

γ線樹木腐朽診断器による診断結果の季節による比較

山田利博 (東大千葉演)・飯倉 寛 (原研)・村田政穂 (東大演)

要旨: 生立木材腐朽の非破壊診断法としてγ線の透過率を用いる方法があるが、季節による水分条件の変化が診断結果に影響を及ぼす可能性がある。そこで、γ線樹木腐朽診断器を用い東京大学演習林田無試験地および新技術開発財団植物研究園において季節を変えて腐朽診断を行った。調査した樹種は田無試験地(6月, 1-2月)でスギ, ヒノキ, オオモミジ, シラカシ, サクラ, 植物研究園(6月, 9月)でヒノキ, シダレザクラ, ヤブツバキ, ヤマモモである。外観健全な針葉樹では外観が健全であっても材中心部に広くγ線透過率の高い部位がみられたが、広葉樹ではそういうことはなかった。針葉樹, 広葉樹を問わず季節によって診断結果に大きな差異は認められなかったことから、γ線腐朽診断では診断の季節は問題にはならないと判断された。

キーワード: γ線, 腐朽, 診断, 非破壊検査, 季節

I はじめに

樹木の保護, 事故防止のため生立木内部の腐朽や空洞を診断する際, 傷をつけるとそこから腐朽が拡大することもあるため非破壊で診断したいという需要は多く, これまで非破壊検査として種々の手法が検討されてきた。ある断面における腐朽・空洞の形状が測定可能な方法としても, 放射線透過率, ストレス波・超音波伝播速度, 電磁波反射, MRIがある(例えば7, 8, 12)。

γ線(線源は ^{133}Ba , ^{60}Co , ^{137}Cs 等)を用いた診断法では, 線源を ^{137}Cs とする強力なγ線を用いたCT解析も行われている(1)ほか, 野外で簡便に用いる方法の開発が試みられてきた。後者は, 規制外の微弱な線量で簡易型として2方向からの測定で腐朽・空洞の位置と範囲を決める方法であるが(2, 6), 近年実用化の域に達した(3)。

樹木材腐朽の非破壊診断法の多くに共通する問題点であるが, γ線診断法における問題点として以前から水が指摘されている(2)。水も材組織に近いγ線吸収率を持つことから, 季節による水分条件の変化が診断結果に影響を及ぼす可能性がある。そこで, γ線樹木腐朽診断器を用い, 季節を変えて腐朽診断を行い診断結果に差異が認められるかどうか検討した。

II 材料と方法

腐朽診断には国土交通省国土技術政策総合研究所および中外テクノス(株)により開発されたγ線樹木腐朽診断器(γ線源は ^{137}Cs 3.7MB)を用いた(3)。本器は90°ずらした2方向からのγ線透過量を測定し, 実際の透過量

が測定部の樹幹形状から計算される透過量より高い部位を腐朽・空洞部と判定し, その位置および範囲を楕円形で近似するとともに腐朽程度を計算することができるという仕様である。今回は, 測定部位の断面において本器で腐朽部と判定された部分の面積割合をγ線高透過部面積率(%), 腐朽部と判定された部分の密度が健全部密度に対してどれだけ低下したかという割合をγ線透過程度(%)として示す。

2007年1~2月および6月に東京大学演習林田無試験地(東京都西東京市)に植栽されたスギ, ヒノキ, オオモミジ, シラカシ, サクラ(DBH 18.1~25.6cm)のそれぞれ樹幹の外観健全木および測定部の樹幹外観に大きな傷害のある木(以下, 傷害木)各1本について診断を行った。また, 2006年9月, 2007年6月に(財)新技術開発財団植物研究園(静岡県熱海市)に植栽されたヒノキ2本(ヒノキ傷害木は9月のみ), シダレザクラ, ヤブツバキ, ヤマモモ各1本(DBH 24~41cm)について診断を行ったが, 植物研究園の供試木はヒノキの1本を除いて樹幹に傷害, 穿孔, 膨れなどの異常が認められた。

III 結果

図-1に季節を変えた場合の診断結果をシラカシの例で示す。測定の時間間隔を変えたため透過量の変化パターンにはやや違いがみられたが, 診断結果はほぼ同じであった。針葉樹, 広葉樹, また外観健全木, 傷害木を問わずこのように季節によってγ線高透過部面積率およびγ線透過程度に大きな差異は認められなかった(図-2, 3)。

Toshihiro YAMADA (Univ. Forest in Chiba, The Univ. of Tokyo, Amatsu 770, Kamogawa, Chiba 299-5503), Hiroshi IKURA (Jpn. Atom. Ener. Agen., Shirane Shirakata 2-4, Tokai, Ibaraki 319-1195), and Masao MURATA (Grad. Sch. of Agric. and Life Sci., The Univ. of Tokyo, Yayoi 1-1-1, Bunkyo, Tokyo 113-8657)

Seasonal diagnostic variation for wood decay in standing trees using a γ-ray decay detector.

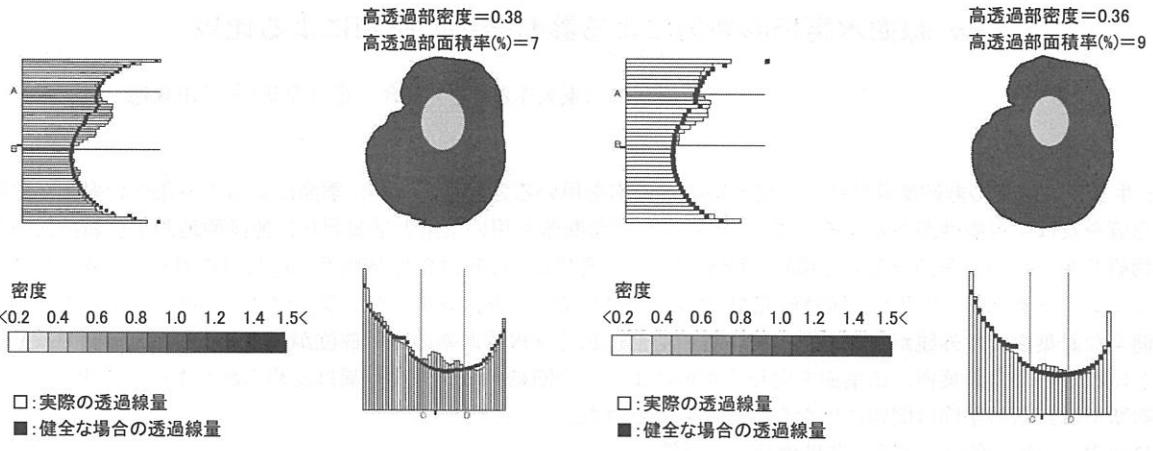


図-1. 診断結果の2月(左)と6月(右)の比較例

田無試験地のシラカシ傷害木(測定高50cm)。

診断画面を基に再構成した。グラフの棒は実際のγ線の透過量、点は樹幹形状から予測される透過量を示す。断面の色の濃さは密度(g/cm^3)を示す。

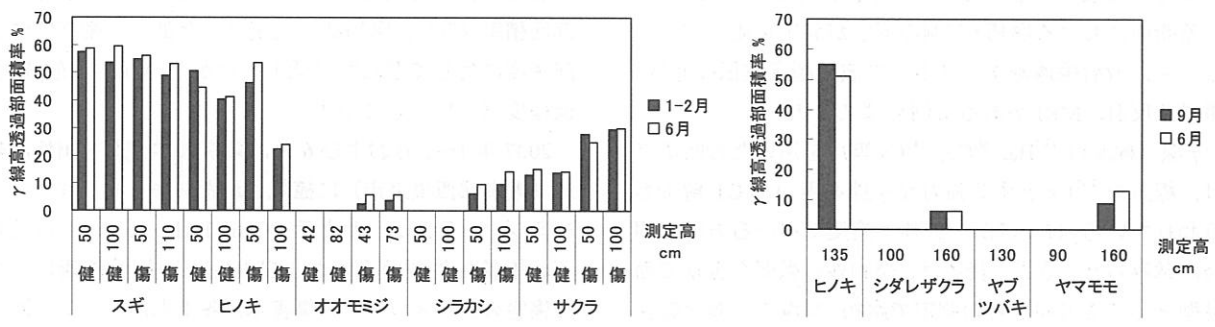


図-2. γ線高透過部面積率の比較(左:田無試験地, 右:植物研究園)

健は外観健全木, 傷は外観に大きな傷のある木を示す。植物研究園のヒノキは外観健全木, 他は傷害あるいは異常のある個体。田無試験地は2~3測定平均, 植物研究園は1~2測定平均で表示。

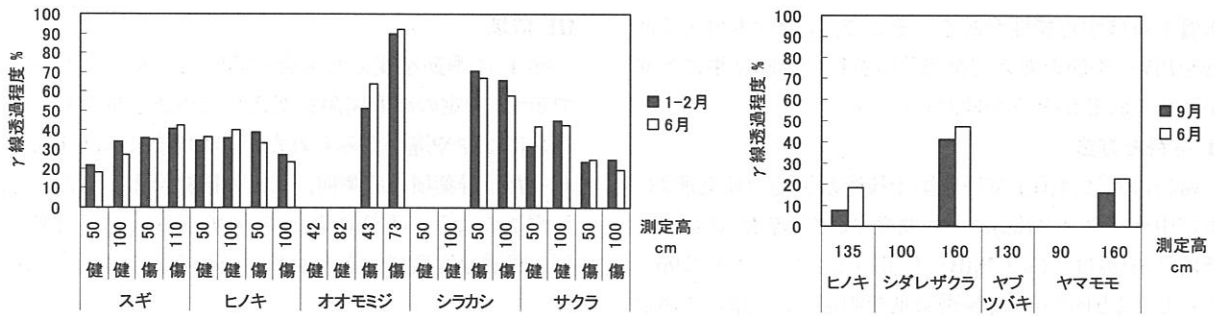


図-3. γ線高透過部の透過程度の比較(左:田無試験地, 右:植物研究園)

健は外観健全木, 傷は外観に大きな傷のある木を示す。植物研究園のヒノキは外観健全木, 他は傷害あるいは異常のある個体。田無試験地は2~3測定平均, 植物研究園は1~2測定平均で表示。

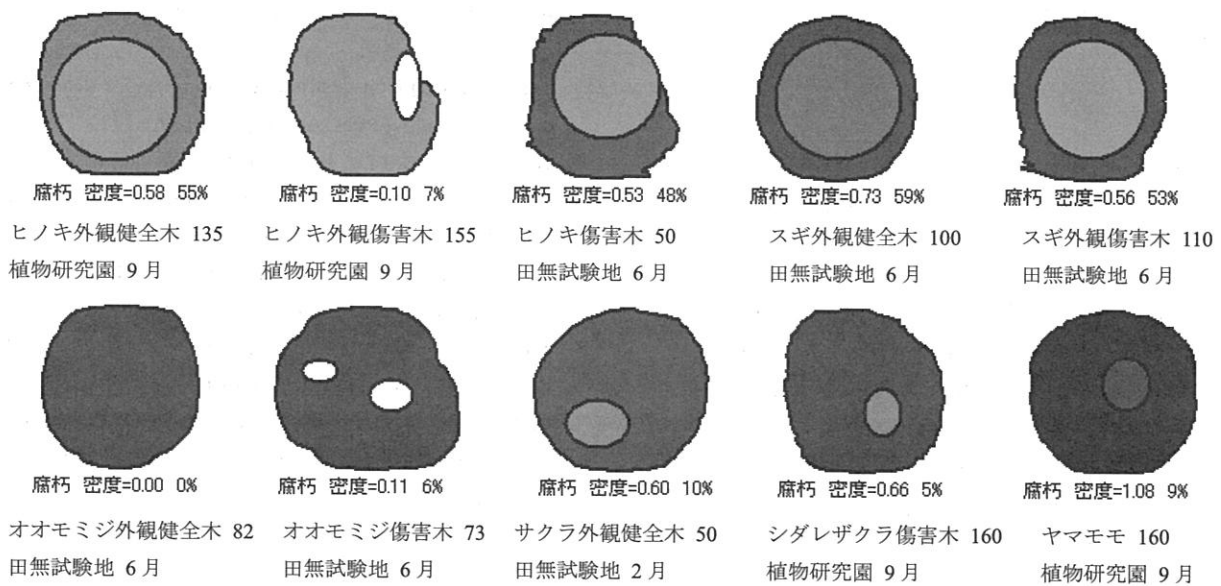


図-4. 診断結果例

各図の下の「腐朽 密度=」に続く数字は本器によって腐朽部と判定された部位の密度および樹幹断面に対する面積比 (%) を示す。樹木名横の数字は測定高 (cm) を示す。図の濃淡は密度を示す (図-1 参照)。

外観健全な針葉樹では材中央部に広く γ 線透過量の高い部位がみられた (図-4)。そのため図-2, 3 に示すように外観健全木でも γ 線透過程度は高くないものの大きな腐朽が存在するという診断結果になった。傷害針葉樹の傷害部ではそのような部位がみられる場合とみられない場合とがあった。広葉樹では外観健全木, 傷害木ともに材中央部に広い範囲で透過量の高い部位がみられることは少なかった。

IV 考察

本研究で用いた γ 線樹木腐朽診断器は現場での実用的な利便性を第一に設計されたものである。樹幹表面の傷口 (図-1 断面図の左上方向) に露出している腐朽部を表示できないなど、2方向の測定からくる制約のため腐朽範囲を楕円形で近似することによる誤差は避けられない。また、腐朽部の密度は均一であると仮定して計算するため、腐朽範囲の判断のわずかな差異から腐朽程度の数値が大きく変動することもある。ただし、これらは透過量のグラフから判定を補正することが可能である。また、機器を正確に同じ場所に再設置することが困難であるといった誤差の要因がある。

γ 線腐朽診断に影響する可能性がある樹幹含水率は季節により変化し、成長期の方が低いものが多いが、その傾向は樹種によって異なる (13)。今回測定した樹種では、スギで辺材含水率の季節変動があるものの、個体差の方が大きく傾向は明らかでないことが報告されている (5)。今回、成長期と成長休止期の測定結果に差異がみられなかったことから、少なくとも今回測定した樹種

と条件下においては本器による γ 線腐朽診断の季節は問題にはならないと判断された。

いくつかの広葉樹で本器を用いた診断結果と実際の腐朽の範囲がよく一致する (3)。断面積の大きな腐朽がみられる針葉樹についても γ 線診断による予測腐朽範囲に大きな誤差はない (4)。しかし、腐朽がない場合、あるいは腐朽の範囲が狭い場合には、含水率の低い材変色部や心材があれば低密度の部位として観察されることが予想される。こうした部位がどのように観察されるのかこれまで示された例はないため、今回スギ, ヒノキで材中央部に観察された γ 線透過率の高い部位が腐朽部なのか含水率の低い心材なのか判断できない。どちらであるのか明らかにする必要があるため、今後、調査木の解体による腐朽調査と含水率の測定を行って診断の精度向上を図りたい。

スギで強度の水ストレス下では季節変動より大きな含水率の低下が起こることが報告されている (11)。また、フユナラ *Quercus petraea* やトルコナラ *Q. cerris* で γ 線 CT で測定した材密度 (水分含む) と同じ位置での蒸散流速との間に相関があり、水ストレスの程度による含水率の差異が γ 線で捉えられることが示唆されている (9, 10)。水ストレスによる辺材含水率の変動が心材部の腐朽の診断に影響を及ぼす可能性があるため、この点についても検討する必要がある。

調査に便宜を図っていただいた東京大学演習林田無試験地のスタッフに深謝する。なお、本研究は(財)新技

術開発財団の「植物研究助成」によって行ったものである。

引用文献

- (1) HABERMEHL, A. and RIDDER, H.-W. (1995) Computerised tomographic investigations of street and park trees. *Arbor. J.* 19: 419~437.
- (2) 飯塚徳義 (1956) γ -線による生立木(トドマツ)の内部腐朽鑑定法に関する研究. 東大演報 52: 143~163.
- (3) 飯塚康雄・藤原宣夫 (2003) γ 線を利用した樹木腐朽調査—腐朽診断器の開発—. 樹木医学会第8回大会講演要旨集: 31.
- (4) 飯塚康雄・神庭正則 (2005) γ 線樹木腐朽診断機による診断事例. 樹木医学会第10回大会講演要旨集: 55.
- (5) 池田潔彦・木野直樹 (2000) 応力波伝播速度による立木材質の評価と適用(第I報) スギ立木含水率の季節変動と応力波伝播速度による評価. 木材誌 46: 181~188.
- (6) 河辺祐嗣・岡田直紀・久林高市・石原 誠・秋庭満輝 (1998) γ 線によるヒノキ根株腐朽病害の非破壊検出. 日林論 109: 377~378.
- (7) NICOLOTTI, G. and MIGLIETTA, P. (1998) Using high-technology instruments to assess defects in trees. *J. Arbor.* 24: 297~302.
- (8) OUIS, D. (2003) Non-destructive techniques for detecting decay in standing trees. *Arbor. J.* 27: 159~177.
- (9) RASCHI, A., TOGNETTI, R., RIDDER, H. W. and BERES, C. (1995) Water in the stems of sessile oak (*Quercus petraea*) assessed by computer tomography with concurrent measurements of sap velocity and ultrasound emission. *Plant, Cell and Env.* 18: 545~554.
- (10) TOGNETTI, R., RASCHI, A., BERES, C., FENYVESI, A. and RIDDER, H. W. (1996) Comparison of sap flow, cavitation and water status of *Quercus petraea* and *Quercus cerris* trees with special reference to computer tomography. *Plant, Cell and Env.* 19: 928~938.
- (11) 山田利博・宮島淳二・伊藤進一郎 (1996) 暗色枝枯病の発生を起因した乾燥とスギ生立木辺材の含水率. 日林論 107: 315~316.
- (12) 山田利博・渡辺直明 (2006) 樹木の危険度診断と外科的対策. (最新・樹木医の手引き 改訂3版, 559pp., 日本緑化センター, 東京). 474~523.
- (13) 矢沢亀吉 (1964) 樹幹内での含水率の分布. 北方林業 16: 309~314.