

樹木講座 8 : ナラ枯れと樹木の健康管理

黒田 慶子*

I. はじめに

樹木の健康については、人によって解釈がさまざまであり、健康管理や治療の方法にもその考え方の違いが影響することがある。樹木の場合、病気に罹ってから治療して回復させることが難しいため、健康に生育する環境を整えることが何よりも重要である。対症療法にとどまらず、予防医学の発展を推進したい。しかし一方では、健康な樹木であれば病気に罹らない、あるいは軽症で済むとは限らない。伝染力が高い、強病原性の病原体が増えると、健康であっても罹病して重症化することは、インフルエンザなどの例で認識されている。にもかかわらず、マツ枯れ（マツ材線虫病）に関しては、「マツの生育環境を良くして元気にしてやれば、枯れない」と判断し、地掻きや炭の土壌施用で安心する例が後を絶たない。また、樹木の治療や樹幹注入では、人間の医学の解釈に引きずられやすいが、樹木の生理が動物と大きく異なることを認識していなければ、誤った対処方法になることがある。ここでは、普段曖昧なまま納得してしまいやすいことや、樹木の健康のとらえ方などを整理してみたい。

樹木医は、庭木や街路樹など単木的な樹木の病気に対応する場合が多いものの、近年では、都市公園・森林公園の管理を求められる場合や、NPOや森林ボランティアの指導者として、里山林などかなり広い面積の健康管理に対応する場合も増えているようである。樹木の集団（森林・公園）の健康管理は、単木の病気に対応する場合とは対処方法が違って来る。また、マツ枯れ・ナラ枯れでは、森林での病害蔓延が庭園等に影響することから、特定の場所の樹木だけを守ることが難しい。本稿の題名は「樹木の健康管理」であるが、樹木を集団的に扱う場合も視野に入れて解説したい。

II. 樹木と森林の「健康」の概念

罹病木を治療して健康に戻すことは困難なため、樹木

医学では、発病してから診断するだけではなく、樹木の健康状態を悪化させる生物的・環境的要因を取り除く方向で日常的に管理することが極めて重要となる（黒田 1999, 2004）。樹木の健康低下の原因は微生物や昆虫などの加害によるものが多いが、環境変動（渇水など）の影響やこれらの複合現象、遺伝、老齢化が要因になることもかなりある（図-1）。ただし、樹木の健康調査や診断の際に、多数の検査項目と数値を並べたカルテを作っても、あまり役には立たない。具体例を挙げると、街路樹の根元の土壌の硬さ（機械による測定）や樹幹のこぶや傷、枯れ枝の数などを記載しても、衰弱の程度を示す指標とはならない。人間の健康診断で数値が生きてくるのは、「正常値」とそれが意味することがわかっているからである。

樹木医としての研鑽が必要になるのは、診断と処方（対処方法の決定）に必要なデータをどこから得るか、つまり樹木や生育環境のどこを見るべきか判断する部分であろう。カルテを埋めることが重要なのではない。マツやナラ類などの樹木が集団で枯死すると、「環境汚染」や「地球温暖化」が原因という報道が多くなり、微生物や昆虫などの生物の関与が軽視されがちであるが、憶測に流されず、主因と誘因（発病を助長するような現象）を区別して説明できることも重要になる。また、首都圏のスギの衰退の主たる原因は酸性雨ではなく「都市化に伴う大気の乾燥」であると研究で明らかにされた（福田 2004）が、このような研究情報は常に得ておく必要がある。

健康な樹木とは、成長が旺盛で病虫害が少ない状態であり、ある程度共通の感覚で判断することができる。一方、健康な森林とは、「樹木が持続的に成長し、森林として維持されること」が条件として不可欠であるものの、研究分野により考え方が食い違っていることがある。森林のタイプによって重点の置き方が異なり、原生林や天然に近い林では「適度に枯死木が発生して世代交代し、多様性が維持される」（長池 2007）ことが重視され、人工林では

Keiko Kuroda* (2010) How to maintain tree health under the threat of the mass mortality of oak trees caused by *Raffaelea quercivora*. Tree and Forest Health 14 : 60~66

* 森林総合研究所関西支所 〒612-0855 京都市伏見区桃山町永井久太郎 68

* Forestry and Forest Products Research Institute, Kansai Research Center, Momoyama, Fushimi, Kyoto 612-0855, Japan

※ 樹木医学会は記事中の材料および方法を個別に推奨するものではありません。

種々の要因の複合的影響

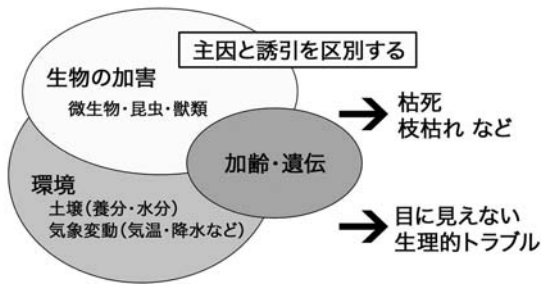


図-1. 樹木の健康低下につながる要因の相互関係

「良質の材が生産されること」が重要なので、病虫害を増やすような枯死木の発生は望ましくない、というふうな用途・目的に関連づけられた見方がされる。樹木医学では、個々の樹木の健康に配慮すると同時に、公園や森林のひとつかたまりの樹木が維持されるように、管理の手法を決めていく必要がある。

なお、「森林の健康調査」（蔵治ら 2006）という近年の市民活動では、森林を「一つの体」に例えて、「枝打ち・間伐が遅れている林は不健康」という基準で判断し、病気の発生状況は調査項目にない。この基準で不健康とされた森林は、病虫害を受けやすい可能性はあるが、一方では、樹幹内で腐朽が進行していても健康と判定されることも有り得る。今後、樹木医学の概念が加味されるよう望んでいる。

III. ナラ枯れを題材にして樹木の健康と病気について考える

1. 萎凋病ナラ枯れとは

近年増加しているナラ類樹木の集団枯死は、糸状菌 *Raffaelea quercivora* がカシノナガキイムシという体長 5 mm 程度の養菌性甲虫（アンブロシアビートル）に媒介されて起こる萎凋病である。ブナ科の中で、ブナ属を除く属（コナラ、クリ、シイ、マテバシイなどの属）の樹木が枯死する。この被害は本州の日本海沿岸を中心に東北や山陰地方で拡大中であり、中部・近畿地方では被害地が南に拡大している。枯死被害は森林だけでなく公園や民家の周囲でも発生している。発生地図や病気の詳細な説明、防除法については本稿では割愛するので、解説書などを参照していただきたい（黒田 2008, 大住ら 2007）。

このような集団枯死を起こす流行病の対策は、マツ枯れ（マツ材線虫病。北海道と青森県を除く全都府県で発生）と同様に枯死木の伐倒駆除と予防が基本である。近年、枯死木に散布する薬剤の認可や、カシノナガキイ

ムシのフェロモンと殺菌剤の生立木樹幹注入を併用する方法など防除技術の開発が進み、被害増加を押さえることは技術的には可能になってきた。しかし伐倒駆除には費用と労力がかかるため、山腹で枯死本数が増え、防除をあきらめてしまった場所もある。庭や公園単位の対応で被害を減らすことが難しく、周囲の森林を含めた被害軽減対策が望まれる。

2. 流行病を侮ってはいけない

ナラ枯れは 1990 年代から被害が拡大しているが、1980 年代に被害が激増したマツ枯れ（林野庁, 2008ab）と共通点がある。昆虫が媒介する病気は、媒介昆虫の生息密度が低い間は、感染の機会が少なく、媒介昆虫の生息密度が高くなると被害が増加するため、病原体よりも媒介者の動向に神経をはらう必要がある。ナラ枯れでは、媒介昆虫の樹幹への集中加害（マスアタック）を経て枯死に至る。だからこそ、枯死木の伐倒駆除で地域の媒介昆虫の密度を下げて「微害」の状態に留めることが重要となる。森林病虫害に関わる研究者は、このタイプの病気の脅威を警告し続けてきたが、行政や社寺の庭園管理者、大学演習林などの、「うちは（このあたりは、我が家は）大丈夫だと思った」という根拠のない楽観的な判断を多数見ている。薬剤の予防散布を長年続けてマツ枯れ被害量をある程度押さえてきた場所で、「被害が無くならないので散布をやめた」「散布を 1 回にした」という話も聞く。集団枯死被害が激増するきっかけは、このような誤った判断（やむを得ないこともあるが）によることも多い。

「様子を見て」しまう理由として、樹木は「枯れるまでは極めて健康に見える」という特徴、多大な費用をかけるにくいこと、管理責任者が枯れる原因や防除のしくみを理解していないため、薬剤の効果に猜疑心をもってしまうことなどがあげられるだろう。樹木の健康維持について正しく判断するには、病気の感染のメカニズムや枯死の起こりやすい条件について知識を持っていることが大切である。マツ枯れの予防で、「去年は薬剤を散布したが今年は散布しなかった（来年は散布するかも知れない）」という方針の誤りについて確認していただきたい。また、萎凋を起こす病気、葉枯れ・枝枯れ性の病気、および生理的な衰弱と枯死（乾燥による水切れや根腐れ）について、樹体内で起こる現象を区別して理解できているかどうかが重要である。この知識の程度により予防や治療効果が左右される。防除の実施手順を学ぶだけでなく、なぜそうするのか理解することが重要である。

IV. 樹木組織の防御反応は有効か？

1. 発病するまでに樹体内で起こる現象

ナラ枯れの病原菌 *R. quercivora* は、幹の中でカシノナガキクイムシが作った長いトンネル（孔道）を伝って分布を拡大し、菌の分布範囲では（厳密には多少ずれる）木部が褐色に変色する（図-2～4）。広葉樹では一部の種を除いて、道管が木部樹液（根から吸い上げた水）上昇の主な通路である（図-4, 5）（佐伯 1982）。変色した木部の道管は水を上げられなくなるため、変色が辺材の横断面全面に広がると（図-2：高さ 1 m）木部樹液の流動が止まって枝葉への水分供給が滞り、梅雨明け後から水不足となって枯れる（黒田・山田 1996）。水が揚がらなくなる一方で、地際部では水分が溜まった状態となり、萌芽（樹幹基部からのひこばえ、芽生え）がよく見られる。水分通道のメカニズムについては、図-5 と樹木講座 2（黒田 2007）を参照していただきたい。なお、葉で作られた同化産物（ショ糖）は師部（内樹皮）にある師管を通じて樹木の下方に運ばれる。その師管の中を通る師管液と木部樹液は全く別のものである。

R. quercivora は辺材部の生きている細胞に侵入することができ、栄養の取り方など、腐性菌、腐朽菌とは生態が異なっている（図-3, 6）。侵入された細胞は壊死するが、菌糸の周辺の生きている細胞（柔細胞）では防御反応として二次代謝物質の生産が活発になる。変色部の形成が進む過程では柔細胞から着色物質（二次代謝産

物）が放出され、さらに柔細胞類の壊死という現象がほぼ同時に起こることがわかっている（Kuroda 2001）。細胞から放出された物質は酸化・重合などを経て、繊維などの細胞壁を褐色～黒褐色に染める（図-2, 4）。この変色部は傷害心材とも呼ばれ、心材の成分と同様の有毒な物質（フェノール類、テルペン類、スチルベンなど）を

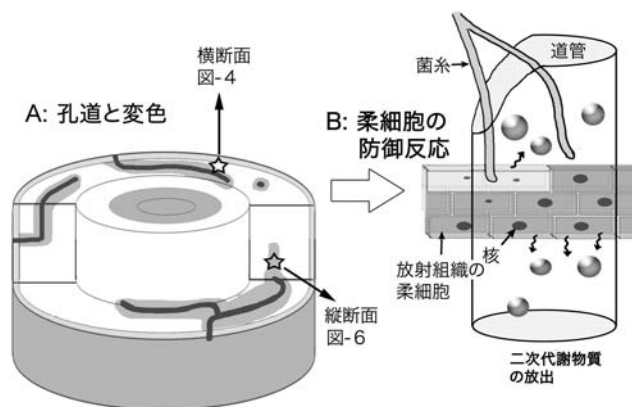


図-3. カシノナガキクイムシが穿入した樹幹内部および防御反応

A：孔道周辺部では病原菌の *Raffaelea quercivora* が繁殖し、変色が起こる。

星印は実体顕微鏡（図-4）および光学顕微鏡（図-6）で観察した位置を示す。

B：柔細胞から道管内に二次代謝物質が放出される。テルペン類やフェノール類を含む物質が酸化・重合し、材が褐色になる。褐変した部位では水分通達が停止する。

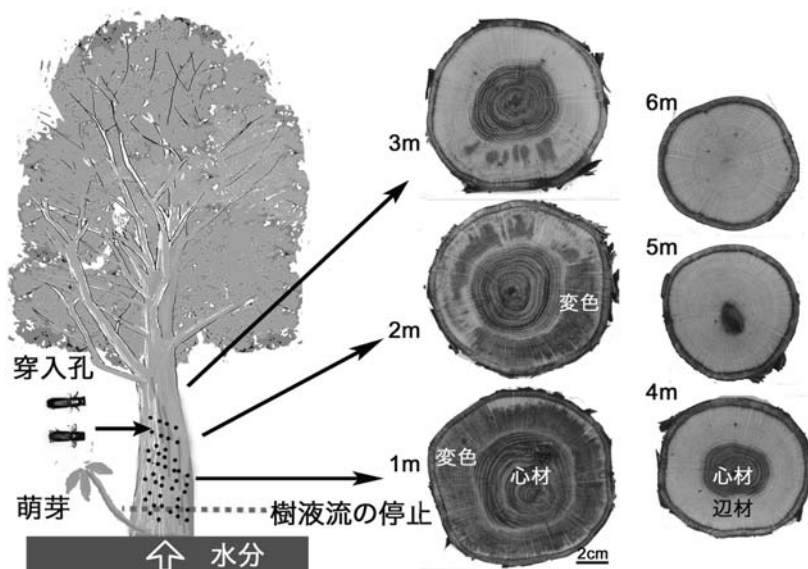


図-2. カシノナガキクイムシの集中加害を受けて葉が変色しはじめたコナラの樹幹断面
高さ 1～6 m の横断面を示す。1990 年 8 月 7 日採取
健康な辺材は淡色（断面では高さ 4 m 以上）であるが、菌が繁殖した樹幹下部
（3 m 以下）では辺材が変色し、心材と同様に褐色～黒褐色を示している。

含んでいる。

ところが、菌糸はカシノナガキクイムシの孔道を利用して分布拡大するので、有毒成分の影響が出る前に組織内に広く分布することができる。樹幹下部の高密度の孔道形成と菌糸の伸長に伴って、変色部位も拡大し、図-2の状態で木部の樹液流は停止する。効果の少ない防御反応が継続して、枯死につながったのである。カシノナガキクイムシの大量穿入がなければ、菌の分布も防御反応

も範囲は狭く限定されるので、水分通道の完全停止は起こりにくい。

カシノナガキクイムシの穿入があって枯れなかった個体は、次年度に再度の穿入がほとんど無く、枯れない（枯れにくい）と指摘されているが、これは、変色部が部分的に形成された辺材では、菌類（*R. quercivorai* およびカシノナガキクイムシの食料となる菌類）の生育が阻

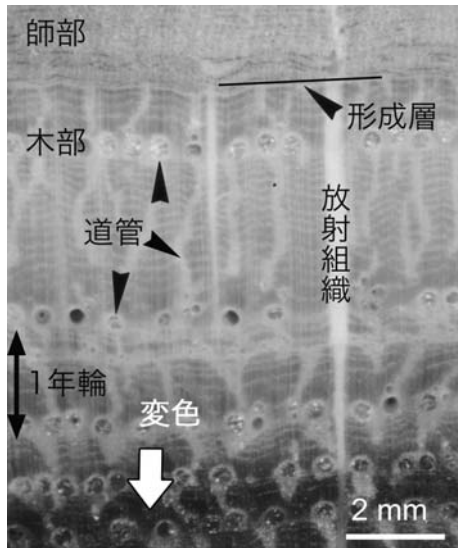


図-4. カシノナガキクイムシの孔道周辺部の横断面
コナラ樹幹の組織及び細胞名を示す（実体顕微鏡写真）

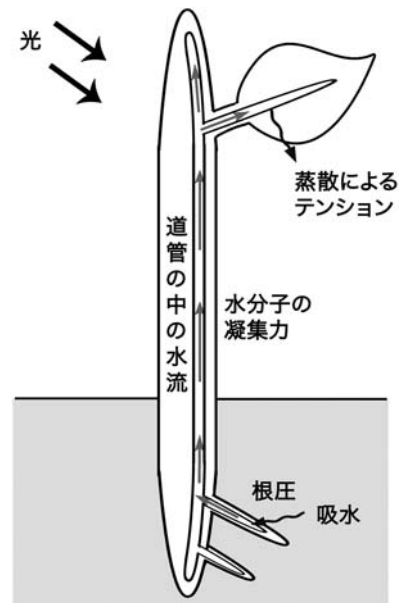


図-5. 木部樹液の上昇の概念図

根から吸われた水は、根圧および蒸散による引っ張りの力と水分子の凝集力で梢端まで上がる。

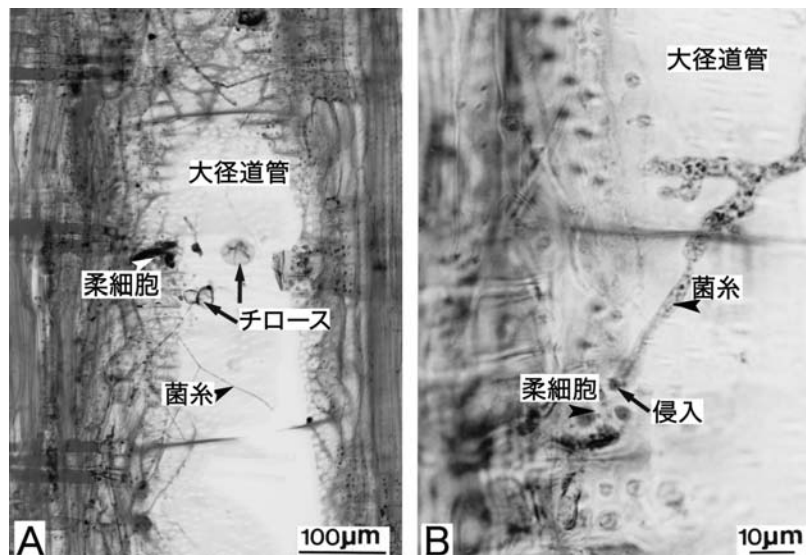


図-6. *R. quercivora* が感染したコナラ木部の光学顕微鏡写真

縦断切片，サフラニン・ファストグリーン染色。

A：道管内で菌糸が伸長。樹液流動停止後にチロース形成が認められる。

B：生きている柔細胞に菌糸が侵入している。

害され、カシノナガキクイムシの繁殖に適さないためであろう。防御物質はこのように、状況によっては有効に働く場合もある。

2. 抵抗力とは何か

R. quercivora に感染した樹木は全部枯れるのではなく、樹種や生育状況により、枯れやすさに差があることがわかっている。ミズナラが最も枯れやすく、それに次いでコナラが枯れ、カシ・シイ類は落葉ナラ類より枯れにくいと言われているが、実際には、常緑のカシやシイなども多数枯死している。枯れにくさには、樹木の生理的特性（水分の要求度や菌に対する防御など）と、カシノナガキクイムシの加害や繁殖に関わる要因も絡むため、単純に割り切って順位づけることができない。

人間の場合は「免疫反応」で知られるように、一度感染した病原体には抗体が形成され、再度感染・発病ににくい。植物の場合は、動物の免疫と全く同じメカニズムではない。樹木自身が持つ抵抗力は、上述の「防御反応」のように、傷害や外敵の加害（昆虫の食害や菌の感染）に対して、毒性のある成分を樹体内で生産し、相手の侵入や増殖を阻止するというものが主体である。マツヤニなど樹脂も同様の役目を果たしている。局所的な感染や昆虫の食害にはかなり効果的と推測される。マツ材線虫病の場合は、激害林分で枯れなかったアカマツ・クロマツ個体の中から抵抗性のものを選抜育種し、抵抗性苗の生産が始められているが、抵抗性のメカニズムにはまだ不明な点が多い。

3. カシノナガキクイムシ穿入木樹幹からしみ出る樹液とは

カシノナガキクイムシの孔道の開口部から樹液がしみ出し、樹幹表面を黒褐色に染めていることがある。この液は、樹木が積極的に分泌しているのではなく、根から吸い上げられた水（木部樹液）が孔道を伝って溢れだしたものである。広葉樹の場合、蒸散により木部樹液が引き上げられるだけでなく、根が能動的に水を揚げている（図-4）。少数のカシノナガキクイムシの穿入があり、部分的に木部樹液の流動が悪くなった結果、樹液の一部がヘチマ水のように流出したと考えられる。しみ出した部位が褐色に染まるのは、材の変色部の水溶性物質が樹液に溶け込んだためである。

健全な若齢木では、水の吸い上げが良い傾向があり、道管の多くは水で満たされている。上記の樹液の漏出は老齢の大径木よりも、比較的若い樹木でよく観察される。*R. quercivora* は水没した状態では成長が遅いことが観察されており、樹液流動の盛んな若齢木では繁殖しにくいと推測される。また、カシノナガキクイムシの繁

殖にも、このような材内の水分量の影響があると考えられている。樹液流出が見られた樹木ではカシノナガキクイムシの繁殖が失敗している場合が多いことや、穿入されても生存しているナラ類樹木で茶色い樹液の染みが観察されるため、「防御反応の効果」という憶測がでたのであろう。樹脂分泌のように、目的があって機能的に起こった現象と、単にある現象に付随して起こった現象は区別し、因果関係をこじつけないように注意が必要である。

V. 健康管理の要点

1. ナラ枯れ発生への対処

昆虫が媒介する伝染病の被害を減らすには、日本脳炎やマラリアなどと同様に、「媒介昆虫の数を減らすこと」が何よりも重要である。枯死木の除去で翌年の被害本数が少なくなることは実証されており、枯死本数を突然ゼロにすることは難しいが、微害の状態に留めることができる。枯死木が放置されている場所が近隣にあれば、守りたい場所だけで対策を講じても効果が薄い。枯死木の早期発見や対処方法の検討には、住民ボランティアも巻き込んで、地域における連携が望ましい。

なお、ナラ類やシイ・カシ類の集団枯死木の樹幹では、腐朽菌の活動が活発である。短期間（枯死年度内）に腐朽菌が広がる例が観察されており、倒木や枝折れなどが他の自然枯死木より早く起こる可能性がある。公園や人家の近く、あるいは急斜面では特にこの点に留意する必要がある。

ナラ枯れの予防薬（殺菌剤）は、未感染の健全木にあらかじめ注入する。カシノナガキクイムシの穿入があった場合に、食料となる菌や病原菌を殺し、食料を絶つことと生息環境を悪くすることによって、カシノナガキクイムシを殺す。マツ枯れ予防の樹幹注入は樹脂流出が少ない冬季に行うが、ナラ枯れ予防では樹液が勢いよく上昇する春期に薬液を吸わせる。ナラ枯れ予防で樹幹注入の時期を勘違いするのは、樹木の生理的特性（常緑と落葉樹、樹脂道の有無など）を認識していない場合であろう。ここでも、「なぜそうするのか」理解して作業を行う必要がある。

2. 萌芽は生き残れるのか

水分通導停止はカシノナガキクイムシの孔道形成が最も密な樹幹下部で起こり（図-2）、樹木の上部で葉が枯れ始めても根はまだ生きていることがよくある。この段階では、地際の辺材部（未変色）には水分が溜まっており、その部位からの萌芽がよく見られる。樹木が枯死した後にもこのような萌芽が生き残るという観察例はあるが、枯

れることが多い。たとえしばらく生きていたとしても、そのまま成長できる可能性が低いいため、萌芽による再生を期待することはできない。

3. 被害増加の背景から今後の管理手法を考える

ナラ枯れは1930年代から虫害としての記録があり、260年前の江戸時代に集団枯死の記録があると報告されているが(井田, 高橋 2010), 被害はそれほど多くなく、継続的発生はなかったようである。ところが1980年代後半から、被害量も被害地も増え続けている。被害発生地の多くは、昔の薪炭林(柴や薪の採取や炭焼き用材の林)で、枯死木は樹齢40年以上の大木が多い。なお、被害が拡大した近年では、旧薪炭林に限らず、マツ枯れあともに成立したナラ林などでも発生している。

薪炭林は通常15~30年という短い周期で伐採が行われ、萌芽により次の世代が育てられてきた。しかし、1950年代以降の燃料革命で里山が放置されるようになり、1980年代には、利用がほぼ停止した(黒田 2008)。燃料革命以前には、自然の枯死木には燃料として価値があり、枯死木は伐倒されて除去されたので被害拡大を防ぐことになった。近年ナラ枯れが拡大する理由として、カシノナガキクイムシの繁殖に適した大径の個体が増えたことと枯死木の放置があげられる。「地球温暖化がナラ枯れ増加の原因」と言われることもあるが、最近の被害増加ということで温暖化と安易に結びつけることはできない。防除のあきらめに直結するので、憶測だけで話することは避けたい。

もう少し歴史をさかのぼると、マツ林を含む里山の林の多くは数百年もの長い間、生活に必要な資源を生産するために人手を加え続けてきた林で、薪や肥料(緑肥)採取に酷使された場所が多い(タットマン 1998)。江戸時代の観光案内書である『都名所図会』などの絵図(国際日本文化研究センター)を見ると、京都の山々にはたくさんの若齢アカマツが描かれている。このような、人為的に作られて維持されてきたマツ林や広葉樹林を、人工林ではないという解釈で「天然林」という区分に含めたため、大きな誤解を生むことになった。

森林公園の整備では林床の低木などの刈り取りが中心で、高木のナラ類は伐らずに大事に残される。カシノナガキクイムシは大径木で多数繁殖するので、この整備方法では、カシノナガキクイムシの繁殖を促進することを認識する必要がある。また、散策に適した明るい林にするために高木の一部を抜き切りすることも多く(受光伐と呼ばれる)、ボランティアによる里山保全活動などでは、伐倒木(健全木)がそのまま林内に放置されていることがある。これはカシノナガキクイムシを誘引し、伐

倒木や切り株の中で繁殖させるので、新たな被害地の発生につながっている。近隣の被害地からカシノナガキクイムシの飛来が増えれば、ナラ・シイ・カシ類(ブナ属以外のブナ科の属全般)は大木から枯れてしまうことを念頭に、次世代の森林を再生させる心づもりが必要となる。「現状を美しく」することを優先しては、健康な状態で持続させることは困難である。健康に維持できることを最優先にして管理すべきであり、可能であれば、枯れる前に皆伐して萌芽再生させ、若い林に戻すのも一つの方法である。

VI. おわりに

前回の樹木講座(黒田 2007)では、「なぜその病原体が活動する状態になったのか、樹木の生理や環境因子に目を向けて、きちんと情報を得て診断する必要がある。罹病や発病の促進要因について研究が進めば、診断に留まらず、将来の枯死を減らすような予防医学的な対策が可能になるであろう。」と述べた。近年の集団枯死増加の背景にあるのは、私たちの生活習慣の変化であることから、今回はさらに、人間と樹木との関わり方にも目を向けることを提案したい。

森林は「あるがままに放置すべし」という主張もあるが、近年の急激な集団枯死により次世代の森林が再生されないという状況があり(伊東ら 2008)、「自然にあるべき姿に遷移していく」と楽観視できないことがわかってきた。森林(公園の樹木も含む)を健康に維持するには、「伝染性の流行病」に対する心構えとともに、その場所の利用履歴や現状植生に関する情報をもとにして将来の計画図を描く必要があるだろう。

関連の解説は黒田のHP(<http://cse.affrc.go.jp/keiko/hp/kuroda.html>)に掲載しており、小冊子(大住ら 2007, 黒田 2008)のpdfファイルがダウンロード可能である。

引用文献

- 福田健二(2004) 3.2.3 森林と都市化. 123-132, (鈴木和夫編, 森林保護学. 朝倉書店).
- 井田秀行・高橋 勲(2010) ナラ枯れは江戸時代にも発生していた. 日本森林学会誌 92: 115-119.
- 伊東宏樹・大住克博・衣浦晴生・高畑義啓・黒田慶子(2008) 滋賀県朽木のナラ類集団枯損被害林分の林分構造. 森林総合研究所研究報告 7: 145-148.
- 国際日本文化研究センター「平安京都名所図会」データベース. <http://www.nichibun.ac.jp/graphicversion/dbase/database.html>
- コンラッド=タットマン(1998) 日本人はどのように森をつくっ

- てきたのか. (熊崎実訳) 200 pp., 築地書館.
- 黒田慶子 (1999) 2.2 樹木の構造と機能. 57-82, (鈴木和夫編, 樹木医学. 朝倉書店).
- Kuroda, K. (2001) Responses of *Quercus* sapwood to infection with the pathogenic fungus of a new wilt disease vectored by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. J. Wood Science **47**: 425-429.
- 黒田慶子 (2004) 3.1.1 樹木の構造と機能を測る. 86-94, (鈴木和夫編, 森林保護学. 朝倉書店).
- 黒田慶子 (2007) 樹木講座 2: 木部樹液の動きと樹木の健康. 樹木医学研究 **11**: 83-88.
- 黒田慶子編著 (2008) 「ナラ枯れと里山の健康」林業改良普及双書 157. 全国林業改良普及協会, 166 pp.
- 黒田慶子編著 (2009) 里山に入る前に考えること—行政およびボランティア等による整備活動のために—. 森林総合研究所関西支所, 37 pp.
- 黒田慶子・山田利博 (1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日本林学会誌 **78** (1): 84-88.
- 蔵治光一郎・洲崎燈子・丹羽健司編 (2006) 森の健康診断—100 円グッズで始める市民と研究者の愉快的森林調査. 築地書館, 208 pp.
- 長池卓男 (2007) 樹木講座 4: 森林生態系の多様性維持における枯死木の役割と管理. 樹木医学研究 **11**: 230-239.
- 大住克博・黒田慶子・衣浦晴生・高畑義啓 (2007) ナラ枯れの被害をどう減らすか—里山林を守るために—. 森林総合研究所関西支所, 23 pp.
- 林野庁 (2008a) 森林・林業統計要覧 2008. 林野庁企画課統計調査班, <http://www.rinya.maff.go.jp/toukei/toukei.html>
- 林野庁 (2008b) 平成 20 年度森林・林業白書. 林野庁林政部企画課, http://www.maff.go.jp/j/wpaper/w_rinya/h20/index.html
- 佐伯 浩 (1982) 走査電子顕微鏡図説: 木材の構造 国産材から輸入材まで. 日本林業技術協会, 218 pp.