

マツ枯れ被害木根系の土壌緊縛力の経年変化

信州大学大学院 ○橋爪義典, 福山泰治郎, 堤大三
長野県林業総合センター 小山泰弘, 柳澤賢一

1. はじめに

日本全国で甚大な被害をもたらしているマツ材線虫病（以下、マツ枯れ）は、長野県では1981年に初めて侵入が確認された（只木, 1983）。特に松本市周辺の里山地域では、2000年以降顕著な被害がみられる。マツ枯れによる集団的な枯死は、樹木根系の発揮する崩壊防止機能の低下を引き起こすおそれがある。しかし、マツ枯れ個体の根の本数や強度が枯死後どの程度の速度で減少するかは明らかでない。そこでマツ枯れに感染したアカマツ根系の引き抜き試験を行い、根が土壌をつなぎ止める力（土壌緊縛力 ΔC ）の経年変化を健全木や既往研究と比較した。

2. 方法

調査対象地は長野県塩尻市の長野県林業総合センター構内（標高約 800～920 m）であり、主な土壌型は黒色土である。本調査地ではマツ枯れ被害が局所的に発生している一方で、被害を受けずに成長を続けている個体も多数認められる。枯死あるいは伐採からの経過年の異なるマツ枯れ4個体と健全な3個体を調査対象として選木した。マツ枯れ個体は UAV 画像の判読により2021年から2025年に枯死したアカマツを年ごとに抽出した。なお、マツ枯れによる枯死を確認するため、辺材部から採取した材片を用いてマツノザイセンチュウの DNA 検査を実施した。健全個体は、2021年から2025年に伐採された健全なアカマツを年ごとに抽出し、健全個体の証拠として切り株断面より白い樹脂が滲出していることを確認した。対象個体の枯死年あるいは伐採年は次の通りであり、樹齢・根元径・立木間距離が同程度の個体を選定することで、2024年を除いてマツ枯れ木と健全木を比較できるようにした。

マツ枯れ・・・2025年, 2024年, 2023年, 2021年

健全木・・・2025年, —, 2023年, 2021年

根系調査においては、対象木から1 m離れた地点を掘削し、幅1 m、深さ1 mの土壌断面で対象木根系の直径、位置、伸長方向、伸長角度、腐朽の有無及び程度を計測した。その後直径2.0 mm～36.0 mmの根を対象として引き抜き試験を行った。根の直径と最大引き抜き抵抗力を式(1)で近似し、マツ枯れ木と健全木を比較した。

$$T_{max} = a \times D^b \dots \dots \dots (1)$$

(T_{max} : 最大引き抜き抵抗力[kN], D : 根の直径[mm], a, b : 係数)

次に根系分布調査より得られた直径階別根系本数と各根系の最大引き抜き抵抗力から土壌緊縛力 ΔC [kN/m²]を式(2)で算出した（北原, 2010）。

$$\Delta C = \frac{1}{A} \sum T_{max} \cdot n \dots \dots \dots (2) \quad (A : \text{トレンチ断面積[m}^2\text{]}, n : \text{直径階別根系本数})$$

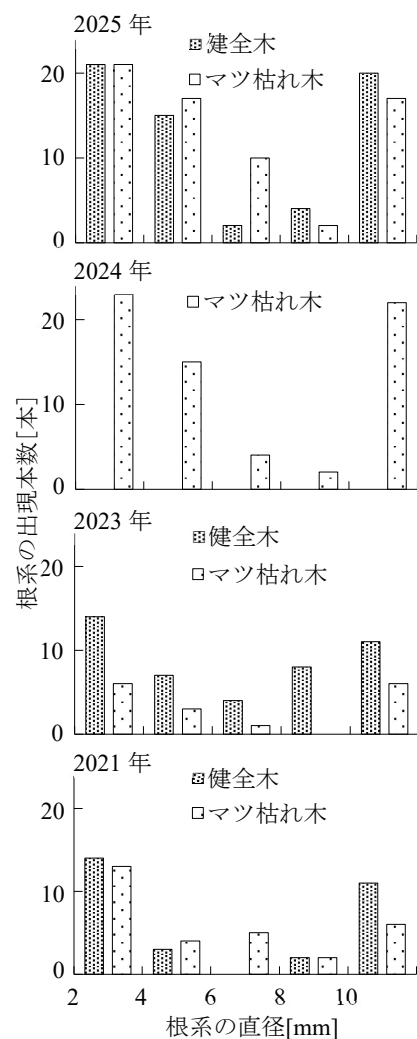


図-1 枯死年ごとの直径階別の根系本数の比較

3. 結果

根系分布調査の結果、マツ枯れ木でいずれの枯死（伐採）年でも直径10.0 mm以上の根の本数が健全木より少なかった（図-1）。根系の断面積合計も、マツ枯れ木が健全木より小さい傾向が認められた（図-2）。腐朽した根系は、伐採あるいは枯死後1年目以降全ての個体で認められた。

マツ枯れ木と健全木の根の直径に対する最大引き抜き抵抗力の近似式の傾きと切片を比較したところ、共分散分析（ANCOVA）の結果、2025年のマツ枯れ木と健全木間に有意差はなかったが、2023年ではマツ枯れ木の抵抗力が健全木より有意に小さかった（傾き $p = 0.0056$, 切片 $p = 0.031$ ）（図-3）。一方、2021年では健全木の抵抗力が有意に小さかった（傾き $p = 0.0045$, 切片 $p = 0.046$ ）。この要因として、2021年のマツ枯れ木の根系内部には複数のクロカミキリ幼虫の侵入が確認され、これらの摂食により実質的な根系の断面積が減少していたことが考えられた。

土壌緊縛力 ΔC は、枯死当年のマツ枯れ木では 65.5 kN/m^2 、伐採当年の健全木では 93.8 kN/m^2 であった（図-4）。マツ枯れ木、健全木ともに、年数とともに土壌緊縛力 ΔC が減少する傾向がみられた。

4. 考察

土壌緊縛力の枯死・伐採当年の初期値を100%とすると健全木では伐採後2年で19.2%、4年で約1.9%まで低下し、マツ枯れ木では枯死後2年で約2.5%まで低下した。これはスギでは伐採後9年後までに土壌緊縛力が消失するという既往研究（Okada *et al.*, 2023）と比べてマツ枯れ木の根系が約4倍以上速く崩壊防止機能を失うと考えられた。また、枯死・伐採後0年時点では、マツ枯れ木は健全木と比べて30.1%低い値を示した。このことから、アカマツでは外見上枯死に至っていない時点から、根系の腐朽に伴う強度低下が進行している可能性が示唆された。

以上の結果から、マツ枯れ被害地では短期間のうちに斜面崩壊や倒木のリスクが高まる可能性がある。そのため、マツ枯れ被害の早期発見と早期の伐倒・更新に加え、既存のアカマツ稚樹の保育を促進することにより、根系機能が回復するまでの空白期間を最小限に抑えることが重要であると結論付けた。

5. 参考文献

北原曜（2010）：森林根系の崩壊防止機能，水利科学，Vol.53，No.6，p.11-37
 Y, Okada., F, Cai. and U, Kurokawa.（2023）：Changes in Slope Stability over the Growth and Decay of Japanese Cedar Tree Roots, Forests, Vol.14, No.256
 只木良也（1983）：長野県下にも拡がりはじめた松枯れ被害に寄せて，信州大学環境科学論集，Vol.5，p.102-105

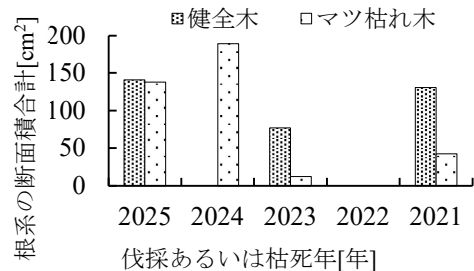


図-2 根系断面積合計の経年変化

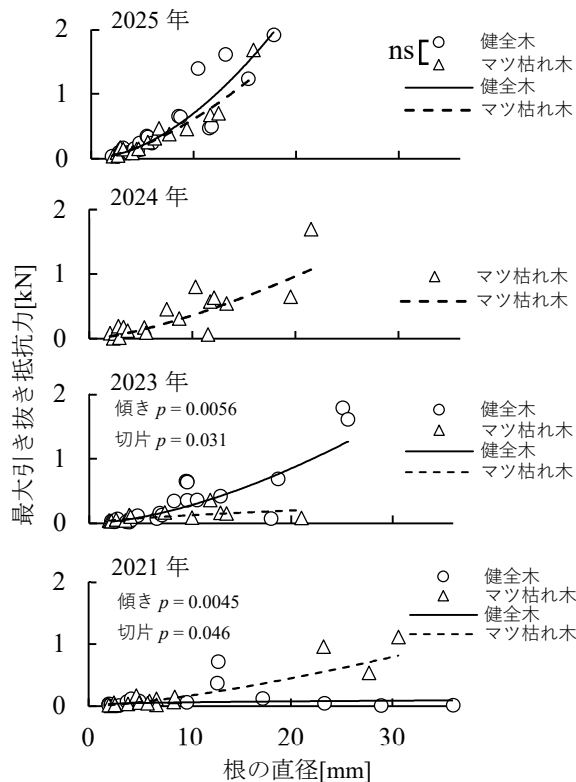


図-3 マツ枯れ木と健全木の引き抜き抵抗力の比較

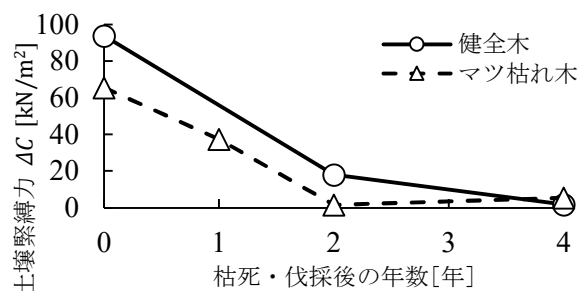


図-4 根系の土壌緊縛力 ΔC の経年変化