

フリーフレーム施工地における木本導入試験

佐藤 創・真坂一彦

はじめに

山腹崩壊の復旧や予防など、急傾斜地を安定させるための工法として「フリーフレーム工法」が道内でも広く用いられている。鉄筋コンクリート製のフレームを約1m×1mの格子状に組むもので、鉄筋コンクリートの部分は幅20cm、高さ20cm程度となっている(図1)。この工法の対象地が傾斜45°を越える急傾斜地であるため、フレーム内には修景および表土安定のために牧草種子の入った土嚢が敷かれる場合が多く、完成時にはフレーム内は牧草が茂った状態となる。

しかし、コンクリート製の枠と牧草に覆われた斜面の外観は非常に人工的であり、周囲の森林景観とは調和しにくいものとなっている。さらに、山腹工の本来の目的が森林造成であることを考えると、牧草のみの導入に代わって、将来的な森林の回復に結びつく木本の導入を試みる必要がある。フリーフレーム施工地は急傾斜地であり、フレーム内の土嚢に高木を導入し、成長した場合に倒れることも懸念される。しかし、施工地の条件によっては地山が軟らかく、根系が張る場合もあると考えられる。以上のことから、フリーフレームへの木本導入は一義的には修景が目的であるが、条件によっては森林造成を目指す場合があると言える。修景が目的の場合には、低木種が高木種よりも適しているであろう。本試験ではそれら複数の条件を視野に入れ、技術的な可能性を探るという目的で高木種および低木種を導入した。ここでは導入後3生育期までの初期生育経過について報告する。

木本導入方法

導入を行なう試験地は道内に4箇所設けられた。留萌管内の初山別村の試験地は漁港裏の予防治山事業地である。汀線までの距離は約50mである。空知管内の砂川市の試験地は人家裏の崩壊地の復旧治山事業地である。日高管内の新冠町の試験地は崩壊地の復旧治山事業地である。斜面は海に面しており、汀線までの距離は約200mである。桧山管内の大成町の試験地は海岸沿いの人家裏の山腹施工地で、汀線までの距離は約50mである。

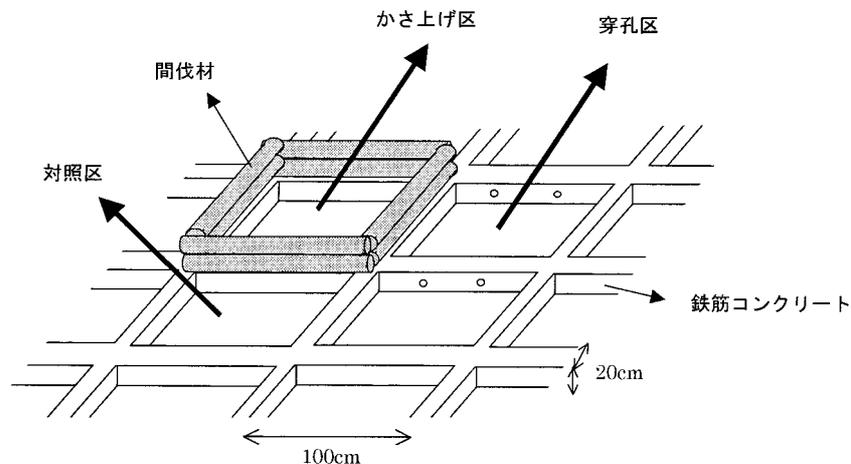


図-1 改良されたフリーフレーム。対照区と穿孔区には横3個、縦7個の21個の土嚢が並べられた。かさ上げ区にはそれらが2段に重ねられた。

各試験地ではフリーフレームに、将来の苗木の成長を考慮し、2種類の改良を加えた(図 1)。1つはフレームの高さを上げて、土嚢を2段にし、根張り空間を確保するものである。フレームは間伐材を用いてかさ上げした(かさ上げ区)。もう1つはフレームの側面にフレームを貫通する孔を開け、隣接するマスに根が伸長できるようにし、樹木と土嚢が一体となって剥がれ落ちるのを防止したものである。孔は斜面上下方向に1辺につき2孔開け、穴の直径は2cm程度とした(穿孔区)。また、通常のフリーフレームを対照区とした。穿孔区と対照区についてはヤシ繊維で編んだ土嚢を縦7個、横3個の計21個を1マス内に置き、かさ上げ区についてはそれを2段に積み重ねた。

各試験地では2000年秋にミズナラ、カシワ、イタヤカエデ、タニウツギ、エゾノバッコヤナギを播種および1年生ペーパーポット苗の植栽により導入を行なった。ただし、エゾノバッコヤナギについては植栽のみ行った。播種に用いた種子とペーパーポット苗の種子の産地は石狩および空知管内の内陸または海岸沿いである。土嚢への播種数または植栽数は1から3とした。種子は土嚢内の土壌中に埋め込んだが、種子の非常に小さいタニウツギについては任意数をばら播いた。苗木は1999年秋に採取した種子を用いてペーパーポット(直径3cm×高さ10cm)苗を育苗した。この1年生ポット苗を土嚢に孔をあけ、植栽した。樹種ごと、導入方法ごとの導入数を表-1に示した。

導入後は導入翌年の2001年には春と秋に苗木の個体数を調査した。2002年と2003年には秋に苗木の高さを測定した。

表-1 試験設計と導入法別の導入数(上段)と発芽または芽吹き後の最多の苗木数(下段イタリック)。各導入数は3つのフレーム処理(穿孔区, かさ上げ区, 対照区)の合計で、各導入数/3が1フレームに導入された。

| 樹種 | 導入法 | 留萌 | 空知 | 日高 | 桧山 |
|-----------|-----|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| ミズナラ | 種子 | 126 <i>81</i> | 126 <i>39</i> | 126 <i>21</i> | 126 <i>55</i> |
| | 苗木 | 126 <i>55</i> | 126 <i>64</i> | 126 <i>76</i> | 126 <i>78</i> |
| カシワ | 種子 | 126 <i>82</i> | 126 <i>62</i> | 126 <i>11</i> | 126 <i>63</i> |
| | 苗木 | 126 <i>81</i> | 126 <i>64</i> | 126 <i>71</i> | 126 <i>58</i> |
| イタヤカエデ | 種子 | 189 <i>65</i> | 189 <i>69</i> | 189 <i>44</i> | 189 <i>4</i> |
| | 苗木 | 63 <i>53</i> | 63 <i>40</i> | 63 <i>13</i> | 63 <i>6</i> |
| タニウツギ | 種子 | 任意 <i>178</i> | 任意 <i>671</i> | 任意 <i>217</i> | 任意 <i>285</i> |
| | 苗木 | 126 <i>109</i> | 126 <i>55</i> | 126 <i>89</i> | 126 <i>80</i> |
| エゾノバッコヤナギ | 苗木 | 126 <i>49</i> | 126 <i>39</i> | 126 <i>5</i> | — |

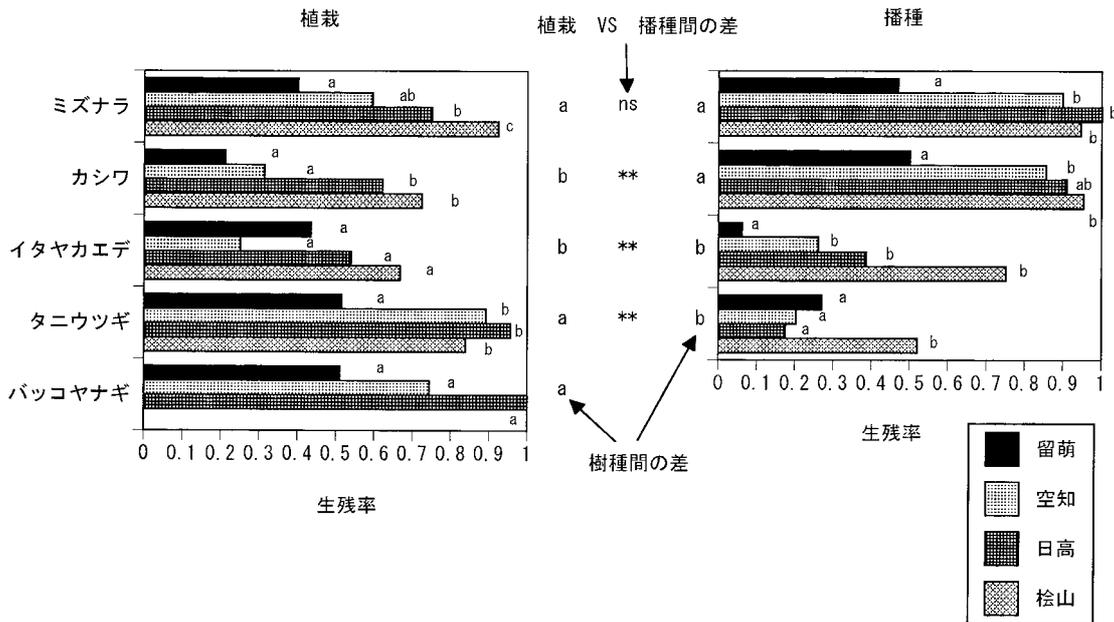


図-2 樹種別，導入方法別，試験地別の導入木の生存率（発芽または芽吹き後に最大の個体数に対する2003年秋の個体数の割合）。同じアルファベットは樹種別，導入方法別，試験地別で比較した場合の生存率間に有意差がないことを示す（危険率を調整した χ^2 検定）。

導入後の生育経過

導入翌年春に第1回目の調査を行なったが，それ以降に発芽または芽吹きがみられた苗木もあった。発芽または芽吹き後の最多の苗木数は樹種，試験地の間で大きなバラツキが見られた（表1）。これには，導入時期が初秋から初冬までばらついたこと，樹種により種子の充実率が違っていったことなどが関係していると考えられる。最多の苗木数を1とした時の2003年の苗木数を生存率とし，樹種別，試験地別，導入方法別に図-2に示した。

樹種別の差を見ると，まずポット苗植栽については，カシワとイタヤカエデの生存率がミズナラ，タニウツギ，エゾノバッコヤナギに比べて低かった。一方，播種についてはイタヤカエデとタニウツギがミズナラとカシワに比べて低かった。イタヤカエデが共通して低く，導入成績は悪かった。

導入方法別に見ると，カシワは植栽に比べて，播種の生存率が高かった。イタヤカエデとタニウツギは播種に比べて，植栽の生存率が高かった。タニウツギはポット苗に比べて，種子からの発芽苗がかなり小さいため，生存率が低かったものと考えられる。種子が比較的大きいミズナラとカシワでは，種子の小さいイタヤカエデとタニウツギに比べて，播種に適しているようである。

試験地間の生存率の違いについては，植栽については留萌が低く，桧山で高い傾向が見られた。播種については，苗木の場合と同様に，留萌が低く，桧山が高い傾向が見られた。留萌の試験地は土壌内の土壌に含まれていた埋土種子から発芽した草本類により苗木が被圧されていた。このことが生存率を低くした原因の1つであると考えられる。

2003年秋の時点での樹高を樹種別，試験地別，導入方法別に図3に示した。樹種間で比較すると，植栽苗については，イタヤカエデの樹高が最も低く，次いでカシワ，ミズナラ，タニウツギ，エゾノバ

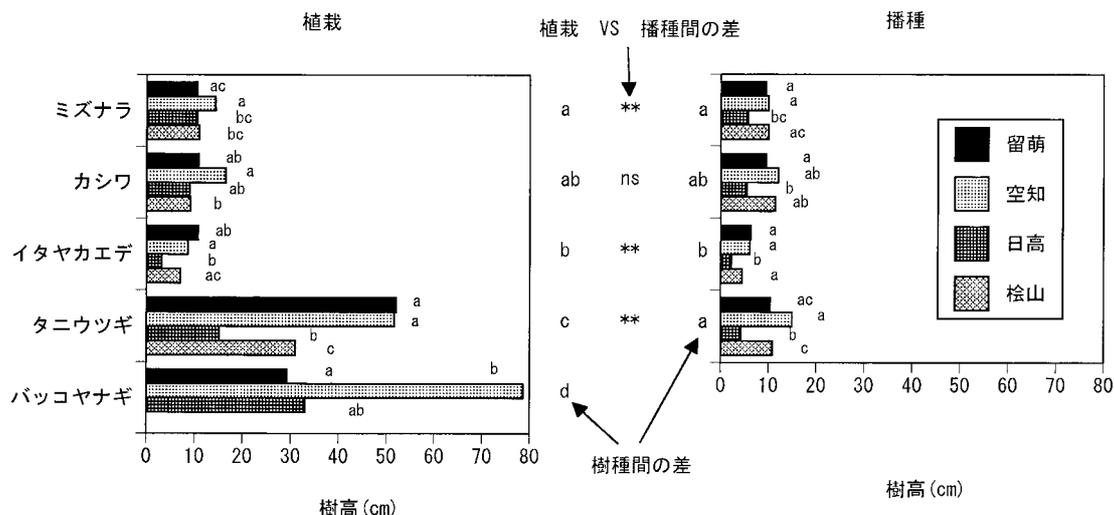


図-3 樹種別、導入方法別、試験地別の導入木の2003年秋の平均樹高。同じアルファベットは樹種別、導入方法別、試験地別で比較した場合の生残率間に有意差がないことを示す(危険率を調整した χ^2 検定)。

ッコヤナギの順に高くなった。播種苗について見ると、イタヤカエデが最も低く、次いでカシワ、ミズナラ、タニウツギの順に高くなった。イタヤカエデが共通して成績が悪く、タニウツギやエゾノバッコヤナギは成長が速かった。

導入方法別に比較すると、ミズナラ、イタヤカエデ、タニウツギでは、播種に比べて植栽の樹高が高かった。タニウツギで差が大きかったのは、種子からの発芽苗はサイズが小さかったためである。

試験地間の比較をすると、植栽苗については空知が高い傾向が見られた。播種苗については空知が高く、日高が低い傾向が見られた。空知は他の3箇所の試験地と異なり、内陸にあるため塩風害を受けにくい。このことが空知の樹高成長が良かったことの原因の1つとして考えられる。しかし、生残率は空知に比べて、桧山で高い傾向にあった(図-2)。今回土嚢に詰めた土壌は試験地間で統一出来なかった。そのため、空知では土壌が成長にとって好適だった可能性もある。

導入方法を考える

ミズナラ、カシワ、イタヤカエデなどの海岸や内陸の天然林構成主要樹種を導入した場合、3生育期間を経た段階でも樹高は10cm前後と低かった。一方、タニウツギ、エゾノバッコヤナギなどの先駆樹種は30cm~50cm程度の樹高となっていた(写真-1)。これらは試験地が十分な照度がある場所であることを考えると、本来の成長よりもかなり遅いと言える。この理由としては、土嚢内の土壌の理化学性が考えられる。観察では土壌が乾燥傾向にあると判断された。

施工から15年が経過した羅臼町のフリーフレームでは、現在ケヤマハンノキやミヤマハンノキが侵入し樹高3m前後の低木林となっている(写真-2)。それらは1年間に30cm程度の成長をしてきた。また、静内町真歌のフリーフレーム内の植栽木はアキグミ、ツツジ類の成長が良好でヤナギ類の自然侵入が見られる。また、千歳市のフリーフレームではカンバ類の侵入が観察された。

以上のことから、早期表土安定の面からは成長が速く、しかも既存のフリーフレームでの侵入が見ら



写真-1 フリーフレームへの木本導入後4生育期目の生育状況(空知管内砂川市)。右側の円内がエゾノバッコヤナギ, タニウツギ, 左側の円内が草本に被圧されたミズナラ, カシワ。



写真-2 ケヤマハンノキやミヤマハンノキ侵入後15年程度経過したフリーフレーム施工地(羅臼町)。

れる先駆樹種(ヤナギ類, タニウツギ, ハンノキ類, カンバ類)を主体に導入を行なうのが良いと考えられる。修景のみが目的の場合には, それらのうちの低木種を用い, 樹林化が目的の場合には, 高木種を用いるのが望ましい。将来的な天然林化を期待し, 先駆樹種の中に天然林構成種を混ぜて導入するのも1つの手段であると考えられる。長時間を要するが, 上木の先駆樹種に寿命が来た後は, それら天然林構成種が森林を形成すると予想される。

導入方法については, 今回用いた先駆樹種であるタニウツギやエゾノバッコヤナギについては種子が小さく, 成長に時間がかかり, 植栽が望ましいと考える。ミズナラやカシワは播種でも問題はない。

今回用いたヤシ繊維の土嚢は設置後3年程度経過すると分解が始まり, 一部破損が見られた。大雨などで土壌流出の可能性もあるため, 土嚢は分解の遅い, 従来の化学繊維によるものが望ましいと考えられる。

今回は, 特に留萌の試験地で見られたように土嚢内の土壌に草本の埋土種子が含まれており, 導入木を被圧する場合があった。土嚢内の土壌には埋土種子が含まれていないものを用いる必要がある。また, 極力乾燥しにくい, 成長に適した土壌を用いることも重要である。

なお, フレームの改良効果については今後, 調査を継続し, 検証していく予定である。

(防災林科)