としてまとめた(表-1)。

植生調査は32箇所(区数)で実施した。これらの32箇所に出現する種のうち、比較的全域に出現する種は、夏緑性の種としては、マルバウツギ、クマワラビ、ミツバアケビ、フジなどがみられ、常緑性の種としては、アオキ、キツタ、ナガバジャノヒゲ、シロダモ、ヤマイタチシダなどがある。一方、特定な場所にしか生育していない種は、群落区分種としてまとめることができる。カラスザンショウ群落(群落A)を例にとると、区分種は、高木層を形成しているカラスザンショウと低木のニシキウツギであり、この2種はイヌシデの出現している他の地点ではみられない。

ムクノキ-ケヤキ群落は、ムクノキ、ケヤキ、ミズヒキ、タマアジサイを区分種としてまとめることができ、高木層は、ムクノキあるいはケヤキが優占することが多かった。この群落は、さらに2つのタイプに区分でき、テイカカズラ、ヒサカキ、ヤブコウジ、キチジョウソウの見られたテイカカズラ下位単位(群落Bb)と、これらが見られない典型下位単位(Ba)に分けられる。この2つの下位単位の林の外観は、ムクノキ、ケヤキが高木層を形成しているために、同一に見える。しかしながら、林内に入ると、群落Bbは、テイカカズラやヒサカキな

どが低木や草木としてみられるために、群落Baと区分が可能である。

イヌシデ群落は、イヌシデ、ミヤマナルコユリ、ツリバナ、シラカン、コウヤボウキ、ヤマザクラなどを区分種としてまとめることができ、高木層には、イヌシデ、ヤマザクラなどがみられる。この群落も2つのタイプに区分でき、マンリョウ、コナラ、コマユミ、クマシデ、クヌギなどのみられるコナラ下位単位(群落Cb)と、これらが見られない典型下位単位(群落Ca)に分けられる。この2つの下位単位は、外観からも区分することが可能であるが、コナラ下位単位(群落Cb)では、高木層として、イヌシデ、ヤマザクラの他に、コナラ、クヌギがみられるために、容易に群落Caと識別することができる。

これらの群落の種組成を関東地方の既往の植物群落のそれと比較すると、ムクノキ-ケヤキ群落は、溪畔や急崖地に自然林として分布しているイロハモミジ-ケヤキ群集(大野, 1986)に同定される。一方、イヌシデ群落は、関東地方内陸の平野部に分布するクヌギ-コナラ群集(鈴木, 1986)に同定される。イヌシデ群落の2つの下位単位のうち、群落Cbの種組成は、クヌギ-コナラ群集に類似しており、群落Caは、クヌギ-コナラ群集特有のコナラやクヌギを欠いていることから、クヌギ-コナラ群集のなかでは、イロハモミジ-ケヤキ群集の立地に近い植生ということが出来る。

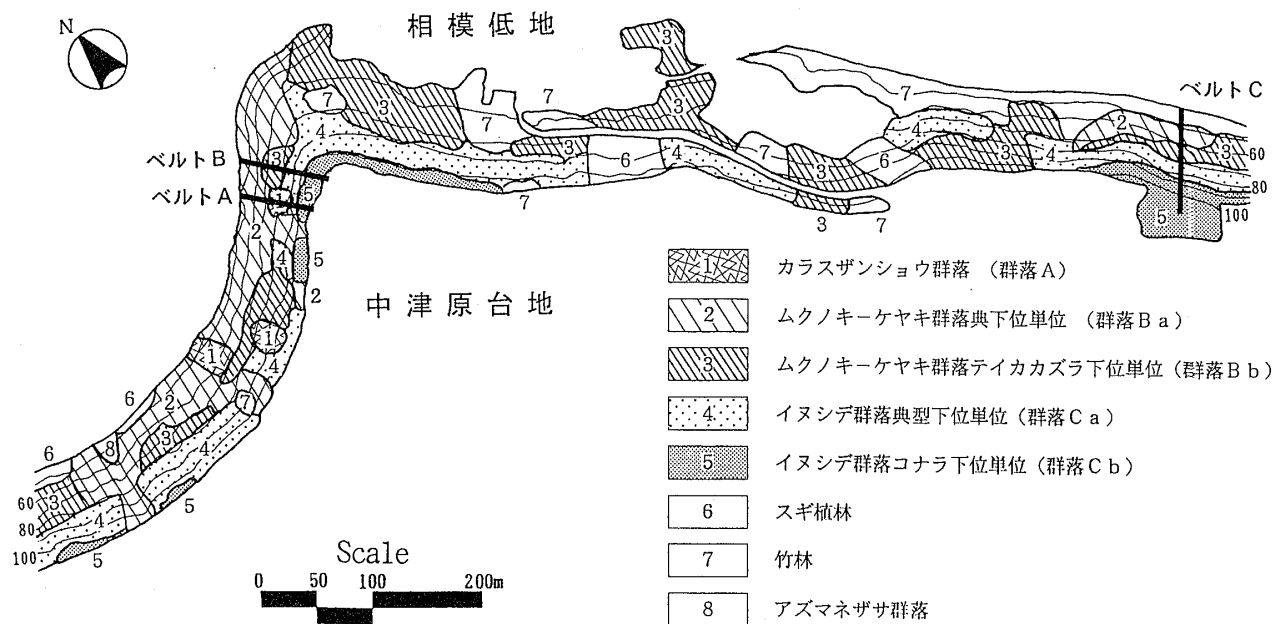
3・2・2 現存植生図

調査地にみられた植物群落の分布を、現存植生図として図-4に示す。

群落A(凡例1)は、西側の斜面の3箇所で見られるが、いずれも面積的には小規模であり、イヌシデ群落やムクノキ-ケヤキ群落に隣接して生育している。生育箇所は、斜面中部から下部にみられる表層崩壊の跡地で、表土が欠落した箇所や崩積土の堆積した箇所である。

ムクノキ-ケヤキ群落は、斜面中部~下部にかけて帯状に広く分布している。下位単位の群落Ba(凡例2)は、崖錐斜面や凹地形にかけて多くみられる。これに対して、群落Bb(凡例3)は凹斜面には少なく、砂岩・泥岩より構成される中津層群の露頭の岩棚や、比較的起伏の少ない斜面に多くみられる。

イヌシデ群落は、ムクノキ-ケヤキ群落の上部に生育し、斜面上部~中部に広く帯状にみられる。下位単位の群落Ca(凡例4)は、斜面上部~中部にかけて広い範囲にみられ、上部では群落Cb(凡例5)に隣接し、下部ではケヤキ林に隣接していることが多い。これに対して、群落Cbの分布箇所の幅は狭く、ほとんどの植生がロー

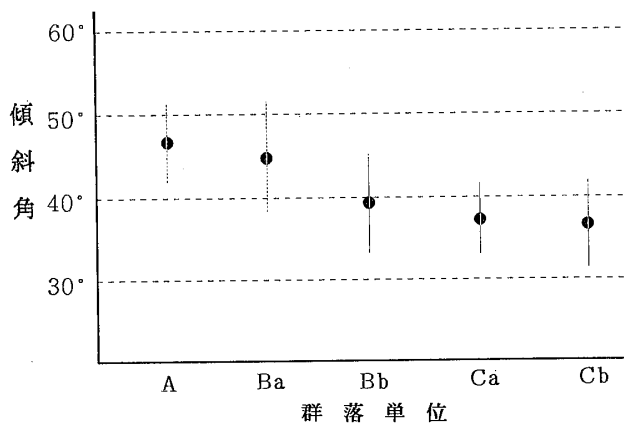


図一4 調査対象地の現存植生図およびベルト設置位置

Fig. 4 Vegetation map of typical site in study area, and location of belt A, B, C. Belt A was located on *Carpinus* forest (legend 4, 5), *Zelkova* forest (legend 2, 3) and *Zanthoxylum ailanthoides* community (legend 1). Belt B was located close to belt A, such as except *Zanthoxylum ailanthoides* community. Belt C was located on the largest *Carpinus* forest

ム層のある台地肩部に分布している。

植生調査を実施した32箇所の斜面傾斜角を、群落単位別に示すと、図一5のようになる。群落Bb、群落Caおよび群落Cbの斜面は、平均傾斜角が35~40°の範囲にあるのに対して、群落Aおよび群落Baの斜面は、平均傾斜角が45°を越している。したがって、群落Aと群落Baは、斜面としては、厳しい条件にあるといえる。



図一5 群落単位ごとの傾斜角

Fig. 5 Angle of slopes on each communities

3・3 斜面位置における植生配分と立地の関係

斜面位置における群落の配分と立地の関係を詳細に把握するために、図一4に示す位置に、3本のベルトを設置した。ベルトAは、ベルト上に群落Aが通るように設置した。ベルトBは、群落Aを外すように設置してある。また、ベルトCは、対象斜面に接続する台地にコナラ林が発達している地点に設置してある。

これらのベルトにおいて、胸高直径5cm以上の樹木の位置と林床植生から群落単位を決定し、地質、土粒子の移動、土壌断面、腐植含有量との対応を調べた。

3・3・1 傾斜

ベルトA、B、Cの斜面肩部からの傾斜は、図一6に示すように、いずれのベルトにおいても、斜距離20~30mの間が最も急で、45~50°の傾斜角を示しており、その上部の傾斜角は32~39°であり、斜距離30mより下部においては、35~42°となっている。

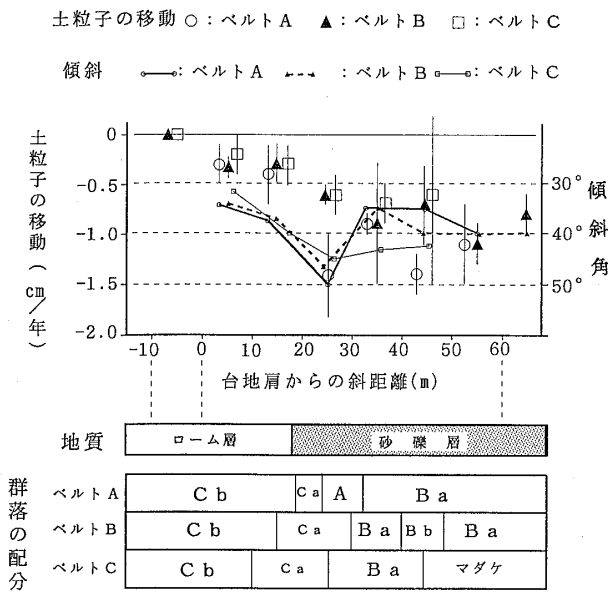
3・3・2 土粒子の移動

ベルトA、B、Cにおいて、アオキを指標とした地表面の土粒子の移動と、地質配分および植生配分との関係を図一6に示す。アオキの平均樹齢が9.2年であることから、約9年間の土粒子の移動を把握したことになる。

各ベルトとも、台地上の平坦部では、土粒子の移動は

表一 2 調査対象地にみられた土壌型とその特徴
Table 2 Soil types of study area

土壌型	特 徴
IB _{1b}	成熟土 (黒ボク土の一種 (A層、B層などの土壌層位が発達))
Er	未熟土 (成熟土の表層が削られた土壌 (発達した土壌層位はみられない))
Im	未熟土 (崩壊土が堆積した土壌 (土壌層位は未発達))



図一 6 ベルト A～C における土粒子の移動と傾斜角・地質・群落的配分

Fig. 6 The relation between movement of soil particle and angle of solpes, geology, occurrence of communities on belt A, B, C

みられず、0 cm である。斜面部においては、斜距離が 0～20m の範囲の斜面上部では、移動が少なく、年平均は -0.2～0.4cm/年 (土壌が堆積し相対地表高が高くなれば「+」、土壌が流出した場合は「-」) であり、斜距離が 20～60m の範囲の斜面下部における年平均は -0.6～-1.4cm/年となっている。このように、斜距離 20m を境に土粒子の移動に差がみられ、斜面下部で増加する傾向がみられる。

距離的に近い、斜距離 10～20m の値と 20～30m の値の有意差を、新城 (1986) にしたがって、t 検定を行うと 1% レベルで有意である。

3・3・3 植生の配列と立地の関係

各ベルトでは、植生の配列と地質、土粒子の移動、土壌断面、腐植含有量との関係を調べ、さらに、ベルト A については森林を構成する樹木の年齢を調べた。3本のベルトのいずれにおいてもほぼ同じ傾向を示している。したがって、カラスザンショウ群落 (群落 A) を含めて、3つの群落を比較するために、ベルト A について記述する (図一 7 参照)。

植生は、台地肩部より群落 Cb→Ca→A→Ba の順に配列しており、群落 Cb は台地肩から上部のローム層のところ、群落 Ca はロームと砂礫の移行帯に、その下にある崩壊跡地には群落 A が、さらに、下部の砂礫層には群落 Ba がみられる。

アオキを指標とする土粒子の移動高は、台地肩部より

斜距離 20m まで、すなわち、ローム層の範囲では、平均値が -0.5cm/年以下であるのに対し、斜距離が 20m より下方の砂礫層の範囲では、平均値が -1.0cm/年を越えている。

深度 10cm の土壌の腐植含有量は、ローム層を基盤としている箇所の方が砂礫層の箇所より多く、砂礫層の箇所の 2 倍以上の値を示している。

土壌型については、未熟土としては、表層が削られた土壌である Er 型および崩積土が堆積した土壌の Im 型がみられ、成熟した土壌としては、黒ボク土の一種である IB_{1b} 型がみられる。土壌型の特徴は、表一 2 に示すとおりである。

群落単位ごとに特徴的なことをまとめると、斜面上部に生育する群落 Cb の土壌は、IB_{1b} 型に該当し、腐植層の A 層は厚く、土色はやや濃く～濃く、礫はまれな土壌である。群落 Ca は Im 型で、A 層はやや厚く、土色はやや濃く、礫はやや多い土壌である。崩壊跡地に生育する群落 A では、未熟土の Er 型に区分され、A 層は薄く、土色は薄く、礫の多い土壌である。群落 Ba は Im 型に区分され、A 層はやや薄く、土色はやや薄く、礫の多い土壌である。

これを土壌型からみて言い換えると、攪乱の影響の少ない IB_{1b} 型には、クヌギやコナラの生育する群落 Cb が成立し、また、表層が削られた土壌である Er 型には群落 A が成立し、崩積土が堆積して形成された Im 型には、ムクノキケヤキ群落の群落 Ba と Bb が成立していることになる。

腐植含有量については、斜面上部の土壌の方が多く、斜距離 20m までは 6% 以上であるが、それより斜面下部では 1.2～3.6% である。このうち、カラスザンショウ群落がみられる地点は最も少なく、1.2% である。

3・4 調査対象斜面の樹木個体群の年齢構成

調査対象林の樹齢構成を把握し、群落が形成された年数を推察するために、ベルト A では、コナラ、イヌシデ、カラスザンショウ、ムクノキについて、それぞれベルト上の高木のうち、胸高直径最大の個体の樹齢を調べた

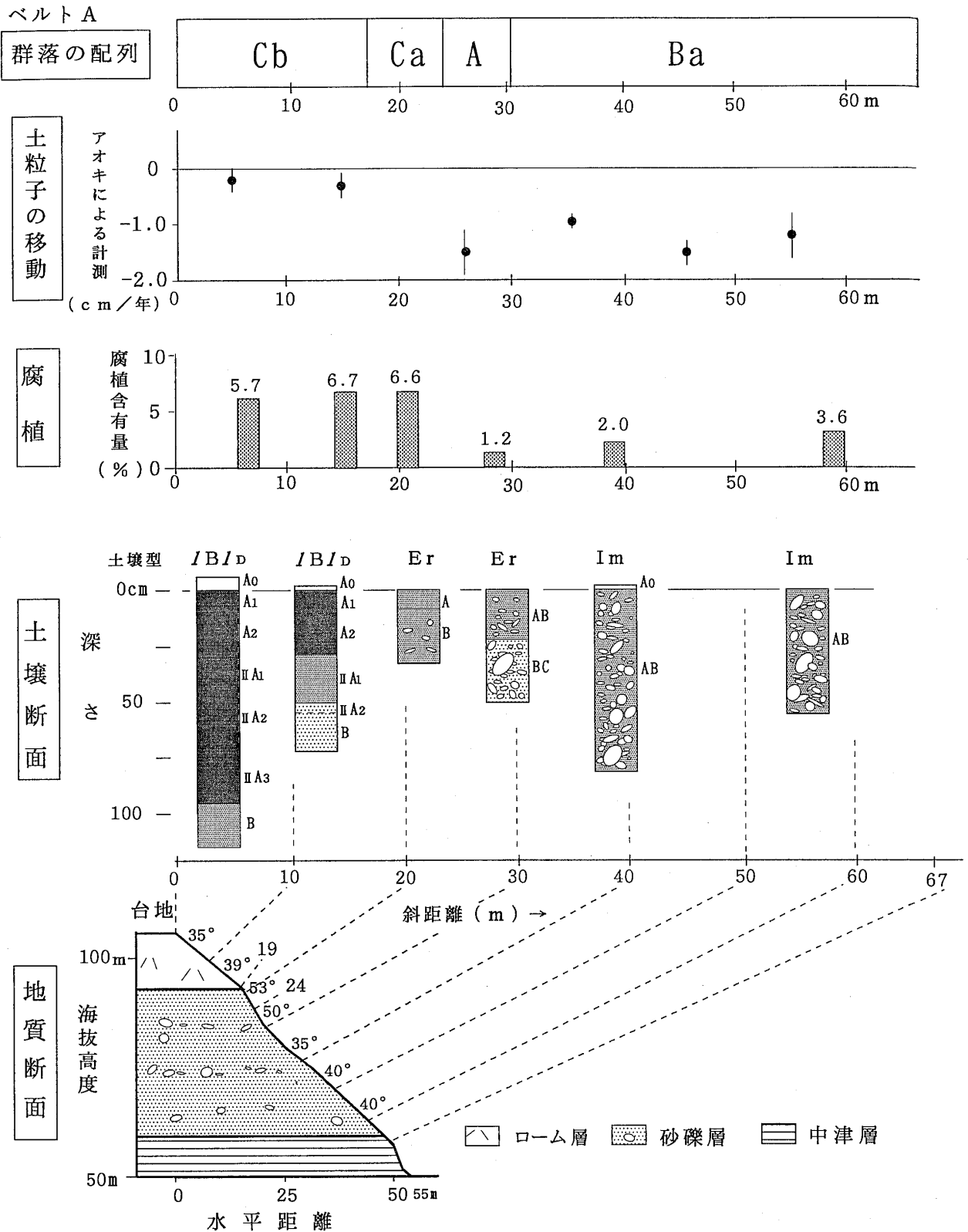


図-7 ベルトAにおける群落の配列と土粒子の移動・腐植・土壌断面・地質断面
 Fig. 7 The relationship between occurrence of communities and movement of soil particle, humus, soil profiles, geological profile on belt A. Distribution of communities were decided by trees and floor stratum. Surface movement were measured by *Aucuba japonica*. One point means the average of 3-5 datas, the bar means s.d..

表一3 ベルトAにおける胸高直径最大級の樹木の年齢構成

Table 3 The ages of D. B. H maximum trees on belt A

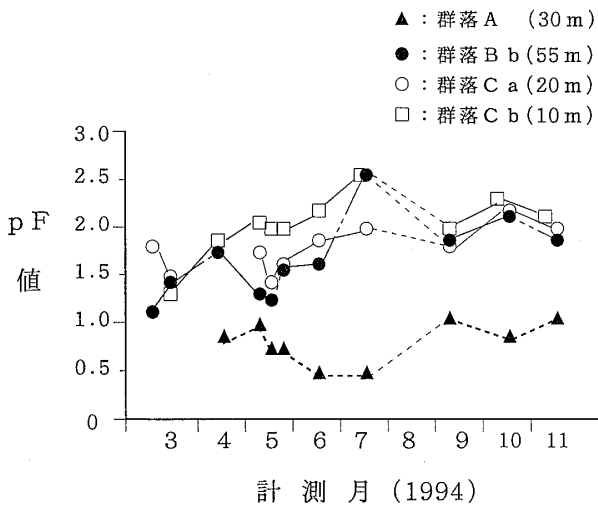
台地肩からの斜距離	樹種	胸高直径	樹齢
1.3m	イヌシデ	24cm	24
5.5m	コナラ	35cm	37
28.0m	カラスザンショウ	16cm	10
38.0m	ムクノキ	38cm	36

(図一7, 表一3)。

斜面上部に生育するイヌシデ群落のイヌシデの樹齢は24年, コナラは37年であった。斜面中部に生育する群落Aのカラスザンショウは10年, また, 斜面下部に位置するムクノキケヤキ群落のムクノキは36年であった。このうち, 斜面上部のコナラと下部のムクノキは, 樹齢36~37年で, ほぼ同じ樹齢であり, 少なくとも36~37年間は, これら樹木の生育を阻害するような攪乱は起こらなかったといえる。一方, カラスザンショウ群落の生育地は崩壊跡地であり, この群落の最高樹齢の樹木が, 10年のカラスザンショウであることから, この群落は10年間で形成されたものと考えられる。

3・5 土壌水分—pF 値—

対象斜面の4地点で群落単位ごとに, 深さ40cmの土壌水分(pF値)を計測した。その結果は, 図一8に示すとおりである。pF値は高いほど, 乾燥状態を示すことになる。これによると, 群落Aを除く他の3つの群落では, pF値が春から夏にかけて上昇し, 秋になると, 減少



図一8 群落単位ごとのpF値
 Fig. 8 Soil moisture against time in 10 month at each communities. Numbers of () means the distance from the of slope

表一4 群落単位ごとの土壌のpHおよび電気伝導率

Table 4 Chemical property (pH, electric conductivity) of soil on each communities

群落単位	pH(H ₂ O) (測定時水温 22°C)	電気伝導率 (25°C) (μS/cm)
カラスザンショウ群落 (群落A)	5.6	49.6
ムクノキケヤキ群落 典型下位単位 (群落Ba)	5.4	78.4
テイカカズラ下位単位 (群落Bb)	5.4	42.9
イヌシデ群落 典型下位単位 (群落Ca)	5.0	63.9
コナラ下位単位 (群落Cb)	5.0	88.9

する傾向がみられる。また, 群落Aの値は四季を通じて最も低く, 他の群落に比べて, 年間を通して土壌が湿っているといえる。これに対して, 最も乾燥傾向にあるのは, 群落Cbであり, 群落Caと群落Bbは, その中間の値をとっており, わずかではあるが, 7月を除いて, 群落Caの方が高い値を示し, やや乾燥気味であるといえる。おおむね, pF値は高い順に, 群落Cb→Ca→Bb→Aとなり, 崩壊跡地に成立している群落Aを除き, 台地肩部からの斜距離と対応し, 斜面上部の地点のpF値が高く, 乾燥した結果となっている。

3・6 土壌の化学性

植生の立地要因として, 地表面の安定性との関わりについて論じてきたが, その他の要因として, 土壌の化学性も重要なものとしてあげられる。したがって, 植物の生育にとって主要な要因と考えられるpHと, 土壌養分量の目安となる電気伝導率について, 各群落単位について測定した。その結果は, 表一4に示すとおりである。

pH(H₂O)の最大値は群落Aの5.6で, 最小値は, 群落Caと群落Cbの5.0である。また, 電気伝導率の最大値は, 群落Cbの88.9μS/cmで, 最小値は群落Bbの42.9μS/cmである。

4 考察

4・1 群落組成からみた立地の安定性

本調査地の森林植生を植物社会学的方法で群落区分

を行うと、表一1の総合常在度表に示すように、下位単位を含めて、カラスザンショウ群落などの5つの群落単位に分けられた。この区分は、植物種の組み合わせで行われるもので、群落単位を決定する植物は、区分種といわれる。例えば、群落Aでは、カラスザンショウとニシキウツギが区分種に該当する。区分種以外の種、すなわち、この表で、夏緑性の種および常緑性の種に記載されている種は、各群落共通の種と考えられるものである。

表一1に示す群落単位における区分種の数と比較すると、群落Bbでは、群落Baにはみられないテイカカズラ、ヒサカキ、ヤブコウジが見られる。また、群落Caには、イヌシデ、ミヤマナルコユリ、ツリバナ、シラカシ、クロモジなどが見られるが、群落Bbには見られない。さらに、群落Cbでは、群落Caやそのほかの群落には見られないマンリョウ、コナラ、コマユミ、クマンデ、ヤマトアオダモなどが見られる。すなわち、群落A→Ba→Bb→Ca→Cbの順に、区分種とした種の数が増加していることが伺える。このことは、群落Aの立地よりも群落Cbの立地の方が、多くの植物種を生育しやすい条件が整っていると考えることができる。

Denslow (1980) は、崩壊跡地では、遷移が進むにつれて出現種数が増加すると述べており、上記の結果は、表層崩壊がなく、土粒子の移動が少なくなり、地表面が安定化するにつれて、多くの植物が生育しやすい環境になることを表している。

崩壊跡地に見られる植生は、その周辺の植生とは異なり (Langenheim, 1956; Guariguata, 1990) 崩壊跡地にみられる群落Aでは、カラスザンショウの他、林縁などの光条件のよいところに生育するニシキウツギやモミジイチゴなどがあり、林床に光がさし込みやすいことが伺える。これは、林冠が閉ざされておらず、植生の遷移段階としては初期の状態であることを示しており、今後、高木層の樹木が発達することによって、これらの植物は消滅し、閉鎖された林床でも生育できるヤブランなどの種が侵入してくることが推察される。

相観的に目立つ高木層の樹木に着目すると、群落Aでは、カラスザンショウが優占し、他の樹木はみられない。群落Baと群落Bbでは、ムクノキとケヤキの2種がみられる。群落Caでは、イヌシデとヤマザクラであり、群落Cbでは、この2種に加えてコナラやクヌギがみられるようになる。したがって、ムクノキケヤキ群落の下位単位 (群落Baと群落Bbの識別) を除き、おおかた、高木層の樹木によって、群落単位の判別はできる。群落単位ごとに植物の生育環境を比較すると、群落A→Ba→Bb→Ca→Cbの順に立地が良好になること、

表一5 高木層形成樹木と指標する地表面の安定性
Table 5 Spices of tree layer and surface stability of each communities

高木層の樹木	群落単位	植生からみた地表面の安定性
カラスザンショウ	A	わるい
ムクノキ、ケヤキ	Ba	ややわるい
ムクノキ、ケヤキ (下草にヒサカキ テイカカズラなど)	Bb	ふつう
イヌシデ、ヤマザクラ	Ca	ややよい
イヌシデ、ヤマザクラ コナラ、クヌギ	Cb	よい

すなわち、地表面が安定化することがうかがえ、地表面の安定性の程度は、高木層の樹木から推測が可能である (表一5)。

4・2 表層崩壊・土粒子の移動・土壌断面と植生

前節で述べたように、表層崩壊跡地には群落Aがみられ、それ以外の立地にはムクノキケヤキ群落とイヌシデ群落がみられ、群落組成の比較から、地表面の安定性は、群落A→Ba→Bb→Ca→Cbの順に増加することが推測できた。このことを立証するため、表層崩壊跡地であるか否か、土粒子の移動速度、土壌断面について調べ、地表面の安定性の検討を行った。

今回調査した斜面の群落の分布をみると、対象斜面の表層崩壊跡地にはカラスザンショウ群落がみられ、それ以外の立地にはムクノキケヤキ群落かイヌシデ群落がみられる。Sakai and Ohsawa (1994) は、微地形によって崩壊の程度が異なり、それが植生に影響を及ぼすと報告しており、今回の調査においても類似した結果が得られている。

本調査地において、成長錘によって求めたカラスザンショウの樹齢は10才であり、このカラスザンショウは、約10年前に形成された崩壊跡地に侵入したものと考えられる。カラスザンショウは成長は速いが、その生育には直射日光が必要であり、樹冠が覆われると個体維持が困難になる。そのために、カラスザンショウの生育地は、裸地などの光条件のよい場所に限られ、崩壊跡地にはよく見られる。

カラスザンショウ群落 (群落A) は、表層が削られた箇所や、崩積土が堆積した箇所にみられ、最も不安定な立地に生育していると考えられる。また、アオキを指標とする土粒子の移動は最も大きかった。

一方、表層崩壊跡地でない立地には、ムクノキケヤキ群落 (群落B) およびイヌシデ群落 (群落C) がみら

れる。そして、斜面上部から中部にかけては、イヌシデ群落(群落C)が生育しており、コナラやクヌギが発達している群落Cbは、斜面上部や台地肩部のローム層の発達した場所に限られている。ムクノキーケヤキ群落は、斜面中部から下部にかけて生育しており、また、上部の凹状斜面にも成立している。このムクノキーケヤキ群落の土壌型は、未熟土のIm型であり、崩壊土が堆積した立地に成立している。この土壌は、砂礫とロームの混在した母材から形成されており、表土の攪乱の影響が見られるものである。イヌシデ群落は、ムクノキーケヤキ群落よりも安定した立地と考えられ、群落Cbでは、土壌型は成熟土であるIB₁₀型である。この土壌には、砂礫は見られず、土壌層位としては腐植に富んでいるA層と、養分が溶脱したB層が見られ、長期間かけて成熟した土壌であることが伺える。

アオキを指標とした土粒子の移動速度は、斜面上部で小さく、斜面中部～下部では大きくなっている。植生と土粒子の移動速度とを対応させると、斜面上部に分布する群落Cbの移動速度が最も小さく、ついで、群落Ca→Ba・Bb→Aの順に大きな速度を示しており、群落Aの年平均移動速度は、-1.4cm/年である。

ベルト斜面の傾斜は、ローム層と砂礫層の移行帯(斜距離20m程度)の直下、すなわち、斜距離20～30mの区間において、3ベルトとも最も大きく、その上部および下部では、傾斜は緩くなっている。これは、ローム層と砂礫層の移行帯で微細な崩れが生じやすく、土粒子の移動速度は、この移行帯において、最も大きくなっている。また、移行帯の下の土粒子の移動速度は、斜面上部より大きくなっている。急傾斜地では、上部の地表の攪乱の影響が下部にまで及び、地表面の乱れた移行帯の下部では、土粒子の移動速度は大きくなり、上部に比べて不安定な条件になっていると推察することができる。

ムクノキーケヤキ群落の区分種であるムクノキなどはローム層にも分布しており、土粒子の移動速度の小さい立地での生育も可能である。一方、土粒子の移動速度の小さい立地に生育しているイヌシデなどは、土粒子の移動速度の大きい立地にはみられない。これらの区分種は、土粒子の移動速度が小さい斜面には生育できるが、土粒子の移動速度が大きくなると生育が困難になると推察される。この観点に立つと、群落Cbの区分種であるコナラ、クヌギなどが地表面の攪乱に最も弱く、イヌシデ群落に広くみられるイヌシデやアラカシは、それより適応範囲は広いが、ムクノキーケヤキ群落の区分種であるムクノキやケヤキよりは狭いと考えられる。

ベルトAにおいて、斜面上部のコナラと下部のムクノ

キの樹齢は、それぞれ、36～37年とほぼ同じであり、伐採は36～37年前に同時に行われたことが推察でき、その間は、表層崩壊による地表面の攪乱はなかったと考えられる。ムクノキーケヤキ群落の区分種としたケヤキは、伐採後萌芽形成し、株立ち状に成長する性質がある(橋詰, 1985)。コナラも同様に萌芽形成することから、ケヤキ林とコナラ林は同時に伐採され、同じように再生維持されたものと考えられる。したがって、ムクノキーケヤキ群落とイヌシデ群落は、伐採の影響で組成が異なるのではなく、立地の差が大きく影響していると示唆される。

4・3 土壌水分と植生

表層40cmの土壌水分(pF値)は、年間を通して、群落Cb→Ca→Bb→Aの順に湿潤である傾向がみられる。ただし、イヌシデ群落(群落Caおよび群落Cb)とムクノキーケヤキ群落(群落Bb)の差はわずかであるが、群落Aは、他の3群落よりpF値が低く、土壌水分が多いといえる。

群落Aにおいて土壌水分が多い原因としては、砂礫層の崩壊跡に分布していることと関連があると考えられる。調査対象地の砂礫層には部分的に粘土層があり、この粘土層が不透水層となり、降雨時には、その上部の土中に水が充満し、そのために地面がゆるみ、崩壊が起ることは、十分に考えられる。したがって、群落Aの崩壊跡地に装置を設置した地点は、表土が剥げ落ち、地下水位が高い箇所であったことが推察される。また、表層崩壊は、土壌水分が飽和状態のときの方が起こりやすく(小橋・佐々, 1990)、土壌水分が高い方が不安定な立地といえる。したがって、群落Aの土壌水分は飽和状態に近く、最も不安定な立地といえることができる。

また、イヌシデ群落の群落Caと群落Bbの土壌水分は、ほとんど同じ値を示しており、イヌシデ群落に対して、ムクノキーケヤキ群落の方が土壌水分がやや高く、不安定な立地と考えることができる。

4・4 土壌の化学性と植生

表一4に示すように、5箇所のPHの値は、5.0～5.6の範囲にあり、その差はわずかである。辻(1991)が埼玉県所沢市のクヌギコナラ群集の土壌層位A層において測定したPHが4.6～5.6の範囲内にあることを考えると、今回のpHの差が、群落単位の違いに影響を及ぼしているとは考えにくい。

また、辻(1991)は、上記の箇所における電気伝導率が70～300 μ S/cmの範囲にあると報告している。これ

は同一群落における範囲であり、その上限と下限の差が $230 \mu S/cm$ となっている。これに対して、表-4 に示す電気伝導率は、 $42.9 \sim 88.9 \mu S/cm$ の範囲にあり、そのうちのムクノキーケヤキ群落の1箇所とイヌシデ群落の1箇所の値は、辻の示した値の範囲内にあるが、他の3箇所の値は、これより小さい。しかし、2つの群落で、上限と下限の差が $46 \mu S/cm$ であり、辻の報告の範囲よりも小さいことを考えると、電気伝導率、すなわち、土壌の養分量の植生に対する影響は少ないものと思われる。

5 要約

神奈川県中津原台地の相模川沿いの浸食崖において、森林植生の群落単位の違いが、斜面地表面の安定性の指標となるかを検討した。その結果の要約は、下記のとおりである。

① 植生は下位単位を含め、次の5つの群落単位に区分できる。

- カラスザンショウ群落 (A)
- ムクノキーケヤキ群落典型下位単位 (Ba)
- 同群落テイカズラ下位単位 (Bb)
- イヌシデ群落典型下位単位 (Ca)
- 同群落コナラ下位単位 (Cb)

これらの群落単位は、種組成の比較から、群落 A → Ba → Bb → Ca → Cb の順に、植物の生育条件が良くなり、地表面の安定性も良好になることが推察される。

- ② 崩壊跡地には群落 A がみられ、群落 Ba および群落 Bb は斜面中～下部の砂礫層と中津層群に、群落 Ca は斜面上～中部のローム層から砂礫層への移行帯に、また、群落 Cb は台地肩部のローム層に生育している。
- ③ 斜面位置によって、地表面の土粒子の移動速度が異なり、アオキを指標とした計測によれば、斜面上部のローム層では、年平均 $-0.2 \sim -0.4 cm/年$ の速度で移動し、斜面中部～下部の砂礫層では、年平均 $-0.6 \sim -1.4 cm/年$ の速度である。したがって、斜面上部に生育するイヌシデ群落は、その下部のムクノキーケヤキ群落の立地よりも安定している傾向がみられる。一方、崩壊跡地に立地するカラスザンショウ群落は、移動速度が最も大きく、年平均 $-1.4 cm/年$ である。
- ④ 土壌断面調査や腐植含有量の測定からも、斜面上部のイヌシデ群落の土壌の方が、肥沃で攪乱の少ない傾向がみられる。
- ⑤ 土壌水分は、斜面上部から下部かけて、わずかなが

ら増加する傾向がみられ、土壌水分が飽和状態のときに、土粒子の移動が起こり易いことを考え合わせると、斜面下部に位置するムクノキーケヤキ群落の方が、イヌシデ群落よりも不安定と示唆される。また、カラスザンショウ群落は、土壌水分が最も高く、表層崩壊をさせた水脈付近に分布していると考えられる。

- ⑥ 土壌の PH、電気伝導率の測定値より、調査対象地の土壌の化学性は植生との有為な相関関係はないことが推察される。
- ⑦ 以上の結果によって、対象斜面の森林植生は、地表面の安定性の指標となり、カラスザンショウ群落 < ムクノキーケヤキ群落 < イヌシデ群落の順に安定しているということが出来る。
- ⑧ 斜面の地表面の安定性を調べる方法として、植生によっておおよその目安をつけ、その後、詳細な調査を実施することは、手順として有効である。

6 あとがき

表層崩壊など地表面の攪乱のある急斜面において、森林植生の群落タイプが、地表面の安定性の指標となるかを検討した結果、指標性があるという結果が得られた。

急斜面においては、植生は地表面の安定性に大きく支配されており、攪乱に強い種や弱い種がある。この集合体が群落であるが、群落の平面的な把握により、地表面の様子がわかるということが出来る。この報告は、神奈川県の中津原台地における植生による立地の様子を判断した例であるが、このようなことは、他の植生についても可能であると考えている。しかし、植物の識別能力には個人差があり、また、樹木名が分からないとその判断は困難であり、普遍的な方法か否かは、今後の課題として残っている。

謝辞

本研究をすすめるにあたり、横浜国立大学環境科学研究センターの奥田重俊教授、大野啓一助教授には、全般にわたり、有益なご指導、ご助言を賜った。土壌調査においては、東京農工大学農学部坂上寛一助教授に貴重なご意見、ご指導をいただいた。その他、横浜国立大学環境科学研究センターの学生の方々には、現地調査を協力していただいた。また、愛川町社会教育課の山口研一氏には、調査の際便宜をはかっていただいた。ここに、心からお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 愛川町教育委員会・愛川町郷土誌編纂委員会 (1979) :
愛川町郷土誌資料編・自然 (1). 愛川町, 神奈川県.
- Braun-Blanquet, J. (1964) : *Pflanzensoziologie*. 3 Auflage, Springer Verlag.
- 土壤標準分析・測定法委員会編 (1986) : 土壤標準分析・測定法. 博友社, 東京.
- Garwood, N. C., Janos, D. P. and Brokaw, W. N. (1979) : Earthquake-caused landslides : A major disturbance to tropical forests. *Science*, 205,997-999.
- Guariguata, M. R. (1990) : Landslide disturbance and forest regeneration in the Upper Luquillo Mountains of Puerto Rico. *Journal of Ecology*, 78,814-832.
- 荻原信介 (1988) : 樹木の年輪. [Newton special issue 植物の世界], 1, 18-19, 教育社, 東京.
- 橋詰隼人 (1985) : ケヤキの天然更新試験—中間報告—, 大阪営林局.
- 東 三郎 (1979) : 地表変動論—植生判別による環境把握—北海道大学図書刊行会, 札幌.
- Denslow, J. S. (1980) : Patterns of plant species diversity during succession under different disturbance regimes. *Oecologia*, 46,18-21.
- 河田 弘 (1982) : 森林土壌の分類. 「森林土壌の調べ方とその性質」(森林土壌研究会編), pp.65-99. 林野弘済会, 東京.
- 小橋澄治・佐々恭二 (1990) : 地すべり・斜面災害を防ぐために, 山海堂, 東京.
- Langenheim, J. H. (1956) : Plant succession on a sub-alpine earthflow in Colorado. *Ecology*, 37,301-317.
- 大野啓一 (1986) : 山地渓谷林, 「日本植生誌 7 関東」(宮脇昭編著), pp.295-303. 至文堂, 東京.
- ペドロジスト懇談会編 (1984) : 「土壌調査ハンドブック」, 博友社, 東京.
- Sakai, A. and Ohsawa, M. (1993) : Vegetation pattern and microtopography on a landslide scar of Mt. Kiyosumi, central Japan. *Ecological Research*, 9,269-280.
- Sakai, A. and Ohsawa, M. (1994) : Topographical pattern of the forest vegetation on a river basin in a warm-temperate hilly region, central Japan. *Ecological Research*, 9, 269-280.
- 下川悦郎・地頭菌隆 (1984) : 屋久島原生林自然環境保全地域における土壌の居留時間と屋久スギ. 環境庁自然保護局編「屋久島原生自然環境保全地域調査報告書」, 83-100, 東京.
- 新城明久 (1986) : 生物統計学入門—計算マニュアル—, 朝倉書店, 東京.
- 鈴木伸一 (1986) : 夏緑広葉二次林, 「日本植生誌 7 関東」(宮脇昭編著), pp.225-235, 至文堂, 東京.
- 辻 誠治 (1991) : 所沢市のコナラ二次林群落と土壌, *日本生態学会誌*, 41,9-18.
- Veblen, T. T. and Ashton, D. H. (1978) : Catastrophic influences on the vegetation of the Valdivian Andes. *Vegetatio*, 36, 149-167.