

多様化する緑化工法とその特徴

中信森林管理署 白馬治山事業所主任 ○ 永井 壯茂 ながい たけも

要旨

近年の緑化工法が多様化している一方で、それぞれがどのような特徴を持つのか、また周辺環境・生態系への配慮やコスト縮減対策等をどのように取り入れているのか等についての情報が不足しています。そこで、本研究では、中部森林管理局管内の横川緑化試験地において試験施工された複数の山腹緑化工法を整理し、特に各緑化工法で設定された発生活期本数を基に、近年の山腹緑化工法における緑化植物の導入状況について分析を行いました。

はじめに

近年の緑化技術の向上に伴い緑化工法が多様化は目覚ましく、それらは治山・林道関係の現場における山腹斜面や法面の安定・緑化に大いに貢献しています。しかしながら、それぞれの緑化工法がどのような現場に最適であるのか、さらに近年問題とされている周辺環境・生態系への配慮やコスト縮減対策などがどのように取り入れられているか等の情報やデータの蓄積が不足しています。また、将来の緑化目標の設定、および前述のような周辺生態系への調和を考慮する場合、適用する各緑化工法における緑化植物の導入状況についての理解が重要です。

緑化植物の導入については、①木本種と草本種との導入のバランス、②外来種の導入による在来種への悪影響の問題があります。まず①については、草本類は成長が早く、初期の浸食防止効果が非常に大きいメリットがある一方で、過度な導入は木本を被圧してしまい、木本の生長を阻害するデメリットがあります。一方、木本については、根系による斜面の安定化というメリットがある一方、成長が遅く、初期の浸食防止効果が低いデメリットがあります。すなわち、両者のバランスを如何に適切に設定するかが重要であり、換言すれば、初期に目標とする全体の発生活期本数、すなわち、発生活期本数に占める草本と木本との割合をどう設定するかという課題があります。

また、②については、外来種の使用が在来種や郷土種を駆逐したり、周辺生態系への遺伝的攪乱を生じさせるという問題が挙げられます。このため、条件の許す限り、在来種、とくに郷土種を積極的に取り入れていく必要があります、その前段として、まず実際の緑化工現場での外来種、在来種の使用状況について整理を行い、実態を把握する必要があります。

そこで、本研究では、多様化する緑化工法の特徴を整理し、近年の緑化工法の傾向について分析します。さらに、各緑化工法で設定されている発生活期本数を基に、近年の山腹緑化工法における緑化植物の導入状況について分析を行います。なお、このような調査には、複数の緑化工法の比較調査が重要となります。そこで本調査は、同一斜面において複数の緑化工法を施工している、横川緑化試験地において行うこととしました。

1. 横川緑化試験地の概要

(1) 緑化試験地の地理および原植生

試験地は、長野県北安曇郡小谷村の姫川支流、雨飾山国有林 606 林班内の横川上流域に位置しま

す(Fig.1)。この地域の地質・気象の特徴としては、未固結な第三紀層の砂岩・泥岩から成るルーズな地質条件であることに加え、寒冷豪雪地帯(年降水量 2500mm/year、うち降雪期：12～3月：900mm)であることがあげられます。このため、春先の気温上昇による大量の融雪水に伴う土壌の脆弱化が防災上の問題となります。

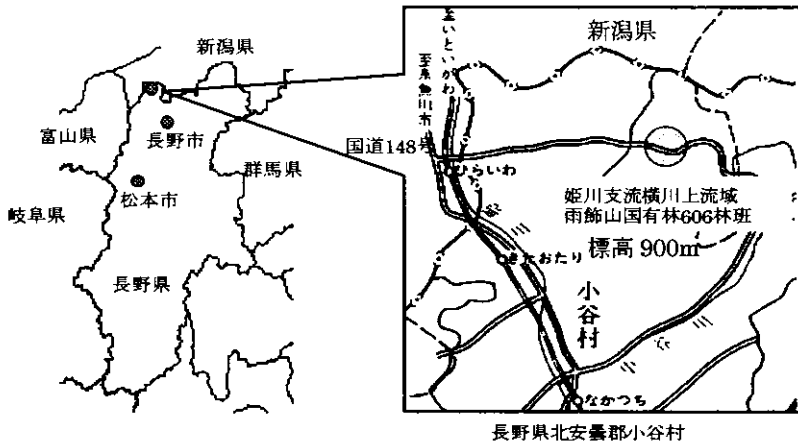


Fig.1 横川緑化試験地の位置

このような地質・気象条件下の本地帯において平成 10 年 4 月に

大規模地すべり崩壊が発生しました。試験施工斜面は、これによって発生した約 1.7ha の裸地斜面に設定することとしました。

本試験地の原植生は、林齢 23～40 年のスギ人工林（一部林齢 40 年のカラマツ人工林）及び林齢 42～46 年の育成天然林施業の針葉樹です。また、天然広葉樹は、沢筋に分布し、ブナを主体としてトチノキ・カエデ類・ナナカマド・ミズキ・ヤマハンノキ・カワラハンノキ・ヤナギ・ヤシャブシ等です。下層植生については、タニウツギ・ヤマハギ・ガマズミ・ユキツバキ・ヤマブドウ・ネマガリダケ・ヨモギ・イタドリ・ノブキ・スゲ類・ヨシ・水芭蕉・ウド・スギナ・ハハコグサ等で構成されています。

(2) 緑化工法の設定および施工区画の設置

緑化試験に用いる工法については、本試験施工地への施工希望を緑化施工業者、団体に対して募り、おのおのの施工法によって試験施工する方式としました。これにより 25 社の施工希望があり、全施工希望者に対して試験施工斜面を提供することとしました。

これに伴い試験施工斜面に施工区画を 36 区画設定しました。一区画の面積は約 200m²、斜面勾配は 25～35 度です。なお、36 区画のうち 2 区画は比較対照区として設定し、緑化工を施さない斜面としました(Fig.2)。このような施工斜面の設定により、同一斜面に複数の試験施工が可能となり、地理的・気象的条件を同一としての比較が可能です。



Fig.2 施工区画の設置状況

なお、流域単位において地理的・気象的同一条件下にある隣接流域同士の森林水文学的比較対照実験を対照流域法(太田,1996)といいますが、本試験はそれを斜面に応用したものと捉えることができ、「対照斜面法」ということができます。

(3) 緑化目標および条件の設定

緑化目標として「施工初期は草本等による浸食の防止、将来的には木本類根系の緊縛力による斜面の安定化を図る」ことを設定しました。また、「目標達成の過程には、導入植物・樹種、種子配合の比率、施工方法等の条件は付しない」という条件を設定しました。これは、各施工者が設定された目標達成のために、またそれぞれの工法にとって最良とする導入植物種、種子配合率、施工方法等の諸条件を設定することを可能とするためです。

なお、施工時期は、施工者が多数であるため平成12年10月から平成13年7月までとし、施工者同士で施工時期を調整の上、施工することとしました (Photo.1 施工後の様子)。

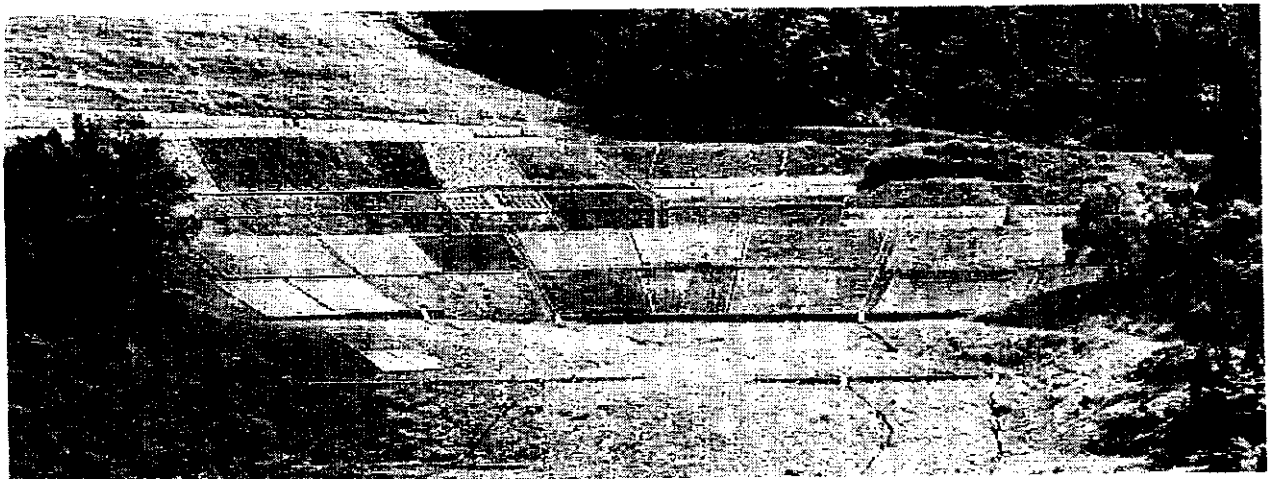


Photo.1 横川緑化試験斜面 (施工完了時)

2. 各緑化工法の特徴

ここで各施工区画における施工方法および各緑化工法の特徴について整理します。まず、施工方法については、吹付工が全工法の50%、二次製品による伏工が全工法の44%、両者の併用もしくは斜面に客土した後、植栽による施工を行った工法等が6%となりました。

また、工法の特徴については、木材利用型、リサイクル型、材料腐食型、在来種・郷土種型、土壤機能型、耐侵食型、施工性簡便型、客土・植栽型、の8類型に分類することができました (Table.1)。特徴としては、木材利用型、リサイクル型、材料腐食型、在来種・郷土種型の特徴を持つ工法が特に多く、環境保全を意識した工法が多い傾向にありました。

Table.1 横川緑化試験地における緑化工法の特徴

特徴による分類	工法の特徴
木材利用型	間伐材や伐根の土壤基盤材への再利用
リサイクル型	アスファルト、家庭排水等の土壤基盤材への再利用
材料腐食型	ワラ、ヤシ資材・木質系資材の2次製品への利用
在来種・郷土種型	在来種や郷土種を主体とした種子配合の設定
土壤機能型	団粒化剤、菌根菌、保湿剤等の土壤基盤材への添加による土壤機能の改善
耐侵食型	繊維質、接着剤等の土壤基盤材への混合による耐侵食性の向上
施工簡便型	行程の一本化・材料の軽量化
客土・植栽型	斜面上への客土や土のうによる被覆、および植栽

3. 植生導入状況—発生期待本数による分析—

緑化工法における植生導入については、①木本種と草本種との導入のバランス、②外来種の導入による在来種への悪影響の問題があることを冒頭で述べました。これらの問題についてさらに議論していくためには、実際の山腹緑化の現場においてどのような植生導入状況となっているかを把握する必要があります。そこで本章では、まず用いられている導入植物の整理をはじめ、発生期待本数をもとに、木本種と草本種とのバランスおよび外来種と在来種とのバランスについて分析します。

(1) 各緑化工法における緑化植物の導入状況

本試験においては、前述の通り、種子配合や導入植物については特に規定を設けていません。したがって、各施工者がそれぞれに設定することとなります。そこで、各工法について種子配合の割合、導入植物等について整理を行いました。

導入植物については、全工法平均すると、導入種の割合で在来種が約 60%、外来種が約 40%となりました。また、主な導入植物についてみると、従来通り外来種の草本が導入されている一方で、在来種の導入も比較的多くの工種で行われています (Table.2)。

Table.2 横川緑化試験地で用いられている主な導入植物

木本				草本			
在来種		外来種		在来種		外来種	
○ヤマハギ	82	イタチハギ	41	メドハギ	78	グリーピングRF	69
○ヤシャブシ	37	エニシダ	10	コマツナギ	45	トールフェスク	63
○ヤマハンノキ	29			○ヨモギ	49	レッドトップ	33
○ミズナラ	12			○ススキ	20	ケンタッキーBG	20
ヤマモミジ	12			○イタドリ	18	パミューダ	20

*数字はその種を用いている工法の割合 (%)、○は本緑化試験地周辺の郷土種

(2) 総発生期待本数による分析

(1)で示した、各緑化工法で用いられた導入植物についてさらに具体的に分析するために、総発生期待本数をはじめ、これにしめる木本・草本の割合、在来・外来の割合について整理しました (Fig.3)。対象は 47 工法としました。縦軸に平方メートル (m²) 当たりの発生期待本数を取り、各工法の発生期待本数の小さい順に、横軸の左から順々に棒グラフによって整理しました。棒グラフは、草本と木本、また在来種と外来種の構成を示しました。なお横軸下の○、●はそれぞれ、各緑化工法の伏工・吹付工の分類です。

このグラフを見ると、まず総発生期待本数は 0~20,000 本と多様で、発生期待本数が大きくなるほど外来種草本のしめる割合が増える傾向にあります。また逆に、発生期待本数が小さくなると木本種および在来種草本の占める割合が相対的に大きくなる傾向にあります。

また、総発生期待本数 3,000 本を境に、それより上は伏工が多くなり (B 領域)、下は吹付工が多くなる (A 領域) 傾向となりました。なお、この 3,000 本は、林野庁の治山検査基準の 3,000 本でもあります。3,000 本以下に発生期待本数を設定している工法が (すなわち A 領域の工法) 31 工法あり、全工法の 70%と多くを占める結果となりました。

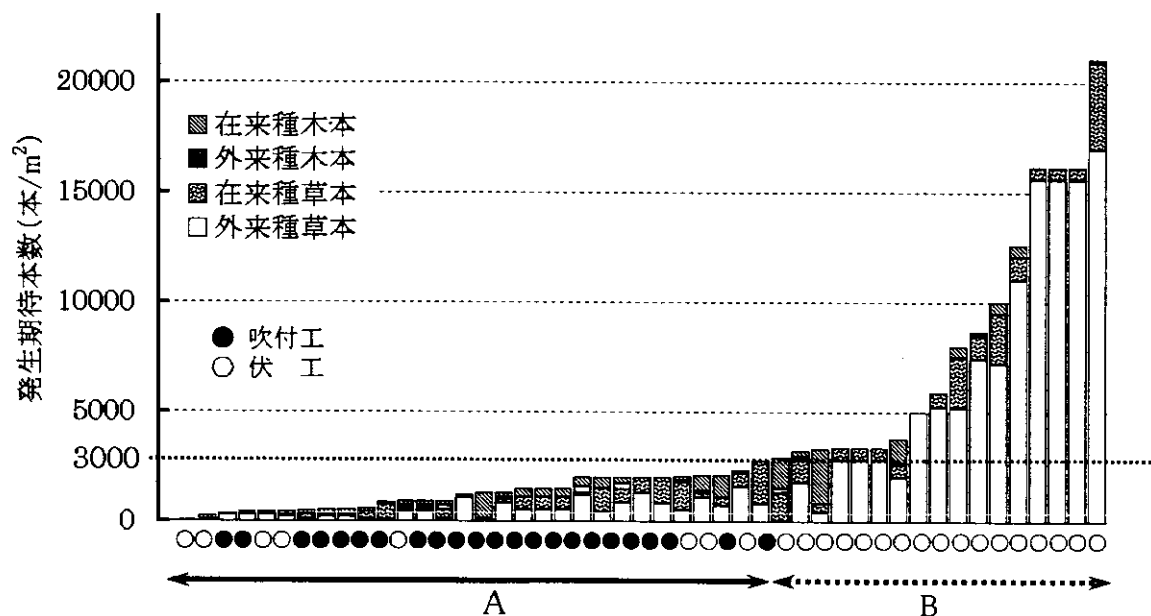


Fig.3 各緑化工法における導入植物の発生期待本数

(3) 木本と草本とのバランス

次に木本種と草本種とのバランスについて見るために、総発生期待本数に占める木本種の割合について整理しました (Fig.4)。縦軸に全体を 1.0 とした割合をとり、木本種割合の小さいものから順に左からプロットしました。また、木本種に占める在来種、郷土種の割合について棒グラフで示しました。

木本種の占める割合は 0(0%)~1.0(100%)と多様です。またカーブが緩やかなところは、その割合のところに多くが集中していることを示しますが、とくに木本種が 0~10% (領域 C)、30~40% (領域 D) の領域がこれに該当します。領域 C においては主に伏工が多く、領域 D においては吹付工が多い傾向となりました。すなわち木本種:草本種が 0:10~1:9 (領域 C:主に伏工) と 3:7~4:6 (領域 D:主に吹付工) の割合がとくに多いといえます。

また、網掛けで示した、木本率 0.33~0.50 の部分は、林野庁の治山技術基準 (*基準では種子の粒数の割合で示しており、発生期待本数とは直接に繋がらないものですが、全体に対する木本種の望ましい割合を示したものとしては同意味であるため引用しました。) で示されたものですが、実際にはこの割合よりも多く木本種を導入している工法があることが分かります。

なお、棒グラフで示された郷土種の割合をみると、比較的多くの郷土種が木本類に用いられていることが分かります。

(4) 在来種と外来種とのバランス

緑化植物において、どれだけの在来種割合で構成されているかについて整理するために、全発生期待本数に占める在来種の割合について Fig.4 と同様に整理しました (Fig.5)。また、在来種に占める郷土種の割合 (草本・木本別) を棒グラフで示しました。

在来種の割合は 0~100%と多様であり、同時に、外来種の割合も同じことがいえます。また、在来種 100%の工法が 2 工法ありました。とくに、在来種の割合が 60% (0.55~0.60) の部分 (領域 E) に工種が多く集まっており、在来種:外来種が 6:4 という工種が多いことが分かります。この領域は

主に吹付工で占められています。一方、伏工における在来種割合は○のプロットが幅広く位置していることから、その割合は多様であることがうかがえます。

また、棒グラフで示された郷土種の割合をみると、比較的多くの郷土種が木本類に用いられていることが分かります。全体的に在来種のおよそ半分を郷土種が占めている傾向にあります。

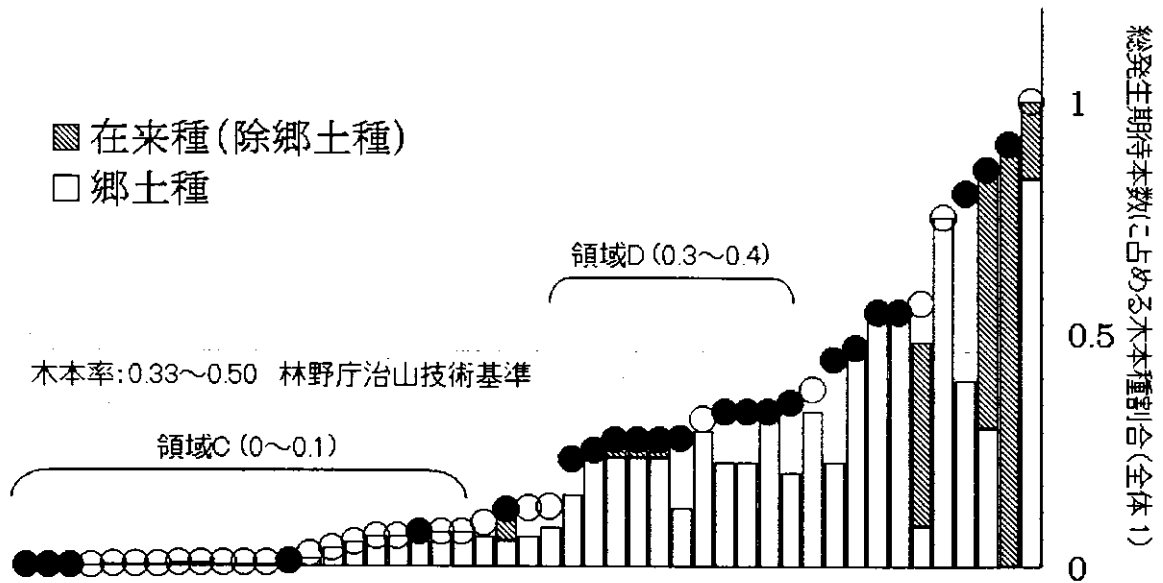


Fig.4 各緑化工法の発生期待本数に占める木本種の割合

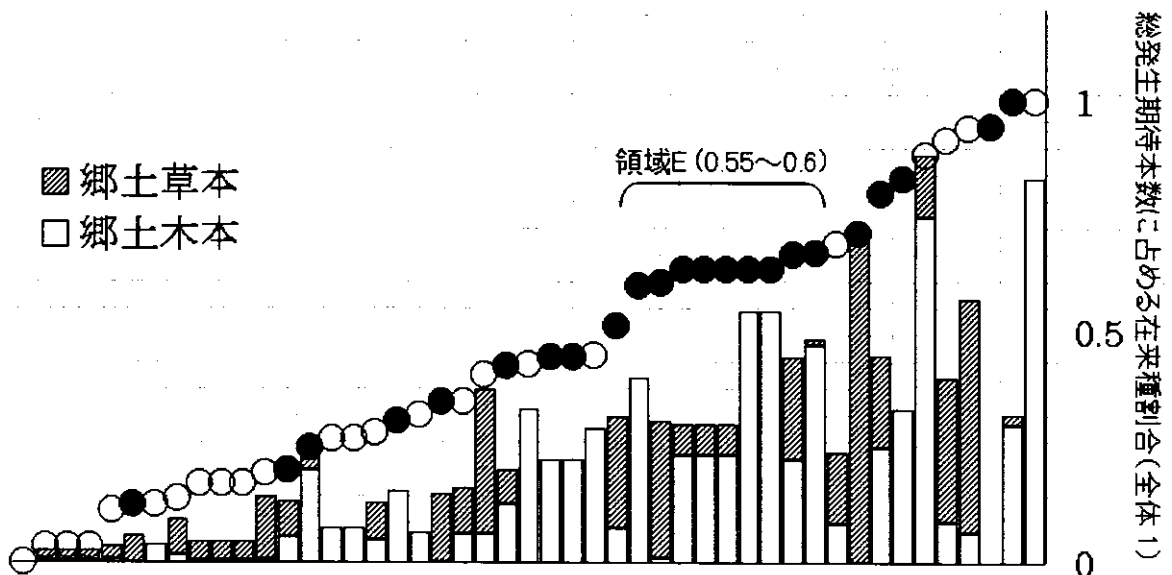


Fig.5 各緑化工法の発生期待本数に占める在来種の割合

4. まとめ

(1) 各緑化工法の特徴について

近年の緑化工法は多岐に渡り、それぞれに特有の特徴を持つことがわかりました。とくに、環境保全を意識した工法が多かったことは、近年の環境保全意識の高揚や、周辺生態系への配慮を反映しているといえます。今後は、これらの工法の特徴が、実際の斜面緑化にどのような影響を及ぼすか等に

についての調査を行い、各工法の特徴について整理していく必要があります。

(2)植生導入の状況について

植生導入の状況について、木本と草本および在来種と外来種のバランスについて考察します。まず木本と草本とのバランスについてですが、木本種:草本種が 0:10~1:9 (Fig.4:領域 C) そして、3:7~4:6 (Fig.4:領域 D) という傾向となり、それぞれ伏工、吹付工に多い結果となりました。

ここで、総発生期待本数との対応について整理します。総発生期待本数が大きくなると、外来種草本の割合が大きくなる傾向になり、これは伏工に多い傾向となりました (Fig.3:領域 B)。すなわち、この「領域 B」の傾向は、前述の「領域 C」における木本種:草本種割合に対応してくることがいえます。これはすなわち、草本を多く入れることによって初期の土壌浸食を防止し、生育基盤の安定化を図る、という従来型の工法であると言えます。

一方、発生期待本数が小さくなると、在来種木本の割合が増えていく傾向にあり、吹付工に多い傾向でした (Fig.3:領域 A)。つまりこの「領域 A」の傾向は、「領域 D」における木本種:草本種割合に対応してくるといえます。これは、従来主に外来種草本が担っていた、初期の土壌浸食の防止という役割を、木本稚樹によって担わせているということ、また改良された吹付資材等で初期の浸食の防止を図ること等によって、草本を抑え、木本の早期成立を図るものと考えられます。

また、在来種、郷土種の導入に関しては、とくに在来種:外来種の割合が 6:4 という工法 (Fig.5:領域 E) が多い傾向にあります。そして、各工法で用いられている在来種の約半数が郷土種によって占められているという結果となりました。すなわち、比較的高い割合で、在来種、郷土種が導入されており、周辺生態系への調和や周辺の木本種の侵入による早期成立を期待するものと考えられます。

5. おわりに

植生導入の状況については、発生期待本数の分析によって、従来型の緑化植物の導入を行っている緑化工法と、なるべく外来種草本を押さえ、木本による初期の浸食防止と木本の早期成立を期待するという新たな手法による緑化工法との2手法について整理することができました。後者の方法は、外来種草本による周辺環境への負荷の低減や早期樹林化という課題に対処した手法として捉えることができ、近年の緑化技術の進展、資材の高度機能化等によって可能となったものと考えられます。

今後は、緑化工法の多様化、高度化にともなって、植生導入に関する問題点の解決が容易になってくるに違いありません。すなわち、緑化植物の導入に関する課題を、工法や高度技術によってフォローしていく方向になっていくと思われれます。

今後の調査方針としては、これまで整理してきた緑化工法の特徴と緑化植物の導入バランスとが、表面浸食防止や植生の侵入状況にどのような影響や効果をもたらすかについて追跡調査を行っていきます (表面浸食の防止効果については、現段階においては、どのような発生期待本数、種子配合においても良好に達成されていることが現地踏査によって明らかです)。さらに、これらの追跡調査と平行し、緑化工法の特徴と緑化植物の導入バランスとの相互関係について整理し、最終的に、各工法の評価、森林化に最適な種子配合について検討していく予定です。

なお、本研究は中部森林管理局をはじめ中信森林管理署の関係者の方々、また緑化試験地における各施工者の皆様のご協力、ご助言を得て行われました。ここに付して感謝の意を記します。