

山腹緑化工法に関する研究

— 山腹緑化施工地の保育管理に関する研究 —

(県単課題 平成2年～3年度)

研究員 宗方宏幸
緑化保全部長 荒井 賛
緑化保全部長 鈴木省三
(現：副場長)

はじめに

山腹緑化工の目的は山腹崩壊地を早期に草本植物の緑化により表面侵食を防止し、さらに木本植物の導入をはかり、その根系の緊縛力により崩壊を防ぎ、国土保全機能が高い群落に誘導することである。

しかし、山腹緑化工は、施工完了と同時にその目的を達成するものでなく、徐々に目的とする群落へ移行することを期待して施工されるものである。しかし、施工後の気象条件、生育環境の変化により表土の滑落から導入樹種が良好に生育せず再崩壊に至るところが少なくない。そのため、このような状態への移行を未然に防止し、目的とする群落に誘導するためには維持管理が必要となってくる。

本研究は山腹緑化施工地での植生導入が困難な特殊土地地の極強酸性土地地及び花崗岩マサ土地帯の山腹緑化施工地を調査対象とし、これらの導入樹種の生育、土壌などの生育環境の変化を把握し、各々の生育環境に応じた植生工・管理のあり方について検討したものである。

1. 極強酸性土地地における客土式筋工・客土吹付工について

I 目 的

わが国の森林土壌の土壌pHの多くは4.5～5.5に分布¹⁾し、そのようなところでの崩落部は、緑化基礎工により土砂の移動を防止すれば樹種の導入は比較的可能である。しかし、火山地帯や鉱山等の崩壊地においては土壌pHが2～3と強酸性の土壌が現われ、樹種の導入が困難であることが多い。ここでは導入植生の生育調査、土壌の理化学性の把握から昭和50年に実施された客土式筋工による植生導入試験が長期的にも有効であるかどうかの検討、及び平成元年に実施された客土吹付工の施工・管理のあり方についての検討を行なった。

II 調査地概況

調査地は大沼郡金山町大字大原字三更地内で、只見川の右岸、沼沢沼（火口湖）の東北に発達する火山性台地の急な崖下の崩壊地である。当崩壊地は硫黄鉱山跡地の落盤に起因するもので、崩壊面積3.5 ha、長さ400 m、幅60～100 m、傾斜30～50°、推定崩壊土砂量10万 m^3 となっており、崩壊以降

客土式筋工等による植生導入や客土吹付工が実施されている。

三更地区周辺の地質は石英安山岩及びその凝灰岩を主とし、その上に火山噴出物が覆っている。石英安山岩質の凝灰岩は角礫を含んでおり、シラス層によく似た岩石である。崩壊地付近はこれらの岩石一部が温泉作用を受け、赤～白色の崖としてみられる。

気象²⁾については年平均気温 10.9℃、年平均降水量 1,910 mm、最深積雪深 1.89 m、極最深積雪深 4.2 m と豪雪地帯に属している。

Ⅲ 客土式筋工

1. 施工概要

この工法についての詳細は「極強酸性土地の緑化について」³⁾を参照されたいが、概要は以下のとおりである。

昭和50年11月、幅40cm、深さ40cmの溝を等高線に沿って掘り、pH 6.1の砂質壤土(黒色土)を投入した。なお、客土の投入前に、溝の底面及び側面に消石灰を散布し、残りの消石灰はパーク堆肥、化成肥料とともに客土に混入した。

昭和51年5月、客土部以外の表層部の土壤改良は、幅10cm、深さ10cmについて消石灰、パーク堆肥を混入し、植生導入は客土部に樹木の苗木を50cm間隔に植栽し、表層の土壤改良部には現地採取したスキの根株を一握り程度づつ30cm間隔に直栽した。

2. 調査方法

平成2年11月に植栽木の成立本数、樹高調査及び土壤改良部のpH、窒素(N)を調査するため、客土部と客土部の下方の土壤を10cm毎の深度別に土壤を採取した。なお、樹高測定は測幹ポールを用いて10cm単位で行い、土壤の化学分析⁴⁾についてpHはガラス電極法、置換酸度(Y₁)はKappen法、窒素はKjeldahl法により分析した。

3. 調査結果

(1) 土壤の化学性

以下で述べる各分析の測定値の区分については分析項目と測定値の区分(付表-1)を参照されたい。

① 土壤酸度(pH)

表-1 深度別にみたpH(H₂O)及びY₁

深度	昭和53年(2年後)pH(H ₂ O)		平成2年(14年後)pH(H ₂ O)		平成2年(14年後)Y ₁	
	客土部	周辺部	客土部	周辺部	客土部	周辺部
0～10cm	4.60	3.25 (表層)	4.45	4.13	26.25	153.00
10～20cm	5.86		4.55	4.05	21.50	152.50
20～30cm	5.35	2.80 (20cm)	4.70	3.92	17.50	170.00
30～40cm	4.04		4.91	3.75	12.50	178.00
		2.75 (40cm)				
平均値	4.96	2.93	4.65	3.96	19.44	163.40

表-1に深度別にみたpH(H₂O)値を示す。昭和53年(客土式筋工2年後)の客土部のpHは床掘り底面にあたる30～40cmで4.04と最も低く、次いで0～10cmで4.60、20～30cmで5.35、10～20cmで5.86となっている。0～10cmでpHが低くなっているのは斜面上部から強酸性の土砂が流入しているためと考えられる。このことから客土に対する酸の影響は底面及び表層部に対して強いと考えられる。

平成2年(客土式筋工施工14年後)のpHについては深度別にみると、客土部では深くなるほど高くなり、周辺部では深くなるほど低くなる傾向がみられる。このことは客土部の土壤が下方へ流亡し、客土部へは上方周辺土壤が流入しているためと思われる。さらに、施工2年後と14年後のpHを比較すると、客土部の周辺ではpHが3前後から4前後と高くなり、土壤酸度が改善されつつあるが、置換酸度は依

然として高い状態にある。また、14年後の客土部はpHは施工2年後ほど底面及び表層部のpHが低くなることはなくほぼ同様であるが、施工時に比べてpHは平均値で0.31低くなっている。

② 窒素

表-2に深度別にみた窒素含有量を示す。施工2年後の窒素含有量は周辺部では0.05%以下で「極めて乏しい」、客土部では「乏しい」の範囲にあり、深くなるほど窒素含有量が低下している。14年後の窒素含有量は「乏しい」の範囲で、0~20cmでは施工2年後に比較して0.05%と微増し土壌がわずかながらも改善されているものの30~40cmや周辺部においてはほとんど変化していない状態にある。

表-2 深度別にみた窒素含有量

深度	昭和53年(2年後)		平成2年(14年後)	
	客土部(%)	周辺部(%)	客土部(%)	周辺部(%)
0~10cm	0.142	0.053 (表層)	0.210	0.070
10~20cm	0.149		0.200	0.050
20~30cm	0.159		0.160	0.040
30~40cm	0.097		0.100	0.070
平均値	0.137	0.038	0.168	0.058

(2) 導入樹種の生育状況

導入樹種の成立本数、樹高は表-3のとおりである。植栽後の生存状況みると、植栽後2年後はニセアカシア、イヌコリヤナギ、ヨグソミネバリは90~100%と高い生存率を示しているのに対し、オオバヤシャブシ、シラカンバ、リョウブは65~70%であった。14年後の生存率はヨグソミネバリ70%、リョウブ63%、ニセアカシア50%であるが、オオバヤシャブシ、イヌコリヤナギ、シラカンバの生存率は約10%と植栽2年後に比べてかなり低下していた。オオバヤシャブシ、シラカンバの生存率がこのように低下したのはコウモリガによる幹の虫害と雪折れのためと考えられる。リョウブは植栽2年後70%までに減少し、14年後も一定の生存本数を維持していた。これは前樹種と違い虫害より雪折れによる被害が多いが、萌芽しやすいためにそのような傾向を示している。なお、土壌の極強酸性の影響により導入樹種が衰退、枯死したものはみられなかった。

また、14年後の樹高についてはイヌコリヤナギ、リョウブが約3m、オオバヤシャブシ、シラカンバが約5m、ニセアカシア、ヨグソミネバリが約8mまでに成長し、それぞれ下層、中層、上層を形成していた。

表-3 導入樹種生育調査結果

導入樹種	昭和51年(設定時)		昭和53年(2年後)			昭和58年(7年後)			平成2年(14年後)		
	成立本数	樹高(m)	成立本数	生存率(%)	樹高(m)	成立本数	生存率(%)	樹高(m)	成立本数	生存率(%)	樹高(m)
ニセアカシア	20	1.05	20	100	3.28	17	85	5.45	11	55	8.70
オオバヤシャブシ	20	0.32	13	65	2.24	11	55	4.22	2	10	4.50
イヌコリヤナギ	18	0.27	17	94	1.36	13	72	2.31	2	11	3.10
シラカンバ	10	0.27	7	70	2.44	7	70	3.67	1	10	4.50
ヨグソミネバリ	10	0.21	10	100	1.85	10	100	4.71	7	70	7.80
リョウブ	8	0.22	6	75	0.69	6	75	1.94	5	63	2.30

4. 考 察

以上のことから土壌改良部のpHは14年経過後も極端に強酸性に変化することもないことから導入樹種は土壌の強酸性の影響もなく生育は良好であり、当工法は極強酸性土地において長期的にみても安定林相への誘導に有効な工法のひとつと考えられる。

しかし、客土部の窒素含有量は0~20cmで微増しているが、依然として「乏しい」状態のままであるため、追肥等の維持管理を行っていく必要があると考える。また、導入樹種については虫害、雪害の少なかったニセアカシア、ヨグソミネバリや萌芽力のあるリョウブを当該地のような施工地において、今後積極的に導入することが有効と思われる。

IV 客土吹付工

1. 施工概要

平成元年10月、3cm厚の客土吹付工を会津若松林業事務所が設計、施工を行なっている。施工前に酸度矯正のため石灰を100㎡当たり150kg散布を実施し、使用種子はケンタッキー-31フェスク、クリーピングレッドフェスク、オーチャードグラス、メドハギ、イタチハギなどである。

2. 調査方法

平成3年11月に客土吹付工を行なった施工地において、各種の導入植生が局所的にそれぞれ優占するところ、あるいは導入植生が枯死しているところに1×1mの方形プロットを設定し、ブラウン

プランケの被度階級を用いて植生調査を行なった。また、土壌の理化学性を調べるため表層部から土壌円筒(400cc)を採り、これについては三相組成、透水性などを調べ、化学性については試料を土壌深度0～4cm(以下表層部)、4～8cm(以下下層部)の2か所から採取し、PH、窒素(N)、炭素(C)を調べた。なお、PHはガラス電極法、置換酸度は大工原法、窒素はKjeldahl法、炭素はTyurin法により分析した。

3. 調査結果

(1) 調査プロットの植生状況

調査プロットの植生状況は表-4のとおりである。1種の導入植生が優占するプロットはイタチハギ、オーチャードグラス(以下OG)、レッドトップ(以下RT)、ホワイトクローバー(以下WC)の4種であり、それぞれの優占種において2か所プロットを設定した。また、この他に未崩落区、客土吹付を行なわなかった無施工区、導入植生が枯死している枯死区、複数の導入植生がみられる混生区の4種についてはそれぞれ1か所プロットを設定した。

(2) 土壌の理化学性

優占種別にみた土壌の理学的性質は表-5のとおりである。理学的性質の計算²⁾には国有林野土壌調査方法に準じて行なっているが、吹付に用いた客土に混入しているバークの風乾重はバークの風乾物の水分を10%として計算した。

透水性は土壌の理化学性の良否を判定するための有力な指標のひとつであるが、おおよその基準としては、

- 透水性良好…… 100 ml / 分以上
- 透水性中庸…… 100～50 ml / 分
- 透水性不良…… 50 ml / 分以下

表-4 調査プロットの植生状況

プロット名	優占種	植物名	成長量(cm)	被度(%)
C	未崩落区	ススキ	70	10
N	無施工区	スズメノヤリ	13	+
		ススキ	30	10
		カラマツ	57	1本
A-1	イタチハギ	イタチハギ	60	50(18本)
		OG	55	20
		メドハギ	15	+
		WC	15	+
		K 31 F	30	+
A-2	イタチハギ	イタチハギ	60	25(16本)
		OG	50	5
		メドハギ	40	+
		ヨモギ	10	+
O-1	OG	OG	65	90
		ススキ	80	20
		ヨモギ	15	+
		CRF	25	+
		メドハギ	30	+
		スズメノヒエ	25	+
		WC	15	+
O-2	OG	OG	30	90
		CRF	20	10
		ススキ	50	+
R-1	RT	RT	20	90
		イタチハギ	30	10
		OG	50	+
R-2	RT	RT	20	80
		CRF	18	10
W-1	WC	WC	15	100
		RT	18	10
		OG	40	10
		イタチハギ	35	5(5本)
		メドハギ	17	+
		オオバコ	10	+
W-2	WC	WC	19	90
		OG	32	+
		イタチハギ	31	+(5本)
		メドハギ	39	+
		RT	18	+
D	枯死区	RT枯		100
		RT生	10	+
M	混生区	RT	20	20
		WC	5	20
		OG	24	10
		K 31 F	15	+
		メドハギ	15	+

OG:オーチャードグラス
 WC:ホワイトクローバー
 K 31 F:ケンタッキー-31 フェスク
 CRF:クリーピングレッドフェスク

表一五 優占種別にみた土壤の理学的性質

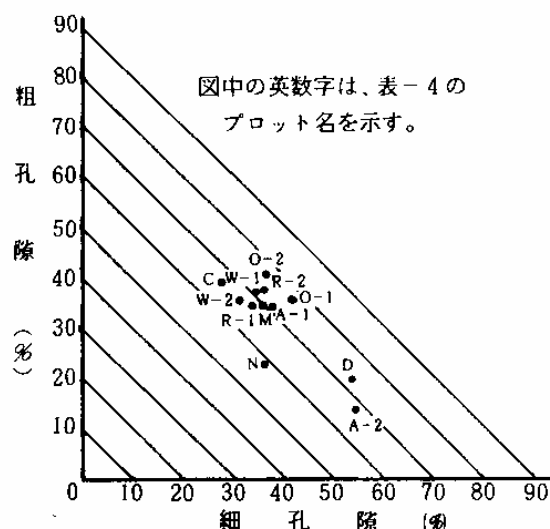
プロット名	客土厚 (cm)	透水性 (ml/分)			容積重 (g/100cc)	孔隙量 (%)			最大容水量 (%)		最小容気量 (%)	採取時含水量 (%)	
		5分後	15分後	平均値		細孔隙	粗孔隙	全孔隙	重量	容積		重量	容積
C	0.0	116	106	111	57.0	27.6	38.7	66.3	100.4	50.4	15.9	64.2	32.3
N	0.0	6	6	6	88.9	36.0	22.5	58.5	60.2	50.2	8.3	50.0	41.7
A-1	3.3	117	115	116	48.7	37.0	34.1	71.1	141.3	63.8	7.3	93.1	42.0
A-2	4.0	26	26	26	67.4	53.7	13.4	67.1	123.6	77.2	-10.1	96.1	60.0
O-1	4.0	53	52	53	35.9	41.5	35.2	76.7	195.0	65.6	11.1	124.5	41.9
O-2	4.0	76	56	66	37.2	35.7	40.7	76.4	188.2	64.5	11.9	114.6	39.9
R-1	2.6	172	166	129	56.5	32.8	34.1	66.9	108.3	55.6	11.3	72.3	37.2
R-2	2.8	109	110	110	38.8	35.6	37.5	73.1	173.3	60.4	12.7	120.4	42.0
W-1	2.3	308	264	286	44.1	33.7	37.0	70.7	144.4	56.9	13.8	93.2	36.7
W-2	1.3	157	128	143	64.6	30.7	35.1	65.8	88.9	52.3	13.5	60.5	35.6
D	1.0	54	52	53	49.9	53.3	19.6	72.9	170.9	79.0	-6.1	125.7	58.1
M	2.8	106	105	106	54.4	35.6	34.3	69.9	111.8	56.5	13.4	77.5	38.2

といわれている⁴⁾。透水性についてみると、未崩落区 (C) では透水性良好であり、無施工区 (N) では容積量が 88.9 g/100 cc と高く、細土が蜜に詰まっているために透水性がかなり不良である。客土吹付工施工地についてはイタチハギ優占区 (A-1)、OG 優占区 (O-1、O-2)、枯死区 (D) で透水性が不良から中庸であり、その他の区については未崩落区 (C) と同様に透水性良好である。この傾向は土壤の保水性、透水性などと関係が深い孔隙量に起因するものである。次に孔隙組成図を図一に示す。無施工区 (N)、イタチハギ優占区 (A-2)、枯死区 (D) は他のプロットに比較して細孔隙率が粗孔隙率よりかなり高い状態にある。このことから、それらのプロットの土壤は水を保持する力は強いが、保持されている水は流動し難くなっている。このため、透水性は不良となり、容積に対する採取時含水量も 60% と非常に高くなっている。しかし、透水性不良である OG 優占区 (O-1、O-2) は透水性良好であるプロットと孔隙組成は類似しておらず、他に透水性不良になる原因があると考えられる。

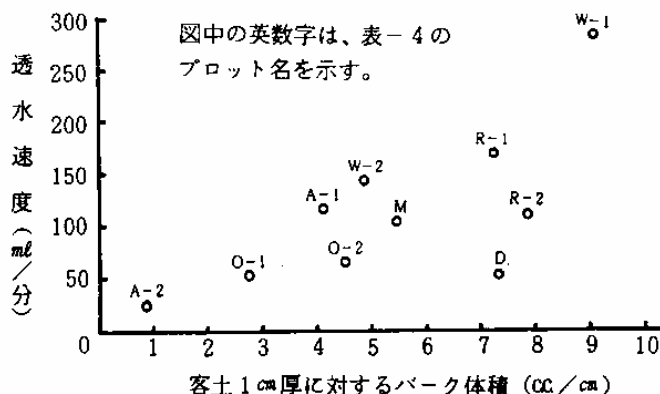
弾力性に富む粗大な有機物粒子であるバークは、粗大な孔隙を形成する⁵⁾ ことから孔隙組成に大いに関与すると思われる。

客土 1 cm 厚に対するバーク体積比 (絶乾バーク体積 (cc)/客土厚 (cm)) と透水性との関係に着眼し、その関係を図二に示す。両者の間は相関関係 ($r = 0.699^*$) があり、客土 1 cm 厚に対するバーク体積比が小さいほど透水性が不良になる傾向がみられる。このことから、透水性不良である OG 優占区 (O-1、O-2) は客土 1 cm 厚に対するバーク体積比が小さく、その上客土が他に比べて 4 cm と厚いために透水性が不良になったと考えられる。

また、最小容気量については一般の森林土壤でマイナスの値は約 2~3% 程度が上限といわれている¹⁾ が、イタチハギ優占区 (A-2) 及び枯死区 (D) の 2 プロットは -10.1、6.1 と大きなマイナスの値となっている。この理由として



図一 孔隙組成図



図二 客土 1 cm 厚に対するバーク体積と透水速度との関係

は採取時の含水量（容積比）が高いことからバークの孔隙もかなりの水分が保持されていたと思われるが、計算ではバークの孔隙量は考えていないため、その水分量が土壤に含まれるものとみなされて計算されたためと思われる。

(3) 土壤の化学性

優占種別にみた土壤の化学性を表-6に示す。

表-6 優占種別にみた土壤の化学性

プロット名	pH (H ₂ O)		pH (KC1)		Y ₁		N (%)		C (%)		C/N	
	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部
C	4.17	3.87	3.29	2.98	77.4	161.7	0.39	0.08	8.88	1.29	22.77	15.53
N	3.64	3.44	2.78	2.65	185.6	210.9	0.09	0.01	1.63	0.22	17.95	24.61
A-1	7.04	4.59	6.64	3.49	1.5	91.7	1.03	0.07	14.06	1.55	13.65	22.19
A-2	6.59	4.36	6.71	3.36	1.9	129.6	0.95	0.06	17.35	0.89	18.26	14.83
O-1	6.49	4.38	6.72	3.30	1.1	92.9	1.05	0.07	21.47	0.88	20.45	12.98
O-2	6.99	4.89	6.77	3.52	1.8	85.8	1.77	0.05	24.33	0.74	13.75	14.75
R-1	5.41	3.73	4.51	3.08	3.1	180.0	1.72	0.02	26.28	0.39	15.29	23.46
R-2	4.10	3.67	3.69	3.02	25.5	150.2	1.24	0.03	23.40	0.58	18.85	19.75
W-1	6.85	5.10	6.89	3.52	1.8	63.1	2.27	0.03	28.97	0.61	12.77	20.77
W-2	6.76	4.61	6.84	3.29	1.8	125.9	1.56	0.04	19.90	0.70	12.74	18.79
D	3.70	3.32	3.09	2.52	24.2	176.0	1.76	0.06	26.79	0.73	15.19	12.66
M	6.97	4.19	6.83	2.90	2.4	151.9	1.92	0.04	24.95	0.78	12.96	19.64

① 土壤酸度 (pH)

図-3に表層におけるpH (H₂O)とpH (KC1)との関係を示す。枯死区(D)、無施工区(N)、未崩落区(C)は活酸性pH (H₂O)、潜酸性pH (KC1)ともに4前後であり、このため植生状況も貧弱である。客土吹付施工地ではRT優占区(R-2、R-1)が耐酸性に優れている⁶⁾こともあり、他のプロットに比べて酸性が低い土壤中、優占している。

図-4に表層部pH (H₂O)と下層部pH (H₂O)との関係を示す。表層部のpHが7前後のところは下層部のpHは4～5.5(中酸性)であるが、表層部のpHが4前後であるところは下層部のpHは3～4(強酸性)に分布している。さらに、下層部のpHが4前後を境に表層部のpHが7と4に大きく分かれている。このことから下層部の土壤が強酸性であった局所地は、施工からわずか1年足らずで客土部のpHが強酸性に変化し易いと思われる。

② 窒素

図-5に表層部(N)と下層部(N)との関係を示す。窒素含有量は無施工区(N)については表層部、下層部で皆無の状態にあり、未崩落区(C)については表層部で0.39「含む」、下層部で0.08「乏しい」の範囲にある。客土吹付施工地については表層部では0.4以上「含む」の範囲にあり非常に含有率が高い状態にあるが、下層部は0.1以下「極めて乏しい」の範囲にあり、表層部と下層部の窒素の含有量には大差がみられる。

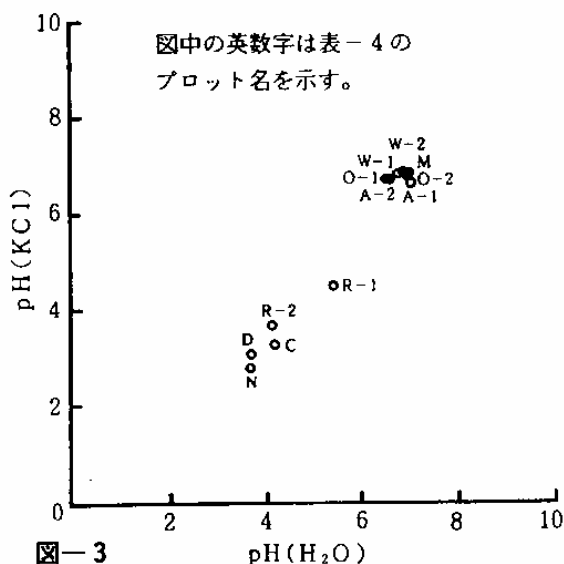


図-3 表層におけるpH(H₂O)とpH(KCl)との関係

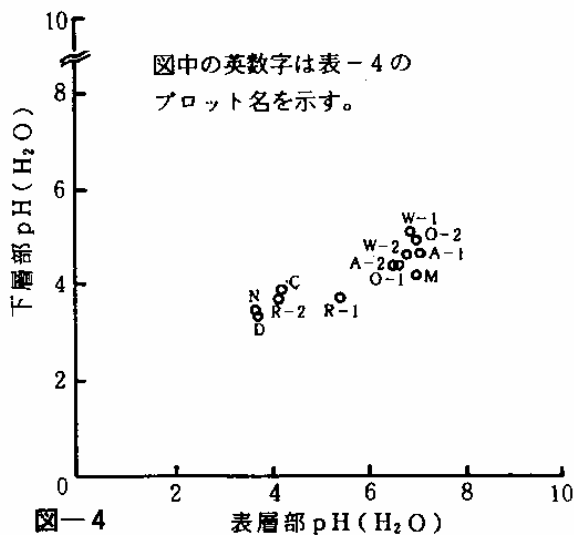


図-4 表層部pH (H₂O)と下層部pH (H₂O)との関係

③ 炭素

図-6に表層部(C)と下層部(C)との関係を示す。炭素含有量は窒素含有量と同様な傾向がみられ、無施工区(N)は表層部で1.63「乏しい」であるが下層部では皆無の状態にある。未崩落区(C)については表層部で8.88「富む」で1.29「乏しい」であり、客土吹付施工地では表層部で12以上「極めて富む」の範囲にあるが、下層部では大部分が1.5以下「極めて乏しい」の範囲にある。しかし、イタチハギ優占区(A-1)では他に比べて炭素含有量が大きく1.55「乏しい」となっている。

4. 考 察

以上、優占種別に土壤の理化学性をみてきたが、導入植生が枯死しているプロットは土壤が強酸性で、透水性が非常に不良であるところであった。また、土壤の理化学性が比較的良好で、強酸性であるところは耐酸性に優れているRTのみが優占する傾向にあった。このことから、石灰散布により土壤の酸度矯正を実施した上で客土吹付施工する場合でも耐寒性、耐酸性に優れているクリーピンググレッドフェス、カリヤスモドキ、イタドリなどをより積極的に導入していくべきだと思われる。

また、客土については孔隙組成に大いに関与するバークの混入割合が少ないと、透水性が不良になる傾向がみられたので、バークの混入を均一することに留意する必要がある。

2. 花崗岩マサ土地帯の山腹緑化におけるスギ導入について

I 目 的

福島県における花崗岩地帯は阿武隈山地に代表的にみられ、県面積に占める割合が大きい。花崗岩が深層風化したマサ土は母岩である花崗岩の石英、長石、雲母のうち、主として長石の風化が進行したものが多く、マサ土地帯における山腹では土壤が単粒化しているため、侵食は早く、水を含んだ場合に崩壊することが多い。さらに、マサ土は保水性、保肥性が少なく、乾燥しやすい特異的な土壤である。そのようなマサ土地帯の山腹緑化施工地においてスギを導入樹種としているところがしばしばみられ、着実に安定した群落へ移行するための施工、管理技術の確立が望まれている。

そのため、花崗岩マサ土地帯の山腹緑化施工地において導入したスギの生育調査、土壤の理化学性分析などから施工上の留意点、管理のあり方について検討を行なった。

II 調査内容

1. 調査地概要

調査地（斜面方位：S 65°W、傾斜 30°）は田村郡小野町大字皮籠石字古坊地内で、阿武隈山地

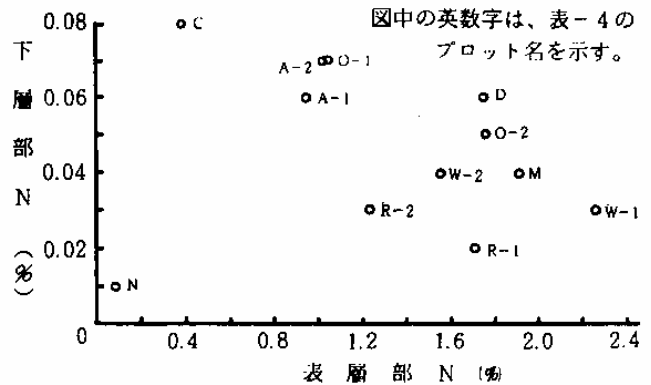


図-5 表層部 (N) と下層部 (N) との関係

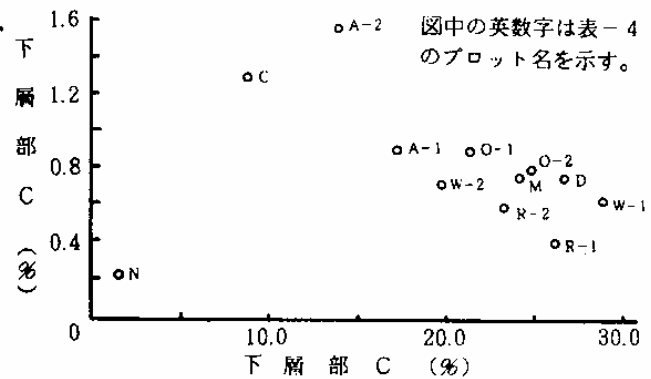


図-6 表層部 (C) と下層部 (C) との関係

の花崗岩マサ土地帯である。山腹緑化工は昭和53年復旧治山事業として郡山林業事務所が施工している。この山腹緑化施工地では2体の土留工、中央部に水路工が施されている。導入樹種であるスギは1m間隔に植栽されている。

なお、気象²⁾については年平均気温 10.9℃、年平均降水量 1,268 mm、年最深積雪深21cmとなっている。

2. 調査方法

(1) スギ生育調査

平成2年12月、山腹緑化施工地を2体の土留工を境に上部、中部、下部に分け、導入樹種スギを各部位に分けて樹高、胸高直径、樹冠幅を測定した。測定は原則として樹高は測幹ポールを用いcm単位、胸高直径はノギスを用いmm単位、樹冠幅は山腹斜面に対して上下、水平方向の2方向について測量ポールを用いてcm単位で行なった。

なお、対照区は山腹緑化施工地袖部の残存土壌（以下地山区）に同一時期に植栽されたスギとした。

(2) 土壌環境調査

平成2年12月のスギ生育調査時に各部位の風化状態をみるために山中式土壌硬度計を用いて1部位当たり3か所、表層の土壌硬度を測定した。

平成3年12月には土壌の理化学性を調査するため各部位と地山区の上方、下方の2地点から表層（0～4cm）の土壌円筒を採り、これについては三相組成、透水性などを調査し、化学性分析用の土壌採取については、円筒採取地点において深度別0～4cm（以下表層部）、4～8cm（以下下層部）の2か所から土壌を採取し、前述の「極強酸性土壌地における客土式筋工・客土吹付工について」の調査方法と同様の分析を行なった。

III 調査結果

山腹緑化施工地の導入樹種スギの生育状況や土壌環境が、同じ花崗岩を母材とする一般林地のスギ林のどの段階にあるのかを把握するため、適地適木調査報告書⁷⁾の花崗岩を母材とする一般林地のスギの生育やその林地の土壌の理化学性分析結果を参考に、調査結果及び考察を述べる。なお、適地適木調査報告書の花崗岩を母材とする一般林地のスギ（以下一般林地）の地位指数と土壌の理化学性は付表1-2、3のとおりであるが、地位指数については福島県中・浜通り地方の地位級別の樹高曲線⁸⁾から地位（45年生時の樹高）を推定した。

1. スギ生育状況

山腹緑化施工地の

表-7 山腹位置別にみたスギ生育状況

山腹位置別にみたスギの生育状況は表-7のとおりである。これによると、山腹上部から下部へ向かうほど樹高、胸高直径、	山腹位置	樹高(m)	胸高直径(cm)	樹冠幅(m)	形状比	地位指数
	地山	5.28	7.3	1.94	73.2	14
	上部	3.02	2.8	1.31	108.6	8
	中部	5.00	7.0	1.82	72.6	12
	下部	4.55	8.1	2.07	58.2	11

樹冠幅が大きくなる傾向がみられる。山腹中部、下部の形状比で60～70程度、山腹上部は上長成長に比較して肥大成長が悪いため、形状比が109と高い。そのため、山腹上部については雪害等の気象害が起こる危険性が高い。

地位指数については山腹上部が8と低く、山腹中部・下部は12、11となり、地山では14となっている。ここで、一般林地における地位指数の度数分布を図-7に示す。一般林地のスギ林は17～25に分布して

おり、最多地位指数は23である。この地位指数は福島県中・浜通り地方の地位級別の樹高曲線⁶⁾をみると、おおよそ地位2級の樹高曲線上で良好な生育を期待できる指数となっている。

このことから、山腹緑化施工地のスギは地位指数はかなり低く、現時点においては良好な生育を望めない状態にあると考えられる。

2. 土 壤 環 境

(1) 土 壤 硬 度

山腹位置別にみた土壌硬度は表一八のとおりである。土壌硬度はどの位置においても10mm以下であり、風化がかなり進行している。吉富⁹⁾は下層植生が枯死に至ると、草本根系が土壌を固定する力を失いマサ土から単粒化したものが流出し斜面崩壊が始まると報告していることから、当調査地においても下層植生の衰退、さらに過剰な水分を含んだ場合には全崩壊が起こり易い状況にあると考えられる。

(2) 土 壌 の 理 学 性

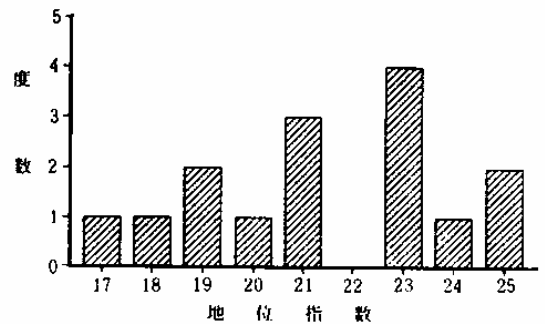
山腹位置別にみた土壌の理学的性質は表一九のとおりである。

表一八 山腹位置別にみた土壌硬度

表一八 山腹位置別にみた土壌硬度

山腹位置	土 壤 硬 度 (mm)			平均値
地 山	6	7	6	6.3
上 部	8	10	10	9.3
中 部	10	10	8	9.3
下 部	11	6	5	7.3

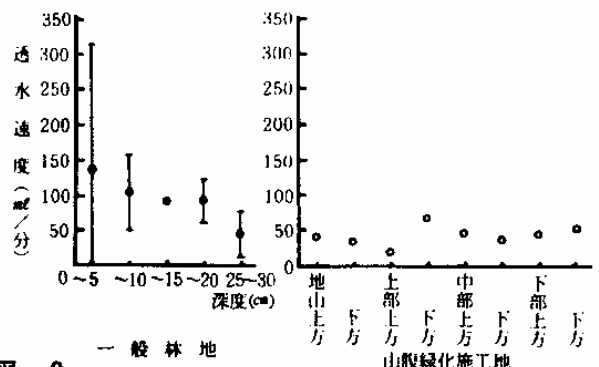
山腹位置	透水性 (ml/分)			容積量 (g/100cc)	孔隙量 (%)			最大水量 (%)		最小容気量 (%)	採取時含水量 (%)	
	5分後	15分後	平均値		細孔隙	粗孔隙	全孔隙	重量	容積		重量	容積
地山上方	42	40	41	72.6	24.7	44.5	69.2	62.1	43.5	25.7	34.3	24.0
下方	36	32	34	88.8	25.4	38.8	64.2	54.9	47.6	16.6	29.0	25.1
上部上方	19	17	18	96.4	40.4	22.4	62.8	63.4	60.3	2.5	44.9	42.7
下方	74	62	68	93.1	16.6	42.3	58.9	44.7	38.0	21.0	24.9	21.1
中部上方	48	43	46	101.4	26.0	33.7	59.7	53.6	52.5	7.2	32.6	31.9
下方	37	36	37	91.1	25.2	38.1	63.3	57.8	50.1	13.2	34.9	30.3
下部上方	47	43	45	85.8	24.2	41.8	66.0	60.0	49.9	16.1	35.0	29.2
下方	56	49	53	92.1	18.1	46.1	64.2	50.4	45.2	19.0	21.6	19.4



図一七 一般林地における地位指数の度数分布

① 透水速度と孔隙量

一般林地の深度別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた透水速度を図一八に示す。なお、一般林地の深度別にみた透水速度は信頼度95%で推定した区間であるが、深度10~15cmについては調査数が1か所のため区間推定を行っていない。



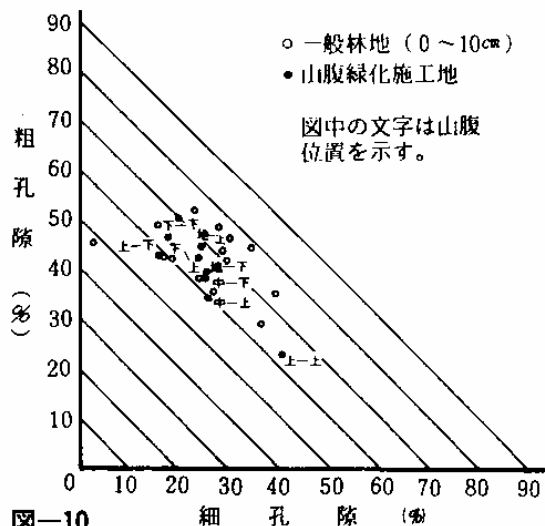
図一八 一般林地の深度別及び山腹位置別にみた透水速度

山腹緑化施工地の透水速度は山腹上部下方において透水速度が68ml/分と他の位置に比べて高くな

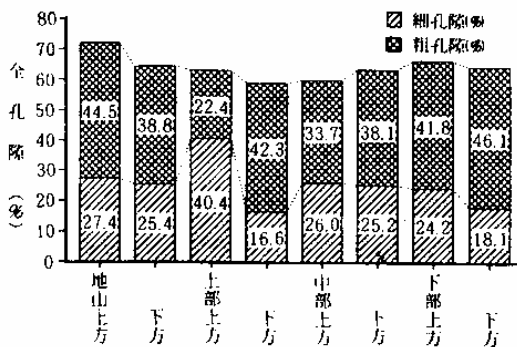
っているが、全般的には山腹上部から下部に向かうほど透水速度が高くなる傾向がみられる。このことは細・粗孔隙を山腹位置別に示した図一九によると細孔隙については山腹上部で40.4、16.6%とばらついているが、他の位置では概ね25%であり、粗孔隙については山腹上部から下部に向かうほど増加する傾向がみられ、このため山腹上部から下部に向かって透水速度が高くなるものと考えられる。

また、一般林地の深度別にみた透水速度は深度0～5cmでは透水速度が29～270ml/分とばらつきが大きいために区間推定が0～313ml/分の範囲になっている。全体的には透水速度は深度15cmまでは平均値で100前後であるが、深度25～30cmになると平均値50ml/分と透水性不良になる傾向がみられる。

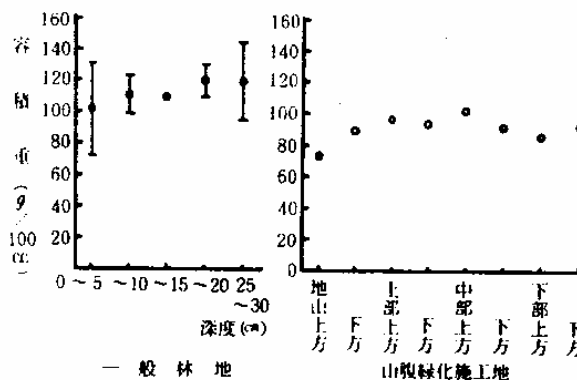
山腹緑化施工地の透水速度は一般林地の深度25～30cmの透水速度にあたり、透水性がかなり不良となっている。



図一〇 山腹緑化施工地及び一般林地の孔隙組成図



図一〇 山腹緑化施工地の山腹位置別にみた孔隙組成



図一一 一般林地の深度別及び山腹緑化施工地の位置別にみた容積重

これは山腹緑化施工地と一般林地（深度0～10cm）を比較した孔隙組成図（図一〇）から山腹緑化施工地は細孔隙、粗孔隙、全孔隙の全てにおいて一般林地より低い値であるためと考えられる。

② 容積重

一般林地の深度別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた容積重を図一〇に示す。一般林地の深度別にみた容積重は深度0～5cmでは70～130g/100ccであるが、深度5cm以降は100g/100cc以上になっており土壌が堅密ないし固結状態にあると思われる。一方、山腹緑化施工地の容積重は山腹位置にかかわらず85～100g/100ccの範囲にあり、一般林地より若干低い値である。

(3) 土壌の化学性

山腹位置別にみた土壌の化学性を表一〇に示す。なお、以下で述べる各分析の測定値の区分については前述の「極強酸性土壌地における客土式筋工・客土吹付工について」と同様、分析項目と測定値の区分（付表一）を参照されたい。

表一〇 山腹位置別にみた土壌の化学性

山腹位置	pH (H ₂ O)		pH (KCl)		Y ₁		N (%)		C (%)		C/N	
	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部	表層部	下層部
地山上方	5.03	5.11	3.91	3.97	11.9	13.9	0.17	0.12	2.92	1.88	17.41	16.19
下方	5.24	5.14	4.05	3.96	8.8	12.1	0.26	0.12	4.91	1.93	18.53	15.90
上部上方	4.90	5.21	3.71	3.76	14.3	13.6	0.07	0.02	1.16	0.31	16.01	16.20
下方	5.22	5.48	3.89	3.99	6.4	6.6	0.09	0.02	1.15	0.44	12.32	18.22
中部上方	5.02	5.56	3.51	3.70	9.0	7.5	0.11	0.02	1.52	0.43	13.62	17.77
下方	5.23	5.69	3.64	3.78	5.3	4.2	0.09	0.03	1.51	0.46	16.14	15.61
下部上方	5.31	5.45	3.72	3.57	3.7	6.2	0.14	0.07	1.40	0.78	9.89	11.97
下方	5.73	5.79	3.98	3.85	0.9	3.3	0.08	0.06	1.06	0.40	13.55	7.26

① 土壌酸度 (pH)

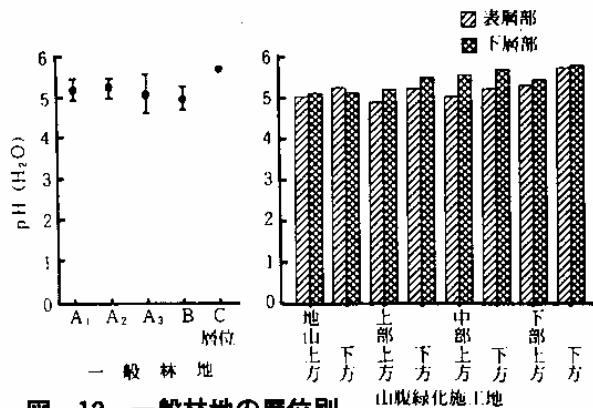


図-12 一般林地の層位別及び山腹緑化の山腹位置別にみたpH (H₂O)

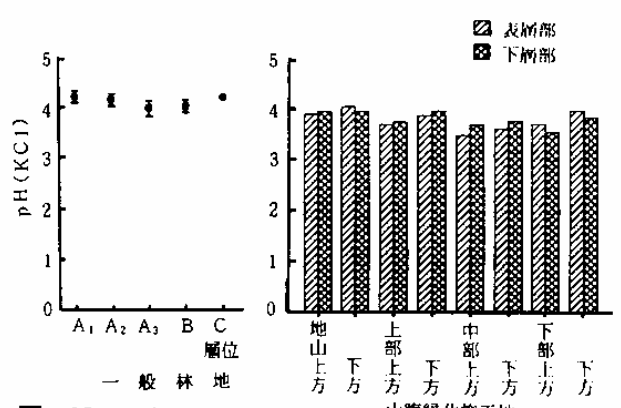


図-13 一般林地の層位別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみたpH (KCl)

一般林地の層位別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた活酸性 pH (H₂O)、潜酸性 pH (KCl) を図-12、13に示す。なお、C層については調査数が1か所のため区間推定 (信頼度95%) を行っていない。

山腹緑化施工地の活酸性 pH (H₂O) は表層部、下層部ともに山腹上部から下部に向うほど高くなる傾向がみられ、深度的には下層部が表層部より高くなる傾向にあり、潜酸性 pH (KCl) については山腹中部から山腹下部上方にかけてやや低くなる傾向がみられる。一般林地の活酸性 (H₂O) はA層ではほとんど変化がみられないが、B層はA層に比べてやや低くなり、潜酸性 (KCl) についてはA₂層までほとんど変化しないが、A₃層以降から低くなる傾向がみられる。

このことから山腹緑化施工地の活酸性 (H₂O) は一般林地のA層よりやや高い値であるが、潜酸性 (KCl) については一般林地のA₃層以降の値に匹敵し、かなり低い値であることがわかる。

② 炭素及び窒素

一般林地の層位別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた炭素含有量、窒素含有量を図-14、15に示す。炭素含有量については地山区下方部表層で4.91「含む」と一部高い値を示したが、全体的に地山区は「乏しい」1.5～3.0の範囲であった。山腹位置別では山腹中部から下部上方にかけての表層部、山腹下部の下層部でやや高くなるものの全般的には「極めて乏しい」0～1.5の範囲にある。一方、一般林地ではA₁～C層に向かうほどに含有量が減少する傾向がみられ、各層位での含有量についてはA₁層で「含む」、A₂層で「含む」、A₃で「乏しい～含む」、B層で「極めて乏しい～乏しい」となっている。

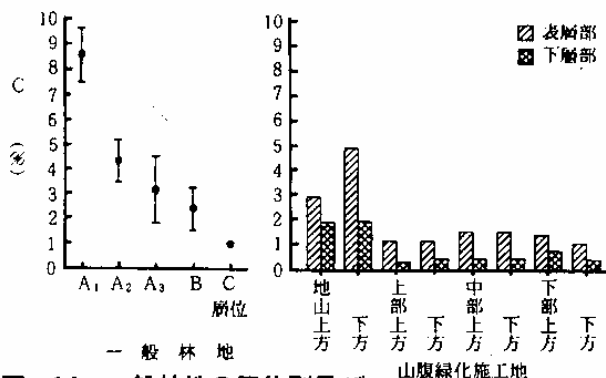


図-14 一般林地の層位別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた炭素含有量

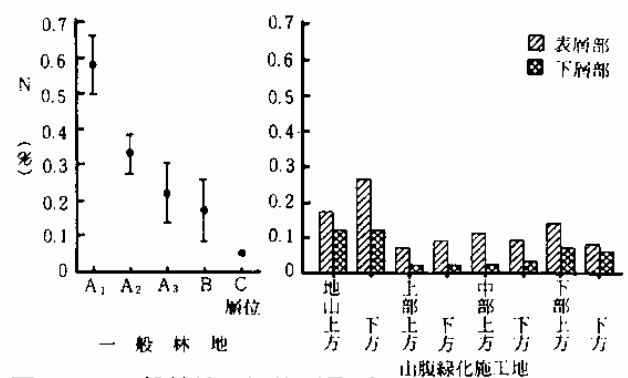


図-15 一般林地の層位別及び山腹緑化施工地の山腹位置別にみた窒素含有量

また窒素含有量については炭素含有量と同様の傾向を示し、地山区では「乏しい」0.1～0.2の範囲に、山腹部では「極めて乏しい」0～0.1の範囲にあり、一般林地の層位別にみた窒素含有量はA1～C層に向かうほど含有量が減少する傾向がみられる。各層位での含有量についてはA1層で「富む」、A2層で「含む」、A3で「乏しい～含む」、B層で「極めて乏しい～含む」、C層で「極めて乏しい」となっている。

これらのことから山腹緑化施工地の炭素及び窒素の含有量は一般林地のB層以降の含有量に匹敵し、いかに土壌の改善が進んでないかが明らかになった。

IV 考 察

以上、山腹緑化施工地の位置別にみたスギの生育は土壌の理化学性と密接な関係があり、透水性が高く、炭素及び窒素の含有量が多くなる山腹中部、下部の生育が良好であった。しかし、花崗岩地質の一般スギ林と比較すると山腹緑化施工地のスギの生育は不良であり、土壌（深度0～8cm）の理化学性はおおよそ一般スギ林のB層に準じるもので、かなり貧弱な状態にあった。

これらのことから、花崗岩地帯における山腹緑化施工地でスギを導入する場合は一般林地以上に徹底した施肥管理が必要と考えられる。さらに、今後の山腹緑化施工においてはスギの導入を見直すことが必要と思われるが、やむを得ずスギを導入する場合、せめて土壌環境が悪く、スギ生育が不良である山腹上部においては先駆樹種（ヤシャブシ、ヤマハンノキなど）を積極的に導入するべきと思われる。

お わ り に

植生導入が困難であることが多い特殊土地である極強酸性土地、花崗岩マサ地帯の山腹緑化施工地の植生工・管理のあり方について検討を行ってきたが、今後はこの結果をもとに試験施工、施肥試験等を実施し、山腹緑化施工地の植生工・管理のあり方を確かなものにしていきたい。

引 用 文 献

- 1) 森林土壌研究会：森林土壌の調べ方とその性質、林野弘済会、1982
- 2) 福島地方气象台：福島県の気候、日本気象協会福島支部、1974
- 3) 荒井 賛・渡邊次郎・大関昌平：極強酸性土地の緑化について、緑化工技術第9巻2号：1～10、1983
- 4) 河田 弘：環境測定法—森林土壌—、共立出版、1976
- 5) 河田 弘：パーク（樹皮）堆肥—製造・利用の理論と実際—、博友社、132～133、1981
- 6) 日本緑化工学会：緑化技術用語事典、山海堂、付表、1990
- 7) 福島県農地林務部：昭和53年度適地適木調査報告書—磐城森林計画区—、48～98、1978
- 8) 福島県農地林務部：すぎ人工林の実態調査結果とその応用について（表日本—福島県中・浜通り地方）、16、1980
- 9) 吉富宏保：風化花崗岩地帯の樹草根系の伸展、40回日林関東支論：201～204、1988

付 表

付表一 1 分析項目と測定値の区分

項 目	単 位	測 定 値 の 区 分				
pH (H ₂ O)	pH	～ 4.0 強酸性	4.0 ～ 5.0 中酸性	5.0 ～ 6.0 弱酸性	6.0 ～ 7.0 微酸性	
炭 素	%	0 ～ 1.5 極めて乏しい	1.5 ～ 3.0 乏しい	3.0 ～ 6.0 含 む	6.0 ～ 12.0 富 む	12.0 ～ 極めて富む
窒 素	%	0 ～ 0.1 極めて乏しい	0.1 ～ 0.4 乏しい	0.2 ～ 0.4 含 む	0.4 ～ 富 む	

付表一 2 土壌の理学的性質

土 壌 型	地位指数	層 位	採取深度 (cm)	透水性 (mL/分)			容積量 (g/100cc)	孔 隙 量 (%)			最大容水量 容積 (%)	最小容気量 容積 (%)
				5分後	15分後	平 均		細孔隙	粗孔隙	全孔隙		
BD	18	A ₁	0～5	56	46	51	84	28	48	76	56	20
		A ₂	5～10	34	32	33	130	36	29	65	58	7
		A ₂	15～20	18	16	17	125	35	32	67	60	7
		A ₃	25～30	36	18	27	111	38	28	66	67	9
B ₀ D	23	A ₁	0～5	270	254	262	104	29	43	72	54	18
		A ₂	5～10	102	94	98	134	27	35	62	48	14
		A ₂	15～20	59	56	58	133	31	35	64	53	11
		A ₃	25～30	13	11	12	149	23	32	55	45	10
BD～BD(d)	23	A ₁	5～10	127	118	123	106	16	49	65	46	19
		A ₂	15～20	116	98	107	127	15	43	58	44	14
		A ₃	25～30	48	37	43	129	12	45	57	33	24
BD	17	A ₁	5～10	41	31	36	90	3	45	48	63	15
		A ₂	15～20	84	58	71	96	33	45	78	65	13
		A-B	25～30	84	77	81	99	31	45	76	63	13
BE～B ₀ E	24	A ₁	5～10	36	28	32	106	39	35	74	65	9
		A ₁	15～20	126	134	148	95	35	43	78	63	15
		A ₂	25～30	61	52	57	108	29	44	73	63	10
BD	19	A ₁	5～10	93	70	82	126	18	42	60	45	15
		A ₂	15～20	58	51	55	139	13	42	55	42	13
BD(d)	19	A	5～10	140	122	131	122	29	41	70	58	12
		A-A	15～20	90	74	82	123	25	41	66	53	13
		B	25～30	63	55	59	134	25	39	64	50	14
BD	21	A ₁	5～10	56	38	47	90	23	52	75	53	22
		A ₂	15～20	46	40	43	106	24	44	68	56	12
		B	25～30	78	42	60	110	26	44	70	58	12
BD	21	A ₁	0～5	174	212	193	126	24	28	52	48	14
		A ₂	15～20	138	120	129	133	17	42	59	43	16
BD	21	A ₁	5～10	209	155	182	99	34	44	78	65	13
		A ₂	15～20	124	124	124	125	21	42	63	51	12
BE	23	A ₁	5～10	276	245	261	100	20	50	70	53	17
		A ₂	15～20	164	150	157	117	20	42	62	46	16
BD	25	A ₁	0～5	29	22	26	92	30	46	76	61	15
		A ₂	10～15	92	88	90	109	30	41	71	58	13

付表-3 土壤の化学的性質

土壤型	地位指数	層位	pH		Y1	C(%)	N(%)	C/N
			(H ₂ O)	(KC1)				
BD	18	A ₁	5.5	3.9	5.0	10.69	0.53	20.20
		A ₂	5.1	3.9	4.5	5.26	0.29	18.10
		A'	5.1	3.9	6.5	4.80	0.37	13.00
B ℓ D	23	A	5.7	4.6	1.0	9.86	0.47	21.00
		A ₂	6.0	4.2	1.0	4.16	0.31	13.40
		A ₃	5.6	4.1	0.5	2.56	0.16	16.00
BD~BD(d)	23	A ₁	4.8	4.0	4.0	5.17	0.30	17.20
		A ₂ -C	4.7	4.0	4.0	3.31	0.16	20.70
BD	17	A ₁	5.1	4.2	3.0	11.75	0.63	18.70
		A ₁	4.8	4.0	5.0	7.40	0.46	16.10
		A ₂	4.7	4.0	4.0	0.57	0.27	16.90
		A-B	4.7	4.0	2.5	2.63	0.22	12.00
		B	4.8	3.9	4.0	1.58	0.11	14.40
BE~B ℓ E	24	A ₁	5.4	4.2	1.5	9.55	0.74	12.90
		A ₁	5.1	4.0	3.0	6.66	0.48	13.90
		A ₁	5.1	4.1	2.5	6.87	0.48	14.30
		A ₂	5.6	4.3	0.5	3.11	0.20	15.60
		A ₂	5.4	4.2	0.5	4.30	0.33	13.00
BD	19	A ₁	4.9	4.0	15.0	7.21	0.38	19.00
		A ₂	5.3	4.1	7.0	3.54	0.28	12.50
BD(d)	19	A	4.8	4.0	4.0	5.16	0.35	14.70
		A-B	4.7	3.9	8.0	3.95	0.19	20.80
		B-C	4.7	3.9	8.5	1.48	0.09	16.40
BD	21	A ₁	4.7	4.2	3.5	5.68	0.46	12.30
		A ₂	4.6	4.0	5.5	4.32	0.28	15.40
		B	4.8	4.1	4.0	2.12	0.15	14.10
BD	21	A ₁	5.4	4.0	2.0	4.59	0.30	15.30
		A ₂	5.3	3.9	5.5	3.01	0.26	11.60
		A-B	5.2	3.8	9.5	1.85	0.18	10.30
BD	21	A ₁	5.4	4.3	1.0	8.22	0.56	14.70
		A ₂	5.5	4.4	0.5	4.90	0.43	11.40
		C	5.7	4.2	0.5	0.96	0.05	19.20
BD	15	A ₁	5.4	4.4	1.0	12.41	0.88	14.10
		A ₁	5.6	4.1	2.5	9.94	0.77	12.30
		A ₁	4.7	3.9	10.5	7.65	0.55	13.90
		B-C	5.0	4.1	4.5	2.29	0.21	10.90
BD	23	A ₁	5.7	4.6	1.0	10.60	0.69	15.40
		A ₂	5.6	4.3	1.0	5.61	0.42	13.40
BD	20	A ₁	5.1	4.1		11.84	0.90	13.20
		A ₁	3.6	4.4	1.0	7.65	0.65	11.80
		A ₂	5.3	4.3	1.0	6.18	0.50	12.40
		A ₂	5.4	4.3	1.0	3.78	0.35	10.80
		B-C	5.4	4.1	2.0	2.98	0.16	18.60
BE	23	A ₁	6.0	4.6	1.0	8.05	0.59	13.60
		A ₂	5.0	4.2	1.0	4.87	0.32	15.20
		A ₃	5.2	4.1	3.0	4.49	0.33	13.60
BD	25	A ₁	5.5	4.3	1.5	10.16	0.74	13.70
		A ₂	4.9	4.0	11.0	7.56	0.51	14.80
		B	5.1	4.1	7.5	3.63	0.32	11.30