

39. 自然環境保全・回復のための緑化手法の検討

—土砂採取場岩盤跡地における森林再生緑化事例から—

Development of greening methods for the restoration and recovery of natural environment

—Reforestation on the surface rock exposed by gathering rock for the reclamation—

大川原良次*

Ryoji OKAWARA

ABSTRACT: The attempt to restore forest after construction work has been conducted. In most case, the mixture of soil material and seeds was sprayed to cover naked land. Similar methods have been applied for the greenery on surface rock although sprayed soil was rapidly fell down several years after spraying. In this paper, greening methodology on the steep slope formed on the surface rock exposed to gather rock was studied. The reforestation of steep slope face (1:0.8) required the development of new greening technology including the selection of plant species, treatment of the surface of rock (formation of root-bed), introduction of seedlings instead of seeds of grasses. The field survey was also conducted to determine the soil mixture used for the spraying method. The field test with small scale was also conducted on site. These results indicated that inorganic materials (soil or sand) were more suitable than organic materials as soil materials. For the planting of seedlings (2-3 years old), it was necessary to prepare small cavities (root-bed) on the surface rock to support root elongation of seedlings. Three experimental plots (400 m² each) were selected with varied soil texture, weathering stage, spring water availability, and number of cracks. One year after plantation, the survival rates of seedlings were 46.6% on low weathered surface rock as compared to those of 71.3% and 76.6% of high weathered surface rock with exuding spring water, respectively. Based on these results, reforestation methods to create natural forestry were discussed.

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

1 はじめに

建設工事の終了後に森林の再生を目的とした復元緑化の試みが行なわれている。従来、法面の緑化においては地山の条件に合わせて、各種吹付け工法や植栽が行なわれてきた。その基本は、草本類やハギ類などの先駆性樹種を中心として、法面全体を早期に覆い全体の緑被率を高めることが目的であった。通常施工から検収までの時間が短いこともあり、本来目的である将来の森林再生よりも、初期生育と被度が重視される傾向にあった。このような現状に対して、近年移入種による生態系の攪乱、生物多様性の保全といった観点から、外来の種子吹付けに代わり、地域性種苗を用いた緑化が提唱されるようになってきている。また国土交通省では「美しい国づくり政策大綱」を平成 15 年にまとめて、その具体的な指針として道路デザイン指針をとりまとめている。このように生態系の保全、景観の維持といった多様な要素が復元緑化にも求められるようになりつつある。生態系や景観、森林の豊かさといった指標は総合的に評価されるものであり、各地域、現場毎に最も適した答えを探していかなければならない。従来のように一様に「緑化」するだけでは不十分

*大成建設株式会社、技術センター、土木技術研究所、水域・生物環境研究室

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

である。将来の自然の遷移に期待するなら、時間軸を明確にした将来予測が必要になるだろう。

したがって最終目標をどこにおき、どのような考え方に基づいて緑化を行なったかを明確にするとともに、その結果を長期的にフォローしていくことが森林再生の手法が確立に必要である。本論では岩盤法面を緑化する具体的な取り組みを通して、森林再生のための復元緑化のあり方を述べる。

2 森林の機能と豊かな森林の再生

建設現場をみると「多様な豊かな森を早期に再生します」、「山林を保全するなど自然と共生したダム作りを行なう」、「緑化による豊かな森林の復元」などのキャッチフレーズがよくみられる。建設現場においても自然に対する配慮が重要視されてきているのは評価すべきであるが、その具体的な中身に関しては明確でないことが多い。そこで最初に森林の機能とそれを満たす豊かな森林について考えてみたい。森林の機能は以下に述べるように分類されている。

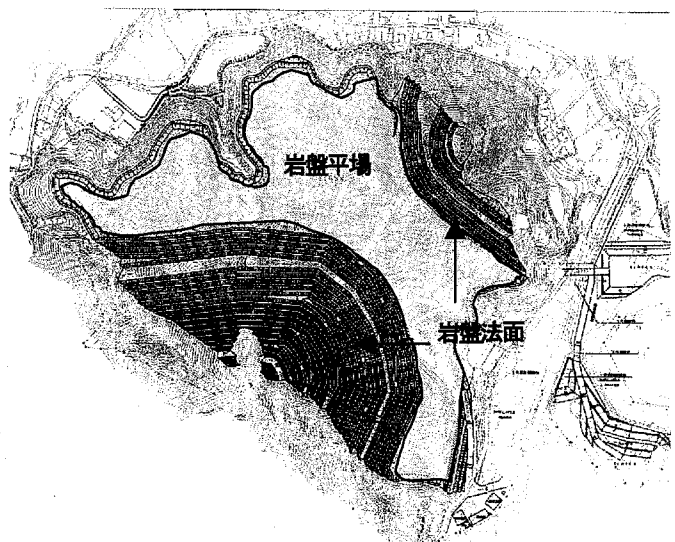
- 1) 生物多様性保全機能
- 2) 地球環境保全機能
- 3) 土砂災害防止機能／土壤保全機能
- 4) 水源涵養機能
- 5) 快適環境形成機能
- 6) 保険・レクリエーション機能
- 7) 文化機能
- 8) 物質生産機能

「豊かな森林」に関しては明確な定義はないが、上記のような各種森林の機能を十分に発揮することができる森林とすればより明確に定義できる。当然ながら森林のどの機能に重点をおくかによって「豊かさ」の意味も異なってくる。生物多様性保全に重点をおくなら、森林に存在する動植物種数、その多様性が重要になる。一方、地球環境保全で二酸化炭素の固定に重点を置く場合、二酸化炭素の吸収速度と炭素リザーブとしての現存量が重要になる。さらに土砂災害防止に重点をおく場合、森林の保水力、土壌表面の安定化が問題になるだろう。このように、森林の豊かさに関しては様々な解釈が可能であり、各緑化場面でどのような豊かさを求めているのかを明確にする必要があると考えられる。このように様々な機能を要求される豊かな森林の実現には、従来の均一な植栽・吹付けに加えて、樹種を増やして適切な配置を行なうことができる緑化手法が必要となる。

3 工事概要と緑化の課題

試験の対象としたのは、三重県南西部の土砂採取跡地である（図－1）。工期は2001年6月から2004年3月、開発面積は51ha、森林抜開面積は20haで、土砂採取後には岩盤法面12.4ha（切土勾配1:0.8、最大切土高さ164m、法尻延長1.9km）と岩盤平場10ha（植栽面積）が残された。法面は厚層吹付けにより緑化、小段は坪堀により植栽を行ない、平場にも盛土を行なった後で植栽を行なう予定であった。このような大面積の岩盤面に対して緑化を行なうにあたり以下の課題があると考えられた。

- 1) 吹付け手法の検討



図－1 緑化対象土砂採取跡地

- 2) 樹種の選定と将来の生育予測
- 3) 法面へのポット（コンテナ）苗木の導入の可能性
- 4) 平場の植栽手法（将来の利用計画）

4 岩盤法面への吹付け手法の検討

法面への吹付け手法を決定する目的で、対象地周辺の愛知県、静岡県、岐阜県、三重県で、実際に各種吹付け工法により緑化を行なった法面におけるその後の植物生育、植生基盤の状態に関する調査を実施した。その結果の要約を表-1に示す。植被率と基盤材の残存率をそれぞれA(100-80%)、B(79-60%)、C(59-40%)、D(39-20%)、E(19-0%)の5段階で評価した。調査にあたっては、基盤材を腐植成分を中心とした有機系資材と土、砂を中心とした無機系資材に大きく分類した。その結果、岩盤面への吹付けに関してみると無機系の基盤を用いたほうが、残存率、植被率ともに高い傾向がみられた。

上記調査と平行して、現場の岩盤法面でも5種類の吹付け工法の比較検討を実施した(写真-1)。その結果からも砂、土を主体とした無機系の基盤の方が、岩盤法面への定着が良いことから、本工事では無機系の基盤材を用いた3種類の吹付け工法を採用した(草本類またはハギ類種子)。

5 樹木の生育状況の調査と生育試験

植栽に用いる樹種を選定する目的で周辺の自然岩盤面に生育している樹木の生育状況を調査した。岩盤面にはウバメガシ、ヒサカキ、リョウブ、コナラ、スダジイ、ネジキ、ヤブニッケイなどが生育しており、樹高は約10-15mに達していた。斜面の傾斜と樹木の生育に関してみると、傾斜が30度以下の岩盤平面(1,200cm²)があれば、5m以上の樹高を維持することが可能であると考えられた

(図-2)。この平面は根を支えるために必要なスペースであることから根床と呼ぶこととした。また樹木の生育速度を年輪から推定すると、平均して0.3m/年でありこの地域で最大の樹高である10-15mに達するには30-50年が必要であると推定された(表-2)。

表-1 総合評価

総合評価*	無機系吹付法面	有機系吹付法面
A	6	2
B	3	4
C	0	2
D	0	9
E	0	2

*緑被率と基盤材残存率の平均値から判定した。

A:100-80%, B:79-60%, C:59-40%, D:39-20%, E:19-0%



写真-1 植栽基盤の比較試験

A:有機質系+無機質系(ソイルセメント)、B:有機質系
C:無機質系+固化剤、D:無機質系(有機質混合)
E:有機質系、F:無機質系(有機質混合)

樹高(m)

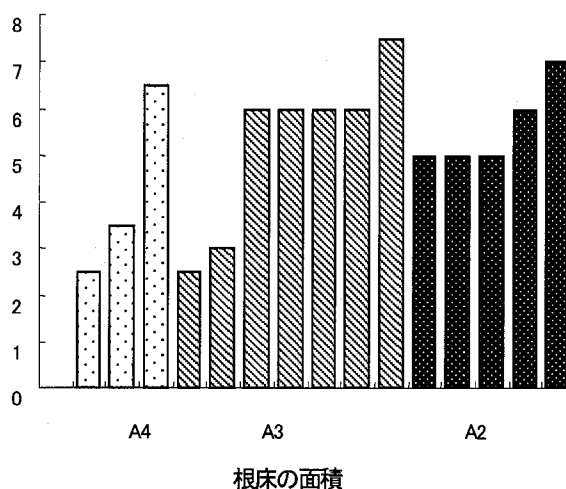


図-2 岩盤面での根床の面積と樹高

A4:600cm²、A3:1200cm²、A2:2500cm²

表-2 年輪から推定した周辺森林での樹木の生育速度

樹種	推定生育年	樹高(m)	(m/年)
ウバメガシ	18	5	0.28
ウバメガシ	12	3	0.25
ウバメガシ	19	4	0.21
ウバメガシ	20	8	0.40
ウバメガシ	30	5	0.17
ウバメガシ	21	6	0.29
ネズミモチ	21	3	0.14
ネズミモチ	30	5	0.17
ヒサカキ	17	3	0.18
ヒサカキ	23	5	0.22
リョウブ	20	5	0.25
リョウブ	16	5	0.31
アラカシ	24	8	0.33
ヤブツバキ	30	6	0.20
コナラ	33	8	0.24
コナラ	24	7	0.29
ネジキ	22	4	0.18
ヤブニツケイ	22	5	0.23



写真-2 岩盤法面に作った窪み (根床)

6 法面の吹付けと苗木の導入

岩盤法面の緑化には無機系の基盤材に、草本類を主体としてハギ類などの木本類の種子を含む吹付けを実施した。豊かな森を復元するという目的から考えると、ハギ類以外の多様な木本類を導入することが必要であることから、ポット苗を法面に導入することとして試験を実施することにした。試験区として岩盤の風化程度、湧水量の異なる3処理区 (A、B、C) を設けた (各 400 m²、表-3)。先の周辺岩盤面での自然植生の調査から、苗木の定着に必要な根床 (窪み) を設けた (写真-2)。導入した樹種は、表-4 に示した 11 種であり、各根床に 3 本ずつ巣植えにした。ポット苗の移植は 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。A、B、C の各法面を合計した樹種ごとの生存率を表-4 にまとめた。ヤシヤブシ、リョウブで生存率が低く、ウバメガシ、ネズミモチ、クロマツが高い生存率を示した。ヤシヤブシの生存率が低い

は、初期生育が旺盛なため地上部からの蒸散量が大きく、夏場の乾燥に耐えられなかったことが原因であると考えられる。リョウブは浅根性の樹種であることから

表-3 各試験区における根床の生育環境

試験区	各根床のスコア値の平均値		
	A	B	C
特徴	灰色-黒色の岩盤	茶色で亀裂の多い岩盤	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

同様に乾燥に耐えられなかったと考えられる。各試験区の湧水ならびに亀裂の有無と生存率の関係をみると、亀裂が多いと生存率が高い傾向がみられた (表-5)。また植え込み時に現地発生土を土嚢として持ち込んだ区と吹付け基盤を用いた区を設けたが、両者の生育には大きな違いがみられなかった。法面別にみると A 法面での生存率は 46.6% で B 法面の 71.3%、C 法面の 76.6% より低い傾向を示した。これらの結果から亀裂、

湧水が多い場所を選定して、根床を造成することで初期の定着率を高めることができることが明らかになった。岩盤面に定着したウバメガシを写真-3に示す。

7 平場の植栽²⁾

平場の植栽はポット苗の列植を基本とした。一部の地域に密着した美しい森の創造と林業として中長期にわたって利用可能な樹種を選定して、自然配植緑化緑化技術を用いた1haの試験区を設けた。薬木としてキハダ、トチュウ、テンダイウヤク、メグスリノキ、材木としてクヌギ、コナラ、アラカシ、造園木としてイロハモミジ、ヤマモミジ、シダレモミジ、先駆性樹種としてウツギ、アキグミ、ヤマハンノキ、ネムノキを選定した。2005年2月に行なった調査では全体の生存率は73.4%となり、枯死する個体が多くみられた。この原因として野生のシカによる食害があげられる。2004年の8月以降、シカが侵入した痕跡がみられるようになり、若芽を中心に深刻な食害がみられた。このため樹種による違い、岩盤上に大量に散布されたチップ材の生育に対する影響は明らかにならなかった。先駆樹種の中では、アキグミが食害も少なく良好な生育を示した。

表-4 樹種別生存率*

	実施	生存	生存率
アカメガシワ	35	25	71
アキグミ	34	24	71
ウツギ	39	27	69
ヤシヤブシ	32	10	31
アラカシ	24	14	58
リョウブ	21	3	14
ウバメガシ	24	23	96
ネズミモチ	22	20	91
クロマツ	23	23	100

*A、B、Cの各処理区の合計値

表-5 法面別生存率のまとめ

試験区	湧水スコア	亀裂スコア	生育あり	生育なし	根床数	生存率
法面A	1	1	15	15	30	50
		2	3	13	16	19
		3	1	0	1	100
	2	1	2	4	6	33
		2	2	5	7	29
		3	4	0	4	100
	3	1	0	0	0	-
		2	6	1	7	86
		3	1	1	2	50
	小計		34	39	73	47
法面B	1	1	4	5	9	44
		2	31	14	45	69
		3	27	6	33	82
	小計		62	25	87	71
法面C	1	1	2	2	4	50
		2	12	5	17	71
		3	19	5	24	79
	2	1	2	0	2	100
		2	9	3	12	75
		3	15	2	17	88
	3	1	0	1	1	0
		2	1	2	3	33
		3	12	2	14	86
	小計		72	22	94	77

8 今後の課題

土砂採取跡地の岩盤法面、平場の復元緑化において「豊かな森林」の復元を目的として、試行錯誤を行ってきた。現在全ての緑化工事が終了してから2年間が経過して生育状況に違いがはじめてきたところである。写真-4に示したように法面は全体として緑に覆われているが、豊かな森林の再生にはほど遠いのが現状である。森林の復元自体が30-50年間は必要であり、現時点で明確な結論を出すことはできないが、樹種を増やしてできるだけ自然の複層林が形成されることを目指すことが、豊かな森林の再生につながるのではないかと期待している。

先にみたように森林のどの機能に重点を置くのかによって様々な答えがあり、樹種の選定、植林方法も変わってくると考えられる。本論では、樹種の多様化を目的として、急斜面の岩盤法面にもポット苗を導入する試験を実施し、比較的高い定着率が得ることができた。今後も長期にわたってモニタリングしていき、吹

付けで散布された種子由来の草本、ハギ類、法面に導入した苗木、周囲からの侵入種が森林の形成にどのように寄与していくのかをモニタリング、評価していくことが今後の課題である。



写真-3 岩盤面に定着したウバメガシ

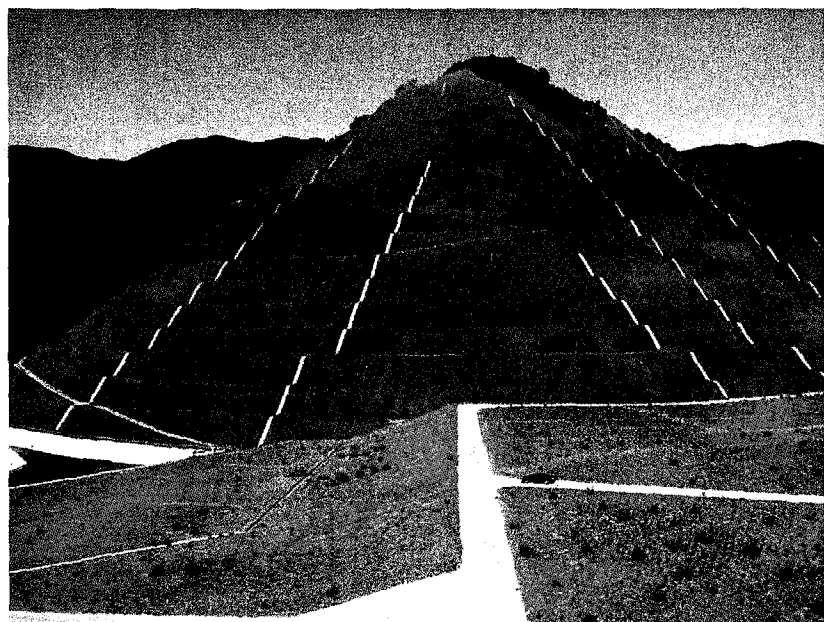


写真-4 岩盤法面の全景(2004年12月)

参考文献

1) 地球環境・人間生活にかかわる農業及び森林の多面的な機能の評価について

日本学術会議答申 平成13年11月

2) 渡邊篤、今野剛志、濱田武人「開発跡地における植栽の検討～新しい林業モデルの試みに関して～」土木学会平成15年度全国大会(2003年9/24-9/26、徳島大学)

なお本研究の一部は下記の学会で発表されたものである(詳細は講演概要を参照されたい)。

小石聖子、濱田武人、大川原良次「岩盤斜面における樹木生育状況調査」平成14年度農業土木学会大会(2002年8/6-8/8、三重県津市総合文化センター)

濱田武人、北中英二、小石聖子、大川原良次「岩盤地区での復元緑化計画の検討-岩盤法面緑化の経年調査-」土木学会平成14年度全国大会(2002年9/25-9/27、北海道大学)

小石聖子、大川原良次、北中英二、濱田武人「岩盤地区での復元緑化計画の検討-岩盤地区における樹木成長状況調査-」土木学会平成14年度全国大会(2002年9/25-9/27、北海道大学)

大川原良次、濱田武人、北中英二、横沢雅史、小石聖子「岩盤地区での復元緑化計画の検討-三重県伊勢南西地区における現地試験-」土木学会平成14年度全国大会(2002年9/25-9/27、北海道大学)

大川原良次、管哲治、渡邊篤、濱田武人「岩盤地区での復元緑化計画の検討-岩盤法面緑化のための緑化樹種の選定」土木学会平成15年度全国大会(2003年9/24-9/26、徳島大学)

濱田武人、管哲治、望月望、大川原良次「岩盤地区での緑化復元計画の検討-岩盤法面緑化のための事前調査」土木学会平成15年度全国大会(2003年9/24-9/26、徳島大学)