

乾徳山林道におけるのり面緑化方法の検討

田中涼子 武井文彦¹⁾ 小沢知己¹⁾
乙黒正也¹⁾ 遠藤 孝¹⁾ 立脇淳志²⁾

An examination of revegetation methods on cutting slope
of the forest road on Mt. Kentoku

Ryoko TANAKA, Fumihiko TAKEI¹⁾, Tomoki OZAWA¹⁾,
Masaya OTOGURO¹⁾, Takashi ENDO¹⁾ and Junji TATEWAKI²⁾

Abstract : We examined the effects of different construction seasons and methods using various types netting on revegetation of cutting slope of the forest road on Mt. Kentoku. Seven methods (one was sprayed thick cultivative base and the others were covered with palmfiber or polyethylene netting with seeds, fertilizer, and etc.) were applied in each winter (December, 2007) and spring (May, 2008). Emerging and growing of plants in each method were compared between construction seasons. In all of the methods, number of emerged species, including dispersed species from surrounding forests, was higher at the site with constructed in winter than in spring. The method using polyethylene netting which could catch more seeds from the surrounding area was most suitable in this study area, from the view point of emerging and growing of plants and cost effectiveness. We should monitor these results, and determine most suitable revegetation method of the forest road on Mt. Kentoku.

要旨 : 林道のり面の緑化状況が思わしくない乾徳山林道において、施工時期の影響評価と植生マットによる緑化を検討した。冬と春に施工を行い植物の定着・生育状況によって施工時期を評価した結果、冬施工区の方が周辺の森林からの植物の侵入が多く、適しているという結果になった。また、厚層基材吹付工及び6種類の植生マットによる施工を行い、植物の定着・生育状況及び価格によって緑化方法を評価した結果、周辺森林から供給される種子による緑化を重視した植生マットが最も適しているという結果になった。今回は施工後1年未満での結果のみであるため、今後も追跡調査を行った上で、適した緑化方法を決定したい。

1 はじめに

平成15年4月1日より施行された改正自然公園法によって、国立公園・国定公園などの特別地域では、林道のり面や治山工事に伴う緑化事業で外来植物が使用できなくなった。しかし気候条件や地山の土質の性質から、従来使用していた外来緑化植物に比べて生長の遅い在来種のみを配合した種子吹付工や厚層基材吹付工では緑化状態が思わしくない林道が少なくない。秩父多摩甲斐国立公園の特別地域内で開設が進められている乾徳山林道

もその1つであり、吹付基材の表面侵食や剥落によって地山がむき出しになり、侵食が起こっている箇所が多くみられる。

乾徳山林道のような高標高域に位置する林道の場合、緑化状態が思わしくない理由としては、施工の時期や方法が不適切であることなどが考えられる。従来の山梨県における大半の林道開設工事では、工事のスケジュールの都合上、のり面の緑化施工に着手できるのは11月後半以降である。しかしほとんどの在来緑化植物の播種適期は3月～6月(道路土工, 1999)とされており、特に乾徳山のような寒冷な地域では、施工時期が冬場になっ

1) 峡東林務環境事務所治山林道課

2) 日本植生株式会社

本研究は、山梨県森林総合研究所試験研究課題「緑化施工地の実態調査と効果的な施工指針の開発」によって行われた。

表1 試験に使用した緑化方法の概要

緑化方法	施工方法	特徴	導入種	冬施工得点	春施工得点
A	厚層基材吹付工	従来の方法。種子、基盤材、肥料、接合剤（侵食防止剤）を混合したものを吹き付ける。早期緑化を重視。	〈木本〉ヤマハギ、ヤマハンノキ 〈草本〉ヨモギ、メドハギ、ススキ、イタドリ	0.829 (3)	0.663 (3)
B	植生マット工	二重構造で種子、肥料、人工客土、間伐材（木毛）、土壌改良資材等を充填し、生育基盤を形成。Ca入りヤシネットにより保水性向上、酸性雨のpH中和機能を持つ。素材はヤシ繊維、ジュート。	〈木本〉ヤマハギ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシ 〈草本〉ヨモギ、ススキ、メドハギ、イタドリ	0.627 (5)	0.619 (4)
C	植生マット工	機能性木炭を装着することにより硝酸性窒素の流出を抑制。有機肥料のみを配合。Ca入りヤシネットにより保水性向上、酸性雨のpH中和機能を持つ。素材はヤシ繊維、生分解性樹脂。	〈木本〉ヤマハギ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシ 〈草本〉ヨモギ、ススキ、メドハギ、イタドリ	0.626 (6)	0.350 (6)
D	植生マット工	間伐素材（木毛）を全面装着し、侵食防止、保温・保水性機能を高めている。材質は生分解性樹脂。	〈木本〉ヤマハギ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシ 〈草本〉ヨモギ、ススキ、メドハギ、イタドリ	0.829 (2)	0.727 (2)
E	植生マット工	周辺森林から飛来する種子を捕獲しやすい構造を持つ。侵食防止、保温性が持続するよう分解速度の異なる薄綿を混紡。材質は自然分解樹脂。	〈木本〉なし 〈草本〉ヨモギ、メドハギ	1.006 (1)	0.846 (1)
F	植生マット工	木本種子と草本種子を別の植生袋に収納、装着することにより、木本種が草本種に被圧されにくい構造になっている。素材はヤシ繊維、ジュート、水溶性不織布。	〈木本〉ミズナラ、シラカンバ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシ 〈草本〉ヨモギ、ススキ、イタドリ	0.405 (7)	0.184 (7)
G	植生マット工	亀甲金網とヤシ繊維ネットの併用により凍上、積雪、融雪に対する保護効果を強化、小落石、表面侵食を防止。ネット部分素材は、ヤシ繊維、生分解性樹脂。	〈木本〉ヤマハギ、ヤマハンノキ、ヤシヤブシ 〈草本〉ヨモギ、ススキ、メドハギ、イタドリ	0.678 (4)	0.611 (5)

てしまうことが緑化植物の定着・生育を阻害している可能性も考えられる。また、乾徳山林道は土質がマサ土であり非常に脆弱で、凍上が起こりやすいことなどから、吹付工が適していない可能性も考えられる。

そこで本試験では、施工時期と新たな施工方法を検討することとした。従来の施工時期として12月中旬（冬）と、気温が上がり植物の生育が旺盛になり始める5月下旬（春）の2期に施工を行い、施工時期の影響を検討した。また施工方法としては、植生マットによる緑化を検討することとした。植生マットは侵食防止機能が高く（細木，2008）、種子や肥料が固定されているため流出しにくい。本試験では、6種類の植生マット及び従来の施工方法のひとつである厚層基材吹付工を比較し、乾徳山林道ののり面緑化に最も適した緑化方法を検討した。

2 方 法

1) 試験地

試験は、山梨県山梨市三富上釜口に開設中の林道乾徳山線（北工区）平成17年施工区の一部で行った。試験地の標高は約1,300m、北東～北北西向き、傾斜50～60度の切り土のり面で、土質はマサ土で非常に脆弱である。

開設時、客土吹付工による緑化が行われたが、植物の定着・生育が思わしくなく裸地化している箇所も多く見られる。周辺は県有林で落葉広葉樹林、アカマツ林、カラマツ人工林などが見られる。この地域一帯は秩父多摩甲斐国立公園に属し、西沢溪谷付近から乾徳山に向かう林道であることから、登山客も多数訪れる。

2) 施 工

2007年12月12～13日（冬）と2008年5月31日～6月1日（春）に施工を行った。1区画の面積は幅約3m、長さ約5mとし、施工期ごとに、植生マット工区を6区画と、比較対象として厚層基材吹付工区を1区画設けた。厚層基材吹付工区は、のり尻からのり長5m以上にわたり、開設時に設置されたラス（金網）と吹付けられた基盤材などをはがし、地山がむき出しになるようにしてからラスを張り直し、種子、基盤材、肥料、接合剤（侵食防止剤）を混合したものを厚さ3cmで吹付けた。植生マットを設置する部分においては、同じようにラスと基盤材などをはがし、地山がむき出しになる状態にしてから植生マットを設置した。使用した6種類の植生マットの概略を表1に示す。試験地は国立公園内であるために環境への配慮が必要であり、できるだけ周辺

の森林と類似した植生へ回復することが望ましい。また、土質がマサ土であるため非常に脆弱な上、高標高のため寒冷で凍上が起こりやすく、乾燥しやすいことなどから、今回はこの6種類の植生マットを選択した。なお、表1に記された特性は、特に特徴的なものを挙げてある。今回使用した植生マットはすべて、侵食防止機能、素材の環境への配慮(分解されやすいかなど)が考慮されている。

3) 植生調査

それぞれの試験区画の植生の生育状況を調べるために2008年8月7、8日に植生調査を行った。1区画につき、上部、中部、下部にそれぞれ2箇所、合計6箇所のコドラート(1m×1m)を設置し、植生高、草本植被率、木本植被率、出現種の被度・群度を記録した。それぞれのコドラートは区画の上下、左右から20cm以上離して設置した。また、隣り合うコドラート同士も20cm以上離し、連続しないようにした。

4) 施工時期と緑化方法の評価

どちらの季節の方が施工に適しているかを検討するために、高さ、植被率(全種)、導入種出現率(全種)、侵入種数(全種)の4つの要因を指標とした総合的な評価を試みた。4つの要因はそれぞれ単位が異なるため、そのままの値では総合的な評価が難しい。しかし、値を順位に変換してしまうと、要因内での値の大きさの違いが無視された等間隔の数値に変換されてしまう。そこで、それぞれの要因内での冬施工区と春施工区の平均値の比は維持したままで、4つの要因を同じ基準で評価できるように得点化を行い、4つの要因の得点の合計が大きい季節ほど施工に適していると判断した。得点化は、冬施工区の植生高であれば、“(冬施工区の植生高の平均値)/(冬施工区の植生高の平均値+春施工区の植生高の平均値)”というように計算した。他の要因においても同じ方法で計算した。

緑化方法の評価は、施工時期の評価で用いた4つの要因(高さ、植被率(全種)、導入種出現率(全種)、侵入種数(全種))に、それぞれの緑化方法の価格(施工費用と材料費等)を加えた5つの要因を指標に行った。得点化は、冬施工区緑化方法Aの植生高であれば、“(冬施工区緑化方法Aの植生高の平均値)/(冬施工区緑化方法Aの植生高の平均値+冬施工区緑化方法Bの植生高の平均値+……+冬施工区緑化方法Gの植生高の平均値)”

というように計算した。他の要因においても同じ方法で計算した。なお、価格においては、そのままの値をこの式に当てはめて計算すると金額が高いものほど得点が高くなってしまうため、逆数にしてから式に当てはめて得点化した。

3 結 果

1) 植生調査

植生調査の結果、全体(2施工期×7区画×6コドラート)で36種の生育が確認され(表2)、そのうち木本種が19種、草本種が17種だった。導入種(表1)の中で、ヤマハギ、メドハギ、ヨモギは導入されたほとんどの区画のプロットで生育が確認されているが、ヤシャブシとヤマハンノキは冬施工区画ではいくらか生育が確認されているものの、春施工区画では全く生育していなかった。また、イタドリは導入された区画では生育していなかったが、周辺から飛来した種子を定着させやすい構造を持つ植生マットが使用されている緑化方法Eの区画で生育が確認された。ススキ及びミズナラはいくつかの区画で導入されているが全く生育が確認されなかった。また、侵入種としては、カツラ、フジウツギ、ヤナギ科sp.、タチツボスミレなどの侵入が冬施工区で多く見られた。

2) 施工時期の比較

施工時期ごとに、すべてのコドラート(7区画×6コドラート)の植生高、植被率(全種・木本・草本)、導入種出現率(全種・木本・草本)、侵入種数(全種・木本・草本)の平均値を計算し、比較した(図1)。

植生高は春施工区よりも冬施工区の方が高かった($P<0.01$, Mann-Whitney test、図1a)。植被率は、全種及び草本種では施工時期間で差はなかった($P=0.94$, $P=0.97$, Mann-Whitney test、図1b)。しかし木本種は、冬施工区の方が植被率が高かった($P<0.01$, Mann-Whitney test、図1b)。導入種出現率は、全種及び木本種で春施工区よりも冬施工区の方が高かった(どちらも $P<0.01$, Mann-Whitney test、図1c)。しかし草本種では施工時期間で差はなかった($P=0.87$, Mann-Whitney test、図1c)。侵入種数は、全種、木本種、草本種のすべてで春施工区よりも冬施工区の方が多かった(全て $P<0.01$, Mann-Whitney test、図1d)。

高さ、植被率(全種)、導入種出現率(全種)、侵入種数(全種)の4つの要因を得点化し、冬と春のどちらが

表2 植生調査で出現した種と出現コドラート数 アルファベットは緑化方法(表1)を示す。網掛けの部分は導入種であることを示す。

種名	科名	生活型	冬施工							春施工						
			A	B	C	D	E	F	G	A	B	C	D	E	F	G
タラキ	ウギ科	木本							1							
ウリハダカエテ	カエテ科	木本					1									
コミネカエテ	カエテ科	木本		1				2		1						
カツラ	カツラ科	木本		1	1	1	3			1						
シラカンバ?	カハノキ科	木本		2												
ミスメ?	カハノキ科	木本												1		
ヤシヤブシ	カハノキ科	木本		3	2	2	2		4							
ヤマハソノキ	カハノキ科	木本		3	5	4	6		6	5						
キブシ	キブシ科	木本						1								
モシバ	ハラ科	木本				1	2		1							
ウミスズクサ	ハラ科	木本					1									
サクラ属sp.	ハラ科	木本		1	4		1									
フシツツギ	フシツツギ科	木本		2	2	2	2		4							
カマツ	マツ科	木本					1		1					2		1
ヤマハギ	マメ科	木本		3	6	6	4	6		5	4	6	6	4	6	6
ヤナギ科sp.	ヤナギ科	木本		3	5	4	2	5	1	6				5		
ゴアジサイ	ユキノシタ科	木本					2									
リュウブ	リュウブ科	木本		1			3	1	2							
ノドウ	ノドウ科	木本 (つる)					2									
チシサ	イネ科	草本										1				
スズメノカタビラ	イネ科	草本		1												
メシハ	イネ科	草本														3
イネ科sp.	イネ科	草本	2	3	4	6	2	1	2	1	3	1	3	1	1	1
オニタビラコ	キク科	草本	1		1											
ノキリソウ?	キク科	草本	1													
ヒヨドリバナ	キク科	草本				1										
フタクサ	キク科	草本								1						
ハニナホロキ?	キク科	草本	1	2												
ヒメムカシヨモギ	キク科	草本	1				1									
ヨモギ	キク科	草本	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
クノボ属sp.	キク科	草本		1			3	1								
ニシキミノハス	ゴマノハス科	草本		1	2											
クツボスミ	スミ科	草本			2	5	6	1	2							
イタドリ	タテ科	草本					3							1		
ツメクサ	ナツシロ科	草本			2	2										
メハギ	マメ科	草本	6	5	6	6	2		6	6	6	6	6			6

施工に適しているかを検討した結果、冬施工区の合計得点が2.494、春施工区の合計得点が1.506で冬の方が適しているという結果になった。得点の内訳は、植被率のみわずかに春施工区が冬施工区を上回っていたが、その他の要因においては冬施工区が春施工区を上回っていた(図2)。特に侵入種数は5倍近く冬施工区の方が高かった。

3) 植生マットの比較

それぞれの施工時期において、区画ごとに、植生高、植被率(全種・木本・草本)、導入種出現率(全種・木本・草本)、侵入種数(全種・木本・草本)の平均値を計算し、それぞれの要因に差が見られるかどうかを比較した(図3、5)。

① 冬施工

冬施工区では、植生高、植被率(全種・木本・草本)、導入種出現率(全種・木本・草本)、侵入種数(全種・木本・草本)のすべてにおいて区画間で差が見られ、緑化方法によって差があるという結果になった(すべて $P < 0.01$, Kruskal-Wallis test、図3 a-d)。

高さ、植被率(全種)、導入種出現率(全種)、侵入種数(全種)、価格の5つの要因を得点化し、緑化方法の評価を行った。それぞれの緑化方法の合計得点を表1に示す。括弧内は順位を示す。緑化方法Eの合計得点が最も高く、続いて緑化方法D、A、G、B、C、Fの順だった。得点の内訳をみると、植被率と侵入種数において緑化方法による違いが大きい傾向が見られた(図4)。特に侵入種数は緑化方法Eの区画の得点が高い区画よりも

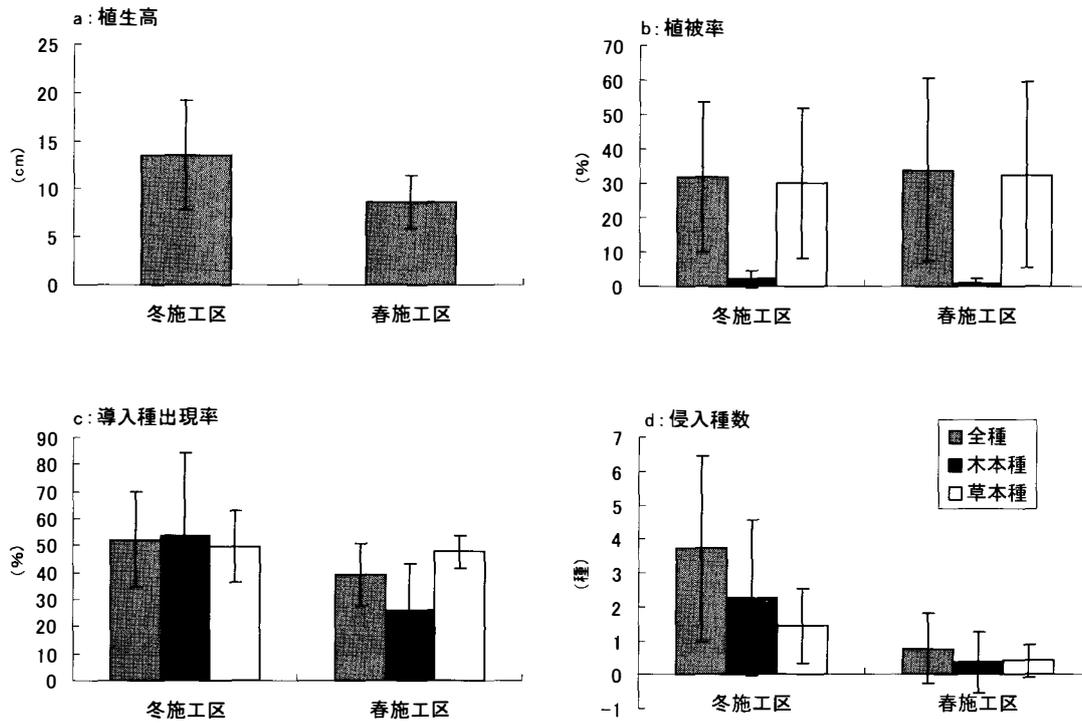


図1 施工時期の違いによる植生の比較

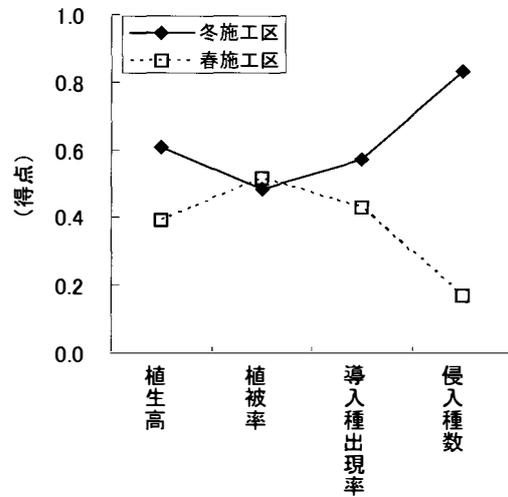


図2 施工時期別に見た各要因の得点

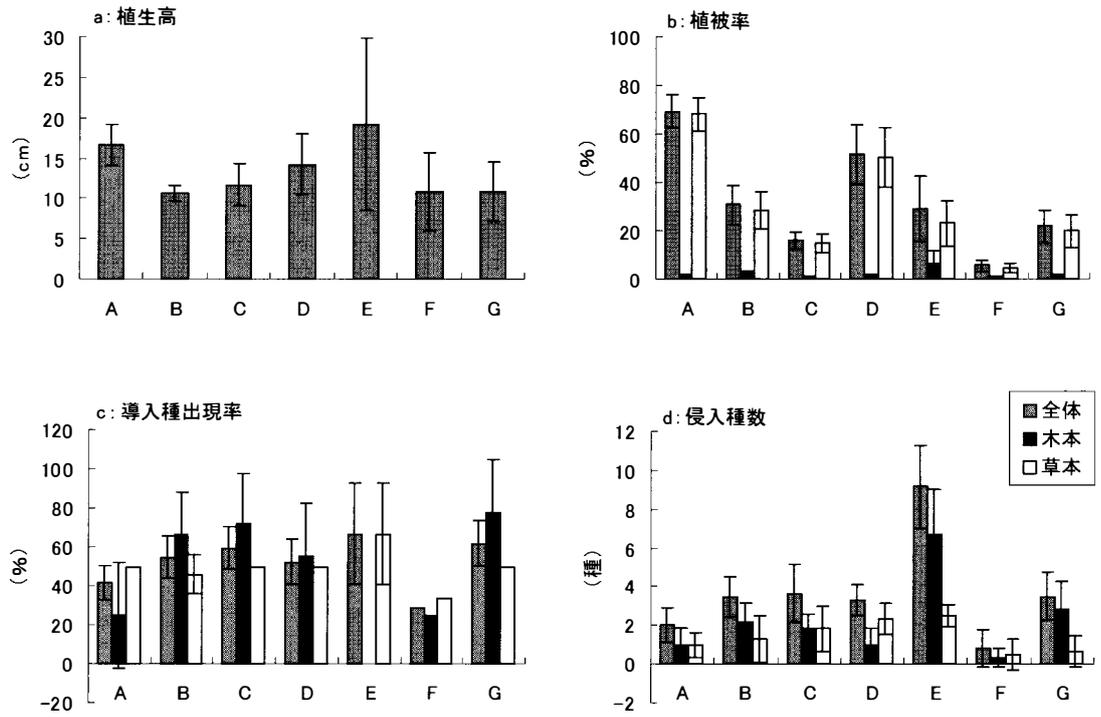


図3 緑化方法の違いによる植生の比較(冬施工区)

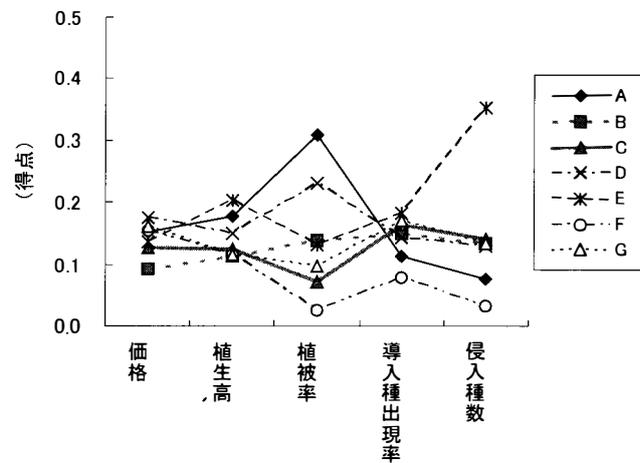


図4 緑化方法別に見た各要因の得点(冬施工区)

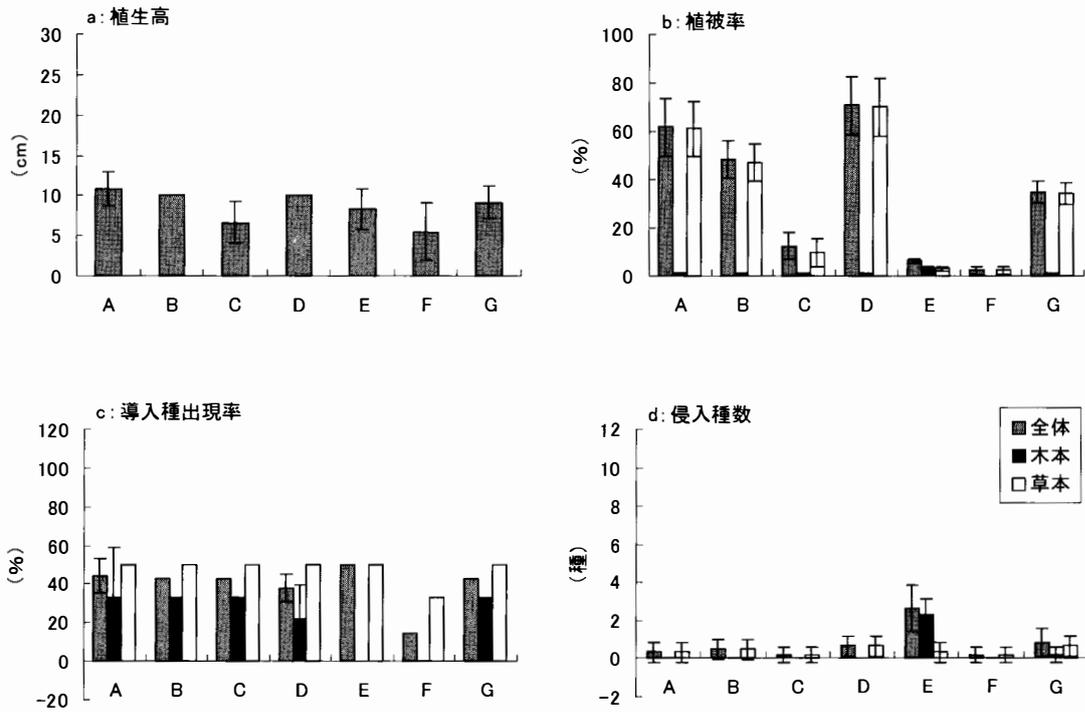


図5 緑化方法の違いによる植生の比較(春施工区)

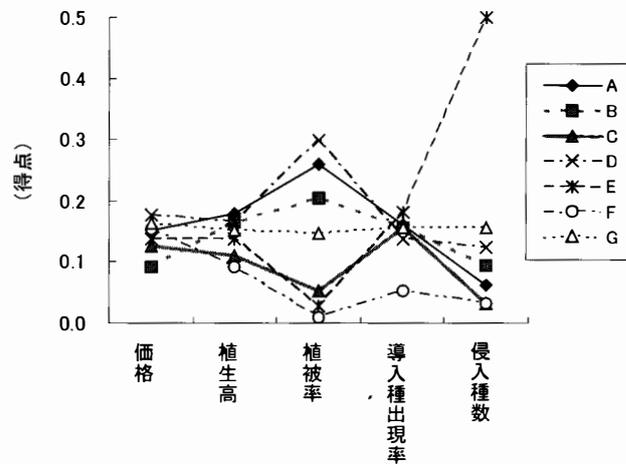


図6 緑化方法別に見た各要因の得点(春施工区)

明らかに高かった。

② 春施工

春施工区では、植生高、植被率（全種・木本・草本）、導入種出現率（全種・木本・草本）、侵入種数（全種・木本）において区画間で差が見られたが（すべて $P < 0.01$, Kruskal-Wallis test、図 5 a-d）、草本の侵入種数のみ差が見られなかった（ $P = 0.36$, Kruskal-Wallis test、図 5 d）。

5つの要因を得点化した結果、緑化方法Eの合計得点が最も高く、続いて緑化方法D、A、B、G、C、Fの順だった（表1）。得点の内訳をみると、冬施工区と同様に植被率と侵入種数において区画ごとの違いが大きい傾向が見られた（図6）。春施工区でも、緑化方法Eの区画の侵入種数の得点が他の区画よりも明らかに高かった。

4 考 察

1) 施工時期の比較

春の施工を行った時には、冬に施工した区画では植物の生育が始まっていた。しかし、半年近く施工期に差があったにもかかわらず、草本の植被率は8月には冬施工区と春施工区で差がなくなっていた（図1b）。これは、導入草本種の出現率が施工期間で差がなかったことから、導入草本種の生育によるものと考えられる（図1c）。しかし、出現種は木本種を中心に秋～冬に種子散布を行う植物が多いことから、木本種、草本種のどちらも侵入種数は冬施工区の方が明らかに多く、この差が、施工時期を比較する上で冬の方が適しているという結果に大きく影響している（図2）。

また今回の試験では、8月の植生調査の時点では冬施工区、春施工区ともに厚層基材吹付工区画における吹付基材の表面侵食や剥落はほとんど見られなかった。当初は凍上による影響が大きいと予想していたが、冬施工区でも侵食や剥落がほとんど見られなかったことから、他の要因が影響している可能性がある。今回の試験地は全てほぼ北向きであり、南向き斜面等が含まれていなかったが、斜面方位は裸地率や木本種の種組成に影響を与えることが報告されており（林ほか、2007）、斜面方位によって大きく環境が異なると予想される。吹付基材の表面侵食や剥落の状況や原因は斜面方位で異なる可能性も考えられ、さらにいろいろな方位での試験が必要である。

2) 植生マットの比較

春施工区の草本の侵入種数を除いては、冬施工区、春施工区ともに厚層基材吹付工及び植生マット間で植生高、植被率、導入種出現率、侵入種数に違いが見られ、それぞれ植物の定着・生育状況に違いがあることが明らかになった（図3、5）。

今回は、植生高、植被率、導入出現率、侵入種数、価格といった5つの要因を同等に評価に反映させたため、他の植生マットなどに比べて明らかに侵入種数の多かった緑化方法Eの得点が、冬施工区、春施工区ともに高くなったと考えられる（図4、6）。乾徳山のような国立公園内では、周辺の森林に生育している植物によってのり面の植生回復がなされることが望ましく、また植生マット自体に侵食性を防止する機能があることから、今回はこのような基準で評価を試みた。しかし、早期緑化を重視するのであれば、植被率の得点を2倍にするなど評価基準を検討する必要がある。また、緑化方法E及びDは、シカの踏み荒らしによって植生マットに多少の損傷が見られた。これらの損傷が今後の植生回復にどう影響するかも考慮する必要があるため、今後も追跡調査を行った上で、乾徳山林道に最も適した工法を検討する必要がある。

5 謝 辞

本研究を行うにあたりご協力いただいた長池卓男氏、西川浩己氏、小松澤靖氏、小林慶子氏に感謝申し上げます。本研究は、山梨県森林総合研究所試験研究課題「緑化施工地の実態調査と効果的な施工指針の開発」によって行われた。

6 引用文献

- 林 敦子・久保満佐子（2006）林道切土のり面の播種工
施工箇所における植生（木本類）成立要因—県営
林道横尾山線・県営林道折八古関線の事例から—、
林道 No.424：8-12
- 細木大輔（2008）道路土工—のり面工・斜面安定工指針
のり面緑化工に関する開設，緑化工技術第29
集：1-21.
- 日本道路協会編（1999）道路土工—のり面工・斜面安定
工指針，470 pp. 日本道路協会.