

樹木を用いたのり面緑化手法の検討

建設省土木研究所環境部緑化生態研究室

1. はじめに

公共工事において出現する造成のり面は、表層の侵食防止のため、植生による保護工が従来から行われている。また、最近では、周辺の生活・自然環境の保全、景観の改善を目的として、樹木を積極的に導入し、早期に樹林を形成することが求められている。

しかしながら、のり面を樹林化する工法は、播種によるもの、苗木を植栽するもの等、多種多様なものがあるが、各工法の適用や具体的な技術については、まだ不明確な部分も多く、体系だった考え方を整理されていないのが現状である。

本研究は、今まで各地において実施されてきたのり面樹林化工法の実態を把握し、各工法の特徴や課題を抽出するとともに、今後、のり面の樹林化を実施するうえでの基本的な考え方や方向性について取りまとめたものである（建設省技術研究会：平成9～10年度）。本報文はその概要について述べるものである。

2. のり面樹林化工法の概要

のり面に樹木を導入する方法は、大きく「播種工」と「苗木植栽工」に分けられる。

2.1 播種工

木本種子を吹付基材に混入して播く工法であり、作業は効率的である。しかし、混播する初期生育のよい草本種に被圧され、木本種の生育が妨げられる場合がある。そのため、現在まで活着が確認されているのは、初期成育のよいハギ類、ヤマハンノキ、ヤシャブシ等の先駆樹種、発芽・生育が安定しているシャリンバイ、ネズミモチ等、一部の植物に限られている。

2.2 苗木植栽工

苗木をのり面に植栽する方法であり、緑化目的に応じ、樹種ごとの植栽位置を計画的に定めたり、播種工では発芽しにくい樹種を用いる場合には有効である。しかし、土壤が硬い切土のり面では植

穴を掘削するのが困難であるため、編柵等の緑化基礎工を実施しなければならず、播種工に比べ、施工性に劣る。

3. 収集事例の分析

全国の「のり面樹林化工法」について、その現況を把握するため、各地方建設局及び関係公団で実施した事例の調査を行った。調査対象は切土のり面とし、平成9年度は、アンケートによる全体の傾向の分析を行った。さらに、平成10年度は、収集事例のうち、先駆樹種以外の植物（最終的に目標とする植物群落の構成種と言える。）も用いた工法に絞り込み、詳細な分析を行った。

3.1 平成9年度の事例分析の概要

収集した52事例（播種工によるもの25件、苗木植栽工によるもの27件）について地山の概要、目標樹林形態、導入木本種の内容等について分析した。

3.1.1 地山の概要

(1) 勾配

1:0.3～2.0で施工されている。苗木植栽工でも、のり枠の利用や、編柵等の緑化基礎工を併用している事例が多く、急勾配になるほど播種工の割合が高いという傾向ではない（図-1）。

(2) 地質

播種工、苗木植栽工とも土砂での施工事例が半分を占めている（図-2）。

また、少数ではあるが、モルタル、コンクリート面での施工事例も見られた。

3.1.2 目標とする樹林形態

苗木植栽工では高木林、播種工では低木林とい

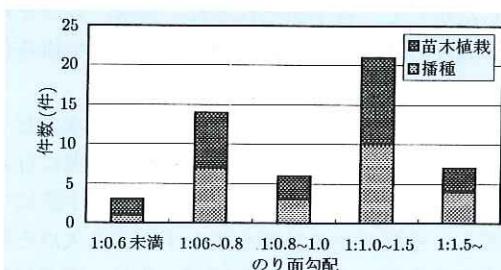


図-1 適用勾配

う傾向である(図-3)。播種工では導入可能な樹種が、現状ではハギ類等の先駆性の低木種に限られているため、目標が低木林にしかならないものと想定される。

3.1.3 導入木本種の内容

播種工については大部分が先駆樹種を用いたものである。苗木植栽工では適用樹種の範囲が広がり、先駆樹種以外の植物を用いている事例も多い(図-4)。

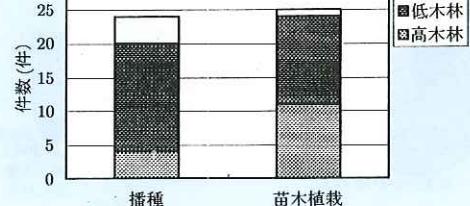
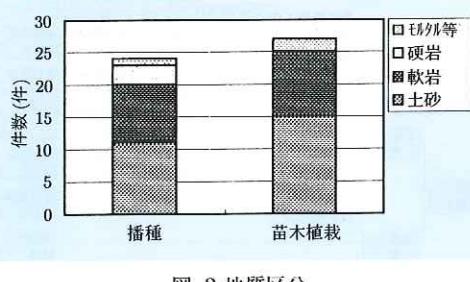
3.2 平成10年度の事例分析の概要

平成9年度に収集した52事例のうち先駆樹種以外の植物も用いた38事例に平成10年度に新たに収集した20事例を加えた58事例(播種工によるもの17件、苗木植栽工によるもの41件)について、導入木本種・導入草本種の内容、施工コスト等について分析した。

3.2.1 導入木本種について

(1) 導入木本種の内容

播種工、苗木植栽工とも、先駆樹種を併用している事例が多い(図-5)。特に、播種工については、先駆樹種以外の植物のみの施工事例は無かった。播種工に関しては、先駆樹種以外の植物では施工実績のある樹種が少ないと、先駆樹種以外の植物は大部分が大粒の種子でありそれを導入するには吹付け厚さを厚くする必要があること、先駆樹種以外の植物は成長が遅く草本との競合において被圧を受け易いこと等により、このような結果に



なったものと想定される。

苗木植栽工については、先駆樹種以外の植物のみで行われている事例もある。これは緑化基礎工を行い十分な生育基盤を確保すれば、成長の遅い植物のみでも施工が可能であり、草本との競合による被圧に対して播種工よりも有利であるためと想定される。

(2) 先駆樹種以外の植物の内容

播種工、苗木植栽工で用いられている主な先駆樹種以外の植物の内容を表-1に示す。播種工については、導入樹種の種類は全部で27種であり、苗木植栽工の63種に比べ少ない。

3.2.2 導入草本種について

導入草本種の発生期待本数は、播種工については200本/m²未満の事例が多い。苗木植栽工については、発生期待本数の設定が様々であり、1,000本/m²を越える事例も見られた(図-6)。

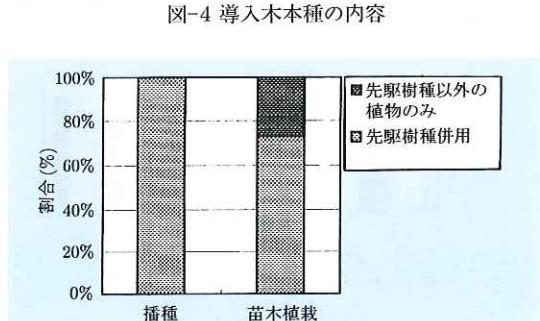
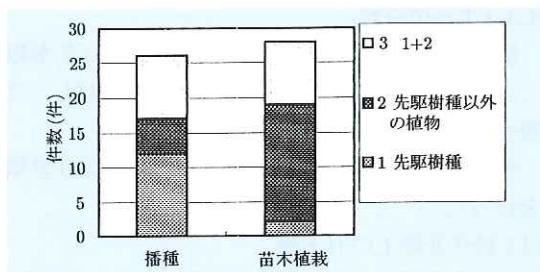


表-1 導入されている主な先駆樹種以外の植物の内容

播種工	苗木植栽工
アラカシ、シラカシ、ウバメカシ、アカガシ、スダジイ、タブノキ、ネズミモチ、シャリソバ、ヤブツバキ、ヒサカキ、トベラ、ヤマモモ、サザンカ、コナラ、クヌギ、カシワ、フヨウ、ヤマモミジ他、 全27種	アラカシ、シラカシ、ウバメカシ、アカガシ、スダジイ、タブノキ、ネズミモチ、シャリソバ、ヤブツバキ、ヒサカキ、トベラ、ヤマモモ、サザンカ、モチノキ、イヌツゲ、アオキ、コナラ、ミズナラ、クリ、クヌギ、カシワ、ケヤキ、フヨウ、ヤマモミジ、イロハモミジ、イタヤカエデ、ヤマザクラ、ケヤキ、トチノキ、リョウウブ他、 全63種

苗木植栽工の一部の事例では、草本が密に繁茂しすぎ苗木の被圧が見られるものもあった。苗木植栽工は、外来草本種による播種工が完了した後に行われる場合が多く、播種工の実施時に苗木の被圧を考慮した外来草本種の発生期待本数の設定がなされていないものと思われる。

3.2.3 施工コストについて

播種工については、ほぼ5,000~9,000円/m²となっている。苗木植栽工については、緑化基礎工の違いにより、様々であるが、最も多い事例でも施工コストは、15,000円/m²であり、播種工の2倍近いものとなっている(図-7)。

3.3 代表工法の分析

収集した全国の樹林化事例について、播種工、苗木植栽工それぞれの工法の細分化を行い、現地概査による所見も加えて、各工法の特徴や課題を抽出した。

3.3.1 工法の分類

播種工については、木本類の導入方法(草本類との混播か。木本類のみの播種か。)に着目し、分類を行った。

苗木植栽工については、以下の項目により分類を行った。

(1) 緑化基礎工の有・無

(2) 緑化基礎工の導入形態:新たに設置するのか。

緑化基礎工以外の目的で造られた構造物(のり枠

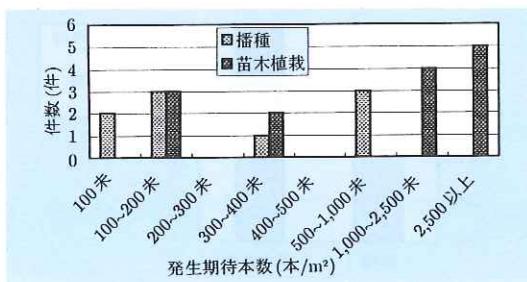


図-6 導入草本種の発生期待本数

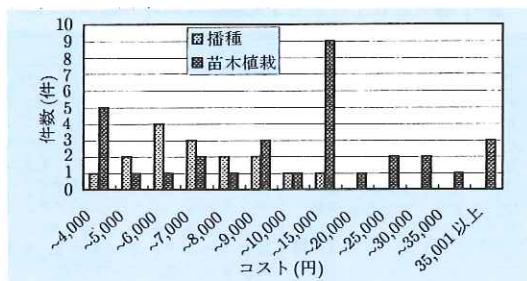


図-7 施工コスト

等)を利用するのか。

(3) 生育基盤の造成方法:のり面全面的な基盤なのか。苗木の根鉢周りの部分的な基盤なのか。

(4) 生育基盤の種類:客土によるものか。厚層基材等の人工基盤によるものか。

(5) 苗木の導入方法:基盤整備の後に植栽を行うのか。(生育基盤を整備した後に苗木を植栽する。)基盤整備の前に植栽を行うのか。(苗木を植栽した後に生育基盤を整備する。苗木を植栽した生育基盤を設置する。)

上記の観点により分類した結果を図-8に示す。

3.3.2 代表工法の採用割合

播種工、苗木植栽工のそれぞれについて、図-8で分類したタイプ別に、採用割合を集計した(図-9、10)。播種工においては、事例の大部分が草本との混播による方法であり、苗木植栽工については、全体の3/4の事例が緑化のための基礎工を新設している。

3.3.3 代表工法の特徴と課題

分類した各代表工法の特徴と課題を以下に示す。

① 播種工 草本との混播による方法

種子を植生基材と一緒に吹き付ける手法で、草本類の種子を混播している。先駆樹種が優占して

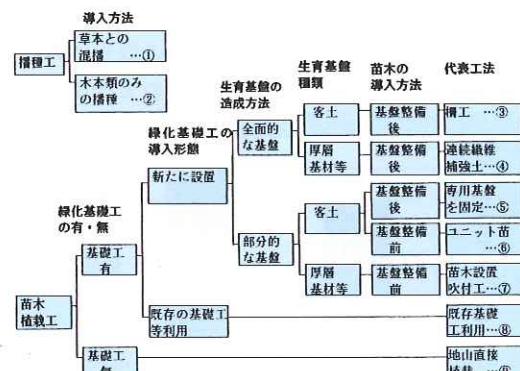


図-8 設定した分類項目による工法の分類

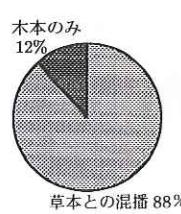


図-9 播種工における採用割合

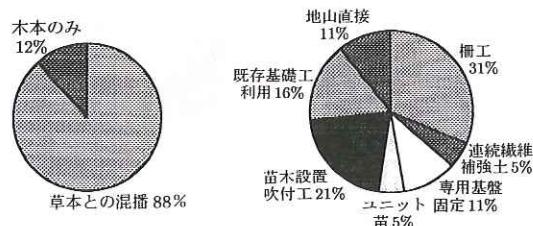


図-10 苗木植栽工における採用割合

いる事例が全般的に多い。

② 播種工 木本類のみの播種による方法

種子を植生基材と一緒に吹き付ける手法で、木本類の種子のみを使用している。草本類の播種を行わないため、表層の被覆が十分でない事例がある。

③ 苗木植栽工 棚工による方法

のり面に棚状の工作物を設置して、地山との間に客土を行い植栽する手法である。使用する資材により、編柵、丸太柵、板柵、金網柵、合成樹脂柵、鋼柵、エキスパンドメタル柵等がある(図-11)。導入種の生育状況は良いが、コストや

作業手間がかかる事例が多い。

④ 苗木植栽工 連続繊維補強土による方法

連続繊維補強土により基材を20cm程度に厚

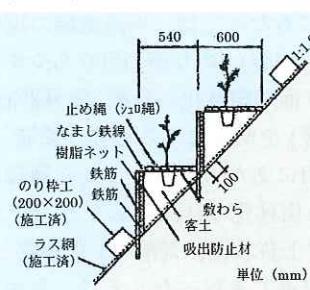


図-11 断面図

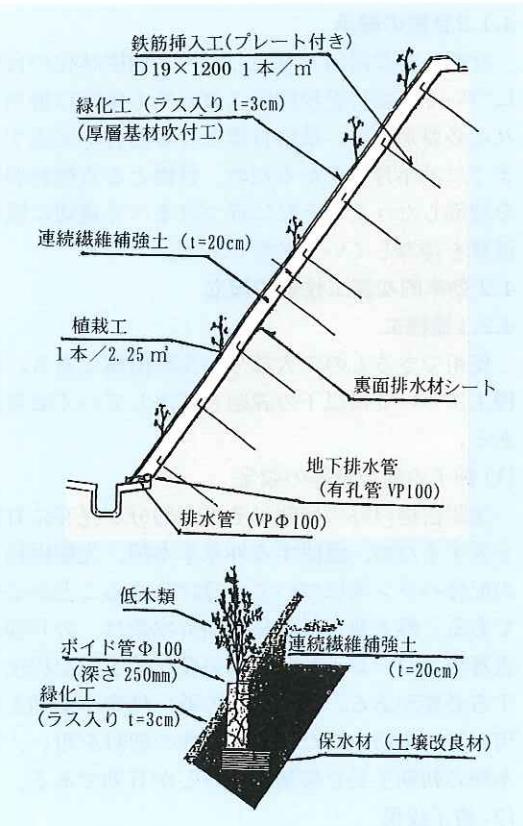


図-12 断面図

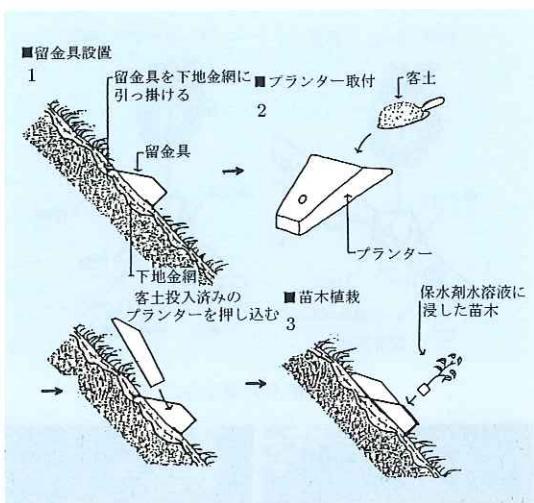


図-13 プランターの設置順序

く吹き付け、吹き付けた基材を生育基盤として苗木を植栽する手法である(図-12)。

今回調査を行った事例は、草本類の播種量が多く、それらにより導入木本種が被圧されており、生育基盤の評価は行えなかった。

⑤ 苗木植栽工 専用基盤の固定による方法

土のうやプランターボックス等の植栽専用基盤に客土を充填したものをアンカーやストッパー等でのり面に固定し、その中に苗木を植栽する手法である(図-13)。生育は概して順調であるが、後述の⑥に比べ現地での作業手間はかかる。

⑥ 苗木植栽工 ユニット苗による方法

厚層基材吹付工等で造られた基盤の上に、座布団状の袋に客土を詰めた植栽基盤に苗木を育成させたもの(ユニット苗、図-14)を、そのままのり面にアンカーで固定する手法であり、現地での設置手間の軽減を図ったものである。調査を行った中央自動車道の事例は開発予定地より樹木の種子を採取し、苗木に育成したものを使用しており、生育も良好であった。

⑦ 苗木植栽工 苗木設置吹付工による方法

苗木をのり面に金網やアンカーピン等で固定した後、根鉢の周りに生育基盤材を厚く吹き付ける手法である(図-15)。調査を行った国営讃

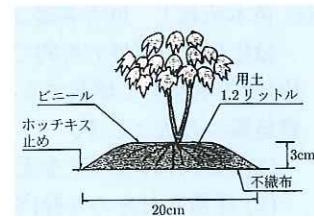


図-14 ユニット苗の断面図

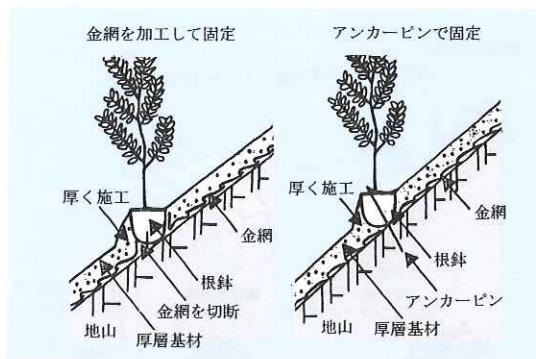
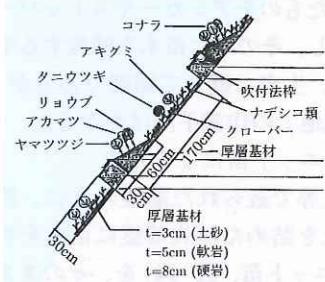


図-15 苗木の固定方法



写真-1 国営讃岐まんのう公園でのネズミモチの根系状況



岐まんのう公園では導入したネズミモチ、シャリシンバイの太い根系が地山に侵入するほど、良好に生育していた(写真-1)。

図-16 工法(3)の断面図

- ⑧ 苗木植栽工 既存基礎工利用による方法
緑化基礎工以外の目的で造られた構造物(のり枠)等を利用して植栽する手法。これらには、基盤整備の方法として、

- (1) のり枠に土のうを充填
- (2) 厚層基材をのり枠内全面に吹付
- (3) のり枠下側のフレームに厚層基材を吹溜め(図-16)

等がある。

- ⑨ 苗木植栽工 地山直接植栽による方法
地山に植穴を掘り、直接植栽する方法で地山自体を当初から生育基盤とする工法である。硬質、急勾配が主体である切土における工法としては、

むしろ特殊であり、土質や勾配の条件が良くなないと採用できない。

4. のり面樹林化工法の課題と今後の方向性

上述の結果をふまえ、のり面樹林化工法の課題及び今後ののり面樹林化の方向性について以下のように整理した。

4.1 樹林化の目標設定

4.1.1 樹林化の目標の明確化と効率的な工法の選定

収集した事例の中には、採用樹種が周辺樹林の構成種と適合していないもの等、目標設定が不明確のものも見られた。

のり面の樹林化にあたっては、当該地域の環境(周辺自然環境の質、内容)、のり面の目立ちやすさ等から、個々ののり面の樹林化の目標(樹林形状、構成種、完成時期等)を明確にする必要がある。

また、工法の適用にあたっては、これら周辺環境等から設定される樹林化の目標をふまえ、かつ、のり面自体の条件(土質状況、勾配等)を考慮し、必要に応じ目標の見直しを行ったうえで、実施可能な効率的な工法を適用する必要がある。

4.1.2 目標の継承

計画・建設段階で設定したのり面樹林化の目標について、維持管理段階においても確実に継承される必要がある。最終目標となる樹林が完成するまでには年月がかかるため、目標となる樹林形態を理解したうえでそれに近づけるべく適切に植生遷移を誘導していく必要がある。

4.2 効率的な施工技術の確立

4.2.1 播種工

使用できるものの大部分が先駆樹種である。播種工については以下の課題を解決していく必要がある。

(1) 種子の配合量等の設定

先駆樹種以外の植物はその大部分が発芽に日数を要するため、混播する外来草本種、先駆樹種との配合バランスについて十分吟味することが必要である。外来草本種の発生期待本数は、のり面の表層のエロージョン防止に必要な最小限な程度とする必要がある。また、丈の低い外来草本種を採用し被圧を防止したり、緩効性の肥料を用い、草本種の初期生長を抑制することが有効である。

(2) 施工技術

先駆樹種以外の植物はその大部分が大粒の種子

であり、吹付時に種子が地山にあたって跳ね返るため、生育基盤への定着が少なく効率が悪くなる。

これを解決するためには、吹付工のみに固執せず、臨機応変に施工方法を見直すことが必要である。大粒の種子を用いる場合は、マット、シート工を併用し、生育基盤への定着を図ったり、苗木植栽工に置き換えるとか、他の工法の併用も考慮する必要がある。

(3) 採取及び保存方法

木本種子は年によって結実の程度が異なり、採取量にむらがあるため、事前に計画的採取を行わないと確保が困難である場合が多い。

また、先駆樹種以外の植物はその大部分が乾燥を嫌い、加えて、大粒の種子が多いため、これらに対応する大規模な保湿低温貯蔵庫が必要となる。しかし、種苗会社では発注者のそれらの使用計画等の情報が皆無であるため、そのような設備を投資するには不確実性が残り、保存が容易である外来草本種や先駆樹種に偏ってしまうことになる。

これらを解決するためには、木本種子の使用計画の公表と計画的採取による保存量の平準化が必要である。また、現況の発注形態は、のり面緑化工事の中に木本種子の調達等も含んでいるが、種子の採取、保存については工事とは切り離し、発注の前年度までに別途計画的に行い確保するという体制をとれば確実性は向上すると思われる。さらに、木本種子の採取にあたっては、地元の森林組合等と連携するような効率的な体制づくりが望まれる。

4.2.2 苗木植栽工

苗木を活着させるための効率的な生育基盤整備技術の確立が必要である。苗木の活着を促すためには、生育基盤の整備は重要な要件ではあるが、それがあまりにも大規模になるとコスト面、施工面でものり面樹林化の普及は困難になる。また、急勾配、硬い土壤というのり面の条件を考慮すると、現場での施工を短時間で効率よく実施するための工夫が必要である。

収集事例の中には、苗木設置吹付工法のように、苗木を植栽する部分のみのスポット的な生育基盤整備でも十分に生育しているものやユニット苗工法のように、生育基盤、苗木の植付等を事前にを行い、現場での作業を軽減するような工夫をしているものも見られた。

今後とも、様々な生育基盤で行われた各地の事

例を継続的にモニタリングすることにより、採用樹種の特性にあわせた効率的な生育基盤整備技術を確立することが必要である。

4.3 新たなニーズへの対応

生態系の保全やリサイクル社会の構築が求められており、のり面樹林化にあたっても、そのようなニーズに対応したものとする必要がある。建設工事により発生する自然資源についても積極的に利用し、地球環境に負荷を及ぼさない施工が望まれる。

表土については、地域の自生種の種子や昆虫類、土壤微生物等を多く含んでおり、有機物に富んだ土壤である。これらをのり面緑化に利用することは、当該地域の自然に適合した植生を復元することができる。また、伐採される樹木についても、あらかじめ種子や苗木、根株等を採取し緑化材料として使用する他、枝、幹等は細かく裁断し、堆肥化することにより、緑化基盤材として使用することが考えられる。

5. おわりに

本研究により、のり面樹林化の現状、各工法の課題、今後の方向性に関する程度整理することができた。現在、これらの課題、方向性をふまえ、当研究室においては、各種木本類の発芽試験、混播による生育状況の把握、各種工法の継続モニタリング等を行っているところである。

今後これらの結果をふまえ、のり面樹林化に関する詳細技術を確立し、各種工法の適用基準及び施工基準を検討する予定である。

また、のり面樹林化については、このような技術的なことだけではなく、目標設定の方法、種子の採取・保存方法、発注体制、地域との連携等、課題は多岐にわたっている。これらも視野に入れ、各関係機関とも連携して検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 半田真理子、飯塚康雄、前田博、有村恒夫、藤崎健一郎：木本植物によるのり面緑化に関する調査研究報告書、土木研究所資料第3334号、1995.11
- 2) 山寺喜成、安保 昭、吉田 寛：自然環境を再生する緑の設計—斜面緑化の基礎とモデル設計—、(社)農業土木事業協会、1993.11
- 3) 建設省：樹木を用いたのり面緑化手法の検討、第51～52回建設省技術研究会指定課題論文集、1997-1998.

<文責>

建設省土木研究所環境部緑化生態研究室長 藤原宣夫
同 緑化生態研究室主任研究員 森崎耕一