

厚層マットによる緑化事例と生物多様性に配慮した新手法の検討 —改良型厚層マット（誘導型マット）による自然侵入促進工について—

日新産業株式会社
石田 和宏

1. はじめに

治山・林道法面における緑化工は、高所や狭所での作業が多いため、施工性や経済性等の観点から、機械施工による手法（吹付等）の採用が難しいことが多い。このような場合には、人力で施工が可能な植生マット類が有効な選択肢になる。

植生マットには様々な種類があるが、厚みのある生育基盤を内包し劣悪な環境の法面にも対応可能な厚層マットについて、施工事例を紹介する。施工直後から9年4ヶ月後の現在に至るまで、植生状況を継続的に追跡した結果、施工時に導入した植物を主体とした良好な緑化状況を確認することができた。

一方、最近話題になることが多い外来生物法や生物多様性保全等に配慮した場合、今回示した播種工による緑化が問題になることも想定される。すなわち、播種工によるものは導入植物が長期間法面上に繁茂することになるので、周辺植物への遷移が進みにくく、生物多様性保全等の点で問題になるといった考え方である。

これらの問題の解決策として、無播種で施工し周辺植物の自然侵入で緑化を行う「自然侵入促進工」という緑化手法が注目されている。先に示した厚層マットを改良し、同手法を効率的に行えるように工夫した誘導型マットについて、その施工事例を示すと共に、生物多様性等の観点から有効かどうかの検討を行う。

2. 厚層マットの施工事例

2.1. 施工概要

施工は平成11年4月に、静岡県葵区岩崎の切土法面で行った。採用した厚層マットは、①植生基材吹付工に比べて安価に施工できる、②ネットにより生育基盤が保護されているので耐浸食性や耐凍上・凍結性に優れる、③大型機械の設置が不要で施工性に優れる、等の長所を持つ工法である。

表-1に施工概要を、写真1に施工後の植生推移を示す。

表1. 施工概要（厚層マット）

対象法面	工事名	H10年度 集落間林道整備勘行峰線2工区
	場 所	静岡県静岡市葵区岩崎 (リバウェル井川スキー場付近)
	標 高	1400m
	地 質	軟岩I～礫混じり土砂
	勾 配	1:0.8～1.2
植 生 工	周辺植生	落葉広葉樹林 (ミズナラ、シラカンバ、ダケカンバ、コハウチワカエデ、イヌシデ、ミズメ、クロモジ等を構成種とする)
	適用工法	厚層マット工 I型
	導入植物	トールフェスク、クリーピングレットフェスク、オーチャードグラス、コロニアルベントグラス、ヨモギ、メドハギ、ススキ他
	施工時期	平成11年4月



写真1. 施工後の植生推移(厚層マットの代表法面のみ、左:1ヶ月後、中:1年後、右:9年4ヶ月)

2.2. 植生の推移

植生状況の追跡は、施工1ヶ月後、3ヶ月後、6ヶ月後、1年後、3年後、9年4ヶ月後に実施した。その結果、施工3ヶ月後には導入植物による全面的な緑化被覆が完成し、施工9年4ヶ月後の現在に至るまでその状態を維持していた。その間の優占種は、トルフェスクやオーチャードグラス、コロニアルベントグラスをはじめとする外来草本類が主体であった。

一方、施工9年4ヶ月後には上記とは別に詳細な植生調査を実施し、コドラー調査と法面全体踏査による侵入植物種の同定を行った。コドラー調査結果を表2に、法面全体で確認された侵入植物を表3に示す。その結果、最も被度が高かったのはコロニアルベントグラスであり、導入植物が優占する状況は継続していたが（コケ類は除く）、侵入植物が被度は少ないながらも生育する状況も確認された。法面全体踏査により確認された侵入植物の種数は、木本類7種、草本類9種、その他3種であった。

表2. コドラー調査結果（厚層マット：9年4ヶ月後）

分類・種名		植被率 (%)	被度	生育高 (cm)	個体数 (本/m ²)
導入植物	在来草本類				
侵入植物	クリーピングレットフェスク	90	1	37.8	—
	オーチャードグラス		1	47.5	—
	コロニアルベントグラス		3	45.5	—
	ヨモギ		1	26.4	3.3
	メドハギ		1	30.0	0.7
	イタドリ		1	28.0	1.7
	ミヤマニガイチゴ		1	41.7	6.7
	モミジイチゴ		+	15.0	0.3
	ノリウツギ		+	30.0	0.3
	ヒヨドリバナ		1	30.6	5.3
草本類	モミジカサ		+	5.0	1.3
	ツユクサ		+	23.3	1.0
	コケ類		3	1.0	—

表3. 法面全体踏査による侵入植物
(厚層マット：9年4ヶ月後)

区分	種名	科名	形態
木本類	タラノキ	ウコギ科	落葉低木
	ウリハダカエデ	カエデ科	落葉高木
	クロモジ	クスノキ科	落葉低木
	ミヤマニガイチゴ	バラ科	落葉低木
	モミジイチゴ	バラ科	落葉低木
	ヤナギSP.	ヤナギ科	
	ノリウツギ	ユキノシタ科	落葉低木
草本類	オトギリソウ	オトギリソウ科	多年草
	アザミSP.	キク科	多年草
	チチコグサ	キク科	多年草
	ヒヨドリバナ	キク科	多年草
	モミジカサ	キク科	多年草
	ヤクシソウ	キク科	多年草
	ヤマハハコ	キク科	多年草
	ツユクサ	ツユクサ科	1年草
	トリアシショウマ	ユキノシタ科	多年草
その他	タンキリマメ	マメ科	多年草つる性
	シダSP.		
	コケ類		

3. 誘導型マットの施工事例

ここでは、自然侵入促進工と言われる緑化手法を用いた誘導型マットの施工事例を紹介する。

2章で示した厚層マットによる施工事例も、①施工直後から導入植物による全面的な植生被覆を形成し、長期間その状態を維持できる、②施工9年4ヶ月後には周辺植物の部分的侵入も確認され、徐々にではあるが植生遷移が進行した状況も見られる、等の理由により、十分に緑化の目的を達したと考える。しかしながら、最近の環境問題に対する意識の高度化は著しく、従来の手法では対応が難しい様々な緑化上の課題を指摘されるようになっている。すなわち、外来生物法や生物多様性問題への対応である。

自然侵入促進工は、これらの課題に対する有効な解決策として注目されている緑化手法である。無播種で施工し（外部から植物材料を持ち込まない）、周辺植物の自然侵入で緑化を行うことから、外来生物法や生物多様性の課題に対する有効な解決策として注目されている。特に自然度の高い地域での施工が多い治山・林道法面において、今後の積極的活用が望まれる緑化手法と考える。

3.1. 誘導型マットの概要

誘導型マットは、自然侵入促進工を効率的に行うために開発された製品である。「周辺自生植物の侵入・定着」と「法面保護機能の維持」という相反する課題を解決する特殊なマット構造を有しており、自然侵入促進工を効率的に行うことができる。

誘導型マットの特長を以下に示す。

3.1.1. 種子の定着・捕捉機能

マットを形成する半開式袋体ネットは、図1に示すように山側半分が粗部、谷側半分が密部になっており、施工後速やかに生育基盤が地山に密着、平場部を作る構造になっている。この小さな平場部は「簡易な編柵工」とも考えることができるので、これにより周辺からの飛来種子を効率的に捕捉・生育させることができる。また、圧密した生育基盤ではないため、地山に残存する植物（種子や根系）の生育も促すことができ、自然侵入促進工を効率的に行うことができる。

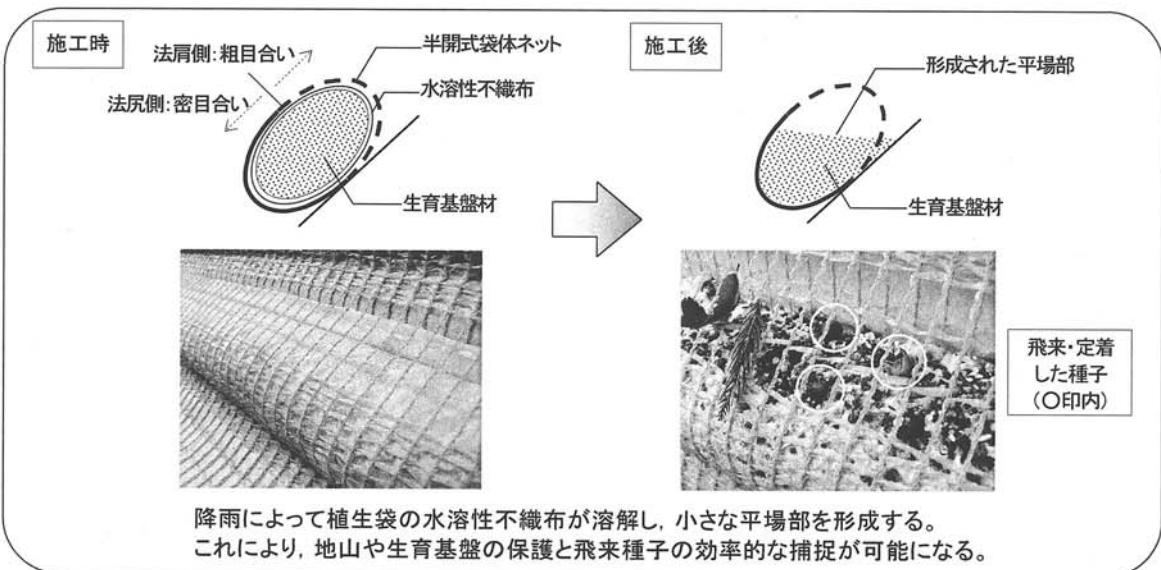


図1. 誘導型マットの構造と飛来種子の定着

写真2に、実際に施工した誘導型マットの状況を示す。レベル状に設置した植生袋によって凹凸（平場部）が形成され、種子が定着しやすい形状になっているのがわかる。

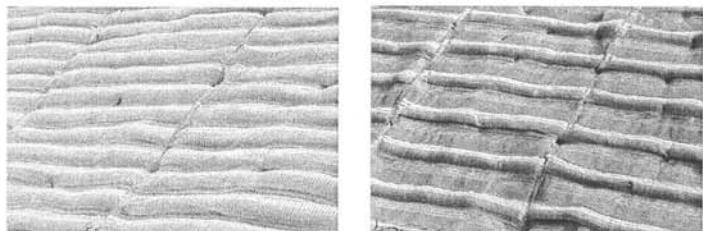


写真2. 誘導型マットによって法面に形成された凹凸（平場部）

3.1.2. 浸食防止機能

自然侵入促進工は、緑化被覆に時間を要するため、地山や生育基盤の侵食を防止することが重要である。誘導型マットは次の構造によって侵食防止機能を向上させている。

- ①連続袋体ネットの粗密目合いで、地山の雨滴侵食を緩和する。

②レベル状に設置した植生袋によって、表面水の流下速度を緩和する。

③地山と接する面に装着した侵食防止シートにより、地山の土砂流失を防止する。

この侵食防止機能について、A：裸地、B：市場単価工法の植生マット肥料袋付（肥料袋間隔40cm）、C：誘導型マットの侵食土量について、比較試験を行った。試験は、岐阜県瑞浪市内の切土法面で行い、試験地条件は勾配1:1.0、法長6mのマサ土法面、試験期間中の積算降水量は423.5mmであった。

各試験区の侵食土量を図2、及び図3に示す。A区の侵食土量が439.99g/m²であるのに対し、B区は26.94g/m²、C区は6.75g/m²であり、マットを敷設することにより、侵食土量が著しく減少する結果となった。また、B区とC区を比較すると、C区の侵食土量はB区の1/4量となり、誘導型マットの優れた侵食防止機能が明らかとなった。



図2. 侵食試験結果① (A区, B区, C区)

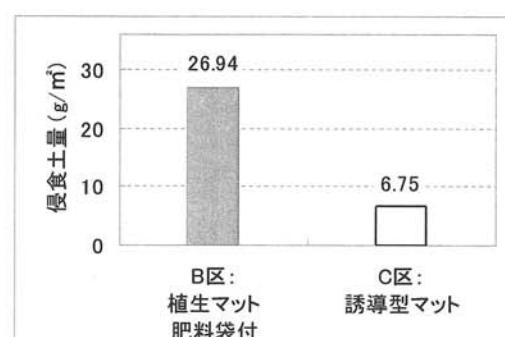


図3. 侵食試験結果② (B区, C区)

3.2. 施工事例①

3.2.1. 施工概要

静岡県浜松市水窪町における誘導型マットの施工事例である¹⁾。40年生のスギ・ヒノキ人工林が崩壊、その後数年の間放置されていたが、裸地化の進行が著しいため「編柵工+誘導型マット」の施工を行った。

表4に施工概要を、写真3に施工後の植生推移を示す。

表4. 施工概要 (誘導型マット①)

対象法面	工事名	治山(奥地保安林)大津工事
	場所	静岡県浜松市水窪町奥領家
	地質	礫混じり土砂(礫の含有量多い)
	勾配	1:1.0~1.2
植生工	周辺植生	スギ・ヒノキ人工林
	適用工法	誘導型マット工 L-2型
	導入植物	なし(無播種施工)
	施工時期	平成17年12月



写真3. 施工後の植生推移 (誘導型マット①, 左: 5ヶ月後, 右: 2年5ヶ月後)

3.2.2. 植生の推移

周辺植物の侵入による植生状況を調査するため、施工 5 ヶ月後、1 年 6 ヶ月後、2 年 5 ヶ月後に周辺林分からの侵入植物種の同定を行った。また、2 年 5 ヶ月後にはコドラー (1×1m) を 10 箇所設置し、植被率その他の測定を行った。

施工 5 ヶ月後から 2 年 5 ヶ月までの侵入植物の種数の推移を図 4 に、2 年 5 ヶ月後に確認された侵入植物（木本類のみ抜粋）を表 5 に示す。

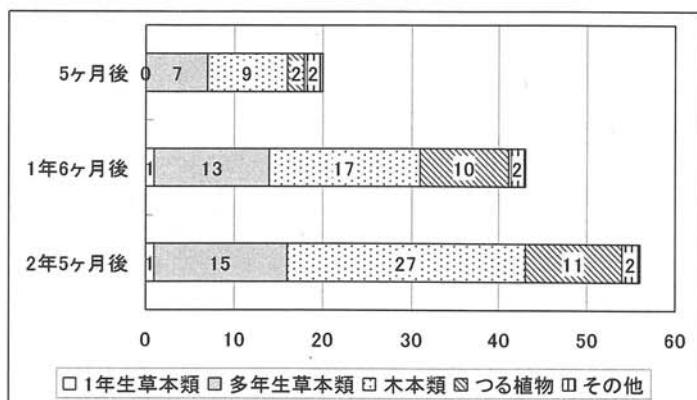


図 4. 侵入植物の種数の推移（誘導型マット①）

表 5. 侵入植物の種類（誘導型マット①：2 年 5 ヶ月後、木本類のみ抜粋）

木本種名	科名	形態	木本種名	科名	形態	木本種名	科名	形態
タラノキ	ウコギ科	落葉低木	コバノガマズミ	スイカズラ科	落葉低木	アラカシ	ブナ科	常緑高木
コニネカエデ	カエデ科	落葉小高木	スギ	スギ科	常緑高木	コナラ	ブナ科	落葉高木
イロハモミジ	カエデ科	落葉小高木	アセビ	ツツジ科	常緑低木	モミ	マツ科	常緑高木
イタヤカエデ	カエデ科	落葉高木	ムラサキヤシオツツジ	ツツジ科	落葉低木	アカマツ	マツ科	常緑高木
オオバヤシャブシ	カバノキ科	落葉低木	コバノミツバツツジ	ツツジ科	落葉低木	トネリコ	モクセイ科	落葉高木
アブラチャン	クスノキ科	落葉低木	ヒサカキ	ツバキ科	常緑低木	ウツギ	ユキノシタ科	落葉低木
クロモジ	クスノキ科	落葉低木	ケヤキ	ニレ科	落葉高木	コアジサイ	ユキノシタ科	落葉低木
ムラサキシキブ	クマツヅラ科	落葉低木	ナガバモミジイチゴ	バラ科	落葉低木	ヤマアジサイ	ユキノシタ科	落葉低木
シキミ	シキミ科	常緑小高木	ヒノキ	ヒノキ科	常緑高木	リョウブ	リョウブ科	落葉小高木

周辺林分からの侵入植物は、多年生草本類と木本類、つる植物で経年に増加傾向を示し、多年生草本類は施工 5 ヶ月後の 7 種から 2 年 5 ヶ月後の 15 種に、木本類は同 9 種から 27 種に、つる植物は同 2 種から 11 種に増加していた。特に木本類の侵入種数増加が著しく、2 年 5 ヶ月後に確認された 27 種の中には、カエデ科やクスノキ科、ブナ科といった遷移系列の中後期相の植物も多く見られた。

また、コドラー調査の結果、2 年 5 ヶ月後の植被率（平均値）は 58% であり、侵入植物による被覆が半分程度形成された状況であった。

3.3. 施工事例②

3.3.1. 施工概要

静岡県袋井市の道路法面における施工事例である²⁾。背面にクスノキ、アラカシ等を主体とした常緑広葉樹林が残存するため、それらの侵入・定着を期待して誘導型マットの施工を行った。

表 6 に施工概要を、写真 4 に施工後の植生推移を示す。

表 6. 施工概要（誘導型マット②）

対象法面	場 所	静岡県袋井市
	地 質	硬質粘性土
周辺植生	勾 配	1:1.2
	(クスノキ、アラカシ、ヒサカキ、コナラ等を構成種とする)	常緑広葉樹林
植 生 工	適用工法	誘導型マット工 M-2型
	導入植物	なし(無播種施工)
	施工時期	平成17年1月



写真4. 施工後の植生推移（誘導型マット②, 左: 3ヶ月後, 中: 6ヶ月後, 右: 1年8ヶ月後）

3.3.2. 植生の推移

周辺植物の侵入による植生状況を調査するため, 施工6ヶ月後, 1年8ヶ月後, 2年4ヶ月後に侵入植物種の同定を行った。また, 1年8ヶ月後以降の調査ではコドラート(1×2m)を4箇所設置し, 植被率その他の測定を行った。

施工6ヶ月後から2年4ヶ月までの侵入植物の種数の推移を図5に, 2年4ヶ月後に確認された侵入植物(木本類のみ抜粋)を表7に示す。

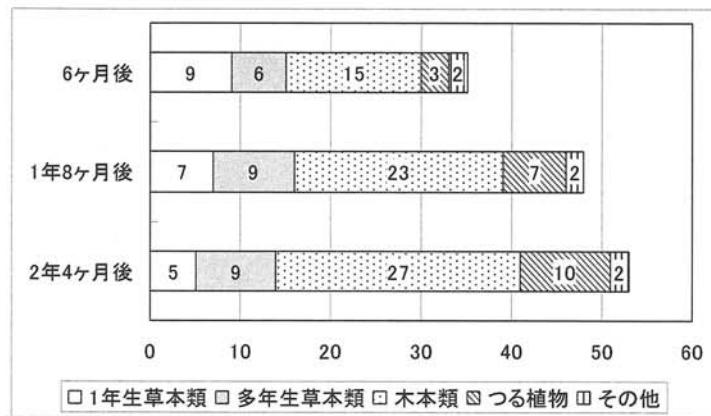


図5. 侵入植物の種数の推移（誘導型マット②）

表7. 侵入植物の種類 (誘導型マット②: 2年4ヶ月後, 木本類のみ抜粋)

木本類 種名	科名	形態	木本類 種名	科名	形態	木本類 種名	科名	形態
タラノキ	ウコギ科	落葉低木	サカキ	ツバキ科	常緑高木	ネムノキ	マメ科	落葉高木
ヌルデ	ウルシ科	落葉小高木	ヒサカキ	ツバキ科	常緑小高木	ヤマハギ	マメ科	落葉低木
ヤマウルシ	ウルシ科	落葉小高木	アカメガシワ	トウダイグサ科	落葉高木	イヌザンショウ	ミカン科	落葉低木
ヤマハゼ	ウルシ科	落葉小高木	エノキ	ニレ科	落葉高木	カラスザンショウ	ミカン科	落葉高木
エゴノキ	エゴノキ科	落葉高木	ケヤキ	ニレ科	落葉高木	イヌコリヤナギ	ヤナギ科	落葉低木
アブラチャン	クスノキ科	落葉小高木	クサイチゴ	バラ科	落葉低木	ヤナギSp1 細葉	ヤナギ科	
クスノキ	クスノキ科	常緑高木	コゴメヤナギ	バラ科	落葉低木	ウツギ	ユキノシタ科	落葉低木
タブノキ	クスノキ科	常緑高木	ニガイチゴ	バラ科	落葉低木	リョウブ	リョウブ科	落葉高木
クサギ	クマツヅラ科	落葉小高木	コナラ	ブナ科	落葉高木			
ムラサキシキブ	クマツヅラ科	落葉低木						

周辺植生からの侵入植物は, 施工6ヶ月後に1年生草本類の侵入が9種見られたが, 2年4ヶ月後には5種に減少し, 変わりに多年生草本類の種数増加が認められた。多様な種構成を持つ森林と隣接するため, 施工当年から木本類の侵入が多く, 施工6ヶ月後には15種, 1年8ヶ月後には23種, 2年4ヶ月後には27種の木本類が確認された。

また, コドラート調査の結果, 植被率(平均値)は1年8ヶ月後に60%, 2年4ヶ月後には85%に達し, 侵入植物による面的な被覆が形成されつつある状況が確認された。

4. 厚層マットと誘導型マットの植生推移モデル

以上、厚層マットと誘導型マットの施工事例について示してきた。厚層マットは「播種工」による緑化を、誘導型マットは「自然侵入促進工」による緑化を行うために開発された工法である。両者は異なる緑化手法であり、種子の有無という大きな違いがあることから、施工後の植生推移は自ずと異なったものになる。

その違いをわかりやすく見るために、今回報告した厚層マットと誘導型マットの事例を1箇所ずつ抽出し、植生推移モデルを作成した（図6）。この植生遷移モデルは、横軸に経過年数、奥行軸と縦軸にそれぞれ植被率と種数（多様性）を示した3次元グラフである。

この3次元グラフを見ると両者の植生推移の違いが良くわかる。厚層マットは施工直後から導入種が優占し、3ヶ月後には植被率が100%になるが、その反面、種数は施工時に導入した6種が長期間継続することになる。種数の増加が見られないのは、導入種が全面的に繁茂して周辺植物が侵入可能なスペースがないためであり、草本類（主として外来草本類）を多用した緑化では普通に見られる現象である。そして、経験的には5年が経過した頃、導入種の部分的衰退が見られる箇所に周辺植物が侵入を開始し、今回の事例では9年4ヶ月後という時間を経過して、やっと19種の侵入種が確認される状況になっている。

一方、誘導型マット工は、植被率の増加は1年8ヶ月後で60%と緩やかであるが、早い段階から多くの周辺植物が侵入を開始し、6ヶ月後に35種、1年8ヶ月後に48種、2年4ヶ月後に53種という多種多様な植物の侵入が確認される状況になっている。

この厚層マットと誘導型マットの種数の差は、法面上に造成される植物群落の多様性の違いになって現われる。厚層マットの場合には、19種の植物が侵入するのに約10年の時間を必要とし、それまでの期間は6種の導入植物による単純な群落が継続することになる。一方、誘導型マットの場合には1年目に35種という植物が侵入していることから、多様性に富む植物群落を造成するまでのスタートラインが、厚層マットに比べて著しく早いといえる。

法面緑化のような裸地からの植生遷移を考えた場合、そこに生育する植物種の多様性が

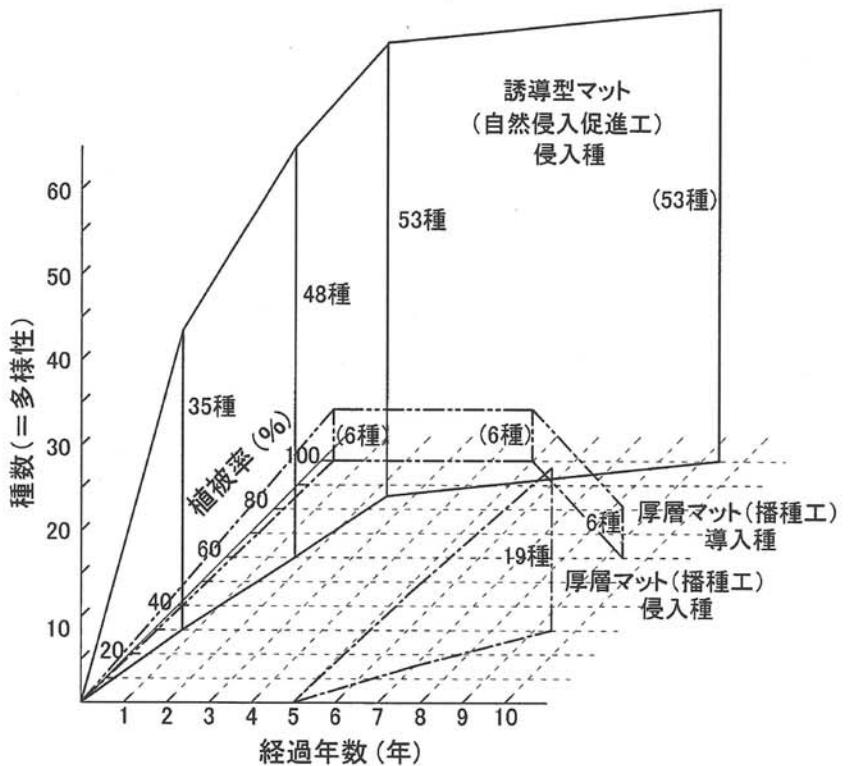


図6. 厚層マットと誘導型マットの植生推移モデル

厚層マット: 静岡県葵区岩崎のデータを引用
誘導型マット: 静岡県袋井市のデータを引用

大きな指標になり、多種類の植物が生育して複雑な構造を示す植物群落ほど、遷移が進行していると考えるのが一般的である。したがって、植生遷移の進行という観点からは、施工直後から多様な植物を導入可能な誘導型マットのほうが、厚層マットに比べて優れていると考えられる。

5. まとめ

以上に示した内容の総括として、厚層マットと誘導型マットの得失を整理し、表8に示す。

表8. 厚層マットと誘導型マットの比較

分類	工法名	長所	短所
播種工	厚層マット	• 施工直後から導入植物による全面的な緑化を行える。	• 植生遷移に時間がかかる。
自然侵入促進工	誘導型マット	• 外部から植物材料を持ち込まずに、自然侵入による緑化を行える。 • 施工1~2年で多種多様な植物が侵入・定着するので、植生遷移の短縮を図れる。	• 周辺に森林等の種子供給源がある場所での採用が原則である。

両者にはそれぞれ長所と短所があるが、植生遷移に要する時間を短縮し、周辺環境と調和した植物群落を早期に造成するまでの機能は、誘導型マットのほうが優れていると考える。特に、外部から植物材料を持ち込まずに緑化を行えることから、貴重種の生息地域や自然公園内等で、地域固有の遺伝子レベル（これを地域性系統という）での保全が必要な場合にも、比較的容易に対応可能と思われる。以上の内容より、誘導型マットは、外来生物法や生物多様性等の課題に対する有効な解決策になり得ると考える。

ただし、誘導型マットは播種工に比べると歴史の浅い、新しい考え方の緑化手法である。全国に約100件の施工実績があり相応の成果を収めているが、施工後3年程度の時間しか経過していないものがほとんどである。植生遷移について考察する場合には、長期的な視点に立って判断することが大切なことから、今後も継続的に調査を実施しデータの蓄積を図って行きたいと考える。

【引用文献】

- 1) 本多由里子・木村正信・石田和宏 (2007) 誘導型マット工による自然侵入促進工（植生誘導工）の施工事例、日本緑化工学会誌、33(1) : 179-182
- 2) 寺本匡寛・石田和宏・木村正信・肥後睦輝 (2008) 人工林内における誘導型マット工（自然侵入促進工）の施工事例、日本緑化工学会誌、34(1) : 183-186