

# 緑化工による自然環境の復元と保全

## 現地発生表土を利用した緑化工法の開発・改良と施工事例

横塚 享・石垣 幸 整

従来までの草木を主体とした単に緑の量を増やすことを目的とした緑化から、木本などの多種多様な植物を導入し、防災修景機能を持たせた緑化、あるいは地域植生や生態系の復元・保全に貢献する緑化が求められている。本稿では、緑化工による自然環境の復元と保全、環境への負荷の低減を図ることを目的として、現地発生表土と現地発生材（伐採木や被災木）をチップ化して利用した施工技術の開発・改良および施工事例について紹介する。

キーワード：土工、法面緑化、表土、リサイクル緑化、在来種、チップ材

### 1. はじめに

「道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）」<sup>1)</sup>に新たな植生工として、森林表土利用工、自然侵入促進工が掲載されてから 10 年以上が経過した。現在までの間、「地域生態系の保全に配慮した法面緑化工の手引き（国総研）」<sup>2)</sup>、「自然公園における法面指針（環境省）」<sup>3)</sup>、緑化植物問題検討委員会の「生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言（2019）」<sup>4)</sup>などが示され、生物多様性保全に配慮した法面緑化工が普及するための下地は整いつつある。

しかしながら、植生環境が重要視される自然公園内においても、その緊急性からやむを得ず外来植物の使用を強いられるケースもあり、数多く施工されているのが現状である。

自然環境の復元と保全を目標とした森林表土を利用する緑化や在来植物による緑化は施工実績が少なく、その普及・展開には依然として種々の課題があると推測される。

### 2. 森林表土利用による緑化

在来植物により自然環境の復元と保全を図る技術としては、森林表土を利用して埋土種子を含む表土を生育基盤材料として利用する工法のほか、飛来種子などを期待する自然侵入促進工（待受け工法）などいくつかの工法が提案（表一 1）されているが、技術面、施工面、価格面で一長一短がある。

### 3. 表土施工システムの開発・改良

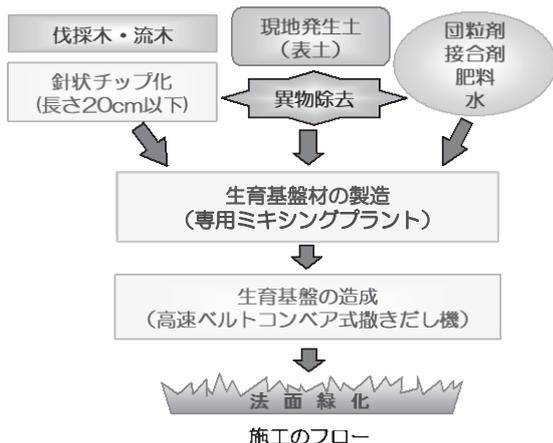
表一 1 に示すように自然環境の復元と保全を図るために種々の工法が提案されている。現地発生の森林表土を用いる工法は、自然度の高い植生を早期に回復することが可能であり、また施工性や経済性の向上が期待できることから、この工法による法面緑化の施工システム（ネッコチップ工法<sup>5)</sup>）の開発・改良を実施した。

表一 1 自然環境の復元と保全を図る工法

工 法	工法概要
森林表土を生育基盤材料として利用する工法	工事予定地内の埋土種子が含まれている森林表土等を利用して緑化を行う工法。表土を撒き出す工法や表土を植生基材に混ぜて吹付ける工法がある。
森林表土を移植する工法	高木もできる限り移植し（高木重機移植）移植できない樹木は根株として表土と共にブロック状、マット状に切り取って移植する。
自然侵入促進工（待受け工法）	緑化種子の吹付・撒き出し等は行わず、種子が定着しやすい基盤を整え、周辺からの飛来種子により植生を復元させる工法。
植 栽 工	周辺自生の幼苗を採取して植栽する方法。周辺自生の種子を採取し、育苗して植栽する方法。
採播き工法	周辺に自生している植物から種子を採取し生育基盤材の中に混合する方法。
外国産在来植物を用いる工法	購入の外国産在来種を植生基盤に混合して吹付ける方法。

(1) 表土施工システムの概要

図一1の標準施工システムの施工フロー図に示すように、生育基盤材料として、現地発生表土と現地発生の伐採木、災害時の被災木などをチップ化した材料（堆肥化しない生のままのチップ材）を使用し、水および団粒剤などの添加剤を投入攪拌し、団粒構造を持たせた生育基盤材を製造する。製造した生育基盤材を緑化対象法面まで運搬し、バックホウに取り付けた撒きだし機により法面に生育基盤を造成する。



図一1 標準施工システムの施工フロー図

(2) 生育基盤材の製造

写真一1は、定置式の生育基盤材製造プラントである。

主要材料として現地発生表土を利用する。表土には周辺に自生していた植物の種子（埋土種子）や根茎などが含まれており、施工地の自然植生の復元と保全が期待できる。

もう一つの材料として、環境への負荷の低減のために、現地発生の伐採木（根株や枝葉）、災害時の被災木（倒木・流木）などをチップ化して利用し、外部への搬出量を低減する。表一2に生育基盤材1m<sup>3</sup>当たりの標準配合を示す。



写真一1 生育基盤材製造プラント

表一2 生育基盤材1m<sup>3</sup>当たりの標準配合

材料名	数量	備考
表土を含む現地発生土	0.5 m <sup>3</sup>	
チップ材	0.5 m <sup>3</sup>	
団粒剤	3 kg	ポンプ圧送方式 6 kg
接合剤	4 kg	液体
化成肥料	3 kg	N:P:K = 8:8:8
緩効性肥料	2 kg	
種子および水	-	現場に応じて配合

生育基盤材製造プラントの攪拌装置は、性質の安定しない現地発生材や夾雑物を多く含む森林表土を使用すること、また、団粒剤などの添加剤は空気との接触を高めて団粒構造を形成させ植生に適した材料とするため、攪拌能力の高い2軸のパドルミキサーを搭載している。

(3) 施工システムの概要

施工システムには、標準施工システム（撒きだし方式）と高所多段法面で使用する高所施工システム（ポンプ圧送方式）がある。

(a) 標準施工システム（撒きだし方式）

ベースマシンとして0.75 m<sup>3</sup>クラスのバックホウを使用し、撒きだし機（アタッチメント）は上部に材料投入用のホッパー、下部に高速ベルトコンベアを搭載している（写真一2）。前述のプラントで製造した生育基盤材をホッパーに投入し、高速ベルトコンベアにより法面に撒きだし、団粒構造を持つ生育基盤を造成する方法である。施工能率が高く、人力作業を低減でき安全性が向上する（写真一3）。

(b) 高所施工システム（ポンプ圧送方式）

ポンプ圧送方式（図一2）は、標準施工システムではカバーしきれない高所多段法面への施工システムとして開発された。

コンクリートポンプと団粒剤・エア混合機を組み合わせたシステムであり、細い管内を品質の不良な材料を圧送するための改良を実施している。



写真一2 標準施工システムの撒きだし機

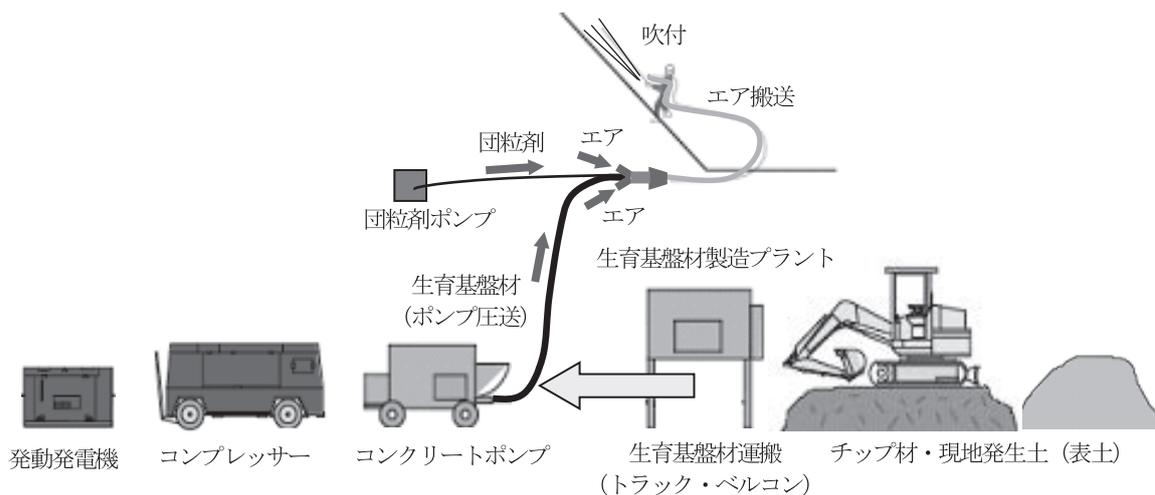


図-2 高所施工システム (ポンプ圧送方式) 概要図



写真-3 標準施工システムによる施工状況

チップ材は、細長い材料のため非常に閉塞しやすい。このためチップ材に方向性を持たせて管内を通過させるようにコンクリートポンプを改良した。また、団粒剤の混合量を微調整できるように団粒剤供給ポンプを改良し、材料の節減および土壌の団粒形成の効率化を行った。これによりポンプ圧送方式による施工効率の向上が可能となり、施工コストの低減や法面上での安定施工に貢献できた (写真-4)。



写真-4 ポンプ圧送方式による施工状況

#### 4. 施工事例-1 表土利用工による自然環境の復元

国立公園内の災害復旧の現場であることから、在来種による緑化を計画した。

現地発生の材料として表土が混合している崩積土を使用し、また、チップ材は現地に仮置きされている被災木等を使用した。

集積した崩積土に含まれる埋土種子からの発芽状況や生育状況を確認するため、事前に試験区を設置して経過観察を行い、その結果、法面へ施工した場合でも十分に埋土種子からの発芽生育が見込めると判断し生育基盤材料として使用した。

早期の緑地回復と在来植生の成立を目標として、表-3の種子配合とした。

表-3 施工事例-1 種子配合

種名	生育期待本数	備考
イタドリ	100	在来種
ヨモギ	50	〃
メドハギ	50	〃
ススキ	7	地域性種苗
コマツナギ	50	在来種

生育基盤の造成方法は、標準施工システム (撒きだし方式) と高所施工システム (ポンプ圧送方式) により施工した。計画の生育基盤厚さは7 cmである。

##### (1) 追跡調査

追跡調査は、施工6ヶ月後に植生調査および土壌硬度、生育基盤の厚さに関する調査を実施した。調査箇所数は5箇所である。法面全体の植被率とコドラート

内の出現種と出現本数はそれぞれの生育本数・生育高さを調査した。また、土壌硬度は山中式土壌硬度計にて計測し、基盤の厚さは施工後の厚さを確認した。

### (2) 土壌硬度および生育基盤の厚さ

土壌硬度は10～13 mmを示しており、植物の生育に適正な値であった。また、生育基盤の厚さは全ての調査区において設計厚さ以上であった。施工後、植生が十分に生育していない施工初期の段階で最大時間雨量が30 mm、最大日降雨量が約350 mmの降雨が確認されているが、植生の成立に支障となるような生育基盤の侵食は確認されていない。また、生育基盤の厚さも設計厚さ以上あることから、生育基盤は十分な耐侵食性があったものと考えられる。

### (3) 植生調査

追跡調査結果を表一4に示す。平均生育高さはコドラート内に出現した種の各上位3本を平均した。土壌硬度および生育基盤の厚さは、5点の平均値である。出現種一覧は全ての調査区のコドラート内に出現した種を出現本数順（降順）に並べたものである。

表一4 追跡調査結果一覧

	調査箇所				
	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
植被率 (%)	100	100	100	100	100
生育本数	134	53	77	29	119
生育高さ (cm)	49.9	60.4	67.5	72.2	41.4
優占種	ヨモギ, メヒシバ	ヨモギ	ヨモギ, メヒシバ	メヒシバ	ヨモギ
出現種数	8	8	6	6	8
侵入種数	5	5	3	3	4
土壌硬度 (mm)	12	10	10	13	13
基盤厚さ (cm)	10	9	10	8	10
出現種一覧	ヨモギ, メヒシバ, コマツナギ, メドハギ, ツユクサ, アカザ, タデ, エノコログサ, アメリカイヌホオズキ, セイタカアワダチソウ				

植被率は全ての調査区において100%であった。写真一5, 6は調査区No.5の全景および近景写真である。なお、植被率に関しては施工3ヶ月後にも調査しており、その時点で既に100%に達していた。優占種は調査区全体を通して、ヨモギ (*Artemisia indica* var. *maximowiczii* H.Hara.) もしくはメドハギ (*Lespedeza*



写真一5 調査区 No.5 全景



写真一6 調査区 No.5 近景

*juncea* Pers. var. *subsessilis* Miq.) であった。低木林型の主構成種となるコマツナギ (*Indigofera pseudotinctoria* Matsum.) の生育も確認され、今後コマツナギ主体の群落に徐々に移行していくものと考えられる。出現種は導入した種以外に、コドラート内では5種確認されており、施工前の集積した崩積土で確認されたメヒシバが出現していることから、森林表土を活用した効果が現れているものと推測される。また、コドラート区域外ではススキも確認されている。

以上のことから、現状では初期緑化目標に沿った形で、植生が成立していると考えられる。ただし、コマツナギ等のマメ科肥料木が優占すると植生遷移が停滞するということが知られており、周辺植生への遷移については懸念が残る。森林表土と在来種主体（購入）の種子配合を組み合わせた種子配合評価は、今後の追跡調査や他現場の施工事例との比較が必要である。

## 5. 施工事例-2 在来種種子配合による修景緑化

現地発生表土に購入在来種を配合（表一5）して法枠内に吹付け修景緑化を計画した施工事例である。現地発生材としては伐採木（根株、枝葉）をチップ化して使用した。

表-5 施工事例-2 種子配合

植 物 名	発芽期待本数 (本/m <sup>2</sup> )
バミューダグラス	20
クリーングレッドフェスク	20
ヨモギ	50
メドハギ	20
ヤマハギ	60
コマツナギ	60
合計	230

施工方法は高所施工システム（ポンプ圧送方式）である。

写真-7は施工直後、写真-8は施工2年後の法面状況の写真であるが、配合種子である低木のヤマハギ、コマツナギ、草本のメドハギ、ヨモギが優勢に生育しており、当初の目的である修景緑化が達成されていることがうかがえる。表土利用による自然環境の復元と保全に関しては、購入在来種を用いた緑化の是非を含めて、長期的な植生の追跡調査が必要である。

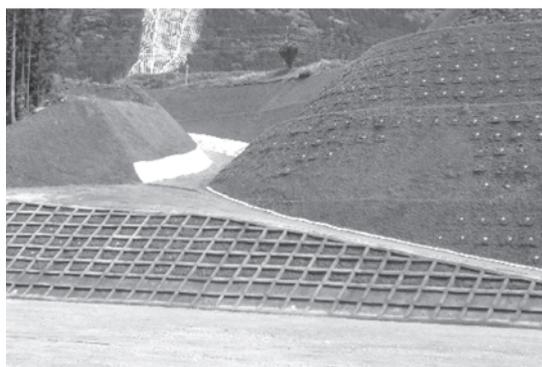


写真-7 施工直後の法面状況全景

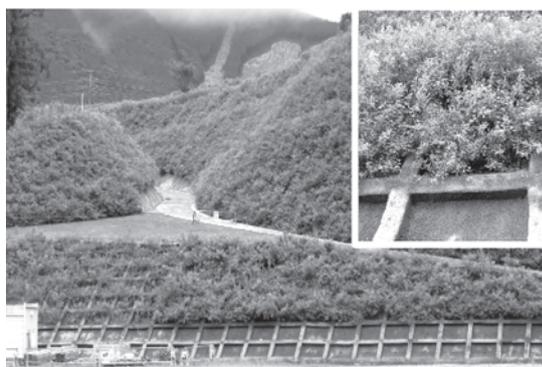


写真-8 施工後2年植生状況

## 6. おわりに

森林表土や現地発生土を利用する工法は、自然侵入促進工（待受け工法）などに比較して、植生の早期回復ができ、また、社会的な課題となっている現場発生材や災害廃棄物の有効利用が可能という観点から有用な工法としての一面を有している。しかしこれらの現地発生材や表土を用いる工法は、計画の段階から、森林表土の採取地や保管、集積方法などの十分な検討が必要な工法である。また、表土に含まれる埋土種子（発芽生育する植物）の同定や発芽本数などを事前に確定することが困難である。そのため、導入に対する多くの準備が必要であり、緊急を要する災害復旧などの工事にそぐわない一面も有している。

また、植生に関しては、日本本来の在来種と購入在来種（外国産在来種ともいわれる）の取り扱いについて、実際に施工する現場で導入する場合の経済性、施工性、種子の入手方法などの多くの課題があることも否めない。

## 謝 辞

最後に本報告の執筆にあたり、工事関係者の皆様には多大なるご協力を頂きました。ここで感謝の意を申し上げます。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 日本道路協会 道路土工 切土工・斜面安定工指針平成21年度版. 260-263.
- 2) 国土技術政策総合研究所 (2013) 地域生態系の保全に配慮した法面緑化工の手引き.
- 3) 環境省 (2015) 自然公園における法面緑化指針
- 4) 日本緑化工学会 (2019) 生物多様性保全のための緑化植物の取り扱い方に関する提言2019, 日本緑化工学会誌, 44 (4), 622-628.
- 5) ネッコチップ工法研究会 (2018) 技術資料.

### 【筆者紹介】



横塚 享 (よこつか すずむ)  
 (株)熊谷組  
 土木事業本部 環境事業部



石垣 幸整 (いしがき ゆきと)  
 日特建設(株)  
 技術開発本部 ICT 開発部