厚層基材吹付工施工後の植生遷移に関する研究

吉 田 寛

東興建設(株)

A Study on the Plant Succession of the Revegetative
Communities by Spraying Thick Cultivative Base

YOSHIDA, Hiroshi

Toko Corporation

要旨 : 厚層基材吹付工により硬岩法面に導入された外来草本群落とイタチハギ群落の植生遷移の相違を明らかにするため、本四連絡橋尾道～今治ルートの伯方島において 24 年間にわたる追跡調査を行った。その結果、厚層基材吹付工を適用した場合は、一次植生として外来草本群落よりもイタチハギ群落を造成した場合の方が植生遷移が早まる傾向があり、これまでに報告されている種子散布工等の簡易な植生工法とは異なる植生遷移をすること示唆された。また、イタチハギ群落は外来草本群落と比較して鳥類や小動物の生息環境として働いており、低木林造成が鳥散布種子や貯食散布種子による常緑広葉樹の自然侵入促進に寄与していることが確かめられた。

キーワード : 厚層基材吹付工, 切土法面, 植生遷移

Key words : Spraying thick cultivative base, Cut slope, Plant succession

1. はじめに

現在、法面緑化工における主要工種として広く普及している厚層基材吹付工の出現は、1974 年まで遡る^{8, 12)}。その間に、法面緑化工は外来草本を主体とした急速緑化方式⁹⁾に代わり、木本植物を主体とした早期樹林化方式¹⁵⁾が広く行なわれるようになった。近年では、ハギ類に代表される肥料木のほか、常緑広葉樹をはじめとする先駆樹木以外の導入にも厚層基材吹付工が応用されている¹⁹⁾。

法面緑化施工後の植生遷移に関する研究は、種子散布工などにより草本植生が導入された法面における施工 7 ～ 20 年間の遷移特性^{16, 17)}や、高速道路法面における施工 2 ～ 19 年間^{4, 5, 6, 7)}、および 13 ～ 33 年間の遷移過程に関する報告^{1, 2)}等がある。しかし、厚層基材吹付工を適用した法面の植生遷移に関する研究^{13, 18)}はほとんど行われていない。

本研究では、1975 年に厚層基材吹付工が試験採用された伯方島にある本四連絡橋尾道～今治ルートの法面における施工 24 年後の調査結果をもとに、一次植生として外来草本群落とイタチハギ群落が造成された場合の植生遷移の違いを明らかにし、厚層基材吹付工の遷移特性について考察を行った。

2. 調査地の概要

2.1 立地条件

調査地は、愛媛県越智郡伯方町地内に位置する北東向きの切土法面である。当地域は、瀬戸内海特有の温暖で比較的乾燥した気候下におかれ、年平均気温、年降水量の平年値はそれぞれ 15.8℃, 1,286mm である。伯方島は傾家花崗岩帯に属しており、法面は節理の少ない花崗岩で構成され、ダム基礎における電研式岩盤分類で「C_M～C_H級」に区分される。

表1 種子配合

植物名	発生期待本数(本/m ²)	
	草本区	木本区
トールフェスク(TF) (<i>Festuca arundinacea</i>)	4,000	1,000
ウィーピングラブグラス(WLG) (<i>Eragrostis curvula</i>)	3,000	3,000
ススキ (<i>Miscanthus sinensis</i>)	3,000	3,000
メドハギ (<i>Lespedeza cuneata</i>)	3,000	3,000
イタチハギ (<i>Amorpha fruticosa</i>)	1,000	1,000
ヤシャブシ (<i>Alnus firma</i>)	2,000	2,000

施工地周辺の植生は、アカマツ、アラカシ、コジイ、タイミンタチバナ、ヤブツバキ、カナメモチ等からなるアカマツ—常緑広葉樹林である。

2.2 施工内容

試験地は、4段切土法面の最下段部(法尻幅74m, 法長8m, 勾配1:0.8)である。なお、本試験地の当初の造成目的は、生育基盤の吹付厚、および種子配合(表1)の検討であったが、施工1～3年後の一次植生が法面中央部にある階段(幅約50cm)を境に明確に二分できたので、トールフェスク(TF)が優占した左側(吹付厚9cm, 幅35m)を「草本区」、イタチハギが優占した右側(吹付厚4.5cm, 幅39m)を「木本区」として、両者の植生遷移を追跡した。

適用した厚層基材吹付工は、主材料(生育基盤材)にバーク堆肥系資材とピートモスを混合した有機質資材、侵食防止材に普通ポルトランドセメントを用いた工法である。施工は1975年5月に行われた。

なお、参考までに計測した生育基盤の化学性(全窒素, 全燐酸, 全加里)は、それぞれ施工1年後は2.83%, 2.24%, 0.11%, 施工10年後は2.14%, 0.67%, 0.17%, 施工20年後は2.11%, 0.46%, 0.33%であった。

3. 調査方法

植生調査は、法面中央部に位置する試験区境界を中心に、幅2m, 長さ8mの連続したベルトランセクトを各6プロット設定し、Braun-blauquetの全推定法による植生調査と毎木調査を行なった。植生調査項目は、被度(C), 群度(S), 樹高(草丈)(H), 密度(D)である。

毎木調査は、プロット内に成立しているすべての木本植物の成立位置(座標), 樹高, 地際から2～5cm程度の位置の根元直径を計測した。根元から株立しているイタチハギについては、分岐している全ての樹幹について計測した。

4. 結果

施工17年後までの追跡調査結果は既に報告^{1,8)}しているため、ここでは主に施工20後以降の調査結果について述べる。施工24年後の植生調査結果を表2に、木本植物の成立位置を図1に示す。

4.1 草本区

草本区は、施工1年後にTFとウィーピングラブグラス(WLG)が混生した群落が成立し、2年後にTFが優占種となった。その後、施工7年後にイタチハギの顕著な侵入が確認されるまでTFが優占した状態が持続した。

施工20年後には、施工14年後以降衰退しつつあったTF(被度・群度3・3, 草丈平均82.0cm, 密度2株/m², 以下同様, なお、木本類は草丈を樹高と読み替える)が優占種として回復傾向を示し、侵入したイタチハギ(2・2, 270cm, 0.2本/m²), ハコベ(2・2), ヤエムグラ(3・3)等が混生する植物群落になった。

施工24年後には、TFは再び優占種となり、侵入したイタチハギも被度, 密度とも大きく増加した。侵入木本類は、ネズミモチ(樹高最大70cm)がイタチハギの枝下部に多くみられた。また、ウバメガシ(樹高最大15cm), エノキ(190cm), アカメガシワ(130cm), マサキ(120cm), イボタノキ(90cm)の侵入が確認された。

4.2 木本区

木本区は、施工1年後にイタチハギとTFが混生した群落が成立し、施工3年後にイタチハギが優占種となった。その後、施工13～17年の間にネズミモチ等が確認されるまでの間、イタチハギが優占した状態が持続した。

施工20年後には、施工14年後以降に始まったイタチハギ(4・2, 304cm, 0.5本/m²)の衰退に伴って、林床はTF(5・5, 78cm, 23株/m²)が優占する状態になった。侵入木本類の生育も旺盛で、樹高の最大は、ネズミモチ113cm, ウバメガシ189cm, マサキ155cm, ヒイラギ125cmであった。

施工24年後には、イタチハギの枯損(倒木)が確認され、被度は大きく低下し、顕著な衰退傾向がみられた。林床のTFは、ウバメガシの根元付近を除いて林床を優占した状態を維持している。侵入木本類は、特にネズミモチが多く、最大樹高は270cmに達し、その分布状況は草本区と比較して均一である。その他の侵入木本類は、最大樹高でウバメガシ

表2 施工24年後の植生調査結果

(2m×8mあたり)		草 本 区						(境界)						木 本 区						出現区数		
出 現 種		No.6	No.5	No.4	No.3	No.2	No.1	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6	草本区	木本区	合計						
○イタチハギ		3・2	3・2	2・2	2・1	5・2	5・2	2・2	2・2	3・2	2・2	2・2	2・2	6	6	12						
○トールフェスク		5・4	5・4	4・3	5・5	5・4	5・4	5・4	5・4	5・4	5・4	5・4	4・3	6	6	12						
ネズミモチ		+2	+2	+2	+2	+2	+2	1・2	1・2	1・1	1・2	2・2	2・2	6	6	12						
スイカズラ		+1				+1	1・2	2・2	1・2	1・1	1・2	1・1	+1	3	6	9						
コカメツル			+1		+1	1・1	+1	+1		+1	1・1	1・1	1・2	4	5	9						
ヨモギ			+2	1・2		+2	+1	+2	+1			+1	+1	4	4	8						
ウバメガシ							+1	1・1	1・1	1・1	2・1	1・1		1	5	6						
ヘクソカズラ		+1		+1	+1	+1		+1					+1	4	2	6						
コシダ		+1						+1	+2		1・2	1・2	1・2	1	5	6						
エノキ			1・1			1・1			+1	1・1		1・1	1・1	2	4	6						
ヤクシソウ								+1	+1	+1	+2	+1		0	5	5						
○メドハギ				+1	+1	+1			+1	+1				3	2	5						
カタバミ		+1		+1	+2	+1				+1				4	1	5						
スイバ		1・2	+2		+2	1・1								4	0	4						
ヒイラギ								1・1			1・1		+1	0	3	3						
オシダ											+1	+2	+1	0	3	3						
コオニタビラコ		+1				+2	1・2							3	0	3						
ハコベ			+1		+1	+1								3	0	3						
マザキ				+1					1・1					1	1	2						
イボタノキ			+1	+1										2	0	2						
ノコンギク							+1		+1					1	1	2						
ナワシロイチゴ										+1	+1			0	2	2						
ムラサキツユクサ						+1	+1							2	0	2						
カラスノエンドウ				+2	+1									2	0	2						
ハルジオン		+2		+2										2	0	2						
ノボドウ			1・1	1・1										2	0	2						
○ススキ		1・1	+1											2	0	2						
アガメガシラ			1・1											1	0	1						
ムクノキ													1・1	0	1	1						
ハマビワ											+1			0	1	1						
ノイバラ												+1		0	1	1						
バミューダグラス													+2	0	1	1						
ササクサ							1・1							1	0	1						
オオアレチノギク						+1								1	0	1						
ヒメムカシヨモギ					+1									1	0	1						
木本植物		2	5	4	2	3	3	4	5	4	5	4	4	3.2	4.3	10.0						
出現種数		9	7	8	9	12	8	7	7	7	7	8	9	8.8	7.5	25.0						
出現種数		11	12	12	11	15	11	11	12	11	12	12	13	12.0	11.8	35.0						
(平均値)																						
イタチハギ		14	6	11	6	7	15	12	13	12	11	22	14	9.8	14.0	11.9						
出現本数		10	11	9	2	1	7	14	17	30	25	23	23	6.7	22.0	14.3						
常緑広葉樹		0	3	1	0	1	0	0	1	2	0	1	2	0.8	1.0	0.9						
落葉広葉樹		24	20	21	8	9	22	26	31	44	36	46	39	17.3	37.0	27.2						
木本植物計		41.7	55.0	42.9	25.0	11.1	31.8	53.8	54.8	68.2	69.4	50.0	59.0	34.6	59.2	46.9						

・○印は導入種、ここではつる性の木本種は「木本植物」から除外した。

380cm, マサキ 270cm, ヒイラギ 270cm, エノキ 400cm になり, 新たにムクノキ 200cm, ハマビワ 40cm の侵入が確認された。

5. 考察

5.1 一次植生の違いが遷移に与える影響

施工 24 年後の根元直径から求めた基底面積¹⁾ (BA) を比較すると (表 3), 草本区のイタチハギは木本区の 1.27 倍で, 木本区のイタチハギが衰退傾向にあることが現れている。一方, BA 合計に対するイタチハギ以外の木本植物の占める割合を比較すると, 草本区 1.5%, 木本区 28.7% で, 木本区には草本区と比較して多くの木本植物が侵入している。また, この侵入した木本植物に対する常緑広葉樹の占める割合を比較すると, 草本区 23.3%, 木本区 88.8% で, 木本区は常緑広葉樹の侵入が進んでいることが明らかである。

各調査プロット (16m²) の出現種数を比較すると (表 2), 木本植物は, 草本区 3.2 種, 木本区 4.3 種, 草本植物は, 草本区 8.8 種, 木本区 7.5 種で, 両試験区間に違いは認められない。しかし, 調査プロットあたりの出現本数は, 常緑広葉樹が, 草本区 6.7 本, 木本区 22.0 本, 落葉広葉樹が, 草本区 0.8 本, 木本区 1.0 本で, 木本区の常緑広葉樹の出現本数は草本区の約 3.3 倍となっている。出現種数に占める常緑広葉樹の割合も, 草本区 34.6% に対し, 木本区 59.2% と高く, 厚層基材吹付工が施工されて 24 年が経過した法面の植生状況は, 施工後に成立した一次植生による明らかな相違が認められる。

このように常緑広葉樹の侵入状況に大きな違いが生じた原因として, 鳥類による散布種子量が大きく関係していると考えられる。人為的攪乱を受けたオ

ープンサイトでは, 鳥類の止まり木となる植物や構造物の有無により散布種子量は異なり, 特に低木の有無が散布種子量を大きく左右する。こうした止まり木効果は植生回復に大きく貢献しているといわれている^{1,4)}。また, ヤマハギやイタチハギ群落が造成された法面では鳥類の営巣がみられることから, 低木による法面緑化により, 鳥類の生息環境を造成することができるとの報告がある³⁾。

一般的に, 100% 近い植被率のハギ群落 (低木林) が造成された場合, 林床の外来草本類の被度は急速に低下する。その後, 優占種のハギ類の衰退が始まり, これら低木林を止まり木として利用した鳥類による散布種子が草本に被圧されずに発芽できる環境が徐々に整う。さらに, その後の生育環境における光環境がハギ類の衰退の進行に伴って改善される。こうした侵入種が生育しやすい環境の変化がネズミモチの侵入に大きく寄与したと考えられる。

また, ウバメガシの侵入本数は試験区 (96m²) あたり草本区 1 本, 木本区 13 本で, 木本区の方が多い。ウバメガシは動物による貯食型散布種であり, これらは本線の路側帯に多く植栽されていることから考えて, ネズミなどによって種子が法面に運ばれたのではないかとと思われる。木本区に侵入が多くみられた原因として, 法面に外的から身を隠すことができる低木林を早期に造成したことが, 小動物の生息環境として機能したのではないかと推測される。

このように, 法面に造成された低木林は, 鳥類や小動物の生息環境として利用されていることが示唆され, これらが常緑広葉樹の自然侵入による植生遷移の進行に大きく寄与していると考えられる。法面の位置とこれら鳥類や小動物による散布種子の影響については次項以降でさらに考察を加える。

表 3 施工 24 年後の木本植物の組成

試験区 木本種	草 本 区					木 本 区				
	密度 D (本/m ²)	平均樹高 H (m)	基底面積 BA (cm ² /m ²)	積算優占度 SDR ₂	相対優占度 RD (%)	密度 D (本/m ²)	平均樹高 H (m)	基底面積 BA (cm ² /m ²)	積算優占度 SDR ₂	相対優占度 RD (%)
イタチハギ	1.20	2.28	8.3391	100.0	83.0	1.15	2.05	6.5527	100.0	46.4
ネズミモチ	0.38	0.27	0.0149	5.9	4.9	1.19	0.65	0.8447	22.2	10.3
ウバメガシ	0.01	0.03	0.0003	0.5	0.5	0.14	1.46	1.3821	46.1	21.4
エノキ	0.02	0.62	0.0698	13.9	11.6	0.05	1.13	0.2409	29.2	13.5
ヒイラギ	0	0	0	0	0	0.03	0.72	0.0894	18.1	8.4
アカメガシワ	0.01	0.22	0.0174	4.9	4.0	0	0	0	0	0
マサキ	0.01	0.20	0.0143	4.5	3.7	0.01	0.45	0.0483	11.3	5.2
イボタノキ	0.02	0.23	0.0097	5.2	4.3	0	0	0	0	0
ムクノキ	0	0	0	0	0	0.01	0.33	0.0031	8.1	3.8
ハマビワ	0	0	0	0	0	0.01	0.07	0.0021	1.6	0.8
合計	1.60		8.4241	120.4	100.0	2.55		9.1099	215.7	100.0

・SDR₂=(BA+H)/2 を用いた (BA', H'はそれぞれの第一位を 100 とした相対値)。

図2 法面部位の違いによる出現本数上位3樹種の樹高、密度の比較

5.2 周辺樹林からの水平距離が遷移に与える影響

法面中央部に位置する試験区境界を起点とし、出現本数の上位3種（イタチハギ、ネズミモチ、ウバメガシ）の樹高と密度を比較した。その結果、ネズミモチは両試験区とも法面中央から林縁に近づくにつれて密度が増加し、木本区では樹高が徐々に高くなる傾向が認められた。同様な傾向はウバメガシでもみられるが、個体数が少なくネズミモチほど顕著には表れていない（図2）。

高速道路法面における調査結果によると、切土法面は盛土法面よりも遷移の進行が早く、法面の部位による遷移の相違は、森林に隣接している立地要因と、群落の歴史性によるといわれている⁶⁾。法面におけるネズミモチの侵入が鳥類による散布種子に起因すると考えると²⁾、法面中央から林縁に近づくほど鳥類による利用頻度が高くなっているといえる。また、ネズミモチの樹高の違いから考えて、林縁に近い法面ほど、比較的早い時期から鳥類による種子散布を受けていたと思われる。

5.3 法尻からの斜距離が遷移に与える影響

側道脇の法尻部を起点とし、出現本数の上位3種の樹高と成立本数を比較した。その結果、法尻から法尻に近づくほどネズミモチとウバメガシの密度が増加する傾向が認められた（図2）。

イタチハギは、成長に伴って株立ちが進み、法面

のような傾斜地では枝を谷側方向に伸長するため、外見的なイタチハギの植被率は、コンクリート覆工された小段のある法肩側より法尻側の方が高くなる。その結果、上位の捕食者等の外敵から身を隠せる法尻に近い部分ほど、止まり木として鳥類に活用される頻度が高く、それがネズミモチの密度の差に表れたのではないかとと思われる。

また、木本区に成立しているウバメガシが小動物によって路側帯から運ばれた貯食型散布に起因すると考えると、路側帯に植栽された母樹から距離的に短く、鳥類と同様に身を隠せる法面下部ほど小動物の生息環境としての利用頻度が高いのではないかと考えられる。

5.4 厚層基材吹付工の遷移特性について

法面植生の遷移は、一般的に一次植生が衰退してススキ群落が形成され、施工7～19年後にはアカマツ林に推移したとの報告がある^{4, 5, 7, 17)}。また、名神高速道路では、これら風散布種子によって成林した先駆群落が、鳥類による種子散布で32～33年後には常緑広葉樹が侵入し、遷移が進行したと報告されている²⁾。しかし、本調査地ではススキやアカマツ等の先駆植物の侵入種数は、隣接する種子散布工と比較¹³⁾して少ない傾向がある。

厚層基材吹付工は、一般的に種子散布工などの工法と比較して生育基盤を長期間維持できるため、導

入植生の持続性が高いといわれている¹⁰⁾。このことが、種子散布工や張芝工などの簡易な植生工と比較して、厚層基材吹付工を適用した場合には全体的に先駆植物の出現種数が少なく、一次植生として外来草本群落を造成した場合には遷移が停滞し、ハギ類のような低木林を造成した場合には早期に常緑広葉樹が侵入するという、独特の植生遷移を経る要因と考えられる。

謝辞

本研究において、施工10年後までの追跡調査を実施した、東興建設株式会社高田元夫常務取締役、同樹林化推進プロジェクトチーム菊地富夫次長、ならびに、その後の現地調査において御協力いただいた関係者各位に対し、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

6. 引用文献

- 1) 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)，151-162，1997
- 2) 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
- 3) 廣瀬利雄監修：増補応用生態工学序説，信山社サイテック，202-205，1999
- 4) 亀山 章：高速道路のり面の植生遷移について(I)，造園雑誌 41 (1)，23-33，1977
- 5) 亀山 章：高速道路のり面の植生遷移について(II)，造園雑誌 41 (4)，2-15，1978a
- 6) 亀山 章：高速道路のり面の植生遷移について(III)，造園雑誌 42 (2)，2-7，1978b
- 7) 亀山 章：高速道路のり面の植生遷移について(VI)，緑化工技術 8 (2)，1-8，1981
- 8) 倉田益二郎：緑化工技術，森北出版，112-113，1979
- 9) 新田伸三・小橋澄治：法面急速緑化工法の基礎的研究I，造園雑誌 24 (3)，47-51，1961
- 10) (社) 農業土木事業協会編：のり面保護工設計・施工の手引，(社) 農産漁村文化協会，306pp，1981
- 11) 沼田 眞：植物生態学論考，東海大学出版会，pp.918，1987
- 12) 小田善一郎：硬質地を対象としたON式緑化工法，緑化工技術 4 (1)，19-21，1976
- 13) 庄山紀久子・亀山 章・吉田 寛：本州四国連絡橋伯方島試験地における法面植生の遷移，日本緑化工学会研究発表要旨集 28，201-204，1997
- 14) 上田恵介編：種子散布 1，築地書館，17-26，1999
- 15) 山寺喜成：播種工による早期樹林化方式の提案，緑化工技術 12 (2)，25-35，1986
- 16) 吉田博宣：急速緑化施工法面の植生の遷移(I)，造園雑誌 29 (3)，11-17，1966
- 17) 吉田博宣：道路切土のり面の植生景観に関する研究，94pp，1982
- 18) 吉田 寛・菊地富夫：厚層基材吹付工の経年変化について，日本緑化工学会研究発表要旨集 23，52-55，1992
- 19) 吉田 寛：複層林を造成する緑化工法，緑の読本 44，公害対策技術同友会，26-35，1997

(2000.4.8 受理)

Summary : The purpose of this study is to point out the difference of plant succession for 24 years after application between exotic herb community and *Amorpha fruticosa* community by spraying thick cultivative base on the hard rock cut slope. As a result, *Amorpha fruticosa* community plant succession is faster than exotic herb community, and it had a difference sere compared with the other simple vegetation works. Moreover, *Amorpha fruticosa* community makes a biotope for birds and other small animals, also such a scrub hastens a natural invasion of evergreen trees for bird's dispersal and small animal's caching seeds.