

「キーナの森」における法面緑化手法の検証

環境学園専門学校

東 明日香

1. はじめに

法面とは、道路工事などで人為的に造られた斜面であり、土壌が削り取られた法面を「切土法面」、土壌が盛られた法面を「盛土法面」と呼ぶ。法面は、放置していると風雨によって侵食され崩壊する恐れがあるなど、景観保全および防災の観点から早期緑化が望ましい。法面を緑化する際、昔は外来種のイネ科草本などの種子が散布されていたものの、近年では、生物多様性保全のために、在来種を用いた植生シートの導入や、種子待ち受け型の植生ネットの施工など、周辺環境と調和した法面緑化を目指す傾向にある。しかし、これらの手法については、広く施工されているにも関わらず、施工後にモニタリング及び検証を行った研究例は少ない。

本研究では、神戸市に新設された公園である「キーナの森」において、主園路の敷設によって造られた法面を対象に、施工 3 年目の植生の状況を調査し、保護ネットの有無や立地環境の違いによる比較検討を行った上で、今後の法面緑化手法の有効性や問題点について考察した。

2. 調査地

調査は、標高 250m 前後の西神丘陵に位置する「キーナの森」で実施した。本公園は、神戸市における「生物多様性保全のシンボル拠点」として整備されたものであり、市民参画による里山保全活動などが展開されている。

調査地周辺の森林は、かつては薪炭林として利用されていたが、1960 年代の燃料革命以後に放置された里山放置林である。コナラやアベマキの優占する夏緑二次林が大半を占めているが、尾根にはアカマツ林、谷筋にはシラカシの優占する照葉二次林も分布している。

調査対象とした法面は、自然観察や里山保全活動のために尾根沿いに整備された主園路の工事によって生じたものである。法面の大半は切土法面となっており、法面長や傾斜角度に応じて保護ネットが施工された場所（以下「保護ネットの有る法面」）や保護ネットが施工されていない場所（以下「保護ネットの無い法面」）が存在する。これらの法面の代表的な 10 地点に調査地点を配置した。

なお、調査地の表層地質は神戸層群であり、切土法面には礫をほとんど含まない粘土質土壌の露出が認められた。



写真 1. 保護ネットの有る法面



写真 2. 保護ネットの無い法面

3. 調査方法

(1) 植生調査

植物の生育状況を把握するため、Braun-Blanguet (1964) 植物社会学的手法による植生調査を行った。植生調査は、各調査地点に 5 個ずつ設置した 1m×1m のコドラートにおいて実施し、10 地点で合計 50 コドラートを調査した。調査では、各コドラートに出現したすべての維管束植物の種名およびその被度 (%)、群落高、植被率 (%)、蘚苔類の植被率 (%) を計測した。また、コドラートごとに傾斜角度および斜面方位を測定した。

(2) 全天写真の撮影

各調査地点の日照条件を把握するために、調査地点ごとに魚眼レンズを用いて画角 180 度の全天写真を撮影した。

(3) 土壌調査

調査地点ごとに土壌硬度および土壌水分の測定を行った。土壌硬度の測定には土壌硬度計(株式会社藤原製作所製 山中式普及型)を使用し、コドラートの 5 箇所において測定した上で、最大および最小の測定値を除いた 3 箇所の平均値をそのコドラートの値とした。土壌水分の測定には土壌 pH・水分計(DEMETRA PAT. 193478 E. M. System Soil Tester)を用いた。なお、土壌硬度および土壌水分の測定は、晴天時および降雨時を避け、2017 年 7 月 29 日に実施した。

4. 解析方法

(1) 植生データの解析

植生調査によって得られた植生資料を用いて、出現種の生活型および種子散布型の分類、常在度表の作成、出現種数および生活型・種子散布型別の植被率の算出を行った。生活型については、「改訂新版 日本の野生植物 1-5」(2017 年, 平凡社)を参考に、シダ植物、1・2 年草、多年草、夏緑広葉樹、常緑広葉樹、針葉樹に分類した。種子散布型についても、「改訂新版 日本の野生植物 1-5」(2017 年, 平凡社)を参考に、動物散布型、重力散布型、風散布型に分類した。総合常在度表の作成は、Muller-Donbois の方法に従った。

(2) 光環境

撮影した全天写真を用いて、各調査地点における上層の空隙率（%）および日照時間を算出した（写真 3）。全天写真の画像イメージを区画分けし、区画ごとの空隙率をファイルに出力し、平均的な空隙率や空の散乱光の分布に応じた平均的な光透過率を計算して表示、緯度・月・日を指定し 1 日のうちの太陽からの直射光の透過時間を計算した。なお、解析には CanopOn 2 (<http://takenaka-akio.org/etc/canopon2/>) を使用した。



写真 3. 全天写真

5. 結果および考察

(1) 調査地全体の種組成

調査地全体で確認された植物種は合計 118 種であった。生活型でみると多年草が最も多く、次いで夏緑広葉樹、1・2 年草の割合が大きかった（図 2）。種子散布型では、風散布型が最も多く、次いで重力散布型、動物散布型の順となった。

調査対象とした法面では、施工後 3 年が経過し、風散布型の 1・2 年草や多年草などが発芽、生長しているとともに、周辺の森林からの動物散布型および重力散布型の夏緑広葉樹の種が侵入し、定着しつつあるといえる。

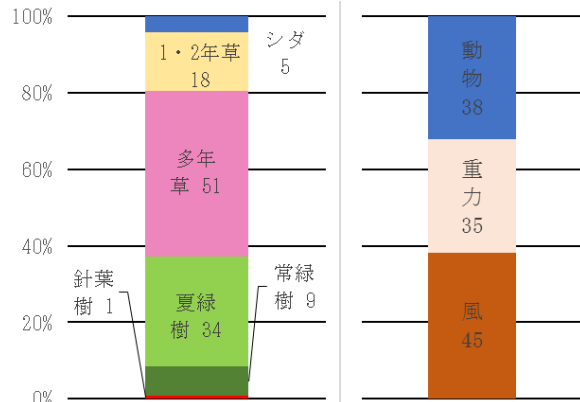


図 1. 生活型及び種子散布割合

(2) 光環境

光環境に関する解析の結果、季節を通して日照時間の短い場所（年中少ない；地点 1, 5, 6, 7）、夏に日照時間の長い場所（夏多い；地点 2, 3, 4, 8）、季節を通して日照時間の長い場所（年中多い；地点 9, 10）の 3 区分することができた。

(3) 保護ネット有無および光環境による調査地の分類

保護ネットの有無及び光環境の区分にしたがって、調査地点を 5 つに区分し、各区分の土壌条件および傾斜角度の平均値及び斜面方位を示す（表 1）。

保護ネットの有る法面では、全般的に土壌が柔らかく、土壌水分が高い傾向にあったほか、保護ネットの無い法面では、調査地点によって土壌硬度および土壌水分に差が認められ、特に季節を通して日照時間の長い南東向きの法面では、土壌が固く土壌水分が低かった。保護ネットの有る法面では、保護ネットの存在によって土壌水分が保たれる

傾向にあるものと推測される。また、季節を通して日照時間の長い法面では、乾燥状態となりやすく、土壌の侵食も生じやすいため、土壌が未発達な状況にあると考えられる。

表 1. 区分ごとの環境条件 (平均値)

	保護ネットの有る法面		保護ネットの無い法面		
	年中少ない	夏多い	年中少ない	夏多い	年中多い
年間日照量					
地点No. (コドラート数)	1, 6, 7 (15)	3, 8 (10)	5 (5)	2, 4 (10)	9, 10 (10)
土壌硬度 (mm)	10.33	9.75	9.33	8.92	17.50
土壌水分 (%)	65.47	71.00	84.00	63.50	48.50
傾斜角度 (°)	40.00	44.20	31.80	30.70	43.00
斜面方位	南東から北西	北東から北西	北東	北西	南東

(4) 常在度表の作成

出現回数 5 回以上の種を用いて作成した常在度表を表 2 に示す。

針葉樹のアカマツやヒサカキなどの常緑広葉樹、コナラ、リョウブ、カラスザンショウ、ヤマザクラなどの夏緑広葉樹は、保護ネットの有無に関わらず出現した。調査地の周辺は、コナラが優占する夏緑広葉樹林となっていることから、これらの種は周辺の林から飛来、定着している可能性が高い。保護ネットの有る法面では、セイ

表 2. 常在度表

種名	類型	生活型	散布	保護ネット有		保護ネット無		
				少	夏多	少	夏多	多
保護ネットの有る法面に特徴的に生育する種								
セイタカアワダチソウ	多年草	風		V	V	II	・	・
オオアレチノギク	1・2年草	風		II	IV	・	I	・
オニタビラコ	1・2年草	風		II	II	・	・	・
ハハコグサ	1・2年草	風		I	II	・	・	・
スギナ		シダ	風	II	II	・	I	・
イワヒメワラビ		シダ	風	II	II	・	・	・
コバノミツバツツジ	夏緑樹	風		III	I	・	・	・
ツボスミレ	多年草	重力		II	・	・	・	・
保護ネットの無い法面に特徴的に生育する種								
エゴノキ	夏緑樹	重力		I	・	III	・	・
ヌルデ	夏緑樹	動物		・	I	I	II	II
サルトリイバラ	多年草	動物		・	・	I	II	I
ミツバアケビ	多年草	動物		・	・	IV	I	・
その他随伴種								
アカマツ	針葉樹	風		IV	III	・	III	II
ヒサカキ	常緑樹	重力		III	II	III	III	・
コナラ	夏緑樹	重力		III	・	V	II	・
リョウブ	夏緑樹	風		V	II	IV	III	I
カラスザンショウ	夏緑樹	動物		II	・	V	II	I
ヤマザクラ	夏緑樹	動物		I	・	III	II	・
クサイチゴ	夏緑樹	動物		I	・	II	I	・
エノキ	夏緑樹	動物		・	I	III	I	・
メリケンカルカヤ	多年草	風		III	IV	・	II	I
ススキ	多年草	風		I	II	I	IV	・
ニガナ	多年草	風		II	・	・	I	・
シハイスマレ	多年草	重力		・	II	II	II	・
オカトラノオ	多年草	重力		I	・	II	I	・
ヒメモエギスゲ	多年草	重力		II	・	I	・	I

備考) 桃色網掛は外来種を示す
 常在度区分は以下の通り
 常在度V : 出現確率 80-100%、常在度IV : 出現確率 60-80%、
 常在度III : 出現確率 40-60%、常在度II : 出現確率 20-40%、
 常在度I : 出現確率 1-20%、・ : 出現無し

サなどの1・2年草、スギナ、イワヒメワラビ等のシダ植物など草本植物が出現し、保護ネットの無い法面では、ヌルデ、サルトリイバラ、ミツバアケビなど先駆的な低木種やつる植物が出現した。保護ネットの土壌保湿効果がシダ植物や草本植物の生育を促進している可能性が高いが、一方で外来種の生育も助長している可能性も考えられた。

(5) 出現種数及び植被率

出現種数および生活型別の植被率を図2に示す。

保護ネットの有る法面では、保護ネットの無い法面と比べて、出現種数も植被率もやや小さい傾向が認められた。

保護ネットの無い法面のうち、季節を通して日照時間の短い地点では、出現種数が多く、植被率も大きかった。一方、保護ネットの無い法面のうち、季節を通して日照時間の長い地点では、出現種数が少なく、植被率も小さかった。

次に、種組成についてみると、保護ネットの有る法面ではシダ植物が特徴的に出現したほか、蘚苔類の植被率も大きかった(図3)。蘚苔類やシダ植物は、春から夏にかけて胞子で発芽するため湿潤地が必要な分類群であり、保護ネットにより土壤水分が大きく保たれることによって、これらの生育が維持されているものと推測される。

保護ネットの無い法面のうち、季節を通して日照時間の長い法面では、出現種の積算被度が約3%であり、裸地状となっていた。このような場所では、日照時間が長いために常に土壤が乾燥状態にあり、種子が発芽し定着するために必要な水分が不足しているものと推測される。

種子散布型についてみると、保護ネットの有る法面では風散布型の植被率が大きく、保護ネットの無い法面では重力散布型の植被率が大きかった(図4)。保護ネットの無い法面では、周辺の森林から飛来する種子が保護ネットに阻害されることなく土壤に根を伸ばし、発芽および生長しているものと考えられる。

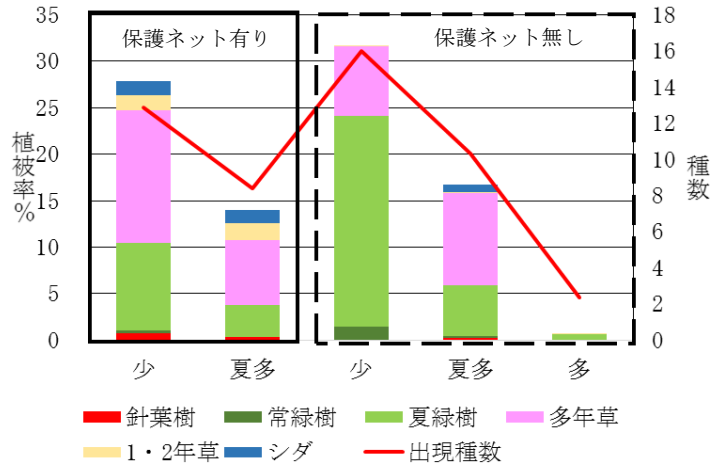


図2. 出現種数及び植被率

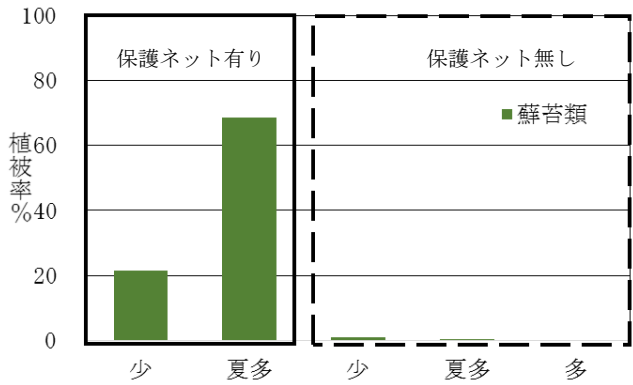


図3. 蘚苔類植被率

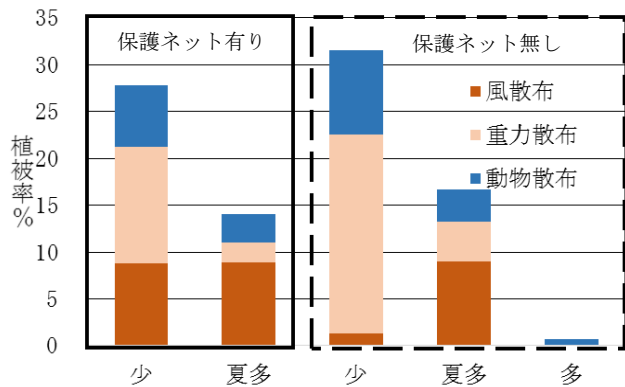


図4. 種子散布型による区分

6. 法面緑化への提案

本研究の結果、施工3年目の切土法面においては、保護ネットの有無や光環境の違いにより植生の発達状況に差が認められた。

保護ネットには土壌の湿度を高く保つ効果があり、特に、シダ植物など草本植物の生育に有効といえる。一方で、植物にとって生育に適した条件であるために、蘚苔類の繁茂や外来種の侵入および定着が起こりやすいという課題がある。したがって、保護ネットを用いる際には、目標とする植生に応じて不要種の選択的駆除を行う必要がある。また、保護ネットの無い法面では保護ネットの有る法面と比べて出現種数が多く、植被率も大きかったことから、保護ネットの存在は、動物散布型および重力散布型の大型の種子をもつ植物種に対しては、発芽を物理的に抑制している可能性もある。

保護ネットを設置しない場合は、周辺から運ばれる様々な種子が速やかに発芽、生育する傾向にある一方、日照時間が長く土壌が乾燥しやすい場所では、種の侵入や定着が起こりにくい。このような乾燥しやすい立地の切土法面では保護ネットの設置を積極的に進めたり、施工後により細やかな維持管理を行ったりすることが必要と考えられる。

以上のように、切土法面においては、斜面方位や日照時間に応じて、保護ネットの施工を行う箇所、切土のまま放置して種子の発芽を期待する箇所など、その立地環境に応じた柔軟な施工を行うことが望ましい。また、施工後の状況をモニタリングすることで、外来種の選択的な除去、保護ネットの追加施工もしくは撤去、法面上部の間伐による日照量の調節など、順応的な管理が有効な手段と考えられる。

なお、本研究は、施工後初期のモニタリングにあたるものである。今後も継続的なモニタリング調査を実施し、本研究の結果と比較することで、更に知見が広がり、よりよい法面緑化に寄与できるものとする。

7. 謝辞

本研究にあたっては、環境学園専門学校の小川みどり先生と枝連遥花氏、早島延人氏、毎日文化センター講師・元神戸市立森林植物園の三宅慎也先生、公益財団法人ひょうご環境創造協会の栃本大介氏と日野淳郎氏、神戸大学の堀田佳那氏、その他「キーナの森」もりかつメンバーなど、多くの皆様に調査のご協力やご助言を頂きました。心より感謝いたします。

8. 参考文献

- ・大橋広好・門田裕一・邑田 仁・米倉浩司・木原 浩. 2014. 改訂新版日本の野生植物 1-5. 平凡社
- ・藤原一繪. 1997. 植物社会学、植生学を基礎とした植生調査法および植生図作成法. 横浜国大環境研紀要 23 : 13-46
- ・矢野悟道・波田善夫・竹中則夫・大川徹. 1983. 日本の植生図鑑(Ⅱ)人里・草原. 平凡社
- ・北村史郎・村田源・堀 勝. 1971. 原色日本植物図鑑草本編 1-3. 保育社