

林道切取りのり面の安定性と自然植生の回復について (2)

—のり面勾配と植生状況—

小橋 澄治・吉田 博宣

Stability and vegetative recovery of cutting slopes. (2)

—The relation between slope gradient and vegetative conditions.—

Sumiji KOBASHI Hironobu YOSHIDA

要 旨

林道切取りの面の勾配と安定性、植生状態を検討するため六甲・南山城（花崗岩）、高野山・川上村（古生層）ののり面約300箇所を調べた。いずれも建設後10年以上経過している。

のり面の植生状況を示す指標として植生の量的指標と多様性指標を決め検討した。その結果は以下の通りである。

1, 現時点の各路線ののり面の安定性は六甲を除き程度の差はあるが勾配が急なほど高い傾向があり、特に高野山において著しかった。

これは林道又は山岳道路では地形的・工費的制約により、多くののり面が均一な急勾配で施工され、不安定ののり面が緩勾配化作用を起すためである。

岩質が軟かく不安定性が高いのり面はその定安勾配に達するまで土砂移動を続ける。時間的にみれば岩質が硬く安定勾配が急なのり面ほど早く安定化する。そのためある時点で勾配と安定性の関係をみると急勾配ほど安定しているものが多い結果となる。六甲の場合は植生状況の良好なのり面を選んで調査したので緩勾配で安定性の高いものが多かった。

2, のり面の植生回復にはそののり面の安定性が確保されていることが大きい前提条件である。のり面が安定している場合には勾配が急なほど生育条件がきびしく植生の生育可能量は少なくなる。(推定によれば50%ののり面が良好な状態になりうる植生量を得ることのできる勾配は35°~40°となる。)しかし1でのべたような現時点で緩勾配ほど不安定性が高いという状況にある路線をみると不安定な緩勾配のり面では植生侵入が困難であるため、勾配と植生の量的指標の関係はある勾配でピーク値を持つ形となる。

3, のり面に侵入する植生の多様性は植生の量が少ない間はそれほど差がない。緩勾配部分が安定してくると生育条件がよいため生長の早い草本種が優占し多様性は低い(川上村など)。しかし植生遷移が進むと低勾配部の多様性は増大する(六甲)。

1. 目 的

前報¹⁾においては芦生演習林道切取のり面についてのべた。今回は54年度中に調査した六甲山系道路、高野山道路、南山城林道、川上村林道についてのべる。前二者は林道ではないが山岳道路として林道とほぼ同様な性格を持っている。これらの道路及び林道の切取のり面の植生状況については別途くわしい解析を行なっている²⁾ので、ここではのり面条件（主として勾配）と植生状況に問題をしばって検討する。

林道切取のり面は一般道路のり面より急勾配であるのが通例であり、その勾配は一般の緑化工施工基準からいえば緑化可能限界を越えている場合が多く、植生回復が困難なことはいうまでもない。しかし実態を調べてみるとかなり植生が回復している場合もある。一般道路のごとき豊富な植生構成は望めぬにしても、のり面が目立たなくなるという程度の植生構成に達している事例もある。

与えられたのり面条件においてどの程度の植生回復が可能かということを知っておくことは逆に自然植生の早期回復のためにのり面構造がどうあるべきかという問題の解釈の手がかりになると考えられる。ここで、林道建設の場が地形的にきびしい条件下にあり、工費上の制約も大きい点から、のり面構造と植生回復の関係をできるだけ限界現況でみきわめる必要がある。

のり面条件といっても勾配のほかに土質・地質的問題、水分条件、標高・斜面の向き等々多様である。しかし人為的に決定しうる要因は勾配であり、それは客観的に正確な情報が最も容易に得ることができる。もちろん多くの要因がからむから、勾配と植生状況のみを結びつけて検討するとデータのばらつきが大きいので、統計的に取扱う必要がある。

一方、植生状況といってもそれをどのような見方で評価するかは難しい問題である。防災的見地（侵食防止機能）からいえば、のり面が植生で完全に被覆されていることが望ましい。また景観性という面からみれば、様々な見方があるろうが、植生の量が豊富で、かつ、その構成が多様であることが一般的に良質と認められるだろう。ここでは植生の量的指標と多様性の指標を数値で示し、それによって検討することにした。

2. 調査路線の概要と調査法

4つの調査路線の概要は以下の通りである。六甲ドライブウエー：前年³⁾の調査でも対象としたので詳細は省略する。今回は比較的植生状況の良好な個所96ヶ所（表六甲、裏六甲、芦有道路を含む）を再調査した。地質はすべて花崗岩である。高野山道路：高野山山頂にいたる道路で、標高230～840mにわたり区間約1.4kmで約100ヶ所調査をした。地質は古生層で、標高の高い所はかなり風化しているが、大部分は泥岩質硬岩よりなる。この路線は昭和29年から35年にかけて工事が行われているが、その後も道路拡巾や防災工事のためのり面の切直しが各所で行われたようである。風化の進んだ部分ではなお侵食・崩落現象が続いている。

奈良県川上村林道：川上村高原川沿いの林道である。調査区間は昭和32年以前の建設であり、古生層である。のり面処理はなにも行われていないが、自然植生が侵入し、かなり安定した景観を呈している。延長約4kmを50数ヶ所調査した。

京都府南山城林道：南山城村林道南谷線、林道大河原多羅尾線を対象とした。南谷線は標高450m附近の平坦な面を走る線で相当風化した花崗岩である。冬期はかなり低温となり凍結ゆう解による崩落が著しい。昭和45年建設である。延長約29kmである。村道大河原多羅尾線は林道南谷線と国道163号線を結ぶ線で、もとは林道として建設された。建設は20年以前である。48年頃村

道となり、移管時にのり面改良のためかなり切直されている。延長約4kmである。調査は両線合わせて80数ヶ所行なった。

調査対象の4線はいずれも建設後10数年以上経過しており、施工時の緑化工が施されたとしてもその影響は少なくなっているし、その後の手直しが部分的に行われたとしても、その影響度は少ないだろうと考えられる。したがって自然植生の侵入が可能な条件にあれば、それがかなり進行しているべきだと考えられそれを調査すればのり面条件と植生回復の関係を検討できると思われる。

調査法は前報¹⁾³⁾とほぼ同様である。のり面条件(岩質, のり高等)はのり面全体からみでの判断であり、植生状況はのり面を代表する2×2mワク内での調査であり、勾配はこのワク内の平均勾配である。植生状況は植物種別にその被度, 生長高を調べた。六甲, 高野山ではのり面の表層上の含水比, 六甲で表層土深度も測定している。

3. 結果と考察

1) 各路線ののり面の状況

最初に路線別にのり面の状況を勾配を中心のみておく。それが植生状況を決める大きい要素となるからである。

路線別に勾配出現頻度を図-1に示す。のり勾配は施工時にはほぼ一定の基準で決められるのが普通であるが、その後の侵食堆積作用によって変化し、あるバラツキを示す。ここでの勾配は植生調査した個所での勾配であり、のり面の平均勾配ではない。風化花崗岩帯は当然古生層帯より緩勾配である。六甲では45°~60°が60%を越す。施工勾配は8分~9分でなかったかと思われる。南山城では60°~70°と40°~50°と2つのピークがあり、前者が施工勾配(5分程度)で後者は侵食堆積した部分の勾配と考えられ、侵食堆積作用のはげしさを示す。高野山では60°~70°に大きいピークがありほぼ半数に達する。ここでの設計勾配は3~5分とのことであるから当然である。川上村では70°~80°の急勾配部と50°~60°の部分にピークがある。前者は硬質の岩壁である。

調査時にそれぞれののり面についての安定性を評価している。調査者の主観的判断ではあるが調査時点での表層侵食現象, 小崩落現象の程度を, 安定, やや不安定, 不安定の3つの区分で判断している。その出現頻度を勾配を区分別に示したのが図-2である。

六甲の場合, 45°以下で安定が60%をこえ, それ以上の勾配ではほぼ同じような傾向であるが

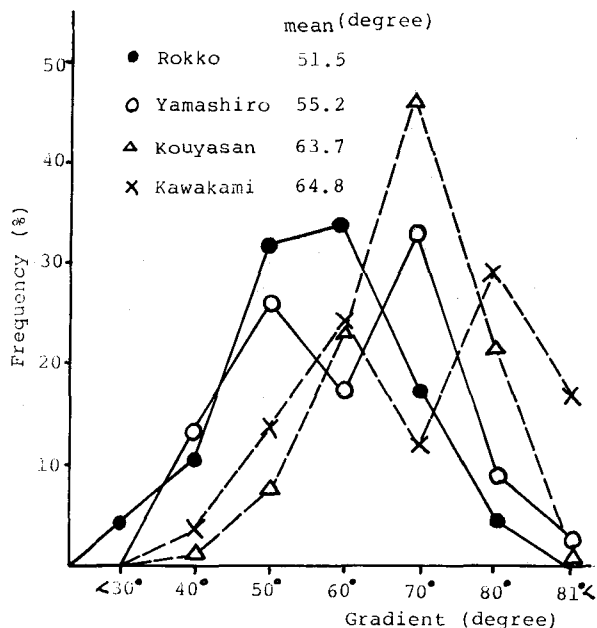


Figure. 1 Frequency of slope gradient.

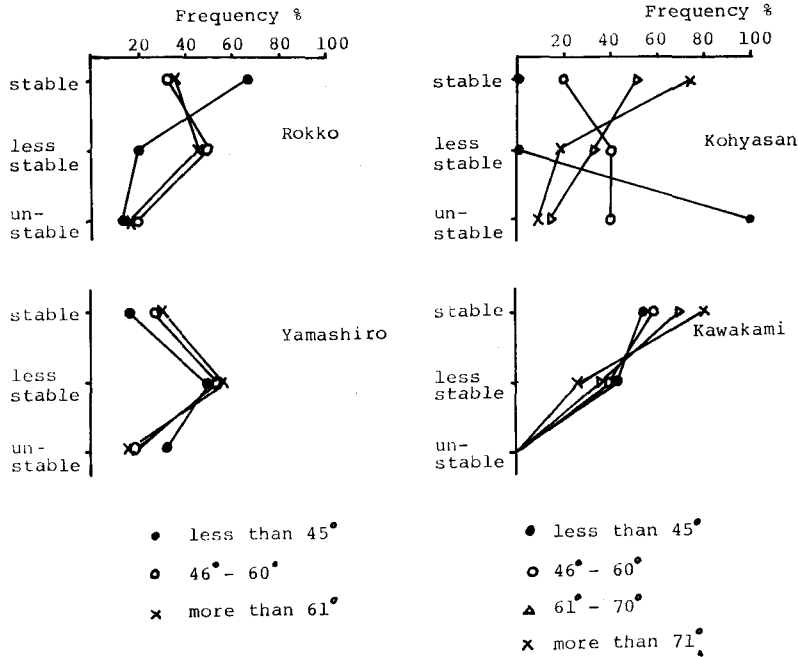


Figure. 2 Relation between slope stabilities and gradient.

わずかに60°以上の勾配のものが安定性が高い。

南山城では全体に安定したものの比率が低い、勾配との関係では急勾配ほど安定側になっている。

高野山では非常に顕著な傾向がみられ、45°以下ではすべて不安定である。また勾配が急になるにしたがい安定になるものが増加する傾向が明確に示される。

川上村では全般に安定性が高く、不安定と判断されるものがない。傾向としては急勾配ほど安定性が高い。

全体を通じていえることは六甲を別にすれば急勾配ほど安定性が高く、緩勾配ほど不安定な状態にあり、その傾向は花崗岩より古生層にいちじるしい。このような傾向は一見むじゅんしている印象を与えるがそうではない。

林道あるいは山岳道路では地形的に急しゆんであるため、山ろく部の一般道路のように土質に合せた安定勾配でのり面勾配を決めることは難しく、また工費上の制約のためどうしても急勾配寄りにかつ、画一的にのり勾配が定められる。そののり面の岩質が硬くて安定性が高い場合そのままの勾配で安定し変化しない。岩質がやわらかくその勾配で不安定な場合はそれに見合った安定性を生じる勾配に達するまで侵食・小崩落をくり返し、不安定状態が続く。時間的にみれば安定勾配が急勾配であるのり面ほど早く安定に達し、緩勾配ほど安定するまで時間がかかる。したがってある時点での勾配と安定性をみると急勾配ほど安定しているという結果を生じる。勾配45°以下というのはのり面下部にある侵食・崩落が生じた堆積物である。これはそれ自身かなり安定しているが、上部地山部分の侵食・崩落が続くかぎり不安定状態が続く。六甲の場合にこの部分の安定性が高いのは調査した六甲のり面の植生回復が格段によく、上部の侵食が停止されている場合が多いためであろう。

ここでべたのり面と安定性の関係が後述する植生状況と密接な関連性を持っている。

2) 植生状況の表示

のり面の植生状況を何によって示すかは難しい問題である。どのような指標を用いたにしてもある一面を示すに止まる。さらにのり面の植生の機能を防災的、景観的等多方面から評価しなければならないことを考えると問題は更に難しい。しかし少なくともものり面全面を植生で被覆し、その状態を維持しているという量的側面とその構成が豊富という多様性の側面と更に生態学的な意味での遷移性もある程度評価する必要がある。別報ではいくつかの指標を検討しているがここでは必要最少限として次の2つの指標を用いる。

量的指標 (Vo) : 調査ののり面ごとに出現種別の被度と生育高を乗じ、その総和で示す。すなわち

$$V_o = \sum_{i=1}^N C_i \cdot h_i$$

N ; 種数, C_i ; i 番目の種の被度 (100%を1とする), h_i ; i 番目の種の生育高 (Cm)。

多様性指標 (Va) : 調査のり面ごとに出現種別に被度からみた優占度 (第1位被度を1とした場合の比) と生育高からみた優占度 (同じ) の平均をとり、その種の寿命指数を乗じたものを計算し出現種すべてを合計したもので示す。すなわち

$$V_a = \sum_{i=1}^N \left(\frac{C'_i + h'_i}{2} \right) \cdot L_i$$

C'_i ; i 番目の種の被度の優占度, h'_i ; i 番目の種の高さの優占度, L_i ; i 番目の種の寿命指数。ここで寿命指数は常緑高木 ; 30, 落葉高木 ; 20, 針葉樹高木 ; 10, 肥料木・中木 ; 10, 低木・木本つる類 ; 5, 多年性草本・草本つる類 ; 2, 1年性草本 ; 1としている。植生遷移の見方とのり面に望ましいであろう植物種について重みづけをしていることになる。

なお、路線より優占種をみるため各調査のり面の量的指標の総和に対する植物種別比率をみると六甲では落葉樹70%, 常緑樹10%, 草本類20% (優占度の高いものヤシヤブシ類, ヤナギ類, ヤマハギ, アカマツ), 南山城では落葉樹40%, 常緑樹10%, 草本類50% (ウィーピングラグラス, ヤシヤブシ類, アカマツ, ススキ, ニセアカシア, キハギ) 高野山では落葉樹55%, 常緑樹5%, 草本類40% (ススキ, イタドリ, ヌルデ, ヤマハギ, アカメガシワ) 川上村では落葉樹

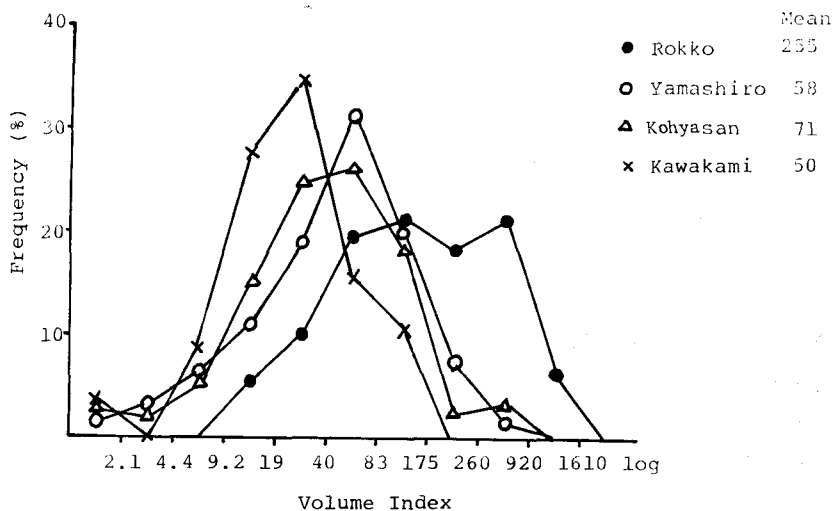


Figure. 3. Frequencies of vegetative volume index.

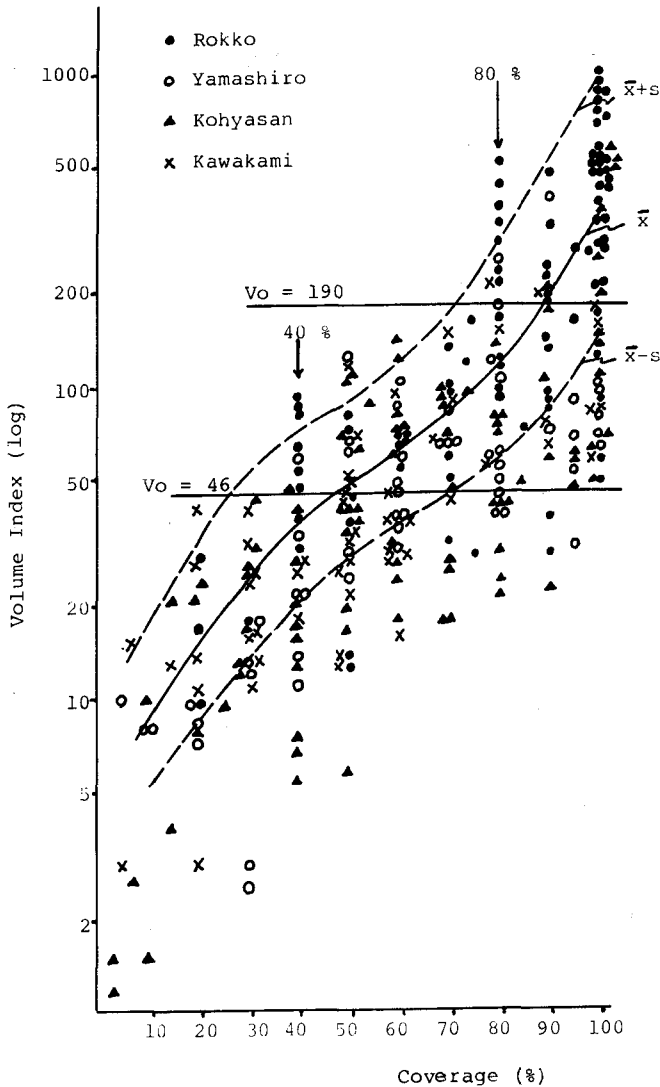


Figure. 4. Relation between volume index and coverage.

45%, 常緑樹 5%, 草本類 50% (ススキ, ウツギ類, イタドリ) であり, 六甲で落葉樹が多いほかはその傾向に大差はない。

さて上述の量的指標の値の路線別出現頻度を示したのが図-3である。ここで量的指標は横軸に対数目盛で示されており, いずれもほぼ正規分布型であるから, 量的指標の出現頻度は対数正規分布で示されるといえる。六甲はずばぬけて高く, 平均値で他の4倍程度である。ただし六甲は植生状況のよい個所が選ばれており, この傾向が六甲全体を示しているとはいいがたい。他は似たような傾向であるが, 高野山南山城, 川上村の順となる。

この量的指標が視覚的にどのような位置づけになるかを知るため, 調査ブロック全体を眺めた時の量的指標と全被度との関係を示したのが図-4である。それにはバラツキがあるにしても当然相関があり, 量的指標 (V_0) が190以上になるとすべて全被度80%以上となり, V_0 が46以上はす

べて全被度40%となる。したがって $V_0=190$ 以上が一応満足すべき値であり, 46以下では不良, 46~190間はやや不良といってよいであろう。

次に多様性指標の路線別出現頻度を図-5に示す。横軸に普通目盛で多様性指標値をとるとひずんだ形の正規分布であり, これも対数正規分布を示すことになる。かつ六甲がやや大きい所にピークがあるが, ほとんどその傾向は同じであり, 量的指標ほどの差はみられない。多様性指標がどの程度あればよいかという問題は難しいが, 視覚的に良好と考えられるのり面の指標はほぼ20を越えており, この程度の値が判断の目安になるであろう。

3) 2つの指標の関係

上述した植生状況を示す2つの指標(量的指標と多様性指標)の関係を検討しておく。

各路線別に単純に相関係数をとると, 六甲; 0.0809, 南山城; -0.0386, 高野山; 0.3436, 川

上村；-0.1117，であり高野山（1%有意）を除きほとんど相関性がない。

2つの指標の関係を路線別にみると（図-6）六甲を除き，量的指標及び多様性指標共不満な状況にある。

六甲の場合，量的指標が高いものが多いがよくみると遷移度が低い所にかなりのパーセントを占め，両指標が共に高くなることはかなり難しい問題であることを示す。同じ花崗岩の南山城では両指標が共に低く，ほとんど裸地の状態で停滞しているものが30%を占め，特に多様性指標が悪い。

古生層の高野山も同じような傾向であるが多様性は少し高い。川上村は特異な分布を示し，全体に量的指標は低いが，多様性指標は高く植生量は少なくともある安定状態にあるといえるかも知れない。

量的指標と多様性指標の関連性を更にくわしく検討するために，全路線のデータを一つの図に示したのが図-7である。平均値は量的指標10以上ではほとんど変わらないが，バラツキは量的指標で20~200の範囲でわずかに大きい。

一般道路のり面のように施工時に均一な芝草種で全面被覆を図るとあとに自然植生の侵入が遅れる傾向，つまり量的指標を人為的にある程度確保すると多様性指標が増加しにくいという傾向がある。林道の場合のようにほとんど施工時に植生工が施されない時，あるいは施されても急勾配のため成績が悪くあとの植生侵入に影響を及ぼさない場合にはそのような傾向は特に認められないようである。

先にのべたように植生がのり面を十分に被覆するに要する量的指標は200程度であるが，20~200の範囲のバラツキはわずかに大きい。量的指標がこの範囲にある状態は，被覆されない裸地がかなりまだある場合であり，種間競争的な問題が生じず，侵入種数のバラツキが多いと考えられる。量的指標が更に増加し，度が高くなると多様性指標がまとまった値をとるようになる傾向がうかがえるがデータ数が少なくなるのでよくわからない。

4) 量的指標と勾配

量的指標とは要するに植生の生長度合を示している。それと勾配の関係を検討する。植物の生長度を決めるのり面の要因はもっと数多く考えられるが，含水比（六甲，高野山），表層土深度（六甲）と量的指標の関係を検討しても明確な関係は見出しにくい。比較的高含水比ののり面では

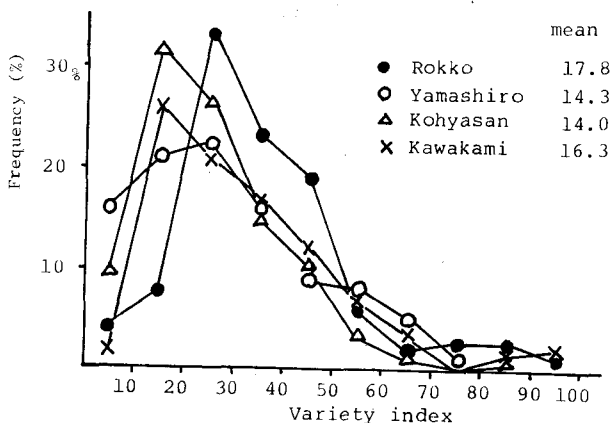


Figure. 5. Frequencies of vegetative variety index.

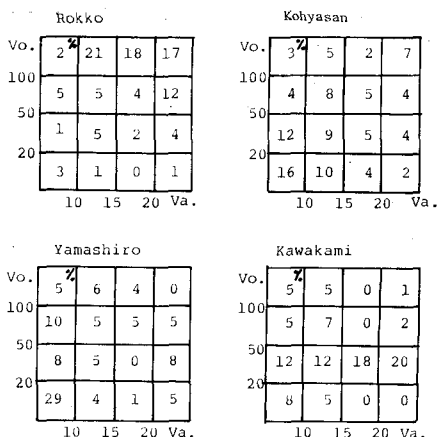


Figure. 6. Relation between volume index and variety index on each road.

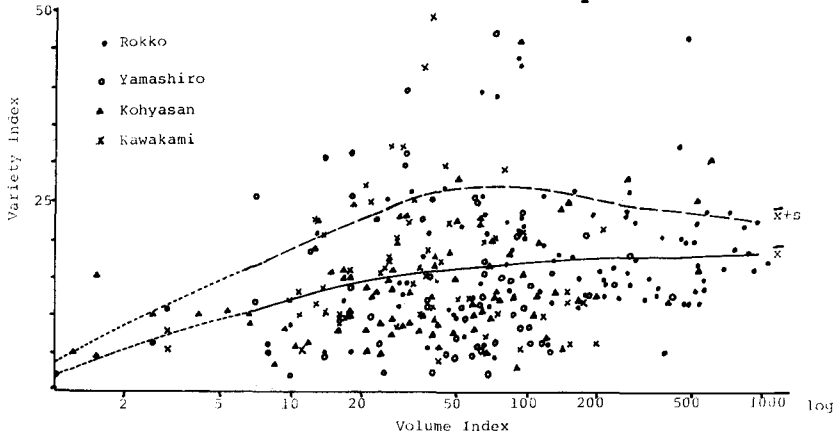


Figure. 7. Relation between volume index and variety index.

たしかに生長はよいが、低含水比でも生長のよいのり面は数多く存在する。同様な傾向は表層土深についてもいえることである。含水比はもともと変動の多いものであるし、のり面を代表する情報が正確に得られているか不安がある。表層土深にしても同様なことがいえる。その点勾配は正確な情報を容易に得られる利点があり、植生状況に最も影響を及ぼすのり面の安定性を支配していると考えられる。

量的指標と勾配の関係は路線によってかなり異なった傾向をみせている。基本的に考えられることは急勾配になるにしたがって、岩質は硬くなり、生育基盤としての表層土も少なくなるから

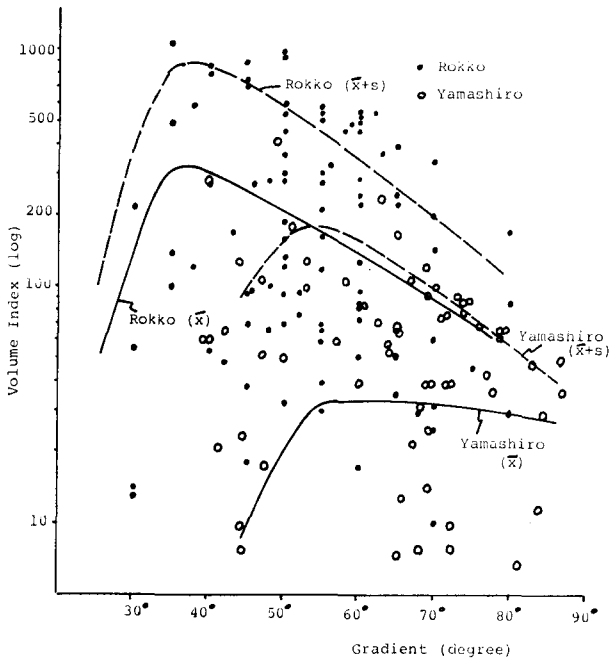


Figure. 8. Relation between volume index and slope gradient(1) (Rōkkō and Yamashiro)

そこに生育可能な植生量は少なくなるはずである。しかしそれはのり面が岩質によって定まる安定勾配になっている場合に成立することであって、のり面勾配が安定的勾配へ向っての変化過程にあり、侵食、崩落現象が断続している期間では成立しない。

図-8は六甲及び南山城の場合を示している。図中に各勾配階層別の平均値(\bar{x})を結んだ線と平均値に標準偏差(s)を加えた($\bar{x}+s$, したがって確率的に84%が含まれる線)が記入されている。ここで \bar{x} , s の計算には図に示されていない $V_0 < 1$ のデータも用いている。また先にのべたように V_0 分布は正確には対数正規分布をなすが、ここでの計算は正規分布と

して計算している（後述のVaと勾配の関係等についても同様である）。

六甲の場合は $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ をピークとし、急勾配側に量的指標は漸減する。 30° 以下では急に低下しているがデータ数が少なく確かではない。六甲は植生状況のよい所をえらんだために調査区は安定しているものが多い。つまり岩質に見合う安定的勾配に達しているのが多く、緩勾配であるほど岩質が軟かいとか、安定した表層土が存在するため、植生生育条件がよく、量的指標が高くなっていると考えられる。

同じ花崗岩帯の南山城の場合先にのべたように量的指標は六甲の場合より1オーダー少ないが不安定な面が多いことから当然であろう。また勾配が 55° 以下になると急激に量的指標は低下する。 55° 以上でも平均値の線はほとんど変わらず、平均値に偏差値を加えた線は 55° をピークとして勾配増加と共に減少する。この路線のり面が6分(59°)勾配で施工されているとすれば、それ以下の勾配にあるものは岩質からみて6分勾配では不安定であり侵食、崩落が継続しており、したがって植生量も少ないのではないかと思われる。またそれ以上の勾配のものでも不安定のものも多く、平均値としては緩勾配になっても横ばいの状況にある。

古生層の例として高野山(図-9)をみると平均値及び平均値+偏差値の線はいずれも $60\sim 70^{\circ}$ をするどいピークとした線を形成している。この路線の施工勾配は3分(73°)又は5分(63°)が多かったことが明らかになっており、それ以下の勾配にあるものは施工勾配では不安定の岩質にあるので、侵食・崩落が継続し又は過去に生じたため、植生量が少ないと考えられる。またピーク勾配より、より緩い勾配では岩質に応じた安定勾配に達するのにより長い時間を要し、現時点における不安定性が高く、植生の量はより低いものになっているとみるべきであろう。

同じ古生層の川上村の場合をみると平均値及び平均値+偏差値の線は勾配増加と共に漸減の傾向を示し、ピーク値はみられない。川上村の場合は先にみたように安定しているり面が多く、岩質に応じた緩勾配化作用もほぼ終っているとみられる。土砂移動現象が停止しているために、緩勾配ほど植物生長が有利であり、多くの植生量が存在するといえるだろう。

4つの路線の勾配と量的指標の関係をまとめて示したのが図-10である。六甲を除くと平均値の線はほとんど同じ位置になり、平均値+偏差値の線はバラツキは少し大きいが同様な傾向にある。六甲は植生状況の良的な個所をえらんでいるので、好条件下で示す傾向と考えられ、他の3路線が近畿地域で比較的低標高の林道の一般的傾向を示すのではなかろうか。

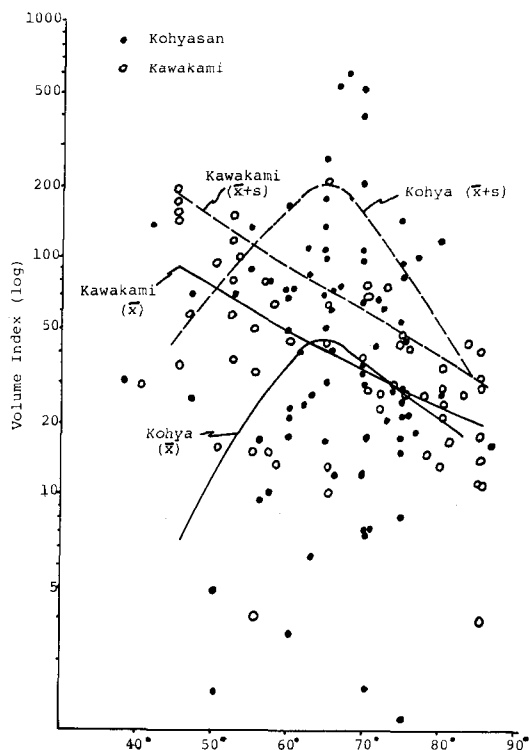


Figure. 9. Relation between volume index and slope gradient(2) (Kohyasan and Kawakami)

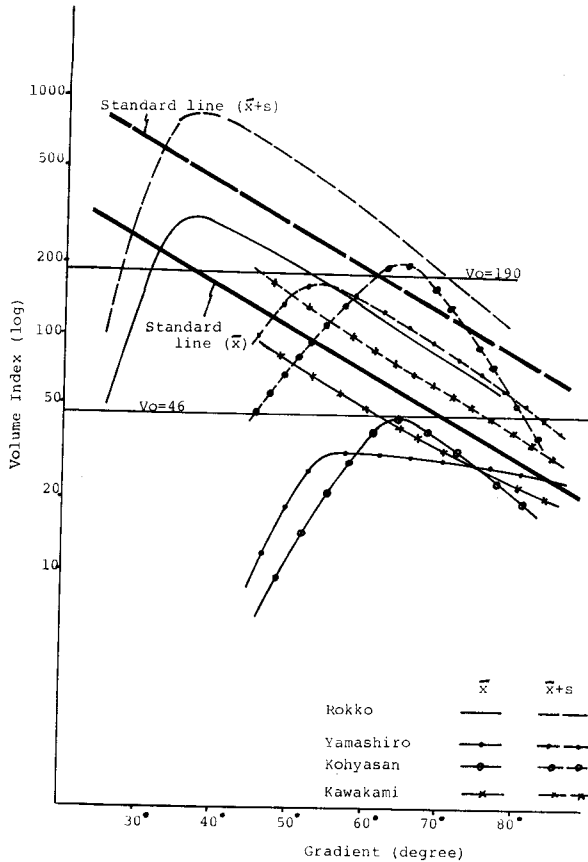


Figure. 10. Relation between volume index and slope gradient(3)
standard line ; To be presumed after slope will be stable.

われる。

5) 多様性指標と勾配

次に多様性指標と勾配の関係を検討する。先にみたように量的指標と多様性指標は相関々係が少ない場合が多い。現場での観察ではのり面の上部の地山急勾配部分の岩盤では量的には貧弱でも、木本類が最初から侵入しており、のり面下部の堆積緩勾配部分では草本類の旺盛な生長がみられる場合が多い。堆積緩勾配では安定条件にあれば軟かい表層土が多く、生長の早い草本類が旺盛に先に生長し、木本類の侵入生長が抑えられるに対して、上部地山急勾配部では表層土がなく、植物生長が全体に抑えられるために木本類の生長が可能になるという感じがする。

さて、図-11は六甲と南山城の例であるが、六甲は平均値線と平均値+偏差値の線も勾配増加と共に減少している傾向を示し、急勾配ほどバラツキは少なくなっており、上述の仮説の傾向はみられないことになる。緩勾配部における植生遷移過程がある程度進んでいることになる。

一方、川上村の例をみると(図-12)平均値線と平均値+偏差値の線はほぼ平行し、60°以上の急勾配部で一定し、それ以下では急速に低下しており、急勾配部の方が緩勾配より多様性に富んでいることになる。先にみたように川上村の場合、緩勾配ほど量的指標が大きいことが明らかになっているから、前述の仮説が裏付けられているといえる。

六甲以外は平均値は生長状況が不良と考えられる量的指標($V_0=46$)を越えず平均値+偏差値(84%)は良好と考えられる値($V_0=190$)を越えていない。

図-10には六甲を含んでの平均的な値でかつ、岩質に応じた安定勾配に達したときの標準推定数が記入されている。この平均値線で見ると70°以上では生育状況は不良のままであり、良好な植生状況になるには35°~40°以下である必要があることになる。

岩質を考えずに一定勾配でのり面を造成した場合急勾配で安定する硬い岩質ののり面ほど早期に安定し、植生状況はそれに見合った標準推定線に早く達し、軟質ののり面ほど緩勾配化が大きく進まないと安定せず、時間がかかり、植生状況が標準推定線に達するのが遅れる。安定勾配に達した所が植生量と勾配を示す線のピーク値として現われると考えられ、六甲、川上村では安定勾配化が一応40°程度まで達し、山城では55°附近、高野山では65°の附近にあると思

他の路線をも合せて比較したのが図-13である。これを見ると多様性の指標の平均的な値は路線別にはそれほど変わらず、バラッキにおいていくぶん差がある程度といえる。先にのべたように多様性指標が20以上を比較的良好という目安にすれば、各路線共平均値としてその値に達するかやや下回る程度である。

高野山、南山城は川上村とほとんど同様な傾向であり、勾配の減少と共に多様性指標は低下している。特に川上村・高野山の古生層帯ではきわめて似た状況を示す。南山城は値が横ばいの急勾配範囲が少し広い傾向にある。六甲のみやや特異な傾向である。先にのべたように六甲はデータ上片寄りがあることを考えると、近畿地区の林道切取り面の植生の多様性指標はほぼ同じような傾向を示す、川上村、高野山、南山城と同様な傾向にあると考えてよいであろう

し、のり面上部の地山急勾配部がのり面下部の堆積緩勾配部より、多様性に富み、遷移度も高い様相を示す。

図-13にはのり面が岩質に見合った勾配に達したのちに成立するであろう標準推定線が記入してある。これは緩勾配部において生育基盤が良好であるために生長の早い草本類が繁茂し、多様性指標が低い段階（この段階では標準線は緩勾配部で低下する）が終り、植生遷移が進んで緩勾配部での多様性指数が高まる段階に入った状態が示されている。

6) 勾配と植生状況の総合的な考察

以上、多数ののり面をほぼ一樣な急勾配で切取って、10～20年後の状況をその量的指標と多様性指標という面から検討を加えてきた。その結果はのり面の安定性、岩質に応じた安定勾配への時間的変化を考慮しないと理解しがたい面がある。それはのり面の安定化、土砂移動の停止ということがないと植生の侵入、維持ということが不可能であろうという大原則にもとづいている。

今、ある路線において、すべてののり面があるせまい範囲の急勾配で切取られたと考える（図-14, Stage 1）。のり面の中にはその勾配で十分安定が保たれる硬い岩質のものもあるが、その勾配では不安定なものも多く含まれる。不安定のり面は主として冬期の凍結ゆう解の侵食、崩落現象、集中豪雨による崩落現象により緩勾配化を始め、路線ののり面の勾配分布は全体に緩勾配

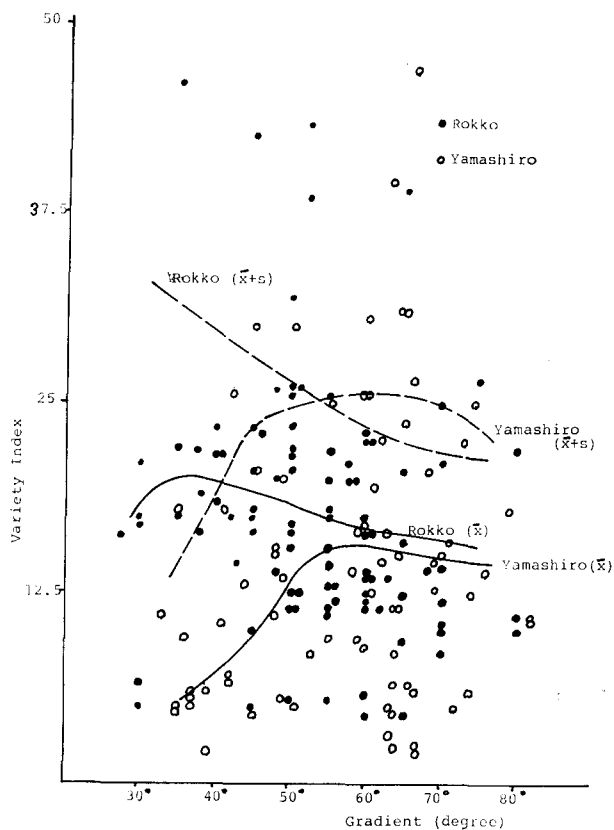


Figure. 11. Relation between variety index and slope gradient (1) (Rokko and Yamashiro)

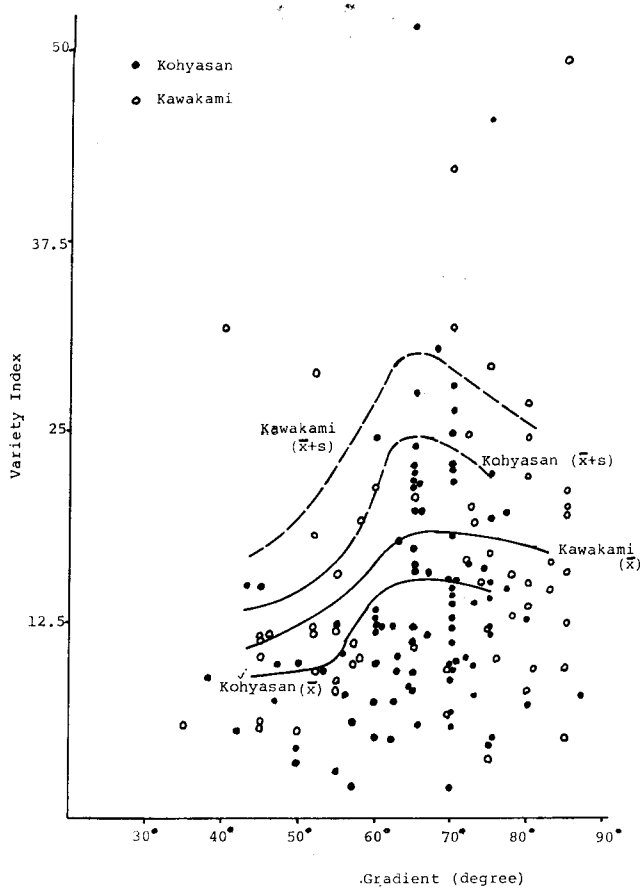


Figure. 12. Relation between variety index and slope gradient (2)
(Kohyason and Kawakami)

の方へ移動する (Stage 2)。安定勾配が急なおり面ほど時間的に早期に安定勾配に達する。それは急勾配ほど崩落現象がはげしいためでもある。安定すると植生の侵入、生長が直ちに始まる。

しかし急勾配ほどそこに許容される植生量は少ないので勾配と植生量の関係はある勾配でピークを持つ形となる。一方、植生の多様性からみれば植物種は小さいおり面ならほぼ一様に与えられるので量的にある限界になるまで種間競争的な問題はなく、勾配に対しほぼ同じ値となる。勾配変化現象は緩勾配の方向へ進み、分布巾の広い平坦化された形となる。この形は路線のり面の岩質分布に支配され、緩勾配部分ほど不安定性は遅くまで数多く残る。それは特に堆積緩勾配部分は上部からの土砂移動が続くかぎり安定しないし、のり先部の堆積物は路面上に流れる雨水の侵食を受けるとか、林道利用上の障害から、人為的に掘取られるため安定しない

ためである。安定のり面では緩勾配ほど許容される植生量が多いが、植生量が多いほど種間競争は大きくなり、初期成長の旺盛な草本数が優占するため多様性は逆に劣ることになる。

緩勾配化がどんどん進み、安定勾配に達したのり面が増え、ついには安定化したのり面が大部分を占めるようになると (Stage 3)、植生の量は緩勾配ほど多くなる。また長時間たつと、緩勾配部で草本類が優占していた個所の植生遷移が進み、緩勾配部の植生の多様性も増大していくものと考えられる。

ここでのべた過程はモデル的説明であり、必ずしも順調にこの過程が進むとはいえない。

岩盤が硬くきれつが少ないとのり面は安定していても植生の侵入は生じないし、堆積部の移動が継続すると長年月間不安定のままとなり、のり面の侵食進行によって上部斜面が不安定になり、崩壊が大規模に拡大する例もある。

またこのモデルの過程の進行時間は当然気象条件、岩質によって大巾に異なるであろう。

一般の山ろく部の道路では岩質に応じた安定勾配で造成するのが原則であり、施工時において Stage 3 から出発しているといつてよい。更に植生基礎工として客土を置くとか生育基盤を安定

させる工法が行われ、より高度の植生構成を目指しているとい
ってよい。この点が林道ののり
面の植生の問題と根本的に異な
ることを理解できるであろう
し、一般の植生工の基準を林道
に持込むことの無意味さも明ら
かになるであろう。

林道においても岩質に応じた
安定勾配に出来るだけ近い勾配
でのり面を造成することが植生
の早期回復に最も有効な手段で
あることはいうまでもない。し
かし林道の場合は地形的制約や
工費の点からそうはできない部
分がかなりあることが問題なの
である。もちろん現場の実情に
応じたきめ細かい対応策で改善
しうる点は多くあるにしても、
根本的には対象とする林道建設
の経済的社会的効果とのり面等
土木工作物の造成にもとづく防
災的・景観的影響の評価とその
対応策という総合的判断がまず
あって、のり面のあり方が決め
られるべきであろう。

その判断のための基礎資料と
してあるのり面の岩質・土砂移
動特性と植生回復についての具
体データの蓄積が必要と思われ
る。

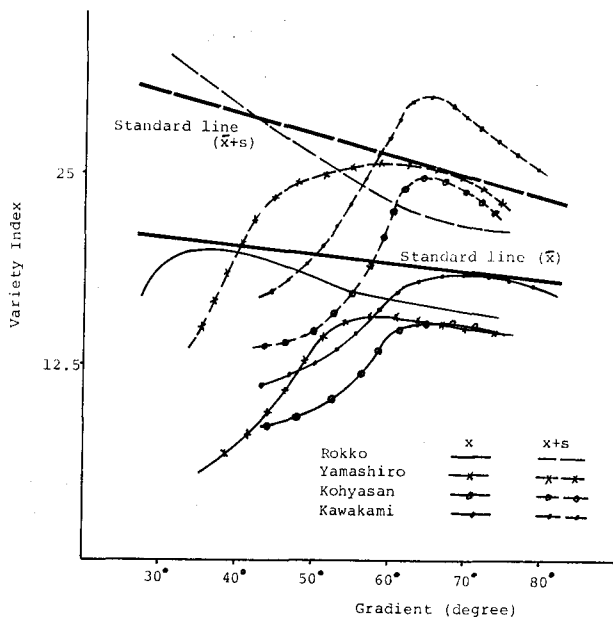


Figure. 13. Relation between variety index and slope gradient(3)

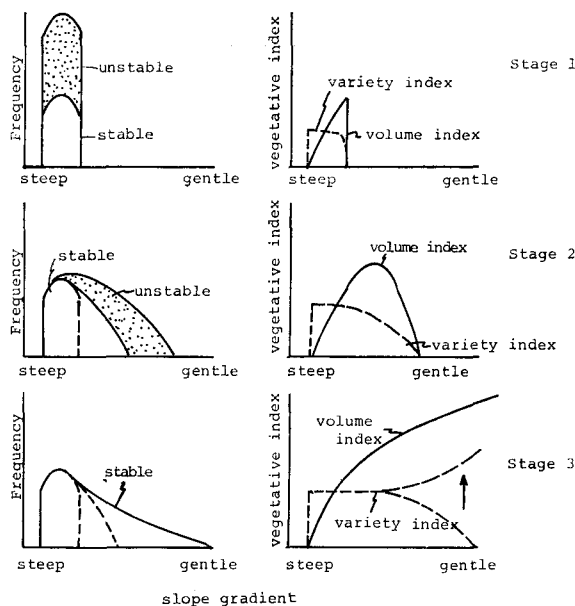


Figure. 14. Change of vegetative index and slope gradient, according as slope stability.

引用文献

- 1) 小橋, 島津, 吉田, 酒井, 佐々木: 林道切取のり面の安定性と自然植生の回復について (京大演習林報告 51, p.152-163, 1979年)
- 2) 小橋, 吉田, 大手: 山岳道路の急勾配切取のり面の植生状況とその解析 (斜面緑化研究第2集, p58~123, 1980年)
- 3) 小橋, 吉田: 道路切取のり面の安定性と自然植生の回復について (斜面緑化研究第1集, p78~98, 1979年)

Résumé

The authors carried out the surveys to find the relations between the gradients of cutting slopes and the vegetative conditions on them.

The surveying roads were Rokko, Yamashiro (belonged in the granit zone) and Kohya-san, Kawakami (Paleozoic era zone). About 300 surveying slopes were selected on these roads. It had elapsed more than ten years after the construction of them. Two indexes (the volume index and the variety index) to represent vegetative conditions on the slopes were decided. The volume index showed the quantity of plants to grow on the slope and the variety index showed the variety of plant species. The results of investigations were as follows.

1. It had the tendency that the steeper slope was, the more stable it was, except Rokko road. This tendency was marked on Kohya-san road. Most of cutting slopes on the forest roads were cut with a nearly equal steep gradient regardless of their stability, because the mountain slopes that the road constructed, were mostly steep, and the constructive costs were short. Therefore the unstable slopes were eroded and their gradients were moderated more gently until they changed the stable ones. The slopes constituted with the hard rock became stable more rapidly with steep gradient. So it resulted in that the steeper slopes were, the more stable they were.

2. It was essential to keep the stability of slope for the recovery of vegetative growth on these slopes. At the stage that most of slopes were stable, the quantity of plants to able to grow on them were decreased as the slopes were steeper. But at the stage that the gentle slopes were unstable yet, the line to show the relation between the vegetative volume index and the slope gradient shaped a salient.

3. The Variety of plant species to make a raid into the slopes were few different in each other on the slopes with poor plant growth. At the stage that the gentle slopes were stable, the variety index on them decreased. Because the grasses to able to grow early had the priority (Kawakami), but according to advance of vegetative succession, the variety index increased (Rokko).