

Project Brief	Turn a wasteland into a verdant area		
プロジェクト紹介	<h1>1</h1> <h2>荒廃地を豊かな自然に</h2> <p>～土壌の理化学性を評価した緑化手法の提案～</p>		
	田中賢治 TANAKA Kenji 国土防災技術株式会社 事業開発部/部長		朝日伸彦 ASAHI Nobuhiko 国土防災技術株式会社 事業開発部/課長補佐
			

1—はじめに

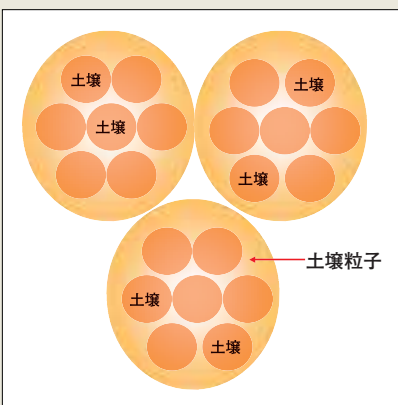
温暖な気候と湿潤をもたらす緑豊かな森林は、生態系の保全や温暖化の抑制、CO₂削減、水源涵養機能など、さまざまな役割を担っています。

しかし、災害による山地崩壊や開発造成された法面では、自然回復が容易ではなく、荒廃地が散見されるのも事実です。

このような背景から、当社では荒廃地を豊かな自然環境へと移行するために、土壌の理化学性を定量的に評価し、緑化手法の提案を行ってきました。

2—業務概要

当社では地すべり・斜面崩壊などの自然災害に対して、地質・土質に精通した知識と地すべり工学に基づいた技術により、斜面防災のための



■図1—土壌の団粒構造

調査・設計・施工を主な事業としています。

その中で現在は、人工斜面や荒廃地斜面の自然復元を目的とした緑化工法の開発・研究プロジェクトに取り組んでおります。

3—自然復元の考え方

荒廃地を豊かな自然に復元するには、土壌に着目して土のはたらきを物理性・化学性の尺度から定量的に分析・評価することが、自然復元のための有効な手段であると考えています。

(1) 荒廃地と森林の土

荒廃地に露呈している泥質土を参考に観察してみると、水を含むとぬかるむのに、水が無くなるとかちかちに固まってひびが入っているのが分かります。これは、土壌粒子が単体構造のため、水を含むとばらばらになって水の中を浮遊し、水がなくなると凝集して強く固まる土粒子の挙動によるものです。

このような土壌の挙動が植物の活着を阻害し、根茎の伸長を妨げる原因となり、強いては荒廃地の自然復元が進まない一要因ともなっています。

一方、森林土壌に目を向けてみると、落葉が表面を覆い、その下では土壌微生物により落葉が分解され、

黒みがかった色調の腐植が観察できます。さらに掘り下げてみると、黒っぽい土が現れてきます。

この土は、腐植が様々な大きさの土粒子を結合させ、団粒を形成し、さらに団粒同士が結合してできた団粒土で、いわゆる「土壌」と呼ばれる土です。

団粒構造の土壌は固層・液層・気層の三層を持っており、通気性が良く、水はけや水もちが良いなどの特徴があります。このような性状から、植物や土壌微生物の着生が良く健全な土といえ、荒廃地を豊かな自然に復元するためには、土壌の存在が必要不可欠となるのです。

(2) 土壌の成り立ち

土壌の成り立ちは、土壌微生物が落葉物を分解する過程で腐植という物質が生成されることから始まります。

腐植は母岩の風化変質した粘土鉱物と結合して複合体となり、礫・砂などと結合して土壌となります。

森林で形成される土壌は数年で1mm程度ともいわれ、非常に長期間を費やすものです。

土壌形成のためには、土壌微生物や時間軸といった人為的にコントロールが出来ない要素がある以上、土作りが極めて大切であり、土壌生成過程の始まりである落葉物や腐植

といった要素が非常に重要となります。

(3) 土壌の物理性

一般的に荒廃地などの斜面の緑化工法は、斜面の傾斜角度や方位、露呈している土質や土の土壌硬度を測定し、土の物理特性によって選定されているのが現状です。

土壌硬度計は、目盛りのついた円筒部の先に円すい(コーン)がついており、円筒内には40mm縮むのに8kgの圧力がかかるバネが入っています。測り方は、土壌面に直角にコーンを突きさして、コーンが何mm土に入ったかを円筒部の目盛りを読むことで土壌硬度を測定し、植物の根の伸長度合いを判断します。

(4) 土壌の化学性

土壌の物理特性が同じ様に見えても、植物の育成状況に優劣がある場所が散見されます。これは何故なのでしょう。

これは先にも述べましたが、土の構造が大きく起因しており、団粒構造を持った土では、養分や水分・空気を適度に持つために植物は育成し易く、反対に単粒構造の土には無いためです。

土に養分や水分などの植物を育てる力(地力)があれば、自然復旧は

見込めます。しかし、地力が無ければ荒廃する一方なのです。では、地力の有る土・無い土はどのような尺度で判断すれば良いのでしょうか。

農作物の収穫を目的とする農家の方々は、土作りに勤しみ田畑にあった適量の施肥をしています。これは、地力を知り土に見合った量の施肥をすることで、肥料不足もしくは肥料枯れを起こすことなく作物を育てることができるのです。

地力を知る4つのキーワードが、pH(酸度)・EC(電気伝導度)・CEC(陽イオン交換容量)・塩基飽和度です。これらは、定量的に土を判断することができる指標で、土の化学性でもあるのです。

① pH

酸性・中性・アルカリ性といった酸度を示す指標で、土壌の三層構造の一つである液層中の水素イオン濃度を示します。

植物にもよりますが、一般的に弱酸性から弱アルカリ性の範囲が、植物の育成に良いとされています。

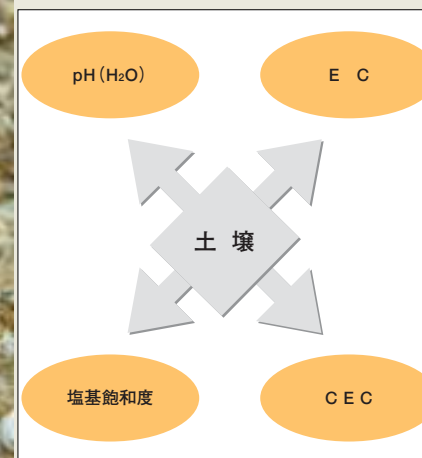
② EC

土壌の三層構造の一つである液層中の塩類濃度を示す指標で、植物が吸収できる養分の尺度となります。

測定値は電気の伝わり易さである比抵抗値の逆数で表し、養分(塩類)が多い程、高い数値となります。



■写真1—土壌硬度計による測定



■図2—土壌の化学性

ECの値が低ければ養分不足となり、値が高すぎると養分過多となって肥料枯れを起こしてしまいます。

③ CEC

土壌の三層構造の一つである固層、いわゆる土が保持できる養分(交換性陽イオン)の総量を示す指標です。

土は電氣的にマイナスの性質を示し、植物の養分となるカルシウム・マグネシウム・カリウム・ナトリウム・アンモニア・水素などはプラスの性質を示します。

従って、土が持つマイナスの因子が多い程、植物の養分となる要素を磁氣的に吸着保持することができ、保肥力のある土といわれています。

磁氣的に吸着している養分は、雨などでは容易に解離しないため、勾配のある斜面でも安定して植物に養分を供給することができるのです。

④ 塩基飽和度

土が保持できる養分量、いわゆる陽イオン交換容量の総量のうち、どのくらいの養分(交換性陽イオン)で満たされているかの割合を示すものです。

塩基飽和度は低すぎず、高すぎずのバランスがよく、人の胃袋と同様に腹八分目の80%程度が最もバランスに良いとされています。

(5) 植物の育成環境

自然豊かな森林に目を凝らし、植物の育成環境を観察してみると、土壌構成が分かります。

① 落葉が地面を覆っていることで、降雨や雨滴の衝撃を緩和し、土壌の浸食や移動を抑制しています。一方では、水分蒸散を抑え保水性を保ち、気象を緩和する効果も持っています。

② 落葉の下では黒ずんだ葉や葉の一部を残して分解されたものなど、有機物から腐植に移行し、



写真2ー森林土壌の断面



写真3ーラス金網による樹幹圧迫

土壌形成に不可欠な腐植層があります。

- ③ 腐植層の下には黒い土の層が現れ、ミズなどの土壌小動物やトビムシなどの土壌微生物が数多く観察できます。
- ④ なおも掘り進むと、母材の土や礫が露呈し、土壌微生物は極端に減少します。

これらの森林土壌の構成が荒廃地を緑豊かな自然に復元するための緑化工法の重要な手掛かりとなるのです。

4——土壌の理化学性を評価した緑化工法の提案

(1) 現状の緑化技術

現在普及している緑化技術は、その用途に応じて多種多様な種類が存在しています。その中でも広く普及し、一般的な工法として確立されてきたのが、植生基材吹付工です。

この工法は、斜面にラス金網を敷設して、パーク系有機質資材（主に樹木・樹皮を牛糞などの窒素分で発酵促進させた緑化基盤材）に肥料・種子・基盤接合剤を混合し、斜面の物理特性によって厚みを変化させながら、吹付造成する技術です。

植生基材吹付工において緑化復旧する過程は、初期に外来草本で緑化被覆して、吹付造成した植生基盤

に耐浸食性を持たせ、後に育成の遅い外来草本・木本の植生に遷移していく過程が主流です。

しかし、緑化復旧の過程を辿る一方で、斜面で植生基盤を維持するために使用しているラス金網が、木の樹幹を圧迫し育成阻害や倒木などを招くなどの問題も示唆されてきました。

(2) 広がる生物規制法

その昔には、痩せ地・乾燥地などの荒廃裸地化した大地を緑に戻すために、奇跡の種と言われたトールフェスクや驚異の種と言われたウィーピングラブグラス、また、国土の救世主とも言われたハリエンジュなどを多用し、緑化復旧してきた経緯が

あります。

これらの植物は育成環境での適応性があり、旺盛な成長と繁殖力によって、荒廃裸地の大地を緑の大地に変えてきた一方で、驚異の繁殖力が郷土種を脅かすことにもなっています。

昨今では、外来生物規制法の施行により、郷土種を脅かす危険種として前述した種を含め、多数の外来種の使用を控える風潮が高まっています。

この風潮により、初期に外来草本で早期緑化を図ってきた工法においては、使用種子の制限に伴い、耐浸食機能の検討が余儀なくされるのです。



写真4ーウィーピングラブグラス

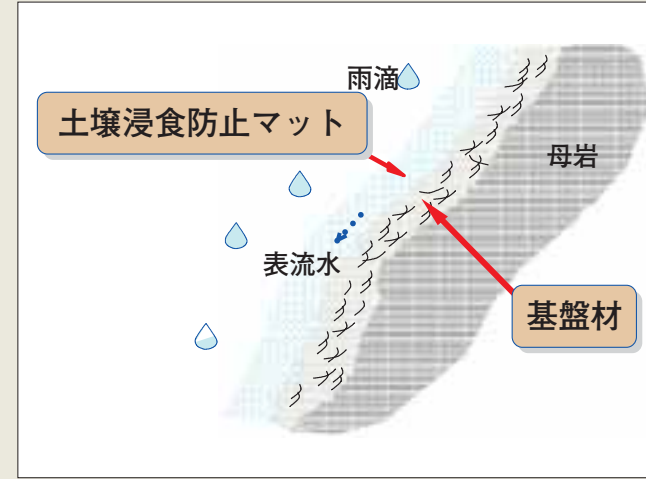


図3ー緑化工法の模式図

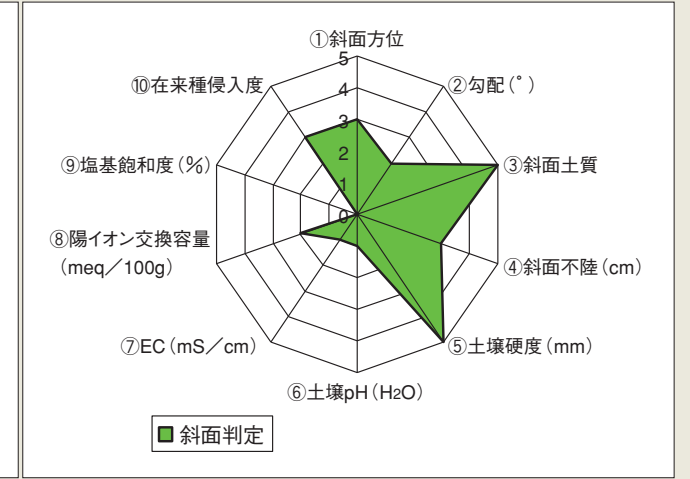


図4ー斜面判定の一例

(3) 自然復元を目指した緑化工法の開発

これまでに述べてきたように、土壌形成や森林環境、従来技術において示唆される樹幹圧迫・外来生物などの背景より、当社では自然復元を目指した緑化工法の開発を行ってまいりました。

① 緑化基盤の検討

緑化基盤材いわゆる土作りにおいて、土壌の成り立ちに学び落葉物と腐食の要素を取り入れています。

落葉物としては従来のパーク系有機質資材を用い、腐植には長期間低温熟成された腐植土をバランス良く配合した緑化基盤を構築し、森林土壌がもつ地力の化学的指標(pH・EC・CEC・塩基飽和度)に近似するものとしています。

腐植土を配合することで、土壌形成までの時間軸を短縮し、土壌微生物の活着・活性が副次的な効果として期待できます。

② 樹幹圧迫の対応

緑化基盤材を斜面に吹付造成するには、基盤の剥離や流亡を防ぐため、結合力を高める処置を施す必要があります。

従来工法では、ラス金網を使用していましたが、樹幹圧迫を回避する目的により、短繊維を使用しています。

分散した短繊維は、緑化基盤を複

雑かつ立体的に拘束し、安定させることができるもので、かねてより先人が土壁に使用してきた原理の応用です。

③ 外来生物規制法の対応

バランスの良い緑化基盤に短繊維を混入して吹付造成しても、植物が被覆しなければ基盤の浸食は防げません。

外来生物規制法により外来草本による早期緑化が問題視されているため、当社では、森林の落葉層をヒントに耐浸食性の向上を図りました。

方法としては、落葉層が持つ雨滴緩和・浸食防止機能や保水性の向上・マルチング機能を有した土壌浸食防止マットで植生基盤を覆うこととしました。

①から③の検討を取り入れた緑化工法を開発したことにより、森林土壌に近似した肥沃な育成基盤の保水性を保ちながら中・長期的に防ぐことで、無播種による自然回復や、成長の遅い郷土種による緑化復元が可能となりました。

(4) 土壌の理化学性を評価した緑化工法の選定

見た目は同じ土でも、詳しく調べてみると地力が異なることが分かってきました。

当社では荒廃地を豊かな自然に復元するために、土壌の理化学を評

価して緑化手法を選定する、土壌診断を行っています。

土壌診断は、斜面勾配や方位、土質や土壌硬度などの従来測定してきた物理特性と、pH・EC・CEC・塩基飽和度の土壌の化学特性を分析し、緑化対象となる土壌を総合的に判断して、費用対効果のある工法を選定するものです。

診断では、定量的に測定した項目毎に5段階に優劣を階級化し、レーダーチャートを作成することで、土のポテンシャルを判定します。

5——おわりに

土壌の理化学を評価して緑化手法を提案していく上で、より多くのサンプルデータの蓄積と分析を進め、階級化の精度向上と総合評価から選定される工法の特定基準を定めて行くことが、今後の課題として挙げられます。

また、自然復元を目指した緑化工法についても、経年の植生遷移や土壌の理化学性の推移を検証しながら、工法の改良・改善に努め、費用対効果のある工法作りに励むことも、課題として挙げられます。

自然豊かな環境復元の一役が担える企業として、今後とも取り組みたいと思っています。