

1. はじめに

法面緑化において、その土地固有の生態系を破壊させることなく、植生遷移を素早くスムーズに進行させるには、施工前後にどのようなことに着目していけばよいのかという課題について研究を行った。本研究では我が国の風土特性に適応可能な「法面緑化工」発展に寄与することを目的とし、次の3つについて検討した。(i) 土のう袋の利用：本研究では、生態系に悪影響を与えない土のう袋を用いての緑化を試みた。土のう袋は、技術の進歩によって急斜面の法面形成を可能にし、重機が進入不可能な現場でも緑化の施工が可能な利点を持つ。しかし、土のう袋の色が種子発芽を阻害する可能性がある。そこで、赤、青、緑、黒の袋を用いどの色が適しているか検討した。(ii) 表層土の利用：道路、ダムなどの大型建設物を作る場合には、多くの土壌が建設廃材として処理される。廃棄される土壌のうち、表層土壌は多くの埋土種子（発芽することなく土壌中に保存している種子）を持っている。そこで、本研究では表層土壌を有効活用し、法面緑化技術に利用することを検討した。(iii) 種の選定施工場所により、植物の発芽率は大きくことなる。種の発芽にはさまざまな要素に関わり、植物ホルモンなどの調節物質の量や複数の調節物質の量比、生体膜の状態の変化が休眠や、その水準と深い関係を持っている（Bewley&Black 1982）。永続的な緑化を行うためには、種の選定がもっとも重要な工程となる。本研究では、さらに経済的コストを抑えるため、挿し木・ドングリの利用を提案した。自然環境保全の観点から、現地の遺伝子資源の攪乱防止に配慮し、永続的な郷土種を用いた緑化が必要である。この地域で法面緑化を行う場合を想定し、種を選定して事前調査として検討した。

2. 実験方法・調査方法

A. 土のう袋の色に関する実験

2004年3月2日、愛知県海部郡大治町内において行った。気候は、太平洋岸気候区に入り、暖候期は高温・多雨、寒候期は小雨・乾燥する特徴がある。日本海まで比較的距離も短く、冬期は関ヶ原などの山あいを通る季節風による降雪がしばしばみられ、積雪となることもある。年間平均気温は15℃である。年間平均降水量は平年値で1,535mmである。4色（赤・青・緑・黒）の土のう袋（400×300×150mm）に表層土を約20つつ入れ、日当たりの良い平地にそれぞれ4段づつ、2列設置した。網目が普通の土のうに比べ粗い事



図-1 小規模人工斜面

日射による土のうの損傷により表層土の流出を防ぐために、内側に白色の綿布を縫い付けた。観測は十分な水分条件のもとで毎日、発芽植物の個体数・時期を記録した。発芽は肉眼で確認できたものとする。

B. 小規模人工斜面による緑化実験

2004年10月13日、愛知県名古屋市昭和区内の名古屋工業大学駐車場において行った。気候・年間平均降水量は上記実験場所とほぼ同じである。傾斜60°高さ約130cmの人工斜面を土のうで作成した。

(図-1) この小規模人工斜面には下記の3種類の緑化を試みた。以下全ての調査は2005年4月から12月まで計9回行った。(1)表層土の埋土種子：徳山ダムにてサンプリングした表層土を用い、黒色の植生土のうに入れ、発芽した本数、生存した本数を調査した。(3)クヌギ *Quercus acutissima*・シイ *Castanopsis cuspidata*:2004年10月13日にクヌギ・シイの種子を土のうの中に計197個播種した。

発芽した本数，生存した本数を調査した．(4)挿し木：ツツジ *Ericaceae* とアカメガシ *Photinia glabra* の2種の挿し木を行った．ツツジは予備実験で高い定着率を示したため採用した．(図-2)アカメガシはツツジと対照するために採用した．

ツツジは寒さに強い特徴を持つ．根はとても細く，浅く張り，空気を好む．バラ科のアカメガシは別名カナメモチ・ベニカナメモチと呼ばれることもある．春先に葉が紅葉し，冬には緑色となる変わりものの常緑小高木である．最近は，庭の生垣や街路樹，公園樹として植えられている．挿し木にする枝は長さ10~15cmで，水を吸い込みやすいように斜めにカッターナイフで切断する．土のう袋1個に1本挿し木をした．2005年4月から12月まで月に1度計9回回り，枯死した土のう袋に新たに挿し木を行って行った．生存した本数，枯死した本数を調査した．枯死は落葉した時点とする．散水は8月と9月のみ行った．

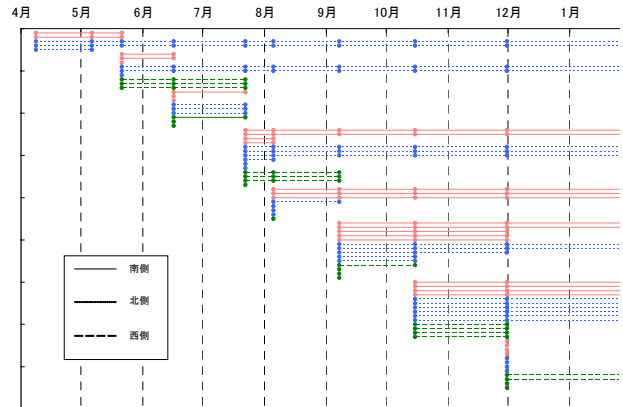


図-2 ツツジ挿し木定着期間(予備実験)

3. 結果

3-1 表層土の色・方角の検定

表層土の色・方角についての検定を行った．方角別では面積に差があるため，単位面積あたり発芽本数を用いた(表-1)．仮説 H_A : 土の

う袋の色，赤，青，緑，黒の4色に関して発芽本数に差はない．仮説 H_B : 土のう袋の方角，東面，西面，北面，南面，上面の5方向に関して植物の発芽本数に差はない．上記の仮説に対して分散分析を行い，テューキーの方法による多重比較を行った．(有意水準 $\alpha = 0.05$)

$$\frac{V_A}{V_E} = 6.00 \geq F_{(3,12)(0.05)} = 3.4903 \quad \dots(1) \quad \frac{V_B}{V_E} = 3.16 \leq F_{(4,12)(0.05)} = 3.25916 \quad \dots(2)$$

(1)より，仮説 H_A 棄却される．よって，土のう袋の色，赤，青，緑，黒の4色に関して発芽本数に差はある．(2)より，仮説 H_B は棄却されない．よって，土のう袋の方角，東面，西面，北面，南面，上面の5方向に関して植物の発芽本数に差はない．分散分析によって色の間に差が認められたので，テューキーの方法による多重比較の検定を行った．有意水準 $\alpha = 0.05$ とするとスチューデント化された範囲の数表から $q_{(4,12;0.05)} = 4.1987$ を得た．(赤，青)(赤，黒)の母平均に差があることが認められた．

3-2 挿し木，クヌギ・シイ緑化の結果

・挿し木

挿し木生存率を図-3に示した．4月~7月は徐々に定着率が減少した．8月から毎日散水を行った結果，高い定着率を示した．挿し木定着場所を月別に比較した．(図-4)

・クヌギ，シイ

12月の最終調査の時点でクヌギの生存数は北側32本，南側35本，合計67本となった．シイの生存数

表-1 表層土の発芽本数(単位面積辺り)

| | E | W | N | S | T | Total |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Red | 20.83 | 14.58 | 44.44 | 44.44 | 33.33 | 157.62 |
| Blue | 8.33 | 10.42 | 11.11 | 5.56 | 25 | 60.42 |
| Green | 14.58 | 12.5 | 22.22 | 27.78 | 25 | 102.08 |
| Black | 8.33 | 18.75 | 16.67 | 16.67 | 29.17 | 89.59 |
| Total | 52.07 | 56.25 | 94.44 | 94.45 | 112.5 | 409.71 |

表-2 分散分析表

| | 平方和 | 自由度 | 平均平方 | F_0 |
|-------|--------|-----|--------|-------|
| 行間変動 | 995.16 | 3 | 331.72 | 6 |
| 列間変動 | 699.72 | 4 | 174.93 | 3.16 |
| 水準内変動 | 663.4 | 12 | 55.28 | |

は北側 56 本, 南側 32 本, 合計 88 本となった. 法面面積は 2.30 m²である. 単位面積辺りの本数はクヌギ 29.1 本, シイ 38.3 本となった. 月別生存総本数と月別単位面積辺り生存総本数を表 3-12 に示す. クヌギの平均枚数は 1 本辺り 6 枚, 平均葉面積 25 c m²/枚, 1 本あたり葉面積 150 c m²/本であった. シイの平均枚数は 1 本辺り 5 枚, 平均葉面積 6 c m²/枚, 1 本あたり葉面積 30 c m²/本であった. 12 月の生存数より, 法面全体の被覆率はクヌギ 1.005m², シイ 0.264m² となりクヌギ・シイ両方の被覆率は法面全体の 55.17%となる.

4. 考察

本研究のまとめとして, 既設法面を緑化する場合のフローチャートを作成した (図-5). 在来の木本種による緑化を基本方針とし, 既設法面を緑化する作業方法を順を追って示した. ①事前調査: 最初に事前調査として, 資料調査・法面調査・生態系調査を行う. 緑化には, さまざまな要因が関連しているので, 資料により施工地の気候特性, 地質資料, 交通状況, 構造図, などを確認する. 法面調査により, 亀裂の状況・間隔, 湧水の有無, 基盤侵食の有無, 土壌硬度を把握する. 生態系調査では, 周辺の植物の現在状況の把握だけでなく, 動物の成育環境の調査も行う. 道路の法面は線上に連続しているため, 動物のコリドー (移動経路) となっている場合がある. 都心部などでは, 林が孤立している事例が多く, 生態系調査では動物のコリドーも考慮に入れる. ②法面強度確認: 法面緑化の対象となる法面は, 安定が確保されていることが前提である. 傾斜角 80° 以上の法面緑化では, 土のうを用いた緑化を選択する. 傾斜角 50° 以下では, 吹付緑化を選択する. ③

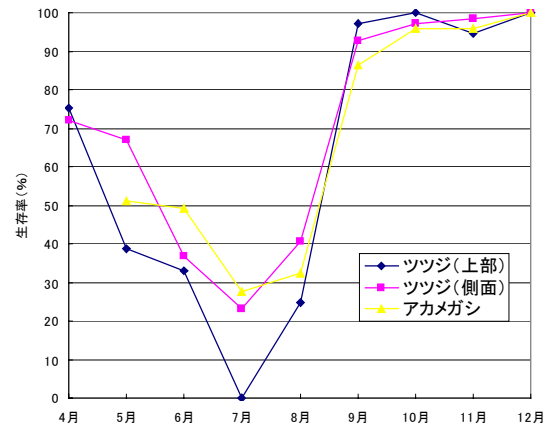


図-3 挿し木生存率

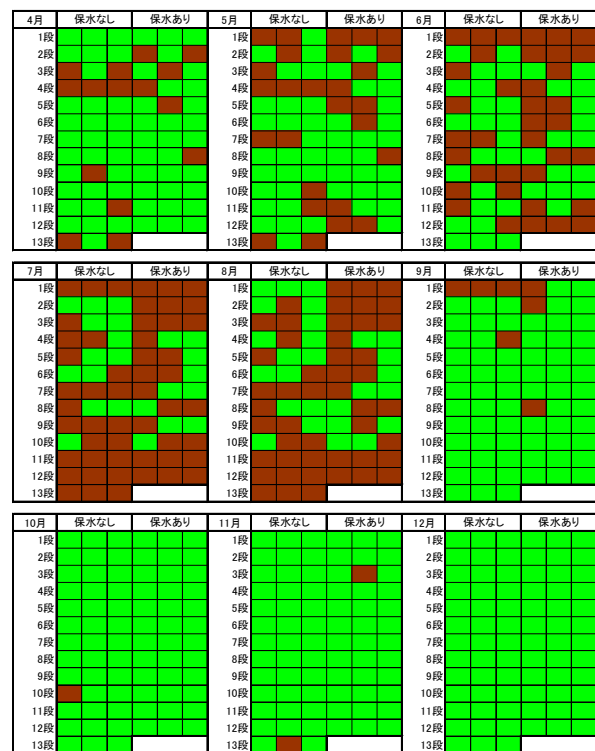


図-4 月別挿し木生存場所比較

表-3 クヌギ・シイ月別発芽結果

| | | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|-----|------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|
| クヌギ | 北側(本) | 3 | 15 | 29 | 31 | 30 | 34 | 31 | 32 | 32 |
| | 南側(本) | 0 | 28 | 45 | 40 | 33 | 33 | 33 | 34 | 35 |
| | 全体(本) | 3 | 43 | 74 | 71 | 63 | 67 | 64 | 66 | 67 |
| | 本/m ² | 1.3 | 18.7 | 32.2 | 30.9 | 27.4 | 29.1 | 27.8 | 28.7 | 29.1 |
| シイ | 北側(本) | 0 | 10 | 61 | 63 | 52 | 50 | 55 | 56 | 56 |
| | 南側(本) | 0 | 11 | 20 | 28 | 30 | 30 | 30 | 31 | 32 |
| | 全体(本) | 0 | 21 | 81 | 91 | 82 | 80 | 85 | 87 | 88 |
| | 本/m ² | 0 | 9.1 | 35.2 | 39.6 | 35.7 | 34.8 | 37 | 37.8 | 38.3 |

表層土: 周辺からの表層土の入手が可能な場合, 予備実験を行う. 埋土種子の存在が確認され, 目標とされる植生を造成可能ならば, 表層土による緑化を施工する. 施工時期が 3~5 月以外では, 適期を待つ. ④挿し木: 表層土を得られない場合, 周辺の木本類の調査により, 植生計画に該当する挿し木適応種が確認されれば, 挿し木による緑化を行う. ⑤クヌギ・シイ: 施工地にクヌギ・シイが生存し, 種子の入手が可能な場合, クヌギ・シイによる緑化を行う.

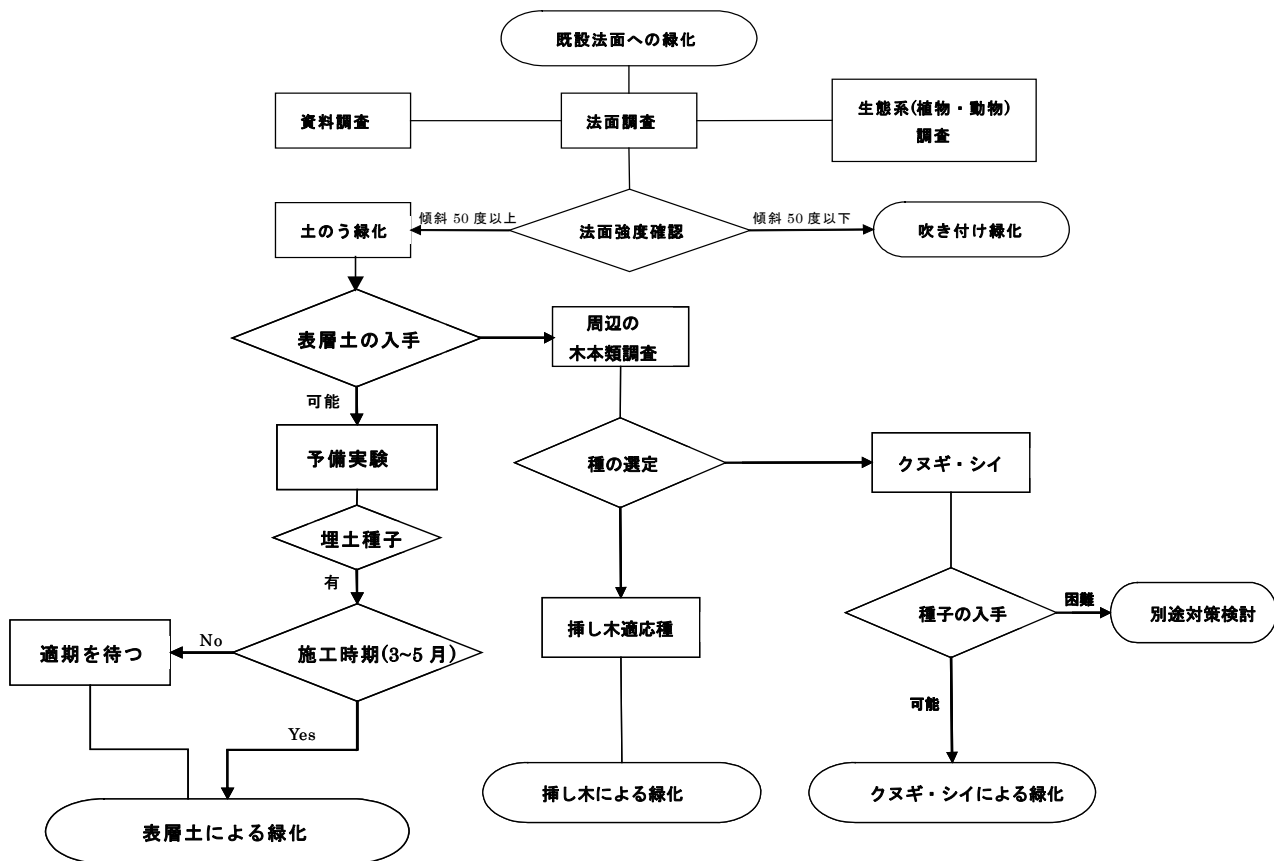


図-5 既設法面緑化フローチャート

赤色の土のう袋がもっとも効果的に種子の休眠を解除した。種子の休眠の打破や誘導が起こることは休眠の機構の複雑さに結びついている。休眠の生理生化学的機構に関しては、十分に明らかにされていないが、赤色の袋がひとつの作用となるといえる。しかし、他の環境因子も考慮しなければならない。今後、表層土の発芽に光の条件だけを変化させた追実験を行う必要がある。

本研究において、土のう袋に詰めた表層土中の埋土種子の発芽が確認できた。従来の表層土を用いた吹付工と違い、土のう袋を使用することで林床の根茎、地下茎、落葉、落枝（リター）を取り除く作業を要しない。根茎・地下茎から植物が再生することもある。リターは樹木にとって栄養源の貯蔵庫であり、分解者としての土壤動物の餌であると同時に棲み場所そのものである。物質循環がスピードアップされるので、植物が利用できる無機栄養素の含量が土壤中に少ない場合でも、実際の利用率が高まり、施肥量が少なくても植物が順調に生育できる。しかし、埋土種子は不確定な要素も多い。種子の量と種類がどの程度混入しているかがわからない。本研究では、表層土をふるい分けし埋土種子の抽出を試みたが、不可能であった。埋土種子として表層土に混入している種子は、草本類が木本類と比較して明らかに多いと思われ、目標とする植生が造成できるかわからない。表層土の採取量と計画施工面積とのバランスの検討が必要である。また、埋土種子の長期保存方法は確立されておらず、施工時期が適期でない場合、表層土の仮置きヤードが必要となり、保存途中に発芽するものが少なくないとの情報もある。予備実験を行い、目安での植生種、発芽率を得ることが必要である。

ツツジの挿し木緑化は、高い定着率を実証できた。散水を行える環境にあれば緑化は可能となる。クヌギ・シイの緑化は法面工・斜面安定工指針における基準を満たした緑化を行えている。植物に対しては2年間と短い期間であるので、これからも継続した調査が必要である。