

速報

ナラ枯れ被害を受けた樹木根系による斜面安定性の評価*1

黒川 潮*2・北村兼三*2・壁谷直記*2

黒川 潮：ナラ枯れ被害を受けた樹木根系による斜面安定性の評価 九州森林研究 68：151－152，2015 平成21年から22年にかけて、カシノナガキクイムシが病原菌を媒介することによって発生するナラ枯れによる被害が急速に全国に拡大した。平成25年度現在、ナラ枯れ被害そのものについては減少しつつあるが、大量に発生した枯損木の影響により、今後は森林斜面において表層崩壊発生危険度が増すと懸念される。本研究ではナラ枯れによる被害を受けたコナラを対象とし、健全な樹木と比較してどの程度引き抜き抵抗力が低下しているか調べるため、伐採1年後と2年後の根株を対象として根の引き抜き試験を行い、根の直径と引き抜き抵抗力の関係について整理した。その結果伐採2年後の根系においては明確に引き抜き抵抗力の低下が見られた。試験結果を基にコナラ根系のせん断力補強強度 ΔC の推定を行ったところ、被害を受けていない根系と比較して、伐採1年後は91%、2年後は68%の強度となっていた。伐採2年後のせん断力補強強度は2/3にまで低下しており、健全な森林と比較して表層崩壊の発生危険度が高まっていることが確認された。

キーワード：ナラ枯れ，斜面安定，樹木根系，せん断力補強強度，引き抜き抵抗

I. はじめに

カシノナガキクイムシ（以下カシナガ）が病原菌を媒介することによって発生するナラ枯れの被害事例に関して、古くは1930年代から報告がされているが、全国的に被害の拡大が始まったのは1980年代に入ってからである。特に平成21（2009）年から22（2010）年にかけては被害の拡大が著しく、ピークの平成22年度は30都道府県で32.5万 m^3 の材積でナラ枯れ被害が確認され（日本森林技術協会，2012），森林環境，景観上の問題として一般市民の間にも急速に認識が深まった。この状況に対しカシナガの駆除，防除等ナラ枯れ対策が進められた結果，平成25（2013）年度現在，被害材積は減少しつつあるが（林野庁，2014），一旦枯損した樹木が森林の多面的機能にどのような影響を与えるかについては不明な点も多い。樹木根系による表層崩壊防止機能への影響もその一つであり，大量に発生した枯損木により，将来的に森林斜面において表層崩壊発生危険度が増すことが懸念される。本調査ではナラ枯れによる被害を受けたコナラ（*Quercus serrata Murray*）を対象として，伐採後1～2年が経過した根の引き抜き試験を行い，被害を受け伐採された根系が健全に成長している樹木の根系と比較してどの程度せん断力補強強度が低下しているか，被害判明初期の段階について定量的に評価することを目的とする。

II. 調査地および調査概要

調査地は京都市伏見区にある森林総合研究所関西支所内の苗畑である。本調査地においては平成23（2011）年にナラ枯れの被害を受けたコナラが確認され，被害拡大防止のため同年に伐採された。本調査ではその際に伐採された根株直径30 cmのコナラ

の根株（写真－1）を使用し，根の強度を測定するため引き抜き試験を実施した。調査地における引き抜き試験は伐採1年後と2年後に当たる平成24（2012）年及び25（2013）年に実施し，ナラ枯れ被害初期における引き抜き抵抗力を取得し，併せて引き抜かれた根の直径を計測した。



写真－1. 調査を実施したナラ枯れ被害を受けたコナラの根株

III. 結果と考察

調査地で引き抜き試験を実施し，根の直径 D （mm）と引き抜き抵抗 P （N）との関係を整理した結果を図－1に示す。 P と D の間には $P=aD^b$ の相関関係があることが知られており（阿部1997；北原2010），試験結果を基に算出した伐採1年後と2年後の回帰曲線は以下の通りとなる。

*1 Kurokawa, U., Kitamura, K. and Kabeya, N. : Evaluation of the slope stability by the trees root system in the early stages of Japanese oak wilt.

*2 森林総合研究所九州支所 Kyushu Res. Ctr., For. & Forest Prod. Res. Inst., Kumamoto 860-0862, Japan.

$$\text{伐採1年後} : P = 23.97 D^{1.16} \quad (1)$$

$$\text{伐採2年後} : P = 13.86 D^{1.70} \quad (2)$$

なお、本調査はナラ枯れ被害発生後の根株を使用しているため、被害を受けていない根系を用いた引き抜き試験は実施出来なかった。そのため、健全な根系におけるPとDの関係として北原(2010)が調査により取得した $P = 28.40 D^{1.56}$ の回帰曲線を図-1中に示した。これらPとDの相関関係を比較すると、ナラ枯れの被害を受けていない根系に対して、伐採後の根の引き抜き抵抗力は年々低下する傾向にあることがわかる。特に伐採2年後は被害を受けていない場合の回帰曲線を上回る値が測定されており、ナラ枯れの被害を受けた根株は腐朽の影響を受け強度が低下していることが確認できた。

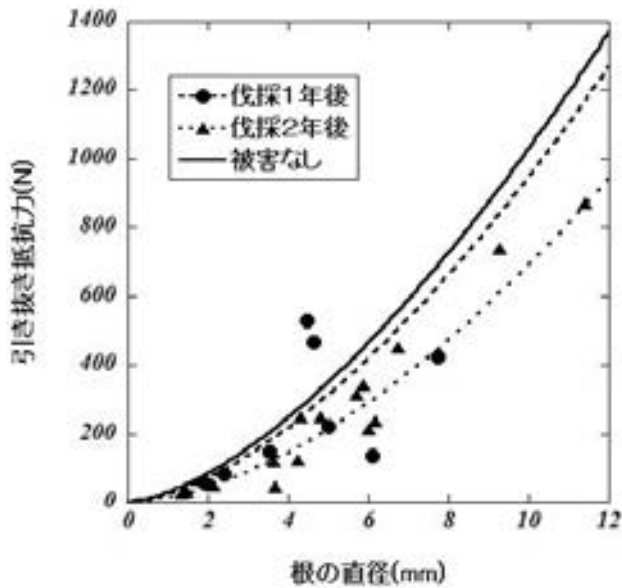


図-1. 伐採1年後、2年後における根の直径と引き抜き抵抗力の関係

樹木根系による表層崩壊防止機能は、想定されるすべり面に根系が侵入することで発揮される。斜面の安全率を評価するために使用される斜面の安定計算式において、根系の効果はせん断力補強強度 ΔC として、土の粘着力に付加する形で考慮される。阿部(1997)は、せん断力補強強度 ΔC の算出に当たり、以下の式を用いている。

$$\Delta C = P_0 (\cos \beta \tan \phi + \sin \beta) \quad (3)$$

ここで、 P_0 ：根の引き抜き抵抗力、 β ：せん断によって生じる根とせん断面の角度、 ϕ ：土の内部摩擦角である。 β は次式によって算出される。

$$\beta = \tan^{-1} (bB) \quad (4)$$

ここで、 b ：根の変形係数、 B ：せん断変位の1/2の長さである。 B は室内一面せん断試験より経験的に2.5を用いることができるとしている(阿部1997)。 b は次式によって算出される。

$$b = 0.2262 - 0.0715 (A_r/A) - 0.0016 D \quad (5)$$

ここで、 A ：せん断面積、 A_r ：せん断面積中の根の断面積、 D ：根の直径である。

せん断力補強強度の算出に当たっては、(3)～(5)式に加え、すべり面上に存在する根の本数を推定することが必要である。本調査では苧住(2010)が実施した胸高直径26cmのコナラ根系調査結果を基に、表層崩壊が発生する土層深を表層から1mとした場合、すべり面に存在する根の本数を0～5mmの根：11本、5～10mmの根：2本、10～15mmの根：5本と推定した。以上の条件の下において $\phi = 30^\circ$ とした場合、(1)～(5)式を用いて算出された ΔC (kN/m²)は、伐採1年後：0.31、伐採2年後：0.23となった。ナラ枯れの被害を受けていない通常のコナラ根系による ΔC は0.34(黒川, 2012)であり、伐採1年後、2年後の ΔC は伐採直後の被害を受けていない根系と比較して、それぞれ91%、68%の値となっていることがわかった。黒川ら(2000)の調査では伐採後の根系による崩壊防止機能について、他の樹種と比較してカラマツ、クロマツ等マツ類において根系による崩壊防止機能が早い段階で消失し、安全率が大きく低下し、それ以外の樹種では伐採後2年程度では根系による崩壊防止機能がそれほど低下していない。このことから、ナラ枯れ被害を受けた樹木の根系による表層崩壊防止機能は、通常の伐採時よりも早く消失している可能性が示唆された。

IV. おわりに

伐採2年後のせん断力補強強度は約2/3にまで低下しており、健全な森林と比較して表層崩壊の発生危険度が高まっていることが確認された。本調査ではナラ枯れ被害を受けた根系による表層崩壊防止機能について、伐採後1～2年後の調査結果を基に検討を行ったが、今後も腐朽が進みその影響で通常の伐採よりも早期にその機能が失われるのか、それとも腐朽の影響は初期段階のみで、以後は引き抜き抵抗力の低下が緩やかとなり従来と同様の消失時期となるか、いずれの過程をたどることになるかはまだ結論が出ていない。根株の腐朽と引き抜き抵抗力の関係については調査事例も少ないため、可能であれば継続して調査を行うことが望まれる。

引用文献

- 阿部和時(1997) 森林総研研報 373: 105-181.
 苧住昇(2010) 最新樹木根系図説 各論, 1101 pp, 誠文堂新光社, 東京.
 北原曜(2010) 水利科学 311: 11-37.
 黒川潮ほか(2000) 日林学術講 111: 641-642.
 黒川潮(2012) 平成24年度砂防学会研究発表会概要集: 658-659.
 日本森林技術協会(2012) ナラ枯れ被害対策マニュアル, 29 pp, 日本森林技術協会, 東京.
 林野庁(2014) 「平成25年度 森林病虫害被害量」について, <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hogo/140730.html>, 参照 2014-11-05.

(2014年11月7日受付; 2015年1月8日受理)