

森林に発生する樹木病害の伝染と防除

講師：森林総合研究所 森林病理研究室長 窪野 高德氏

1 はじめに

私達は、森林に発生した病気をいかに防ぐかということを研究している。対象となる森林は大面積であり、広い面積で発生する病気をどう防ぐかが私達の研究であり、樹木医のように単木的に治療する研究はあまり行っていない。大面積のため薬を使用できないこと、非常に多くの労力が掛かることから、森林に発生する病気をできるだけ省力的に簡便に防除するというのがポイントである。また、病気の発生する経路（伝染環）の一部を遮断することが防除に結びつくことから、その遮断するポイントを研究している。

2 森林保護学（樹病学）

木が枯れる現象は色々ある。気象の寒風害によって枯れる場合、人的な森林火災、大気汚染によって枯れる場合や、生物によって枯れる場合もある。生物によって枯れる場合を大きく三つに分けると、一つ目は昆虫が被害を起こすことによって枯れる昆虫害、二つ目は鹿が芽を食べたり、熊が樹皮を剥いたりして木が枯れる獣害、三つ目はカビやウィルスやバクテリアというものが病原菌となって木を枯らす微生物害である。私たちが研究しているのは三つ目の微生物による害である。

カビ、ウィルス、バクテリアは伝染し、どんどん広がるものである。広がると被害が大きくなるのでそこを食い止めるということで、樹病学が特別に学問的に発展してきたという経緯がある。樹病学とは、木も植物の一部であるから植物病理学の一環として発展してきた。植物病理というと稲や麦や野菜などが研究対象と思われるが、私たちの研究対象は樹木である。

樹木の生活環境は大面積であり、農業のように小さな面積ではないから発生生態や発病条件も異なる。農業の場合、農薬のようにお金を投入して防除するが、林業の場合は経済的な問題もあり、病気にかかってしまうと治療はしない。その代わりに伐倒して処分することが主であり、農業と林業では病気の取り扱いも異なる。

樹病というのは、三つの対象となるフィールドによって扱い方が分かれる。これまでは拡大造林ということで人工林を増やしてきたので、当然病気も多く出てくることになる。我々がこれまで研究を行ってきたのは、経済的価値を優先とした人工林に発生する病気である。

二つ目は、最近はまだ少し生態系における広範囲な森林保全的な部分、いわゆる天然林を対象とする病気も研究している。木が枯れると崩壊が発生しやすくなることから森林保全を対象とした研究を行っている。特に最近問題になっているのは、マツ材線虫病、ナラ類の集団枯損が天然林で猛威を奮っている。まだ、マツ材線虫病やナラ類の集団枯損によって樹木が枯れても山地崩壊を起こすとか土砂崩れを起こすところまでいっていないが、これがさらに広がると環境破壊につながる可能性がある。

三つ目は、樹木医制度がかなり定着してきており、現在1200名ほどの樹木医さんが、単木の診断治療で活躍している。樹木医は単木を扱っているので神社仏閣の銘木あるいは街路樹、公園の樹木の診断管理を行っている分野である。

天然林に発生する病害としては、ブナの稚樹に発生する病気がある（写真1）。この病気によって苗が枯れ、天然更新が阻害されている。



写真1 ブナ苗立ち枯れ病

人工林に発生する病害としては、根株が腐るカラマツの腐朽病がある（写真2）。北海道や長野県では、成林したので販売しようと思ったら腐っていたという非常に経済的にダメージを与える被害が起きている。



写真2 カラマツの腐朽病

ほかには、ヒバやヒノキに起こる漏脂病で、ヤニをだらだら流し、材質劣化を引き起こす病気がある（写真3）。サルノコシカケによる腐朽病は、よく神社仏閣で発生する病気である（写真4）。この病気にかかると木の中が腐り折れやすくなっている。

3 病気の原因

樹病が一般的に何によって起こるかという、人間等動物の場合、風邪を引くとか赤痢になるとかは、ほとんど細菌やウィルスが原因であるが、樹木の場合は約9割が菌類である。

菌類は、一般的にカビといわれており、菌類が原因の症状が出た場合は、必ず病原体が患部で観察できる。この病原体から胞



写真3 漏脂病



写真4 サルノコシカケ

子という伝染に關与するものができ、それが飛散し健全な木に移って病気を起こす。これが菌類による病気の特徴である。病気が伝染するのかもしれないのかによって取り扱いが大きく異なる。伝染する病気の場合はウィルスや菌類が多いことから、薬剤を使うとか何らかの防除が必要である。伝染しない場合は土壌条件が悪いとか、気象条件が悪いとかであり、一過性のものなので一時的に環境を変えればよい。

これは一般的な植物の細胞である（図1）。上部から侵入しているのは寄生生物のザイセンチュウの頭である。このようなものが、細胞の中に入り、中の養分を摂るあるいは菌糸が毒素を出し細胞を殺す、殺したことによって被害が拡大していくと葉が枯れたり、木が立ち枯れる被害に発展する。

一般的な被害の写真である。写真5は、黒い菌糸体が葉を覆うすす病である。



写真5 すず病

写真6はうどん粉病である。これは薬によって防ぐことができる病気である。



写真6 うどんこ病

写真8はキリのでんぐ巣病である。小さな葉を多くつけて鳥の巣のようになる病気である。小さな葉を多くつけることによって光合成が非常に落ちることから、枝から枯れ始め、数個発生すると木が枯れる。サクラのでんぐ巣病も有名である。これがついた枝だけ花が咲かなくて小さな葉がたくさんある状態になる。これはカビの仲間でタフ



写真8 でんぐ巣病

シノがこの病気にかかりやすい。この病気は病原菌が判っていて感染経路も判っているの

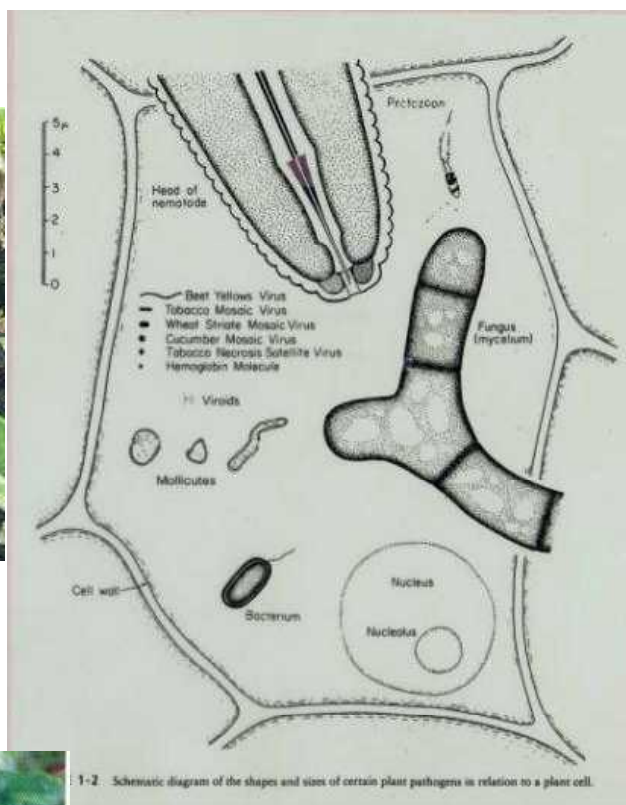


図1 一般的な植物の細胞

写真7はサクラの胴枯病である。なかなか目につきにくいですが、患部が凹んで見える。この部分は菌によって殺されており、一周するとここから上部が枯れる。



写真7 胴枯病

リナという菌によってこのような症状がでる。サクラの中でもソメイヨ

で、適切に枝を切って焼却すれば防除できるが、防除しきれていないのが現状である。

写真9は、ヤマザクラ系統に起こる病気で、このように枝にこぶを作る。これはカビではなくバクテリアという小さな細菌によって病気になる。主にヤマザクラ系統がかかりやすい病気である。発生生態はまだ分かっていない。

写真10はきのこのこの1種でナラタケといい、この菌が根につくと瞬く間に木が枯死する。この菌は多くの種類の木を枯らす。この菌についても研究中であるが、これは土壤中に発生するのでなかなか防除しにくいものである。スギ、ヒノキ、マツ等はこれによって立枯れをおこす。



写真9 こぶ病



写真10 ナラタケ

4 病気の発生

病原菌が樹木に感染して病気を起こすが、樹木があり病原菌があれば必ず樹病になるということではない、病原菌と樹木が出会っただけでは発症せず、病気を引き起こしやすい環境がないと発症しない。これは人間の病気と同じである。病気を防ぐには発生しやすい環境にしないことが大切である。昔は木の病気も神の怒りによるものであろうとされていたが、顕微鏡の発明により、病原菌が見えるようになってから、研究が進展した。

病原菌は、交配して子孫を残す場合と、交配なしで菌糸そのものから胞子を作る場合の二つの能力を持っている。これは交配することによって自分よりもすぐれた能力をもった子孫を残す方法と、交配しないで多くの胞子を作り遠くに飛ばすという方法の、二通りの感染戦略を持っている。

菌類は約7万種が文献に載っているが、実際には全世界で150万種くらいあるだろうといわれている。7万種のうちわずか8千種しか植物病原菌として登録されていないことから、菌類の中で病原性を持つ種類はそれほど多くないと思われる。

5 菌類の栄養の取り方

菌類はどのように栄養をとって植物を枯らすのか、その栄養の取りかたによって4つに分類される。一つ目は、死んだものに寄生して栄養をとる菌である（パンについたアオカビのように生きていないものから栄養を摂るものは病原菌にはならない）。二つ目は、通常は死んだものに寄生するが条件によっては生きているものに寄生するもの、三つ目は、通常は生きた植物に寄生しているが条件によっては腐生生活を行うことができる、四つ目は、生きた植物からしか栄養をとれないもの（これは絶対的寄生菌といわれる）。これは寄生されたものが死ぬと寄生した菌も死んでしまう。うどん粉病などはこの種の菌である。

私たちが問題にするのは二つ目三つ目の菌である。これらは主に植物に入った後、毒素を出して細胞を殺す能力を持っている。

6 病原菌の伝播

わずか10ミクロンの病原菌胞子がどのように広がっていくのか。病原菌の広がり方は植物の種子や花粉の広がり方に良く似ている。通常は軽いので風に乗って広がる、これを風媒伝播という。胞子が土壌中の水分と一緒に土壌中を走る、あるいは雨滴によってスプラッシュして広がる、これを水媒分散という。最近特に問題になっているのは昆虫が運ぶ病原菌である。マツ材線虫病やナラの集団枯損などもこれにあたる。これを虫媒伝播という。虫媒伝播は虫を殺さないと被害が止められないので防除が難しい。ほかにはカタツムリやナメクジに付いて広がるもの、鳥の羽や足について広がるものもある。

伝播の仕方には色々あるが、マツ材線虫病被害やナラの集団枯損がなかなか治まらない最も大きな原因は、人間が被害丸太を車などで遠くまで運ぶことによると指摘されている。これによって胞子が飛ぶよりもはるかに被害が広範囲に拡大する。外国に被害材を持っていくとそこでも被害が起こることから、植物防疫の検査が現在非常に厳しくなっている。

7 病原体の侵入方法

次に小さな病原菌の胞子がどうやって植物に侵入するのか。最も一般的なものは葉の表面についた菌が直接葉の表面を酵素あるいは毒素を出して表皮を破って中に入っていく場合である。植物は主に葉の気孔で呼吸をしており、この気孔が菌の侵入口となる場合がある。葉から入る方法としてはこの二つが一般的である。

樹木の場合は枝や幹のように皮に覆われているため、病原菌はなかなか中に入ることができない。皮を突き破って中に入る能力をもった菌は少ないので、幹や枝に何らかの傷ができるとそこから菌が入ることが多い。これを傷感染といっている。菌の侵入口を作らない、つまり木に傷を付けないことが大切である。これは人間や動物の場合も同じである。

その他に花や根から入る菌もある。特に、花から入る菌を花器感染、根から入るものを根系感染という。

スギの黒点枝枯病は、スギの雄花から菌が侵入して枝を枯らす病気である。また、サクラの花の柱頭に取り付いて葉や枝を枯らす菌もある。写真11はスギの黒点枝枯病の被害写真であるが、葉の表面に白い菌糸が見える。これを菌糸膜といって、顕微鏡で見ると自然開孔部の気孔から菌糸が侵入しているのがわかる。また、これをある薬品

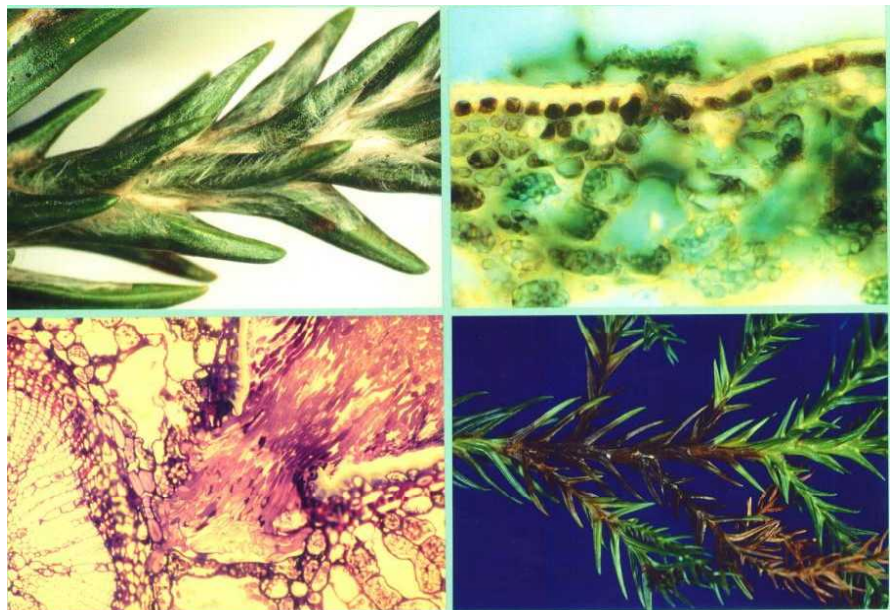


写真11 スギの黒点枝枯れ病の被害

で染めると表皮細胞を貫通して侵入していることがわかる。こうして両面から菌が侵入して細胞が侵されて、褐色になり枯れてしまう。

主に菌類の話をしたが、樹木では細菌やウイルスの病気も問題になっている。細菌は葉脈に潜んでいて葉脈を中心に水浸状に枯らしていくのが特徴である。一方、樹木がウイルスにかかると葉緑素が破壊されて黄色い斑点ができる。これがウ



新葉の葉脈が透明黄化する



葉全体に黄色のモザイク症状が拡がる

写真12 ウイルス病の特徴

イルス病の一般的な症状である(写真12)。ウイルスは自分で動くことができないため、広がるには虫による場合が多い。接木などによって広がることもある。しかし、写真12のような症状が起こっても植物に実害はない。

細菌やウイルスの他にファイトプラズマという微生物がいる。これはウイルスと細菌の中間のような微生物であるが、このファイトプラズマによる被害が現在非常に問題になっている。特にキリのとんぐ巢病である。栽培地のキリはこの病気によって枯れてしまうことから、現在東北の一部を除いて、わが国のキリの生産は壊滅状態となっている。この病気の防除が難しい理由は、カメムシの一種によってファイトプラズマが伝播しているためで、広い森林でこのカメムシを殺すのは非常に難しい。

8 病害の防除

樹木に病気が発生するためには病原菌と樹木と環境の三つが存在してはじめて病気がおこる。そのため三者の相互間における一部をどこかで遮断すれば、病気を阻止あるいは軽減できる。その方法は五点に集約することができる。

先ず第1に病原菌を除去する。次に病原菌が発生しないように環境を改善する。この二つを行ってもだめならば、次に薬剤を使う。この三つが一般的な防除法であるが、最近では、かかってしまったものを治すという研究が行われている。最終的には病気にかかりにくい、病気に対して抵抗性のある樹木を作り上げることが重要である。病気に強い樹木を作り上げることが防除としては必要になってくる。病気にかかってしまったものを直すのは非常に難しいので、病気にかかる前の予防に重点をおいた防除研究を行っている。

9 研究の実例

森林に発生する病気は伝染環を遮断することによって防除する。森林病害に対して薬剤を使用することは非常に困難である。また、枯死した木を伐倒して林内から運び出すことも大きな労力がかかる。そのため、これまでは枝打や間伐を行って林分環境を変えて、できるだけ病気を発生させないというスタンスで防除が行われてきた。しかし、最近では、病気の伝染経路を遮断して防除を行うため「最適な遮断ポイント」を探す研究がおこなわれている。

病原菌の探索、あるいは孢子がどのように広がるかと言った発病メカニズムを解明することによって伝染環の解明ができる。ここで説明する病気はスギの黒点枝枯病である（写真13、14）。この病気はなかなか病原菌が見つからなかったが、10年ほど前に病原菌を発見した。病原菌が判ると伝染経路の解明が進む。



写真13 黒点枝枯病



写真14 病原菌（子のう盤）

これは、私達が明らかにした伝染環のイラストである（図2）。病原菌孢子は春先に飛散して、スギ雄花に入って菌が侵入し、枝枯れに発展する。そして、枯れた枝が地上に落下して、そこに病原菌が再び形成されて孢子が飛散し、病気が繰り返される。この伝染環のどこを遮断すれば防除できるのかというと、遮断ポイントの第一は、「遮断③」である。枝が枯れて地上に落下し、そこから菌が飛散するので、樹上にあるうちに感染枝を切除して林外へ出すことで病気が防げる。また、

枯枝が地上に落下してから菌の子のう盤ができるので、子のう盤ができる前に、落下した枯死枝を林外に運び出しても病気が広がらない（遮断②）。三点目としては、雄花から感

染するので雄花ができにくい木を植えれば感染を防げる。ここまで感染経路が判っていても、実際に防除するのは難しいが、私達は冬季に病枝を切断して林外に出す、あるいは秋に地上に落下した枯枝・落葉を林外に出すことを薦めている。将来的には病気にかかりにくい品種の開発が必要である。雄花の少ない品種であれば花粉症対策にもなる。

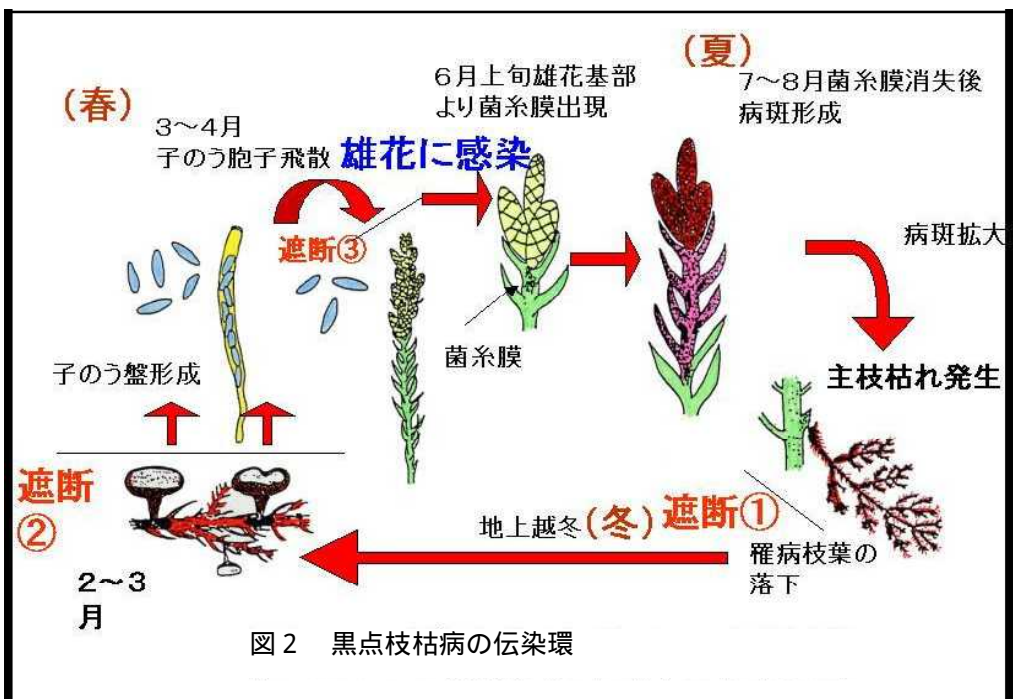


図2 黒点枝枯病の伝染環

10 代表的な樹病被害

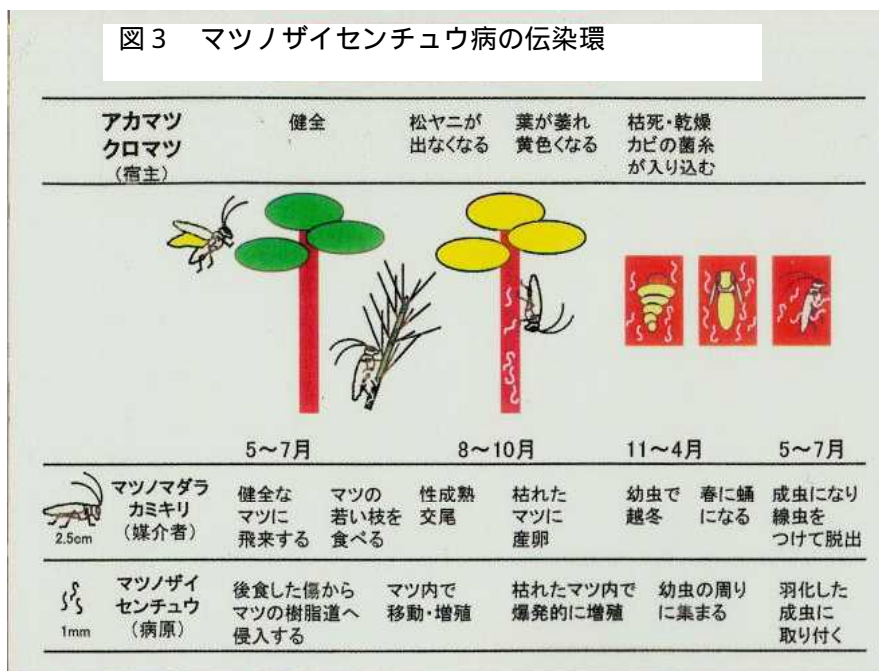
次にわが国で問題になっている病気を紹介して、これに対して伝染環を遮断するというスタンスで、どのような防除対策を取っているかを説明する。

(1) マツ材線虫病

マツ材線虫病は、マツノマダラカミキリが病原体であるマツノザイセンチュウという僅か一ミリに満たないセンチュウを体に付けて運ぶことによって、被害を拡大していることが判明している。運び屋のマツノマダラカミキリを処分すればこの病気は広がらないことになるが、現在マツ材線虫病被害は北上し、青森と秋田の県境まで達している。懸命に防除が繰り返されているが青森まで行くのは時間の問題といわれている。

マツノマダラカミキリはもともと日本にいたが、マツノザイセンチュウは戦前にアメリカから入ってきたといわれている。僅か100年足らずで被害がここまで拡大してしまったという非常に残念な状況にある。

マツノマダラカミキリは、枯れた木から飛び出して自分が成熟するために5月から7月に盛んに健全な松の葉などを食べる。その傷からマツノザイセンチュウ



ウが木の中に入る。マツノザイセンチュウが入るとその年に木が枯れ、その枯れた木にマツノマダラカミキリがまた産卵する。マツノマダラカミキリは生きた松に産卵するとヤニに巻かれて死んでしまうので必ず弱ってきた木や当年枯れた木に産卵する。木の中で幼虫から蛹になり、蛹から羽化するとき羽化する成虫に木の中にいるマツノザイセンチュウが寄ってきてマツノマダラカミキリに付く、そして、マツノザイセンチュウを持ったマツノマダラカミキリがまた飛び出して行き、再び新たな松をかじるといふ伝染環をもっている(図3)。

防除方法としてはこの飛び出したマツノマダラカミキリを殺すのが一番であるが、予防として、どうしても枯死させたくないマツには薬を木の中に入れてマツノザイセンチュウを殺す方法もある。ただ、この薬は非常に高価なので山で使用することは難しい。山で防除するためにはマツノマダラカミキリを殺すことが遮断ポイントとなる。被害木は伐倒後、燻蒸したり焼いたり、あるいは伐倒したものをチップ化して防除を行っている。最近では、マツノマダラカミキリに天敵微生物を作用させて殺すような方法もとっている。また、マツノマダラカミキリの誘引駆除等もやられているが100パーセント防除とはいかない。

(2) ナラ類の集団枯損

次に、第二の松くい虫といわれているナラ類の集団枯損について説明する。茨城県では

まだ発生していないが、日本海側や関西地方等で発生しており確実に広がりを見せている。これは主にミズナラやコナラが立ち枯れを起こす恐ろしい病気である（写真15）。この病原菌はカビであり、これをカシノナガキクイムシが運んでいることが判った。カシノナガキクイムシが樹体に大量に入るとそこに菌が一緒に入り、水が通らない部分ができる。この水分不通導域が拡大すると、木が枯れてしまうという枯死メカニズムが最近判ってきた。

カシノナガキクイムシはマツノマダラカミキリと比べるとかなり小さく、林内で殺すというのはなかなか難しく、防除が困難である。今のところは誘引トラップを沢山付けてカシノナガキクイムシの密度を減らすことで防除を行っている。病原菌、運び屋、枯死のメカニズムが判ってきたがなかなか防除に結びついていない。



写真15 集中加害を受けたミズナラ

（3）漏脂病

病原菌はシステラ・ジャポニカというカビの仲間である。これが木の中に入ると樹幹からヤニが流出する。ヤニを流すだけでなくヤニを流すとその内側の形成層が死んでしまい、さらにその内側の材も腐朽菌によって腐る恐ろしい病気である。この病気は病原体が枯枝の付け根から感染する可能性が指摘されていることから、防除のためにできるだけ枯枝を残さないような施業ができないかを考えている。この病原菌が常時外樹皮にいることも判ってきたので、幹に傷をつけない森林施業が必要である。この漏脂病も病原菌や感染経路は判ってきたが、未だ十分な防除ができていないのが現状である。

1.1 おわりに

現在、林野庁では長伐期施業が進められているが、高齢級になると病気にかかる危険性も高まる。特に、腐朽病の発生が危惧されるが、腐朽被害の中には病原菌が判っていないものもある。将来、長伐期にした場合、老齢過熟木がどのような菌によって病気にかかるかをシュミレーションすることも大切である。また、腐朽病害に対する防除は非常に困難なことから、罹病木を間伐や除伐の対象木として伐採し、健全な木を残していくことを目的とした被害回避策の開発が必要である。