

生物多様性の高い森づくりと苗木の成長を アシストする法面保護工の開発

関 文夫¹・薄井 成夫²・高橋 靖一郎³・大西 郁⁴

¹正会員 工博 大成建設(株)土木本部土木設計部 (〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1)

²(有)ウス井樹園 (〒514-1116 三重県津市新家町1640)

³(株)LPD (〒151-0053 東京都渋谷区代々木1-17-11 小山ビル)

⁴小泉製麻(株)産業資材部 (〒104-0061 東京都中央区銀座1-6-5)

造成法面の森づくりは、基本的に苗木を用いて行う手法が有効とされている。そして、苗木が成長する期間の約3～5年の程度の間、苗木の育成環境を保全することが重要である。同時に、苗木周辺の法面の工学的な安定、保護が求められる。これまで法面保護工には、厚層基材工などの外来草本による緑化が用いられ、早期に法面の安定という工学的な効果を得られるものの、単一種の植物による環境の多様性の欠落、均一的で人工的な印象となり、環境的な課題が多かった。ここでは、これまでの農業、造園で用いられているケイ酸質を含有する植物を利用した伝統技術に着目し、この苗木の成長をアシストする法面保護工の開発した。現地にある材料でのり面保護工を構築した事例とさらに古畳をリサイクルした事例について報告する。

キーワード：森づくり、生物多様性、自然配植緑化、ケイ酸質、リサイクル、古畳、外来種

1. はじめに

造成法面の森づくりは、基本的に苗木を用いて行う手法が有効とされている。そして、苗木が成長する期間の約3～5年の程度の間、苗木の育成環境を保全することが重要である。同時に、苗木周辺の法面の工学的な安定、保護が求められる。これまで法面保護工には、法面の表層崩壊や土砂流出防止のために、外来種を用いた厚層基材工や種子吹付け工などが用いられている。しかし、これらは、早期に法面の安定という工学的な効果を得られるものの、植生基盤の衰退とともに安定性を失うこと、単一種の植物による環境の多様性の欠落、均一的な手法による人工的な印象が否めず、環境の豊かさという観点からは課題があった。

そこで、法面保護工を単なる工学的安定だけに捉われず、苗木を成長させる期間のアシスト的効果のある法面保護工の開発を行った。その着眼点は、昭和初期に法面保護工として利用されていた筵張り、押伏工と、農学、造園で用いられていた敷き藁などの伝統的技術を、現代技術として分析して、植生遷移を促す基材として開発したものである。ここでは、現地で調達したヨシを利用した法面保護工の事例と、地域、季節に限定されずに使用可能となった古畳を再利用した法面保護工の事例を報告する。

2. 自然配植緑化による森づくり

(1)生物多様性を評価の中心に

1995年に生物多様性国家戦略が提唱され、2005年には外来生物法、2008年には、生物多様性基本法が制定された。そして2010年には、生物多様性条約第10回締約国会議(COP10)が開催される。生物多様性と外来生物に対する法律が制定されている今日、造成のり面などの土木のフィールドも、新たな環境技術としての取組みが要求されていた。

緑化には、木を材とする営林、景観を目的とする造園、法面保護、土壌の侵食防止を目的とする法面緑化などがあるが、単一種の一斉林となったり、景観木を主体とした人為的な林となったり、外来種を用いることから生物多様性の観点からは、課題が多い。

自然配植技術では、生物多様性を評価の軸として、時間軸を評価し植生遷移を想定し、多種多様の異齢林で構成された森づくりを目指している。そのため、苗木の配置もランダムかつ集中的に配置し、後に遷移してくるスペースに配慮して配置計画を行うことで、時間軸に配慮して植生遷移も含めて生物多様性の高い緑化を目指している(図-1)。地域の材料で、地域の樹種を育て、地域の森づくりを基本理念としている技術である¹⁾。

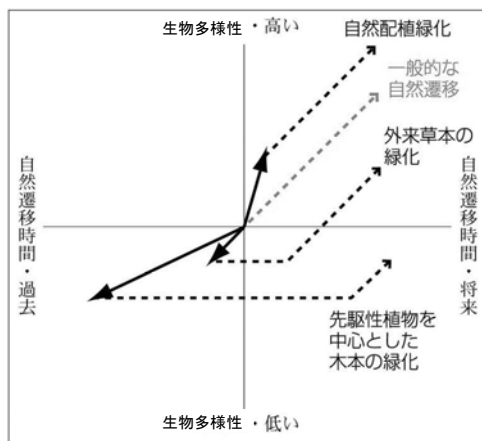


図-1 生物多様性の高い森づくりの基本方針

(2) 植物のすみわけを利用した技術

岩盤に張り付くマツ、沢に生息する樹木、同じ沢でもレキが堆積している場所では異なる植物が生育している。植物は、その場の適性（土壌微生物、土壌、傾斜角、光、水、風等）を見分け、見事にすみわけている（写真-1）。そして樹木は、時間をかけて、その場の環境より良いほうに復元する能力を持っている。植物が持つ環境復元力を理解し、その環境復元力を生かした方法を基本的な考えとする。



写真-1 がけに張付くマツ

(3) 地域性苗木の生産と地産地消

地域の自然は、地域の豊かさと個性を兼ね備えている。自然配植緑化は、その地域の根ざした植生であることを大前提としている。

苗木は、計画地周辺の種子の入手を行い、計画に合わせて、地域性苗木を生産している。

植生基盤材は、地域から入手した材料で、構成することを目標としている。土づくりは、炭による土壌改良、保水材となる材料等、地域に即した土づくりを展開している。

マルチング材は、現地の伐採材で発生したチップ材の加工や、ワラ、ヨシ、アシ、カヤなどのマルチング材の開発、それらをさらに加工したコモ、ムシロとしたのり面保護工として利用している²⁾。

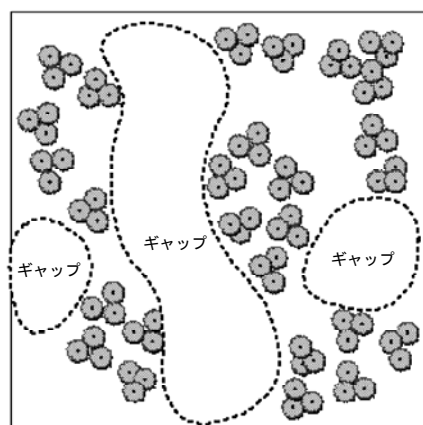
(4) 苗木1本ずつの配置を決める設計

自然配植緑化の最大の特徴は、苗木の配置を決め、森を設計するという行為が最も特徴である。

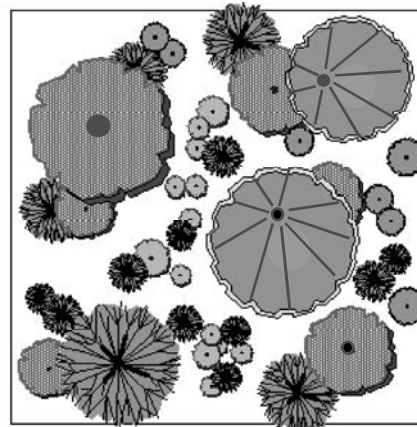
その手法は、植生遷移の過程で出現時期の異なる先駆性樹木と遷移中・後期性樹木の苗木をできる限り多数種用いて、樹林化を進める緑化である。目標群落の基本的な構造は、林冠を優占する大小、大きさの異なる島（固まり）状の小樹林を、ランダムに配置し、小樹林の林縁部、樹林内部には、遷移中・後期種が緩やかな成長ができるように配置するものである（図-2）。また、先駆性樹種と遷移後期種の組み合わせや、土壌条件によって樹種を選定することによりこの時、生育基盤が、切土など過酷な状況の場合には、それらの湧水、ひび割れ、土壌成分などを分析し、樹種の特性に合わせた配置を行うことで、早期の樹林過程を目標としている。

自然配植緑化では、こうした初期の樹林形成を目標とし、複層階層からなる異齡林構造をもった遷移後期へ進む最終的な遷移よりも、むしろ異齡林構造、複層林構造の端緒を人為的に設計することを最も重要なことと考えている。

〔配置計画〕



〔将来イメージ〕



将来の主軸になる樹木の配置を決定する。この時、樹形（自形性、他形性）に配慮する。異齡林を構成するために、意図的にギャップ（隙間）を構成する。

図-2 自然配植緑化の配置の概念

(5) 鳴門西PAプロジェクト

2002年、鳴門西PAプロジェクトでは、切土法面に自然配植緑化を実施した。すべての法面を一律に緑化するのではなく、走行車線の安全性の確保、維持管理、土質状況、残存林の保護や自然回復の考え方を整理し、“できるだけ緑化する”という考え方で実施した。例えば、尾根部では、硬岩が露呈するため、植生遷移に期待した長期的な自然回復部分とし、林縁部では、マント植栽も兼ねて緑化している（図-3）。

森を再生する基軸を設定し、現地の特性に合わせて、数万本の苗木を1本ずつ配置を検討し、苗木を配植した。将来の主木となる樹木、遮光木、景観木を合わせて配置し、竣工直後を写真-2、5年経過時での状況を写真-3に示す。尚、法面保護工には、厚層基材工を使用している。



図-3 鳴門西PAプロジェクト緑化目標



写真-2 鳴門西PAプロジェクト（2002年）



写真-3 鳴門西PAプロジェクト（2007年）

3. 現状の法面保護工の課題と今後の役割

(1) 法面保護工と表土移植の課題

法面保護工として代表的な手法として、昭和40年代に開発され厚層基材工は、今日も標準的な工法として利用されている。法面保護工の目的は、次の目的がある。

- ①表土の飛散防止
- ②表土の浸食、流出防止
- ③風化防止
- ④植生基盤材

厚層基材工は、ステンレスの金網を地山に止めて、牧草の草本類を客土に混ぜて吹付けたものである。この牧草は、外来種を用いている事が多く、客土の衰退と共に枯渇していく。外来種を用いていることから、植生環境の課題、単一種による生物多様性の欠落、人工的な印象となる景観的課題など複数の課題を有していた。

また、表土移植という方法は、埋土種子から早期の発芽が期待でき、地域の種を保全できる方法として取組まれている。しかし、この表土の中には、地域の有益な種も含まれているが、クズや外来種などの種も含まれているため、緑化した苗木を被圧する課題、苗木が成長した数年後、クズに覆われるなどの課題も多く注意が必要である。苗木による森づくりを行う際には、表土移植は必ずしも合理的な方法ではなく、土壌微生物相を安定させ、外来種の少ない環境で、苗木の成長を3～5年をアシストすることが重要となる。

(2) 今後の法面保護工の役割

ここでは、土木工学と農学、造園の観点から生物多様性の高い豊かな森づくりを目標とした新しいのり面保護工の開発を目指した。その着眼点は、土木、農学、造園と土質性状の共通認識を図り、伝統的工法であった菰・笹張り、押伏せ工、敷き藁に着目した。これらは、マルチング材として次の効果を期待できる。

- ①土中温度の安定
- ②土中水分の蒸散防止
- ③雑草抑制効果
- ④ケイ酸質の供給
- ⑤土壌微生物相の健全化

これらの苗木のマルチング材の効果とのかげ面の風化防止、転石、浮石などの安定、雨水の浸食防止などの工学的安定を図った効果を期待できるのかのり面保護工がコンセプトとなった。そのため、法面保護工は、これまでの工学的安定性だけではなく、苗木の成長をアシストでき、早期に植生遷移の期待できるのかのり面保護工をコンセプトとしている（図-4）。

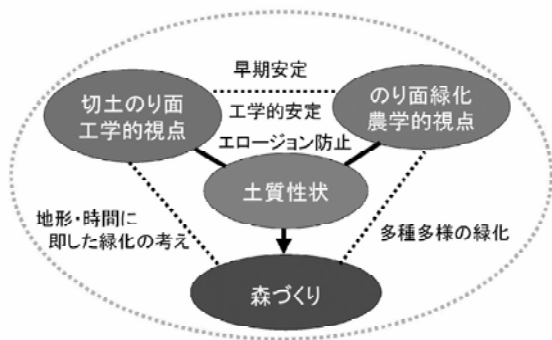


図-4 土木工学と農学のコラボレーションにより質の高い緑化を目指す

4. ケイ酸質含有植物を用いた法面保護工

(1) ケイ酸質含有植物を用いた法面保護工の開発

切土法面の保護工として、ヨシ、藁などのケイ酸質を含有する植物を植生基材として、現代版切土法面の押伏せ工として開発した。これは、周辺の湖沼、河川に生息するヨシを採取し、切土法面の表面に押伏せる工法で、約30cm程度の厚さのヨシ、藁を20cm程度まで圧縮し、ネット状に配置した麻縄を用いて固定したもので、早期の土壌形成を図り、植生遷移を促すものである。

ケイ酸質含有植物から土中に分解し、土壌コロイドが早期に形成できるため³⁾、表層の浮石、小さな転石を固定でき、飛来種子によって発芽するのり面保護工である。土壌コロイド化は、植物の中にあるケイ酸オパールが溶脱し、岩に含まれる様々なアルミナと結合を開始し、ケイ酸アルミナが植物材の分解によって発生する糖類によってさらに集団化(コロイド化)現象である。そのため、ケイ酸質含有植物によって造られる土壌は化学性(肥料効果の高い土)よりも物理性(土の構造や性能)の効果に期待できる。

法面保護工は、工学的安定を図るとともに、後に発芽する樹木の植生基盤として、土壌形成を図ったものである。苗木が樹木に成長する約3～5年程度間、苗木のマルチング材としての効果を発揮し、緩やかにシフトしてくれるように配慮した。この期間に、同情生成を図り、その土壌に飛来した種子が発芽し、最終的には、基軸とした樹木と発芽した樹木が異齢林として形成され、多様性の高い森づくりを目指している。

(2) 京都一条山プロジェクト

一条山宅地開発は、1982年に違法開発行為として京都市が、工事中止命令を発令し、景観問題、環境問題として法廷で争われ、二十数年間放置された状態

となった。その後、新たな開発業者が、開発申請を行い、2001年2月に開発許可を受け、原告団が訴訟を取下げ、2005年1月から新たに建設工事を着手した(写真-4)。

2005年1月工事着手時に、2004年12月に改訂された「京都市風致地区条例許可基準」、審査基準第13条(のり面の植栽その他の処置)が適用され京都市からのり面保護と自然回復緑化の指導がなされた。緑化に関しては、従来通りの厚層基材と苗木3000本/haの計画であったが、周辺自然環境に配慮した質の高いのり面の緑化技術が要求された。苗木の配置には、自然配植技術が導入され、のり面保護工には、琵琶湖から入手したヨシを用いて押伏せ工を展開した(写真-5)。特に2007年、2008年の夏は暑く、多くの苗木が枯れたが、このプロジェクトでの枯れは僅かであった。また、鹿の食害による影響も法面では僅かであった(写真-6)。



写真-4 京都一条山宅地開発プロジェクト



写真-5 琵琶湖のヨシ、アシを用いた京都一条山



写真-6 ヨシによる法面保護工と苗木による森づくり

5. 古畳を再利用した法面保護工の開発

(1) 古畳を再利用した法面保護工の開発

ケイ酸質を利用した押伏せ工は、ヨシ、アシ、藁、ススキなどのケイ酸質含有植物の入手が鍵となる。プロジェクト周辺に河川、湖沼、水田などの自生する環境が近くにあり、かつ入手可能であれば問題はないが、入手できない環境も少なくない。また、入手できても夏、秋の一時期しか入手できないのが現状であるため、貯蔵する倉庫等が必要になり、コストの高いものとなる。

そこで、周辺環境、季節の影響されずに安定したのり面保護工（押伏せ工）とするために、古畳を麻袋に詰めた押伏せマットを開発した⁴⁾。古畳は、井草、藁で構成されているため前出同様ケイ酸質含有植物基材として扱える。また、これまで古畳は、産業廃棄物として処理されていたが、裁断、粉碎することで資源として再利用を図っている（写真-7）。

2007年から約2年間に亘る試験施工を実施した。押伏せマットは、麻製で1辺1.0mの正方形の形状で、その大きさのマットを1辺50cmの十字状に畳糸（ジュート）で縫製している。これは、マット内の藁が偏らないようにするためと雨水の流出方向に溝を設けて、中の井草、藁に偏りがなく湿潤状態を保つためである。竹串で地山へ固定し、中央の竹は、全体の面を押伏せる役割を担っている（写真-8）。

押伏せマットは、50N程度の古畳を充填しているが、湿潤状態になると150N以上となる。数年後には、すべて分解性の材料で構成され、草本、木本で覆われた状況となる予定である。固定する材料、製品はすべて天然素材とし、化学物質、化学繊維、薬品等は使用していないので自然環境に負荷を与えないものとしている。

使用する古畳の化学物質検査、残留農薬検査を定期的に行い製品の品質を確保している。



写真-7 古畳を粉碎して麻の袋に詰めた押伏せマット

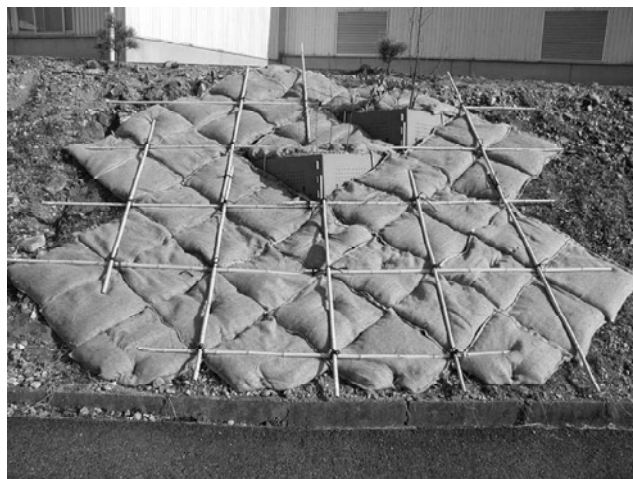


写真-8 押伏せマットの設置状況（試験施工）

(2) 東京セガサミー野球施設プロジェクト

東京セガサミー野球施設プロジェクトは、東京都八王子市のプロジェクトで、2006年の開発申請、2007年に開発許可を受け、2008年本格的に施工された（写真-9、10）。

開発申請では、東京都自然環境保全審議会の指導を受け、特に地形に関しては、東京都「みどりのフィンガープラン」に準拠して、武蔵野丘陵の尾根と自然環境を保全するために、極力尾根を残した設計と隣地の東京都戸吹緑地保全地域への影響が無いようにグラウンドの形状、方向を検討している。



写真-9 セガサミー野球施設プロジェクト



写真-10 グラウンド内から法面を見る

緑化に関しては、量ではなく質が重要と指導され、樹種に関しては、外来種はすべて除外されている。周辺の植生を参考に約40種類の苗木を選出し、プランター、地植えの2種類で植えた。法面保護工には、古畳をリサイクルした法面保護工（押伏せマット）を適用している（写真-11）。

この押伏せマットを用いる事で、除草効果、土壌温度を一定に保てる他、蒸散防止の効果があり、1年後のモニタリングでは、ほとんど枯れた苗木が無かった（写真-12、13）。また、マット下には、複数の土壌生物を確認することができた（表-1、写真-14）。また、それらを餌にする動物の確認もでき、植栽も飛来種の発芽も確認でき、生物多様性のシフトが確認できた（写真-15）。



写真-11 採用された押し伏せマット（竣工時）



写真-12 切土法面の状況（15ヶ月経過時）



写真-13 法面保護工の状況（15ヶ月経過時）



写真-14 採用された押し伏せマット（竣工時）

表-1 確認された土壌動物

ダニ	○
ムカデ	○
ヤスデ	○
クモ	
ユスリカ	
ザトウムシ	
ハチ	
アリ	
アブ（幼虫）	
ワラジムシ	○
ダンゴムシ	○
カニムシ	
ミミズ	○

2009年8月時点



写真-15 飛来種の発芽

6. おわりに

造成法面に苗木を用いた森づくりのために、伝統的技術からケイ酸質含有植物の押し伏せ工を開発した。工学的強度だけではなく、苗木の成長をアシストするためのものである。これまでの外来種を用いた緑化のよる法面保護工を、新しいステージへ踏み出すことができた。”生物多様性の高い森をつくる”言葉では簡単だがその道は遠い。本事例が、こうした事例への研究への一助となれば幸いである。自然環境への関心が高まる中で、工学技術と環境技術とバランスを図り、豊かな森づくりの礎となることを期待したい⁵⁾。

参考文献

- 1) 高田研一：緑化の新しいパラダイムとしての生物多様性，環境技術，2001年5月号
- 2) 小林宝治：農産物の価値生産におけるプロセス，宮城生活共同組合，1970年10月
- 3) 小林宝治：ケイ酸貯金，現代農業，1989年10月
- 4) 関文夫他：伝統技術に着目して古畳を利用したのり面保護工の開発，土木学会第64回年次学術講演会 pp. 291-292, 2009
- 5) 関文夫：土木設計家というものづくりの仕事，セムズ No. 36, 2008