表土を利用した法面緑化事例とその問題点

田中 淳¹⁾・山田 守¹⁾

1) 日特建設株式会社 jun.tanaka@nittoc.co.jp

摘要：埋土種子の含まれた表土を利用した、無播種法面緑化工事の追跡調査を全国3カ所で行った。その結果、表土には採取地の土壌中に存在した埋土種子による採取地由来の植物と、保存期間中に周辺から侵入する一年生草本植物を主体とする、保存地由来植物の2つの影響を受けることがわかった。表土を利用して緑化を行う場合の問題点を整理した。

キーワード：表土、法面緑化、無播種、埋土種子、保存表土

1. はじめに

緑化工事における表土の有用性は古くから認知され²⁾、盛土の土羽土や植栽木の客土材として利用されてきた。近年になって、生物多様性保全や資源リサイクルの観点から、生物資源としての有用性に着目した利用方法が増えている⁴⁾。しかし、「表土」のもつイメージは森林の表土から、田畑の表土、都市近郊にある荒廃地の表土まですべてを同一に扱われる場合もある。

今回は、法面において無播種表土利用緑化を行った数例を調査し、得られた知見から問題点の整理を行った。

2. 施工方法

当社は、表土を含む現地発生土などの建設副産物をリサイクルできる方法として「表土・未分解チップ混合リサイクル緑化工法⁵⁾（以下ネッコチップ工法）」、や「表土リサイクル緑化工法¹⁾（以下カエルドグリーン工法）」等を開発し、表土を利用した緑化を全国各地で行っている。この2つの工法は表土を基盤体積の50%以上使用することが可能であり、埋土種子の少ない表土を利用する場合にも適用できるなど多くの可能性を持つ。この2工法の材料配合を表-1に示す。

表-1 表土リサイクル工法の材料配合

ネッコチップ工法			カエルドグリーン工法	
生育基盤材	現地発生土	0.5 m ³	現地発生土	0.8 m ³
	未分解チップ	0.5 m ³	有機質土壌改良材	0.4 m ³
生育基盤改良補助剤	団粒剤	3 kg	結合阻害剤	28.8 kg
	接合剤	4 kg	吸水剤	4.8 kg
			団粒剤	0.16 kg
			生育期基盤補強剤	2.5 kg
肥料	遅効性肥料	2 kg	遅効性肥料	4 kg
	即効性肥料	3 kg	即効性肥料	4 kg

仕上がり体積1 m³当たり

表-2 調査概要

調査地	事例A(宮城県)	事例B(滋賀県)	事例C(兵庫県)
概況	道路切土法面、北および南向き 斜面勾配1:1.2、合計面積6,500m ²	道路切土法面、南向き、斜面勾配1:0.5、0.7 合計面積1,500m ² 、コンクリート枠内	切土道路法面、南向き、斜面勾配 1:1.0 合計面積10,000m ²
緑化目標	草本群落（無播種埋土種子利用）	自生草本類群落（無播種埋土種子利用）	低木林群落（無播種埋土種子利用）
工法	ネッコチップ工法 カエルドグリーン工法	ネッコチップ工法	カエルドグリーン工法
周辺植生	水田雑草群落、アカマツ・コナラ林、スギ・ヒノキ植林地が丘陵地帯に広がる	アカマツ・モチツツジ群集	アカマツ・サイゴクミツバツツジ群集、スギ・ヒノキ・サワラ植林
表土の種類	「水田表土」	「放棄耕地表土」	「森林表土」
採取地の植生	アメリカセンダングサ、イヌタデ、ツルマメ、エノコログサなどが保存期間中に生育	ススキ、ヨモギ群落、周辺の道路にはクリーピングレドフェスクなどの導入	ヤマハギ、ネムノキ、スルデなどの木本植物ササ類、一年生草本が保存期間中に生育
埋土種子量調査	○	×	×
表土採種年月	2001年6～9月	2003年1月	2003年1～3月
保存期間	2年以上	なし	1年
保存場所	現場内	なし	現場内
施工年月	2004年3月	2003年1月	2004年3月
1回目	2004年6月(施工後3か月)	2003年7月(施工後6か月)	2004年7月(施工後4か月)
2回目	2004年9月(施工後6か月)	2004年5月(施工後1年4か月)	—
調査区数	6調査区	4調査区	15調査区
調査内容	植被率、被度、生育高	植被率、被度、生育高	植被率、被度

3. 調査内容

3.1. 調査概要

本報告では、全国3箇所の事例について報告する。表-2に施工地の概要、表土採取地植生調査、埋土種子量調査、保存方法、施工地追跡調査の内容についてまとめた。

3.2. 調査方法

3.2.1. 植生調査

植生調査は、表土採取地およびその周辺を踏査し、被度が1以上の植物を記録した。

3.2.2. 追跡調査

施工地の追跡調査は、1×1 mの調査区を設置し、植被率、被度、上位5個体の生育高の測定を行った。

3.3. 埋土種子量調査

工事現場では、保存時に周辺もしくは表土中から生育して結実することによって埋土種子量が増加する可能性がある。事例Aでは、保存期間が2002年から2004年3月まで2年以上放置され、埋土種子量の増加が予想された。

そこで、2003年11月に仮置き保存された表土の表層の土と地中1 mの土を500 ccずつ4箇所、合計2,000 cc採取し持ち帰った。この試料をよく攪拌し、100 ccずつ4試料、合計8試料体を取り出し、水洗いしながら土砂と種子を分離し、種子の種類と種数を測定した。

3.4. 追跡調査解析

追跡調査結果は、植被率や帰化率、発生種数、積算優占度(SDR_{2a}:被度、生育高もしくはSDR_{2b}:被度、頻度)上位5種を求めた。また、生活型で分類し積算優占度の各生活型の占める割合を求めた。被度は、Braun-Blanquetの全推定法によって得られた優占度から、百分率被度の中央値(優占度5=87.5%, 4=62.5%, 3=37.5%, 2=17.5%, 1=5%, ±=0.1%)に換算して求めた。生活型の分類は「日本の野生植物・日本の帰化植物:平凡社」を参考にした。

4. 結果および考察

4.1. 事例A(宮城県)

4.1.1. 概要

施工方法は、プラントヤードの関係からネッコチップ工法とカエルドグリーン工法を併用した。使用表土は、水田雑草群落から採取した「水田表土」である。保存方法は、水田地帯の中を通る工事現場の中に山積みされた現場で2年以上仮置きされた。この期間中に、アメリカセンダングサ、イヌタデ、エノコログサ、ツルマメなどが多く発生した。これらの植物は、採取地の埋土種子に存在していたものと保存地に仮置きされてから侵入した可能性があった。

4.1.2. 追跡調査結果

調査結果を表-3に示す。カエルドグリーン工法の施工地は法面からの湧水量が多く湿潤状態にあった。植被率は1年目

の6月に100%になり、9月でも100%と維持された。一方、ネッコチップ工法施工地では1年目の6月に11.25%, 9月では100%であった。

SDR_{2a}の高い種は、ネッコチップ工法ではツルマメが、カエルドグリーン工法ではイヌタデやアメリカセンダングサである。カエルドグリーン工法で優占したのは湿潤地によく出現する種である。この出現種の違いは工法よりも法面の環境による違いであると思われる。

生活型別のSDR_{2a}の割合の推移を図-1に示す。ネッコチップ工法、カエルドグリーン工法の6月、9月ともに一年生草本の割合が50%を超えている。この現場では施工1年目の調査だけであるが、ヨモギなども発生しており今後は多年生草本群落への移行が予想される。

表-3 事例Aにおける追跡調査結果

ネッコチップ工法					
調査年月	2004年6月(施工後3か月)			2004年9月(施工後6か月)	
調査箇所	4			4	
植被率(%)	11.25			87.5	
発生種数	12			12	
帰化率(%)	16.7			8.3	
生活型	種名	SDR _{2a}	生活型	種名	SDR _{2a}
	— ツルマメ	100.0		— ツルマメ	100.0
SDR _{2a} 上位5種	— エノコログサ	62.6	— エノコログサ	— エノコログサ	59.9
	— イヌタデ	43.0	— イヌタデ	— イヌタデ	54.7
	多 スギナ	31.5	多 ヤハズソウ	— ヤハズソウ	48.8
	多 ヤハズソウ	31.3	— イヌビエ	— イヌビエ	45.0
カエルドグリーン工法					
調査年月	2004年6月(施工後3か月)			2004年9月(施工後6か月)	
調査箇所	2			2	
植被率(%)	100			100	
発生種数	10			16	
帰化率(%)	20.0			31.2	
生活型	種名	SDR _{2a}	生活型	種名	SDR _{2a}
	— イヌタデ	100.0		— イヌタデ	100.0
SDR _{2a} 上位5種	多 ススキ	78.0	— アメリカセンダングサ	— アメリカセンダングサ	60.2
	多 ヨモギ	57.2	— ヤブマメ	— ヤブマメ	57.1
	— アメリカセンダングサ	48.4	— イヌビエ	— イヌビエ	56.5
	— シロザ	48.4	— エノコログサ	— エノコログサ	55.4

—:一年生, 多:多年生 下線は帰化植物

図-1 生活型別の積算優占度 (SDR_{2a})の割合 <事例A>

表-4 事例Aにおける埋土種子量調査結果

種名	表層の種子数(粒)	地中1mの種子数(粒)
アメリカセンダングサ	2	
イヌビエ	30	15
イネ科sp.	6	1
イノコズチsp.	10	
エノコログサsp.	35	6
タデ科sp.	3	
マメ科sp.	10	
不明	10	16
総計	106	38

表土400cc中

4.1.3. 埋土種子量調査

保存表土中に含まれる埋土種子量の測定結果を表-4 に示す。埋土種子は表層の土に 106 粒/400 cc、地中 1 m の土には 38 粒/400 cc とその差は約 3 倍である。表層に多く分布していることから、埋土種子は新規に増加したものであり、保存期間中の 2 年間に増加した可能性が高い。

表層の種子数を持つ土を利用してネッコチップ工法を施工した場合、1 m² 当たりに含まれる種子量は 9,275 粒、カエルドグリーン工法では 10,600 粒である。一方、地中 1 m 種子数を持つ土を利用した場合にはネッコチップ工法で 3,325 粒、カエルドグリーン工法では 3,800 粒となる。この表土を利用した場合、発芽率などを考慮に入れる必要があるが、1 m² 当たりの種子量は非常に多く、確認された種子は一年生草本の種子が多いため、一年生草本群落が発立する可能性が高い。

表土中の埋土種子は、経年的に蓄積された採取地由来のものと、保存中に侵入してくる一年生草本を主体とする保存地由来のものに分類できる。埋土種子を利用した緑化では、表土のポテンシャル評価と共に表土保存地由来の植物の影響についての検討も重要である。

4.2. 事例 B(滋賀県)

4.2.1. 概要

使用表土は、川沿いの山間部を走る道路脇の「放棄耕地表土」である。採取地は、5 年以上未耕作でススキ、ヨモギの群落が発立していた。道路は耕作地から若干盛土構造になっており、この盛土にクリーピングレッドフェスク、ケンタッキブルーグラスなどの外来草本の使用が確認できた。

4.2.2. 追跡調査結果

調査結果を表-5 に示す。植被率は 2003 年の 1 年目の 7 月に 81.25 %、2 年目の 5 月に 98.75 %と、施工 1 年目からほぼ植物で被われた。帰化率は 1 年目に 33.3 %、2 年目で 42.1 %と事例 A で最も高い時が 31.2%であったのと比較して高い。

SDR_{2a} の高い種は、1 年目はヨモギ、2 年目ではクリーピングレッドフェスクとホワイトクローバーである。1 年目から多年生草本が優占した。多年生草本が 1 年目から優占したのは、採取地の植生が多年生草本群落として数年間維持されており、山間部で周辺に一年生草本の種子が生産される場所が少なく、一年生草本の埋土種子量が少なかったためであると思われる。

生活型別の SDR_{2a} の割合の推移を図-2 に示す。1 年目の一年生植物の割合は 15.7 %と事例 A の現場が 50 %を超すのと比較して少ない。2 年目には多年生帰化植物は 58.8 %と過半数を超える。このほとんどが、法面緑化用として人的に導入された草本帰化植物（以下外来草本植物）である。

田畑の表土でも放置され、多年生草本群落へ移行した表土からは多年生草本主体の群落が再生される。しかし、外来草本植物が採取地周辺に使用されている場合は、その影響を強く受ける場合がある。そのため表土の使用は、緑化目標と使

用する表土によって成立する植物群落の関係を整理し、将来成立する群落の予測技術を発達させていく必要がある。

表-5 事例 B における植生調査結果

調査年月	2003年7月(施工後6か月)			2004年5月(施工後1年4か月)		
調査箇所	4			4		
植被率(%)	81.25			98.75		
発現種数	15			19		
帰化率(%)	33.3			42.1		
SDR _{2a} 上位5種	生活型	種名	SDR _{2a}	生活型	種名	SDR _{2a}
	多	ヨモギ	100.0	多	CRF	79.6
	多	ホワイトクローバー	48.3	多	ホワイトクローバー	73.7
	多	CRF	48.2	多	コウゾリナ	61.3
	多	コウゾリナ	36.5	多	セイタカアワダチソウ	51.9
	越	ヒメムカシヨモギ	29.7	越	KBG	45.3

CRF: クリーピングレッドフェスク, KBG: ケンタッキブルーグラス
越: 越年生, 多: 多年生 下線は帰化植物

図-2 生活型別の積算優占度 (SDR_{2a}) の割合 <事例 B>

表-6 事例 C における植生調査結果

調査年月	2004年7月(施工後4か月)					
調査箇所	15					
植被率(%)	66					
出現種数	41					
帰化率(%)	31.7					
SDR _{2b} 上位5種	草本植物			木本植物		
	生活型	種名	SDR _{2b}	生活型	種名	SDR _{2b}
	一	エノコログサ	100.0	多	ヒノキ	7.2
	一	メヒシバ	36.4	多	スルデ	4.7
	一	ナズナ	34.1	多	イヌザンショウ	4.7
	多	ヤブニンジン	33.0	多	ヤマハギ	3.6
	一	ケアリタソウ	31.3			

一: 一年生, 多: 多年生 下線は帰化植物

図-3 生活型別の出現積算優占度 (SDR_{2b}) の割合 <事例 C>

4.3. 事例 C(兵庫県)

4.3.1. 概要

使用した表土は新規道路建設に伴い、アカマツ・コナラ林を伐採した「森林表土」である。表層約 30cm を目安に、重機にて採取した。事前に採取地の周辺植生調査することはできなかったが、聞き取り調査から、この表土の A 層は 10cm 未満であり、低木層以上にはコナラ、アカマツ、ネジキ、ナツハゼ、ツクバネウツギ、クロモジ、ヤマツツジなどが、低木層以下にはササ類が優占する群落であった。この表土の採取は 2003 年 1～3 月に行われた。採取面積は約 5,000 m²、採取した表土は約 1,500 m³ で法面緑化に約 500 m³ が使用され、残りは盛土材に使用された。採取した表土は、2003 年 3 月から 2004 年 3 月まで 1 年間野積み状態で保存された。保存場所は掘削した山地と田畑のある平地の境界にあたり、2003 年の 7 月には野積みされた表土からヤマハギ、ネムノキ、ヌルデの先駆樹木の発芽が確認された。また、エノコログサ、メヒシバ、ササ類といった周辺の田畑に生育する一年生草本の発芽も確認できた。その後 2004 年 3 月にカエルドグリーン工法によって法面緑化を行っている。

4.3.2. 追跡調査結果

調査結果を表-6 に示す。植被率は施工 4 か月後に 66 % である。法面緑化における設計・施工・管理に関する指針である社団法人日本道路協会が発行する道路土工指針の播種後 3 か月後の成績判定の目安³⁾では、緑化目標が草地型であった場合、植被率は 70～80 % 程度が望ましいとされており、これに近い値となる。一方、緑化目標が木本群落型の場合は植被率が 50～70 % の場合、木本類の発生が 5 本/m² 以上必要であるが、木本類の発生は非常に少なかった。木本植物の埋土種子量が少ないか、保存中に種子の発芽能力が消失した可能性が高い。

SDR_{2b} の高い種は一年生草本、特にエノコログサが多く、表土は保存中に周辺から一年生草本を主体とする種子の蓄積が生じたと考えられる。木本植物は、先駆樹木のヤマハギ、カラスザンショ、ヌルデの 3 種とヒノキの実生が確認された。ヒノキは保存場所周辺で多く成立しており、保存期間中に侵入したものと思われる。

生活型別の SDR_{2b} の割合を図-3 に示す。一年生草本が全体の 68.4 % と高く、事例 A のように一年生草本が優占する群落である。今後の群落は、緑化目標の「低木林群落」とは異なり草本が優占する群落となる可能性が高い。しかし、他の 2 現場では確認できなかった木本植物が 3.4 % 存在しており、表土は保存方法と期間に気をつければ、先駆樹木を主体とした林地回復の生物資源となることが予想される。

帰化率は、31.7 % と事例 A や事例 B の 2 現場と大きな違いはない。ここで発生した帰化植物の多くが、一年生草本でダンドボロギクやオオアレチノギクといった風散布種子を持つものである。一年生帰化草本が多く帰化率が高いのは、表土保存中に周辺から風散布にて侵入した可能性が高い。

この現場では、計画時から採取まで採取地由来の表土の生物資源価値を十分考慮に入れた施工を行った。しかし、一年生草本の種子が侵入する環境下での保存は、保存地由来の種子の影響を強く受ける。保存地由来の種子の影響を考えた計画・施工が大切である。

5. まとめ

平成 17 年 6 月には「外来生物法」が施行され、地域性に配慮した緑化材料としての「表土」の重要性は今後ますます高まると思われる。しかしながら、表土は、森林土壌から採取した「森林表土」から、荒廃地から採取した「荒廃地表土」まで多くの意味を含む用語である。

今後の表土を利用する緑化を行うにあたっては、発注者や受注者が定義された「表土」という共通の用語を使うことが大切である。以下に問題点をまとめた。

- (1) 使用する表土と緑化目標の関係を整理し、表土利用緑化工法はどのような植物群落の再生を目的とした緑化工法であるか明確にする必要がある。
- (2) 保存方法によっては土壌シードバンクの特性を損なうこともあり、再生する群落に応じた保存方法を確立する必要がある。
- (3) 帰化植物はいろいろな表土に混入しており、発生した場合の対策について、維持管理方法も含め検討する必要がある。また、緑化用植物として使用されている帰化植物の扱いについても、判断の目安が必要である。

引用文献

- 1) 青木和夫 (2004) カエルドグリーン工法 ―建設発生土・排泥のリサイクルや表土利用による自然復元可能な法面緑化技術―、(社)全国特定法面保護協会、のり面と環境 22, 34-38
- 2) 小澤徹三(1981)表土利用に関する調査、(社)道路緑化保全協会、道路と自然 34, 52-56
- 3) 日本道路協会(1999)道路土工のり面工・斜面安定工指針一、248-249
- 4) 細木大輔・米村惣太郎・亀山 章(2000)埋土種子を用いて緑化したのり面の植生の推移、日本緑化工学会誌 25(4) : 439-344
- 5) 横塚 享・小林正宏・斉藤 茂・細江清二(2000)未分解チップ施用土壌による法面緑化事例、日本緑化工学会誌 25(4), 471-474

(2005.6.25 受理)