RBMwによる表層崩壊防止効果の分析
―樹種特性と断幹に着目して―

神戸大学附属中等教育学校4年　黄 智霞

研究目的

1.**優占種**(クスノキ・ウバメガシ)の樹種特性の比較
2.「**断幹**」が根系による補強効果に与える影響の評価

研究背景

•六甲山系は崩壊性の風化花崗岩土壌により構成
⇒台風など豪雨により表層崩壊の多発
➡身近な森林による斜面安定効果のメカニズムの解明が期待
•断幹による根系の斜面安定機能の変化は未評価

先行研究

•**表層崩壊**:短期間の強雨による地表付近の土壌の崩壊。樹木により防止が期待(Gidon&Sahoo 2020)
•**水平根**:ネット状に土壌を緊縛
→表層崩壊防止　(島田2021, Schwarz et al.2013)
•森林の理想的な構造:**樹齢・樹種の異なる多層林**は根の深さや広がりが多様
➡緊縛力が最大化　(六甲砂防事務所2023)

RBMw

Previous…根の補強効果は「Wuモデル」(全ての根の同時破断を仮定)で評価 (T.H.Wu et al.1979)
But…根ごとに破断タイミングが異なる(確率的現象)➡補強効果を過大評価(Schwarz et al. 2010)
Weibull生存関数で破断のばらつきを考慮した「RBMw(*Root Bundle Model with Weibull survival function)*」を適用 (Yamase et al.2021,島田 2021など)

調査概要

特徴的なクスノキとウバメガシの根系が持つ斜面補強強度を定量的に評価・比較

実施場所:神戸大学附属中等教育学校内の斜面(傾斜36°)
•予備調査で対象斜面の優占種は**クスノキ**と**ウバメガシ**と判明
➡対象:クスノキとウバメガシについて健全木と断幹木をそれぞれ2本ずつ
(**断幹**:幹を途中で切って立木の一部を残すこと)
•範囲:幹中心から斜面下方向の**扇形領域(中心角60°、半径1m、深さ30cm)**
(山瀬ほか 2011)
測定項目:根の位置・根直径、引き抜き抵抗力、根長距離(屈曲を含む実際の長さ)
直線距離(幹から破断点までの最短距離)、引き抜き時の変位量(林野庁)

写真1:掘り取りによる根系分布調査の様子

図1:調査対象とした斜面を示した航空写真

面積:507.5㎡　直近断幹時期:2021年8月
(調査時点で5生長期間経過)

結果

根の分布

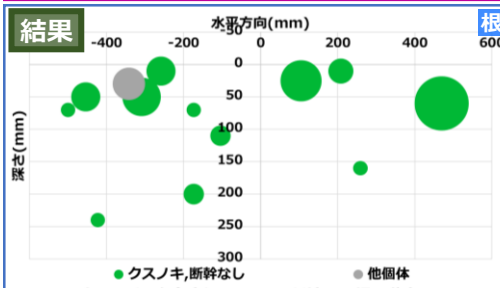

図2 クスノキ(胸高直径20.3cm)断幹なし根の分布図

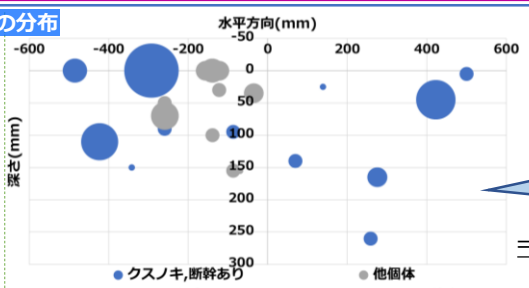

図3 クスノキ(胸高直径22.4cm)断幹あり 根の分布図

根の分布図の円の大きさは根の太さに比例して表示　根直径が10㎜の時の円の大きさ

断幹なしの根の本数:14本(図2)
断幹ありの根の本数:14本(図3)

⇒断幹によらず根の本数が維持

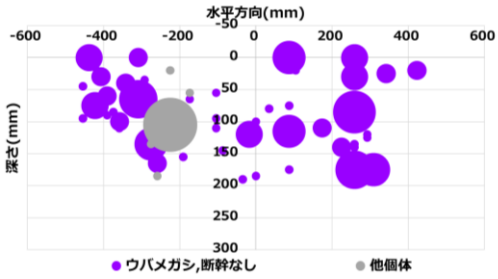

図4ウバメガシ(胸高直径25.8cm)断幹なし 根の分布図

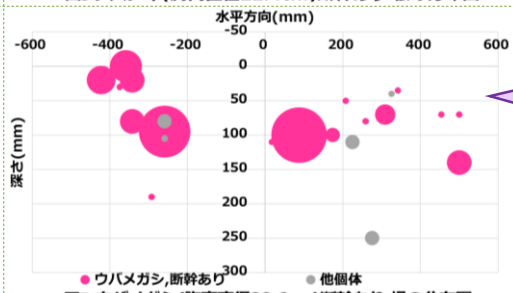

図5 ウバメガシ(胸高直径20.6cm)断幹あり 根の分布図

断幹なしの根の本数:62本(図4)
断幹ありの根の本数:21本(図5)
→約3倍の差あり

断幹による地上部の損傷が地下部の根系密度の低下に影響を及ぼすと考察

引き抜き抵抗力

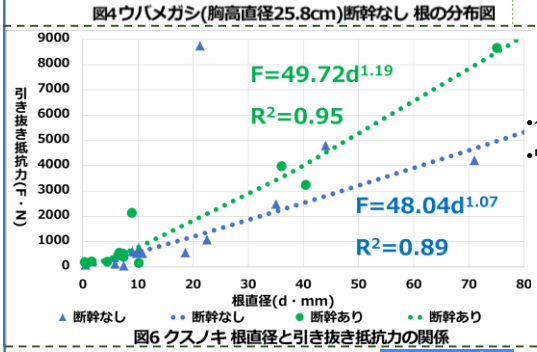

図6 クスノキ 根直径と引き抜き抵抗力の関係

引き抜き抵抗力(*F*)は根直径(*d*)に対しべき乗関数的に増加
•クスノキ:断幹による大きな変化なし(図6)
•ウバメガシ:断幹個体は健全個体に比べて同一直径に対する抵抗力が顕著に低下 (図7)

➡地上部の切断が地下部の根の引張強度を低下させる影響を及ぼしたと考察

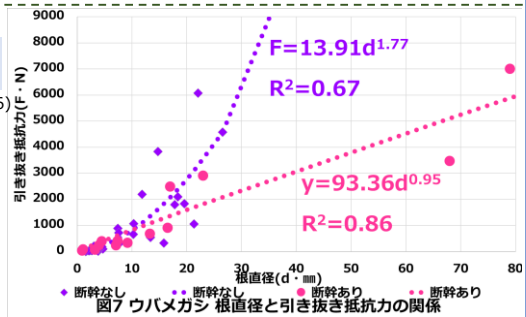

図7 ウバメガシ 根直径と引き抜き抵抗力の関係

RBMwによる補強強度

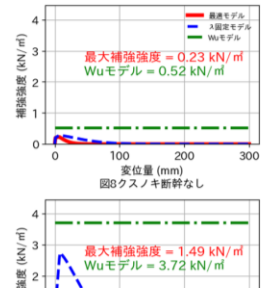

図8クスノキ断幹なし

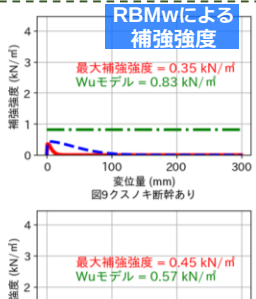

図9クスノキ断幹あり

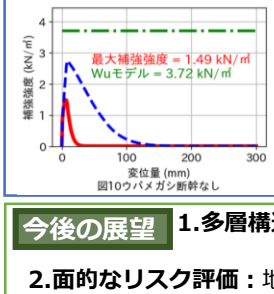

図10ウバメガシ断幹なし

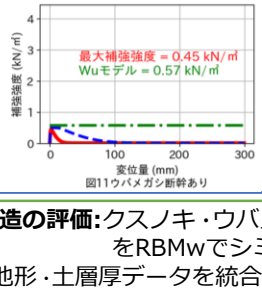

図11ウバメガシ断幹あり

RBMw:最大補強強度到達後、根の順次破断により脆性的に低下

クスノキ:断幹により補強強度が微増(0.52kN/㎡→0.83kN/㎡) (図8、9)
⇒断幹によらず補強強度が維持

ウバメガシ:断幹なし個体の補強強度は断幹あり個体の約3倍(3.72kN/㎡→0.57kN/㎡) (図10、11)
⇒断幹により顕著に補強強度が低下

(※サンプル数が限られているため、2月に追加調査を実施済み
更なる検証を実施している)

結論

今後の斜面管理において、
クスノキ:表層崩壊に**強い防止効果を持つ樹種として保全**
ウバメガシ:表層崩壊に対する**リスクが高い箇所**(例:急傾斜地)では強い防止効果を維持するために**断幹を避けて根系強度を維持**

○すべての木を「**一律に**」管理しない
○樹種特性と斜面の状況に応じて適切な**階層構造の管理**を選択→防災機能の最大化が不可欠

樹種の選定や断幹の有無による表層崩壊防止機能に関する定量的な理解に寄与

今後の展望

1.多層構造の評価:クスノキ・ウバメガシ混交時の複合的な補強効果をRBMwでシミュレーション
2.面的なリスク評価:地形・土層厚データを統合し、斜面スケールでの面的な崩壊リスク評価へ展開

謝辞:本研究はROOTプログラムに参加して実施しました。ご指導頂いた兵庫県立大学 山瀬敬太郎先生、神戸大学 高比良響先生にここに厚く御礼申し上げます。

参考文献

•Gidon & Sahoo, Rainfall-Induced Slope Failures and Use of Bamboo as a Remedial Measure: A Review, Indian Geotech J,2020,50(5)
•島田, RBMwを用いたスギ・ヒノキ人工林の水平根による補強強度の推定, 日本緑化工学会誌,2021, 47巻, 1号, pp.15–20
•Schwarz et al. Modeling root reinforcement using a root-failure Weibull survival function,Hydrol.Earth Syst.Sci.,2013,17,p.4367–4377
•国土交通省近畿地方整備局六甲砂防事務所,2023, 六甲山系グリーンベルト整備事業 森林整備マニュアル(案)
•Wu et al. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska, Canadian Geotechnical Journal,1979,Volume16,Number1
•Schwarz et al. Root-soil mechanical interactions during pullout and failure of root bundles, Journal of Geophysical Research: Earth Surface,2010,115,F04035
•Yamase et al. Dynamics of soil reinforcement by roots in a regenerating coppice stand of Quercus serrata and effects on slope stability, Ecological Engineering,2021,Volume162,106169
•山瀬敬太郎, 2011, 日本生態学会第58回全国大会ポスター「スギ人工林の間伐が水平根分布に与える影響」
•林野庁 2023,水源の森をつくり育てる（森林の機能による表層崩壊防止機能）について
https://www.rinya.maff.go.jp/jsuigen/suigen/attach/pdf/index-24.pdf,2026年2月8日閲覧