

法面緑化工の検討書

事業名：

工事場所：

発注者：

(目次)

1. 概要	2
2. 法面状況	2
2.1. 法面の形状と土質	2
2.2. 土壌硬度	3
2.3. 土壌分析	4
3. 植生工の検討	7
3.1. 緑化復元目標の設定	7
3.2. 法面表層土の基盤整備	8
4. まとめ	12
5. 参考積算	13

1. 概要

本書は、「〇〇〇〇〇」の盛土法面における緑化工について、検討を行ったものである。

法面緑化工は、法面に植物を繁茂させることによって法面の表層部を根で緊縛し、雨水による浸食防止、地表面の温度変化の緩和ならびに凍上による表層崩落の抑制を図り、緑化による景観の向上および環境保全を目的としている。

本書では、これらの法面緑化工の目的を達成するため、現地調査を実施し、その結果をもとに現場に適した工法について提案する。

2. 法面状況

2.1. 法面の形状と土質

対象法面は、写真 2-1 の盛土法面である。

盛土材にはセメント系固化材による改良土が使用されているため、硬化やアルカリ化による植生への影響が懸念される。



写真 2-1. 対象法面

2.2. 土壌硬度

令和2年9月29日に土壌硬度測定を行った結果、湿潤箇所では23 mm、半乾燥箇所では24～27 mmを示しており、乾燥が進めばさらなる硬化が予想される。また、転圧による固結箇所では30 mmを示した。

以上のことから、対象法面は、土壌硬度 30 mm以上となることが予想されるため、法面緑化工の導入に当たっては、生育基盤層を造成して導入植物の初期生長を促進させて、法面への根の伸長を促進させる必要があると考える。



写真 2-2. 半乾燥箇所（土壌硬度 24～27 mm程度）



写真 2-3. 固結箇所（土壌硬度 30 mm）

表 2-1. 土壌硬度からみた植物の生育状態予測i

土壌硬度	植物の生育状態
10mm未満	• 乾燥のため発芽不良になる。
粘性土10～23mm 砂質土10～27mm	• 根系の伸長は良好となる。（草本類では肥沃な土である場合） • 樹木の植栽にも適する。
粘性土23～30mm 砂質土27～30mm	• 木本類の一部のものを除いて、根系の伸長が妨げられる。
30mm以上	• 根系の伸長はほとんど不可能である。
軟岩・硬岩	• 岩に亀裂がある場合には、木本類の根系の伸長は可能である。

2.3. 土壌分析

土壌硬度以外の植物生育適否の指標として、現地土壌の一部を採取し、土壌分析を行った。

分析結果を表 2-2 に示す。

表 2-2. 土壌分析結果

分析項目	単位	盛土材	適正值*
pH(H ₂ O)		10.94	5.0~7.0
pH(KCl)		10.91	
電気伝導度(EC)	(ms/cm)	1.56	0.1以下
容水量	(%)	59.2	50~60
硝酸態窒素	(mg/100g)	微量	10.0程度
アンモニア態窒素	(mg/100g)	0.40	1.25程度
リン	(mg/100g)	微量	2.5程度
カリ	(mg/100g)	3.20	12.5程度
カルシウム	(mg/100g)	21.80	5.0~13.0

(注)微量とは、測定レンジ以下の数値。*印は、(社)農山漁村文化協会：「農業技術体・土壌施肥編 4 土壌診断・生育診断」、1995 から参考にした目安。

1) 土壌酸度 (pH)

土壌中のH⁺には、土壌水分(溶液)中に溶けているものと、土壌のコロイド粒子(粘土や腐植など)の表面に電氣的に吸着されているものと2種類がある。pH(H₂O)は溶液中に溶けているH⁺の濃度をあらわし、pH(KCl)は溶液中に溶けているH⁺と土壌コロイド粒子に吸着されているH⁺の合計濃度をあらわしている。それぞれの値には次の意味がある。

- pH(H₂O)
植物(根)の生育に直接かかわる土壌酸性の強弱を示す。
- pH(KCl)
土壌養分として大切なアンモニア態窒素やカリウム、カルシウム、マグネシウムなどの豊否(陽イオンを有するもの)や、中和石灰必要量を知るための指標であり、この数値が低いほどこれらの養分が少ない土壌と判断できる。

現地の土壌は、pH(H₂O)=10.94, pH(KCl)=10.91を示した。緑化における適正pHは5~7であり、8以上を示すと、根の障害や微量元素の欠乏症等が生じるとされていることから、これらによる植生不良が懸念される。

2) 電気伝導度 (EC)

電気伝導度は、水溶液中や土壌溶液中の塩類濃度を測定するものであり、単位は、 1cm^2 の極板2枚の間の電気抵抗値の逆数を比伝導度とよび、この値を mS (ミリジーメンス)/ cm と表す。

一般に EC 値が高くなると植物の根からの水吸収が阻害され、植物体内の塩含有率が高くなって生育不良になり、限界濃度を超えると枯死に至る。 $1.0(\text{mS}/\text{cm})$ 以上となると濃度障害が発生する恐れがあるとされている。

現場の土壌は、セメント系固化材が混合されているため、 $1.56(\text{mS}/\text{cm})$ と非常に高い値を示しており、濃度障害を生じる可能性がある。

3) 容水量

容水量の高い土壌は、水分の保持能力が高い土壌であり、容水量が低い土壌は、水分保持能力が乏しい土壌と判断する。粘性土の場合、高い容水量値を示すが、固結した粘性土は法面のような傾斜地では水分が表面を流れるだけで、地中に浸透することができない。したがって容水量が50%以下の土壌や締め固まった粘性土の場合は、気象条件が乾燥期になると植物はすぐに枯れやすい状況となる。

現場の土壌は、59.2%を示し、地質的には乾燥害を受けにくい土壌であるが、土壌の硬化により表流水が浸透しにくい状況となるため、乾燥害が生じやすいと考えられる。

4) 硝酸態窒素

硝酸態窒素は植物に吸収され、アミノ酸やタンパク質などに合成され、植物体の構成成分となる。硝酸態窒素の診断基準を表2-3に示す。

現場の土壌は、不足する傾向にある。

表 2-3. 水溶性硝酸態窒素の診断基準

分析値	診断
0.5 (mg/100g)	少ない
1.25 (mg/100g)	少ない
2.5 (mg/100g)	やや少ない
10.0 (mg/100g)	適当
25.0 (mg/100g)	多い

5) アンモニア態窒素

植物の生育に必要な肥料成分である窒素成分の中のアンモニア態窒素は、還元土壌に生育する植物(イネ・レンコンなど)に吸収利用され、一般には硝酸態窒素となって植物が吸収利用する。また土壌中に過剰に含まれると生育阻害となる場合もある。表2-4より土壌100g当たり25mg以上になると過剰と考えられる。

現場の土壌は、不足する傾向にある。

表 2-4. 水溶性アンモニア態窒素の診断基準

分析値	診断
0.5 (mg/100g)	少ない
1.25 (mg/100g)	適当
2.5 (mg/100g)	やや多い
5.0 (mg/100g)	多い
25.0 (mg/100g)	過剰

6) リン酸

リン酸は作物の根の発育、茎の枝分かれや葉数の増加をさかんにし、開花・結実を促進する。

現場の土壌は、不足する傾向にある。

表 2-5. 水溶性リン酸の診断基準

分析値	診断
0.5 (mg/100g)	少ない
1.25 (mg/100g)	やや少ない
2.5 (mg/100g)	適当
10.0 (mg/100g)	やや多い
25.0 (mg/100g)	多い

7) カリ

カリウムは作物体の有機物質を構成する元素でないが、作物体内で水溶性 K^+ として移動しやすく、細胞・組織内の代謝の活性化、pHの安定、浸透圧の調整など、大切な生理的役割を果たしている。

現場の土壌は、不足する傾向にある。

表 2-6. 水溶性カリの診断基準

分析値	診断
5.0 (mg/100g)	少ない
12.5 (mg/100g)	適当
25.0 (mg/100g)	多い
50.0 (mg/100g)	多すぎる
100.0 (mg/100g)	過剰

8) カルシウム

農作物の場合、カルシウム欠乏症としてエダマメの葉部障害やトマトの尻腐れがあり、カルシウム過剰症としてキュウリの葉の黄白化などがあるが、一般的には過剰害は発生しにくく、土壌のアルカリ化（高pH）によって生育が緩慢となるケースがみられる。

現場の土壌はやや多くに含まれているが、問題のない範囲と判断する。

表 2-7. 水溶性カルシウム診断基準

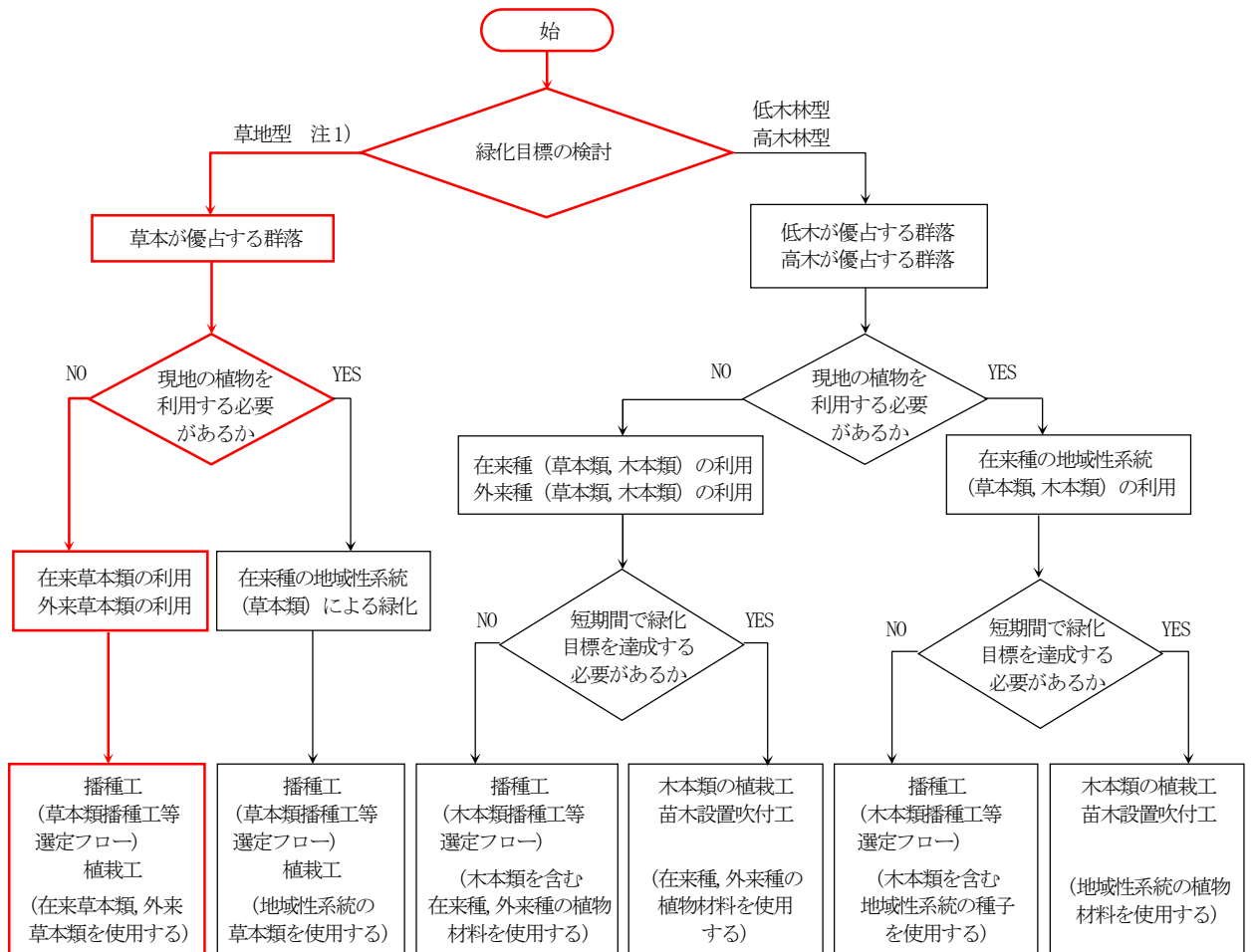
分析値	診断
5.0 (mg/100g)	適当
13.0 (mg/100g)	適当
50.0 (mg/100g)	多い
75.0 (mg/100g)	異常
150.0 (mg/100g)	異常

3. 植生工の検討

3.1. 緑化復元目標の設定

植生工の第一目的は、浸食を防止し表層崩落を防止することにあるが、併せて周辺環境との調和を図ることや維持管理の軽減することを目的として、将来の植物の繁茂状況を考慮し、植物の選定を行うことが重要である。

対象法面は、早期緑化や維持管理作業の軽減を考慮した場合、草本植物を主体とした植物群落の造成が望ましいと考えられる。そこで、緑化目標を「草地型」に設定する。



注1)：初期の目標を草本群落とし、長期間かけて自然の遷移によって木本群落を形成する場合を含む。

図 3-1. 植生工選定フロー(緑化目標および植物材料からの選定) ⁱⁱ

3.2. 法面表層土の基盤整備

ここでは、法面調査結果を基に、対象法面に適した工法（基盤整備手法の目安）の検討を行う。法面調査によって得られた結果を以下に示す。

表 3-1. 法面調査結果

土質	土壌硬度	土壌 pH(H ₂ O)	EC
セメント系固化材改良土	30 mm以上	10.94	1.56

対象法面は盛土法面であるが、セメント系固化材による改良土であるため、現地調査の結果、以下の問題が挙げられ、これらへの対策が必要と考える。

表 3-2. 対象法面における問題

項目	問題
①表面硬化による根の伸長不良	・土壌硬度 30 mm以上となることが予想され、植物根系の伸長が妨げられる。
②表面硬化による水分環境の悪化	・雨水等の表流水が法面に浸透しにくくなるため、乾燥害が発生しやすい。
③強アルカリ性による生育不良	・強アルカリ性の影響による生育不良の発生が予想される。
④高 EC による生育不良	・濃度障害による生育不良の発生が懸念される。

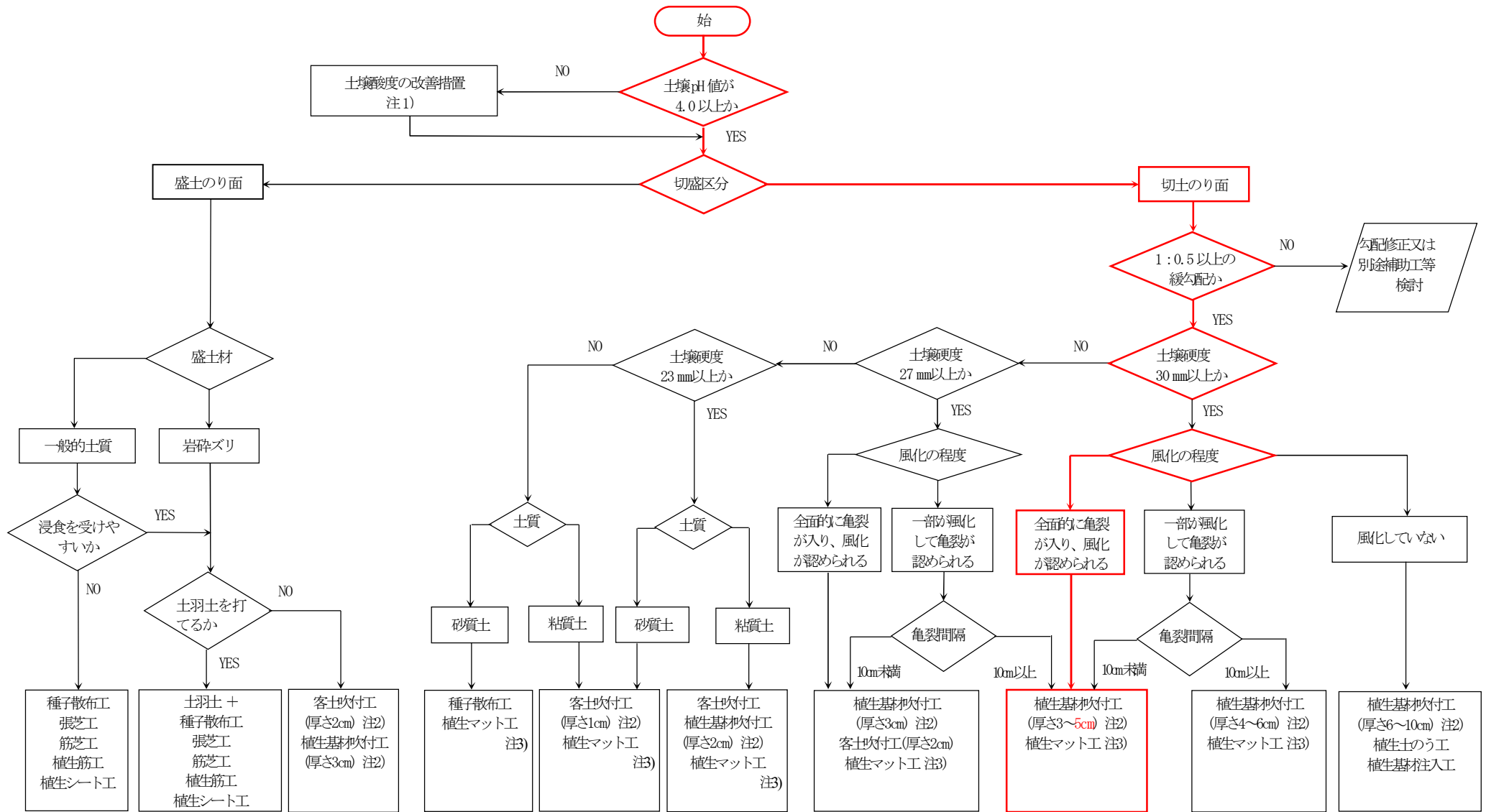
以上の問題により、対象法面は盛土法面であるが、厚みのある生育基盤層を造成して、導入植物の初期生長を促進させて、法面への根の伸長を促す必要があると考える。

そこで、「のり面条件を基にした植生工の選定フロー（草本類播種工等）」（図 3-2）を参考に、以下の工法（「切土法面，土壌硬度 30 mm以上」への適応工法）を選定する。

- ・ 植生基材吹付工（厚 5 cm）
- ・ 植生マット工（基材入り）

（注）図 3-2 の選定フローでは、盛土法面においては土壌硬度による選定目安が無いため、切土法面における選定目安を参考にした。

吹付工法の厚みは、「厚 3～5 cm」と幅が設けられているが、表 3-2 に挙げた諸問題から、植物の活着を考慮し、安全側の厚み「5 cm」を選定。



注1)：土壤硬度の改善措置が不可能な場合はブロック張工などの構造物工のみの適用を検討する。 注2)：吹付厚さは緑化目標も考慮して決定する。
 注3)：植生マットを適用する場合には、植生基材が封入されたもので、その機能が同条件での植生基材吹付工の吹付厚さに対応した製品を使用する。

図 3-2. のり面条件を基にした植生工の選定フロー（草本類播種工等）ⁱⁱⁱ

以上において、対象法面に必要な生育基盤層（目安となる工法）の選定を行ったが、地山（強アルカリ性）からの蒸散水による生育基盤のアルカリ化、導入植物の根が地山に到達した際の影響が懸念される。そこで、フローによる選定工法「植生基材吹付工（t=5 cm）」等と同等の植生機能を有し、アルカリ土壌対策を講じた以下の工法について、表 3-3 にて比較検討を行った。

- アルカリ土壌再生剤＋植生基材吹付工（t=5 cm）
- アルカリ土壌対策用植生マット
「半開型厚層植生マット（アルカリ土壌用） 5 型」

表 3-3. 工法比較

		アルカリ土壌再生剤+植生基材吹付工 (t=5 cm)	アルカリ土壌用植生マット工 【 半開型厚層植生マット5型(アルカリ土壌用) 】
概略図		<p>生育基盤材 (アルカリ土壌再生剤混合)</p> <p>ラス金網</p>	<p>植生袋 (土壌改良材・種子・肥料等 pH調整材入)</p> <p>改良袋 (pH調整材)</p> <p>植生シート</p>
施工方法		<ul style="list-style-type: none"> ラス金網をアンカーピンで法面に設置後、モルタルコンクリート吹付機で生育基盤材(アルカリ土壌再生剤を混合)を吹付ける。 	<ul style="list-style-type: none"> 半開型2重織ネットに生育基盤材を充填したマット (pH調整材入り) をアンカーピン・止め釘で法面に設置する。
施工性	工程管理	<ul style="list-style-type: none"> 2工程(ラス金網張工+植生基材吹付工)。 	<ul style="list-style-type: none"> 1工程(マット張工)。 法面整形の工程に合せた施工が可能。
	資機材の搬入	<ul style="list-style-type: none"> 吹付機械、及び資材設置のため大規模なスペースの確保が必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 施工数量・時期に応じた材料搬入が可能のため、小規模なスペースでの施工が可能。
生育基盤の特徴	材料	<ul style="list-style-type: none"> 有機質資材を主体とした人工土壌。 アルカリ土壌再生剤を生育基盤材に混合。 	<ul style="list-style-type: none"> 植生袋内に土壌改良材等を充填。 改良袋や植生袋内に pH調整材を配合。
	生育基盤の耐久性・地山の保護効果	<ul style="list-style-type: none"> 吹付工法の中では最も耐久性に優れる生育基盤を造成できるが、生育基盤が露出しているため、耐浸食性は他のマット製品に比べて劣る。 浸食から地山を保護することが可能である(生育基盤の残存が前提)。 	<ul style="list-style-type: none"> 半開型2重織ネットにより生育基盤が保護されているので、降雨や強い雨滴から基盤材を保護する効果が高い。 上記と同様の理由により、浸食から地山を保護することが可能である。
	アルカリ土壌の改良効果	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ土壌再生剤により、基盤層のアルカリ化を防止し、法面表層土の中和を図る。 	<ul style="list-style-type: none"> 改良袋や植生袋内の pH調整材が、雨水によって徐々に流出し、基盤材のアルカリ化を防止し、法面表層土の中和を図る。 袋から溶け出した成分が反応する仕組みのため、改良効果は緩効性である。
経済性		<p>アルカリ土壌再生剤+植生基材吹付工</p> <ul style="list-style-type: none"> 植生基材吹付工(t=5cm) : 4,820 円/m² ※1-① アルカリ土壌再生剤(2kg/m²) : 456 円/m² ※2-② <p>①+②=5,276 円/m²</p>	<p>半開型厚層植生マット(アルカリ土壌用) 5型張工</p> <p>4,790 円/m² ※3</p>

注) ※1 は、市場単価 (1000 m²以上、土木コスト情報 2020 年 7 月夏)

※2 は、ドクターペーパー粉剤 積算資料掲載価格

(3,420 円/15 kg, 1 m²あたり 2kg 使用、積算資料 2020 年 10 月号) より算出

※3 は、メーカーによる標準積算より算出

4. まとめ

「○○○○○○○○」の法面緑化工について、現地調査を実施し、対象法面に適した工法の検討を行った。

対象法面は、セメント系固化材による盛土法面であり、法面調査の結果、植生導入を行う上では、表土の硬化やアルカリ化等が問題となる。そのため、厚みのある生育基盤層の造成やアルカリ土壌対策が必要と考えられることから、導入可能な工法について比較検討を行った。その結果、以下の工法を提案する。

表 4-1. 提案工法

提案工法	提案理由（特徴）
半開型厚層植生マット （アルカリ土壌用） 5型 張工	<ul style="list-style-type: none">• 大型の植生袋内に植生基材を充填した厚層タイプの植生マットであり、植生袋内で植物の生長を促進させて、法面への定着を促す。• 植生袋内のpH調整材により、生育基盤のアルカリ化防止を図る。• 改良袋内のpH調整材により、法面表土のアルカリ性を中性へと傾ける。改良袋内に充填することにより、pH調整材の効果の効きが緩やかとなる（緩効性）。• 他工法と比較し、施工性や経済性に優れている。

5. 参考積算

名称	規格	単位	数量	単価	金額	摘要
半開型 厚層植生マット (アルカリ土壌用) 5型張工 (材料費)					(100㎡当たり)	
かんじょマット5型(アルカリ土壌用)	1×5m	㎡	110.0	3,200	352,000	メーカー価格
アンカーピン	φ9×200mm	本	277.0	30	8,310	
止め釘	L=150mm, 大頭釘	本	260.0	11	2,860	
小計					363,170	
(労務費)						
土木一般世話役		人	0.5	23,200	11,600	
法面工		人	2.8	24,200	67,760	
普通作業員		人	1.8	20,300	36,540	
小計					115,900	
合計					479,070	4,790円/㎡

注)・労務単価は、公共工事設計労務単価です。

- ・製品単価は、メーカー価格です。
- ・法面の状況に応じて、固定具の仕様や本数の変更を行ってください。
- ・止め釘は、植生袋を法面に固定するためであり、地山が硬い場合はコンクリート釘を使用します。

参考文献

- ⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P210, 2009
- ⁱⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P226・P227, 2009
- ⁱⁱⁱ (社)日本道路協会：「道路土工一切土工・斜面安定工指針(平成21年度版)」P228-P229, 2009