

岩盤地すべりで発生した裸地斜面におけるカラマツ植栽木の初期成長 ーケヤマハンノキとの比較ー

蓮井聡・阿部友幸

はじめに

2018年に発生した北海道胆振東部地震の被災地では、日高幌内川流域や厚真町高丘地区などの一部の地域の固結した地盤において「岩盤地すべり」が発生したとされています（地震による地すべり災害刊行委員会 2020）。岩盤地すべりで発生した裸地斜面は、母岩が部分的に裸出した荒廃地であるため植物の生育には劣悪な環境であり、そのまま放置していても自然回復が進まず、山腹上部からの土砂流出などの二次被害の発生や、長期的な景観の悪化が懸念されます。このため、植栽を行うなど積極的に森林再生に取り組む必要があると考えられます。

岩盤地すべりで発生した裸地斜面における植栽樹種の有力候補の一つとして、窒素固定を行う肥料木で荒廃地に育つ先駆樹種であり、これまで多くの治山事業で植栽されているケヤマハンノキ（斎藤・成田 1988）が考えられます。しかし、当該被災地のように被災面積が広範囲である場合には、苗木供給量が多い樹種の検討も必要です。

カラマツは、自生地ではない北海道においても、鉾物質土壌の裸出地や火山地域の大規模攪乱地で天然更新が数多く報告されている樹種であり（笹岡ら 1999）、苗木供給量が多い一般造林樹種であることから、広範囲な荒廃地での森林再生における植栽樹種候補として期待できます。しかしながら、当該裸地斜面のような荒廃地における成長についての既往研究は見当たりません。そこで、岩盤地すべりで発生した裸地斜面においてカラマツ植栽による森林再生を試みた一事例として、カラマツ植栽木の初期成長をケヤマハンノキと比較したので報告します。

方法

植栽試験地の概要

2019年11月、岩盤地すべりで発生した裸地斜面内に植栽試験地を設定しました。試験地の概要を表-1に、遠景を写真-1に示しました。最寄りのアメダス観測地点である胆振地方厚真では、植栽木の初期成長を調査した2019年12月1日から2022年9月30日までにおいて、月平均気温の最高値は2020年8月の21.6℃、最低値は2021年1月の-7.5℃であり、2020年から2022年の6月1日から9月30日までの夏季降水量の平均値は443.0mmでした。

表-1 植栽試験地の概要

地区	厚真町幌内
緯度	N42°45'39"
経度	E141°59'10"
地質	新第三紀砂岩泥岩互層
方向	南向き
傾斜	32°



写真-1 植栽試験地の遠景（2019年8月撮影）

植栽試験地の土壌硬度および透水性の評価

植栽試験地（岩盤地すべりで発生した裸地斜面）では、現地踏査の結果、植栽木の主な生育阻害要因として地表の硬さおよび透水性の低さが懸念されました。土壌硬度が高い（硬い）場合は、根の伸長に対する物理的抵抗が大きくなり林木生育が不良になります（北村・野田坂 1975；森本・増田 1975；寺田 1980；山寺 1990）。土壌の透水性が低い（水はけが悪い）場合は、地中に水が溜ることにより通気が抑制され酸素不足になるため、根が呼吸できなくなり根腐れが発生します（日本造園学会緑化環境工学研究委員会 2000）。土壌が酸素不足の場合、林木生育が不良になることは過湿土壌ではよく知られており（川名 1969）、苗木を用いた実験でも確かめられています（高樋ら 1956）。このため、当地の地表の土壌硬度および透水性について、植栽基盤としての評価を行うこととしました。評価のための調査は、2019 年 11 月、試験地中央付近の 3 地点×2 深度の計 6 箇所で行いました。2 深度は、植栽木の初期成長に早期に影響を及ぼすと考えられる植穴（深さ 30 cm）付近とし、深度 10～15 cm、20～25 cm としました。なお、深度 0～10 cm は乱れていたため調査対象外としました。土壌硬度は長谷川式土壌貫入計により S 値（cm drop⁻¹）を求めました。透水性は、100 cc 採土円筒により該当する深さの土を採取し、変位透水性測定器（DIK-4050）により飽和透水係数 Ks 値（m s⁻¹）を求めました。

植栽試験地の土壌硬度 S 値および飽和透水係数 Ks 値を表-2 に示しました。また、試験地の地表の様子を写真-2 に示しました。土壌硬度 S 値の評価は、6 箇所の平均値で行いました。飽和透水係数 Ks 値の評価は、土の採取が可能であった深度 10～15 cm の 3 箇所について個別に行いました。日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）に従いこれらの値を評価しますと、土壌硬度 S 値の平均値 0.23 cm drop⁻¹ は「多くの根が侵入困難（S 値≤0.7）」に該当しました。飽和透水係数 Ks 値の ① 1.54×10^{-5} m s⁻¹ および ② 1.34×10^{-5} m s⁻¹ は「良（ $1.0 \times 10^{-5} < Ks \text{ 値} < 1.0 \times 10^{-4}$ ）」に該当しました。また、③ 1.39×10^{-8} m s⁻¹ は「極不良（Ks 値 $< 1.0 \times 10^{-6}$ ）」に該当しました。

このことから、当地の地表は、岩や礫が認められるため硬いものの、透水性は良好な箇所と不良な箇所が混在していると考えられました。

表-2 植栽試験地の土壌硬度 S 値および飽和透水係数 Ks 値

深度 (cm)	土壌硬度 S 値 (cm drop ⁻¹)				飽和透水係数 Ks 値 (m s ⁻¹)		
	①	②	③	平均値	①	②	③
10-15	0.56	0.19	0.31	0.23	1.54×10^{-5}	1.34×10^{-5}	1.39×10^{-8}
20-25	0.10	0.10	0.10		-	-	-

- ・ ①：試験地の中心部から 10 m 上部，②：試験地の中心部，③：試験地の中心部から 10 m 下部。
- ・ 飽和透水係数 Ks 値は、深度 20～25 cm では礫質で硬く採土円筒による採取ができなかったため、欠測とした。



写真-2 試験地の地表の様子
(2019 年 8 月撮影)

野外調査および解析方法

2019年11月、カラマツ（苗長35 cm上、根元径7 mm上）、ケヤマハンノキ（苗長30 cm上、根元径6 mm上）を秋植えしました。植栽本数はカラマツが39本、ケヤマハンノキが41本、列間1.0 m、苗間1.0 mでランダム配植とし、試験地の周囲には、シカ食害の影響を排除するためのシカ侵入防止柵を設置しました。2019年11月、2020年11月、2021年9月、2022年9月の4回、各植栽木の樹高（cm）、直径（mm）を調査しました。樹高は、斜立の影響を評価するため鉛直方向の高さを測定しました。直径は、地際から10 cmの高さを測定しました。なお、試験地では下草の繁茂がほとんど認められなかったため、下刈りは行いませんでした。上記4つの測定時点間の3つの成長期間について、樹高成長量と直径成長量を求めました。生存率の樹種間比較にはFisherの正確確率検定を、その他の数値の比較にはWelchのt検定を用いました。統計処理には統計パッケージR 4.1.2（R Core Team 2021）を使用しました。

結果

カラマツおよびケヤマハンノキ植栽木について、植栽から3年目までの4つの測定時点の生存率、樹高、直径を図-1に、成長期間ごとの樹高成長量および直径成長量を表-3に示しました。カラマツ、ケヤマハンノキ各々の生存率は、2020年11月では樹種間に有意差はありませんでしたが、2021年9月では85%、61%、2022年9月では82%、61%となり、2021年9月以降、カラマツの生存率はケヤマハンノキより有意に高くなりました（図-1）。植栽から3年目（2022年8月）の植栽木の様子を写真-3に示しました。各樹種の樹勢は良好でした。各々の樹高は、樹種間に有意差はなく（図-1）、また、各々の樹高成長量も、3つの成長期間それぞれにおいて樹種間に有意差はありませんでした（表-3）。なお、2019年11月から2020年11月の期間のケヤマハンノキの樹高成長量は、斜立木が多く鉛直方向の高さが前回調査時よりも小さくなったため、マイナスの値となりました。カラマツ、ケヤマハンノキの各々の直径は、2019年11月（植栽時）、2020年11月では樹種間に有意差はありませんでしたが、2021年9月では 10.6 ± 1.9 mm、 12.9 ± 3.0 mm、2022年9月では 16.6 ± 3.5 mm、 19.0 ± 5.0 mmとなり、カラマツよりケヤマハンノキの方が有意に大きくなりました（図-1）。直径成長量は、3つの成長期間全てにおいてケヤマハンノキの方が有意に大きくなりました（表-3）。

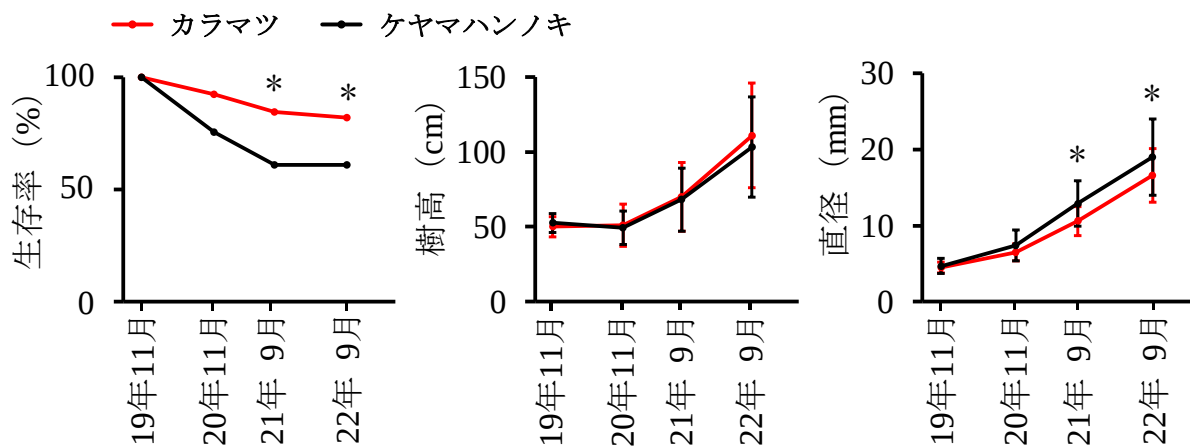


図-1 カラマツおよびケヤマハンノキ植栽木の植栽から3年目までの4つの測定時点の生存率、樹高、直径

- ・エラーバー は標準偏差。
- ・図中のアスタリスクは、同じ測定時点における樹種間に有意差があることを示す（生存率はFisherの正確確率検定、* $p < 0.05$ 。直径はWelchのt検定、* $p < 0.05$ ）。

表－3 成長期間ごとの樹高成長量および直径成長量

測定期間	区分	樹種	
		カラマツ	ケヤマハンノキ
2019 年 11 月～2020 年 11 月	樹高成長量 (cm)	1.1 ± 13.0	-2.6 ± 13.9
	直径成長量 (mm)	2.0 ± 0.7	3.1 ± 2.4*
2020 年 11 月～2021 年 9 月	樹高成長量 (cm)	17.1 ± 15.8	15.9 ± 18.6
	直径成長量 (mm)	4.1 ± 1.5	5.2 ± 2.4*
2021 年 9 月～2022 年 9 月	樹高成長量 (cm)	39.8 ± 20.1	35.2 ± 16.1
	直径成長量 (mm)	6.0 ± 1.9	6.1 ± 2.9*

- ・ 平均値±標準偏差。
- ・ *は同じ測定期間の各区分における樹種間に有意差があることを示す (Welch の t 検定, $p < 0.05$)。



写真－3 植栽から3年目（2022年8月）の植栽木の様子

考察

今回の結果から、岩盤地すべりで発生した裸地斜面におけるカラマツ植栽木の植栽から3年目（2022年9月）までの初期成長は、荒廃地に育つとされるケヤマハンノキ植栽木と比べると、直径および直径成長量は有意に小さいものの（図－1、表－3）、植栽から2年目、3年目の生存率は有意に高くなること（図－1）、樹高および樹高成長量は同等であること（図－1、表－3）、斜立による樹高成長量低下は生じないこと（表－3）が分かりました。なお、斜立木がケヤマハンノキのみに生じた一因としては、ケヤマハンノキの苗木は購入時には水平根や主根が太く堅く発達しているものが多く認められたことから、植付け時に根系を植穴に十分に収めることができず、土の締固めが不十分となり、強風や積雪スライドの影響を受けやすかったことが考えられました。

以上のことから、カラマツは、岩盤地すべりで発生した裸地斜面や、同様の広範囲な荒廃地における森林再生に役立つ可能性がある植栽樹種であると考えられました。少なくとも本調査地のように、地表が硬くても透水性が良好な箇所が部分的に認められる場合（表－2）には、深刻な根の伸長阻害や通気不良による酸素欠乏などの初期成長阻害は生じないと考えられました。今後、ケヤマハンノキに加えてカラマツの植栽により上木層を早期に形成することができれば、裸地斜面の過酷な生育環境が改善され、多様な植生の回復にも繋がる可能性があると考えられました。

引用文献

- 川名 明（1969）堤列海岸平野の低地過湿林の改良に関する研究．日本林学会誌 51(10)：287-292
- 北村文雄・野田坂伸也（1975）造園樹木の生長におよぼす土壌硬度の影響．造園雑誌 38(4)：32-37
- 森本幸裕・増田拓朗（1975）踏圧による土壌の圧密と樹木の生育状態について．造園雑誌 39(2)：34-42
- 日本造園学会緑化環境工学研究委員会（2000）ランドスケープ研究 63：224-241
- 地震による地すべり災害刊行委員会（2020）地震による地すべり災害—2018 年北海道胆振東部地震
一．北海道大学出版会, 370 pp.
- 斎藤新一郎・成田俊司（1988）日本林学会北海道支部論文集 36：187-189
- 笹岡英二・矢島 崇・渋谷正人・高橋邦秀・中村太士・清水 収（1999）日本林学会誌 81：22-28
- 高樋 勇・蔵本正義・豊岡 洪（1956）泥炭地におけるカラマツ造林の不成績について．日本林学会北海道支部講演集 5：6-7
- 寺田正男（1980）土壌の堅密度と樹木の根系生長．日本林学会誌 62(4)：153-155
- 山寺喜成（1990）急勾配斜面における緑化工技術の改善に関する研究．全国特定法面保護協会，東京，
347pp