

## 山腹等緑化施工地管理技術の確立

(県単課題 平成12～14年度)

小澤創  
武井利之

### 目 次

#### 要 旨

はじめに	-----	1
方法	-----	2
1 粉炭の木本種への効果		
2 木本種の繁茂状況調査		
3 新たな木本種の探索		
結果と考察	-----	5
1 粉炭の木本種への効果		
2 木本種の繁茂状況調査		
3 新たな木本種の探索		
引用文献	-----	13

### 要 旨

木本植物による山腹緑化技術を確立するために以下の三つの試験を行った。

- 1 劣悪な基盤条件と厳しい気象条件に対応する方法の一つとして粉炭を吹付資材に混入させてその効果を調査する。
- 2 在来種の侵入を促進するための新たな木本種であるコマツナギとアキグミが実際の裸地斜面で発芽・定着するかどうか調査する。
- 3 林道の切取法面を対象として、開設後の年数にともない周辺の植生からどんな在来種が侵入してくるかを調査する。

その結果、粉炭を緑化資材に20%混入させることによって成立本数が増えることが明らかになったが、その成立本数を良好に生育させるには緑化基盤材に含まれる養分が少ないことが明らかになった。

また、アキグミとコマツナギは調査地では繁茂しなかった。これは、吹付配合種の草本種の配合が非常に多かったことや吹付時期などが影響を与えた可能性が大きいと考えられた。

林道開設後、切取法面に出現する種数は開設後の年数が長くなるほど多くなった。この関係は周辺植生が針葉樹であろうと広葉樹や混交林であろうと同じ傾向であった。周辺の植生から法面に比較的早期に侵入してくる木本種はクマイチゴ、ヌルデ、モミジイチゴ、ヤマグワなどであった。これらの植物は動物によって法面に運ばれてきたと考えられた。

#### はじめに

山腹工施工地や林道法面等の裸地斜面を緑化する場合、植生回復の目標群落を定める必要が

受理日：平成15年3月13日

ある<sup>16)</sup>。近年、目標群落がイネ科草本種を中心とした「草本型」のものから亜高木や低木性の樹木を主体とした「低木型」や高木や亜高木性の樹木を主体とした「高木型」へと移行してきている。これは周辺植生から在来種が侵入しやすくするためや表土固定力の高い群落の造成や自然景観と調和する群落の造成が求められているためである<sup>16)</sup>。

しかし、木本種を中心とした山腹緑化の研究はなされているものの、その技術は確立していない<sup>19)、26)、28)、20)、29)、21)</sup>。これは急傾斜地や未風化土壌等の劣悪な基盤条件下と高温で乾燥した厳しい気象条件下で吹付けた木本種子を発芽、定着させなければならないことに起因していると考えられる。近年、土壌改良剤の一つとして木炭を利用すること<sup>7)、8)</sup>や木材チップを法面の基盤剤に混合させ、その分解特性を解明する試みがなされてきている<sup>15)、27)</sup>。特に破碎された木炭を土壌に混入すると土壌の気相や液相が多くなることが明らかになっている<sup>8)</sup>。このことは裸地斜面がさらされる厳しい環境条件を改善させる可能性があると考えられる。

このような緑化植物の生育条件を改良しようとする試みとは別に厳しい環境条件下でも生育する植物の探索が行われている<sup>22)</sup>。この中で、武井(2000)は一般に流通している緑化用の種子の中でアキグミ(*Elaeagnus umbellata*)とコマツナギ(*Indigofera pseudo-tinctipria*)の成長がよいと指摘している。しかし、この成長の良さは苗畑という生育には好条件下での結果であり、実際の厳しい生育条件下での検証はなされていない。このアキグミとコマツナギが実際の裸地斜面で播種工により良好な発芽・定着を示すのであれば、森林土木事業への利用が期待できるであろう。

一方、一般に良く使われているマメ科やカバノキ科等の緑化植物以外に、厳しい環境条件下でも法面に短期間で侵入してくる木本植物があることが知られている<sup>10)、9)、11)、14)、12)、13)、2)、5)、6)</sup>。高速道路の法面では施工後2～4年の間にアカマツ(*Pinus densiflora*)やバッコヤナギ(*Salix bakko*)の侵入が確認されている<sup>9)</sup>。また、林道の盛土法面では開設後1年でアカメガシワ(*Mallotus japonicus*)やネズミモチ(*Ligustrum japonicum*)の侵入を確認している<sup>2)</sup>。これらの知見から森林土木事業で使われているマメ科やカバノキ科以外にも厳しい環境下で発芽・生育する在来の木本植物があるものと考えられる。その植物が緑化植物として利用することができれば、周辺植生と調和する緑化工が実現する可能性がある。

本研究は以上のことを踏まえ、木本植物による山腹緑化技術を確立するために以下の三つの試験を行うことを目的としている。

1. 劣悪な基盤条件と厳しい気象条件に対応する方法の一つとして粉炭を吹付資材に混入させてその効果を調査する。
2. 在来種の侵入を促進するための新たな木本種であるコマツナギとアキグミが実際の裸地斜面で発芽・定着するかどうか調査する。
3. 林道の切取法面を対象として、開設後の年数にともない周辺の植生からどんな在来種が侵入してくるか調査する。

## 方法

### 1 粉炭の木本種への効果

#### (1) 調査材料

法面緑化工に使用された種子のうち、メドハギ(*Lespedeza cuneata*)、ヤマハギ(*Lespedeza bicolor var. japonica*)およびイタチハギ(*Amorpha fruticosa*)を調査対象とした。

メドハギはマメ科の草本種であり、ヤマハギとイタチハギはマメ科の木本種である。この緑化植物は法面を早期に被覆するキク科やイネ科の緑化草本種とは異なり、被覆後の土壌改良を目的としている<sup>16)</sup>。

## (2) 調査地および方法

ふるさと林道緊急整備事業「大霊山線」(福島県伊達郡霊山町大字大石地内)の平成12年度施工地内に平成12年6月に法面緑化工を施工した。この種子配合はマメ科の木本植物を中心とした「低木型」が目標群落である。施工する際に種子の配合割合は変えずに、基盤材に容積百分率で0%、10%、20%の粉炭を混入させた(表-1-1)。

平成13年4月に粉炭の混入割合が異なる各調査区に1m×1mのコドラートを1箇所ずつ設置した。平成13年7月から9月まで吹付けを行った全植物を対象としてBraun-Blanquetによる優占度の判定<sup>1)</sup>を2回行った。

平成14年7月に新たに各試験区内に2箇所の方形区(1m×1m)を設置した。方形区の下端は法尻から1.5から2.5m高、方形区と方形区は2m間隔で設置した。緑化植物の生育が休止し、落葉が開始した平成14年10月にマメ科植物のイタチハギ・ヤマハギ・メドハギの全個体について、樹高/草丈ならびに基部径(地際径)を測定した。樹高の測定はコンベックスを用いてcm単位まで、基部径の測定はデジタルノギスを用いて1/100mmまで測定した。

調査地点の気温・降雨量として近隣の梁川気象観測点(伊達郡梁川町北本町21,緯度37°53.3',経度140°36.4',標高46m)のデータを利用した。気温は調査地点の標高を参照して気温の遞減率による補正をしなければならないが、今回は補正計算を行わなかった。

## 2 木本種の繁茂状況調査

### (1) 調査材料

法面緑化工に使用された種子のうち、グミ科のアキグミ、もしくはマメ科のコマツナギを調査対象とした。アキグミは北海道中部から九州に広く分布している落葉性の低木で、非マメ科の根粒菌を持つ肥料木である。砂地でもよく生育し、海岸砂防樹種として古くから用いられている<sup>18)</sup>。コマツナギは本州から九州に広く分布している落葉性の低木で荒廃地復旧、斜面緑化の補全種としてよく用いられている<sup>18)</sup>。

表-1-1 緑化資材の配合、発芽期待本数、成立期待本数。

品名	100㎡当り	発芽期待本数		成立期待本数 ㎡当り	
		100㎡当り	1㎡当り		
ヨモギ	0.02 kg	18,824	188	132	
メドハギ	0.10 kg	28,386	284	199	
種子	ヤマハギ	0.40 kg	41,120	411	288
	イタチハギ	1.40 kg	67,518	675	473
	グリーンビングレッドフェスタ	0.08 kg	49,470	495	347
	ケンタッキーブルーグラス	0.03 kg	72,363	724	507
基盤材	テンソイル21号	3,000 ㍉			
	パーク堆肥	3,000 ㍉			
接合材	テンゾール	12 kg			
肥料	N:P:K=15:15:15	18 kg			
計			2,305	1,615	

厚層基材吹付(t=3cm)  
成立期待本数 = 発芽期待本数 × 0.7

## (2) 調査地および方法

調査地は郡山市湖南町大字赤津地内の治山作業道の盛土法面（調査地1）および、石川郡石川町大字北山地内の治山山腹工の切土及び盛土法面（調査地2）に設置した。調査地1では平成12年7月にコマツナギとアキグミの他に草本種2種を含め、計4種類の緑化植物で法面緑化工（種子吹付工）を施工した（表-2-1）。調査地2では平成12年9月にコマツナギを含めた木本種3種、草本種2種の緑化植物で法面緑化工（厚層客土吹付工）を施工した（表-2-2）。両調査地ともマメ科やグミ科の木本植物を中心とした「低木型」が目標群落である。平成12年4月に各調査区に1m×1mのコドラートを3箇所（調査地1）および6箇所（調査地2）設置した。平成12年7月から平成13年9月までBraun-Blanquetによる優占度の判定<sup>1)</sup>を3～4回調査を行った。

調査地点の気温・降雨量として調査地1は郡山気象観測点（郡山市富田町字若宮前17、緯度37°24.9′、経度140°22.3′、標高230m）、調査地2は石川気象観測点（石川郡石川町双里字本宮43-3、緯度37°08.7′、経度140°27.3′、標高290m）のデータを利用した。気温は調査地点の標高を参照して気温の遞減率による補正をしなければならないが、今回は補正計算を行わなかった。

### 3 新たな木本種の探索

#### (1) 調査地および方法

調査地は東白川郡矢祭町の民有林林道を対象とした（表-3-1）。開設後1年から20年の切取法面を選定した。法面は法長が3mから10mの箇所を選定し、法長が長く樹種が確認できないものや法長が短く地山と区別がつかないものは除外した。選定の法面の標高、方位、並び

表-2-1 調査地1の緑化資材の配合、発芽期待本数、成立期待本数の計画。

品名	100㎡当り		発芽期待本数		成立期待本数 ㎡当り	
			100㎡当り	1㎡当り		
種子	コマツナギ	0.139	kg	29,190	292	204
	アキグミ	0.617	kg	24,680	247	173
	トールフェスク	0.066	kg	26,400	264	185
	クリーピングレッドフェスク	0.039	kg	50,700	507	355
人工土壌	テンソイル2号	40	?			
緑化基材	スーパーソイル	200	?			
安定剤	アルファグリーン	10	kg			
養生材	テンソイル3号-s	25	kg			
肥料	N:P:K=15:15:15	10	kg			
計					1,310	917

種子吹付工

成立期待本数 = 発芽期待本数 × 0.7

表-2-2 調査地2の緑化資材の配合、発芽期待本数、成立期待本数。

品名	100㎡当り		発芽期待本数		成立期待本数 ㎡当り	
			100㎡当り	1㎡当り		
種子	メドハギ	0.05	kg	13,058	131	91
	ヤマハギ	0.34	kg	35,158	352	246
	コマツナギ	0.181	kg	38,010	380	266
	トールフェスク	0.086	kg	34,400	344	241
基盤材	クリーピングレッドフェスク	0.08	kg	49,470	495	346
	土壌混合基盤材	3.9	m <sup>3</sup>			
	テンソイル3号	78	kg			
粒結剤	PA-1	1.6	kg			
肥料	N:P:K=15:15:15	19.5	kg			
計					1,701	1,191

厚層基材吹付 (t=3cm)

成立期待本数 = 発芽期待本数 × 0.7

に法長が 3 ~ 10 m の範囲に出現した木本種の種類を目視によって確認した。また、調査法面

表 -3-1 調査を行った林道名、開設後の経過年数、法面数、周辺植生。

項目	計	開設後の経過年数																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
林道名		[Staircase pattern of black bars representing survey data across years]																			
調査林道数	10																				
調査法面数	118	5	3	5	11	7	5	9	2	7	3	4	5	6	2	10	5	9	7	6	7
周辺植生																					
針葉樹	62	2	1	4	7	6	5	6	2	6	0	1	0	0	1	7	1	3	3	2	5
広葉樹のみ/広葉樹を含む	56	3	2	1	4	1	0	3	0	1	3	3	5	6	1	3	4	6	4	4	2

の主に上部の植生をスギ、ヒノキ、マツ、広葉樹に区別し、目視によって確認した。調査は周辺森林および法面に侵入してきた木本種の落葉が開始する前の平成 14 年の 10 月に行った。

### 結果と考察

#### 1 粉炭の木本種への効果

##### (1) 調査地の微気候

気温は吹付直後の夏期は平年よりも高く、冬期は平年よりも低く推移する傾向が見られた(図 -1-1)。その後は平年並みであった。降水量は吹付直後の平成 12 年 7 月(2000 年 7 月)は平年よりも多かったが、その後は夏期の数ヶ月を除いて、平年よりも少ない月が続いた。特に平成 12 年 8 月は平年の 30% 程度の降雨しかなかった。吹付植物は気温が夏高く冬低く、

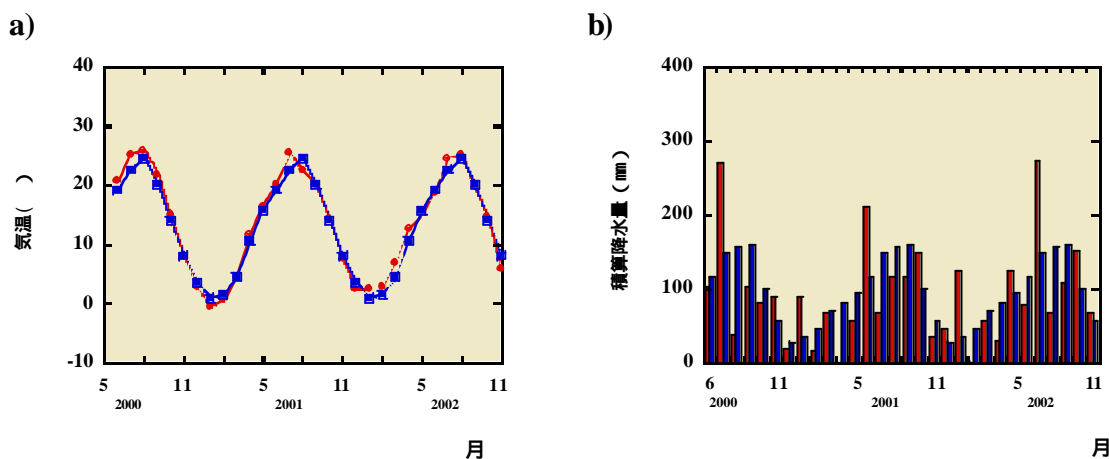


図 -1-1 調査地のa)気温、b)降水量の変化。  
 梁川気象観測点のデータ。標高による気温の補正は行わなかった。、月平均気温または月積算降水量；、平年値

降雨量は全般的に少ない環境下で発芽生育したと考えられた。

## (2) 優占度の推移

低木林を目標とする「低木型」において厚層基材吹付工を行う場合、発芽期待本数は草本類が 200 ~ 300 本/m<sup>2</sup>、木本類が 500 ~ 1000 本/m<sup>2</sup>とするのが望ましいとされている<sup>1)</sup>。種子配合は草本種が 1691 本/m<sup>2</sup>、木本種が 695 本/m<sup>2</sup>

表 -1-1 異なる粉炭混入率での優占度の推移。

粉炭混入率	種類	7月6日			9月5日		
		優占度	本数	草丈・樹高 (cm)	優占度	本数	草丈・樹高 (cm)
0%	イタチハギ	5	32	59.8	5	24	77.5
	ヤマハギ	1	2	66.5	2	7	68.3
	クレーピングレッドフェスク	1					
	ヨモギ	+					
	アメリカヤマゴボウ	1	2	82.5			
10%	イタチハギ	5	50	59.0	5	30	89.4
	ヤマハギ	1	1	68.0	1	2	149.5
	クレーピングレッドフェスク	1					
	メドハギ				+	1	67.0
20%	イタチハギ	5	34	56.6	5	32	76.5
	ヤマハギ	+	3	66.3	2	6	121.2
	クレーピングレッドフェスク	2					
	ヨモギ	+					
	メドハギ				1	3	75.7

本数と草丈・樹高は30cm以上のもののみの平均値。

と草本種が非常に多い配合であった(表 -1-1)。しかし、各コドラートともイネ科の草本種は7月の調査でほとんど確認できなかった(表 -1-1)。法面表土部で枯死した個体も確認できなかったため、何らかの問題で発芽しなかったと思われる。マメ科の木本種ではイタチハギがもっとも優占度が高かった。成立期待本数もイタチハギが最も多く、その次がヤマハギであることを考えると、イネ科の草本種に比べると正常に発芽・活着・成長が行われたと思われる。

## (3) 成立本数、樹高・草丈、基部径の関係

粉炭の混合率が20%の調査区は成立本数が0%区や10%区より有意に多かった(表 -1-2)。方形区当たりの平均値で比較すると20%区は0%区の約1.6倍、10%区の約1.7倍であった。しかし、20%区の成立本数は発芽期待本数と比較すると、メドハギで6.7%(19 ÷ 284)、ヤマハギで6.1%(25 ÷ 411)、イタチハギで37.0%(250 ÷ 675)であり、低い割合であった。しかし、基盤材の中に20%程度の粉炭を含んだほうが、含まないものより成立本数が多かった。これは法面の高温や乾燥などの厳しい環境条件を粉炭が改善したからであろうか。スギの粉碎木炭を土壌の改良に用いた例では、土壌の物理性を改善させ気相や液相が多くなることが明らかになっている<sup>8)</sup>。このことは20%区の粉炭は発芽に適した温度や水分を維持するのに適した量であるという仮説を支持するものかもしれない。今後、明確な要因を探り粉炭が緑化植物の何に影響を与えるのかを探る必要がある。

表 -1-2 異なる粉炭混入率でのマメ科植物の成立本数。

粉炭混入率	メドハギ	ヤマハギ	イタチハギ	計
0%	2	6	63	71
	3	4	53	60
	1	5	50	56
計	6	15	166	187
平均/区	2.0	5.0	55.3	62.3 a
10%	4	2	27	33
	0	8	48	56
	2	12	72	86
計	6	22	147	175
平均/区	2.0	7.3	49.0	58.3 a
20%	5	5	95	105
	3	13	83	99
	11	7	72	90
計	19	25	250	294
平均/区	6.3	8.3	83.3	98.0 b

異なるアルファベットはP<0.05で有意差があることを示している。各処理区で3ヶ所の方形区内の値。

樹高/草丈はメドハギは粉炭の混入割合によって有意差は見られなかった(表 -1-3)。し

表 -1-3 異なる粉炭混入率でのマメ科植物の樹高/草丈。

粉炭混入率	メドハギ		ヤマハギ		イタチハギ			
	平均 (cm) ±	標準偏差	平均 (cm) ±	標準偏差	平均 (cm) ±	標準偏差		
0%	36.40 ±	2.55	83.80 ±	35.06	72.75 ±	32.86		
	48.80 ±	3.61	95.08 ±	55.98	95.09 ±	44.45		
	51.20 ±		163.50 ±	40.55	87.79 ±	43.18		
平均	45.07 ±	7.24	113.37 ±	54.30	a	84.42 ±	40.92	a
10%	59.60 ±	18.36	165.45 ±	99.35	95.44 ±	36.32		
			115.93 ±	81.92	86.51 ±	36.70		
	20.85 ±	4.45	115.31 ±	60.86	85.82 ±	44.54		
平均	46.68 ±	24.63	120.09 ±	69.73	a	87.81 ±	40.58	a
20%	40.14 ±	13.27	181.54 ±	43.51	68.42 ±	38.34		
	29.87 ±	17.30	149.35 ±	40.94	73.35 ±	38.49		
	66.02 ±	20.62	140.70 ±	48.26	72.32 ±	39.20		
平均	53.50 ±	23.39	153.36 ±	44.23	b	71.18 ±	38.55	b

異なるアルファベットは同種で混入割合間に有意差があることを示している。(ANOVA P<0.05)  
各処理区で3ヶ所の方形区の値。

かし、イタチハギは0%区、10%区よりも20%区の方が有意に小さく、ヤマハギは大きかった。成立本数がもっとも多いイタチハギが20%区で有意に低くなった。基部径はメドハギとヤマハギは粉炭の混入割合によって有意差は見られなかった(表 -1-4)。しかし、イタチハギは0%区、10%区よりも20%区の方が有意に小さかった。20%区のイタチハギは成立本数は多いが、樹高が低く基部径が小さいものが多いことが明らかになった。

このマメ科植物のうち、メドハギとイタチハギは成立本数が多いほど基部径および樹高/草丈が小さくなる傾向がみられた(図

表 -1-4 異なる粉炭混入率でのマメ科植物の基部径。

粉炭混入率	メドハギ		ヤマハギ		イタチハギ		
	平均 (mm) ±	標準偏差	平均 (mm) ±	標準偏差	平均 (mm) ±	標準偏差	
0%	0.70 ±	0.00	4.70 ±	1.89	5.96 ±	2.33	
	0.93 ±	0.06	4.18 ±	2.87	6.75 ±	2.91	
	0.80 ±		10.58 ±	3.93	6.55 ±	2.94	
平均	0.83 ±	0.12	6.52 ±	4.04	6.39 ±	2.72	a
10%	1.13 ±	0.29	12.35 ±	7.99	6.92 ±	2.33	
			4.65 ±	4.04	6.36 ±	2.08	
	0.75 ±	0.64	6.71 ±	3.61	6.03 ±	2.96	
平均	1.00 ±	0.41	6.47 ±	4.46	6.30 ±	2.60	a
20%	0.62 ±	0.15	10.02 ±	4.03	4.98 ±	2.11	
	0.47 ±	0.25	7.63 ±	3.38	5.31 ±	2.08	
	1.21 ±	0.42	6.10 ±	2.58	5.10 ±	2.28	
平均	0.94 ±	0.47	7.68 ±	3.46	5.12 ±	2.14	b

異なるアルファベットは同種で混入割合間に有意差があることを示している。(ANOVA P<0.05)  
各処理区で3ヶ所の方形区内の値。

土や土壌養分が欠乏している<sup>17)</sup>。したがって、植物の生育に必要な養分は緑化工によって与えなければならない。緑化工を施工した後、同じ面積の法面には同じ量の養分しかないことになる。このことは、同じ面積では緑化植物の成立本数が多いほど、1個体が利用できる養分量が減少することを示している。基部径や樹高/草丈が小さかった原因のひとつに限られた養分量が関係していると思われる。

今回の試験によって粉炭を緑化資材に利用することで成立本数が増えることが明らかになったが、その成立本数を良好に生育させるには緑化基盤材に含まれる養分が少ないことが明らかになった。今回調査地の地温や土壌水分量等の種子の発芽・生育に欠かせないデータを取っていないため、十分に結果の考察をすることができなかつた。したがって、今後とも粉炭の効果とその効果を十分に発揮させる条件や資材に関する研究が必要であると考えられる。

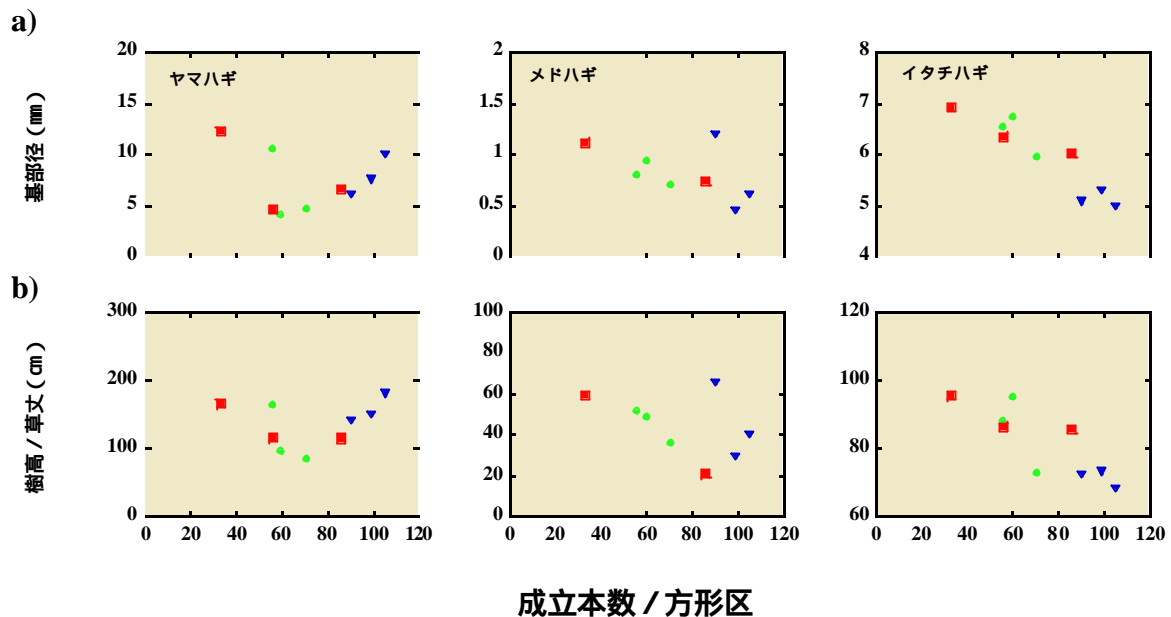


図 -1-2 成立本数とa)基部径、b)樹高/草丈の関係。粉炭0%；、粉炭10%；、粉炭20%；

## 2 木本種の繁茂状況調査

### (1) 調査地の微気候

気温は吹付直後の夏期は平年並であり、冬期は平年よりも高く推移する傾向が見られた（図 -2-1）。降水量は吹付直後から平年よりも少ない月が続いた。吹付植物は、気温は平年並みであったが、降雨量は比較的少ない環境下で発芽生育したと考えられた。

### (2) 優占度の推移

低木林を目標とする「低木型」において厚層基材吹付工を行う場合、発芽期待本数は草本類が 200 ~ 300 本/m<sup>2</sup>、木本類が 500 ~ 1000 本/m<sup>2</sup>とするのが望ましいとされている<sup>16)</sup>。種子配合は調査地 1 では草本種が 771 本/m<sup>2</sup>、木本種が 539 本/m<sup>2</sup>、調査地 2 では草本種が 970 本/m<sup>2</sup>、木本種が 732 本/m<sup>2</sup>であった（表 -2-1、表 -2-2）。両調査地とも木本種の本数は適当であるものの、草本種が非常に多い種子配合であった。

調査地 1 では配合計画とはまったく異なるレッドトップやシロツメクサ等の草本種がかなりの優占度で繁茂していることが明らかになった（表 -2-1）。そして、コマツナギとアキグミは吹付直後には多少みられたものの、翌年にはまったく観察されなかった。この傾向は調査地 2 でも同様であった（表 -2-1）。配合計画とは異なるオーチャードグラスやレッドトップ等が繁茂し、マメ科木本種はほとんど観察されなかった。

法面がさらされる環境が気象観測点のデータとほぼ同じであるとすると、気象条件は例年と同様であったので、木本種がまったく繁茂しなかったのは気温や降水量の影響である可能性は低いと考えられる。緑化工施工時の吹付配合種やその種子量が影響を与えた可能性や、吹付けを行った時期（調査地 1 は 7 月、調査地 2 は 9 月）が木本種の定着に影響を及ぼした可能性が



ある。一般的に木本植物の発芽は草本植物よりも遅く、発芽してもその後の生育が草本植物よ

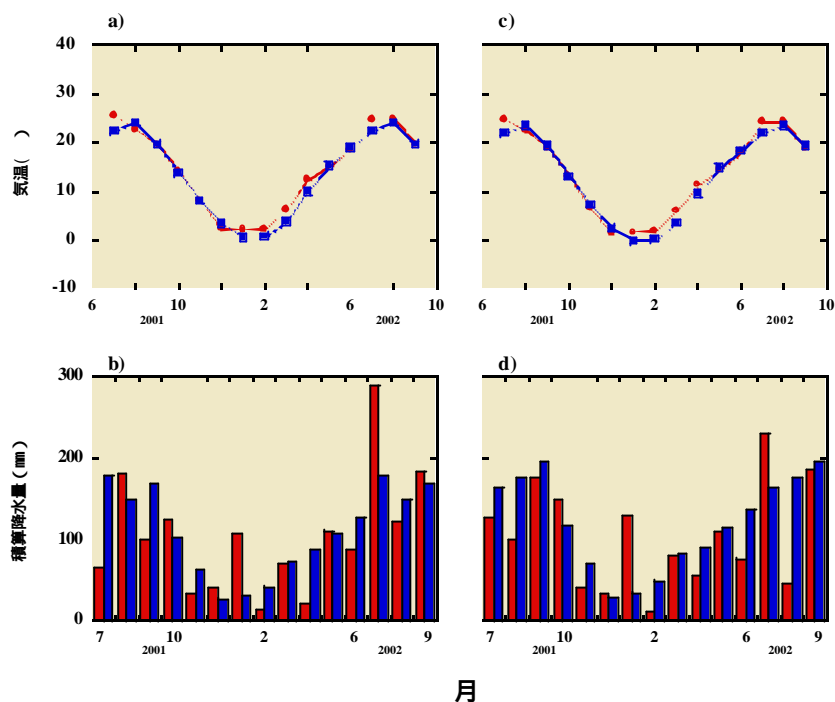


図 -2-1 試験地1(郡山市)のa)気温、b)降水量と調査地2(石川町)のc)気温、d)降水量。  
郡山気象観測点および石川気象観測点のデータ。標高による気温の補正は行わなかった。  
、月平均気温または月積算降水量； 、平年値

りもきわめて遅い種が多い<sup>16)</sup>。したがって、発芽してもその初期に草本種の被圧や夏期の乾燥、冬期の凍結等の害を受けやすい<sup>16)</sup>。特に播種工で木本種を導入するためには播種する草本種の量を抑えるのと同時に生育に不適な夏期の高温や冬期の低温を迎えるまでに2～3カ月の良好な生育期間が必要であるとされている<sup>16)</sup>。この知見を参考にすると、草本種の配合が多かったことが木本種の定着に影響を与えた可能性が大きい。また、吹付時期は調査地1では種子が発芽する時期はちょうど盛夏であり、生育に不適な時期である可能性が高い。調査地2では発芽が正常に行われても冬期の低温に耐えられるまで十分成長したかどうか疑問が残る。吹付資材の内容も含め、吹付施工時期の検討も必要であると思われる。

表 -2-1 調査地1の優占度の推移。

種類	配合種	コドラートNo.1		コドラートNo.2		コドラートNo.3	
		2001	2002	2001	2002	2001	2002
		9	9	9	9	9	9
カビノグレドフェカ		3	5	3	4	3	4
トールフェスク							
コマツナギ		+		+		+	
アキグミ				+			
レッドトップ		3	4	4	3	3	5
シロツメクサ		+	+	+	+	1	
ヨモギ							2
ヒメヨモギ							2
広葉樹		+		+			
アカソ		r		r			
ハルジオン			r				

今回の調査で使用したマメ科木本種について興味深い研究例がある<sup>20)</sup>。沈(1998)はマメ科

木本種のヤマハギを用いてその播種時期の検討を行っている。この中でヤマハギは日平均気温

表 -2-2 調査地2の優占度の推移。

種類	配合種	コドラートNo.1			コドラートNo.2			コドラートNo.3			コドラートNo.4			コドラートNo.5			コドラートNo.6			
		2001		2002	2001		2002	2001		2002	2001		2002	2001		2002	2001		2002	
		7	10	9	7	10	9	7	10	9	7	10	9	7	10	9	7	10	9	
クビレツトリス					2	+					2	4	3	1	4	3	1	3	4	
トールフェスク		2	4	3		3						4								
メドハギ																				
コマツナギ								+	+											
ヤマハギ																		+		
オーチャードグラス				2	2	3	4	2	5	5				2	2	2	3	4	3	
シロツメクサ		+	3	4	+	1	4					2	3	3		3				
レッドトップ															4	4	4	3	3	3
ヨモギ										5										
ヤナギ科SP					+															

が 10 以下の環境では発芽力が徐々に弱くなることを明らかにした。また、播種時期の異なる苗木を - 2 にさらすとそれ以前の夏期に 1 ヶ月以上成長した苗木は 60 % 以上が生残することも明らかにした。

このことから、ヤマハギの発芽に適した温度条件と成長に不適な温度条件が明らかになる。それは

発芽に適した条件「日平均気温が 10 以上」

成長に不適な条件「成長が不十分な苗木にとっての -2 以下」  
の 2 点である。

この条件をもとに福島県の日平均気温が 10 以上になる日と最低気温が -2 以下になる日を算出した<sup>3)</sup>。これにより、県内のヤマハギの春期の播種適期と秋期の成長に不適な時期を図化することができる(図 -2-2、図 -2-3)。これをまとめると以下ようになる。

春期の播種適期(この時期以降で発芽が良好である可能性が高い。)

浜通り：4月上旬から下旬

中通り：4月上旬から下旬

会津：4月下旬から5月上旬

秋期の成長不適期(この時期に成長が不十分だと枯死する可能性が高い。)

浜通り：12月下旬から1月中旬

中通り：12月中旬から1月下旬

会津：11月下旬から12月下旬

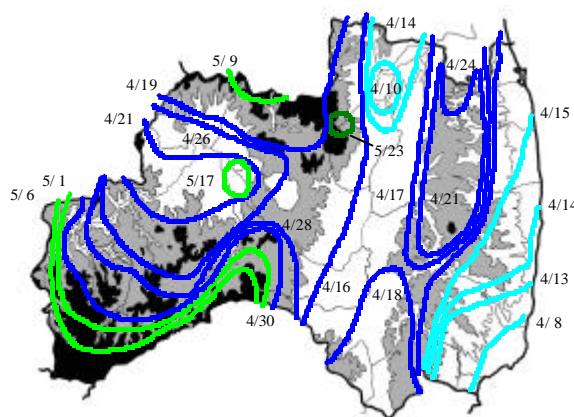


図 -2-2 県内の日平均気温が 10 以上になる日

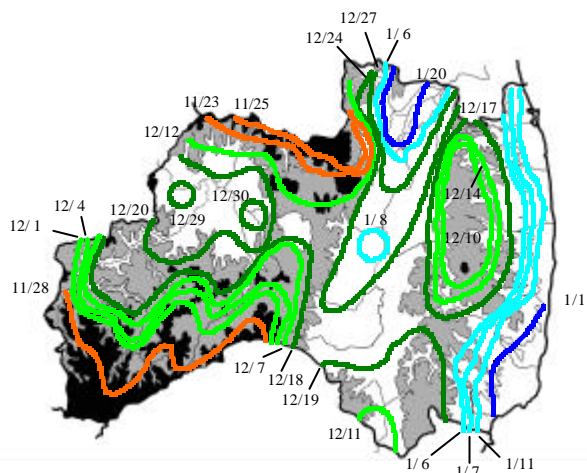


図 -2-3 県内の最低気温が -2 以下になる日

沈（1998）が行った発芽実験を他の緑化植物でも行くと、県内の緑化適期地図や成長不適期地図が作成でき、森林土木事業に十分に活用することができると思われる。

### 3 新たな木本種の探索

#### (1) 調査法面の概要

周辺植生により、法面に侵入する樹種や早さが異なる可能性があるため、周辺植生が針葉樹のみの法面（以下、針葉樹）と広葉樹のみもしくは広葉樹や針葉樹の法面（以下、針・広葉樹）に区別し、結果のとりまとめを行った。

調査法面は合計で 118 箇所を行った（表 -3-1）。そのうち、周辺植生が針葉樹であるものは 62 箇所、針・広葉樹であるものは 56 箇所であった。調査法面の標高は最低 250 m から最高 515 m であった（図 -3-2）。この標高は気候的に冷温帯と暖温帯の間に位置し、クリ、コナラを中心とする中間温帯林が成立するとされている<sup>4)</sup>。

#### (2) 法面に侵入する植物

林道開設後、切取法面に出現する種数は開設後の年数が長くなるほど多くなった（図 -3-3）。この関係は周辺植生が針葉樹であろうと針・広葉樹であろうと同じ傾向を示した。また、両者の回帰直線には切片、傾きとも有意差はなかった。このことから、周辺植生の樹種に関わらず、周辺植生から侵入してくる種数は同じであることが明らかになった。回帰直線の傾きと切片から、木本種が侵入してくる速さは 0.9 ~ 1 種/年であり、10 年で 7 ~ 8 種、20 年で 16 ~ 18 種の木本種が定着することになる。

開設直後もしくは 3 ~ 4 年間のうち、最初に法面に出現する種はハギ類であった（表 -3-2）。しかし、イタチハギは 7 年で法面から見られなくなることから、緑化工により法面に導入された種である可能性が大きい。同様にヤマハギも最初の数年は導入されたものである可能性が大きい、しかし、その後も継続して出現していることから、周辺植生からの侵入もあるであろう。ハギ類以外で明らかに吹付種でないのはクマイチゴ、ヌルデ、モミジイチゴ、ヤマグワなどであった。このうち、モミジイチゴやクマイチゴはササ類と同様に地下茎が分節成長するクローナル植物である<sup>25)</sup>。このことは法面への定着後、早期にその場所を占有することができることを示している。また、モミジイチゴとクマイチゴは赤や橙黄の果実を有している。赤系の色は森林の中で目立ちやすい色であり、鳥など動物に見つけられやすい<sup>23)</sup>。したがって、動物によって法面に運ばれた可能性が高いと考えられる。一方、ヌルデやヤマウルシ等のウルシ属はカラス類が日常的に採食することが知ら

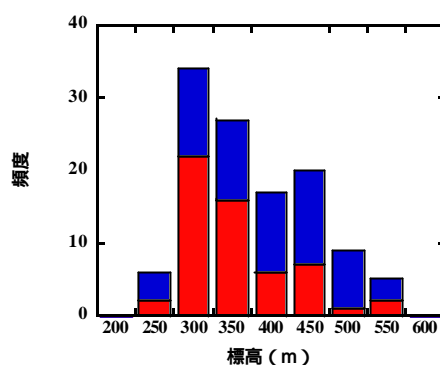


図 -3-2 調査した法面の標高。 針葉樹、 針・広葉樹

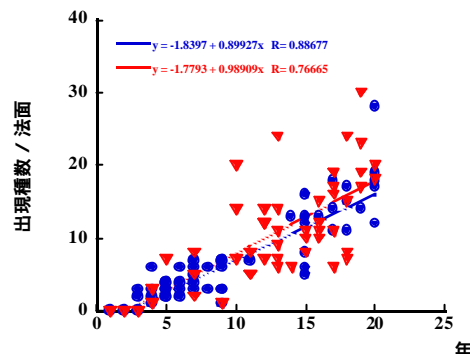


図 -3-3 林道開設後の年数と切取法面に出現する種数の関係。 針葉樹、 針・広葉樹

れている<sup>23)</sup>。また、ヌルデの種子は50以上の高温下で種子が吸水可能な状態になり、その後8~30で発芽することが知られている<sup>24)</sup>。このことはヌルデがカラス類によって法面に

表II-3-1 林道の切取法面に出現する木本種、散存形式と林道開設後の経過年数の関係

和名	学名	散存形式	開設後の経過年数																			
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
イタチハギ	<i>A. fruticosa</i>	2																				
クマイチゴ	<i>R. crataegifolius</i>	6																				
ヤマハギ	<i>L. bicolor Turcz. var. japonica</i>	2																				
ヌルデ	<i>R. javanica var. roxburghii</i>	6																				
モミジチゴ	<i>R. palmatus var. coptophyllus</i>	6																				
ヤマグル	<i>M. banyensis</i>	8																				
アズマザサ	<i>S. ramosa</i>																					
ウツギ	<i>D. crenata</i>	3																				
イヌユリヤナギ	<i>S. integra</i>	10																				
タラ	<i>A. elata</i>	6																				
タマアジサイ	<i>H. involucreta</i>	3																				
サルナシ	<i>A. arguta</i>	7																				
イイギリ	<i>I. Polycarpa</i>	7																				
ノダフジ	<i>F. floribunda</i>	2																				
ミズキ	<i>C. controversa</i>	6																				
ムラサキシキブ	<i>C. japonica</i>	6																				
ヤシヤブ	<i>A. firma</i>	9																				
サンショウ	<i>Z. piperitum</i>	3																				
ヤマアジサイ	<i>H. serrata</i>	3																				
クリ	<i>C. crenata</i>	5																				
コナラ	<i>Q. serrata</i>	5																				
ネムノキ	<i>A. julibrissin</i>	2																				
アカマツ	<i>P. densiflora</i>	4																				
リュウブ	<i>C. barbinervis</i>	3																				
ヤマザクラ	<i>P. jamaekura</i>	6																				
アカメカシ	<i>M. japonicus</i>	3																				
スギ	<i>C. japonica</i>	4																				
ヤマモミジ	<i>A. amoenum var. matsumuse</i>	1																				
イボタノキ	<i>L. obtusifolium</i>																					
サルトリイバラ	<i>S. china</i>	7																				
ミツバアケビ	<i>A. trifoliata</i>	7																				
アカシゲ	<i>C. laxiflora</i>	9																				
ウリカエデ	<i>A. crataegifolium</i>	1																				
エゴノキ	<i>S. japonica</i>	3																				
エンコウカエデ	<i>A. mono var. narmoratum f. dissectus</i>	1																				
コバノトネリコ	<i>F. lanuginosa</i>	1																				
シウリザクラ	<i>P. ssiori Fr. Schm</i>	6																				
ニワトコ	<i>S. sieboldiana Blume</i>	6																				
ネジギ	<i>L. ovalifolia var. elliptica</i>	3																				
ヒノキ	<i>C. obtata</i>	4																				
ヤマウルシ	<i>R. trichocarpa</i>	6																				
ヤマガシ	<i>S. sieboldii</i>	7																				
ガマズミ	<i>V. dilatatum</i>	6																				
コゴメウツギ	<i>S. incisa</i>	11																				
イヌザンショウ	<i>Z. schinifolium</i>	3																				
ノリウツギ	<i>H. paniculata</i>	3																				
イタヤカエデ	<i>A. mono var. narmoratum f. heterophyllum</i>	1																				
ウワミズザクラ	<i>P. grayana</i>	6																				
クマシゲ	<i>C. japonica</i>	9																				
ヤマツツジ	<i>R. kaempferi</i>	3																				
ヤマブキ	<i>K. japonica</i>	8																				
アオハダ	<i>I. macropoda</i>	6																				
コアジサイ	<i>H. hirta</i>	3																				
ツリバナ	<i>E. oxiphyllos</i>	3																				
バコヤナギ	<i>S. bakko</i>	3																				
ホトツツジ	<i>E. paniculata</i>	3																				

散存形式の凡例：1、翼果；2、豆果；3、さく果；4、翼果状；5、堅果；6、核果；7、蒴果；8、瓠果；9、翼状堅果；10、綿毛状さく果；11、袋果  
上段が周辺種生が針葉樹、下段が周辺種生が針葉樹

散布され、厳しい環境下でも十分に繁茂することができる可能性を持っていることを示している。

開設後 8 年までに出現した全木本種の 21 種のうち、翼や綿を持つ種子はヤシャブシ、イヌコリヤナギ、ウツギの 3 種類のみであった。これらは風により法面に運ばれたと考えられる。他の 19 種は水分を含む液果や核果やクリやコナラなどの堅果が含まれており、鳥や小動物に捕食され、法面に運ばれた可能性が大きい。開設後 9 年以降に出現する 34 種のうち、翼や綿を持ち風散布だと思われるものは 7 種類であった。これらの結果から開設後の数年間は動物により周辺の植生から法面に種が運ばれ、その後風によって運ばれる種が多くなることが明らかになった。高速道路の法面での植物遷移は緑化用草本種 侵入草本種 風散布木本種 動物散布木本種であることが知られている<sup>6)</sup>。一方、林道の法面では風散布木本種よりも早期に動物散布木本種が侵入することが知られている<sup>2)</sup>。今回の結果は江崎(1988)の知見を支持するものとなった。高速道路と林道と法面がおかれる環境の違いによって植物の遷移が異なるのかもしれない。

森林土木事業において、緑化工に適した周辺植生に調和する木本種として何が適しているのか、さらに詳細な研究が必要である。特に法面に比較的早期に侵入してくる樹種は厳しい環境下でも十分に生育する能力を有していると考えられ、緑化工への応用が期待できるであろう。

#### 引用文献

- 1) 有光 一登, 笹 賀一郎, 武田 博清、その他 : 森林立地調査法. 博友社、東京、P284, (1999) .
- 2) 江崎 次夫, 藤久 正文 : 林道のり面の植生遷移について - 侵入木本植物とのり面の土壌化 -. 緑化工技術 : 13(3) : 1-10, (1988) .
- 3) 福島地方気象台 : 福島県の気候. 日本気象協会福島支部、福島、P356 : , (1974) .
- 4) 福島県植物誌編さん委員会 : 福島県植物誌. 笹氣出版、宮城、P481 : , (1987) .
- 5) 星子 隆, 亀山 章 : 高速道路のり面における木本植物の侵入とアカマツの成長. 日本緑化工学会誌 22(3) : 155-162, (1997) .
- 6) 星子 隆 : 高速道路のり面における木本植物の侵入と種子散布様式に関する研究. 日本緑化工学会誌 25(2) : 102-114, (1999) .
- 7) 磯部 武志, 大江 正温 : 花壇苗生産におけるスギ間伐材木炭破碎物の利用. 大阪府立農林技術センター研究報告 34 : 6-10, (1998) .
- 8) 伊藤 孝美, 松下 美郎 : 間伐材木炭の施用が緑化樹苗木の生育に及ぼす影響. 大阪府立農林技術センター研究報告 35 : 7-12, (1999) .
- 9) 亀山 章 : 高速道路のり面の植生遷移について ( ) . 緑化工技術 8(2) : 1-8, (1981) .
- 10) 亀山 章 : 高速道路のり面の植性遷移について ( ) - 九州縦貫自動車道のり面植性の遷移 -. 信州大学農学部紀要 18(2) : 155-170, (1981) .
- 11) 丸山 幸平, 土井 功, 石河 満、その他 : 飯豊山麓 ・ 温身平林道法面の二次遷移 ( ) 7 年間の傾向. 日本林学会誌 64(11) : 429-437, (1982) .
- 12) 丸山 幸平, 志田 武司, 石河 満、その他 : 飯豊山麓 ・ 温身平林道法面の二次遷移 ( ) 種類組成の変化. 日本林学会誌 66(3) : 83-92, (1984) .

- 13) 丸山 幸平, 志田 武司, 石河 満, その他 : 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移 ( )生活型組成と群落体制等の変化. 日本林学会誌 66(6): 219-228, (1984) .
- 14) 丸山 幸平, 志田 武司, 石河 満, その他 : 飯豊山麓・温身平林道法面の二次遷移 ( )在来種および在来種中の木本植物の侵入について. 日本林学会誌 66(2): 43-51, (1984) .
- 15) 三星 暢公, 伊藤 梓美, 桑原 茜, その他 : 植物性発生材の分解特性に及ぼす諸要因の影響. 日本緑化工学会誌 27(1): 312-315, (2001) .
- 16) 村井 宏, 堀江 保夫 : 新編 治山・砂防緑化技術 - 荒廃環境の復元と緑の再生 - . ソフトサイエンス社、東京、P332, (1997) .
- 17) 難波 宣士 : 緑化工の実際. 創文社、東京、P277, (1986) .
- 18) 難波 宣士 : 自然をつくる植物ガイド 治山・林道・環境保全の木と草. 森林土木コンサルタント、東京、P375, (1993) .
- 19) 清野 輝雄, 安齋 義之, 菅家 秀一, その他 : 積雪高寒冷地帯の自然公園内における木本植物によるのり面緑化の事例. 日本緑化工学会誌 21(1): 41-49, (1995) .
- 20) 沈 益新, 池田 一 : のり面緑化におけるヤマハギの播種適期. 日本緑化工学会誌 24(1): 41-44, (1998) .
- 21) 武田 一夫, 柴田 昌三, 竹内 典之, その他 : ミヤコザサによる寒冷地の道路法面緑化に関する研究 ( ) - ミヤコザサの植栽後2年間の成長と環境条件の影響 - . 日本緑化工学会誌 26(2): 117-126, (2000) .
- 22) 武井 利之, 橋本 正伸, 川口 知穂 : 山腹等の緑化に関する研究 - 粉炭の施用効果に関する研究 - . 福島県林業試験場研究報告 (33): 55-62, (2000) .
- 23) 上田 恵介 : 種子散布 助けあいの進化論1. 築地書館、東京、P109, (1999) .
- 24) Izumi Washitani, Akio Takenaka : Safe site for the seed germination of *Rhus javanica*: a characterization by responses to temperature and light. *Ecological Research* 1: 71-82, (1986) .
- 25) 渡邊 定元 : 樹木社会学. 東京大学出版、東京、P450, (1994) .
- 26) 山田 守, 山本 富晴, 玉木 和之, その他 : 播種条件の違いが木本植物の発芽・初期生育に及ぼす影響について ( ) - 播種時期と発芽・初期成長 - . 日本緑化工学会誌 21(1): 34-40, (1995) .
- 27) 横塚 亨, 小林 正宏, 大谷 多香, その他 : 未分解チップ施用法面の土壌化学的特性および植生状況. 日本緑化工学会誌 27(1): 181-184, (2001) .
- 28) 吉田 寛, 菊地富夫, 石田和宏 : 播種工による紅葉樹木の導入事例 - ヤマモミジ・ナナカマドの導入 - . 日本緑化工学会誌 20(4): 255-264, (1995) .
- 29) 吉田 寛 : 播種工による階層構造を有する複層林の造成. 日本緑化工学会誌 24(2): 90-98, (1998) .