聴講者配布用PDFデータ　R100ソイル工法研究会（武巳建設株式会社）






NETIS QS-190039-A

タケミックス ソイル工法

竹繊維植生基材吹付工

土技第672号
令和2年(2020年)3月4日
熊本県新技術・新工法登録










R100ソイル工法研究会








©2010熊本県くまモン#K 32554
被許諾者：株式会社 濵田工業
電話番号：096-329-3322

問い合わせ　R100ソイル工法研究会事務局　風間・辻
mail　h.tsuji@takemi.co.jp
http://www.r100soil.com/

綿状生竹繊維緑化基材を用い、接合剤とラス金網が不要となることで、自然環境変化に順応する侵食耐久性植生工 ――『タケミックスソイル』緑化工法



自然環境変化に順応する侵食耐久性植生システム

近年の集中豪雨などの異常気象・気候変動などにより、山間地域や道路法面などでの斜面崩壊が頻繁に発生しています。これまでにも、各種の法面保護対策が施されていますが、法面保護工の植生工の中でも一般的な工種である、植生基材吹付工において、竹を主原料とした緑化資材と緑化工法を開発いたしました。

青竹を絞り潰し繊維状に加工した『綿状竹短繊維』を70%配合した『タケミックスソイル』緑化資材により植生基材吹付工にて造成された緑化基盤層は、『綿状竹短繊維』の絡みによる結合とスポンジ状の空隙による透水排水効率が向上したことから豪雨に対する侵食防止効果が高く、保水性能も向上しました。

『綿状竹短繊維』は、竹繊維の特性である、"しなやか"な性質を持つことで、緑化工成立までの気象環境による、乾燥・凍結などのストレスに抵抗力があり、降雨・融解後には、柔軟な緑化基盤層が復元します。

また、『綿状竹短繊維』を用いることで、『空中窒素固定菌誘導技術』により、肥料の投与も必要なく、自然の植生が維持されます。

『タケミックスソイル』緑化工法は、気象環境ストレスへの高い抵抗力と、自然界の植生システム応用技術による植生基盤を造成することにより、植物の生育環境が保たれ、人為的に急速緑化を図らずとも、植物本来の自然な生育により、植物が遷移し、永続的に緑化が維持されます。



6つの環境負荷低減効果

1 地球温暖化ガスCO2の削減

『化学肥料』『ラス張工』『ピートモス』『化学合成接合剤』を省略したことで製造・輸入運搬時の化石燃料消費が低減され、CO2排出量を2/3削減

2 自然循環水の汚染回避

『化学肥料』『化学合成接合剤』を使用しないため、緑化法面造成後の化学成分溶出による地下水、河川水などの自然循環水の水質汚染を回避

3 天然資源の省資源化

廃棄される『青竹』『広葉樹バーク』の"天然素材100%"の主原料で構成され、有限の地下資源は使用しないことで、省資源化に寄与

4 廃棄物の発生抑制

将来的に廃棄物となる金属類などの"残留物"が発生しません　他の経済活動により排出される廃棄物のリサイクルと『竹』の新たなリサイクル需要を産出することで、"マイナスエミッション"に寄与

5 生物多様性の保全

『ラス張工』を省略したことで、ラス金網による木本植物の生長阻害が回避されます　自然界の植生システムの応用技術である、空中窒素固定菌誘導技術による植物への養分供給システムにより、自然な植物遷移により生態系への影響も保全され生物多様性に寄与

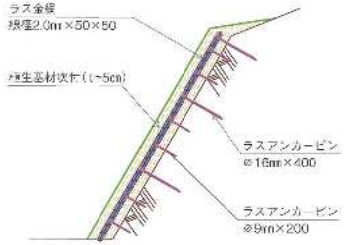
6 森林・里山の保全

放置竹林・侵入竹の森林・里山保全活動により、伐採された"廃棄竹"を緑化資材としてリサイクルに有効利用することで、"山から山へ還す"自然循環材として里山・森林の保全に貢献

新技術工法・[特性]

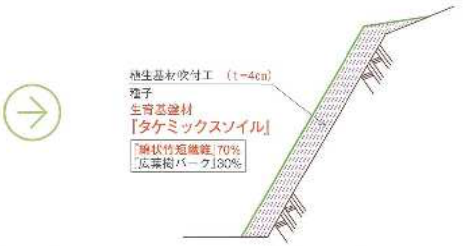
従来技術『植生基材吹付工』

ラス金網に化学肥料、接合剤を配合した生育基盤材を吹付、緑化植物の根系の急速な伸長により、法面を保護する。



新技術『タケミックスソイル』緑化工法

綿状竹短繊維緑化基材を用い、接合材とラス金網を使用しないことで、干ばつ・降雨・凍結などの気象変化に緑化基盤が順応し、自然環境に対応可能な侵食耐久性のある緑化技術。



適用範囲　〈吹付厚さ〉t=3-10cm　〈法面勾配〉1：0.5より緩斜面　〈法高〉法面垂直高さ80m以下

●綿状竹短繊維

窒素固定菌が好む易分解性の有機炭素化合物が豊富な『青竹』を絞り潰し、繊維状に加工した『綿状竹短繊維』により造成された緑化基盤は、植物への肥料分自然供給機能・透水排水機能・吸水保水機能・凍結融解後の復元機能があります。



空隙に植物根にて、『綿状竹短繊維』に加工されたセルロースは、『チップ状』と比較し、表面積が飛躍したことで、『窒素固定菌』の生成増殖量が格段に増大

●降雨侵食・乾燥

『綿状竹短繊維』は繊維形状による絡み結合とスポンジ状のポーラスな基盤層を造成することで得られ、透・排水性により、豪雨による侵食耐久性と干ばつによる乾燥・剥落に対する耐久性能が高い。

●吸水・保水

『綿状竹短繊維』は竹繊維の表面積の増大による高い吸水・保水力により、緑化基盤層としての水分保持力が高い。

●降霜・凍結・融解

『綿状竹短繊維』のしなやかな特性と『化学合成接合剤』を使用しないことで、冬季の凍結時にも緑化基盤は劣化剥落することなく融解後は柔軟に復元し、緑化基盤の機能が保持されます。



施工例

工事名：仮川28年災害関連緊急砂防（堰堤工）工事
発注者：熊本県県北広域本部阿蘇地域振興局




工事名：九州横断道（嘉島～山都）梅ノ木地区改良2期工事
発注者：国土交通省九州地方整備局熊本河川国道事務所




研究会熊本支部



R100ソイル工法研究会

株式会社 濵田工業
〒861-5280 熊本市西区松尾2丁目25-5
TEL:096-329-3322 FAX:096-329-2065
E-mail:hamada1978@mpd.biglobe.ne.jp

株式会社 江川組
〒869-4222 熊本県八代市鏡町両出1324番地1
TEL:0965-52-2049 FAX:0965-52-2449
E-mail:info@egawagumi.co.jp

グリーン工業株式会社
〒869-0442 熊本県宇土市城之浦町275番地
TEL0964-22-1307 FAX:0964-22-0885
E-mail:info@green-eng.com

株式会社 吉田組
〒861-7314 熊本県天草市有明町大島子2372
TEL:0969-52-0334 FAX:0969-52-0090
E-mail:yoshidagumi@joy.ocn.ne.jp

株式会社 タイヨー緑化工業
〒861-4106 熊本市南区高江1丁目9番6号
TEL:096-342-5925 FAX:096-342-5926
E-mail:taiyo@vega.ocn.ne.jp

株式会社 グローバルテック
〒861-1102 熊本県合志市須屋2670番地60
TEL:096-242-8013 FAX:096-245-8139
E-mail:hses@kje.biglobe.ne.jp

GPN Green Purchasing Network

空中窒素固定菌誘導型緑化工法

『タケミックスソイル緑化工法』

標準積算価格

宮崎県



令和 7年　4月

R100ソイル工法研究会

標準施工単価　比較例

施工地：宮崎県

		機械播種施工による植生工				
施工規模　1,000㎡以上		植生基材吹付工				
吹付厚さ　t＝		3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
市場価格（土木コスト情報）　2025-4(春)	A	4,660	5,260	5,710	6,540	7,090
空中窒素固定菌誘導型　緑化工法 『タケミックスソイル緑化工法』令和 7年　4月	B	4,520	5,440	6,530	7,760	9,010
差額　C＝B－A	C	▲ 140	180	820	1,220	1,920
比率　D＝B／A	D	97.0%	103.4%	114.4%	118.7%	127.1%

※『タケミックスソイル』緑化工法には、ラス張工、ネット張工は含まれません。

標準施工単価　比較例

施工地：宮崎県

		機械播種施工による植生工				
施工規模　1,000㎡以上		植生基材吹付工				
吹付厚さ　t＝		3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
市場価格（土木コスト情報）　2025-4(春)	A	4,660	5,260	5,710	6,540	7,090
空中窒素固定菌誘導型　緑化工法 『タケミックスソイル緑化工法』令和 7年　4月	B	4,520	5,440	6,530	7,760	9,010
差額　C＝B－A	C	▲ 140	180	820	1,220	1,920
比率　D＝B／A	D	97.0%	103.4%	114.4%	118.7%	127.1%

※『タケミックスソイル』緑化工法には、ラス張工、ネット張工は含まれません。

比較例	
市場価格　従来型　植生基材吹付工　t＝5cm	5,710
標準価格　タケミックスソイル緑化工　t＝4cm	5,440
差額　C＝B－A	▲ 270
比率　D＝B／A	95.3%

工 事 資 材　見 積 明 細

No.	工種・種別	規格・寸法・細別	数　量	単位	単　価	金　額	摘　要
	『空中窒素固定菌誘導型緑化工法』用基盤材（綿状竹短繊維）						
	『タケミックスソイル緑化資材』	50ﾘｯﾄﾙ/袋	1.0	袋		2,000	納入場所：指定工事現場

R100ソイル工法研究会

１㎡当り標準施工単価

No.	工種・種別	規格・寸法・細別	数　量	単位	単　価	金　額	摘　要
	空中窒素固定菌誘導型緑化工法　（植生基材吹付工・モルタルガン施工）　（直接工事費）						令和 7年　4月
	施工規模：1,000㎡以上						
		吹付厚ｔ＝3ｃｍ	1.0	m2	4,520	4,520	A
		吹付厚ｔ＝4ｃｍ	1.0	m2	5,440	5,440	B
		吹付厚ｔ＝5ｃｍ	1.0	m2	6,530	6,530	C
		吹付厚ｔ＝6ｃｍ	1.0	m2	7,760	7,760	D
		吹付厚ｔ＝7ｃｍ	1.0	m2	9,010	9,010	E
	施工規模：500㎡以上1,000㎡未満						施工規模加算補正　S1
		吹付厚ｔ＝3ｃｍ	1.0	m2	4,740	4,740	A×1.05
		吹付厚ｔ＝4ｃｍ	1.0	m2	5,710	5,710	B×1.05
		吹付厚ｔ＝5ｃｍ	1.0	m2	6,850	6,850	C×1.05
		吹付厚ｔ＝6ｃｍ	1.0	m2	8,140	8,140	D×1.05
		吹付厚ｔ＝7ｃｍ	1.0	m2	9,460	9,460	E×1.05
	施工規模：500㎡未満						施工規模加算補正　S1
		吹付厚ｔ＝3ｃｍ	1.0	m2	4,970	4,970	A×1.10
		吹付厚ｔ＝4ｃｍ	1.0	m2	5,980	5,980	B×1.10
		吹付厚ｔ＝5ｃｍ	1.0	m2	7,180	7,180	C×1.10
		吹付厚ｔ＝6ｃｍ	1.0	m2	8,530	8,530	D×1.10
		吹付厚ｔ＝7ｃｍ	1.0	m2	9,910	9,910	E×1.10

１㎡当り標準施工単価

No.	工種・種別	規格・寸法・細別	数　量	単位	単　価	金　額	摘　要
	空中窒素固定菌誘導型緑化工法　（植生基材吹付工・モルタルガン施工）　（直接工事費）						令和 7年　4月
	※①　1日あたりの標準作業量を下回る施工規模については、準備、段取等の時間的なロス、資材運搬ロス等による、費用が発生しますので、						
	『施工規模加算補正 S1』の他に『小規模施工費 S2』が加算されます。						
		小規模施工費　S2	1.0	式		300,000	
	1日当り標準作業量	吹付厚ｔ＝3ｃｍ	200.0	m2			
		吹付厚ｔ＝4ｃｍ	183.0	m2			
		吹付厚ｔ＝5ｃｍ	167.0	m2			
		吹付厚ｔ＝6ｃｍ	150.0	m2			
		吹付厚ｔ＝7ｃｍ	133.0	m2			
	※②　1工事において、吹付プラントの移動設置が複数回必要な場合は、撤去、準備、段取等の時間的なロス、機材運搬等の費用が						
	発生しますので、『吹付プラント移動設置費 S3』が加算されます。						
		吹付プラント移動設置費　S3	1.0	回		300,000	

空中窒素固定菌誘導型緑化工法　　標準積算内訳

『タケミックスソイル緑化工法』（植生基材吹付工・モルタルガン吹付）

R100ソイル工法研究会

1㎡当り直接工事費	施工規模加算		t＝3cm		t＝4cm		t＝5cm		t＝6cm		t＝7cm	
施工規模：1,000㎡以上	1.00		4,520		5,440		6,530		7,760		9,010	
施工規模：500㎡以上1,000㎡未満	1.05		4,740		5,710		6,850		8,140		9,460	
施工規模：500㎡未満	1.10		4,970		5,980		7,180		8,530		9,910	

※　法面清掃は含む・ラス張工は含まず

施工地：宮崎県　　日当り積算作業量　200 m2/日　183 m2/日　167 m2/日　150 m2/日　133 m2/日

吹付厚さ　t＝　3cm　4cm　5cm　6cm　7cm　　令和 7年　4月

名　　称		単位	単価(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	数量	金額(円)	備　考
材　料　費	吹付材料費	m^3	86,652	3.90	337,943	4.80	415,930	6.00	519,912	7.20	623,894	8.4	727,877	材料補正率 ＜4cm:＋30% ≧4cm:＋20%
労　務　費	土木一般世話役	人	30,100	0.50	15,050	0.60	18,060	0.60	18,060	0.70	21,070	0.80	24,080	公共労務単価令和 7年度
	法面工	人	28,400	1.50	42,600	1.70	48,280	1.80	51,120	2.00	56,800	2.30	65,320	公共労務単価令和 7年度
	特殊作業員	人	26,700	0.50	13,350	0.50	13,350	0.50	13,350	0.60	16,020	0.70	18,690	公共労務単価令和 7年度
	普通作業員	人	19,300	0.90	17,370	1.00	19,300	1.00	19,300	1.20	23,160	1.30	25,090	公共労務単価令和 7年度
機械運転費	ﾓﾙﾀﾙ･ｺﾝｸﾘｰﾄ吹付機運転	h	2,746	3.80	10,434	4.10	11,259	4.50	12,357	5.00	13,730	5.70	15,652	
	空気圧縮機運転	日	19,410	0.50	9,705	0.60	11,646	0.60	11,646	0.70	13,587	0.80	15,528	
	発動発電機運転	日	4,180	0.50	2,090	0.60	2,508	0.60	2,508	0.70	2,926	0.80	3,344	
	揚水ポンプ運転	日	1,134	0.50	567	0.60	680	0.60	680	0.70	794	0.80	907	
諸　雑　費	労務費×率	%		4.0%	3,534	4.0%	3,959	4.0%	4,073	4.0%	4,682	4.0%	5,327	＊①
合　　計					452,643		544,972		653,006		776,663		901,815	100㎡当たり

＊①･･･諸雑費は、吹付機のホース損料、送水ホース・バルブ損料、仮設ロープ損料、ベルトコンベア損料等であり、労務費の合計額に率を乗じた金額を上限とする。

【植生基材吹付材料 1m3当り内訳】

名　称	仕様・規格	単位	単価(円)	数量	金額(円)									適　要
種　子	バーズフット トレフォイル	kg	14,630	0.106	1,550									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種　子	メドハギ	kg	9,020	0.085	766									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種　子	バミューダグラス	kg	11,825	0.012	141									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種　子	マルバヤハズソウ	kg	8,360	0.041	342									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種　子	コマツナギ在来	kg	16,940	0.111	1,880									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種　子	ケンタッキーブルーグラス	kg	4,851	0.009	43									見積対応(グリーン有機資材 2025-3)
種子計量袋詰	普通作業員	人	19,300	0.100	1,930									
空中窒素固定菌誘導型基盤材	**タケミックスソイル**	ﾄﾝ	40	2,000	80,000									R100ソイル工法研究会 標準価格2024-3月
計					86,652									

＊種子配合については、マメ科植物を主体に構成し、現場条件、目標群落等を考慮の上、選定する。

【モルタル・コンクリート吹付機運転1時間当り単価表】

名　称	仕様・規格	単位	単価(円)	数量	金額(円)									適　要
燃料	軽油	リットル	149	3.4	506									18kW×0.191L/Kw-s
機械損料	湿式 0.8～1.2m³／h	h	2,110	1	2,110									損料　機械損料算定表　R04　P20-5令和6年度
諸雑費		式		1	130									上記の5%計上(油脂類等)
計					**2,746**									

【空気圧縮機運転1日当たり単価表】

名　称	仕様・規格	単位	単価(円)	数量	金額(円)									適　要
燃料	軽油	リットル	149	88.5	13,186									78kW×0.189L/Kw-s×6h
機械賃料	10.5～11.0m³／min	日	5,300	1	5,300									賃料　建設物価　p804　2025-4
諸雑費		式		1	924									上記の5%計上(油脂類等)
計					**19,410**									

【発動発電機運転1日当り単価表】

名　称	仕様・規格	単位	単価(円)	数量	金額(円)									適　要
燃料	軽油	リットル	149	13.3	1,981									13kW×0.170L/Kw-s×6h
機械賃料	10KVA	日	2,000	1	2,000									賃料　建設物価　p806　2025-4
諸雑費		式		1	199									上記の5%計上(油脂類等)
計					**4,180**									

【揚水ポンプ運転1日当たり単価表】

名　称	仕様・規格	単位	単価(円)	数量	金額(円)									適　要
燃料	ガソリン	リットル	169	4.5	760									1.5kW×0.495L/Kw-s×6h
機械賃料	口径50mm 全揚程15m	日	320	1	320									賃料　建設物価　p806　2025-4
諸雑費		式		1	54									上記の5%計上(油脂類等)
計					**1,134**									

使用材料計算書　植生基材吹付工 (空中窒素固定菌誘導型)

工事名:

種別: 植生基材吹付工(モルタルガン式)　t=　3　cm			示方配合(設計配合)			設計数量	確認
名　称	品　名	単位	100㎡当り	1m3当り	1バッチ当り	1,000.0　m2	
	見込みロス補正　1.30		ロス補正含む	ロス補正含まず	ロス補正含まず	ロス補正含む	
草本	1　バーズフット トレフォイル	g	414.5	106.3	10.7	**4,145**	
草本	2　メドハギ	g	333.3	85.5	8.6	**3,333**	
草本	3　バミューダグラス	g	49.7	12.8	1.3	**497**	
草本	4　マルバヤハズソウ	g	160.5	41.2	4.2	**1,605**	
木本	5　コマツナギ在来	g	433.3	111.1	11.2	**4,333**	
草本	6　ケンタッキーブルーグラス	g	36.5	9.4	1.6	**365**	
	7種混合種子　計	**g**	**1,427.9**	**366.1**	**37.6**	**14,279**	
生育基盤材(有機質系)	空中窒素固定菌誘導型緑化基盤材	ﾘｯﾄﾙ	7,800	2,000	200	**78,000**	
	(タケミックスソイル緑化基盤材)50リットル/袋	袋	**(156袋)**	**(40袋)**	**(4袋)**	**(1560袋)**	
接合材	植物性接合材	kg	0.00	0.00	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						
肥　料	高度化成肥料	kg	0.0	0.0	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						
	緩効性肥料	kg	0.0	0.0	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						
ラス金網	φ2.0*50*50	㎡	0.00	0.00	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						
アンカーピン	φ16*400	本	0.0	0.0	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						
	φ9*200	本	0.0	0.0	0.00	**0**	
	空中窒素固定菌誘導型のため使用しない						

摘　要

※　シカによる食害対策には、種子選定時に不嗜好性の『チカラシバ』の配合を推奨　(R100ソイル工法研究会)

種 子 配 合 と 播 種 量 計 算 書

工事名：空中窒素固定菌誘導型　種子配合　例(2023-3)

W：導入種ごとの播種量
A：発生期待本数
B：吹付厚に対する各工法の補正率 ・・・・・・・・・・・・　発芽深さ/吹付厚さ
C：立地条件に対する各工法の補正率 ・・・・・・・・・・・・
D：施工時期の補正率 ・・・・・・・・・・・・
E：使用種子の発芽率
F：使用種子単位粒数
G：使用種子純度

$$W = \frac{A}{B \times C \times D \times E \times F \times G}$$

播種量の算出　(窒素固定菌誘導型)　　(厚さt＝　3 cm)

	植物名	特徴	A	B	B'	C	D	E	F	G	W	
			発生期待本数 (本/㎡)	工法厚さ補正	発芽深さ (cm)	立地条件補正	施工時期補正	発芽率	単位粒数 (粒/g)	純潔種子率	播種量 (g/m2)	**播種量 (g/m3)**
1	バーズフット トレフォイル	主構成 マメ科 耐痩地	500	0.33	1.00	1.0	1.0	0.80	600	0.98	3.189	**106.29**
2	メドハギ	深根性 マメ科	300	0.33	1.00	1.0	1.0	0.65	600	0.90	2.564	**85.47**
3	バミューダグラス	耐暑性 耐乾燥性	200	0.17	0.50	1.0	1.0	0.80	4,000	0.98	0.383	**12.76**
4	マルバヤハズソウ	マメ科 耐痩地	100	0.33	1.00	1.0	1.0	0.60	450	0.90	1.235	**41.15**
5	コマツナギ在来	木本 マメ科 耐痩地	100	0.33	1.00	1.0	1.0	0.50	200	0.90	3.333	**111.11**
6	ケンタッキーブルーグラス	草本 耐寒性	100	0.17	0.50	1.0	1.0	0.75	3,000	0.95	0.281	**9.36**
	合計		1,300								10.984	**366.14**

『タケミックスソイル緑化工法』
(竹繊維植生基材吹付工)

- 技術マニュアル -(第2版)

令和 元年 9月



R100ソイル工法研究会

工法概要

『**タケミックスソイル緑化工法**』は、法面緑化技術に関し、資源循環材である『生竹』を『綿状生竹繊維』に加工し、接着剤を含まない緑化基盤を造成する工法である。それにより、生竹の特性が活かされ、自然環境の変化に順応することで、侵食耐久性に優れ、永続的な緑化を促進するサステナブルな新技術である。

竹材の需要を生み、化学肥料・接着剤を使用しないので地下水、河川水への悪影響がなく、また、ラス張工も要らないことで、地球温暖化ガスCO2の排出量も削減でき自然環境保全、環境負荷低減を図る新工法である。

工法の特徴

種子発芽促進

接着剤を含まない緑化基盤により、種子の回転運動が拘束されず、発芽が良好である。

浸食耐久性

『綿状生竹繊維』の特性として、竹繊維が相互に絡み合う構造と透水性がバークの約3倍であることから
降雨による浸食に対し耐久性が高い。

接着剤を使用しないため被膜されず、『綿状生竹繊維』の特性である保水性・靭性が保たれ干ばつ時の乾燥、
冬期の凍結・融解による浸食に対し耐久性が高い。

ラス張工を使用しないことで、吹付作業により均質な密度の緑化基盤層が構築されることで、浸食耐久性が高まる。

環境安全性

使用材料は『綿状生竹繊維』・『国産広葉樹バーク』の天然資材100％であり、化学肥料・化学合成接合剤を使用しないことにより、河川水・地下水への影響を低減させ、生態系・自然環境保全が図れる。

化成肥料を使用しないことで、地球温暖化ガスCO2の削減に寄与する。
※化成肥料10kg当りの製造時CO2発生量920g

施工性

ラス張工を省略出来ることで、工程の省略による工期短縮及び高所作業が削減され、作業安全性が向上する。

現場条件

吹付機、資材の搬入が4t車以上で可能であること。

吹付プラントヤードに3m×20m程度が確保可能であること。

適用範囲

適用可能な範囲

法面勾配	土壌硬度	『タケミックスソイル緑化工法』標準吹付厚	『従来型』植生基材吹付工 標準吹付厚	法高
1:0.5≦	≦ 27㎜	3 cm	3 cm	垂直高さ ≦ 80m
	27㎜ ≦ 30㎜	3～4 cm	3～5 cm	
	30㎜ ≦ (岩盤亀裂間隔 ＜10cm)	3～4 cm	3～5 cm	
	30㎜ ≦ (岩盤亀裂間隔 ≧10cm)	4～5 cm	4～6 cm	
	30㎜ ≦ (風化していない)	5～10 cm	6～10 cm	

吹付厚は、土壌硬度、年降水量、立地条件(勾配、向き)、土質、維持管理、施工時期、近隣法面等から、総合的に判断、検討する。

特に効果の高い適用範囲

自然侵入促進工　タケ繊維表面の凹凸が大きく、多い為、飛来種子を捕獲定着し、発芽育成させる機能を有する。
緑化基盤の耐久性が高く、緑化法面形成までの侵食に対応。

自然循環型緑化工(ダム現場等)　工事施工地の森林伐採木竹を自然循環材として利用。

砂防工事・治山工事(水源地等)　森林の有する水源の涵養や土砂災害防止機能等を確保していくため、荒廃森林の再生や、荒廃の未然防止

適用できない範囲

法面勾配　1:0.5≧の急勾配

岩盤緑化
(硬岩などの新鮮で、表面が平滑であり、吹付基盤材の滑落、剥離による維持安定が保てない法面)

自然条件

降雨時、積雪時、法面凍結時は吹付作業を避ける。

植物生育に適さない法面勾配、不良土壌の場合は施工を避ける。
もしくは、別途対応策(緩勾配化、土壌改良)をとる。

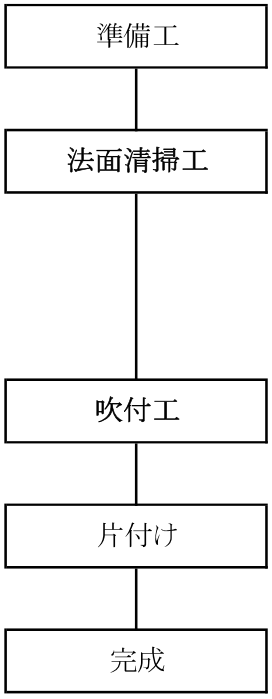
湧水、のり面流下水がある場合は、吸出し防止マット張等の事前措置をする。

施工手順

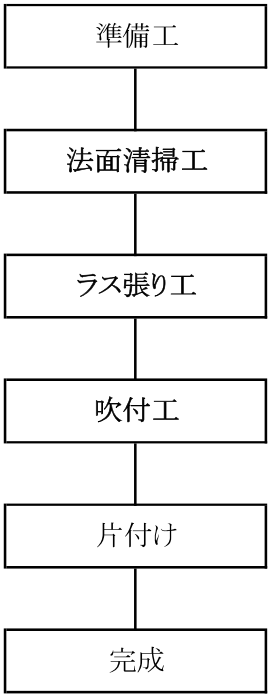
『タケミックスソイル緑化工法』の
標準的な施工手順は下記フロー図①のとおりである。

※従来型　植生基材吹付工の施工手順をフロー図②に示す。

フロー図　①



フロー図　②



施工方法

法面清掃工

施工の支障になるような吹付面の浮石・崩土等、吹付材の付着に有害となるものを除去、清掃する。

法面の著しい凹凸については、整形処理を行う。

吹付工

試験吹付にて、水量の確認を行う（箇所毎）

法面清掃完了後、配合計算書に従い計量する。

計量した材料（種子・基盤材）を1バッチ毎にベルトコンベアより吹付機に投入する。

吹付機ミキサーにより材料練り混ぜ後、吹付面に吹付ホースより圧送する。

吹付材圧送ホース先端付近より用水を供給し、吹付材を充分加湿混合する。

吹付材が法面に充分圧縮されるよう、空気圧力、材料吐出量を調整する。

吹付法面では、検測ピンにより所定の厚さに仕上がるよう確認しながら吹付ける。

吹付終了後200m2／箇所の頻度にて検査孔を設け、吹付厚さを管理する。









充分に加湿された基盤材を、高圧で地山に圧密することで、
繊状竹短繊維が絡み結合し、脱水後にｽﾎﾟﾝｼﾞ状の断面構造となり、
ラス張工・接合材の要らない侵食耐久性能の高い緑化基盤が造成される。

使用材料

種　子

種子は品質の保証されたもので、試験成績書（発芽証明書）を事前に確認する。

特に外来種・在来種の産地確認を行い、緑化目標群落に沿った種子選定、配合をする。

マメ科の品種選定を推奨する。

植物生育基盤材　（タケミックスソイル緑化基盤材）

『綿状生竹繊維』

『国産広葉樹バーク堆肥』

肥料

特に肥料は必要としない。

化成肥料は使用してはならない。

接合剤

接合剤は使用してはならない。

接合剤を使用すると『綿状生竹繊維』の“しなやか”な特性が失われ、気象の影響による凍結・乾燥状態後の融解・降雨時に緑化基盤が柔軟に復元せず、劣化剥離する恐れがある。

用水

油分、酸、アルカリ、塩分などの植物生育に阻害する成分を有害量含まないものを使用する。

材料配合

標準配合

植生基材吹付工　1m3当りの標準材料使用量は下記のとおりとする。

標準配合　：　植生基材吹付工　（タケミックスソイル緑化工法）　　1m3当り

材　料　名	数　量	備　考
植物生育基盤材 （タケミックスソイル緑化基盤材）	2,000リットル	吹付により1/2に圧密されるので1m3当り、2,000リットル計上する。
種　子	1式	現場条件により播種量を決定する。
用　水	1式	吹付材圧送ホース先端付近より用水を供給し、吹付材を充分加湿混合する。

材料の割増

吹付材料は吹付時のリバウンドロス、混合損失を考慮し、標準割増率を考慮する。

吹付厚さｔ	標準割増率
4cm＞t	30%
4cm≦t	20%

使用機械

植生基材吹付工 （タケミックスソイル緑化工法）

の吹付プラント設備は下記表のとおりである。

機　　械　　名	規　　格	台　数
モルタル吹付機（モルタルガン）	湿式 0.8～1.2m^3／h	1
空　気　圧　縮　機	10.5～11.0m^3／min	1
発　動　発　電　機	10KVA	1
揚　水　ポ　ン　プ	口径50mm 全揚程15m	1
ベ　ル　ト　コ　ン　ベ　ア	7m	2

※ 用水の運搬が必要な場合は、別途、給水車、散水車等を計上する。

施工管理

出来形管理

測　　定　　項　　目		規　格　値	測　定　基　準
法　長 SL	SL ＜ 5m	－ 200㎜	施工延長40mにつき、1箇所 40m以下のものは1施工箇所につき2箇所
	SL ≧ 5m	法長の －4%	
吹付厚さ t	t ＜ 5cm	－ 10㎜	施工面積200m2につき1箇所、面積200m2以下のものは、1施工箇所につき2箇所。 検査孔により測定。
	t ≧ 5cm	－ 20㎜	
	但し、吹付面に凹凸がある場合の最小吹付厚は、設計厚の50%以上とし、平均厚は設計厚以上		

写真管理

種　　別	項　　目	時　期　・　頻　度
着工前	全景または代表部分	着工前1回
完成	〃	施工完成後1回
使用材料	数量	各品目毎に1回
	空袋検収	〃
使用機械	使用機械、 プラント設置状況	各施工ごとに1回
法面清掃工	施工状況	状況に応じて3回程度
吹付工	吹付材料配合	配合時に1回
	吹付工施工状況	状況に応じて3回程度
	吹付工出来形管理	出来形管理測定基準に応じて

その他

本施工に関して、特別な資格は必要としない。

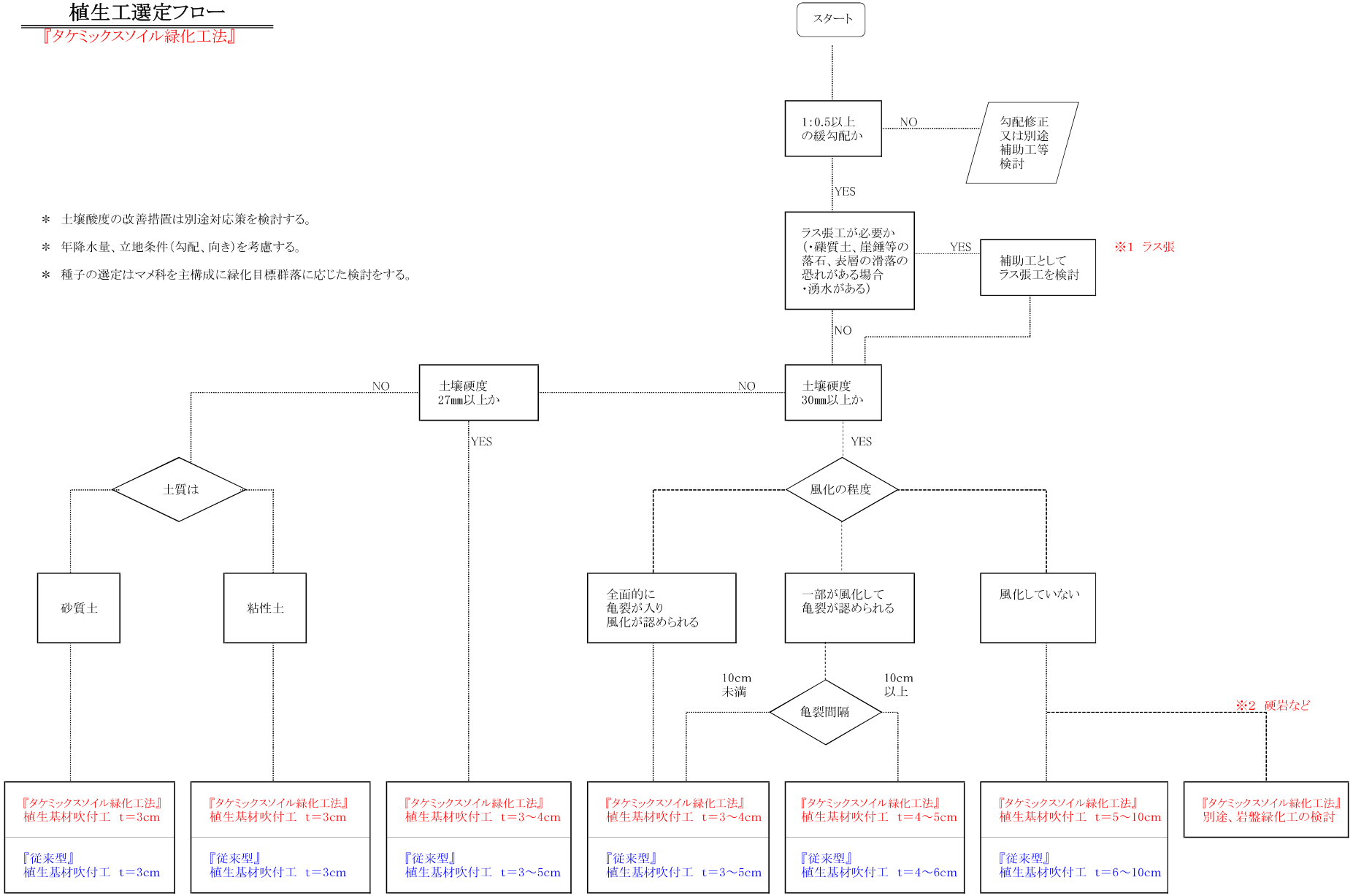
植生工選定フロー

『タケミックスソイル緑化工法』

＊　土壌酸度の改善措置は別途対応策を検討する。

＊　年降水量、立地条件（勾配、向き）を考慮する。

＊　種子の選定はマメ科を主構成に緑化目標群落に応じた検討をする。



※参考-従来型植生基材吹付工

※1　ラス金網は地山に密着して張付け、スペーサーは使用してはならない

※2　硬岩などの新鮮で、表面が平滑であり、吹付基盤材の滑落、剥離による維持安定が保てない法面

『タケミックスソイル緑化工法』技術マニュアル　第2版

令和　元年　5月　　技術マニュアル　第1版　発行
令和　元年　9月　　技術マニュアル　第2版　発行
編集・発行　　R100ソイル工法研究会

事務局　　〒806-0048
福岡県北九州市八幡西区樋口町3-6
武巳建設株式会社内　R100ソイル工法研究会事務局
TEL　093-642-3323　　FAX　093-642-3305

資料１　タケミックスソイル緑化工法で層厚を４cmとする根拠

１．のり面被覆の条件

植生工では，のり面浸食防止のために植物群落がのり面全体を覆うことが必要である。導入植物，施工時期にもよるが，この目標を達成するには数年を要する。しかし，公共事業は有期事業であるため，植物群落成長の判定に数年を費やすのは現実的ではないとの理由から，成績判定は，目標達成前の早い時期に実施される。例えば，木本類の出芽確認は月平均気温 15℃以上で最低３カ月経過後を一応の目安としている（日本道路協会，2009)。

植生工の施工後，初期段階で，降霜，凍上や，日照不足，干ばつ，豪雨等の異常気象による発芽不良，幼苗の立ち枯れ等の生育不良が生じた場合，再び発芽し，生育が順調に進むまでかなりの期間を要する。そのため発芽・生育不良が春季，夏季に生じた場合は1~2か月，秋期，冬季に生じた場合は翌年の春まで生育状況を観察することとしている(日本道路協会,2009)。このように再度の生育の確認期間を含めると，成績判定には施工から最低１~２年が必要になる。一般に公共事業においては，2 年の瑕疵担保期間が設定されており，植生工においても，この期間内の植生被覆の目標達成が求められている(例えば福岡県,工事請負契約書の約款)。

それにもかかわらず，植生発達の初期段階で生育不良が生じると，緑化基盤の植生被覆率は低いままであり，植生工はのり面保護という本来の役割を果たさなくなり，その結果雨水浸食を受けやすくなる。従って，発芽・生育不良後の植生復活の成功は，施工直後の緑化基盤の層厚，保水性などの品質が瑕疵担保の期間に維持されるがどうかにかかっている。

２．浸食試験に基づく２年後の層厚の算定

表１　吹付け基盤材の降雨浸食試験結果

工法名	高分子接合剤	ラス金網	供試体重量 (g)	浸食量 (g)	浸食率 (%)	平均浸食率 (%)
タケミックス ソイル緑化工法	無	無	5,290	9	0.17	0.19
			5,520	5	0.09	
			5,360	16	0.30	
植生基材吹付工	有	有	4,640	192	4.14	4.97
			4,800	262	5.45	
			4,590	243	5.29	

表１の浸食試験結果によると，植生基材吹付工では，８か月間で約５％の基材が浸食により失われた。浸食量が時間とともに直線的に増加すると仮定すると 2 年間に 15%（5%×24/8）の基盤材が失われる。これは層厚にして 0.75 cm（5 cm×0.15）に相当し，2 年後の吹付工層厚は，5 cm から 4.25 cm に減少することになる。この間十分に植生が発達すれば，浸食はある程度抑制されるであろうが，施工後の初期段階で，植生がほとんど発達していない時点で降

雨があれば著しい浸食が起こる可能性は高い。また，接合剤の劣化によりその機能が低下し，のり面被覆率が高い状態でも，基材のパークが雨水の浸透で細粒化し浸食が進むことも十分考えられる。

一方，タケミックスソイル緑化工法の場合，8か月経過後の浸食量は率にしてわずか0.19％であり（表１），のり面に植生が全くない状態でも浸食量はきわめて少ないことがわかる。この試験結果から，２年後のタケミックスソイル緑化工法における浸食量の割合は 0.19×24/8 = 0.57 %と予想され，２年間の層厚減少は 4 cm×0.0057 = 0.0228 cm = 0.23 mm に過ぎない。これは実用的にはほとんど無視できる量であり，２年後も初期層厚 4 cm はほぼ維持される。

３．２年経過時の従来工法と新技術工法における層厚の比較

切土工・斜面安定工指針（2009）において，施工時の吹付工の層厚は，地山の土壌硬度によって次のように規定されている。

・地山の土壌硬度 30 mm 以上	
「地山が風化していない」	6～10 cm
「地山の一部が風化して亀裂が認められその間隔が 10cm 以上」	4～6 cm
「地山の一部が風化して亀裂が認められその間隔が 10cm 未満，あるいは，地山に全面的に亀が入り風化が認められる」	3～5 cm
・地山の土壌硬度 27 mm 以上	3～5 cm

このように吹付厚は3 cm から 10 cm の範囲に規定されている。前述したように２年間で失われる浸食量の割合は，従来工法の植生基材吹付工で 15 %，新技術のタケミックス緑化工法では 0.57 %である。この二つの割合をもとに異なる吹付厚に対する２年後の層厚を計算すると表２のようになる。植生基材吹付工では吹付厚がかなり減少するのに対し，タケミックスソイル緑化工法では，吹付厚はほぼ維持されることがわかる。

以上の結果から，新技術のタケミックスソイル緑化工法において層厚を 4 cm との妥当性が証明された。

表２　２年経過時の植生基材吹付工とタケミックスソイル緑化工法における層厚の比較

植生基材吹付工		タケミックスソイル緑化工法	
吹付厚 (cm)	２年後の層厚 (cm)	吹付厚 (cm)	２年後の層厚 (cm)
3	2.55	3	2.98
4	3.40	4	3.98
5	4.25	5	4.97
6	5.10	6	5.97
7	5.95	7	6.96
8	6.80	8	7.95
9	7.65	9	8.95
10	8.50	10	9.94

参考文献

社団法人　日本道路協会，切土工・斜面安定工指針，平成 21 年度版，256-259（2009）
福岡県，“工事請負契約書”の約款

標準施工単価　比較例

施工地：熊本県

		機械播種施工による植生工				
施工規模　1,000㎡以上		植生基材吹付工				
吹付厚さ　t＝		3cm	4cm	5cm	6cm	7cm
市場価格（土木コスト情報）　2025　1(春)	A	4,660	5,260	5,710	6,540	7,090
空中窒素固定菌誘導型　緑化工法 『タケミックスソイル緑化工法』令和 7年　4月	B	1,570	5,500	6,580	7,830	9,090
差額　C＝B－A	C	▲ 90	240	870	1,290	2,000
比率　D＝B／A	D	98.1%	104.6%	115.2%	119.7%	128.2%

※『タケミックスソイル』緑化工法には、ラス張工、ネット張工は含まれません。

比較例	
市場価格　従来型　植生基材吹付工　t＝5cm	5,710
標準価格　タケミックスソイル緑化工　t＝4cm	5,500
差額　C＝B－A	▲ 210
比率　D＝B／A	96.3%

竹繊維を利用した法面緑化基盤材の耐侵食性に関する試験報告

九州大学名誉教授
（前九州大学農学研究院教授）
大坪政美

１．はじめに

従来の法面緑化工では，法面の侵食防止を目的として，まずラス金網を張り，その上から接合剤を含む植生基盤材（ピートモスとバークの混合物）を吹き付ける工法が一般的である。本報告では，ラス金網と接合剤を使用しない，綿状竹短繊維基盤材による法面緑化工が，法面の侵食防止という面からみて従来型の植生基材吹付工に比べて優れていることを，降雨による基盤材の侵食試験をもとに示す。

2. 従来型法面緑化工と竹繊維法面緑化工

従来型および竹繊維法面緑化工の模式図を図 1 に示す。従来型緑化工における基盤材は主にバークとピートモスからなり，それに化学肥料，接合剤を混合したものである。バークとピートモスをそれぞれ 85%と 15%含んでいる。接合剤はポリ酢酸ビニール系，ポリアクリルアミド系の高分子樹脂であり，吹付け前の植生基盤材 2m^3 に対して 5 kg の接合剤，化学肥料 8 kg，目的とする植生群落に応じて配合設計された数種類の種子が添加される。ラス金網はひし形であり，基盤材を地山に吹付ける前に地山表面に設置される。混合された基盤材は，モルタル吹付機により，敷設されたラス金網の上から地山に吹付ける。吹付け後の基盤材の体積は，空気圧により基盤材が圧縮されて吹付け前のおよそ 1/2 となる。吹付け後の接合剤の硬化により，ラス金網を芯材とした緑化基盤が形成される。

竹繊維の基盤材は，竹繊維（50 %），バーク（45 %），有機肥料（5 %）が工場で事前に混合されたものである。有機肥料は「土と植物の薬膳」と称し，いくつかの天然素材を原料として作られたものである。竹繊維法面緑化工には接合剤は添加されず，ラス金網も設置されない。吹付ホース先端のノズル付近から基盤材に水を加えて十分に水分を含ませ，それを空気圧により吹付ける。吹付けにより基盤材の体積は，吹付け前のおよそ 1/2 になる。

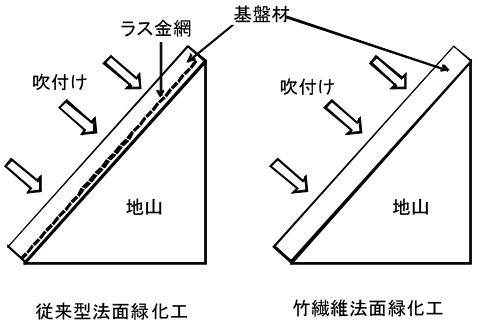


図 1　従来型および竹繊維法面緑化工の模式図

3. 基盤材の特性

竹繊維は伐採竹を 2 軸臼式の粉砕機で粉砕したものであり，綿状を呈する（図 2(a)）。竹繊維の走査型電子顕微鏡写真を図 2(b)に示す。竹の組織が，径 1 μ m 程度のひも状の繊維に崩壊していることがわかる。このような形態を考慮して本資材は綿状竹短繊維と呼ばれるが，本報告では以下竹繊維と記述する。図 3 に竹繊維とバークの粒径分布を示す。竹繊維の細粒分がバークに比べわずかに多いが，竹とバークの混合材はバークと類似した粒径分布を示す。竹繊維は，商標名「とってもエコダー」として使用されている。



(a) 竹繊維の概観　　(b)竹繊維の電子顕微鏡写真

図 2　竹繊維の写真

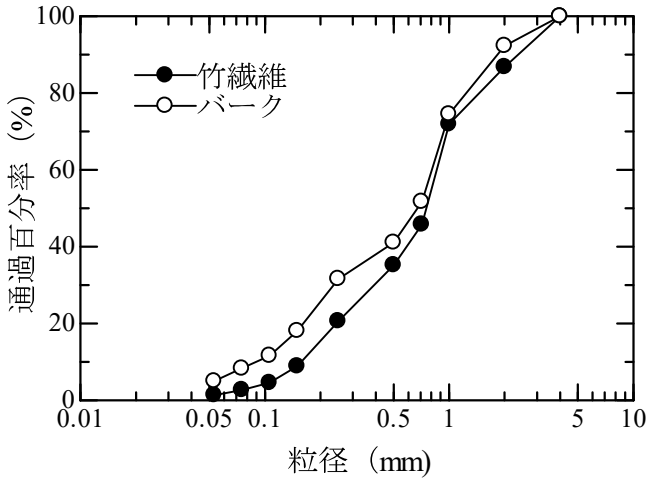


図 3　基盤材の粒径分布

4. 基盤材の透水性

降雨による基盤材の侵食の程度はその透水性に関係する。ここでは竹繊維法面緑化工法で使われる基盤材を構成する竹繊維とバークの透水性を調べた。図 4 に示す変水位透水試験器を試験に用いた。試料としては表 1 に示す 3 種類を用いた。試料を透水容器（直径 5 cm，高さ 5 cm）に入れて同程度の強さで締め固めた。その時の試料の密度と含水比を表 1 に示す。湿潤密度，乾燥密度，含水比のいずれもバーク（100 %）が最大値を，竹繊維（100 %）が最小値を示し，両者の混合物はその中間の値を示した。このように準備した試料の透水試験を行い，次式により透水係数を求めた（地盤工学会，2000）。

$$k = \frac{2.3aL}{A(t_2 - t_1)} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

ここで k：透水係数 (cm/s)，a：スタンドパイプの断面積 (cm^2)，t：時間 (秒)，L：供試体の長さ (cm)，A：供試体の断面積 (cm^2)，h_1：$t = t_1$ のときの水頭(cm)，h_2：$t = t_2$ のときの水頭 (cm)

透水試験の結果を表 1 に示す。竹繊維（100 %）の透水係数は，バーク（100 %）の約 3 倍であった。一般に基盤材の透水性は降雨による侵食性に関係している。表 1 において竹繊維とバ

ークの混合材の透水係数は竹繊維（100 %）に近い値であった。従って，竹繊維法面緑化工の基盤材に含まれる竹繊維の割合は 50 %であっても（表 3），この基盤材は竹繊維 100 %から成る基盤材と同等の透水性を有すると考えてよい。



図 4　変水位透水試験

表 1 透水試験に使用した基盤材の物理性と透水係数

基盤材の種類	湿潤密度 (g/cm^3)	乾燥密度 (g/cm^3)	含水比 (%)	透水係数 (cm/s)
竹繊維（100 %）	0.85	0.21	43	7.88×10^{-2}
竹繊維（50%）とバーク（50 %）の混合物	0.97	0.31	64	7.50×10^{-2}
バーク(100 %)	1.00	0.36	71	2.63×10^{-2}

5. 基盤材の耐侵食性

(1) 供試基盤材と侵食試験の方法

表 3 は，侵食試験に用いた基盤材を示している。竹繊維および従来型法面緑化工についてそれぞれ 2 種類の基盤材を使用した。①②は竹繊維（とってもエコダー）を主体とし，竹繊維 50%，バーク 45%，有機肥料（土と植物の薬膳）5%からなり，接合剤は添加されていない。ラス金網は②には設置されているが①には設置されていない。③④はバークを主体とし，バーク 85%，ピートモス 15%からなり，接合剤が添加されている。ラス金網は④には設置されているが③には設置されていない。

接合剤は，バークを主体とする③④には添加されているが，竹繊維を主体とする①②には添加されていない。これは竹繊維に接合剤を添加すると竹繊維の本来の機能が失われるためである。具体的には，第一に接合剤の添加により竹繊維の柔軟性が失われ，吸水性や保水性が低下する。第二に，接合剤が竹繊維の空隙に侵入して竹繊維の透水性が低下し，これにより法面の侵食が進行する。第三は，気温の著しい変化により竹繊維の本来の機能（可逆性）が失われることである。つまり竹繊維は凍結により膨張するが，解凍時には接合剤の存在により収縮しないので，竹繊維の絡みの構造が失われる。

基盤材は以下のようにして作成した。ラス金網を設置しない①と③については，直方体（縦 48 cm，横 32 cm，　高さ 5 cm）の容器を地面に置き，その上から材料を吹付機で吹き付けた（図 5(a)）。②と④については，ラス金網を容器の底から 2.5 cm の位置に設置し，その上から吹き付けを行った。①から④のそれぞれについて基盤材法面の供試体を 3 個作成し，侵食試験を行った。作成した法面供試体を壁に立てかけた（図 5(b)）。勾配は 1 : 0.5（63.4 度）とした。これは植生基盤材吹付工に適用される勾配である（日本道路協会，2009）。

基盤材は 2013 年 6 月 4 日に作成し，6 月 19 日から 7 月 18 日まで屋外に放置し，降雨による基盤材の侵食量を調べた。この間の降水量は表 2 に示す。降水量は 7 月 3 日が最大であり，最大降雨強度は 73.0 mm/h，22.0 mm/10min，期間中の総降雨量は 402 mm であった。この期間中侵食により流失した材料を下端の容器に集め，それを炉乾燥して侵食量を求めた。



(a) 基盤材の吹付け



(b) 侵食試験

図 5　基盤材の吹付けと侵食試験の要領

表 2　侵食試験中の降雨データ

	降雨量（mm）		
	合計	最大	
年月日		1時間	10分間
2013/6/19	31.5	9.5	3.0
20	41.5	7.5	3.0
21	30.5	10.5	3.0
22	0	0	0
23	6.0	2.0	1.0
24	8.5	3.0	1.0
25	6.5	3.5	2.5
26	79.0	18.5	7.0
27	0	0	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	6.5	4.5	2.5
2013/7/1	3.5	3.5	2.0
2	0	0	0
3	81.5	73.0	22.0
4	13.0	5.5	2.5
5	0	0	0
6	51.0	16.5	9.5
7	30.5	14.0	8.5
8	0	0	0
9	0	0	0
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	11.5	11.5	11.5
14	1.0	1.0	0.5
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0
18	0	0	0
総降雨量	402.0		

(2) 侵食試験の結果と考察

表 3 は，容器に詰めた基盤材の量および降雨による侵食量を示している。添加剤とラス金網の有無も表記した。竹繊維を主体とする基盤材（以下竹繊維と称する）とバークを主体とする基盤材（以下バークと称する）の侵食量を比べると，ラス金網の有無にかかわらず竹繊維の侵食量がバークのそれに比べ少なかった。特にラス金網がない場合，竹繊維の平均侵食量はわずか 11 g であった。

基盤材の侵食を論じるために土壌侵食の考え方は有用である。図 6 は，土壌侵食の過程を模式的に示したものである。雨滴が地表面に当たるとその衝撃により土壌構造が破壊され，互いに結合していた土粒子は分離して水中に分散し，土壌侵食が起こる（日本粘土学会，2009)。雨滴の衝撃により土粒子の分離が起こるのは，土粒子間の結合力が弱いためである。竹繊維とバークの侵食量の違いは, 両者の素材の違い (図 7) をもとに土壌侵食と対比して論じることができる。

表 3　降雨による基盤材侵食の試験結果

	基盤材の種類	接合剤	ラス金網	基盤材量 (kg)	侵食量 (g)	平均侵食量 (g)
竹繊維法面緑化工	① 竹繊維を主体とする（竹 50%，バーク 45%，有機肥料 5%）	無	無	4.28 4.18 5.78	17 11 4	11
	② 竹繊維を主体とする（竹 50%，バーク 45%，有機肥料 5%）	無	有	4.95 4.82 5.39	133 207 266	202
従来型法面緑化工	③バークを主体とする（バーク 85%，ピートモス 15%）	添加	無	5.56 5.35 5.75	296 552 436	428
	④バークを主体とする（バーク 85%，ピートモス 15%）	添加	有	5.31 6.49 6.34	716 725 627	639

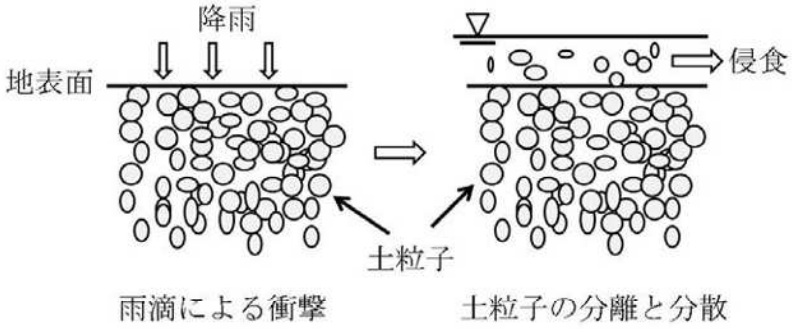


図 6　土壌侵食の模式図

図 7 は，試験に用いた基盤材の素材の形態を模式的に示している。バークはその粒子形態が土壌に類似しているのに対し，竹繊維は多様な形態の繊維から成る（図 2)。竹繊維がバークに比べて侵食量が少ない理由として以下のことが考えられる。1)バークでは土壌の場合と同様のメカニズムにより侵食が起こるのに対し，竹繊維は相互に絡み合っているため雨滴に対して抵抗力が大きく，侵食を受けにくい。2)竹繊維の表面は粗いため，雨滴の衝撃に対して繊維表面の摩擦が抵抗して，単体の竹繊維に分離しにくい。3)竹繊維とバークの透水性の違いによる（表 1)。竹繊維の透水係数は，バークより大きいので，基盤材への浸透水量はバークより多くこれ

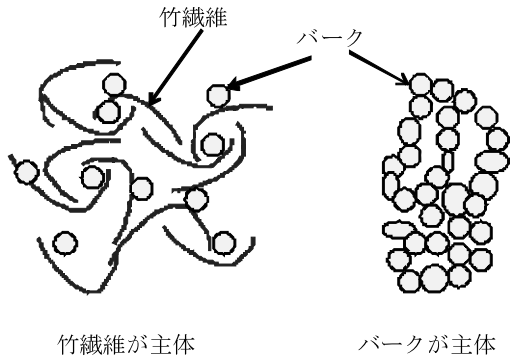


図 7　基盤材の形態模式図

が侵食を抑制する。4)竹繊維の引張り強さが大きく，これが雨滴に竹繊維の分離に抵抗して侵食を抑制する。竹繊維の引張り強さに関する報告はいくつかある（高橋ら, 2010 ; 合田ら, 2003 ; 江村ら，2012)。高橋ら（2010）は，圧縮成形した竹繊維と木粉の引張り試験を行い，竹繊維の引張り強さは，0.01～0.6 mm² の断面積に対して 100～600 MPa の値をとり，竹繊維の引張り強さは木粉の 4 倍であることを示した。このことから樹皮を原料とするバークの引張り強さは，竹繊維よりはるかに小さいと推測される。

表 3 においてラス金網の有無による侵食量を比べると，ラス金網を設置することで竹繊維の平均侵食量は 11 g から 202 g に，バークの平均侵食量は 428 g から 639 g に増加し，侵食量の増加はバークより竹繊維で著しかった。この結果から，従来型法面緑化工法ではラス金網の設置が一般的であるが，侵食の抑制という点から考えるとラス金網の設置は望ましくないことがわかる。竹繊維法面緑化工の場合は特に，ラス金網を設置すべきでない。

ラス金網を設置することで侵食量が増加する理由は明確にはわからないが，竹繊維の場合については以下のように推測した（図 8)。ラス金網がない場合は材料が水平面に均一に吹き付けられるので，竹繊維は水平方向に平行配列をとり，密度も水平方向に均一となる。これに対しラス金網を設置した場合，ラス金網がある部分とない部分では吹き付けの効果に差が生じて，竹繊維は平行配列を取りにくくなり，密度も水平方向に不均一となる。平行配列の構造の方が雨滴に対して強い抵抗力を示し，侵食量も少ないと推測される。また，吹き付けによる圧力でラス金網が動き，竹繊維にクラックが発生し，これが材料の強度を低下させ侵食量が増加することも予想される。

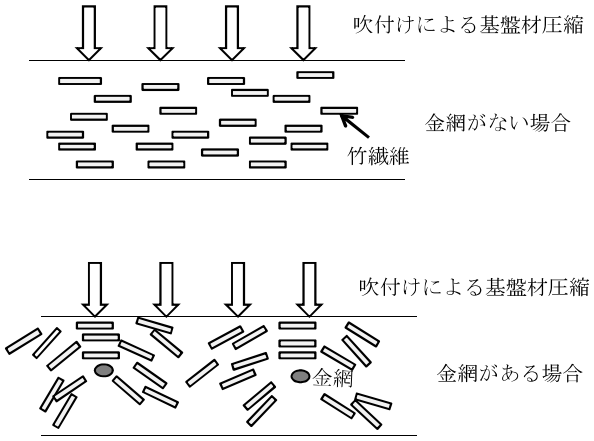


図 8　竹繊維基盤材におけるラス金網の有無による繊維の配列の違い

6. 現場における従来型および竹繊維法面緑化工の基盤材の劣化の比較

図 9 と図 10 はそれぞれ，施工後数年経過した時点での，従来型および竹繊維法面緑化工の基盤材の劣化状況を示している。従来型法面緑化工では，植生が進まない基盤材および針葉樹皮を主体とする基盤材の場合，施工後 2 年が経過すると基盤材のほとんどが侵食されて，地山とラス金網が露出している（図 9(a)）。施工後 5 年が経過するとさらに地山の侵食が進み，埋没していた石が露出するとともにラス金網も腐食する（図 9(b)）。そして長期的には浮石が発生して（図 9(c)），転石の危険性が高まる。一方，竹繊維法面緑化工では基盤材の侵食量は極めて少なく，施工後 3 年経過しても埋設している石が露出することはない（図 10）。従って将来的に浮石が発生する可能性と，それによる転石の危険性は極めて低い。



(a) 施工後 2 年経過



(b) 施工後 5 年経過



(c) 浮石の発生

図 9　従来型法面緑化工の基盤材の劣化状況



図 10　竹繊維法面緑化工の基盤材の劣化状況

7. 結論

(1) 侵食量は，ラス金網の有無にかかわらずバークより竹繊維の方が少ない。
(2) ラス金網の設置により，竹繊維とバークの侵食量はいずれも増加するが，その程度は竹繊維が著しい。
(3) ラス金網を設置しない竹繊維が最も少ない侵食量を示す。
(4) 侵食の抑制という点から考えると，竹繊維法面緑化工ではラス金網は設置すべきでない。
(5) 竹繊維の本来の機能を維持するためには竹繊維法面緑化工では接合剤を添加すべきでない。

謝辞

竹繊維の電子顕微鏡写真は，九州大学農学研究院，金澤晋二郎特任教授に提供頂いた。

引用文献

合田公一，北村佳之，大木順司（2003）：プレス成形および射出成形による竹繊維グリーンコンポジットの開発，山口大学工学部研究報告，54(1)，119-123
江村和朗，高橋岩仁，大沢吉範(2012)：竹セルロース化方法と有効利用の検討，日本大学生産工学部第 45 回学術講演会講演概要，567-570
高橋勤子，福田徳生，山口知宏，門川泰子(2010)：竹繊維で強化した木質成形体の機械的特性，愛知県産業技術研究所 研究報告，14-17
地盤工学会（2000）：土質試験－基本と手引き－，91-102
日本道路協会（2009）：道路土工　切土工・斜面安定工指針，215
日本粘土学会（2009）：粘土ハンドブック第三版，810-823