

山腹急斜地の緑化に有効な基礎工に関する研究

(メニュー課題 研究期間昭和58～60年度)

研究員 渡 辺 次 郎

” 富 樫 誠

主任研究員 荒 井 賛

(現 林業指導課主任専門技術員)

要 旨

山腹崩壊斜面の安定を図るための山腹工においては、経済性、自然景観保持等の面から、可能な限り緑化工を採用していくことが望ましいが、自然条件や社会条件の厳しい箇所では、緑化工のみで斜面の安定を図るのが困難な場合が多い。このような箇所では、基礎工を可能な限り採用していくことが望ましいが、山腹緑化の基礎工の主軸となる構造物の適正な施工密度や配置、規模等について研究された事例は極めて少ない現状にあり、ほとんど知られていない。これらを明らかにする目的で調査を行ってきたが、その結果、次のことが明らかになった。すなわち、多種多様の緑化基礎工を同水準で直接比較論じることが難しいが、総体的には緑化基礎工の施工密度は現在のままで十分であるように思われた。しかしながら、植物種子や木本植物など、直接緑化に係る資材に要する経費は工事費全体の1%程度と極めて低いため、構造物中心に重点を置き、山腹緑化工の終局的な目標を忘れがちになり易いことが指摘された。さらに、基礎工が法面表土理化学性改善に及ぼす範囲についても調査を行ったが、その範囲は構造物付近に極めて限定されるため、山腹緑化施工地の地力回復と林叢形成、さらに植物群落の形成は極めて難しい。

I はじめに

山腹崩壊斜面の安定を図るための山腹工においては、経済性、自然条件および近接集落等の社会条件の厳しい箇所では、緑化工のみで斜面の安定を図るのが困難な場合が少なくない。

このような箇所では、基礎工を可能な限り採用していくことが望ましく、また、緑化を成功に導くポイントでもある。

しかしながら、これら山腹急斜地における緑化基礎工、特に構造物の適正な施工密度や配置、および規模等についての研究事例は極めて少なく、ほとんど知られていない。

また、本県においては、阿武隈山地に代表されるように、花崗岩地帯の占める割合が大きく(県面積の約26%)、特に深層風化地帯の緑化復元に対する技術の確立が一つの課題となっている。

なお、前述のように、これらの法面は一般に急斜面であり、また、植生基盤である法面表土の理化学性が劣悪であるため、植生の導入が困難な場合が多い。

したがって、本研究では、以上のような観点から、本県の花崗岩地帯における山腹緑化施工地の実態調査を行うことにより、山腹緑化に有効な基礎工の適正な密度、配置、および規模等を見出し、これら厳しい各種条件下における山腹緑化工法確立のための基礎資料を得ることを目的とする。

II 調査の方法と内容

本県の花崗岩地帯に位置する郡山，棚倉，いわき，富岡の4林業事務所管内において、昭和56年度までに施工されたすべての山腹緑化施工地を対象として、治山台帳¹⁾と治山事業箇所別実績調書^{2) 3)}、さらに治山施設機能調査報告書⁴⁾により資料を整理し、現場の状況を把握した。その後、代表的と思われる山腹緑化施工地について現地調査を行った。

なお、本県においては、昭和56年度までの山腹緑化施工地全箇所に対して、治山施設機能調査を実施しているため、この成果品を利用することで、調査の能率化を図った。

これは、県内全域の治山事業全施工地に対して行われたものであるが、本研究では、当該地帯の山腹緑化施工地のみを調査の対象とした。

現地における植生の生育状況については、試験設計書に示された植生調査法⁵⁾に基づき、調査地内に出現する植生の種類、被度などについて行った。

法面表土の理学性⁶⁾については、盛土部分および切取部分中央部の各層位より円筒(400cc)試料を採取し、容積重、透水性などを測定した。

化学性^{7) 8)}は、円筒試料採取と同時に各層位試料を採取し、この風乾細土について、全炭素はTiurin法、全窒素はKjeldahl法により求めた。

III 結果および考察

本県における治山事業は、制度的には明治43年8月の豪雨により100haにわたって大陥没、地すべりが発生し、下流に大きな被害をもたらした、伊達郡桑折町(旧半田村)半田山の復旧工事から始まった^{1) 2) 3) 4) 8) 9)}といわれており、実に80年近い歴史をもっている。

したがって、現在までに実施された治山施工地は膨大な数になるが、その中には現在森林に移行して保全機能を十分に果しているもの、あるいは、保育管理を必要とするもの、さらに、先人が多大の労力と経費を投じて施工した治山施工地が位置不明となり、確認できないままになっているもの等様々である。

表-1. 山腹緑化工施工箇所 (棚倉林業事務所管内)

市町村名	施設総箇所数			計
	確認箇所数	森林化 (左の内数)	位置不明	
白河市	20	(6)	0	20
泉崎村	8			8
表郷村	13	(2)		13
大信村	5	(1)		5
西郷村	67	(6)	1	68
鮫川村	54	(3)		54
棚倉町	131	(31)	11	142
塙町	195	(37)	8	203
矢祭町	178	(5)	8	186
計	671	(91) 確認箇所と 重複	28	699

これら多数の治山施工地の中から、本県における治山(特に山腹工)のメッカと称される棚倉林業事務所管内における山腹緑化施工地を1例に挙げて示せば表-1のとおりである。

治山台帳によれば、山腹緑化施工箇所総数は699箇所となっているが、現地において28箇所が確認できなく、確認された施工箇所は671箇所(95.9%)となっている。

また、この確認された施工箇所671箇所のうち、森林化して

いると判断されたものはわずかに91箇所（13.5%）にすぎなかった。

これらの地域の中で、山腹緑化施工箇所が最も多いのが埴町の195箇所である。なお、この地域は大部分が花崗岩地帯に位置するので、現地における調査は当該地が中心となった。

埴町地内において施工された山腹緑化施工箇所は195箇所であるが、この中で森林化していると判断されたものは、わずかに37箇所（18.9%）であった。

したがって、80%以上が山腹緑化工が成功しているとは言い難く、設計にあたっては内容を今後も引き続き検討する必要がある。

なお、他の地域においても同様な傾向がみられた。

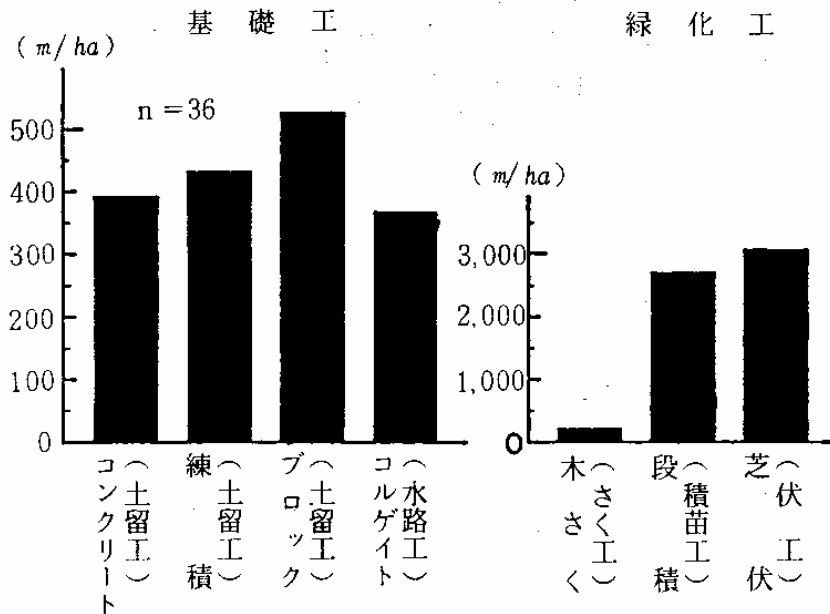


図-1. 緑化基礎工施工密度

図-1は、棚倉林業事務所管内における埴町地内の山腹緑化施工地36箇所の主要な基礎工構造物の施工密度を示したものである。

これにより、基礎工について工種区分すると、基礎工は土留工と水路工に大別され、土留工は、コンクリート、練積、ブロックなどに分類された。

次に、これら工種の単位面積（ha）あたりの施工密度を求め平均値で表わすと、コンクリートは393 m、練積は432 m、ブロックは523 mとなった。

しかし、これら工種間には草本植物や木本植物の生長、あるいは植物被度などに有意な差は認められなかった。

なお、水路工（水路工）は365 mであったが、これは直接的に植生工に影響を及ぼしているとは考えられなかった。

しかしながら、今回集計の段階で除外したが、土留工（コンクリート）の施工密度が1,000～2,000 mという大きな値もいくつかみられ、山腹緑化工は、特に設計者自身の知識と経験に委ねるところが大きいいため、地質や地形、崩壊地の形状によって基礎工の配置に大きな開きが生じるものと考えられる。

なお、緑化工は、さく工、積苗工、伏工が多く、さく工は主に木さくで213m、積苗工は段積苗で2,704m、伏工は芝伏で3,048mとなっていた。

また、さく工は他の工種とは目的が異なるので、他の工種と直接比較し論じることができないが、総体的にみると、山腹緑化施工後における経過年数と植生出現数、被度などに大きな変化がないことから、緑化工の施工密度は現在のままで十分であるように思われる。(図-2)

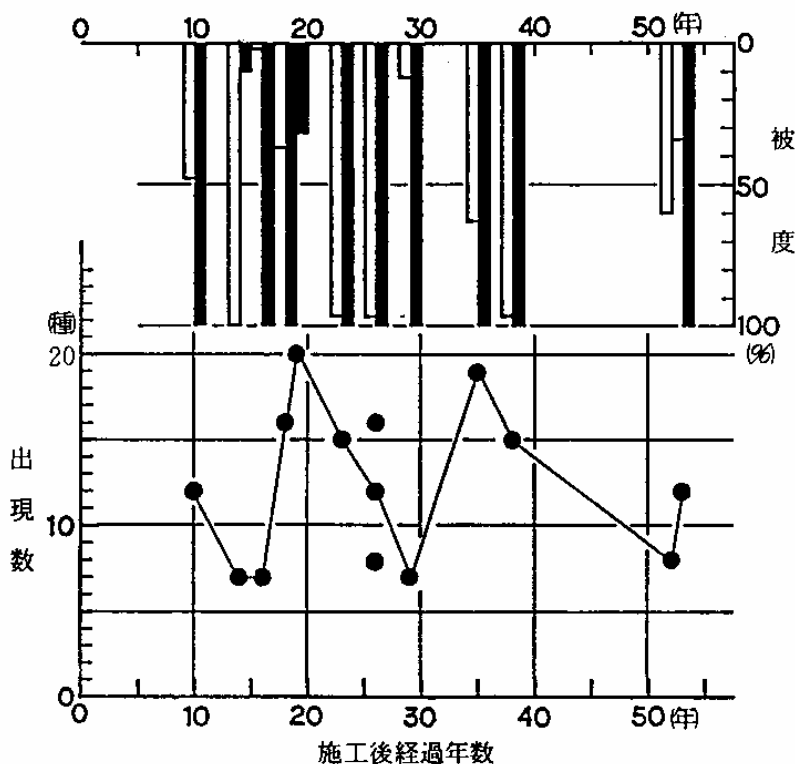


図-2. 植生出現数と被度

さらに、これら山腹施工地における工事費の直接工事費を基礎工と緑化工に区分し、それぞれの工種が占める割合を求めると、基礎工の経費が49.6%、緑化工の経費が50.4%となり、緑化に費やされる経費が必ずしも低くないことが指摘された。

しかしながら、草本植物種子や治山用木本植物の苗木など、緑化に直接係る緑化用資材に要する経費は、いずれも山腹工事総経費の1%程度であり、基礎工を中心構造物として考え、構造物重点主義に走りがちになり易いことが予想される。

したがって、山腹緑化工の終局的な目標である森林の造成ということ、ややもすれば忘れがちになり易いため留意することが必要である。

次に、当該地域の山腹緑化施工地における法面の傾斜別の出現率を示せば図-3のとおりである。

本県の治山施工地における山腹緑化法面の造成勾配は、労働安全衛生法¹⁰⁾、労働安全衛生法施行令¹⁰⁾労働安全衛生規則¹⁰⁾とが主軸となり、設計上の大きな決定因子となっている。

このような観点から、本県の当該地における山腹緑化法面の傾斜角を盛土法面と切取法面の二つに区分し整理すると、盛土法面は大部分が30~35°、切取法面は40~42°の範囲で施工されることが望ましいことが指摘される。

しかしながら、現実にはこの図からも明らかなように、傾斜角 42° を超える切取法面が比較的高い割合で出現しており、極めて限られた条件の範囲内で施工せざるを得ない施工地が数多くあることを示唆している。

したがって、このような急斜地に対して高い密度で基礎工、特に構造物を導入することは極めて難しいものと考えられる。

さらに、これら山腹基礎工が植生の生育基盤である法面表土の理化学性改善に及ぼす範囲を調査した結果は図-4、図-5のとおりである。

容積重は、土壌の腐植の含有量や構造とも関連性があり、土壌の改善性を判定する指標となり得る。

一般に理化学性が良好な土層では、 $40\sim 60\text{ g}/100\text{ cc}$ と比較的小さな値を示し、不良な場合はこれよりも大きな値を示す。さらに悪い場合、すなわち土壌が極めて堅密で固結状態の場合は $100\text{ g}/100\text{ cc}$ 以上の値となることが知られている。

したがって、このような観点から法面表土の容積重をみると、この図からも明らかなように、法面表土は経年変化とともに容積重は小さくなっており、理化学性が改善されていることを意味している。

なお、盛土法面表土における法面表土の容積重の経年変化との関係は、統計的にも有意であった。しかしながら、盛土法面下層土や切取法面の理化学性は容易に改善されなく、植生の根系圏としてはまだまだ未熟な状態にあるといえる。

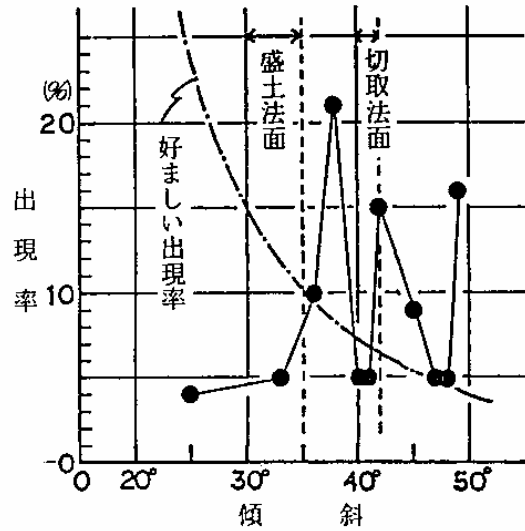


図-3. 法面傾斜別出現率

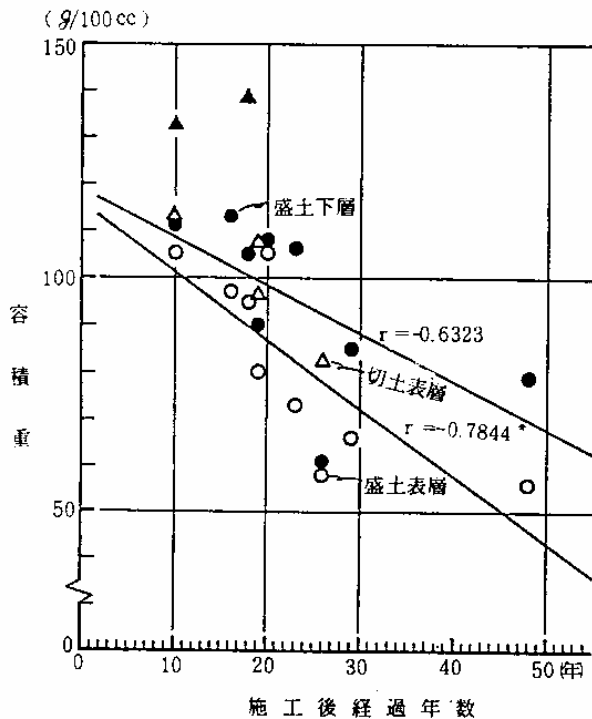


図-4. 法面表土容積重の変化

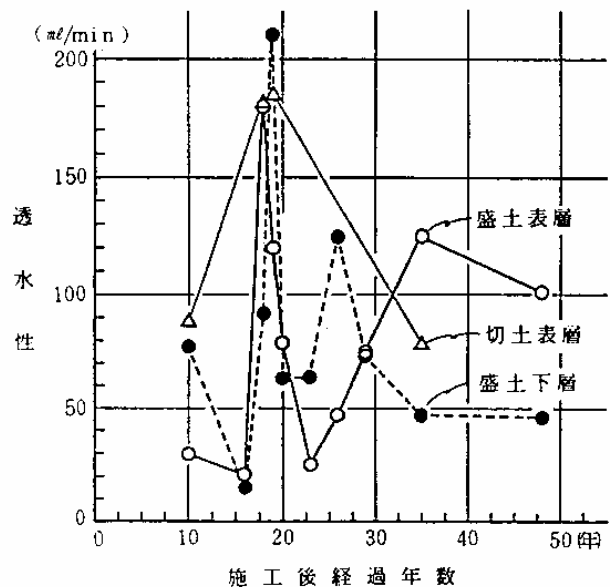


図-5. 法面表土の透水性

また、前述の土壤の容積重と同様、土壤の改善性を判定する指標となる透水性はバラツキが大きく、理学性の改善の程度を比較論じることが困難であった。

これは、特に花崗岩類¹¹⁾は、物理的風化と化学的風化との相乗作用により風化が著しい速度で進行するためと考えられる。

次に、いわき市川前町地内における山腹緑化施工地の調査結果について述べると次のとおりである。

昭和8, 9年の山腹緑化施工地においては、植栽された木本植物の存在はまったく確認することができなかった。

なお、これらの山腹緑化施工地法面の断面状態を調査した結果、腐植の影響が深さ10~30cm認められたが、化学分析による法面表土中の有機物量(全炭素)は、図-6に示したように、深さ8~15cmにおいて「含む」の状態にある程度、それ以外は、施工年度や層位に関係なく「乏しい」~「極めて乏しい」という状態であった。

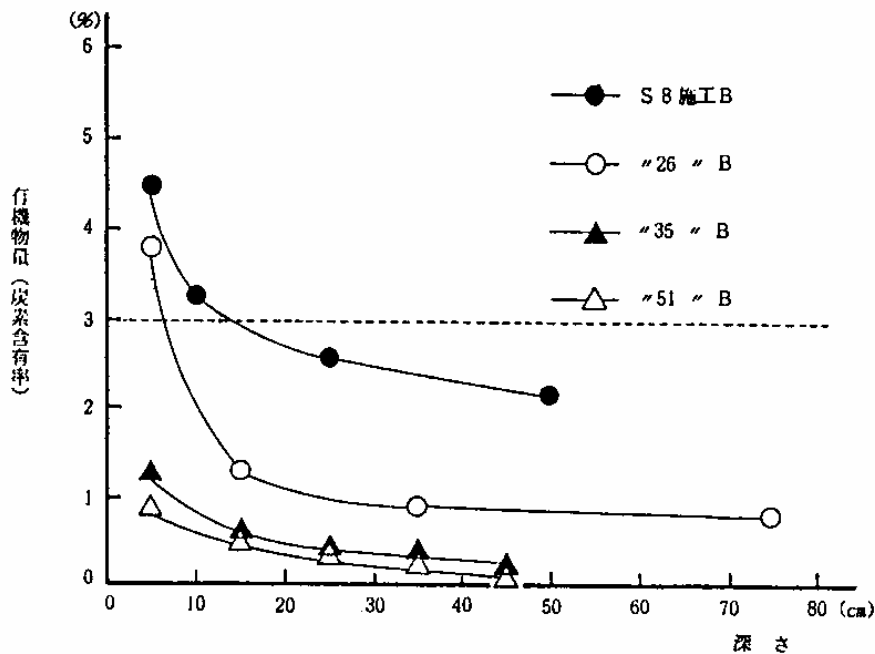


図-6. 深さ別の有機物量(C)の変化

また、法面表土中の全窒素含有率についても、それぞれ法面表土中の有機物含有量と同様であった(図-7)。すなわち、これら山腹緑化施工地はこのまま放置することなく木本植物の植栽を行い、法面を早期に林叢形成させ、安定させることが望まれる。

しかし、法面表土の状態から判断されることは、まだまだ一般の森林土壌にはほど遠く、施肥等による基盤改善は不可欠である。

昭和32, 35年の山腹緑化施工地においては、現存する植生から当時植栽された木本植物は、ヤシヤブシ、ニセアカシヤなどが主であったようである。なお、ヤシヤブシは胸高直径16~18cm, 樹高13~15cmと立派に生長していた。

これらの山腹緑化施工地の法面表土の断面を調査した結果、盛土法面においては腐植の影響は表層5~6cm認められ、表層0.5~1.0cmに土壤化が認められた。

しかし、切取法面においては、法面表土の大部分は存在せず固結した基層が露出していた。これは、

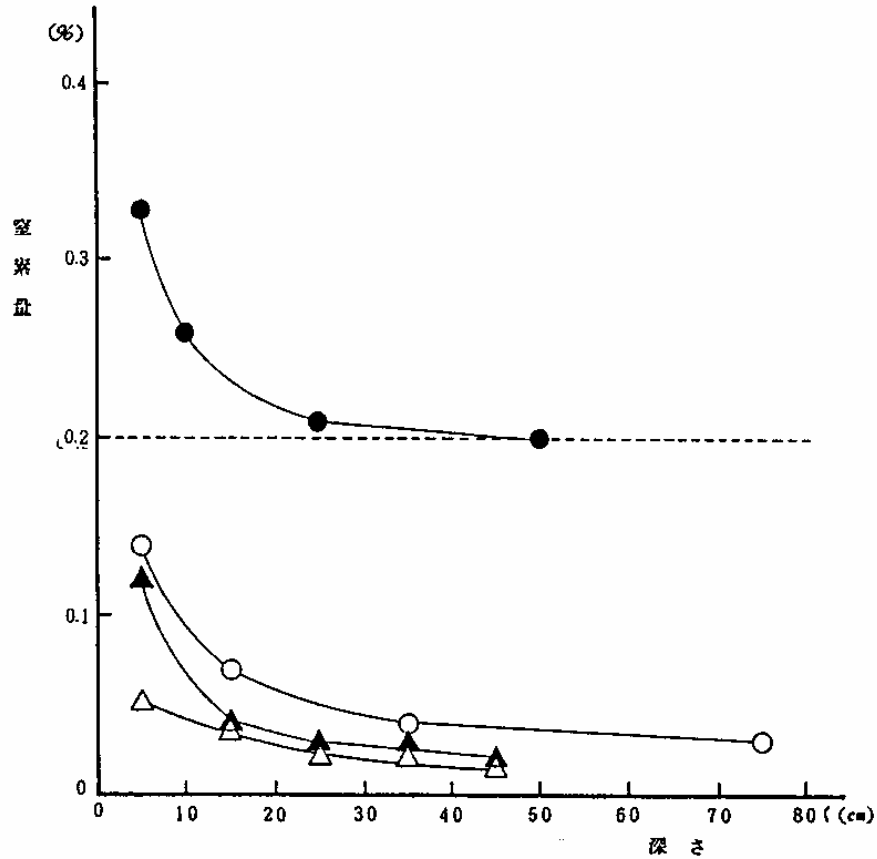


図-7. 深さ別の窒素量の変化

法面の表土が崩落したためと考えられる。

さらに、生長して高木と化した木本植物は、基盤が劣悪であるため、その大部分が谷側に大きく傾斜していた。したがって、これら木本植物は倒木による消滅が憂慮される。

昭和51年の山腹緑化施工地においては、植栽された木本植物はヤマハンノキが主体であった。胸高直径約6 cm、樹高約7 mで林叢形成がみられた。これらの山腹緑化施工地の法面表土の断面を調査した結果、山腹盛土部分において腐植の影響が法面表土部位に1 cm程度認められたが、土壌化は認められなかった。

また、この山腹緑化施工地は、特に木本植物の生長によって形成されている林叢内に草本植物の存在が認められないのが特徴的であった。

すなわち、単位面積 (ha) あたりの木本植物の本数密度は 10,000 本と極めて高いため、林叢を形成する木本植物の生長期に着葉による日陰が生じ、下層植生である草本植物が消滅したためと考えられる。このことは、林内照度¹²⁾との関係からみても明らかである。

なお、山腹緑化施工地の切取法面にはウィーピング・ラブ・グラス (WLG) の出現頻度が最も高かったが、葉色は黄色で枯死消滅する寸前であるように観察された。

以上は、花崗岩地帯におけるいわき市川前町の代表的な施工年度毎の山腹緑化施工地の植生と法面表土の状態について述べたが、同じ山腹施工地であっても植生の生育基盤となる法面の表土の状態が異なることは容易に推察される。

したがって、山腹緑化施工地の導入植物の生育実態を把握するということは、山腹緑化施工後における当該地の保育管理上極めて重要であることを認識しなければならない。

図-8は、田村郡小野町地内における山腹緑化施工地で、施工後5年を経過した導入木本植物の生育状況を基盤条件別に示したものである。

この図からも明らかなように、山腹下部盛土に植栽されたスギ、イタチハギの生育が最もよく、その次に山腹中部盛土、最後に山腹上部切土の順となっている。

このように、山腹上部切土に植栽されたスギの生育が最も悪いことが明確になっており、生育基盤条件の相違の有無にかかわらず、むしろ同じ方法により同じ樹種が植栽されているところに問題のあることがあらためて指摘される。

なお、森林土壌である表土残存部に植栽されたスギの生長が最もすぐれている理由についてはあらためて述べるまでもないが、このように、木本植物の生育基盤である法面表土を改善する必要があることを示唆している。

図-9は、法面表土中の有機物量(全炭素)の変化を示したものであるが、約50年を経過した現在においても低い含有量となっており、法面表土の改善は容易でないことを指摘している。

また、図-10は、これまで述べてきた法面表土中の有機物量の供給源となるA₀層の発達経過を示したものである。

この図からも明らかなように、一般林地においては経年変化とともにA₀層が増加する傾向にあるが、山腹緑化施工地においては、このような傾向はみられず、植生の生育基盤である法面表土が極めて貧養な状態にあるこ

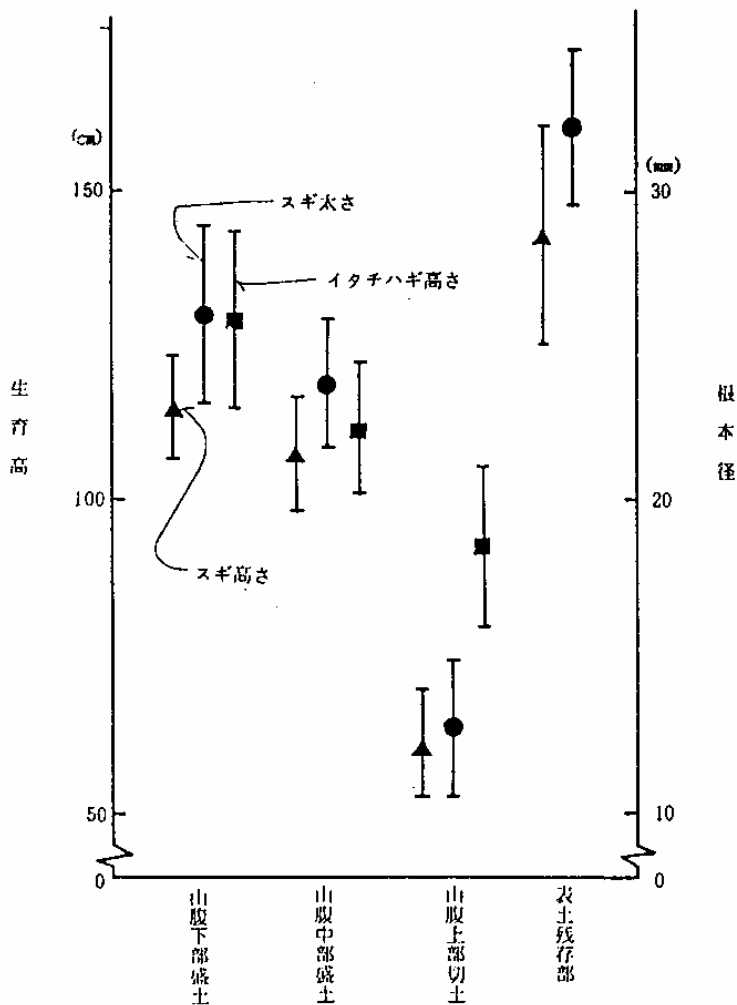


図-8. 基盤条件別の生長比較 (植栽後5年経過)

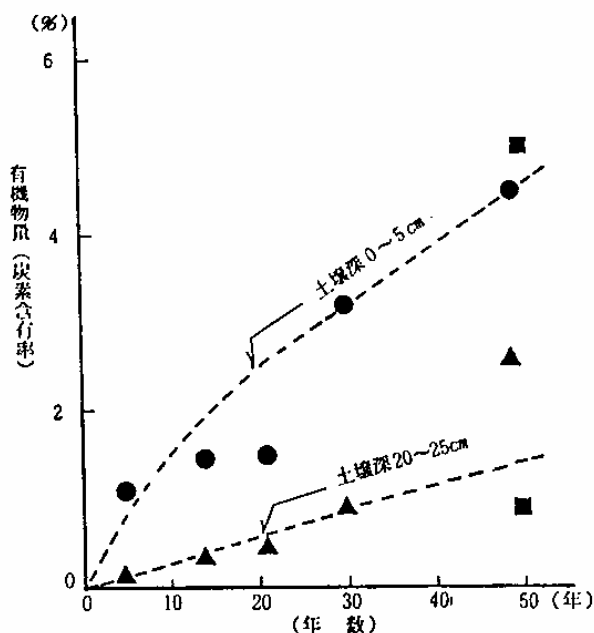


図-9. 土壌有機物量の変化

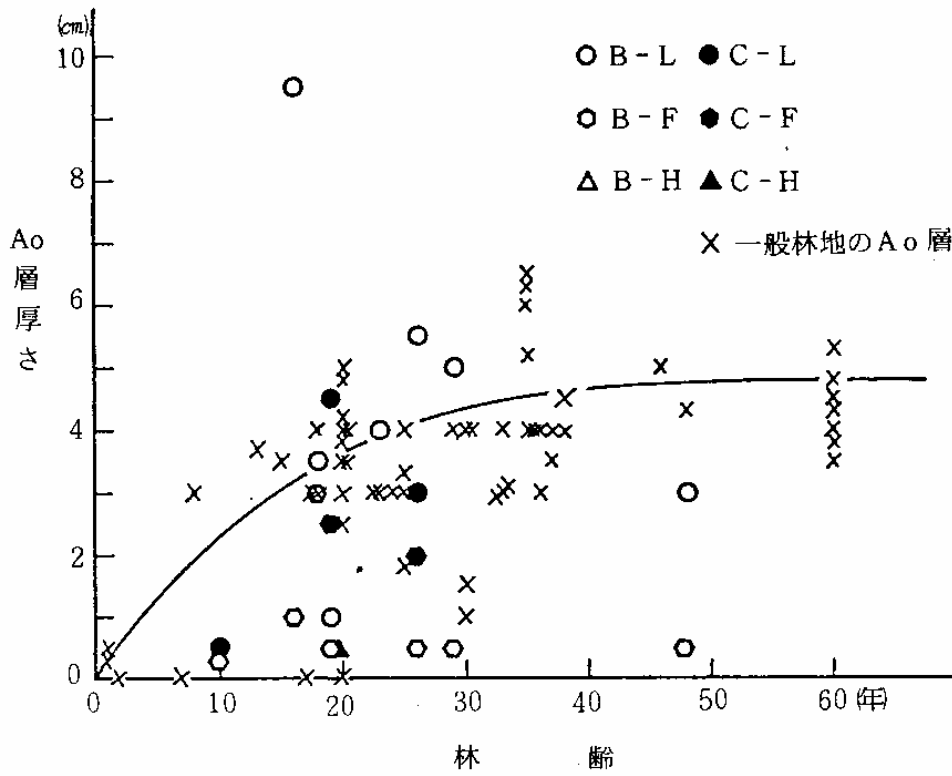


図-10 Ao層の発達

れら施工地においては、養分の供給源となるAo層を有効に法面表土中に還元させてやるのが大切である。

そのためには、山腹緑化施工後施工管理を実施する。あるいは下刈りを行う。さらに、木本植物に対して枝打ち，除間伐を実施するなど工夫し、木本植物や草本植物の円滑な生育促進を図ると同時に養分に富んだ落枝，落葉を生産させ、人為的に早期に植生の生育基盤である法面表土の肥沃化を図り、林叢形成を促進させることが大切である。

以上、これまで、山腹緑化施工地における各種基礎工の構造物の施工密度や、劣悪かつ貧養といわれている法面表土の理化学性の一部について述べてきたが、花崗岩地帯における山腹緑化施工地の法面表土の二次風化の実態はほとんどわかっておらず、特に法面表土の物理的性質が不明であるため、基礎工構造物の配置や、緑化施工後における施工地の管理などに多大の支障をきたしている。

そこで、現地調査と併せて採土円筒（400cc）を用い、法切施工後間もない二次風化をうける前の自然状態の法面表土（0～4cm）を3箇所の山腹緑化施工地の切取法面から採取し、その物理的性質の分析を行った。

さらに、法切施工後7年を経過して軟化した法面について、二次風化をうけた自然状態の法面表土の物理的性質の変化の実態について調査した。

法切直後における法面表土の物理的性質は表-2に示すとおりである。

これにより、法切直後における法面表土の物理的性質はひじょうに劣悪であることがわかる。すなわち、法切直後における法面表土は固結しており、植物の根系の導入が困難な状態となっている。

さらに、三相組成についてみると、固相はいずれもほぼ46～65%の範囲にあり、固相の割合がひじょうに大きく、液相が小さく、気相が大きいため、法面表土は固結・乾燥し易いことを意味しており、植物が生育するのにふさわしくない状態となっている。

そのため、容積重もほぼ124~161gといずれも100g/100cc以上の値となっており、極めて固結した状態であることを示している。

したがって、孔隙量はほぼ35~55%の比較的小さな値となっており、特に粗孔隙に比較して細孔隙が小さくなっているのが特徴的である。

このことは、透水性が大きい割合には保水力が小さく、法面表土の含水量は常に低い状態にあることを意味している。

また、土壤の理学性の改善と肥沃化のために欠くことのできない土壤生物の活動に重要とされる最大含水量は、いずれもほぼ28~49%と極めて小さな値を示しており、さらに、法面表土が最大含水量をとった場合の空隙量を示す最小容気量もかなり小さな値を示していたことから、これらの法面表土は極めて劣悪な条件下にあり、法面表土の理化学性の改善は容易でないと予想される。

以上から、法切施工直後における法面表土は固結状態にあり、また、空隙量も少なく、植生の生育基盤としては極めて劣悪であることが明らかになった。

次に、表-3は、法切施工7年後における法面表土の物理的性質を示したものである。また、この法面の風化状態を模式的に示したのが図-11である。

これにより、三相組成についてみると、固相はほぼ35~54%の範囲にあり、法切当時における法面表土の固相46~65%と比較すると、全体的に軽しよとなっている。

しかし、容積重をみると最も小さな値で法面表土の95g/100cc、それ以外はいずれも100g/100cc以上となっている。

さらに、粗孔隙が大きい割合には透水性が悪いことから、二次風化によって軟化した法面表土が必ずしも物理的に改善されているとは認め難く、常に崩落し易い状態にあるといえよう。

表-2. 法面表土の理学性 (法切施工直後)

法面方位	深さ (cm)	土性	土色	三相組成 (%)			透水性 (ml/mm)		容積重 (g/100cc)	孔隙量			最大含水量 (%)	最小容気量 (%)	採取時含水量 (%)
				固相	液相	気相	5分後	15分後		粗孔隙	細孔隙	計			
S 55°W	0~4	S	10Y R 4.5/4	56.7	10.6	32.7	38.0	37.0	160.2	35.5	7.8	43.3	37.0	6.3	10.8
N 50°E	0~4	S	10Y R 4.5/4	45.9	19.9	34.2	67.5	61.5	123.6	39.9	14.8	54.7	49.1	5.0	19.9
N 55°E	0~4	S	10Y R 4.5/4	64.9	7.9	27.2	55.0	51.0	161.1	28.4	6.6	35.0	28.2	6.8	7.9

表-3. 法面表土の理学性 (法切施工後7年経過)

法面方位	深さ (cm)	土性	土色	三相組成 (%)			透水性 (ml/mm)		容積重 (g/100cc)	孔隙量			最大含水量 (%)	最小容気量 (%)	採取時含水量 (%)
				固相	液相	気相	5分後	15分後		粗孔隙	細孔隙	計			
S 14°W	0~4	S	10Y R 4.5/3	34.5	12.3	53.2	44.0	43.0	95.0	51.0	14.5	65.5	45.4	20.1	12.3
	4~8	S	10Y R 4.5/4	40.8	15.4	43.8	46.0	42.0	114.4	48.0	11.2	59.2	46.7	12.5	15.4
	8~12	S	10Y R 4.5/4	43.3	15.0	41.7	46.0	43.5	115.7	46.9	9.9	56.8	45.0	11.8	15.0
	12~16	S	10Y R 4.5/4	42.6	16.4	41.0	38.5	35.5	118.2	46.1	11.4	57.5	47.1	10.4	16.4
	16~20	S	10Y R 4.5/4	43.5	17.9	38.6	33.2	31.5	122.4	44.2	12.4	56.6	46.4	10.2	17.9
	20~24	S	10Y R 4.5/4	55.2	17.2	27.6	27.5	25.5	148.0	32.3	12.5	44.8	19.4	25.4	17.2
	24~28	S	10Y R 4.5/4	45.1	16.2	38.7	37.4	34.0	127.0	43.2	11.8	55.0	46.0	9.0	16.2
	28~32	S	10Y R 4.5/4	45.3	17.1	37.6	31.6	29.5	127.1	42.9	11.8	54.7	47.3	7.4	17.1
	32~36	S	10Y R 4.5/4	54.0	17.6	28.4	30.8	27.5	144.8	32.7	13.4	46.1	37.2	8.9	17.6

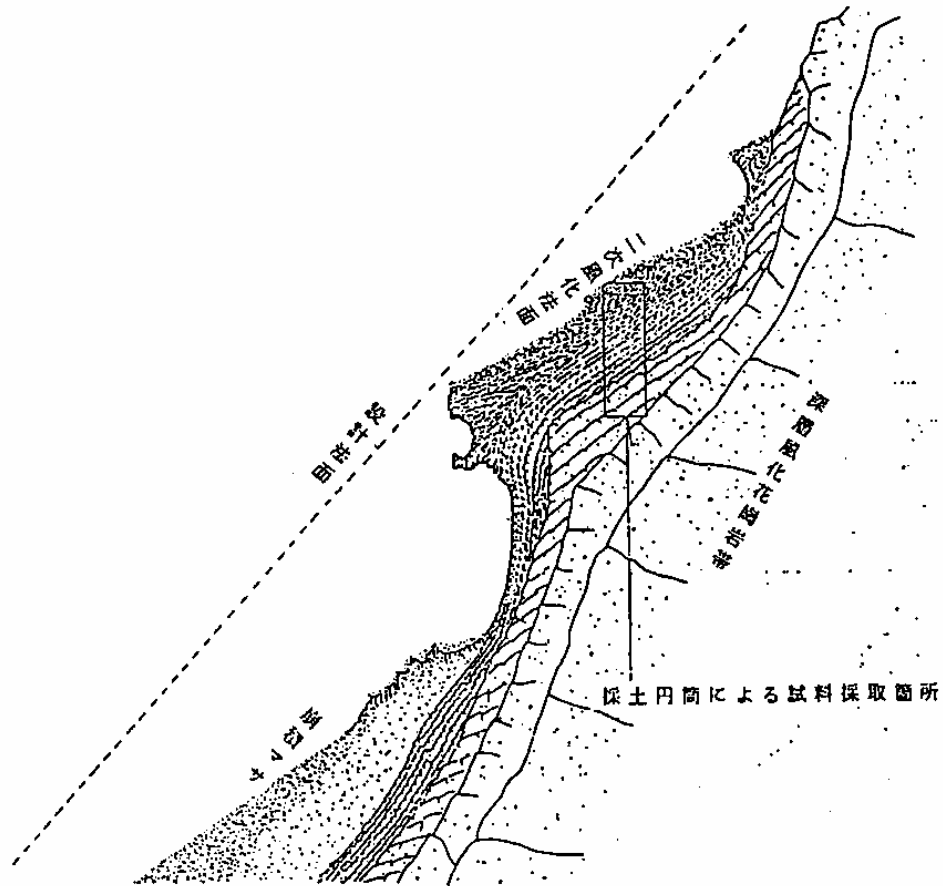


図-11. 風化法面模式図（法面施工7年経過）

すなわち、二次風化によって軟化した法面表土の土壌化された部分は、外気あるいは雨水などの影響¹¹⁾により溶脱したものと考えられる。

したがって、理化学的に改善された法面の表土は法面上に存在せず、母材である風化花崗岩の特性を残したままのマサのみが残っていると推察される。

以上を総括すると、風化花崗岩の切取法面は、経時的に比較的速やかに軟化するが、これは法面表土の理化学性改善には直接結びつかず、常に植物は衰退の危険性をおびており、法面を崩落から保護するためには、可能な限り基礎工の施工密度を高めることと、植物に対する養分の安定供給が必要である^{13) 14) 15) 16) 17) 18) 19) 20)}。ことが指摘される。

IV おわりに

山腹緑化施工地における各種基礎工の施工密度、さらに法面表土の理化学性分析結果から、法面表土が未熟であることなどを加味して総合的に判断すると、山腹緑化施工地の地力回復と林叢形成、さらに安定した植物群落の形成は、基礎工の施工密度を高めるだけでは解決できない難しい問題であることが指摘されたが、基盤の安定を図る上では現在のところこれにまさる方法はなく、可能な限り基礎工を導入していくことが望ましいものと思われるため、今後も研究を継続していくことが望まれる。

参考文献

- 1) — : 治山台帳、福島県
- 2) — : 治山事業箇所別実績調書(昭和44年～昭和52年)、福島県、(1979)
- 3) — : 治山事業箇所別実績調書(昭和52年～昭和57年)、福島県、(1979)
- 4) — : 治山施設機能調査報告書、福島林業協会
- 5) 生態学実習懇談会編: 生態学実習書-植生の調査法-、朝倉書店、P51～61、(1976)
- 6) 河田 弘ほか: 環境測定法-森林土壌-、共立出版、(1976)
- 7) 土壌養分測定法委員会、土壌養分分析法、養賢堂、(1976)
- 8) — : 福島県の治山、福島県農地林務部治山課、(1961)
- 9) — : 福島県の治山-70年のあゆみ-、福島県農地林務部、(1980)
- 10) 林野庁編: 治山必携-法令通達編-、(1979)
- 11) C. D. Ollier 著、松尾新一郎訳: 風化-その理論と実態-、丸善(1972)
- 12) 安藤 貴ほか: 二段林下木の光環境(2) -相対照度の推定-、日林関西支講22、P31～33、(1971)
- 13) 岩川幹夫: 播種工における緑化不良要因と植被の保育、林業技術、No.435、(1978)
- 14) 原 敏男ほか: 衰退した緑化法面における施肥効果、89回日林論、P329～330、(1978)
- 15) 原 敏男ほか: 衰退した緑化法面における施肥効果(Ⅱ)、91回日林論、P423～424、(1978)
- 16) 渡辺次郎ほか: 人工法面の緑化に関する研究-花崗岩深層風化地帯における林道法面表層の理化学的特性について-、日林東北支誌No.32、P284～286、(1980)
- 17) 渡辺次郎ほか: 花崗岩深層風化地帯における林道切取法面表層土の理化学的特性と植生導入上の問題点、緑化工技術、第9巻第1号、P34～40、(1982)
- 18) 渡辺次郎ほか: 人工法面の緑化に関する研究(第2報)-花崗岩深層風化地帯における緑化衰退法面への施肥効果-、日林東北支誌No.35、P195～197、(1983)
- 19) 渡辺次郎ほか: 緑化衰退法面への施肥効果と追肥工(仮称)施工単価構成への一案、第19回林道研究発表論文集、(1984)
- 20) 渡辺次郎ほか: 花崗岩深層風化地帯における緑化衰退法面への施肥効果とその経済性について、緑化工技術、第10巻第2号、P1～5、(1984)