■地すべり地における植生とその立地条件

Landslide vegetation and its habitat condition

横浜国立大学大学院環境情報研究院 菊池多賀夫

Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University Takao KIKUCHI

1. はじめに

土地に固着して生育する植物にとって、土地の地形的特性は存在にかかわる最も基本的な環境因子の一つであるが、地形的特性が植物に作用し、植生の違いとなって顕在化するまでには、2つの筋道がある（菊池, 2000, 2001; 図-1）。1つは地形の形態的特性が局所的な気候の条件や土壌特性の違いを生み出し、それらが直接の要因となって植生の違いを導き出す経路である。筆者がこれまでにかかわった研究から述べると、極端な積雪地（吹きだまり、雪田）が斜面方位との関係で局所的に形成され、特有な植物群落が形成される例（吉岡・金子, 1962; Yoshioka and Kaneko, 1963）、雪崩が一定の特性をそなえた斜面に集中的に発生し、特有の植物群落が成立している例（Kikuchi, 1975; 1981）などがこれにあたる。ヒマラヤの高山帯植生に認められる日なた斜面と日かげ斜面の顕著な違いも同様の機構として解釈できる（Kikuchi et al., 1988; 1999）。

他の1つは、地形の形成営力である地表の物質移動が地表攪乱を生み出し、これが直接の成立要因として植生に作用するという経路である。地表攪乱が顕著なこの種の立地の1つが地すべり地であることはいままでの本稿では、この立地に成立する植物群落とそこに生育する主要な植物種の生活史を考察し、立地としての地すべり地の意義を考える。

そうは言っても植生の構造・動態を考える際に重要な立地変動は、時間のスケールとして 10^4 から 10^5 年のオーダーである（例えば中村, 1990）。地すべりの現象には、当然、それよりもはるかに長期的な周期で発生するもの

が含まれるが、本稿では、流水の侵食システムに沿って斜面下部に周期的、組織的に発生する表層崩壊をとりあげる。上記の時間スケールで発生し、植生に対して直接の規制要因となることが期待できる攪乱要因だからである。

2. 上部斜面域と下部斜面域

2.1 丘陵地斜面の微地形分類

山地、丘陵地が現在の姿をとるに至るまでには、新旧さまざまな年代の侵食を受けているが、後氷期における侵食が及ぶ領域は斜面下部の一定領域に限定される。Tamura (1969)、田村 (1974, 1996など) は谷地形の始点にあたる谷頭を中心において、これを取りまいて配置される微地形単位を、1) 頂部斜面、2) 上部谷壁斜面、3) 谷頭凹地、4) 下部谷壁斜面、5) 谷底面などに分類した。これらの微地形単位の構成から谷頭が成り立ち、谷頭が複合しあって丘陵地の斜面が構成されるという構造をもつ。図-2 は仙台市郊外の青葉山丘陵にある、ある小流域最上流部を念頭において、上記の微地形構成を模式的に示したものである。微地形単位のうち後氷期の旺盛な侵食作用を直接受けるのは下部谷壁斜面で、それ以前の地形面を継承する上部谷壁斜面、谷頭凹地などが後氷期に至って破壊（開析）の作用を受け、それにとまって下部谷壁斜面が発達するとされている。この破壊はふつう表層崩壊の形をとり、後氷期の気候環境は大局的に現在も継続しているので、斜面で進行する基本的な地形形成作用は現在および近未来においても表層崩壊であろうという（田村, 1996）。このように後氷期の斜面の開析は、もっぱら下部谷壁斜面に発生する表層崩壊の形をとって進行し、したがって、下部谷壁斜面の上端を連ねる線は、羽田野 (1986) の後氷期開析前線にあたる。

2.2 微地形単位と群落組成

微地形の違いは植物群落の組成に微妙な変化をもたらす、特に下部谷壁斜面の群落組成には頂部斜面、上部谷壁斜面などのそれとは明らかな違いがあることがわかっている。図-2 の小流域にはモミ林が卓越しているが、微地形単位別に選定した多数の林分について植生調査を実施し、組成にもとづく変異の序列に従って座標上に配置した（図-3, Kikuchi and Miura, 1991）。林分は微地形ごとに表示されており、林分の配置は立地（微地形）

図-1 地形因子と植生を結ぶ二つの経路（菊池, 2000）

図-2 谷頭を中心とした斜面の微地形分類を示す模式
CS：頂部斜面，USS：上部谷壁斜面，HMW：谷頭急斜面，HH：谷頭凹地，LSS：下部谷壁斜面，BL：谷底面，EF：後氷期開析前線（Kikuchi and Miura, 1991を改変）

図-3 モミ林が卓越する地域における林分の組成的相互関係と微地形

林分は除歪対応分析（略称DCA；Hill, 1979）における第1軸，第2軸上の座標位置にもとづいて配置されている

▲：頂部斜面，△：上部谷壁斜面，■：谷頭急斜面，□：谷頭凹地，○：下部谷壁斜面（Kikuchi and Miura, 1991をやや改変）

の系列とおおむね対応していることが図から読み取れる。すなわち，頂部斜面を一方の極とし，対極に下部谷壁斜面が配置されている。この系列にそって群落の組成は変化し，その変化の一方の極に下部谷壁斜面の林分が位置するということである。この変化を実際の組成について見ると，頂部斜面から上部谷壁斜面にかけての領域ではモミが圧倒的な被度を持ち，マンサク，タカノツメ，アオハダ，シラキ，コシアブラ，ハウチワカエデなどの亜高木が顕著に見られ，さらに林床にスズタケやアオキが密生している。要するに通常のモミ林が成立しているが，一方，下部谷壁斜面ではモミをはじめとしてモミ林の構成要素の多くが欠け，代わってイイギリが林冠の優占種となる。林床にはミヤマカンスゲ，ミゾシダ，ウワバミソウなどが出現する（Kikuchi and Miura, 1991）。すなわち，下部谷壁斜面には，頂部斜面や上部谷壁斜面のものとは優占種も組成も異なる独自の植物群落が成立している。座標上でも（図-3），また斜面空間上でも（図-2参照）中間に位置する谷頭凹地の群落ではモミを含め

て高木は見られず，また亜高木種も欠落する傾向が強い。低木層までが欠けることはないが，林冠には穴が空いたように空白ができる。

モミ林の組成要素の一部がこのように欠けるものの，しかし，代わって新たな種が谷頭凹地固有の組成要素として加わるわけではない。その限りではモミ林の変形というようなもので，植生から判断すると，頂部斜面，上部谷壁斜面および谷頭凹地はモミ林を指標とする一つの領域にまとまる。これに対して下部谷壁斜面にはイイギリ林が成立しており，ここは，上記の領域と対立する別の領域ということができる。

2.3 斜面における2つの領域

すでに述べたように下部谷壁斜面は後氷期における侵食領域の最前線にあたり，表層崩壊の形をとってあらわれる開析の作用を旺盛にうけている部分である。その点，頂部斜面，上部谷壁斜面，谷頭凹地などの領域とはあきらかに性格が異なり，植生も，上に述べたように別のものであった。この結果にもとづいて，Kikuchi and Miura (1991) は斜面を2つの領域に区分し，上部斜面域と下部斜面域と呼んだ。後氷期開析前線（羽田野, 1986）が両地域の境界にあたることは言うまでもない。

Kikuchi and Miura (1991) が斜面を2つの領域に区分したとき，下部斜面域を構成する具体的な微地形単位は下部谷壁斜面のみであった。この領域が斜面崩壊で性格づけられるとしても，それには新旧があり，ひとつの崩壊にも滑落斜面や崩落物質堆積部などの違いがある。当然，もっと多くの微地形が複合しあう，より複雑な地域として把握しなおされることが期待される。

2.4 下部斜面域の土壌攪乱とイイギリ林

この点を一歩進めて，Nagamatsu and Miura (1997) は下部斜面域に下部谷壁斜面，麓部斜面，氾濫性段丘，河床の微地形単位を区別し，より複合的にとらえた下部斜面域の立地と植生との関係を検討した。調査地は仙台市の南にあたる丘陵地で，上部斜面域にアカマツ林（頂部斜面）とコナラ林（上部谷壁斜面と谷頭凹地）が成立する地域である。

解析の結果は，案に相違して，下部斜面域には微地形の違いにかかわらず様にイイギリ林が成立していた。この結果から期待されることは，共通の植物群落を成立させる共通の立地特性が，微地形の違いを超越して下部斜面域に存在することである。彼等は微地形の調査と平行して土壌の攪乱の調査を行い，微地形単位の如何にかかわらず，土壌攪乱の痕跡が下部斜面域に常に存在することを指摘している。さらに，攪乱を堆積的な攪乱と剝剥的な攪乱とに区別して検討し，イイギリ林はどちらに片寄ることなく成立していることを明らかにした。堆積であれ剝剥であれ，攪乱そのものがイイギリ林の成立の要因になっているという結果であった。

ちなみに，上部斜面域の土壌には攪乱がほとんど検出されない。

彼等がとりあげた微地形単位のうち、氾濫性段丘や河床には流水の運搬作用の関与による攪乱も考えなければならぬ。しかし、少なくとも下部谷壁斜面、麓部斜面に斜面崩壊が直接関与していることは疑いなく、下部斜面域に特異的、普遍的に発生する斜面崩壊がもたらす土壌の攪乱がイイギリ林の成立につながっているものと考えられる。

3. 崩壊地の植物群落と低木の生活史

3.1 崩壊地の諸群落

下部斜面域は、水による侵食システムに沿って表層崩壊が頻繁に発生する領域である。上に述べたイイギリ林は、そのように発生する崩壊が引き起こす地表の攪乱を主要な要因にして成立しているとみられる (Kikuchi and Miura, 1991; Nagamatsu and Miura, 1997)。イイギリのような高木種が崩壊地に森林群落を形成する例はほかにもあり、崩壊によって生産された物質が流下、堆積して形成されたと考えられる扇状地状の (沖積錐状の) 堆積面にハルニレ林が成立している例が報告されている (牧田ほか, 1976; Makita et al., 1979)。同様の立地に成立すると見られる高木種の群落にサワグルミ林やシオジ林をあげることができる (佐藤, 1988; Sakio, 1997 など)。一般に河川上流域の崩壊土が堆積した溪流周辺に成立する群落であるとの認識から、これらは溪畔林、溪谷林と呼ばれることが多いが (例えば崎尾ほか, 1995)、立地の形成に直接かわる作用は斜面崩壊で、崩落物質の堆積部に成立する群落であろう。

一方、根元から分かれる多数の幹を持つ、株立ち形の低木が優占する群落がある。ヤシャブシ、ミヤマカワラハンノキ、ヒメヤシャブシ、ヤハズハンノキ、ミヤマハンノキなどのハンノキ属低木が特に顕著で、それぞれが地理的に、あるいは高度的に分布域を分けあいながら、崩壊がかかわる同じような立地に群落を形成していることは興味深い。

このほか、地すべり地の代表的な低木種にフサザクラがある。

3.2 フサザクラの生活史

フサザクラが地すべり地に生育している事実については、Sakai and Ohsawa (1993) が崩壊跡の観察や斜面上の土壌の深さの分布と植生の分布との関係を調べて明らかにしているが、Sakai et al. (1995) は、さらに、崩壊地に生育するフサザクラの生活史を明らかにした。それによると、幹は成長にともなって次第に傾き、その結果として根元に空いた空間は次々に発生、成長する萌芽によって埋められるという経過をとって株立ちの樹形が形成、維持される。成熟にともなって花も咲かせ、種子生産も行うが、それよりも先に、萌芽の発生は幼生期から早々と始まるという。また、多くの株に根返りの跡があり、幹には枯れたものも多く見られるが、反面、株全体が枯死している例はほとんど無いことも報告されてい

る (Sakai et al., 1995)。このような生活史によって、頻発する地表の攪乱を受け入れながら、株としては絶えることなく生き延びているのであろう。

ここに示された生活史の様式が上記のハンノキ属低木にも適用できるかどうかは不明である。共通して株形の生育形をもつことから考えて、萌芽が重要な役割を担っていることが期待されるが、詳細については今後の研究に待つほかない。

4. 崩壊地における高木種の生活史と立地特性

4.1 崩壊後の活動休止と森林群落

一方、直立する幹が森林群落を形成する場合、少なくとも幹が成長してきた過程で幹が破壊されるような攪乱は無かったはずである。この場合の攪乱は短期的にくり返されるものとは考えられない。秩父地方のあるシオジ林について Sakio (1997) が行った樹齢解析によれば、この林分は約200年の樹齢をもった一斉林であった。約200年前に地震によると推定される地すべりが発生し、その跡地に一斉林として形成され、以後、立地は安定に維持されてきたという。同じ林分に関する別の論文では、この立地は土石流堆積地とされている (久保ほか, 2001)。崩落物質が土石流の姿をとって移動し、堆積して形成された立地にシオジ林が成立したものであろう。

植生とともに土地を一新するような規模で発生する攪乱がシオジ林の成立に必要な初期条件と考えられ、この点はサワグルミ林についても同様と考えられる。その後、地表は安定に保たれ、Sakio (1997) が解析した例では現存の林分まで、200年の時間を経たことになる。

4.2 崩壊跡地植生の長期的な動態

さらに長期的に見た場合、植生の動態はどのようなものになるのであろうか。そのことを明確に示す例は見当たらないので今後の研究に期待するほかないが、4つのすじ道を考えることができる (図-4)。第1には、崩壊による新生の土地に植物が侵入・定着し、さらに、極相に向かって遷移が進んでいく経過が考えられる (図-4のa)。この場合、崩壊は初期条件を与える役割を担う

図-4 地すべり跡地における植生の発達過程を考察する模式図

a~dについては本文

にすぎず、その後は地表は安定に保たれるとみなされる。崩壊跡地固有の群落として上に述べた諸群落は、この経過の初期に一時的にあらわれるものと位置づけられる。

第2には、崩壊は初期条件として作用するだけでなく、崩壊によって形成された固有の土地的特性がその後も保持され、植生は崩壊跡地特有の姿に維持されることが考えられる（図-4のb）。青森県白神山地に地すべり地に成立したサワグルミ林が知られており（青森県, 1987）、その地表には約1000年前の降下火山灰が存在するという（八木, 1995）。現在の地表は約1000年前には成立しており、その後に顕著な攪乱は無かったことになる。1000年が経過してなお他のタイプの群落への遷移が無かったとすれば、上記の第1の経過は適用できないので、崩壊が形成した独自の立地特性が長期的に維持されていると考えるのが自然であろう。立地特性が同じように長期的に維持されている可能性を示唆するものに、青森県奥入瀬溪流の段丘面上に成立したサワグルミ林の例がある（Kikuchi, 1968）。

第3には、植生の発達・維持の過程に立地の破壊、攪乱を組み込んだ経過を考えなければならない。本稿では、水による侵食システムに沿って発生する表層崩壊を主として取り上げて論考を進めており、崩壊は、後水期を通じて一定の領域にくり返し発生するものとみなされる。この限りでは、崩壊が発生するたびに植生は破壊され、そのつど初期状態から発達を再開することになる（図-4のc）。さらに、第4には、攪乱が植生および立地の初期化というほどの強さでは作用せず、一方、植生の十分な発達を阻むほどに頻繁な場合は、図-4のdのような経過をとって定常状態が保持されるであろう。この経過はフサザクラ低木林の形成、維持を想定したものである。

5. おわりに

本稿では、斜面の下部に、水による侵食のシステムにそって組織的に発生する表層崩壊を念頭において、そこに成立する植生について述べてきた。中村（1990）は植物群落の更新・構造を考えるうえで重要な時間スケールを10¹から10²年のオーダーとしたが、斜面下部のこの部分は、この時間スケールに見合う頻度で発生する崩壊が期待できる部分であり、植生にも固有のものがある。この部分を下部斜面域の名称で斜面の上部から区別したのは、このような事実に基づくものであった（Kikuchi and Miura, 1991）。この領域における植生の動態は、変動をくりかえしながら平衡が維持される性格のものである。この動態を図-4のcやdのように模式的に示した。

一方、上部斜面域は後水期を通じて安定に保たれてきた領域とみなしてきたが、それは、後水期における水の侵食（河食）が及ぶ領域外という意味である。この領域にも地質を要因とするような崩壊（地すべり）の発生はあり得るし、それには、下部斜面域の表層崩壊に比べればはるかに長期的な周期のものも含まれる。その場合、

崩壊によって初期条件が与えられた後、植生は永く非攪乱的な土地に存続することになる。気候は後水期を通じて基本的に一定に保たれてきたので、安定な生態条件下に存続する期間は、長ければ10³年のオーダーに達する。地表攪乱による土地の規制からの影響は次第に薄れ、相対的に気候条件からの影響を強めながら遷移が進むであろう。この過程を模式的に図-4のaとして示したが、そのような遷移の過程が、10³年のスケールで明らかにされているわけではない。

一方、もし、崩壊（地すべり）によって形成された土地の特性が変わることなく継続するなら、崩壊跡地に形成された植生はそのまま存続できる（図-4のb）。白神山地（青森県, 1987；八木, 1995）や奥入瀬溪流（Kikuchi, 1968）からの報告例はそうように長期的な継続の可能性をうかがわせるが、今のところ確たる事実とは言いがたい。長期的な遷移の過程とともに今後の課題である。

ともあれ崩壊（地すべり）跡地特有の植物群落はたしかにあり、そこをよりどころとする多くの種が存在する。彼等は立地条件として崩壊の発生を必要としているし、崩壊は、彼等を包容することで自然の多様性を高める役割をになっている。

引用文献

- 青森県（1987）白神山地自然環境調査報告書（赤石川流域）、青森県。
Hill, M.O. (1979) : DECORANA: a FORTRAN program for detrended correspondence analysis and reciprocal averaging, Cornell University Press, 50p.
羽田野誠一（1986）：山地の地形分類の考え方と可能性、シンポジウム「山地の地形分類図」要旨11、東北地理、Vol. 38, pp. 87-89.
Kikuchi, T. (1968) : Forest communities along the Oirase Valley, Aomori Prefecture, Ecological Review, Vol. 17, pp. 87-94.
Kikuchi, T. (1975) : Vegetation of Mt. Iide., Ecol. Rev., Vol. 18, pp. 65-91.
Kikuchi, T. (1981) : The vegetation of Mt. Iide, as representative of mountains with heavy snowfall in Japan, Mountain Research and Development, Vol. 1, pp. 261-265.
菊池多賀夫（2000）：植生と微地形、植物地理・分類研究、Vol. 48, pp. 1-9.
菊池多賀夫（2001）：地形植生誌、東京大学出版会、216p.
Kikuchi, T. and Miura, O. (1991) : Differentiation in vegetation related to micro-scale landforms with special reference to the lower sideslope, Ecological Review, Vol. 22, pp. 61-70.
Kikuchi, T. and Ohba, H. (1988) : Preliminary study of alpine vegetation of the Himalayas, with special reference to small-scale distribution patterns of plant communities, In The Himalayan Plants, Vol. 1 (Ohba, H. and Malla, S.B. eds.), pp. 47-70.
Kikuchi, T., Subedi, M.N. and Ohba, H. (1999) : Alpine vegetation and its pattern on Jaljale Himal, eastern Nepal, In The Himalayan Plants, Vol. 3 (Ohba, H. ed.), pp. 1-21.
久保満佐子、島野光司、大野啓一、崎尾 均（2001）：秩父・大山沢渓畔林における高木性樹木の育成立地と植生単位の対応、植生学会誌、Vol. 18, pp. 75-85.
牧田 肇、菊池多賀夫、三浦 修、菅原 啓（1976）：丘陵地河辺のハンノキ林・ハルニレ林とその立地にかかわる地形、東北地理、Vol. 28, pp. 83-93.

- Makita, H., Miyagi, T., Miura, O. and Kikuchi, T. (1979) : A study of an alder forest and an elm forest with special reference to their geomorphological conditions in a small tributary basin, In *Vegetation und Landschaft japans, Festschrift fur Prof. Dr. Drs. h.c. Reinhold Tuxen.* (Miyawaki, A. and Okuda, S. eds.), pp. 237–244.
- Nagamatsu, D. and Miura, O. (1997) : Soil disturbance regime in relation to micro-scale landforms and its effects on vegetation structure in a hilly area in Japan, *Plant Ecology*, Vol. 133, pp. 191–200.
- 中村太士 (1990) : 地表変動と森林の成立についての一考察, *生物科学*, Vol. 42, pp. 57–67.
- Sakai, A. and Ohsawa, M. (1993) : Vegetation Pattern and micro-topography on a landslide scar of Mt. Kiyosumi, central Japan, *Ecological Research*, Vol. 8, pp. 47–56.
- Sakai, A., Ohsawa, T. and Ohsawa, M. (1995) : Adaptive significance of sprouting of *Euptelea polyandra*, a deciduous tree growing on steep slopes with shallow soil, *J. Plant Research*, Vol. 108, pp. 377–386.
- 崎尾 均, 中村太士, 大島康行 (1995) : 河畔林・溪畔林研究の現状と課題. *日本生態学会誌*, Vol. 45, pp. 291–294.
- Sakio (1997) : Effects of natural disturbance on the regeneration of riparian forests in a Chichibu Mountains, central Japan, *Plant Ecology*, Vol. 43, pp. 163–167.
- 佐藤 創 (1988) : 道南松前半島におけるサワグルミ林の構造と成立地形, *森林立地*, Vol. 30, pp. 1–9.
- Tamura, T. (1969) : A series of micro-landform units composing valley-heads in the hills near Sendai. *Sci. Rep. Tohoku Univ.* 7th Ser. (Geography), Vol. 19, pp. 111–127.
- 田村俊和 (1974) : 谷頭部の微地形構成, *東北地理*, Vol. 26, pp. 189–199.
- 田村俊和 (1996) : 微地形分類と地形発達－谷頭部斜面を中心に, *水文地形学－山地の水循環と地形変化の相互作用* (恩田裕一, 奥西一夫, 飯田知之, 辻村真貴編), 古今書院, pp. 177–189.
- 八木浩司 (1995) : 白神山地の地形とその発達, 平成六年特定地域自然林総合調査報告書 (白神山地自然環境保全地域総合調査報告書), pp. 45–75.
- 吉岡邦二, 金子多賀夫 (1962) : 八甲田山石倉岳付近の植物群落の分布と地形との関係. *日生態会誌*, Vol. 12, pp. 26–31.
- Yoshioka, K. and T. Kaneko (1963) : Distribution of plant communities on Mt. Hakkoda in relation to topography, *Ecol. Rev.*, Vol. 16, pp. 71–81.
- (原稿受付2002年7月18日, 原稿受理2002年8月23日)