

国内産自生種による自然回復緑化



所属名：東興建設株式会社

発表者：吉田 寛

1. はじめに

「法面緑化」という言葉を聞くと、おそらく多くの方々は緑化用外来牧草やイタチハギなどの外来種(日本生態学会編 2002)による緑化を思い浮かべられるのではないだろうか。特に昨今では、法面や治山緑化で古くから多用されてきた外来草本のウィーピングラブグラス(シナダレスズメガヤ)が河原固有の生態系に悪影響を与えており、今後もその分布域の拡大が予測されるなど(村中・鷲谷 2001)、一部では緑化は地域生態系を攪乱する元凶のように思われている感もある。

緑化工と緑化用外来牧草の関係は古く、オープンサイトへの逸脱が指摘されている代表格であるトールフェスク(オニウシノケグサ;当初輸入されたのはトールフェスクの一品種であるケンタッキー31フェスク)とウィーピングラブグラスは、1949年にアメリカ合衆国より輸入され、前者は1951年の広島県における治山工事、後者は翌1952年に岡山県のはげ山復旧工事でそれぞれ初めて使用された(倉田 1979, 新田 1995)。それから約50年が経過した今、森林の回復と引き換えにこれらの植物が一部で悪さをしているようである。

緑化用外来牧草やイタチハギなどの緑化用植物を主体とする緑化工が、荒廃の進んだ国土や高度成長期以降に生じた大面積の法面から土砂流出を早期に防止し、河川の氾濫を抑制し、緑の回復に大きく貢献してきた事実は歴史的にも評価されるべきものであろう。しかし、その一方で現在では外来種問題が大きな社会問題になりつつあることも事実であり、法面防災とともに要求度が急速に高まりつつある自然回復という目的にもっと目を向け、法面緑化のあり方を考え直すべき時期にきている(日本緑化工学会 2002, 日本緑化工学会斜面緑化研究部会 2004, 吉田 2005)。

2. 播種工による法面緑化の特徴

一般的に「法面緑化」、中でも「法面の樹林化」というと、大多数の方々は苗木を植える「植栽工」をイメージされるのではないだろうか。しかし、庭先や公園などの平地に植栽する場合と異なり、法面のような急勾配斜面に植え穴を掘ったり、土留柵などの構造物を作って植栽すると、法面内への浸透水の増加や地山の風化促進により、法面の不安定化や崩壊の原因となる場合がある。また、植栽工で導入された樹木は、植栽木どうしの根系の絡み合いが少なく、主根が消失してしまうなど、不自然な根系形態になることが指摘されており、法面防災的な見地からも問題があるといわれている(福永 1998, 山寺 1989, 山寺ら 2002)。

これに対して、自然林が形成された順序と同じようにタネを蒔く「播種工」によって導入された樹木は、成立した樹木どうしの根系の絡み合いが多く(ネット効果)、しかも主

根が深く伸張する（杭根効果）特徴がある（図-1）。播種工は、こうした特徴から生きた補強土工法として表層崩壊を防止する機能が期待でき、防災機能が求められる法面緑化工法として優れていることに加えて、植栽された人工林と比較して、自然間引きによる密度の調整がスムーズに進むことから、健全な樹林を形成する上でも有効な手法といえる。

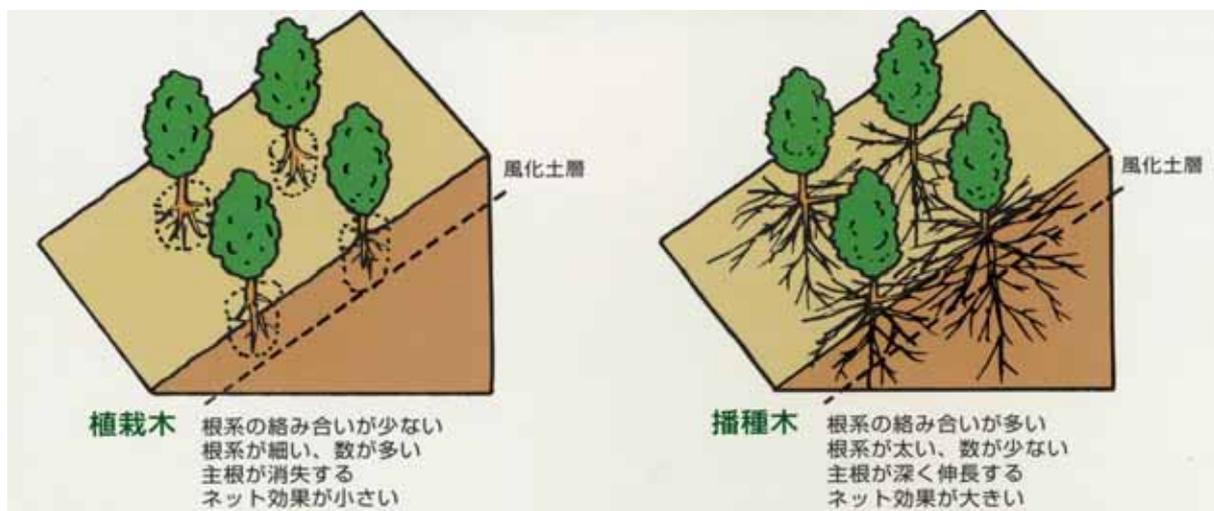


図-1 植栽木と播種木の根系の違い

3. 厚層基材吹付工を応用した斜面樹林化工法

法面緑化工において、「播種工」は機械施工法（植生基材吹付工）と人力施工法に大別され、さらに機械施工法は、種子散布工、客土種子吹付工、厚層基材吹付工に分類される（日本緑化工学会編 1990）。厚層基材吹付工は、空気圧縮機（コンプレッサ）とモルタルコンクリート吹付機（以下、吹付機という）を用いて、生育基盤材、種子、肥料などからなる植生基材を圧送して法面に吹き付けることにより、一般的には3～10cm程度の厚みの生育基盤を造成する工法で、現在の主要な法面緑化工法になっている。

ここで紹介する自生種種子を用いた法面緑化工法は、この厚層基材吹付工の施工技術を応用した自然回復緑化手法であり、種子の採種・調整・貯蔵・品質検定から施工に至る一連の流れを統合して、法面に木本植物群落を効率的に形成させる手法を提供するもので、「斜面樹林化工法」と称されている（斜面樹林化技術協会 2002）。

斜面樹林化工法は、自生種の木本植物を主体に用い、先駆種と遷移中後期種～極相種の種子を同時に混播することによって、多層構造を有する木本植物群落を早期に形成させるもので、従来の緑化用外来牧草群落やマメ科低木群落からスタートする法面緑化と比較して、植生遷移を早め、自然回復を促進させるところに特徴がある（図-2）。そのため、法面防災機能の向上、生態系の早期回復・保全、周辺の森林環境・森林景観との調和などの諸機能のほか、地球環境問題を踏まえたCO₂固定能においても優れた効果を有している。

斜面樹林化工法は、木本植物の発芽生育に適する生育基盤を造成するために、一定の品質を維持可能なように材料配合（使用材料）を特別に定めている。材料配合に関する詳細説明は技術資料（斜面樹林化技術協会 2002）に譲り、本項では、自生種種子を用いた法面の自然回復緑化を行う上で重要な4つのポイントについて解説する。

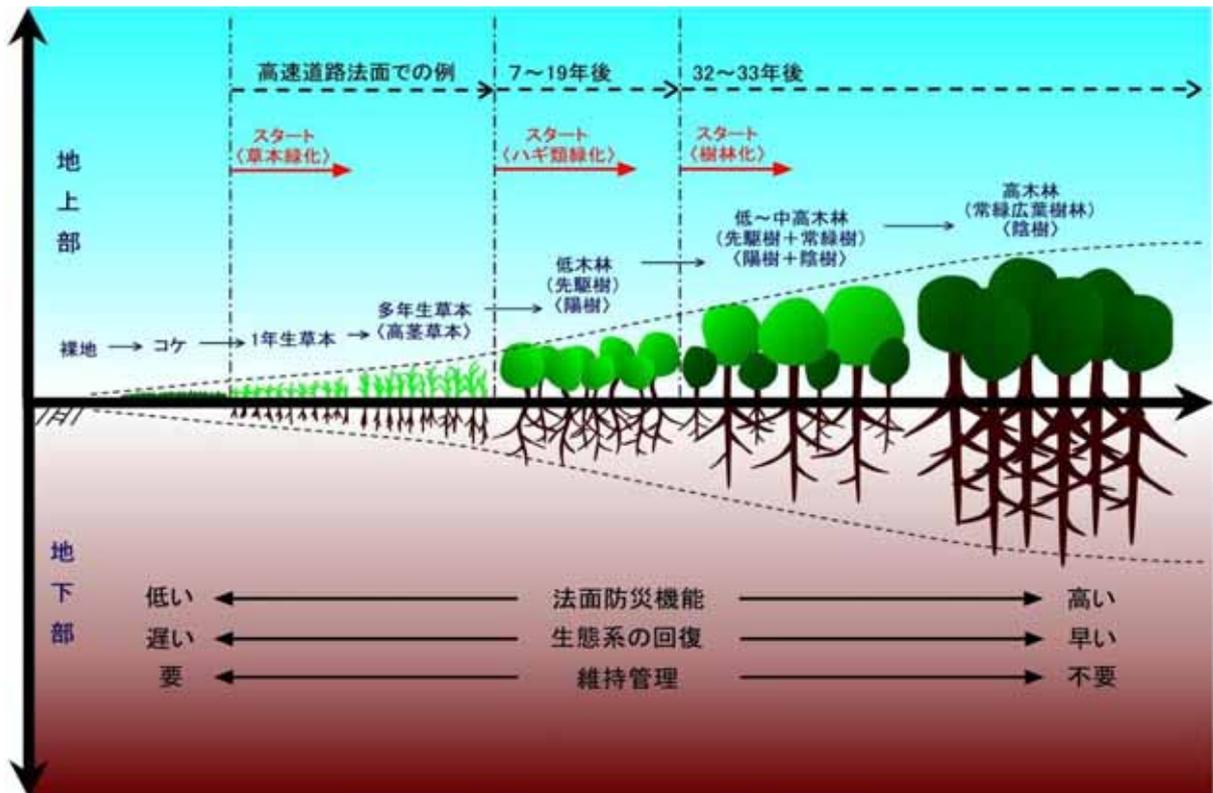


図-2 植生遷移系列上における法面緑化手法の位置づけ

3.1 自生種種子の採種

自生種種子を用いた法面緑化を行う場合、種子の確保は非常に重要な問題である。現時点では自生種種子は一般的に流通しておらず、これまでの緑化用植物と同じように種苗業者から購入することは難しい。また、種子採種を外注した場合、種子の入荷経路が不透明な場合がほとんどであり、自生種を指定して注文した種子が実は外国産であったなどという本末転倒な話も実際に存在する。このような植物材料のルーツの曖昧さは、何も種子に限定されるものではなく、広く流通している苗木の多くも、外国を含む他地域から集められた移入種の種子等を基に生産されているのが現状である。

自生種種子は、その採種年による豊凶があることはもちろんのこと、採種時期（種子の熟度）によっても大きく品質が異なるため、高品質の種子を確保するためには、採種段階まで遡った対策が必要となる。こうした諸問題に対応するため、私たちは1995年に斜面樹林化技術協会を立ち上げ、法面緑化で使用する自生種種子の採種から積極的に関与する体制を構築し、採種地が明確かつ高品質の種子を緑化工事で使用することにより、自然回復を図る手法を実用化している。

3.2 自生種種子の調整・貯蔵

種子に関する教科書を紐解くと、木本種子の多くは土中埋蔵や湿潤低温貯蔵を行うとされている。実際に種子の貯蔵を行った方は御経験があると思うが、単に土中埋蔵や冷蔵庫で貯蔵しても種子が劣化・腐敗してしまうことが多く、発芽率を維持した状態で1~2年以上の中長期にわたり貯蔵することは非常に難しい。しかし、法面緑化を行う場合には、工事を行う時期、つまりタネを蒔く時期は採種直後に限定されないため、採種した種子を施

工時期まで品質を保った状態で貯蔵することが必要となる。

種子には、乾燥貯蔵型種子と湿潤貯蔵型種子があるが、自生種の本種種子の多くは湿潤貯蔵型種子であり、その貯蔵には高度の技術を必要とする。実際に種子を緑化工事で使用する場合、従来の貯蔵方法では経済的にも品質的にも満足できる種子を得ることは困難である。そのため、斜面樹林化技術協会では、種子の含水率調整を主体とする前処理と、各種子の生理的特性に応じた湿度コントロールを行うことにより、少なくとも2年間は種子の品質を保持できる独自の貯蔵手法を採用している。

近年では、住民参加型の公共事業なども盛んに行われているが、集められた種子の貯蔵に苦慮したケースも多いのではないだろうか。斜面樹林化工法は、地元で採種した種子を施工時まで貯蔵して緑化工事で使用することも可能であり、世界遺産に登録された屋久島における法面緑化などにおいても活用されている（秋田ほか 2001）。

3.3 木本種子の早期発芽力検定

播種工を適用する場合、種子の品質（発芽率）は播種量を算出する上で重要パラメータとなる。これまで法面緑化で使われていた緑化用植物は乾燥貯蔵型種子で、種子の劣化は非常に緩慢なため、採種後に行われる品質検定結果を基に年間を通じて播種量の算出を行っても、形成される植物群落に大きな影響を与えることはなかった。しかし、湿潤貯蔵型種子が多い自生種種子を用いて自然回復緑化を図る場合には、貯蔵方法によっては貯蔵期間中の発芽率の変動が大きいと、事前に緑化工事で使用する種子の品質検定を行わないと、緑化目標を達成する上で必要となる正確な播種量を算出することができない。

これまで、緑化用植物の発芽試験というと、シャーレに濾紙等を敷いて種子を並べて発芽率を測定する発芽試験が行われてきたが、湿潤貯蔵型種子に適用した場合にはすぐにカビが生えて種子が劣化・腐敗し、挙句の果てにはキノコまで生えてくることを御経験された方も多いはずである。

そのため、斜面樹林化工法では木本種子の発芽率を1週間内外で検定する「早期発芽力検定法」という品質検査方法を採用して種子の品質検定を行っている（日本樹木種子研究所 2002, 長ほか 2004）。この方法は、従来の発芽試験やテトラゾリウム試験と比較して種子配合設計に即した発芽率（早期発芽力検定値）を得ることができる（表-1）。早期発芽力検定法の確立により貯蔵種子の品質管理が飛躍的に簡易化されたほか、例えば、住民参加で採種された種子の品質を速やかに検定して設計に反映することなどが可能となった。

表-1 発芽試験方法の比較

試験方法	発芽試験	テトラゾリウム試験	早期発芽力検定法
試験期間	最低で2~3カ月間	2日間	1週間前後
得られる結果	発芽率 (発芽した種子の割合)	種子の生死(発芽できない種子もカウントされる)	発芽能力を有している種子の割合(早期発芽力検定値)
試験の難易度	容易 種子が休眠していたり、カビが発生した場合には、正しい結果が得られない。	やや困難 着色反応の判定基準に個人差があると、正しい結果が得られない。	困難(技術を要する) 実際に発芽能力を有している種子の割合を短期間で正確に測定できる。

3.4 斜面樹林化工法 2層吹付システム

従来の厚層基材吹付工は、使用する緑化用植物が价格的に安価な外来種であったことから、種子の出芽可能覆土厚よりも厚い生育基盤を造成する場合に、その全層に種子を混合しても種子価格が工法価格に与える影響はほとんどなかった。しかし、自生種による法面緑化は、採種や貯蔵に手間のかかる高価な種子を使用する関係で、工法価格に占める種子価格の割合が極めて大きくなるため、経費の縮減と貴重な植物材料の有効利用は大きな課題であった。

これまで、厚層基材吹付工により種子を含まない層と含む層の2層からなる生育基盤を造成するためには、まず吹付作業員（ノズルマン）が種子を含まない1層目の生育基盤を吹き付けた後、2層目の生育基盤層の接着性を高めるために散水やネット張工を行い、再び最初の位置に戻って種子を含む2層目の生育基盤を重ねて吹き付ける3工程の作業が必要だった。しかし、こうした施工を行った場合でも2層目が剥離することがあるため、厚層基材吹付工を施工する場合には、吹き付けた生育基盤すべてに種子を混合する1層吹付を行わざるを得なかったのが実情であった。

斜面樹林化工法 2層吹付システムは、従来工法の「1層吹付」という常識を打ち破り、種子を含まない生育基盤層の上に種子を含む生育基盤層を1工程で造成する「2層吹付」を行うことにより、一般的に出芽可能な基盤表面から2cmの範囲に種子を混合させ、さらに2層目の剥離を生じることがない生育基盤を合理的かつ経済的に施工することができる（図-3）。この手法は、厚層基材吹付工の施工プラントにおいて、吹付機から吹付位置に至る材料圧送ホースの途中で種子供給機を接続する簡易な構成であることから、厚層基材吹付工に対する高い汎用性を有しており（吉田ほか 2004）、斜面樹林化工法の標準仕様に設定している。

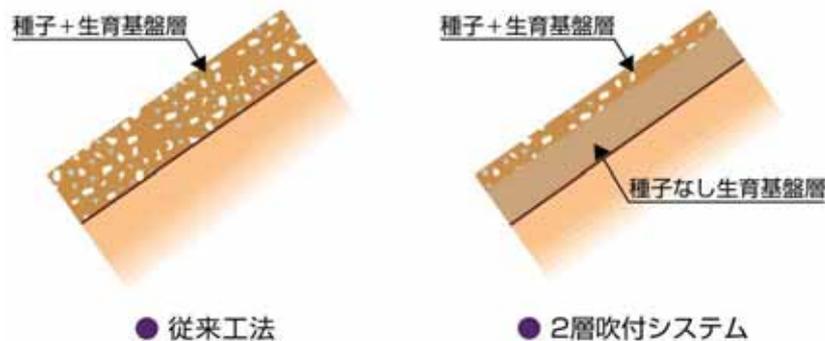


図-3 従来工法と2層吹付システムの生育基盤の違い

1) 種子の混合方法

2層吹付システムでは、種子は吹付機に投入する植生基材とは混合せずに「種子供給機」に投入する。この際、種子供給機運転時の種子破損を防止する種子保護材（有機質資材とゼオライト）と、種子入り生育基盤の吹付時、および吹付後の判別を行なう識別材（生分解性短繊維）を混合する。識別材には、生育基盤層と種子層の接着効果を高める作用も有している。これらの材料は種子供給用ミキサーで予め混合攪拌した後に種子供給機に投入され、吹付機から圧送される植生基材に材料圧送ホース内で混合される。

2) 2層吹付方法

2層吹付システムは、吹付作業員が2層目(表層)を吹付ける際に遠隔操作で種子供給機を運転することによって、吹付機から圧送される植生基材の中に種子を混合させ、種子を含まない1層目の上に連続的に2層目の種子入りの植生基材を吹付ける。生育基盤の吹付範囲は法面勾配や法面方位等の施工条件によって変動するが、吹付作業員がロープに下がった一定位置で横移動可能な範囲において1層目と2層目の施工を行い、施工位置を移動するごとにこれを順次繰り返し、法面全面に2層からなる生育基盤を造成する。

参考・引用文献

- 1) 秋田賢人・下新原博也・牛島和昭(2001)屋久島における自生種による樹林化の施工事例 - 播種工で導入した自生種の生育推移と今後の課題 - ,日本緑化工学会誌 27(1) : 250-253.
- 2) 長 信也・江刺洋司・吉田 寛(2004)木本植物種子の早期発芽力検定法,日本緑化工学会誌 30(1) : 261-264.
- 3) 福永健司(1998)導入方法の違いと樹木根系の伸長特性 - 新時代の樹林化技術に生かす - ,斜面樹林化技術協会環境緑化技術講習会資料, 1-21.
- 4) 倉田益二郎(1979)緑化工技術,森北出版, 298pp.
- 5) 村中孝司・鷲谷いづみ(2003)侵略的外来牧草シナダレスズメガヤ分布拡大の予測と実際,保全生態学研究 8(1) : 51-62.
- 6) 日本樹木種子研究所(2002)樹木種子の早期発芽力検定法(解説), 13pp.
- 7) 日本生態学会編(2002)外来種ハンドブック,築地書館, 390pp.
- 8) 日本緑化工学会編(1990)緑化技術用語事典,山海堂, 268pp.
- 9) 日本緑化工学会(2002)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,日本緑化工学会誌 27(3) : 481-491.
- 10) 日本緑化工学会斜面緑化研究部会(2004)のり面における自然回復緑化の基本的な考え方のとりまとめ,日本緑化工学会誌 29(4) : 509-520.
- 11) 新田伸三(1995)緑化工戦後 50 年,緑化工のあゆみ - 創立 30 周年記念出版 - ,日本緑化工協会, 16-31.
- 12) 斜面樹林化技術協会(2002)斜面樹林化工法技術資料第 3 版, 54pp.
- 13) 斜面樹林化技術協会(2004)斜面樹林化工法施工事例写真集(CD-ROM 版), 20pp.
- 14) 山寺喜成(1989)急勾配斜面における緑化工技術の改善に関する実験的研究, pp.314.
- 15) 山寺喜成・楊 喜田・宮崎敏孝(2002)植栽木と播種木との引き抜き抵抗力の相違について,日本緑化工学会誌 28(1) : 143-145.
- 16) 吉田 寛(2005)播種工による法面緑化とモニタリング手法,日本緑化工学会誌 30(3) : 532-540.
- 16) 吉田 寛・古田智昭(2004)切土法面における厚層基材吹付工(斜面樹林化工法)による木本植物群落の造成事例,日本緑化工学会誌 29(4) : 482-494.
- 17) 吉田 寛・古田智昭・伊藤健一・高柳浩樹(2004)国内産自生種種子の有効利用とコストダウンを図る厚層基材吹付工 2 層吹付システム,日本緑化工学会誌 29(3) : 438-445.