

33. 岩盤法面緑化手法の検討

—緑化岩盤法面の水・栄養状態の変化—

Development of greening methods for the for reforestation of the surface rock

大川原良次*

Ryoji OKAWARA

ABSTRACT: Experimental reforestation has been conducted on the steep slope surface with three varied environmental conditions. The initial conditions of the test plots and preliminary results were reported on 13th symposium in 2005. The continuous results of field experiment collected in 2005 were summarized in the present report. The change of water content of surface soil was measured during summer in order to estimate the importance of water status for the survival of planted seedlings. Water content of three experimental plots showed similar tendency in comparison with that observed in each rock surface before planting seedlings. Slight increase of water content of soil surface was observed in the root-beds supporting seedling survival. The nutrient contents of total nitrogen, total carbon, exchangeable cations (Ca, Mg, K, Na) did not show significant difference among test plots. Available phosphate content showed wide variation within and among test plots. The survival rates of planted seedlings did not necessarily coincide with nutrient contents except available phosphate. These results suggested that the water content and available phosphate could be the important factor to decide survival of seedlings. Therefore it is very important to select proper position of planting for the survival of seedlings on the rock surface.

KEYWORDS: greening, reforestation, slope greening, root-bed

1 はじめに

埋立て用土砂採取跡地の岩盤法面に森林を再生する目的で、法面に直接苗木を導入する手法を検討してきた。試験対象とした岩盤法面に湧水や亀裂の状態が異なる 3 試験区を設定して比較試験を実施した。2005 年は植栽後 3 年目にあたり、継続して現地調査を実施したのでその結果を報告する。昨年の現地調査は 7 月～8 月の夏期に実施し、湧水時の法面の水分含有量と肥料成分の分布状況を調査した。苗木の生存率についても合わせて調査して 2004 年の調査結果と比較検討した。

2 試験概要

2. 1 試験法面の選定と植栽の実施

試験地は三重県南西部の土砂採取跡地の地山の岩盤が露出した法面である。土砂採取事業は 2001 年 6 月から 2004 年 3 月にかけて実施され、開発面積は 51ha、森林抜開面積は 20ha で、土砂採取後に残された岩盤法面 12.4 ha (切土勾配 1:0.8、最大切土高さ 164m、法面延長 1.9km) と岩盤平場 10ha (植栽面積) を緑化して森林の再生を試みている。岩盤法面には岩盤の状態が異なる 3 試験区 (法面 A、法面 B、法面 C) を設定して、ポット苗木を植えて生育状況を記録した。各試験区は 400m² で法面には根床 (植え穴) を設けて、各樹木の苗木を 3 本ずつ巣植えにした。苗木の植栽は 2002 年の 11 月に行ない、2004 年 11 月に 1 回目の生育調査を実施した。今回 2005 年 7 月～8 月に生育調査と土壌の採取を実施した。

*大成建設 (株) 技術センター、水域・生物環境研究室

Hydraulic and Bio-engineering Research Section, Technology Center, Taisei Corporation, Nase-cho 344-1, Totsuka-ku, Yokohama 245-0051 JAPAN

各根床における生育環境を表-1に示す。法面 A は、未風化で亀裂、湧水とも少ない法面である。法面 B は、風化が進んで亀裂が多いが、湧水は少ない法面、法面 C では風化はあまり進んでいないが亀裂は多く湧水も多く見られる法面である（大川原 2005）。各根床に移植した苗木が 1 本でも生育していた時に生存（生育あり）と判断した。

表-1 各試験区における根床の生育環境

試験区 特徴	各根床のスコア値の平均値		
	A 灰色－黒色の岩盤	B 茶色で亀裂の多い岩盤	C 湧水が確認できる岩盤
調査根床数	73	87	94
風化度 ¹⁾	1.00	2.21	1.00
地質区分 ²⁾	1.58	1.30	1.40
亀裂 ³⁾	1.58	2.28	2.50
湧水 ⁴⁾	1.48	1.00	1.68
スコアの合計	5.64	6.79	6.58

1) 風化度 1:弱い風化、2:中程度の風化、3:強度の風化

2) 地質区分 1:砂岩、2:頁岩（泥岩）、3:表土

3) 亀裂 1:亀裂が無い、2:中程度の亀裂がある、3:亀裂が多い

4) 湧水 1:湧水がほとんど無い、2:幾分湿り気がある、3:常時湧水がみられる

2. 2 水分含有率の測定

土壌のサンプリングは、表層 5cm の土を除き、20ml 程度の土壌を採取した。土壌の採取は、7 月 14－15 日、7 月 31－8 月 1 日、8 月 7 日－8 月 8 日、8 月 14－15 日、8 月 21 日－22 日の 5 回行った。サンプルを採取した根床（植え穴）は A 法面で 73 点、B 法面で 87 点、C 法面で 94 点である。土壌試料は各根床から 1 点採取した。土壌はそのまま密閉したビニール袋に入れて持ち帰り、湿重を測定後 110℃で乾燥して乾重を測定した。乾燥重量測定後の試料を肥料成分測定の試料とした。

2. 3 肥料成分の測定

第 3 回目の土壌試料は粉碎後、C/N レコーダーにより全炭素と全窒素含有量を測定した。またリン酸含有量と、交換性カチオン（Ca、Mg、K、Na）は定法にしたがって測定した（土壌標準分析・測定法委員会編、1986）。

2. 4 気温と降水量

水分含有量測定期間中の気温ならびに降水量は、試験地に最も近い紀勢町のアメダスデータを使用した。法面の地温の測定も実施したが、各法面間で大きな差異はみられなかったのでデータは省略した。

3 調査結果

3. 1 苗木の生育状況

各法面別の苗木の生育状況を湧水と亀裂のスコア（表-1 参照）に関して集計した結果を表-2 に示す。各試験区を比較すると、2004 年から 2005 年にかけて、A 法面で 47%から 34%へ低下した。同様に B 法面で 71%から 64%へ、C 法面で 77%から 66%へ生存率が低下した。各法面の生存率を比較すると、岩盤表面に亀裂の多い B 法面と C 法面で生存率が高い傾向がみられた。また全体として湧水が多い法面で生存率が高い傾向を示した。風化度と地質区分に関しては、法面 B で見られるように風化の進んだ法面での生存率が高いことが明らかになった。各法面とも 2004 年の調査時より生存率が約 10%低下しており、厳しい環境状態で枯死する苗木が増加する傾向がみられた。

表-2 法面別生存率										
試験区	根床(植穴)の状態		2004年生育状況				2005年生育状況			
	湧水スコア	亀裂スコア	生育あり*	生育なし	根床数	生存率	生育あり*	生育なし	根床数	生存率
法面A	1	1	15	15	30	50	10	20	30	33
		2	3	13	16	19	2	14	16	13
		3	1	0	1	100	1	0	1	100
	2	1	2	4	6	33	1	5	6	17
		2	2	5	7	29	2	5	7	29
		3	4	0	4	100	3	1	4	75
	3	1	0	0	0	-	0	0	0	-
		2	6	1	7	86	6	1	7	86
		3	1	1	2	50	0	2	2	0
	小計		34	39	73	47	25	48	73	34
法面B	1	1	4	5	9	44	4	5	9	44
		2	31	14	45	69	27	18	45	60
		3	27	6	33	82	25	8	33	76
	小計		62	25	87	71	56	31	87	64
法面C	1	1	2	2	4	50	2	2	4	50
		2	12	5	17	71	9	8	17	53
		3	19	5	24	79	17	7	24	71
	2	1	2	0	2	100	2	0	2	100
		2	9	3	12	75	7	5	12	58
		3	15	2	17	88	14	3	17	82
	3	1	0	1	1	0	0	1	1	0
		2	1	2	3	33	1	2	3	33
		3	12	2	14	86	10	4	14	71
	小計		72	22	94	77	62	32	94	66

*各根床に3本づつ植栽を行い、1本以上生育していた根床数。

表-3 法面別生存率のまとめ										
試験区	根床(植穴)の状態		2004年生育状況				2005年生育状況			
	風化度スコア	地質区分	生育あり*	生育なし	根床数	生存率	生育あり*	生育なし	根床数	生存率
法面A	1	1	14	17	31	45	9	22	31	29
		2	20	22	42	48	16	26	42	38
	小計		34	39	73	47	25	48	73	34
法面B	1	1	1	3	4	25	1	3	4	25
		2	31	12	43	72	26	17	43	60
		3	14	4	18	78	14	4	18	78
	2	1	10	4	14	71	10	4	14	71
		2	5	2	7	71	5	2	7	71
		3	1	0	1	100	0	1	1	0
	小計		62	25	87	71	56	31	87	64
法面C	1	1	43	13	56	77	40	16	56	71
		2	29	9	38	76	22	16	38	58
	小計		72	22	94	77	62	32	94	66

*各根床に3本づつ植栽を行い、1本以上生育していた根床数。

各樹種の生育状況を表-4に示す。2005年の調査ではアカメガシワやアキグミなどの先駆樹種での枯死が多くみられた。これらの樹種は地上部の生育が早く、2004年の調査時には他の樹種より大きく生育していた。地上部が過繁茂したのに対して、水分を供給する根床の体積は限られているため水分の供給が地上部の生育においつかないために枯死したものが多くと考えられる。また地上部が相対的に重くなり、倒伏した個体もみられた。これに対してアラカシ、リョウブ、ウバメガシ、ネズミモチなどの樹種は生育が遅いが、2004年から2005年にかけて生存率の大きな低下はみられず良好な活着状況にあると考えられる。

表-4 樹種別生存率					
樹種	根床数*	2004年		2005年	
		生存数**	生存率	生存数**	生存率
アカメガシワ	35	25	71	12	34
アキグミ	34	24	71	19	56
ウツギ	39	27	69	21	54
ヤシャブシ	32	10	31	7	22
アラカシ	24	14	58	15	63
リョウブ	21	3	14	3	14
ウバメガシ	24	23	96	23	96
ネズミモチ	22	20	91	20	91
クロマツ	23	23	100	23	100

*植栽を行った根床(植穴)数、各植穴に3本の苗木を定植した。
**3本の苗木のうち1本以上生育している植穴(根床)数。

3. 2 水分含有率の比較

各根床の植栽基盤となっている土壌中の水分含有率の変化を図-1に示す。第2回と第5回はサンプルの採取が降雨時期と重なったため、全体に高い水分含有率を示した。各法面を比較するとC法面が最も高い水分含有率を示し、植栽する以前の岩盤面で調査した結果とほぼ一致する傾向を示した(表-1)。第3回と第4回の渇水期の水分含有率をみると、同様にC法面で高い傾向がみられた。降雨後にもしばらくの間法面からの湧水があり、水分含有率を高めていると考えられる。

各根床の含水率と苗木の関係を表-5に示す。第1回から第5回までの測定の平均値をみると、苗木が生存している根床で水分含有率が高い傾向がみられた。

試験期間中の雨量と土壌サンプル採取時期を図-2に示す。第1回目から第2回目と第5回目の採取時に降雨があり、試験結果も降雨を反映して増減していた。

試験期間中の気温の変化を図-3に示す。第4回土壌試料採取直前に最も気温が高くなり、最も法面の乾燥が激しかった。

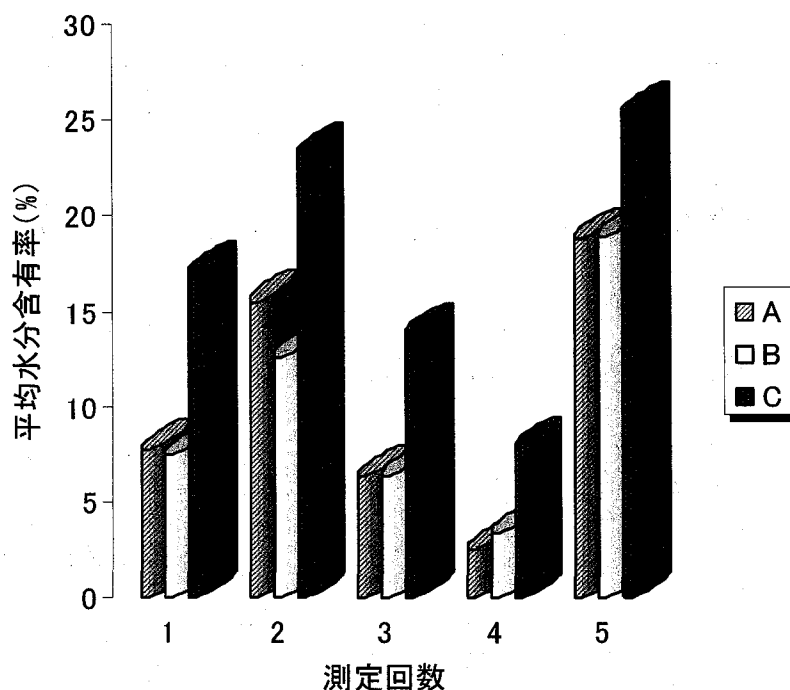


図-1 各法面の平均水分含有率の変化

表-5 苗木の生死と含水率の関係

生育状況		含水率1 含水率2 含水率3 含水率4 含水率5				
		(%)				
生存	平均値	12.1	18.1	10.0	5.0	21.8
	SD	9.1	7.9	8.2	6.1	5.2
枯死	平均値	9.7	16.4	8.0	4.3	20.6
	SD	8.7	6.9	7.9	6.1	5.7

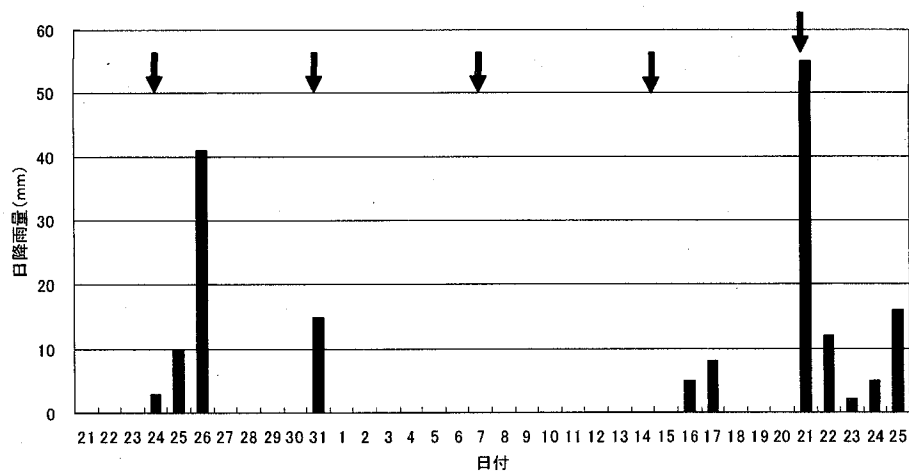


図-2 土壌採取時の紀勢町の雨量

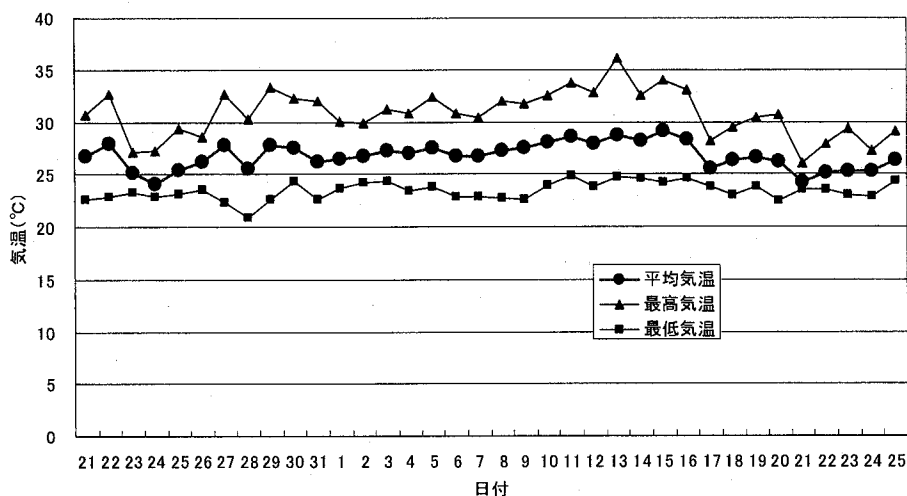


図-3 土壌採取時の紀勢町の気温

3. 3 肥料成分の比較

第3回目の土壌試料中の全窒素と全炭素の含有量を表-6に示す。窒素含有量は0.1%と低く、各法面で大きな差はみられなかった。炭素含有量は3%でほぼ一定の値を示した。

表-6 法面土壌の窒素、炭素含有量

	測定数	全窒素(%)		全炭素(%)	
		平均値	SD	平均値	SD
A法面	73	0.11	0.02	2.73	0.40
B法面	87	0.14	0.03	3.16	0.41
C法面	94	0.13	0.02	3.33	0.70

SD:標準偏差

同様に土壌試料中の交換性陽イオンの含有量を表-7に示す。Ca、Mg、Na、Kに関して各法面を比較するとほぼ同程度の含有量であり、法面間の大きな違いはみられなかった。

表-7 法面土壌の交換性陽イオン含有量

測定数		交換性陽イオン (meq/100g)							
		Ca		Mg		Na		K	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
A法面	73	23.22	5.18	1.12	0.22	0.36	0.10	0.59	0.17
B法面	87	23.87	6.63	1.10	0.22	0.21	0.05	0.61	0.20
C法面	94	20.00	3.43	1.38	0.59	0.21	0.04	0.41	0.13

SD:標準偏差

土壌試料中の可給態リン酸の含有量を表-8 に示す。今回測定した肥料成分のなかでは、リン酸含有量が最も変動が大きかった。平均値でみると B 法面で高い傾向がみられた。各根床間の変動も大きい、リン酸含有量に関して一定の分布傾向はみられなかった。

各肥料成分の含有量と苗木の生存状況を表-9 に示す。生存した苗木の根床で高い傾向がみられるのは、有効態リン酸の含有量だけで、他の成分ではほぼ同じ平均値を示した。

表-8 法面土壌のリン含有量

	mg/kg (P ₂ O ₅)		
	A法面	B法面	C法面
測定数	73	87	94
平均値	171	349	250
SD	109	187	102
最大値	541	922	563
最小値	2	12	56

SD:標準偏差

表-9 苗木の生死と土壌の栄養分の関係

生育状況		TC	TN	C/N	P ₂ O ₅	交換性カチオン (meq/100 g)				
		(%)	(%)		(mg/kg)	Ca	Mg	Na	K	Total
生存	平均値	3.2	0.1	24.8	281.5	22.4	1.3	0.2	0.5	24.4
	SD	0.6	0.0	3.4	157.6	5.3	0.5	0.1	0.2	5.3
枯死	平均値	2.9	0.1	24.8	235.3	22.1	1.1	0.3	0.6	24.1
	SD	0.6	0.0	4.0	149.2	5.8	0.3	0.1	0.2	5.8

4 まとめ

2004 年から 2005 年にかけて苗木の生存率は約 10%低下しており、完全な定着までにはなお時間がかかると予測される。樹種間の生存率の差も明らかになり、岩盤面での生長では必ずしも生育の早い先駆樹種が有利ではないと考えられる。全体の緑化計画の中での先駆樹種の使用方法に関して再度検討する必要がある。また法面の水分含有量、肥料成分の分析結果から、法面の水分含有量、リン酸含有量が岩盤法面における苗木の生存にとって重要な要因の一つであると考えられる。

引用文献

大川原良次「自然環境保全・回復のための緑化手法の検討」－土砂採取場跡地における森林再生緑化事例から－ (2005) 土木学会第 13 回地球環境シンポジウム講演論文集 pp.237-242

土壌標準分析・測定法 (1986) 土壌標準分析・測定法委員会編、日本土壌肥料学会監修、博友社