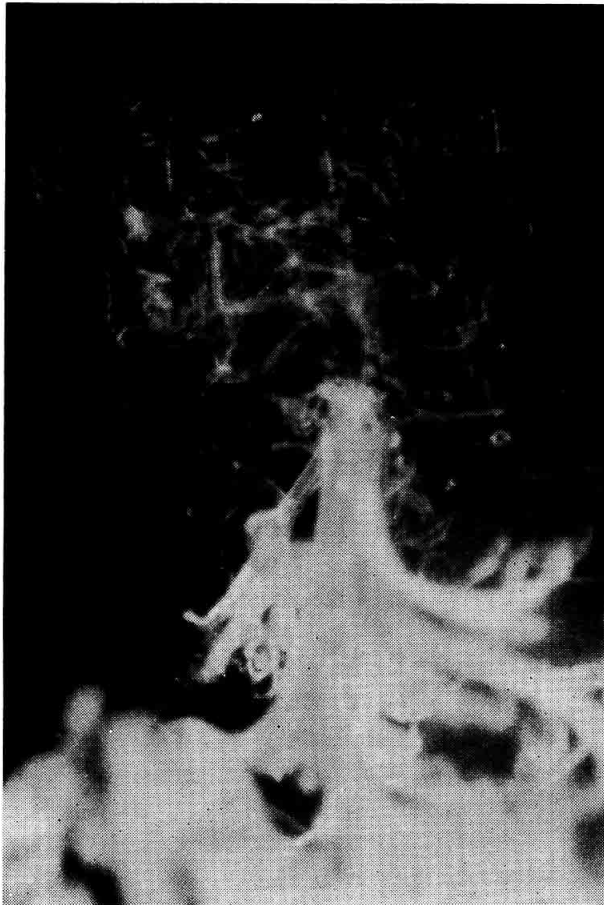


森林防疫

FOREST PROTECTION
VOL. 21 No. 6 (No. 243)

■監修林野庁 ■編集発行全国森林病虫獣害防除協会/東京都千代田区永田町1-11-35 全国町村会館内 1972. 6. 1 (月刊)



マツノマダラカミキリの 気管切断面から遊出した マツノザイセンチュウ

遠田 暢 男
農林省林業試験場昆虫第二研究室

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus lignicolus* MAMIYA et KIYOHARA) は、マツノマダラカミキリの成虫によって伝播される。マツ枯死木の材内で幾世代もくりかえし繁殖した本線虫は、蛹室のまわりに集まり、特殊な耐久型幼虫(Dauerlarven)となって、材内で羽化したカミキリ成虫の腹部第1気門から体内に進入するらしい。

脱出直後のカミキリ成虫を解剖すると、気門の裏側に塊状をなしているか、気門から後胸、頭部に分枝する気管内などに多数みられ、マツノマダラカミキリ成虫1頭あたりの線虫保持数は平均 15,000頭、最高 175,000頭検出された。写真上部の白い糸くず状が気管から遊出した耐久型幼虫、体長 0.6mm。

(1971年6月16日)

松くい虫特別研究特集号

目 次

特別研究「まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する研究」を終えて	伊藤 一雄..... 2
病害と松くい虫被害——マツノザイセンチュウとツチクラゲを中心として——	千葉 修..... 6
特別研究と松くい虫の研究	小田 久五.....12
水分欠乏を中心とした松くい虫加害対象木予知のための調査	坂上 幸雄.....17
根系の働きと林木の健全性	刈住 昇.....18
土壌関係の研究について	吉本 衛.....23
松くい虫によるマツ類の枯損量と気象との関係	岡上 正夫.....28
<被害速報> 4~5月の森林病害虫等被害発生状況37

特別研究「まつくいむしによるマツ類の 枯損防止に関する研究」を終えて

伊 藤 一 雄

農林省林業試験場保護部長・農博

本研究をとりあげた背景

第二次世界大戦直後の昭和23, 24年に、過熟老齢木を主体として非常に激害状態をもたらし、年間被害材積約128万 m^3 にも達して林業上大問題になった、いわゆる松くい虫は、官民あげて防除対策が強力に実施されたためか、その後は漸減、昭和33, 34年にはそれぞれ被害材積は約27万 m^3 にまで低下、一時小康状態を保つにいたった。

ところが、昭和35年ごろから被害はふたたび上昇の傾向をたどり、同38年には約62万 m^3 の被害量に達し、その後は年によって増減あるものの、今日なお年間40万 m^3 内外の被害材積を記録し、いっこうに終息するけはいがうかがわれない。

このたびの被害は房総半島、神奈川県、東京都、東海、近畿、中国、四国、九州各地方における、主として太平洋沿岸の広大な地域にわたって発生、また松くい虫は過熟老齢木を加害するという、従来の通説に反して樹齢10年以下の幼齢木をも枯死させるために、マツ類の造林意欲をはなはだしく阻害し、また更新跡地の更新問題を混迷におとし入れたところに大きな特徴があるといえよう。そして、それまでとられてきた防除対策が踏襲されて、ある程度の防除効果をあげているとされながらも、はかばかしい被害低下の実が得られていないというのが率直な見方といってよいであろう。

農林省林業試験場における松くい虫の研究は故矢野宗幹氏、故小島俊文博士および日塔正俊現東大教授以来、すでに30有余年の歴史を経て、数多くの業績があげられている。

筆者は同じく国立林業試験場に30数年来職を奉じているものであるが、樹病研究畑を歩んできたため、長い間松くい虫に対してほとんど全く関心を持たず、保護部長に就任後、ようやく職掌がらいささか勉強し始めたような始末で、それまでは「松くい虫は虫屋さんにまかせておけ……」という程度のお粗末さであったことを率直に告白する。

さて、保護部長の席についてから、松くい虫に関するこれまでの試験研究の概要を知らせてもらったなかで、

筆者のとくに強い関心をひいたのは次の3点であった。

- (1) 松くい虫はいずれも、二次性害虫で、またマツ類の枯損をもたらす特定の優占種はない。
- (2) 松くい虫がマツ類を加害するには、寄主(宿主)であるマツ類の側に加害を受ける前提条件のあることが必要で、いわば生理的異状を起こしている樹に限って、加害対象となる。
- (3) 松くい虫の加害とマツ類の樹脂の出方との間には密接な関係があり、すなわち幹からの樹脂滲出の旺盛な健全木は加害されることはなく、加害対象木はすべて樹脂滲出が不良かまたは停止しており、樹脂圧-水分通道と加害とは密接不可分の状態にある。

(1)は本質的な松くい虫の寄生性(加害性)を示すものであり、(3)はマツ類のいわば健康度の指標として樹脂滲出が注目されたものであり、問題は(3)のマツ側の加害をうける前提条件にあると解される。

しからは、松くい虫が加害するマツ側の前提条件とは何であろうか。そして、それはどのような原因によってもたらされるものであろうか。すなわち、これらマツ側の諸条件が明らかにされなければ、いくら穿孔虫の研究が進んでも、枯損の真の原因が解明されたとはいえないわけで、したがって的確な枯損防止法が見出されるはずがない。一見迂遠なようではあるが、松くい虫問題の解決には、この分野の新たな試験研究の展開がどうしても必要だと考えられた。

本特別研究の発足と立案・計画

昭和43~46年の4カ年計画で「まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する研究」が農林水産技術会議の特別研究として予算措置が講じられたのであるが、この研究予算が認められるにいたった経緯について一言述べておく必要がある。それは、松くい虫によるマツ類枯損現象の解明にあたり新たな展開を必要とする分野は、どうしてもやらなければならないことではあるが、その内容にあまりにも模索の事項が多すぎること、特別研究の課題としては不適当だとの意見が林業試験場当局の大勢を占め、また技術会議の感触も当初は、やはりそのような様子であった。ところが、林野庁当局、なかで

も当時の研究普及課長(現札幌営林局長)大矢 寿氏は「松くい虫は林業上きわめて大きな問題ではあり、また今日なおその被害が著しい。よりの確な防除対策をたてるためにぜひ必要な研究分野であるから、林野庁として、この研究予算の実現を強く要望する」と強硬な申し入れを行ない、ついに行政対策関連特別研究課題として日の目を見るにいたったのである。

さて、この研究の主な目的は「松くい虫加害のマツ側の前提条件およびその原因」を明らかにすることにあるので、当然のことながら昆虫学的研究はごく一部に限定され、「松くい虫」の看板はかかげてはいるが、研究内容はその他の専門家の協力によらなければならないことが大部分である。

模索の伴わない研究というものには存在しない。推理—模索—実証は研究の常套とはいえ、この研究をどのようにして進めたらよいか、たいへんむずかしいところである。それで、穿孔虫の加害におけるマツ側の前提条件およびその原因について、考えられる多くの因子を想定し、それらを実証するために平行的に諸調査研究を実施、密接な関連性がない因子を逐次消去してゆく研究方法をとることにした。そして、複雑多岐にわたる自然現象の解明を必要とするので、昆虫学研究者のほか、樹病学、菌学、樹木生理学、土壌学、気象学および木材化学の専門研究者を網羅し、本場、東北、関西、四国および九州各支場の共同研究としてプロジェクト・チームを編成、この研究を強力に推進することになった。

このような共同研究方式をとると、担当分野によっては、いくら努力してもこれといった成果が得られないのは十分予想されるところである。これでは担当者としてはりあいがなく、またチームのリーダーとしてもまことに相すまない気持であるが、研究全体として見た場合には予想されたその因子が消去されたことにより、問題点の所在がそれだけ整理されて大変有意義な仕事であったと評価されてしかるべきである。

本研究の主な成果

—とくに枯損原因としての材線虫の発見—

マツ生立木の生理異常—衰弱と関連して根系調査が行なわれたのであるが、衰弱木、枯死木における根系の頽廃現象は顕著なものがある。とくに、台風などの強風は、枝葉に著しい傷害を与えるのはよく知られていたのであるが、なお地下部の根系に対しても切断、傷痕などの障害を及ぼしていることは予想以上のものがあつた。そして、強風によってゆさぶられてできた根の傷口を中心に、腐敗性微生物が侵入、その頽廃をはなはだしくすること

は注目されなければならない。従来松くい虫の風害跡地被害型とされていたものは、穿孔虫の加害というよりは風害による根の頽廃が枯死とより密接な関連があるのではないだろうか。

東北地方の主として海岸地域にみられる集団枯損は従来松くい虫の加害によるものとされていた。ところが、実はそうではなく、これはツチクラゲという菌類の1種によって根が侵されて根腐症状をもたらされるのが原因で、その衰弱、枯死の経過において松くい虫が侵入するものであることが明らかにされた。海外においてはツチクラゲによる林木の枯死がかなり古くから知られており、一方、わが国でも本菌の存在は大正年代に報告されていたが、これが林木を枯死させる事実はこのたび初めて明らかになり、かつ、長い間松くい虫の加害と誤認されていたことが確かめられたわけである。

松くい虫の被害発生型の一つに数えられてきたものに激害型というのがある。これは関東地方南部から以西、九州にいたる太平洋沿岸の多発地帯で今なお大きな問題になっているもので、被害が目立ちはじめてから4~5年で生立木はほとんど全滅する型で、枯損は夏~秋型が大部分を占めている。

マツに限ったことではないが、樹木の枯損現象を追跡するには、できるだけ均一な立地条件のところの生育した、なるべく幼齢のものについて調査することが肝要である。立地が複雑で老壮齡樹を対象とする場合には、ともすると因子の解析が不可能になるからである。

激害型幼齡被害木の枯損経過をよく観察すると、根系にこれといった変調は認められず、年輪を調べてもその幅が漸減してもおらず、何ら衰弱の徴候は見られない。そして、春における新梢の成長が正常なものか、夏にいたり急速に枝葉がしおれて変色し、やがて生立木は枯死する。枝葉の変色、枯死と前後してマツノマダラカミキリの樹体内侵入が認められ、その後にはほかの松くい虫も見い出されるようになる。

この枯れ方は、穿孔虫の食害による機械的障害とは認められず、どうしても病理的現象としか考えられない。すなわち、これは植物病理学でいう萎凋病の範ちゅうに入るもので、それは通道組織の閉塞あるいは破壊によって水分の上昇が停止し、しおれて、やがて枯れる、としか理解のしようがない。それで、萎凋病病原菌の検索を試みたのであるが、これと思われる病原菌は検出されなかった。

一方、本研究発足後間もなくから、松くい虫が侵入して枯死、または衰弱しているマツの木部にしばしばある種の線虫が見られていた。この線虫はブルスアヘレンク

ス属のもので、いわゆる材線虫の一種に該当する。この属の線虫は外国からすでに数種報告されているが、いずれも枯死木につくもので、寄生性がないというのが通説になっていた。

発見の当初はこの線虫に大きな関心を払わなかったのであるが、その後各地の枯死木、衰弱木にごくひんばんに見い出されたので看過しえなくなり、試みに健全なマツ生立木に人工接種（注入）したところ、実に驚くべき現象が現われ、接種木の大部分はその後間もなく枯死するにいたった。以来、場所をかえ、種々の樹齡のマツ類を対象とし、時期をかえて行なった接種試験はいずれも高い陽性の結果が得られている。

この材線虫の人工接種によるマツ類の変調・枯死の経過は、従来松くい虫による激害型被害とされていた現象ときわめてよく一致し、接種後間もなく樹脂の出かたが不良になり、やがて樹脂滲出は停止し、ついには枯死する。材線虫による変調・枯死木を解剖学的に調べたところ、その侵害の初期にはこの線虫は樹脂道を選択的に侵し、樹脂細胞を破壊することが確かめられ、通道組織の破壊による萎凋、ついで枯死がもたらされる病理学的機構が明らかにされた。

この材線虫がおそらくマツ類の激害型被害をもたらす元凶だということは、このようにして確かめられたのであるが、これを既知種と比較の結果、新種と認められて、和名は、マツノザイセンチュウとされ、また学名はブルスアヘレンクス・リグニコルスと命名・記載された。

自然状態において、マツノザイセンチュウはどのようにしてマツ生立木に侵入するかが次の重要問題として提起された。研究者の精力的な追求の結果、カミキリムシ科数種の成虫が、材線虫の耐久型幼虫を保持していることが明らかにされ、なかでもマツノマダラカミキリはその成虫の1匹あたり、最高18万頭、平均1万5千頭の耐久型幼虫をもっていることが知られ、他のカミキリ類ではその個体数の少ないこと、および1匹が保持する材線虫数が僅少なことから、マツノマダラカミキリ以外は実際にはほとんど無視してもよいことがわかった。

マツノマダラカミキリは5～6月に羽化・脱出、そのころまでに成虫は多数の材線虫幼虫を体内外に保持し、マツの枝を盛んに後食、その傷口から材線虫が樹体内に侵入、やがて萎凋・枯死をもたらすものと考えられている。なお、材線虫の幼虫はマツノマダラカミキリ成虫体にアト・ランダムに付着するのではなく、気門を通じて気管や気管支に填充する状態を呈することから、マダラカミキリとマツノザイセンチュウの間にはある種の親和性があるのではないかと想像される。

マツノザイセンチュウを各種針葉樹に人工接種した結果によると、クロマツ、アカマツ、リュウキュウマツはきわめて感受性で、またリギダマツとスラッシュマツもかなり感受性である。これに対してテーダマツ、パンクスマツ、ストロブマツ、ブンゲンスマツは抵抗性を示し、他方スギおよびヒノキでは何らの変調も認められなかった。すなわち、この材線虫の寄生性はかなり高度なもので、したがって寄主選択性の存在が察知され、抵抗性育種の可能性も十分あり得る。

結びと今後の問題点

従来松くい虫による激害型被害とされてきたマツ類の枯損は、実はマツノザイセンチュウが原因で、この材線虫はマツノマダラカミキリによって媒介・伝播されることが明らかにされ、萎凋・枯死前後からカミキリムシ類その他の穿孔虫が樹体内に入ることが知られた。このような萎凋・枯死現象はマツノザイセンチュウを病原体とし、マツノマダラカミキリによって媒介・伝播される一種の伝染病とみなすのが、よくその実体を現わし、またより理解に便利だと考えられる。

松くい虫がよってたかってマツ類を枯死させるものとされ、これまで混んとしていた松くい虫問題は、東北地方における海岸林の集団枯損は病原菌ツチクラゲによるものであり、また激害型枯損はマツノザイセンチュウによる萎凋性疾病と整理され、攻めるべきはようやくしぼられたとあってよいであろう。

ブルスアヘレンクス属材線虫が生立木に寄生し、しかも急速な枯死を起こすことは、いまだ海外からも報告がなく、世界的にみて線虫学の新分野を開拓したものと、ひそかに自負している。去る3月1日に開催された本研究の推進会議に出席された、わが国における線虫学の権威者、農業技術研究所一戸 稔博士はおおよそ次のような発言を行なった。「ブルスアヘレンクス属線虫がマツ生立木枯死の原因らしいと真宮・清原両氏から知らせをうけて、最初はどうしても信じられなかった。それは、本属の線虫はいずれも寄生性が微弱であるというのが世界的にみて線虫学の通説になっているからである。なかでも菌食性線虫（菌類を餌として摂取、繁殖する線虫）は寄生性が無いとされていたのに、マツをコロコロ殺すとはどうしても考えられなかった。それに、この線虫がマツノマダラカミキリによって媒介・伝播され、線虫とカミキリの間が不可分の生態系の糸で結ばれているとは、話がうまくできすぎていて、大変ショッキングな報告である。自分がこの線虫を見出したとしても、寄生性がないものとして、おそらく一顧だにしないで捨て去

っていたであろう。いずれにしても、この種の線虫が生立木に寄生して、しかも急激に枯死させることは驚きである。どのような仕組みでこの線虫がマツ類を萎凋・枯死させるのか、その機構をぜひ明らかにして欲しい」と。

いまだ広域にわたる実証的成績を得るにいたってはいないが、これまで松くい虫の激害地とされていた各地方のマツ類の枯損は、穿孔虫によるものではなく、実は材線虫が主要な原因になっている可能性がきわめて濃厚になり、その萎凋・枯損現象はこの材線虫を中心に根本的に調べ直す必要にせまられている。そして、その試験研究成果にもとづき、これまで十分な防除効果をあげ得なかった防除対策は改めて再検討されるべき段階に達したと考えられる。

激害型被害を対象として、今後に残されている研究上の問題点を列挙すれば、おおよそ次のとおりである。

- I マツノザイセンチュウの生態および寄生性
 1. マツノザイセンチュウの地理的分布
 2. マツノザイセンチュウの生活史および行動
 3. マツノザイセンチュウの寄生性および萎凋・枯死機構
 4. マツノザイセンチュウの寄生性発現に關与する環境条件
 5. マツ類の枯損に關与する他の線虫の検索およびその寄生性
- II 媒介昆虫マツノマダラカミキリの生理・生態
 1. マツノマダラカミキリの地域別経過習性
 2. マツノマダラカミキリの材線虫伝播様式
 3. マツノマダラカミキリの密度推定法の確立
 4. マツノマダラカミキリの個体数変動要因の解析
 5. マツノマダラカミキリの誘因物質の探索
 6. 材線虫媒介昆虫の検索
- III マツノザイセンチュウによるマツ類の枯損防止法の確立
 1. 薬剤防除法
 2. 抵抗性選抜育種および抵抗性要因の解析
 これまで、松くい虫の被害発生理型として (1) 恒常被害型、(2) 微害型、(3) 風害跡地被害型および (4) 激害型の

四つがあげられている。そのうち、東北地方の微害型被害とされてきた海岸林の集団枯損はツチクラゲによる根腐病であり、また激害型被害のおそらく大部分はマツノザイセンチュウによる萎凋性疾患であることが明らかにされ、これらに關する限りマツ類の枯損に対する穿孔虫の直接の役割はほとんど否定的である。

残る恒常被害型と風害跡地被害型の枯損における穿孔虫の役割は、はたして従来考えられているように重要なものなのだろうか。老衰、大気汚染(煙害)、台風による障害などが第一義的な原因となり、松くい虫が侵入しなくとも、マツ類が早晚死の転機をとるとすれば、ただ異常木や枯死木に見い出されるからといって、それでも穿孔虫が枯損の主要原因だといえるだろうか。これまで、われわれは枯損における松くい虫の力を過大評価し、これを目の敵にし、かつぶり廻されていたきらいはありはしなかったか。ここらへんで既定概念を一応否定して、穿孔虫の寄生性(加害性)を考え直す必要がありはしないだろうか。

昭和43~46年度の4カ年にわたる、この特別研究の遂行にあたり、研究者の方がたはおのおのその専門分野を担当、緊密な連携のもとに懸命の努力をされ、それぞれ見るべき成果をあげられ、本研究全体として前人未踏の分野を開拓、注目すべき収穫をおさめられた。この間、実質的なプロジェクト・リーダーの席を汚した筆者は各研究者のご努力に対して深く謝意を表すものである。そして、各研究者の研さんにもかかわらず、思うような成果が得られなかった担当項目があったとすれば、それは筆者の研究計画立案の勝手によるもので、その責はあけて筆者が負うべきものである。

この研究は農林水産技術会議および林野庁の深いご理解と激励のもとに実施されたもので、また試験地設定および諸調査にあたっては多くの公立林業試験研究機関、なかでも千葉、和歌山両県林業試験場には格別のご協力をいただいた。明記して衷心からお礼を述べさせていたきたい。

病害と松くい虫被害

—マツノザイセンチュウとツチクラゲを中心として—

千 葉 修

農林省林業試験場樹病科長・農博

昭和43~46年度の4年間に、特別研究として実施された「まつくいむしによるマツ類の枯損防止」に関する共同研究で、樹木病害を専門とする研究者たちが担当した問題は、マツ類の衰弱に微生物がどのような関係をもつか、ということを明らかにすることであった。すなわち、松くい虫の加害が、マツ類が何らかの状態に衰弱することを前提条件としておこるならば、そのような衰弱に対して微生物が原因になっているかどうか、また、微生物が関係するとすれば、どんな微生物がどんな役割りを持つか、を知ることであった。

このような立場から行なってきた被害林の調査および各種の実験から、当初は予想もしなかった事実が明らかになった。すなわち、松くい虫加害の前提条件とされるマツ類の衰弱の原因としてではなく、マツ類の枯損そのものの直接の原因となる病原体として、2種類の微小生物が発見されたことである。

病原体の一つはマツノザイセンチュウとよばれる植物寄生線虫であって、松くい虫被害の中でとくに重要視される激発型被害は、この線虫の侵入加害によっておこる萎凋性疾病であることが明らかにされた。他の一つはツチクラゲとよばれる糸状菌であって、東北地方でこれまで松くい虫被害として扱われてきたマツ類の集団枯損の多くはこの糸状菌が根を腐敗させるためにおこるものであることが確かめられた。

したがって、これらの微小生物が関与している被害の場合には、これまで松くい虫被害の主要原因とされてきた穿孔虫類によるマツ類の樹幹への加害は、これらの病原体によって生じたマツ類の衰弱・枯損に随伴する、二次的な現象にすぎないということになる。とくに、九州地方から関東南部にかけて発生し、松くい虫被害の中心となっている激発型被害の主要原因として、マツノザイセンチュウが発見されたことによって、従来松くい虫被害とされてきたマツ類の枯損現象は根本的に再検討される必要が生じた。

このように大きく進展した局面を迎えて、マツノザイセンチュウおよびその媒介者であるマツノマダラカミキリを対象とする共同研究体制が新たに組織され、的確な防除対策の樹立をおもな目的とする特別研究が計画され

ている。

マツノザイセンチュウに関する本格的な研究は昨年より始まったばかりであり、しかもその内容は、穿孔虫によって媒介される植物寄生線虫が樹木の木質部を加害して枯死させる、という世界的に見ても全く新しい分野の問題である。このため、今後の研究にまたなければならぬ点が数多く残されているが、この4年間の特別研究が終了した機会に、他の問題について得られた結果とあわせて、これまでに判ったおもな点について、私見を加えながら紹介することとする。

1. マツノザイセンチュウによる 材線虫病

九州地方各地の松くい虫被害林で、マツの枯死木からある種の植物寄生線虫 (*Bursaphelenchus* sp.) が検出されることについては、特別研究の発足後間もなく報告され¹⁾、その後千葉県下の被害林でも分布が確認されていた。しかしこの線虫は、樹脂流出量が(0)または(一)で枯死または明らかな異常木とみられるマツでは、梢端部の枝から根にいたる各部位の主として木質部から多数検出されるが、樹脂流出が多く健全と判定された木からは全く検出されなかった。また、健全木を切断した丸太に人工接種した場合、水分の散逸を防いだ丸太にくらべて、水分が失なわれた丸太での線虫の増殖は数倍に達した。しかも、これまでに外国で報告された同じ属の線虫はすべて生立木に対する寄生性がないとされているし、また、植物寄生線虫が樹木の根を加害する例は数多く知られているが、幹や枝の木質部を侵すものとしては、中南米でココヤシの red ring 病の病原体となる近縁の属の1種が報告されているくらいであって、植物寄生線虫が樹木の幹の木質部を加害して衰弱枯死の原因となるということは、線虫学の常識では考えにくいことであった。

このような理由から、この特別研究の中間報告(森林防疫19巻6号P. 7, P. 16)でも述べられているように、検出された線虫は、マツの樹体内の水分が減少し樹脂の滲出が停止し始めるころからマツ体内で増殖するものであって、マツの衰弱枯死の第1次原因となる病原体ではないであろうと考えられていた。

ところが、九州支場徳重保護部長（当時）と清原技官が、念のために寄生性を調べる目的でマツ生立木に人工接種を行なったところ、予想しない事実が明らかとなった。すなわち、4～8月に材中に線虫を注入されたマツでは、きわめて高い比率で、樹脂の滲出停止に始まる衰弱枯死をおこし、激発型の松くい虫被害ときわめて類似した症状を示すことが明らかとなった。²⁾

たとえば昭和45年6月下旬に約20年生のアカマツに1本あたり3万頭の線虫を注入接種した試験では、被接種木20本はすべて約1カ月後に樹脂流出がほとんど停止し、2カ月後には大多数の木に針葉の変色萎凋が現われ、3カ月後の9月下旬の調査では全部のマツが枯死していた。

さらに、この新しい知見を得て、真宮技官が2年生アカマツ苗木に対して行なった接種試験でも急速な萎凋・枯死がおこり、また、材線虫は加害の初期段階では樹脂道のみから検出され、樹脂道を囲むエビセリウム細胞（樹脂細胞）を破壊していることが確かめられ、加害機構を究明するうえで大きな手がかりが得られた。

このようにマツの衰弱枯死に直接つながる病原体の発見によって、特別研究の最終年度である昨年は、東北地方を除いて、研究の焦点は材線虫の問題に向けられることとなった。この結果、マツノザイセンチュウの材中への接種がマツの急激な萎凋枯死の原因となることが確認

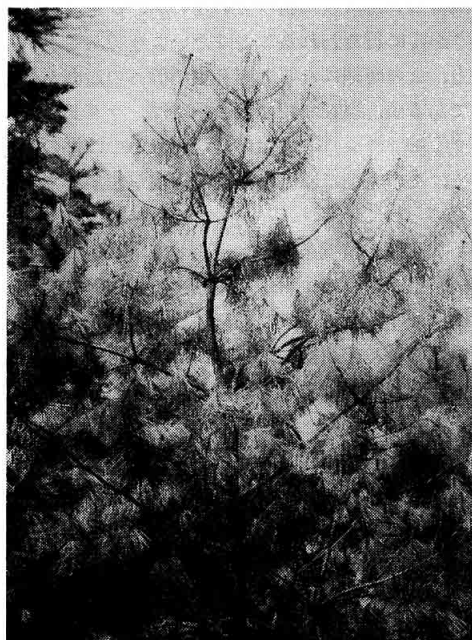


図-1 マツノザイセンチュウを接種したアカマツ（12年生）の萎凋・枯死（針葉が変色して下垂している）—真宮氏原図。

される一方、その媒介者としてのマツノマダラカミキリの役割り（従来のように、他の多くの穿孔虫と並列的ではなく特定の種として、また、樹幹への産卵による幼虫の加害ではなく成虫が後食時に果たすザイセンチュウ伝播者として）が明らかにされ、さらに、ザイセンチュウの地理的分布、樹体内行動、マダラカミキリへの寄生時期や寄生数、マダラカミキリの後食時の行動、マツの衰弱枯損の発現と接種時期や環境条件との関係など、多くの点について続々と新しい事実が解明されはじめた。

(1) マツの材から検出される線虫の種類と マツノザイセンチュウの地理的分布

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus lignicolus* MAMIYA et KIYOHARA) が所属する *Bursaphelenchus* 属の線虫は、これまでに外国で約20種が記載されていたが、今回マツの材から検出されたものは新種であって、上記の学名および和名が与えられた。成虫の体長は ♀ 0.7～1.0mm, ♂ 0.6～0.8mmで、肉眼では認めにくい微小生物である（図-2）。マツノザイセンチュウに形態が非常によく似ている同属の種があり、同じようにマツ被害木およびマツノマダラカミキリから分離される。これは今のところ仮に *Bursaphelenchus* sp. 5（未同定のためにこのように整理番号でよんでいるが、近く種名がつけられるはずである）とよばれる。この種のマツに対する加害性についてはまだ確かめられていないが、予備的な接種実験ではマツノザイセンチュウにくらべて加害性は著しく小さいようである。

この他にマツ被害材から数種の線虫が検出され、その一部はマツノマダラカミキリなどの穿孔虫の体からも検出されている。これらの線虫の寄生性については不明であるが、その分布や検出状況などから判断して、マツの衰弱枯損との関連はあまりないようである。

マツノザイセンチュウの地理的分布についての詳しい調査は今後の問題として残されているが、これまでの調査結果によれば、九州地方から関東地方南部にいたる太平洋沿岸地帯の、いわゆる松くい虫激害型地域にある被害林では例外なく検出され、また、広島・岡山・兵庫・京都・奈良・石川の各県でも分布が確認されている。なお、分布の北限は現在のところ茨城県水戸市付近とされている。

一方、関東地方中～北部および東北地方の松くい虫激害地域では、近似種である sp. 5 が分布し、また、この種は関東南部および四国地方や山陰地方の一部の激害地でも検出されている。なお、千葉県下の同じ被害林で両者が検出されたことがあるが、同じ被害木に両者を認め

たことはない。

マダラカミキリによって媒介されるきわめて近縁の2種の線虫の間にみられるこのような分布の差異は、被害の疫学的考察を進めるうえで興味深い事実といえよう。

(2) マツノザイセンチュウの生活史および行動

(a) 生活史

マツノザイセンチュウは、灰色かび病菌 (*Botrytis cinerea*)、マツ材から分離されたペスタロチャ菌 (*Pestalotia* sp.)、マクロホマ菌 (*Macrophoma* spp.)、青変菌 (*Verticicladdella* sp.) などの糸状菌の菌そう上で培養すると、さかんに増殖する。

灰色かび病菌の菌そうを使用し25°Cで培養した場合、マツノザイセンチュウの卵は約24時間でふ化し、卵内で1回脱皮したふ化幼虫は、その後3回脱皮して3~4日で成虫となって産卵を始める。つまり、このような培養条件下では約5日で1世代を経過する。

自然条件下での線虫の生活史は、まだよくわかっていないが、上述のものとはかなり異っているようである。マダラカミキリなど媒介昆虫の体内および体表に寄生しているのは、すべて耐久型幼虫 (dauerlarva) とよばれる大型の第4期幼虫である。耐久型幼虫は被害マツ材中ではマダラカミキリの蛹室の壁から検出され、羽化脱出の直前ころにマダラカミキリに寄生するようである。

(b) 伝播とマツ体内への侵入

枝・幹・根株のいずれの部位に人工接種する場合でも、木質部に達する傷をつけてから線虫を注入すると容易に発病が見られるが、樹皮の上から接種した場合には発病がおこらない。このことから、マツノザイセンチュウがマツの体内に侵入するためには、木質部まで達する傷が必要ことがわかる。

自然条件下でザイセンチュウがマツ生立木に侵入する経路として確認されているのは、マダラカミキリが後食

を行なう際に、保持されている線虫が傷口からマツの枝に侵入する方法である。

この他に土壌伝播によって根から侵入する経路が考えられる。根株注入の場合だけでなく、根株にわずかな傷をつけて土壌表面から線虫懸濁液を灌注した場合にも顕著な発病がおこるし、枯損木の根からはザイセンチュウがよく検出される。しかし、土壌中ではとくに温度が高い場合に生存しにくいようで、この線虫の土壌伝播による根からの侵入は、マダラカミキリに媒介される場合にくらべて、著しく低率のように思われる。

(c) 樹体内の移動

マツノザイセンチュウを樹高7~8mのマツに注入接種した場合、条件がよければ、5日後には2~3mはなれた部位にまで移動し、早い個体では2週間後には全身に分散がみられるとの報告がある。このようにザイセンチュウの樹体内移動は予想以上に早いものである。ただし、この時期での線虫密度は、ふつうの方法によってはほとんど検出されないほど低い。注)

後に述べるように、この段階はマツにはまだ肉眼的症状がほとんど現われていない時期である。その後、マツの生理異常が進んで萎凋が認められるようになるにつれて、線虫の増殖がさかんになり、樹脂流出調査で(0)か(一)ではっきりした異常木、または枯死木では、容易に検出できるほど線虫密度が高くなっている。その後の移動についてはまだ判っていないが、ひきつづいて増殖がさかに行なわれることはないようである。

一方、この時期になると穿孔虫の幹への産卵が始まるわけであるが、現在までのところでは、マダラカミキリへのザイセンチュウの寄生が行なわれるのは蛹の段階であって、この時期には蛹室付近に線虫が密集していることが認められている。

(d) 加害性と環境条件

衰弱枯損が進んで、材中に高密度で線虫が生息する時期には、ザイセンチュウは樹脂道、放射組織、ずい、仮道管内など多くの組織内で生息が認められる。しかし、侵入の初期段階では生息場所は樹脂道に限られるようである。

一方、夏に線虫の注入接種を行なった場合の症状の経過をみると、接種後10~14日で樹脂の滲出が目立って低下し、引きつづいて蒸散量ははっきりした低下がみら

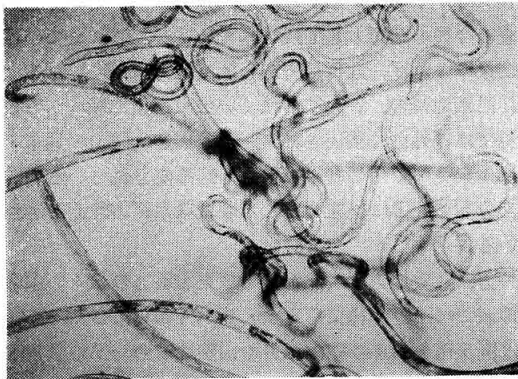


図-2 マツノザイセンチュウの集団(顕微鏡写真) 真宮氏原図。

注) マツノザイセンチュウが発見当初に、マツの衰弱の原因と結びつけて考えられなかったのはこのためである。なお、一見健全に見える木にも材線虫が侵入していることは、被害地での分布、あるいは侵入時期やマツの抵抗性のために枯損までの進行が遅い場合の被害などを考える場合に注意すべきことである。



図-3 つちくらげ病によるクロマツの群状枯損
(青森県三沢海岸林 約25年生) 佐藤氏
原図。

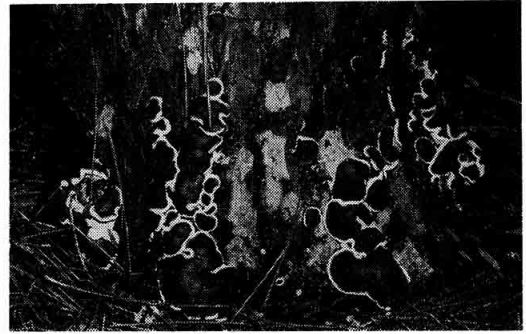


図-4 アカマツの地際に発生したツチクラゲ(幼
若期のもので、周囲が黄白色にふちどりさ
れている) 佐藤氏原図。

れ、3週目にかけて針葉の変色が始まる。その後、針葉の変色、萎凋は急速に進行し、接種後1~2カ月で枯死に至る。このことからザイセンチュウの樹脂道加害による樹脂分泌の停止——蒸散量の低下が、マツの衰弱枯損の発現に重要な意味をもつことは明らかなのであるが、この時期での材中の線虫密度とも関連して、どのようなメカニズムでこのような現象がおこり、急速な衰弱枯損に進んでいくのか、ということは今後究明すべき、もっとも重要な、また、興味ある問題と思われる。

症状の発現および進行と環境条件との関係については、気温が高いほど枯死率が高いこと、乾燥土壌では症状が早く進むこと、などが報告されているが不明な点が多く、他の要因とあわせて今後十分に検討すべき問題である。

(e) 枯損の防止

枯損の防止については、まだ研究がほとんど未着手なので、参考として私見を述べることにする。

枯損を防止する方法は薬剤防除と抵抗性の利用とに大別される。

薬剤防除はザイセンチュウと媒介者であるマダラカミキリとが対象となるが、伝染病学の常道によれば、媒介者をたたくことが防除の主眼である。しかし、ザイセンチュウについても考慮の余地がないわけではない。

ザイセンチュウに薬剤を作用させる場としては、①マダラカミキリの後食の際に、ザイセンチュウが枝の傷から侵入するのを防ぐ、②マツの材中での増殖・移動を阻止する、③材中のザイセンチュウがマダラカミキリ(蛹)に寄生するのを防ぐ、3通りの方法が考えられる。このうち②、③の時期は、すでにマツでは蒸散などの生理機能の阻害が進むか停止してしまっているため、薬剤の浸透移行による殺線虫効果は期待できない。したがって①の侵入阻止が薬剤使用のおもな目的となろう。

一方、ザイセンチュウに対してマツの樹種間にはかなりはっきりした抵抗性の差異がありそうである。たとえば九州支場で行なった予備試験の結果では、アカマツ・クロマツ・リウキウマツは著しく弱くて接種した全木が枯死したのに対して、テーダマツやバンクスマツでは枯死木は生じなかった。また、九州林木育種場と協同でクロマツ精英樹6クローンに対して行なった接種試験では、接種した線虫頭数が少ない場合には、クローン間で抵抗性の差が認められていて、クロマツやアカマツの中にもザイセンチュウに対して抵抗性をもつクローンが存在する可能性を暗示する。

抵抗性の利用のため必要とされる抵抗性の機作の解明、抵抗性品種の創出など、基礎的な長期間を要する仕事はさておいて、当面の対策として被害地においてマツ類の再造林を必要とされる場合、抵抗性クローンまたは種を明らかにして増殖をはかることは、十分な期待もてる仕事であろう。

2. ツチクラゲによるつちくらげ病

東北地方におけるマツ林の集団的な枯損は、主として海岸の沖積砂地上にあるマツ林(ほとんどがクロマツ林)で見られ、また、内陸部では山火事の被害をうけたアカマツ林で発生することがある(森林防疫19巻6号)。このような集団枯損はこれまで松くい虫被害として扱われていたが、今回の特別研究によってツチクラゲによる1種の病害(つちくらげ病)であって、根の腐朽および菌根の形成阻害が衰弱枯死の原因であることが明らかにされた。

つちくらげ病については、佐藤邦彦博士らによってくわしく報告されている^{3) 4)}。ここでは被害状況および病徴の要旨だけを記しておく。

i) ツチクラゲ *Rhizina inflata* (SCHÄEFF) KARST. は子のう菌の一種で、ヨーロッパでは古くから、マツ類ほか多くの針葉樹および広葉樹の病原菌として知られていた。わが国では明治44年に分布が確認されているが、今回の調査が行なわれるまでは林木の被害について報告がない。

ii) マツの被害樹齢は当年生から200年以上におよぶが、20~25年生のものから被害が目立ち、10年生未満の一代目の幼齢林にはほとんど発生しない。ただし、マツの伐採直後の新植地や天然生稚樹では、激しい被害が発生することがある。

iii) 被害は群状に発生し、ほぼ、不整な同心円状に拡大する。その年間の進行速度は半径4~5mに達し、ふつう4~5年間継続する。円内のマツは、樹齢に関係なく侵される。

iv) 病原菌に侵されるのは根である。はじめ地表に近い細根が侵されて黒褐色に腐敗し、しだいに根元付近の太い支根や主根に広がる。菌糸はじん皮部と形成層部を侵して褐色あざ状の病斑を形成し、粗皮およびその内部に汚白色のひも状の菌糸束が迷走する。根の腐敗が進むにつれて地上部にも針葉の変色枯死などの異常が現われるようになり、大部分の根が侵された木は枯死する。

v) 罹病木の根元または周囲の地表面には、5~11月の期間に乾燥がひどい時期を除いて、多数の子実体が発生する。子実体は1~3mの幅をもった不整形の円周上に群生し、年々外周に向かって拡大する。このリング状の発生帯から内側の表層土壤に分布するマツの細根は完全に腐敗しているが、中心部にいくほど太根の腐敗が著しく根の腐敗が深部に及んでいる。

病原菌の菌糸は子実体の発生帯の3~4m外側にまで及んでいて、土壤表層に発達している担子菌類の菌糸網層を融解し、発生帯に近い部分では一部の根を腐敗させている。

vi) 成熟した子実体は栗褐色~暗紫褐色、脳状~牛ふん状で径3~10cm、厚さ2~3mm、内部は中空で汚淡黄色である。地表に形成された子実体では、下面に太い糸状の根状菌糸束が地中に向かって多数伸長していて、その形状が動物のクラゲに似ている。

なお、つちくらげ病によるマツ類の枯損は、東北地方では未調査の福島県を除いて各地に発生しているが、東北地方以外では長野県下のアカマツ林での被害例が報告されている。現段階では、東北地方の地域的な問題とみるのが妥当と思われる。



図-5 ツチクラゲによってクロマツの根に作られた腐触痕(淡黄色でキクイムシ類の食痕によく似る) 佐藤氏原図。

3. その他の病原微生物

今回の特別研究では、松くい虫被害林において、樹脂流出調査によって加害危険木と判定されたものをおもな対象として、マツを侵す病原微生物についてできるだけ広範囲に検討することとした。これまでに述べた2種類の病原体のほかにも得られた結果の概要を記する。

(a) 根から検出される糸状菌

樹脂流出調査によって判定された加害危険木と正常木とを比較すると、幼齢木は別として、地上部ではあまり差が認められないが、異常木の根、とくに地表近くの根には細~小径根が少なく、根の表面が黒褐色に変色して一部が枯死していることが多い。

このため、根を侵す病原菌について各地で調査が行なわれたが、その結果多くの地方の被害林で、マツの根から分離される糸状菌として目立ったのは、黒色の菌糸をもつ菌(自然条件下でも人工培地上でも子実体を形成しないので分類上の所属未定である。以下かりに黒色菌という)とキンドロカルボン菌(*Cylindrocarpon* sp.)とであった。

黒色菌は小~中径根に認められる黒色のこぶ状部および根株や側根の斑紋部から検出される。こぶ状物が作られている根は細根の形成が少なく、その部分から先の方が枯れているものがしばしば認められた。キンドロカルボン菌は黒こぶ部以外の根の各部分から検出され、また、根株や太根に白色の菌糸膜を作っていた。なお、これら両菌は健全と思われるマツの根からも検出されることがあるが、衰弱木から検出される頻度が高く、とくにこの傾向は黒色菌ではっきりしていた。

これら両菌のマツに対する病原性を知るために行なった人工接種試験では、次のような結果が得られている。

①キリンドロカルボン菌の当年生アカマツ苗に対する病原性は明らかでなかったが、2年間連続接種した場合に対照区よりも明らかに根系が不良となって枯損本数が多かった。また、菌根を多数形成しているアカマツ2年生苗に対する別の接種試験では、枯損が多いだけでなく菌根の消失が顕著であった。幼齡木に接種した当年には、はっきりした症状は現われなかった。②黒色菌はアカマツ芽ばえに対する試験管内での予備的な接種では病原性を示したが、野外では苗木、幼齡木ともに枯死させるまでの病原性は明らかでなく、根の接種部で病斑が拡大するにとどまった。

以上の接種結果からみて、両菌ともマツを急速に衰弱させるような病原性をもつものではなく、根系を異常にしたり菌根形成を阻害することによって、慢性的にマツを衰弱させるものと思われる。

したがって、これらの菌は恒常発生型や微害型の松くい虫被害で、長期にわたるマツの衰弱枯死に関与することが考えられる。また、材線虫病との関係においては、線虫の高密度感染によってマツが短期間に衰弱枯死する場合は別として、低濃度感染したザイセンチュウのマツ体内での増殖や萎凋～枯死の進行に関与する場合が考えられる。これらの点について、キリンドロカルボン菌や黒色菌がどのような役割をもつかは、今後検討すべき問題である。

この他、ならたけ病や紫もんば病などの根の病害が発生している例が認められたが、松くい虫被害林で見出される頻度は低いので、松くい虫被害との関係はあまりないようである。

なお、マツの根を侵す病原菌としてファイトフトラ菌があり、アメリカ東南部でマツの小葉病の原因 (*Phytophthora cinnamomi*) として著名である。このため各地でファイトフトラ菌の検出を試みたが、見出されなかった。

(b) 材の青変菌

松くい虫被害木の幹や根の材部が青変菌に侵されて青変していることが多いが、健全木からは青変菌は検出されない。また、九州支場で、マツから分離された3種の青変菌をマツの成木および苗木に人工接種した結果で

は、いずれの場合にも病変が認められなかった。本場で行なった成木に対する接種試験では、幹に穴をあけて青変菌の一種 (*Verticillium dadiella* sp.) を接種した場合に、接種部から長期間、樹脂が滲出する異常が認められている。しかしこの現象は松くい虫被害の場合と逆の現象なので、別個に扱われるものであろう。

青変菌については今後も検討すべき余地が残されているが、これまでの結果からみると、マツがかかなりの程度まで衰弱した後で影響を及ぼすものようである。

なお、マツノザイセンチュウを培養する際に数種の糸状菌の上でよく増殖するが、この中には青変菌が含まれ、また、一般に材線虫とよばれる近縁の線虫には、材の中で青変菌を含む糸状菌を食物とするものが知られている。材線虫病との関係では、衰弱枯損に関与するよりはマツの体内での線虫の増殖に関与する要因として興味をもたれる。

(c) その他

葉や枝など地上部に数種類の病害が発生している例が認められたほか、被害林のマツの根辺土壌から、根の病原菌として知られるピチウム菌 (*Pythium* sp.) やワセンチュウなどの植物寄生線虫が検出された場合もあった。また、九州地方の被害林ではマツ生立木の根を侵すことが知られているアズマタケなどの腐朽菌の発生が認められた。

しかし、これらの病原微生物は、その分布の状況からみて、松くい虫被害との関係はうすいものと判断される。

引用文献

まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する特別研究推進会議資料 (昭和43～46年度), および伊藤一雄 (1972): 農林水産研究情報16号を参照し随所に引用したほか、次の文献を引用した。

- 1) 徳重陽山・清原友也 (1969): 日林誌51: 193～195
- 2) 清原友也・徳重陽山 (1971): 日林誌53: 210～218
- 3) 佐藤邦彦・横沢良憲・庄司次男 (1970): 81回日林大会講: 249～251
- 4) 佐藤邦彦 (1971): 林試東北支場だより No. 109

特別研究と松くい虫の研究

小 田 久 五

農林省林業試験場昆虫科長

はじめに

特別研究の目的は、松くい虫と称される一群の穿孔虫類の産卵寄生の対象となる生理的異常木について、その異常発生の原因を解明することにあつた。この研究で、昆虫関係が分担したことは、①各試験調査林の害虫相と被害発生量の基礎調査および、②害虫の加害対象木の簡易判定法である樹脂滲出量による判定法の検討の2つであつた。したがって、昆虫自体に関する研究はこの特別研究には含まれていない。昆虫に関する研究は、関連研究として、本場、東北、関西、四国、九州各支場の昆虫関係の研究者が、それぞれの地域性と担当者の創意を組み入れて行なつた。関連研究を中心に、昆虫関係が行なつた研究内容の概要を、特別研究の推進協議会資料と研究業務報告資料から研究室ごとに簡単に紹介したい。なお、具体的な研究内容については、昭和43年度以降の林学会大会講演集、九州、関西、東北各林学会支部大会講演集、林学会誌、および林業試験場年報（発表誌、題名がのっている）、九州、関西、四国、東北各支場年報などに多数発表されているので、これらの報告を参考にさせていただきたい。

I. 関連研究の概要

1 九州支場昆虫研究室

(1) 寄主選択と加害対象木

松くい虫は種類ごとにきまつている特定の誘引物質に集まるといふ前提にたつて、加害対象木と虫との関係を調べた。餌木への飛来数、飛来型から対象害虫をシラホソゾウムシ類にしぼつた。また、主要種といわれる種類について、樹脂滲出量の多少と産卵寄生状況の調査、および、強制産卵や、虫がいろいろな形で樹に触れる機会を多くする実験などを行なつた。この結果、加害対象木は枯死または枯死状態に近いものと判定し、枯死に関係あるとすれば、「樹皮下を食害する」以外の方法で松くい虫は枯死に関係がありそうだと推定を下した。

(2) 松くい虫の動態調査

1) 密度推定

松くい虫の行動を調査する方法として、マーキング法

をとりあげ、マーク虫、自然虫の誘引源（餌木など）への飛来経過から周辺に行動する害虫密度の推定を行なつた。餌木への飛来数、飛来型からシラホソゾウムシ類が研究の対象となつた。

2) 動態調査

マーキング法による密度推定のほか、シラホソゾウムシ類を対象に餌木への接近法、産卵部位、餌木誘致数の季節的变化、毒餌木への誘致数、マーク虫の誘致数、生存期間、移動を遮断する方法、餌木の停留率などの試験が行なわれ、シラホソゾウムシ類の動態について、多くの研究が進められた。また、誘致剤によるクロカミキリの日週活動と産卵数調査、マーキング法による個体数調査法などが行なわれた。この他、45年度には小離島の松くい虫とマツノザイセンチュウ調査が実施された（実験内容が非常に多いので簡単に一括した）。

2 四国支場保護研究室

カミキリムシ類を対象に研究が進められた。

(1) マツノマダラカミキリの後食量と、後食がマツ類にあたる影響について苗木試験を行ない、また個体群動態の調査法として枯損木について単位面積あたりの産卵跡数の調査を行なつた。また、ヒゲナガカミキリ属の個生態の研究として、マツノマダラカミキリとカラフトヒゲナガカミキリについて、羽化脱出から産卵までの生態、両種の幼虫の識別法などが研究された。

(2) クロカミキリの生活史、産卵数、産卵習性、加害と根の退廃、枯損との関係について、飼育実験、現地調査が行なわれた。

3 関西支場昆虫研究室

(1) 個体密度推定

松くい虫の密度推定の基礎研究として次のことが行なわれた。

① 主要種の樹皮上、樹皮下、材内での分布型の検討
飼育実験により得られた材料について、穿入孔、脱出孔、産卵跡、幼虫数などを対象に寄生カ所における個体の分布型の検討が行なわれた。

② 気象条件と餌木併用の推定

松くい虫成虫の各種行動は各々の特性、季節的消

長、日周活動などによりことなるが、餌木など誘引源への飛来は気象条件の影響をうけるので、飛来数と気象条件を組み合わせ、個体数の増減を判定する相対的密度の推定法について研究をすすめた。

③ 後食量による推定

野外における後食量の樹間、樹内分布の調査、野外ケージ、室内飼育方法などから、後食量によるクロキボシゾウムシ成虫の個体数の推定法を検討した。また、マツノマダラカミキリの後食量の推定法として、後食量の測定方法の検討と、後食量の枝内、樹内(方位、高さなど)、樹間分布などを調査して、年枝別、方位高さ別などの分布状況を調べ、分布様式を検討した。

④ 餌木の誘引力のちがいを

野外調査に用いる餌木の均一性、再現性を保証するための基礎実験として、保存温度と保存法(ビニール被覆、木口塗付など)の組み合わせによる保存条件と誘引力の相違について実験し、また、マツの単木での誘引力のちがいなどについて各種実験を行なった。

(2) カミキリ、ゾウムシ類の温度別飼育試験

マツノマダラカミキリの実験材料を常時得る目的で、本種の恒温下飼育を実施した。この結果、発育の過程で休眠を経ることが判明し、飼育段階で一定期間の低温処理をすることによって継続飼育が可能となり、約4~5カ月で次世代の成虫が得られることがわかった。また、ニセマツノシラホシゾウの恒温飼育実験を行ない、幼虫の齢期と発育経過の資料を得た。

(3) 樹脂異常木への飛来と殺虫散布試験

試験地で予防剤の事前散布を行ない、その効果が樹脂滲出量、枯損発生数に及ぼす影響の試験を行なうとともに、樹脂量異常と飛来数との関係をシラホシゾウムシ類、マツノマダラカミキリについて調査し、また、試験地の一部で異常木に対する薬剤散布を行ない、枯損木の出方、枯損木の寄生状況について調査して、これらの結果から松くい虫の枯損に關与する影響などを検討した。

(4) シラホシゾウムシ類の健全木への産卵

現地から樹脂健全木を伐採し、完全保管のもとで、これからの害虫の発生状況をしらべ、健全木への産卵の有無を調査した。この結果、シラホシゾウムシ類は他の種類とことなり、健全木にランダムに産卵することが判明した(なお、同じ調査は九州支場昆虫研究室でも実施し、若干保管方法に不備な点が考えられたので、再検討の問題として残されたが、関西支場の結果と同じ資料が得られている)。

その他、餌木飛来の経過からシラホシゾウ属3種の発

生消長をしらべた。また、赤外カラー写真による加害対象木の判定方法について予備実験を行なった。また、関西各地の枯損木から羽化させた資料から、関西地方のマツノマダラカミキリの地理的分布を調査した。

4 本場昆虫第2研究室

(1) 主要種の卵巣成熟過程、産卵能力と行動

餌木、誘引器に集まった個体や、枯損木から脱出した成虫を後食させた飼育個体について、卵巣の発育状態、蔵卵数を調べて、主要種の産卵可能期間、および産卵能力について検討した。

(2) 昆虫寄生性線虫の検索と増殖

各種類の産卵能力に關連して、成虫、蛹、幼虫の寄生性線虫の検索を行ない、寄生率、寄生カ所、寄生過程、生殖機能におよぼす影響などについて調べた。また、クロコブゾウムシ成虫の体内に寄生する線虫について、青変菌などを用いて増殖をこころみ、よく繁殖する事実をたしかめた。

(3) 個体数変動機構の解析

餌木調査法により、マツキボシゾウ成虫の餌木上での分布、卵および幼虫各齢期の樹皮下での分布様式、生存率を調査した。シラホシゾウ属3種についてマーキング法により餌木設置カ所間の移動、残留などの実験を行ない、また、激害、微害地など異なる環境条件における餌木飛来状況を調査して、激、微害地間の3種の構成を検討した。

(4) 餌木飛来に關与する誘引物質の分類、同定および野外生物検定

林産化学部、九州支場昆虫研究室と共同で、誘引成分についての基礎実験を行なった。野外検定用のオルファクトメーターの試作改良を目的として、換気扇利用のオルファクトメーターを試作し、これを用いてシラホシゾウムシ類、クロキボシゾウムシの餌木の匂いに対する嗅覚反応をテストした。また、成虫の飛翔行動の調査方法として、ロータリーネットの試作と現地テストを行なった。シラホシゾウムシ類成虫の餌木への飛来におよぼすinsect factorの有無やマーキング法により成虫の距離別、方位別放虫方法の検討を行なった。

(5) その他、赤外カラー写真による加害対象木の判定法の予備試験を行ない、またクロカミキリの根系にあたる影響をみるため、成虫、幼虫の根部加害状況について、苗畑で飼育実験を行なった。

5 東北支場昆虫研究室

固定試験地、枯損発生林などで、ツチクラゲの発生状

況と松くい虫の寄生加害との関係の調査、東北地域の害虫相、枯損型などの調査に重点をおいた。関連研究としては、同地域のマツノマダラカミキリの発育期間について飼育実験を行なった。

II. 調査林の被害発生量、害虫相の調査

本支場合せて10数カ所の同定試験地の他に、10数カ所の被害林について調査を行なった。この調査は、各調査林の基礎資料をうる目的のほか、微害地域の東北支場、および微害地域と多発地域の区域に入る本場では、微害と多発地域の種構成の比較検討のため行なわれた。

1 東北支場昆虫研究室

東北地域では、昭和41年に石巻試験地で、枯れ寸前の衰弱木の地際からツチクラゲの発生が発見され、42年度の調査で、ツチクラゲの発生と枯損木の発生とが密接な関係にあることが明らかになったため、ツチクラゲとの関連で調査が進められた。

(1) 石巻試験地の調査

同所はクロマツ 100年生の海岸林で、東北地域では枯損の多い所である。この試験地では、害虫の種構成による枯損型の作成、枯損別の寄生期間、枯損木の部位別寄生率、根の虫害、針葉の褐変時期とツチクラゲの子実体の発生期、枯損部の中心からの方位と各枯損型、枯死木の出現率、年々の枯損範囲、枯損時期の翌年の枯損発生との関係、ツチクラゲの子実体の発生範囲などが調査された。

(2) 鳴瀬試験地の調査

同所はアカマツ 100年生の海岸林で、同試験地では、群状枯損内の枯損率、枯損の型などの調査が行なわれた。なお、石巻、鳴瀬試験地ともツチクラゲの発生と枯損発生との関係が密接であること、および、マツノマダラカミキリの関与する枯損木が多いことがわかった。

(3) その他の調査

アカマツ林の大面積伐採跡地に近い内陸のアカマツ壮齢林と山火跡地のアカマツ林について松くい虫の繁殖と被害の実態調査を行なった。また、ザイセンチュウの分布調査と関連して、岩手、山形、青森、秋田各県下約10カ所の林で、枯損木の害虫相、ツチクラゲ、山火事などとの関係を調査した。これらの調査結果から東北地方におけるマツノマダラカミキリとクロキボンゾウの分布状況について資料が得られた。

2 本場昆虫第2研究室

関東南部の激害地域から中北部の微害地域に至る区域で、固定試験地を含む15カ所の林をえらび、枯損発生量、種構成の調査を行ない、激害地域、微害地域、恒常発生林での枯損型の出方について比較検討した。また、これらの資料をもとに関東周辺におけるマツノマダラカミキリの分布状況についても検討した。

III. 樹脂量による加害対象木の判別

樹脂滲出量による異常木(加害対象木)の判定は、昭和40～42年の3年に千葉県中央部の激害林に設定した戸崎試験地で、皆伐調査を含む、いろいろな調査法から考案したものである。現地で短時間に多数の立木を調査して、各段階の異常木の第一次選別ができるように、できるだけ簡単にしたものである。特別研究の項目の中に、枯損危険木の予知法の一つとして入れられ、本支場それぞれの試験地でこの方法の検討が行なわれた。

各試験地で、本法による異常木の季節的な出方と枯損発生量との関係をみると同時に、九州、関西支場などでは、測定方位、測定時間による判定誤差の検討、ガンカッターの利用、樹脂滲出量の数量的表示の方法などが行なわれた。東北支場では樹脂滲出量とツチクラゲの子実体の発生、松くい虫の集まり方の関係をしらべ、樹脂滲出量の少ない木は、6月にツチクラゲの子実体が幹の地際部に発生した木を結ぶ円周の外側2mおよび内側2mの範囲の木に多くあられ、8月の調査では、この部分に松くい虫の成虫の集まる傾向がみられ、枯損木もこれらの中から発生するという調査結果が得られている。

IV. マツノザイセンチュウの媒介昆虫

45年度の研究結果からマツノザイセンチュウの加害性が明らかになるとともに、46年度は媒介昆虫の研究が重点的におこなわれた。

1 九州支場

(1) マツノザイセンチュウ伝播者の探索

大矢野(海岸激害林)、湯の浦(中害林)、植木(微害林)から各枯損型の枯損木を集め、マツノザイセンチュウの検出木から羽化した虫について、培養法でマツノザイセンチュウの検索をおこなった。このほか、餌木や誘引剤に集まった穿孔虫、マツに関係する昆虫からの検索および餌木や枯損木を調べて、加害虫と検出できる線虫の関係調べた。この調査によって20種の昆虫と枯損

木から、42種の線虫を検出した。このうち24種の線虫は、それを伝播する昆虫を確認した。マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリの71%から検出できた。約280頭のクロカミキリのうち1頭から少数のマツノザイセンチュウを検出したが、他の昆虫からは検出できなかった。また、マツノザイセンチュウは耐久型幼虫の形で、マツノマダラカミキリの体表面や上翅の裏側に付着しており、さらに気門（とくに腹部第1気門）の中には塊状になって入っていることがわかった。

(2) マツノマダラカミキリ保線虫率と1頭当たりの保線虫数

マツノザイセンチュウの媒介昆虫がマツノマダラカミキリであることが明らかになったので、解剖により耐久型幼虫数をしらべた。その結果、大矢野の枯損木から羽化したマツノマダラカミキリのうち、71%が線虫を持っており、1頭当たりの保線虫数は平均3,146頭、最高8,783頭であった。また、餌木にあつまったマツノマダラカミキリについては、羽化直後のものより非常に線虫が少なく、保線虫率も低くなっていることが判明した。

(3) マツノザイセンチュウ耐久型幼虫の虫体からの離脱

羽化直後のマダラカミキリを個体飼育して、線虫の虫体からの離脱経過を調査した。この結果、落下する耐久型幼虫数は、2～3週後に最高となっている。また、餌木で集めたカミキリを同じ条件で飼育しても同様の傾向がみられた。落下状況はばらばら落ち、とくに枝などの特定のものの上に集中する傾向はなかった。また、飼育の途中で死んだマツノマダラカミキリからも相当数の耐久型幼虫が検出され、これらの多くは、腹部第1気門の中で残っていた。さらに、保線虫数の項で調べた結果と、このカミキリが羽化脱出後約3週間たつと産卵をはじめること、この時期が梅雨であることも関係して、羽化脱出から産卵をはじめまでの間に、80%以上の耐久型幼虫がカミキリの虫体から落ちるものと思われる。

(4) マツノザイセンチュウのマツ樹体内への侵入経過
個体飼育、後食試験、後食カ所の野外調査、産卵行動と産卵痕などを調べた結果、マツノマダラカミキリの後食部は、マツノザイセンチュウの侵入経路の一つであること、枝を後食させることで枯死が起きることから、後食部は侵入経路として重要であること、また、耐久型幼虫は、餌木の後食部で脱皮を行ない、容易に材の中に入っていくことなどが判明した。

(5) マツノマダラカミキリの古い標本からマツノザイセンチュウの検出

九州支場に保存されているマツノマダラカミキリの古

い標本について、線虫の検出を行なった結果、1939～40年の標本からこの線虫を検出できたこと、および産地が当時の激害地であることから、当時の枯損にもマツノザイセンチュウが関係していた可能性が考えられる。

(6) マツノマダラカミキリの後食数とマツ枯損の関係
マツノザイセンチュウのマツ樹体内への侵入経路の一つとして、マツノマダラカミキリの後食部が関係することが明らかになったので、後食数とマツ枯損との関係を4つの試験地で調査した。薬剤の予防散布、立木への餌木巻付き試験などを組み合わせて調査を行ない、調査木は伐倒し、年枝（1年枝、2年枝……）ごとの後食数を調べた。この結果、マツノマダラカミキリの産卵している枯死木は、健全木に比べて後食数が非常に多いこと、後食数の多い木は少ない木より早く枯れる傾向が考えられること、また、後食数の分布を当年枝から5年枝について比較すると、マツノマダラカミキリの産卵を受けた枯死木では、当年枝に比べて古い枝に後食が多い傾向があること、産卵対象木に集まったマツノマダラカミキリは、枝先きまで行かず、近くを後食する傾向があることなどが明らかになった。

2 四国支場

四国地方のマツ類の枯損は主として海岸線沿いの各地に散発しているが、分布調査の結果、マツノザイセンチュウは四国全般にひろく分布していることがわかり、浦の内試験地、屋島などの枯損木の羽化直後の成虫数10頭について、線虫の検出を行なったが、マツノザイセンチュウは検出されなかった。これは、検出方法のまずかったことにも原因するものと考えられる。

3 関西支場

(1) 各種穿孔虫からの分離

各地から集めた枯損木からの羽化虫、餌木、生立木への飛来虫など約10種類について線虫の検出を行なった。この結果、マツノマダラカミキリ以外の穿孔虫より分離した *Bursaphelenchus* 属の数が、比較的少量に検出されたのはアナアキゾウの1例のみで、ほかは問題にならなかった。しかし、供試穿孔虫の大部分は餌木に飛来したものであって羽化直後のものでないため、このことから直ちに、これら穿孔虫の線虫運搬者としての役割を考えることはできないが、マツノマダラカミキリに比較して、その重要度はかなり低いものと考えられた。

(2) マツノマダラカミキリからの分離

日置川試験地の枯損木から羽化したマツノマダラカミキリ成虫約60頭について、線虫の保持数と羽化後の減少

経過を調査した。この結果、多量の線虫を保持しており、この線虫はすべて幼虫態であるが、その後の培養によってマツノザイセンチュウであることが確認されたこと、1頭あたりの保持線虫数は、羽化直後から10日間のもので最大約34,000から0、平均約3,000頭と、バラツキが多いこと、さらに羽化後20日ごろから急激に減少することなどが明らかになった。さらに、カミキリの虫体各部分ごとの検出をするため、虫体各部を分けて検出を行なった結果、線虫は大部分が体内に居ること、頭、胸の消化系統以外の部分に集中していることがわかり、したがって、口器、肛門、生殖部門からの線虫伝播の可能性はかなり低いことが推察された。これをさらに確認するため、羽化成虫を個別別に3～5日ガラス容器で後食させたのち、糞、フラスを鏡検したが、検出された線虫はごく少量にすぎなかった。

(3) マツノマダラカミキリより分離した線虫のマツ苗への接種

日置川試験地の枯損木から羽化したマツノマダラカミキリより分離した線虫(幼虫)を用いて圃場、恒温器内での接種試験を行なった。方法は、接種量をことにして、主に1年生枝に後食類似の人工接種を行なった。この結果、野外接種木は全部、恒温器内接種のものは大半が枯死した。接種木の針葉に変調があらわれるのは接種後15日くらいからで枯損現象は1カ月くらいで出つくしてしまうこと、枯損苗の部分ごとの線虫をみると、針葉からはほとんど検出されず、2年枝、3年枝、根、1年枝の順に多く、また、全体的にみて、苗木ごとのバラツキが非常に大きかったこと、接種した線虫はすべて幼虫態であったが、枯損苗からは微小幼虫～成虫に至るいろいろな段階の幼虫が検出されることなどがわかった。

4 東北支場

松くい虫からの材線虫の検索のため、46年6月下旬に鳴瀬試験地から持ちかえった被害木から羽化したマツノマダラカミキリ1頭を解剖したところ *Bursaphelenchus* sp. 5 が体内から検出されたが、前年同試験地から持ちかえり室内保存した被害木から羽化した成虫10頭について解剖した例では、この線虫は全く検出されなかった。

5 本場(昆虫、樹病共同)

(1) マツノザイセンチュウの媒介昆虫

カミキリムシ、ゾウムシ、キクイムシ、キバチなど4科22種の約4,000頭から検索を行なった。この結果、マツノザイセンチュウはマツノマダラカミキリ、ヒゲナガモモトカミキリ、サビカミキリ、アカハナカミキリの4種から検出された。しかし、このうちマツノマダラカ

ミキリ以外の3種は、マツノザイセンチュウの保持数および保持率が非常に少なかった。

(2) マツノマダラカミキリの線虫保持数

地域別の自然枯死木、餌木などから羽化脱出した成虫と、生立木および異常木に飛来したマツノマダラカミキリから線虫の検出を行なった結果は次のようである。

成虫1頭当たりのマツノザイセンチュウの保持数は地域によってことなり、平均5,000～21,000頭であった。このうち、最高は関東地方でもっともマツ枯損の多い房総半島最南端部の枯損木からの1頭当り175,000頭、検出率100%であった。また、同所の林内で、7月下旬に産卵のために異常木に飛来したマツノマダラカミキリを調べた結果、1頭あたり平均135頭、最高約2,000頭と脱出直後に比較して激減し、検出率も78%と減少した。また、茨城、栃木、埼玉、神奈川県の一部など、いわゆる秋型または秋～春型枯損の多い微害地および恒常型発生地に含まれる地域の枯損木から脱出したマツノマダラカミキリ成虫と、自然枯死木の樹体内からはマツノザイセンチュウが検出されなかった。またこれらの地域の被害木とマツノマダラカミキリ成虫からはマツノザイセンチュウに非常によく似た近似種の *Bursaphelenchus* sp. 5 が検出された。これら微害地と微害地のマツノマダラカミキリ成虫から検出されたマツノザイセンチュウとその近似種はすべて耐久型幼虫であり、材内での耐久型幼虫は羽化時期に蛹の翅の基部、蛹室壁とフラスなどからも検出された。(注、本年に入ってから茨城県林試、本場の調査で水戸近辺に発生したマツの枯損木からマツノザイセンチュウが検出されている)

(3) マツノマダラカミキリ成虫体内のマツノザイセンチュウ

解剖により寄生部位を調べた結果、線虫は雌雄ともに腹部第1気門(後胸と腹部の間にある最も大きな気門)の裏側に著しく多く、塊状をなしているものがかかりあったこと、さらにこの気門から後胸に延びる気管内にかなりの個体が進入していること、頭部からも若干検出できたこと、などがわかった。さらに、羽化脱出後約25日(卵巣に成熟卵が形成されはじめるころ)になると体内の線虫数が急に減少すること、したがって、線虫はマツノマダラカミキリが産卵行動をはじめるまでにばらまかれることがわかった。網室内で後食中かなりのものが死亡したが、これらの個体は線虫の保持数がとくに多く、線虫の寄生がなんらかの生理障害をあたえているように考えられた。

(4) マツノマダラカミキリの成熟食(後食)とマツの枯死

羽化脱出したマツノマダラカミキリは、生殖器が発育するまでの一定期間、マツの枝を辺材部に達するまでかじり後食する。その期間は16~30日、平均22日前後で成熟卵が形成され産卵が可能となる。また、マツノザイセンチュウは、この後食期間に大半虫体からばらまかれ、産卵時には激減することがわかったので、マツノザイセンチュウを100%保持するマツノマダラカミキリと非保持虫を用いて、4年生、8年生のマツに対し、放飼虫数と放飼部位を組み合わせ後食実験を行なった。この結果、4年生苗では80%枯死し、8年生では1樹幹あたり4頭以上の放虫が約20日で樹脂滲出量に異常現象がみられ、

75%が枯死した。枯死木の根、全幹枝と球果、それに針葉からもマツノザイセンチュウが検出された。また、非保持虫では摂食部分の枯死だけで、樹脂滲出量および外見的にも異常現象がみられなかった。

おわりに

この特別研究と関連研究を実行するにあたり、試験地、調査林、供試木の提供、便宜、調査に際しての共同調査など、多大なご協力、ご支持を賜った本支場各地域の各県、各県林業試験場の各位、各営林局、営林署、担当区の各係官の皆様のご厚意に厚くお礼申し上げます。

水分欠乏を中心とした松くい虫 加害対象木予知のための調査

坂上 幸雄

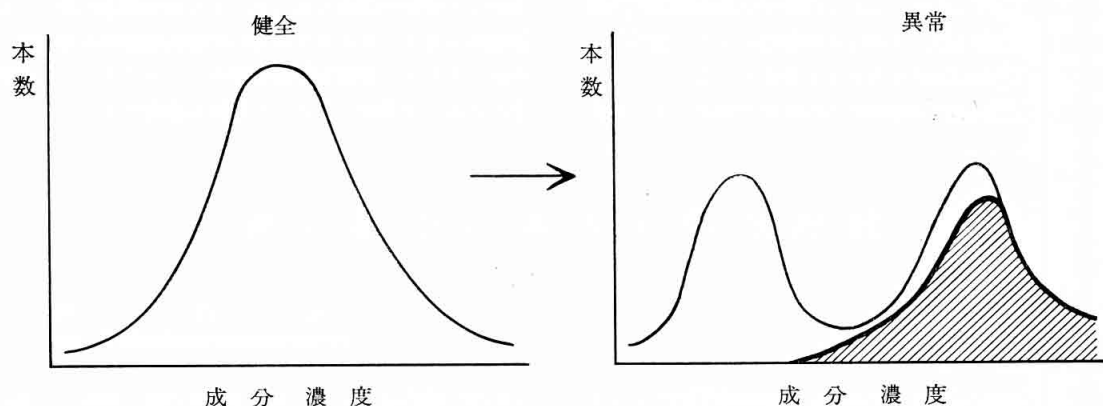
農林省林業試験場造林部造林第一研究室長

松くい虫被害林のマツ自体に、松くい虫加害を可能にする条件が内在することは、概念的に十分考えられる。しかし、具体的に的をしぼって加害可能にする要因を明らかにするには、あらゆる面での蓄積が少なすぎる感があった。たとえば、樹脂分泌量が減少する現象がはっきりしているだけで、その他の現象が十分把握されていなかった。

このような段階で、土壌、気象、マツ類の減少に関連すると考えられる面を洗うこととなり、われわれも、参加することとなった。

林木の生理の面から把握しなければならない課題として、二つの場面が考えられる。一つは樹脂分泌量に異常をあらわした木の生理の問題であり、一つは、分泌量の異常を示す以前にその兆候が生理的にあらわれるかどうかであった。前者は松くい虫加害との対応で進めるべき課題であり、後者は、加害対象となる木が、なぜ発生するかの原因を見出すために必要な課題であった。この後者の成果は加害対象木の予知、林分の松くい虫に対する危険度の推定にもつながりが生まれるはずであった。

この特別研究では、前者の分野を主に保護部、林産化



図一1 樹脂分泌の異常が内的水分欠乏によるとする仮定から、樹脂分泌量の異常木を予知する方法の模式図
斜線部分は、成分濃度分布が2頂曲線になった後、樹脂分泌量に異常を示すマツの本数分布

学部、九州支場、四国支場などで担当し、後者の分野を造林部で担当して行なった。ここでは主に造林部造林第一研究室で分担した調査結果を紹介したい。

激害林分における樹脂分泌異常 木の発生予知の調査

具体的に、この問題ととり組む唯一の手掛りは、樹脂分泌が或る時期に、主に夏であるが、急に減少する現象だけであった。

そこでまず、生理的に正常な状態から急に異常な生理状態に移行するのか、または生理的には異常をきたしているのに樹脂分泌量だけが見掛け上正常であったのかを知る必要があった。このため、生理の状態をある程度示すと考えられる葉長、連年肥大生長量、連年伸長量の調査が各支場、造林部で行なわれた。この結果、異常をあらわす前年までは、生理的衰弱の徴候はみられなかった。また造林部生理研究室での材形成状態の顕微鏡的観察でも異常はみとめられなかった。これらのことは、樹脂分泌の異常がマツの漸進的衰弱によるのではなく、急激な生理的変化によることを暗示した。

急激な生理的異常の誘因となる因子は、気象因子、土壌因子、化学物質因子など多数考えられる。しかしこの場合、樹脂分泌を減少させる因子についての研究成果は、VITEや西口による土壌水分が最も結びつきが良い。そこで土壌水分と根系の水分吸収能力に注意がはらわれることになり、根系調査と樹体内の水分収支の問題に努力がはらわれた。

一方われわれは、林木苗の移植時における生理現象に関連して樹体内、主に葉の含水量低下以前に還元糖、遊離アミノ酸の増加がみられる資料を持っていた。葉の水分は、吸水が減少しても葉の脱水に対する抵抗が増加して或る期間低下しない。しかし葉内では脱水抵抗機能増加の働きがあらわれ、その働きの表現として、還元糖、遊離アミノ酸の増加がみられると考えている。

樹脂分泌量の減少の原因が土壌水分の減少、または吸

水量の減少であるならば、樹脂分泌量に異常をあらわす前に、還元糖、遊離アミノ酸の増加がみられるはずであると考えた。

このような仮定が成り立つなら、樹脂分泌に異常をあらわす以前の葉成分を同一個体で追跡することによって、異常木の発生予知が可能である。

そこで、全く樹脂分泌量に異常のみられない6月初旬、千葉県南三原の約17年生クロマツ激害林分から50本の木を選び供試木とした。この供試木から6月初旬、7月下旬および9月中旬に分析試料を採取し、外的水分欠乏を反映すると思われる成分について分析した。定量した成分は還元糖（ネルソン発色比色法）、遊離アミノ酸（ニンヒドリン反応比色法）、クロロフィルa、b（アセトン、エーテル抽出比色法）などである。いずれの成分の濃度も、個体間分布は、正規分布を示し、樹脂分泌量に異常があらわれる夏にも、この分布型はくずれなかった。

われわれの仮定によると、樹脂分泌量に異常を示す時期に近づくと、二頂曲線になる（図参照）はずであった。しかしいずれの時期も正規分布をすることは、仮定が間違っていたことを示している。

すなわち、内的水分欠乏による成分濃度の変動が実験的に確認されている以上、樹脂分泌量の異常の原因は、水分欠乏によるとする仮定は正しくないと結論することができた。同時に加害対象木の予知も、これらの成分からは不可能であることがわかった。

この時点で、われわれは、水分条件以外の因子について検討を加えるため、文献資料の調査を行なったが、この問題解決のための適当なヒントが得られないまま終わった。

以上、一試験地で得られた結果について述べたが、この調査は生理分野の研究手法を、実験室外の現実林分に適用する最初の機会であった。そのため調査に際し、実験室的な見方、ある面では実行不能な調査項目を計画し失敗するなど、貴重な経験を得ることができた。この調査のため、お世話いただいた諸氏に感謝する。

根系の働きと林木の健全性

荻 住 昇

農林省林業試験場造林部植生研究室・農博

松くい虫だけでなく、その他の害虫や病菌類によって林木が被害をうける場合、その初期段階において、林木の生理生態的な状態の良否が、病虫害の侵入と被害の進

行に深い関係をもっている。さきに小田¹⁾は松くい虫の林木への侵入加害と樹脂の浸出量との間には高い相関関係があり、松くい虫が樹体内に侵入加害する以前に、林

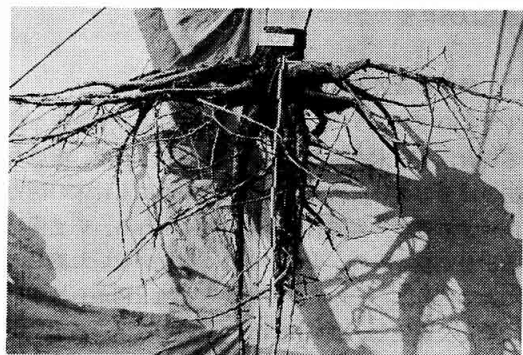
木の活力が衰えて、樹脂の浸出量が低下することを報告している。この原因として、根系の頽廃による養・水分の吸収阻害が考えられた。根系は土壤中の養・水分を吸収して地上部に送り、林木の健全な生長を支えるための第一義的な役割りを果たす重要な器官であるが、土壤中にあって日常われわれの目にふれないために、地下部の働きは軽視されがちであり、また反対に地上部で解析できない問題が地下部の問題として憶測されることも多い。このような根系の働らきと特殊性から、「まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する研究」にあたって、この根系と林木の活力の問題が取りあげられた。樹病の面では、根系の頽廃に関係している病原微生物の分離検索、発病と根の生理条件との関係が調査研究され、根系の生理生態的な面からは根系の形態・分布・細根の状態などが調べられた。またこの問題と関連して、林木の健全度をいかにして表わすか？ 何を指標とすればよいか？ といった問題も研究された。

I 根系に関する調査

根系の生理生態に関する調査と実験は各支分場で実施され、それぞれ異なった側面からマツの健全性にアプローチしているが、これを項目別にあげると次のようになる。

(1) 枯死木と健全木の根株からの根系発生経過の違い

マツの枯死および衰弱が、根株の生理機能の低下あるいは根系再生力に関係するのではないかといった考えから、枯死木と健全木の根株から発生している第1次根数、年齢、太さ、地上部の上長生長量などが測定された。その結果、枯死木は健全木に比べて、根株よりの発生根数が少ない。またとくに最近3年間の根数が少なく、ほとんどの枯死木が1~2年生の若い根の発生を欠いていた。このことは被害枯死木の根株からの発根力の低下と、林木の活力との間に、関係があることを示唆す



健全木の根系、主根および側根の発達が良好で、細・小径根も多い。

るものであるが、次年度の調査では、樹脂の浸出量との間の相関は明瞭でなく、今後の研究によるところが多かった。

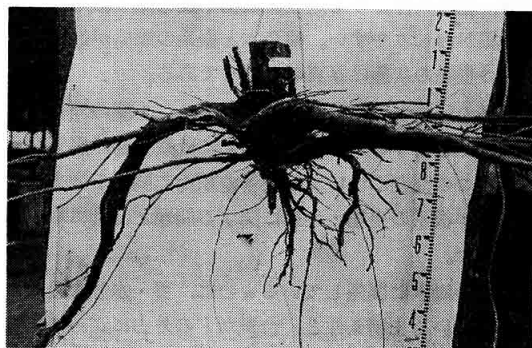
(2) 根系の活力判定

樹脂の浸出量の減少などで判定される地上部の活力が変化する以前に、根系の活力が低下しているのではないかと考えた。根系を切断した場合のカルス形成や、発根状態による根系の活力判定がおこなわれた。その結果、松くい虫の被害にかかりやすい衰弱木はカルスの形成や発根が不良で、マツの枯衰と根系の活力低下との間には、相関関係があることがわかった。しかし根系の活力が低下する原因は不明であった。

植物組織の活力は、 α ナフチルアミン酸化力やTTC還元力で測定できる。このことから健全木と異常木の形成層の組織の α ナフチルアミン酸化力を測定したが、とくに地上部・地下部の枯衰が進行して、組織の頽廃が著しいものを除いて、調査木間に明瞭な相違は認められなかった。なんらかの方法で根系の活力が測定できれば、林木の枯衰の原因を明らかにできるわけであるが、その方法については今後の研究にまつところが大きい。

(3) 異常木と健全木の根系調査

樹脂の浸出量によって異常木と健全木に区分し、各々について根系の生態が観察された。この調査は各支分場でおこなわれたが、いずれも異常木の根系は小径根以下の根系が枯損しており、高知支場浦の内調査地の資料では、小・中径根はその総量の約50%程度が枯損していた。根系の枯損は細根・小径根・中径根と根系が細いほど著しく、地上部と同様に働き部分から枯損が始まることがわかった。根系の枯損と地上部の樹脂の浸出量との間には、高い相関関係が認められた。しかし、両者の因果関係は明らかでなかった。これは細根と葉など地上部と地下部の働き部分の活力の対応がきわめて密接で、両者の反応の間に時間的なズレが少ないこと、両者の相関



不健全木の根系、過湿地で主根が枯損し、根系の著しい頽廃が認められる。

関係を解析する手段の精度に問題があるように考えられた。

根系が頽廃脱落する原因には、地上部の葉群の被圧による同化作用の阻害による林木の活力の低下、地上部の病虫害による障害など地上部の活力に関連したことで、根系に直接関連している土壌条件の良否、根系に被害を与える病虫害などの影響が考えられる。高密度林分では、葉群の活力低下から自然枯損がおこり、これらの林木は、松くい虫の被害を蒙ることとなる。このような枯損は虫による被害が限りなく広がるものではなくて、活力が高い林分中の優勢木は、松くい虫の被害にかかりにくい。このような自然枯損の場合にも、地上部の枯損に伴って根系の頽廃がおこるが、問題は立地条件が劣悪な場合に根系の生長が阻害され、枯損して養・水分の吸収が円滑にいかなくて林木の活力が衰退する場合である。根系の頽廃に関連している土壌条件には各種あるが、わが国は比較的降水量が多いので、尾根のように地形的に乾燥を伴う立地条件のところであっても、土壌の乾燥によって根系が頽廃することは考えられない。根系調査においてもこのような立地における枯死根の量は少ない。乾燥立地では、根系の頽廃枯死という形ではなく、乾燥による養・水分の吸収不足という形で、林木の生長阻害、極端な場合には枯損に結びつく。日置川試験地の土壌の pH 値は乾燥時においても 3 以下であり、この程度の乾燥が直接マツの枯損に結びつくとは考えられないといっている。根系の活力の低下・頽廃に関係する原因に、土壌水分の過剰と土壌中の酸素の不足がある。根系の頽廃現象は、乾燥地よりもむしろこのような過湿の立地条件で多く観察することができる。地下水位が高い海岸砂地などでは、過湿による根系の頽廃・活力低下によって林木の枯死がしばしば見られる。このような林木は、二次的に侵入加害する松くい虫の被害を受けやすい。マツ類の水分および通気に対する適応性からすれば、乾燥条件よりも過湿・通気不良条件で根系の頽廃と枯損がおこりやすい。健全木と根系の頽廃が進んだ異常木の根系の状態は写真のとおりである。

根系の頽廃と枯損の最初の段階では、土壌の理化学性が大きく影響するが、枯損の拡大には微生物の影響が大きい。この問題については根系の頽廃に関する微生物学的研究が根系の生理・生態に関する問題とは別に取上げられた。

根系の働きに関連しているものに、養・水分の吸収に関連している土壌条件と、台風などの外力によって影響される根系の動揺と、これに伴う根系の吸収力の衰退現象が考えられる。台風と松くい虫による被害との間に

は密接な関係があり、最大風速 20m/s 以上の台風があると枯損量が増加するといわれている。これは強風による地上部・地下部の衰退に原因するもので、地下部では地上部の動揺による根系の切断や、土壌と根系の遊離などによる吸収力の低下が考えられた。昭和 43 年の千葉県戸崎試験地の調査では、被害木の中に根系の動揺によって根系が切断され、また根系と土壌が遊離して養・水分の吸収阻害によって枯死したと見られる現象が明らかに認められた。

(4) 根系処理と松くい虫被害

台風と松くい虫の被害との関係において認められるように、根系に与えられた被害がどのような形で松くい虫の被害に関係するかということを解析することは、根系の働きと、林木の活力と、松くい虫の被害との関係を考察する上に重要な問題である。このような観点から、根系処理と地上部の生長および活力（樹脂滲出量）との関係が調べられた。根系を断面積比で 0～40% まで切断したが、1 年目の樹脂の滲出量は処理間で差がなく、松くい虫の侵入も認められなかった。しかし、2 年目では最も強度に処理した 40% 切断木は地上部が枯死し、松くい虫類に加害された。一方 20% 以上の処理木は直径および伸長生長量が減少した。この関係は、とくに葉長と重さ当たりの本数で著しくて、処理区の葉長は無処理区の 70% 程度になった。この試験から、根系の極度の切断処理は直ちに地上部の枯損に結びつくが、20～30% 程度では一時的に生長が悪くなるにとどまる。このことから考えると、地上部が急激に枯損するような現象は、林木が健全な状態のままで生長が衰えるといった原因とは異なり、強度の影響が根系全体に与えられたことに相当する。

この実験からすると、自然条件で地上部の生長が次第に衰えるといった経過なしに、急に枯死するような大きな影響が根系に与えられることは少ないと考えられる。すなわち、地上部の急速な衰退には根系の自然条件下での衰退以外に他の原因が考えられる。

II 林木の活力と健全度

I でものべたように、林木が病虫害によって被害を受ける場合、その木の活力と健全度が問題となる。樹脂の滲出量はそのよい指標であるが、その他にも林木の活力に関係する生理・生態的な現象が考えられる。いま樹脂の滲出量が多いもの、少ないもの、出ない乾いた感じのものに 3 区分し、その各々の調査木を地上部から地下部まで細かく調査し、各種の因子について林木の健全度との関係を検討した。その結果、次のような因子が取りあげられた。

1 地上部

(1) 各階の葉の割合：葉を各年齢に区分してその割合を計算すると、健全木は1年生の葉の割合が多く、異常木は少ない。20年生の林分では前者の割合は35%であったが、後者は21%であった。

(2) 葉の枯損量：林木の活力が低下すると針葉の変色したものや部分的な枯損が認められるものが増加する。これは外見的にも明らかであって、前記林分の調査では針葉の枯損がないものの割合は、健全木は42.5%であったが、異常木は12%で著しい相違が認められた。

(3) 葉と枝の乾重率：両者ともに健全木は乾重率が小さく、当年葉では健全木が36%以下であったのに比べ

て、異常木は40%以上、当年枝では前者が43%以下であるのに対して後者は49%以上であった。

(4) 幹の乾重率：幹の頂部から1.5mの位置における乾重率の測定では、健全木は40%以下であったが、異常木は45%以上で、両者の間に大きな差が認められた。

(5) 幹の生産量：前記林分で当年の幹の生産量を計算したところでは健全木は950g、異常木は650g、葉量当たり幹の生産量は前者は0.612、後者は0.952で、後者の価が高かった。これは主として葉量の減少によるもので、15本の調査木の計算結果からみると0.8以下は健全木であり、これ以上は異常木と考えられた。

2 地下部

表1 地上部の健全度

健全木度の区分	調査木 No.	葉と枝の割合						乾重率		幹の生産量 当年	葉量	葉量当り生産量 当年	幹の頂部の乾重率	評価値の合計	総合健全度
		葉			枝			葉	枝						
		当年	2年	計	当年	3年	計	当年	当年						
A	1	2	2	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	20	1
	2	2	1	2	3	4	4	1	1	1	1	3	2	25	1
	3	1	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	2	26	1
	4	2	2	2	3	3	3	1	3	2	2	2	3	28	1
	5	1	3	2	3	3	3	3	1	1	4	3	2	29	1
B	1	3	5	3	4	4	4	3	5	4	3	4	3	45	5
	2	4	5	5	3	3	3	2	4	4	4	5	2	44	4
	3	5	5	5	4	4	4	4	3	2	5	4	4	49	5
	4	3	5	4	5	4	4	5	4	5	4	5	3	51	5
	5	2	5	4	5	5	5	4	5	3	2	3	4	47	5
C	1	4	5	4	3	4	4	4	5	4	4	4	4	49	5
	2	5	5	5	2	3	3	3	3	2	5	3	5	44	4
	3	4	5	5	4	4	4	5	4	3	3	3	4	48	5
	4	4	5	4	5	3	3	4	5	5	4	4	3	53	5
	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	58	5

表2 外部形態から見た根系の健全度

樹脂の滲出量による区分	調査木 No.	形態		小・中径根の根の枯損	根株附近の形成層の変色	根系の表皮の色調	根				各因子の評価値合計	根系の総合健全度	
		垂下根	水平根				細	根	多さ	色調			枯損
A	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	15	2
	2	1	3	1	1	1	1	1	1	3	13	1	
	3	2	2	1	1	2	2	3	2	1	16	2	
	4	1	4	2	1	1	1	2	1	2	15	2	
	5	3	2	3	1	1	1	1	2	3	18	3	
B	1	1	2	3	2	3	2	1	2	3	20	4	
	2	2	1	2	2	1	2	2	2	4	20	4	
	3	2	3	1	3	2	3	1	3	3	21	5	
	4	1	2	3	2	2	1	1	1	3	16	2	
	5	1	1	2	2	2	3	2	3	5	21	5	
C	1	1	1	1	1	2	1	4	1	4	16	2	
	2	1	3	2	3	3	3	2	2	5	24	5	
	3	2	3	2	4	3	4	1	3	2	24	5	
	4	1	4	3	3	2	3	3	2	3	24	5	
	5	1	3	2	4	4	3	2	2	4	25	5	

* 各指数は健全性の高いものから低いものへ1→5の5段階に区分している。各区分の詳細は推進会議資料(昭46年)参照

表 3 樹脂の滲出量・食害量と林木の総合健全度

樹脂の滲出量による区分	調査木 No.	樹脂の滲出量	食害量	総合健全度		
				地上部	地下部	計
A	1	Ⅱ～Ⅲ	—	1	2	3
	2		—	1	1	2
	3		—	1	2	3
	4		—	1	2	3
	5		—	1	3	4
B	1	—～+	—	5	4	9
	2		Ⅲ	4	4	8
	3		—	5	5	10
	4		—	5	2	7
	5		+	5	5	10
C	1	○	+	5	2	7
	2		Ⅱ	4	5	9
	3		—	5	5	10
	4		+	5	5	10
	5		Ⅱ	5	5	10

根系については定量的に各因子を評価することが困難であり、観察による評価が多い。いまこれらの因子を上げると、

(1) 根系の形態：一般にマツ類の根系は主根が土壤深部にまで発達するものが正常で、垂下根と水平根の発達が悪いものは、台風などの外力に対する支持力が小さい。うえに、養・水分の吸収範囲が小さくて、環境変化に対して適応力に乏しく、異常木になりやすい。このようなことから、主根・側根の発達が良好なものを健全木とし、悪いものを異常木として評価した。

(2) 小・中径根の枯損：前述したように小・中径根の枯損が多いものは根系の吸収・支持作用の衰退を示すもので、林木の健全度を示す指標になる。このことから枯損および黒変根の多いものを異常木として、その多さの程度によって健全度を判定した。

(3) 根株付近の形成層の変色：不健全木には根株およびこれに近い太い根系の形成層に、褐色または淡褐色の斑点ができる。この原因は明らかではないが、カミキリムシ類による食害付近に多く見られ、形成層の組織がならぬ外部からの刺激によって酵素的に変化し、活力

が低下したことが十分に考えられる。この褐色の斑点が多いものほど異常木と考えられる。

(4) 根系の表皮の色調：一般に健全木の根系の色調は褐色であるが、不健全木ないしは成長不良木は、表皮の脱落の速度が遅いため白色または黒色である。

(5) 細根：細根は養・水分吸収の働きが最も大きい根端を含む部分で、その多さ、色調、枯損の程度、白根の多さなどは、根系の健全度を示す指標となる。白根が多い細根量が多くて、淡褐色で枯損が少ない細根をもつ林木は健全木である。

以上の因子を健全度の高いものから低いものへ1→5に評価し、地上部・地下部について健全度の評価表を作成し、両者を総合して林木全体の健全度を判定した。千葉県・館山市の被害林分でおこった健全木と異常木の総合健全度判定の結果は、表1—3のようになり、健全度の高いものから低いものへ1→10に10段階に区分した場合、健全木の総合評点は2～4、異常木は7～10であった。以上のように樹脂の滲出量と林木の活力を示すと思われる各種の因子の間には、密接な関係が認められた。

林木の健全度が低いものほど病虫害にかかりやすい。また成長不良で次第に枯死するものも多い。しかし、健全度が高いものでも急に健全度が低下して、松くい虫の被害を受けるものもある。かなり長い時間の間に次第に健全度が低下する原因には、主として土地条件や根系の衰退によるものが多いが、健全度が急速に低下する場合にはマツノザイセンチュウによる影響や、台風による根系の動揺によって根系の吸収作用が著しく阻害される場合などが考えられる。

文 献

- 1 小田久五：松くい虫の加害対象木とその判定法について 森林防疫ニュース 189, 2～5, 1967
- 2 林業試験場：まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する研究 昭和43・44・45・46年度報告, 特別研究推進協議会資料

土 壤 関 係 の 研 究 に つ い て

吉 本 衛

農林省林業試験場土壌部土壌肥料研究室長(現・同九州支場育林部長)

はじめに

「まつくいむしによるマツ類の枯損防止に関する特別研究」がいちおうの終止符を打つことになったので、その一部をなした土壌関係の研究成果をまとめてここに記述するが、まずこの4年間の経過の概略をかたんに述べることにする。

研究開始にあたっては、2次性害虫とみなされる松くい虫の寄生加害は明らかに生理的に異常とみとめられる樹に対してのみ可能で、この異常は穿孔虫の寄生加害以前にすでに起こっており、またマツ類に現われる生理異常現象の強弱、季節的推移が枯損発生量に密接な関係があるとの想定のもとに、マツ類の生理異常と土壌条件との関係を明らかにすることが、われわれ土壌関係の研究者に与えられた課題であった。

そこで、最初に全国各地の試験地について土壌の形態的および理化学的性質の調査を行なった。この段階で、マツ類の生理異常に関係するとみられる特異な土壌条件が認められた試験地がいくつかあった。とくに東北地方では、海岸砂丘のマツの枯損(これはツチクラゲが主因と判明した)が土壌の過湿条件に関係すると推定され、以後、東北支場では海岸砂丘の土壌条件について詳細な研究を推進し、ほぼ当初の推定を実証した。

しかし、他の多数の試験地には、生理異常を生ずるような土壌条件はみとめられず、松くい虫の被害地の土壌は多種多様で、比較的良好な土壌まで含んでいることが明らかになった。

そこで、ある時点での調査では見出せない変動の大きい因子が関与する可能性を考え、この因子として土壌水分をとりあげ、その年間変動を追究する必要性がみとめられた。本場および関西・四国の両支場では第2年度から、それぞれ測定方法について検討し、測定装置を開発して、試験地土壌水分の長期観測を実施した。この観測は最終年度まで続けられ、それぞれの試験地で特徴のある土壌水分の変動パターンが得られた。しかし、直接に生理異常と関連づけることは困難で、問題は今後に残された。なお、ここで開発された測定装置は今後の土壌水分の研究に貢献することが期待され、とくに関西支場の

自記 pF 測定装置は注目されている。

土壌の無機養分との関係についても検討するため、第2年度から千葉県の海岸クロマツ林で施肥試験も実施された。マツの生長にわずかながら肥効がみとめられたが、マツの枯損の発生は影響がなかった。

この試験地では、マツの枯損に土壌水分が間接的に影響しているものと推定されたほか、枯死菌根の多いことが観察されたことに端を発して、土壌微生物と堆積腐植に関する研究が第3～4年度に行なわれた。その結果、異常の発生は堆積腐植の増加、異常分解の進行、微生物相の変化、菌根菌の減少、菌根の発生減少と枯死、根の衰弱、マツの生理異常という一連の生態学的推移の帰結であるとの推定が可能と考えられた。これはきわめて興味のある仮説として、今後の検討に値するものとおもわれる。

次に上記の各研究について、それぞれの内容をややくわしく述べよう。

土 壌 の 形 態 お よ び 理 化 学 性

1. 東北地方の試験地の土壌

東北支場では、宮城県海岸砂丘の被害地2カ所について精密な土壌調査を行なった。

長浜試験地：石巻市の海岸砂丘で、約100年生クロマツ林に団状枯損を生じている。この砂丘は背後に丘陵をひかえ、地形は凹凸に富む。土壌は全般的に砂質の未熟土であるが、汀線から内陸へ進むに従い、土層の分化が漸次発達して、林床植生の発達もこれに併行している。表層土壌の有機物蓄積も、酸性化も内陸ほど進み、表層の酸化還元電位の経時低下も内陸ほど大きく、微生物活性の高いことを示している。このような林床植生の発達と土壌化の進行の程度によって、汀線から内陸へ第1、第2、第3砂丘と区分される。土壌の孔隙は粗孔隙が主で、土壌水分は容易に移動し凹地に集まると推定され、凹地は凸地より水湿に富み、腐植が多く、酸性も強い。電探によると第3砂丘や第2砂丘凹部で滞水層が浅く出現していることがわかった。

クロマツの枯損は10cm程度のA層が発達し、比較的土壌化のすすんだ過湿な第3砂丘にはほとんどなく、また

林床植生がほとんどなく、腐植の蓄積もない比較的乾いた第1砂丘にもあらわれていない。枯損はA₁層が生成されつつある第2砂丘の平坦部に団状に出現し、拡大しつつある。この平坦部は長浜砂丘のかんりの部分を占め、低凹部ほど過湿でないが、80~100cm以下が還元で、40~50cm附近まで下層の過湿の影響をうけている。表層に分布するクロマツの根は黒変し、支根は腐朽している。長浜砂丘のマツの枯損はツチクラゲが主因と判明したが、土壤の過湿条件により、根の腐朽枯死が樹勢を低下させ、被害の誘因となることが十分考えられ、加害者側の有利な環境条件と被害者側の不利な環境条件とが、ちょうど第2砂丘平坦部の土壤条件で合致したものと解される。

鳴瀬試験地：石巻市西方鳴瀬川口の東部にある砂丘で、110年生アカマツの不良人工林の被害地である。この砂丘は汀線沿いに北上運河に沿う低湿地、背後に水田があり、起伏が小さく比較的広い平坦面をもつ。この土壤はやはり砂質の未熟土であるが、表層が堅密で、透水が不良で、表層還元の性格が強い。A層は5cm程度で、ところによりB層を介し、C層の下部には鉄の細斑がみとめられるが、その深さは場所によりことなる。酸化還元電位の経時低下はA層にのみ明らかであるが、被害の多い地点では低下が少なかった。この砂丘で4カ所に水位計を設置し、地下水位の変動を昭和46年6月から12月まで調査したところ、北側高地の2カ所では地下水位が夏と冬に低下し、中央低地と南側低地では逆に夏と冬に上昇する傾向を示した。変動の幅は高地で35~50cm、低地では60~90cmであった。前述のC層下部の鉄細斑は地下水位の最高よりやや上部から出現していて、地下水の影響と考えられた。中央低地の地下水位は高いときは100cm程度で、ここではアカマツの生育も不良で、枯損も多い。しかし、地下水位の高低はかならずしも枯損程度と一致しない。そこで、地下水の溶存酸素量を測定したところ、水田や排水路に近いところでは、溶存酸素量が比較的多く、中央低地では低かった。枯損の多い中央部では溶存酸素の少ない地下水が停滞し、このため酸素要求度の高いアカマツの衰弱をまねくものと推定された。(東北支場・育林第3研究室)

2. 関東地方の試験地の土壤

本場では激害地帯である千葉県、および微害地帯である茨城県の各試験地の土壤調査を行なった。

戸崎試験地(千葉県、クロマツ・アカマツ混交40年生)：内陸の高度最高200~300mの低山地の南向き斜面を占め、洪積統の砂・泥からなり、火山灰を被っている。斜面形は凸形で、尾根近くに人為でつくられたと思

われる平坦面が数箇ある。一部は基岩風化物を他の大部分は火山灰を母材とするB_D型土壤が分布し、西部は壤質、他の大部分は埴質で、A層は10cm以上あり、粒状または堅果状~塊状構造がみとめられ、B層は無構造で比較的軟い。断面形態には過乾または過湿などの特別な水分環境を示す徴候はまったくみられない。pHは5.0~6.0で、置換酸度も小さいので、塩基の流亡も少ないと考えられる。この試験地に隣接して同斜面にスギ・ヒノキの造林地がりっぱに成林しており、この試験地のマツ類も樹種比較のため植栽されたもので、この地方としては、むしろスギ・ヒノキを植栽すべき良好な土壤とみられ、マツの生育を阻害するような因子はまったく認められない。

千倉試験地(千葉県、クロマツ50~70年生)：太平洋にのぞむ海岸砂丘上にあり、土壤は磁鉄鉱をふくむ黒色の砂を母材とする未熟土で、表層7cmまで腐植の滲透がみとめられる。通気、排水は良好とみられ、特別の阻害因子はみとめられない。

海発試験地(千葉県、クロマツ90年生)：太平洋に面する海岸平坦砂地にあり、その背後に水田が開けている。土壤は前記の千倉試験地と同様の砂質未熟土で、断面形態もほぼ同様であるが、地下水位がやや高く、80~110cmで湧水し、以下がグライ層をなす。クロマツの根系は比較的健全で腐朽はみとめられなかった。pHは高く、微酸性~中性で、置換酸度はきわめて小さく、地下水は塩に富む。クロマツの生長は千倉試験地に劣るが枯損はかえって僅少で、上記の土壤条件が阻害因子になっているとは考えられない。

南三原試験地(千葉県、クロマツ10数年生)：前記海発試験地の北方2km、海岸から約1.5kmで、標高約60mの丘陵南斜面の傾斜変換点下方緩斜面にある。以前は畑および水田として利用されたもので、現在も段々畑の形態をとどめている。上方の傾斜変換点附近に湧水地があったという。土壤は第3系泥岩を母材とし、きわめて埴質である。傾斜地を整地したため、盛土のところは深く、他は浅く30cmで基岩に達する。土壤層断面には斑鉄が顕著で、局部的に微小なグライ斑が認められる。きわめて堅密で、構造は発達せず、透水は不良である。土塊は乾燥すると石礫のように堅硬で破砕が困難である。酸性は一部表層土を除いて弱い。この土壤は明らかにマツ類の生育には不良な土壤と認められる。

茨城試験地(茨城県、アカマツ40年生)：那珂川沿いの50~100mの高さの丘陵地に散在する数箇の団地からなる。地質は洪積~新第3系の砂~粘土で、土壤はこれを母材として、1区は埴質で、他区は埴質である。いず

れも B_D-I_M 型土壌であるが、断面形態はそれぞれ異なる。一般に堅密で、構造は発達せず、透水性は不良である。強酸性で、置換酸度も大きく、塩基に乏しいと考えられる。このように、理化学性とも不良な土壌であるが、松くい虫の発生はほとんどない。

以上のように各試験地の土壌条件はそれぞれ異なっており、激害地に共通した特徴や微～無害地に共通した特徴はなく、一般的に激害地と微～無害地とを区別できる特異的な条件も見出せない。一見良好とみられる土壌条件でも激害がおこっており、一見不良とみられる土壌条件でも被害がほとんどなく、南三原試験地を除いて、激害地でとくに生理異常を生ずるような阻害因子はみとめられなかった。もし生理異常の原因を土壌条件にもとめるとすれば、ある時点でのおつうの土壌調査では見出せないような、別の時点での一時的土壌条件または急激な土壌条件の変化による可能性を考える以外にないとの結論に達した。(本場・土じょう部)

3. 関西地方の試験地の土壌

関西支場では次の各試験地の土壌調査を実施した。

日置川試験地(和歌山県, クロマツ11年生, 激害地) : 古第3系の砂岩を母材とする土壌で、斜面の上部は B_B 型土壌, 斜面の下部は B_D 型土壌である。前者の理化学性は不良と思われるが、後者の理化学性は良好といえる。この試験地では停滞水による根の腐敗や、土層の団結による根系発達の阻害はみとめられず、クロマツの生育も良好であるが、激害地である。

六甲山試験地(兵庫県, 50年生クロマツ, 激害地) : 深層風化花こう岩を母材とする土壌であるが、地形が複雑で、それに応じて土壌条件もことなるものと考えられる。下層が堅密で良好な土壌とはいいがたいが、停滞水や団結などの特異な徴候は見出せない。クロマツの生育は不良で激害地である。

東山試験地(京都市, 60年生アカマツ, 微害地) : 第3系角岩を母材とする B_A 型土壌で未熟な形態を示し、赤黄色土に近い。下層はかなり堅密で、理化学性は良好とはいいがたい。地形が変化にとみ土壌もそれぞれことなる。アカマツの生育は不良であるが、とくに阻害因子があるかどうかはわからない。

三国試験地(福井県, クロマツ35年生, 無害地) : 汀線から700~800mの距離にある平坦な砂丘で、砂質の未熟土である。腐植に乏しく、単粒状構造をなし、表層5cm程度は軟いが以下は堅い。通気、透水は良好とみられる。とくに生育阻害因子はみとめない。

以上のように、各試験地の土壌条件はさまざまであるが、激害地でも生理異常を生ずるような因子は見出せない。

い。(関西支場・土じょう研究室)

4. 四国地方の試験地の土壌

四国支場では高知県および香川県の試験地の土壌調査を行なった。

屋島試験地(香川県, クロマツ激害地) : 安山岩台地の平坦面上の B_B 型土壌である。過去の枯損調査から枯損の多い区と少ない区との土壌条件を比較調査したが、土壌層断面の形態にも、理化学性にも、明確な差異は見出すことができなかった。

堂ヶ森試験地(高知県, アカマツ激害地) : 異常木の集まっている地点での調査結果からは、土壌層断面の形態にも、理化学性にも、生理異常を生ずるような特別の徴候を見出せず、むしろマツ林としては良好な土壌であると見られた。また、附近の山頂緩斜面では、枯損の激しく全滅した林地でも、まだ残存している林地でも、土壌条件に明らかな差異は見出せなかった。

浦の内試験地(高知県, クロマツ激害地) : 浦の内湾にのぞむ南向斜面で、砂岩・泥岩を母材とする土壌が分布しているが、地形が複雑で、土壌条件はかなり変化に富んでいる。このうち、比較的被害の少ないところは尾根に近い斜面で、A層は薄く、細粒状構造が発達し、菌糸網層が認められる極端な乾性土壌で、土層も浅い。これに反し、被害の集中しているところは、斜面下部で、A層が厚く、構造は堅果状～塊状またはカベ状で、比較的水分に恵まれているとみられ、土層も一般に深い。化学的性質にはあまり大差はないが、被害の多いところの方がやや良好な傾向を示している。

以上のように四国地方の被害地の土壌にはなんら生理異常を生ずるような欠点は見出せない。むしろ、被害の多いところはマツ林としては良好な土壌である場合が多い。(四国支場・土じょう研究室)

土壌水分の動態

1. 静岡試験地の土壌水分

本場では静岡県浜北市の洪積丘陵地で2年間、テンションラインメーターによる土壌水分動態調査を実施した。以前に被害が点々と発生していた約60年生のアカマツ天然林で、被害発生と地形にもとづく土壌水分のちがいの関係を明らかにするため、斜面上部と下部の2点で、A層とB層とに設置した。

その結果、きわめて特徴のある土壌水分の変動パターンが得られた。すなわち、2地点ともB層はA層より常に湿っていて、同層位では、斜面下部が上部より常に湿っている。このため、それぞれの乾湿の変動はおおむね一定で平行的に変動している。pF 2 より 乾くことがほ

とんどなく、変動幅が小さく、極端に湿ることもない。この変動パターンは、以前に同じ方法でしらべた岡山県や茨城県のアカマツ林の変動パターンとはいちじるしくなっている。期待されたマツの枯損は観測期間中に発生しなかったため、枯損との関係を期間中に明らかにすることはできなかった。(本場・土じょう部)

2. 平砂浦試験地の土壤水分

後述の平砂浦施肥試験地で昭和45年12月にテンションフリーラインメーターを被害多発地(微凹地)と被害最少地(微凸地)の2地点に設置し、1年間観測するとともに、その間に数回の土壤断面調査を行ない、土壤水分状態を観察した。

45年12月の調査では、両地点とも地下水位が比較的高く、微凹地では深さ90cm、微凸地では深さ120cmで湧出した。しかし、46年の春から秋までは、地下水の湧出は深さ150cm以内にはまったく認められず、土壤は一般にきわめて乾いていた。大量の降雨の直後には、斑状の湿潤部がところにより認められた。冬になって、数地点で地下水の出現が再び認められ下層が湿潤となった。この1年間にラインメーターにはほとんど水は入らなかった。これは表層の菌糸網層のため雨水は土壤に滲透せず流下し、樹根に沿いまは菌糸網層の欠けたところから、わずかに滲透するのみであるためと考えられる。

46年12月に試験地全域にわたって湿潤な下層の出現深度を検土杖でしらべ、湿潤層出現深度分布図を作製した。マツの枯損とくに初期の枯損の発生は、湿潤層の浅いところに偏る傾向がみとめられた。

そこで、この試験地での枯損は土壤水分状態と関係すると考えられるが、生育期間は土壤は還元状態にあるのではないので、間接的な要因としてであろうと見られた。(本場・土じょう部)

3. 日置川試験地の土壤水分

関西支場では第2年度から、前述の激害地である日置川試験地で土壤水分の変動調査を開始した。第2～3年度は、ガラスブロック電気抵抗水分計を用い、斜面上中下で各2地点計6地点の深さ5、15、30cmの土壤水分量を継続観測した。その結果、この試験地では、7～8月に乾燥のピークが出現することがわかった。植物の吸水との関係で土壤水分を考える場合、全水分量よりもそのpF値が問題となるが、長期間継続してpF値を自記測定できる装置がなかったので、これを考案、試作し、現地テストを行なった。その結果が良好であったので、第3年度からこれを用い斜面上下2地点の深さ15cmと30cmのpF値の観測を行なった。

降雨とpF値はよく関連して変動し、降雨後の脱水は

比較的速かであることがわかった。これは土壤の理学的性によるものと考えられた。乾燥期のpF値は2.5～2.6程度で、極端な乾燥ではなく、この程度で生理異常が生ずるとは考えられない。

この試験地のマツは最終年度の夏に斜面上部ではほとんど全滅したので、7月に観測を打切った。8月から別の試験地で観測を開始したが、降雨がひんばんで、pF値の変動が少なく、あまり強い乾燥も出現しなかった。ゆえに、土壤水分の変動とマツの異常とを直接関連づけることはできなかった。(関西支場・土じょう研究室)

4. 浦の内試験地の土壤水分

四国支場では第2年度から、吸湿体として石膏ブロックと素焼ブロックとを併用する電気抵抗式土壤水分計を試作し、室内実験と野外テストを行なって改良を加え、第4年度の6月から観測を開始した。

観測は前述の激害地である浦の内試験地で、枯損の多い区と枯損の少ない区との2地点の深さ10cmと30cmについて行なった。

その結果、両地点とも比較的乾燥した状態で終始したが、枯損多発地点では枯損僅少地点よりも乾燥が弱い傾向をしめした。枯損僅少地点では、表層は下層より常に乾いていて、とくに乾燥期にその差が大きい。これに反し、枯損多発地点では上下の水分差が小さいが、秋の少雨期に表層が乾き、上下の差が大きくあらわれた。このような両者の土壤水分のちがいは、直接マツの生理異常と関係するとは考えられないが、間接的にはなんらかの関係があるかもしれない。(四国支場・土じょう研究室)

5. 九州の3試験地の土壤水分

九州支場では試験地の毎月1回の枯損調査の際、10cmと40cmの深さの土壤水分と温度の測定を1970年に行なった。

地中温度は激害地である大矢野試験地では地下10cmで、7～8月に30°Cを越え、他の被害の少ない2試験地と大差があった。これは枯損が多いため林冠が粗になっていることや斜面方位とも関係があるかもしれない。

土壤水分は激害地の植木試験地では上、下層の差が少なく、終始比較的乾燥状態で、変動が少ないのに対し、中害地の松生試験地では変動が大きく、雨期には表層が下層より水分が多く、過湿となる。ここでは根の腐朽が激しい。

激害地の大矢野試験地では下層は5～6月から秋まで漸次乾く傾向を示したが、表層は変動がかなり大きかった。この3試験地について見れば、土壤水分の変動の大きさ、ことに雨期の過湿条件が誘因として、マツの生理異常や枯損に関係するようで、さらに詳細な調査が必要

である。(九州支場・樹病研究室)

以上のように、各地での土壤水分の動態調査の結果は、それぞれ特徴のあるパターンを示し、生理異常との関係が推定された。直接マツの枯損ないし生理異常を説明するにはいたらなかったものでも、ここで得られたデータは貴重なものと考えられる。森林土壤の水分環境について、長期間の観測例がきわめて乏しい。正常なマツ林での土壤水分の変動パターンがいかなるものかも、現状では明らかであるといえない。土壤水分の変動は観測年の気象条件により、かなり変化する可能性があり、長期にわたる観測が必要で、また気候、土壤、植被などのちがいで異なることを考えると、全国的に多数の地点での観測が数年以上にわたって続けられることが望ましい。このような基礎的データの蓄積の上に、はじめて、異常が異常として認識されるであろう。今回の研究で、観測装置の開発も進んだので、今後この方面の研究が進展することが期待される。

施肥試験

前述の南三原試験地で異常木と健全木各3本の葉分析を行なって、異常木はすべて健全木よりN濃度およびN/P比が小さいという結果を得た。そこで、このような無機栄養のちがいが異常の発生に影響するかどうかを確かめるため、貧栄養の海岸クロマツ林で施肥試験を行なうことにした。

試験地は激害地帯の千葉県南部の館山市平砂浦の汀線からの距離160mの海岸砂丘で、地形は平坦で、微起伏があり、土壤は微アルカリ性の砂質未熟土である。林分は砂防造林で成立した当時19年生、ha当たり成立本数1万本、平均樹高4m、平均胸高直径4cmのクロマツ林で、少数の枯損のあとが見られたが、設定時の樹脂流出量調査では異常木はみとめられなかった。

ここに、2回くりかえしで、施肥区と無肥区を設け、1969年6月と翌年4月に、それぞれN60kg/ha相当量の化成肥料(24・16・11)を施肥区に散布した。

1969年秋の上層木の葉分析からN濃度には施肥による差はなく、P濃度は施肥区で高く、N/P比は施肥区が低く、P栄養について肥効がみとめられた。

上層木の3年間の樹高生長量はBlock Iでは施肥区が40cm、無肥区が35cm、Block IIでは施肥区が35cm、無肥区が25cm、また胸高直径生長量はBlock Iでは施肥区が0.3cm、無肥区が0.1cm、Block IIでは施肥区が0.4cm、無肥区が0cmで、肥大生長では明らかに肥効がみとめられた。しかし、マツの枯損は施肥とは無関係に、施肥区でも無肥区でも連年発生し、ちがいがまった

く認められなかった。最終年度の調査で、枯損木からマツノザイセンチュウが検出された。

この試験地の枯損発生にはむらがあり、枯損多発地の土壤水分や堆積腐植の状態は別項のように枯損の少ない地点とは異っていて、無機栄養以外の土壤条件が関係しているようである。このようなところでの施肥による多少の栄養状態の改善は、マツノザイセンチュウによる枯損に影響を与えるほどの効果はないものと判断された。これはすべての場合に施肥が無効であるとの結論を導かないことはもちろんで、無機栄養とマツノザイセンチュウによる被害との関係をたしかめるためには、栄養状態のことなる樹に対する接種試験が必要であろう。(本場・土じょう部)

堆積腐植および土壤微生物

前記の平砂浦施肥試験地で、堆積腐植、細根および土壤微生物について若干の調査を行ない、これをほぼ同齡の神奈川県湘南海岸クロマツ砂防林(無被害)と比較したところ、いちじるしい差異がみとめられた。

すなわち、枯損の多い平砂浦では、湘南海岸に比し、堆積腐植の量が多く、とくに被害の多い地点では堆積腐植量がいちじるしく多い。堆積腐植の内容を見ると、新鮮な落葉は少なく、分解の比較的進んだ腐朽細片が多く、そのうちでも微小なものが大部分を占めている。これらの腐朽細片は菌体をふくむマット状のF層を形成している。枯損のない湘南海岸では、腐朽細片も比較的粗大なものが主で、分解の進んだ微小なものはきわめて少ない。

細根量には差がみとめられないが、平砂浦では正常な菌糸鞘をつけた菌根がほとんどなく、枯死または黒化した断片が多い。

土壤微生物相も平砂浦と湘南海岸とでは異っていて、平砂浦では放線菌に対し細菌が多い。また平砂浦の枯損多発地(微凹地)では糸状菌がきわめて多いことが注目される。

これらの諸点をマツの生理異常と関連させると、次のように考えられる。

一般にマツの細根は菌におおわれて外生菌根を形成し、マツの養分吸収にこの菌根が大きな役割をはたしているので、菌根の減少や枯死はマツの生理異常に直接つながる。菌根はふつう1~2年で脱落して、菌根菌は新しく発生した細根をおおって菌根を形成するが、菌根菌が死滅すると菌根は容易に分解する。ところが土壤中には菌を食害する多数の小動物や細菌・糸状菌などが存在し、また菌同志の競合もあって、腐生性菌類が増加する

と菌根菌は消失していく。堆積腐植の増加は腐生性菌の増加となり、また細菌・糸状菌の好適な生息条件を与え、温暖多湿であればその増殖にきわめて有利で、微生物相の変化が比較的急激におこりうる。この観点から平砂浦の調査結果をみると、成林後もha当たり1万本という高密度に維持され、落葉落枝の採取が行なわれず、最近にいたって枝打が行なわれ、大量の落葉落枝が供給され、堆積腐植が発達し、温暖多湿の環境条件とあいまって、異常分解が進行し、腐生性菌は増加し、細菌・糸状菌の増加も急激におこり、このような微生物相の変化の結果、菌根菌は減少し、菌根発生の減少・枯死を生じ、このためマツの根の衰弱がおこり、生理異常をきたしたと考えられる。マツノザイセンチュウの寄生があるにせよ、マツの枯損はそれ以前にすでに土壤中でおこっている一連の生態学的推移の帰結として生じた生理異常が遠因と考えられる。この推論は、微凹地と微凸地の枯損発生のちがいを、土壌水分条件にもとづく微生物環境のちがいとして説明できる。

もし、この推論が正しければ、このような海岸クロマツ林では落葉除去や間伐などの手段で堆積腐植を早めにコントロールすることによって、マツ林を健全な状態に維持することができるかもしれない。

内陸部のアカマツ林においても同様の現象が見られる

かどうかの調査をすすめるとともに、堆積腐植の調節試験もあわせて行なうことにより、この仮説を検証すべきであろう。(木場・土じょう部)

むすび

われわれはマツの生理異常に関与する土壌条件を明らかにしようと努めてきた。しかし、そのような特定の土壌条件を被害地に共通して見出すことはできなかった。ところが、マツノザイセンチュウが松くい虫による枯損の一次加害者であることが、この特別研究の終りに明らかにされて、研究は新しい局面をむかえた。われわれは激害地における土壌条件が多様で、良好な土壌まで含んでいることを明らかにしたが、現時点からみるとこれは高密度のマツノザイセンチュウの寄生加害があれば、土壌条件に無関係にマツの枯損は起こりうるということを示したことになる。

今後、マツノザイセンチュウについての研究の進展により、その加害性や枯損過程の詳細が明らかにされるであろうが、その場合、誘因としての土壌条件があらためて見なおされることになるかもしれない。そのときには、前述の諸研究成果が新たな価値を付加するものと信ずる。

松くい虫によるマツ類の枯損量と気象との関係

岡上正夫

農林省林業試験場防災部気象研究室長

まえがき

農林水産技術会議の振興費による特別研究「まつくい虫によるマツ類の枯損防止に関する特別研究」の一部として、筆者は表題の研究を分担した。ここにその概要を記してご参考に供したい。

1. 従来の研究

松くい虫によるマツ類の枯損と気象との関係について、従来どのような研究がなされているかを少し調べてみたところ、ほとんど見当たらず、わずかに、加藤¹⁾が、神奈川県津久井郡志田山に設けられたアカマツ80~90年生内陸林の面積約2haの試験林で、昭和34年の風害に伴い、昭和35~37年に枯損木が増加したこと、台風の影響は3年で終息したことを報告している。また小田²⁾は、甲府営林署管内で昭和34年8月14日の7号台風で風害を

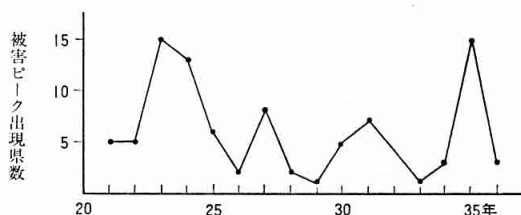
受けた地域で調査した結果、立木被害の発生は、風害翌年の35年に一部、36年に大半が発生し、37、38年と一部発生したがそれ以後終息したことを報告している。これらは枯損木の増加が台風による風害が誘因であったことを示している。

2. 研究の進め方

筆者は、ほかにも気象上の誘因がありはしないかと考えて、一応白紙にかえて考えなおすことにした。松くい虫は、何らかの原因で樹勢の衰えたマツに侵入し、これを枯らすといわれているが、最近マツの材線虫による被害が激しいことが認められてきた。

筆者はまず、マツの枯損の発生状況を知るために、全国各府県の昭和22年度(一部は昭和7年度)より昭和36年度までの、年度別被害面積、被害本数、被害材積の資

料を、林業試験場保護部小田昆虫科長からいただいた。ここでは被害量を被害材積でみることにし、その府県別、年度別の一覧表を作成した(第1表)。そしてどのような年に、どのような地域に被害が多発しているかを観察することにした。そのために被害量のピークに注目した。被害量の小さな変動は経常的なものと考えられ、その要因はきわめて複雑で解明困難と思われたので、県単位で被害の異常発生との関係を検討することにした。ここで異常発生 of 基準としては、前後の年より3割以上被害の多い場合、または大量の被害が数年にわたって発生しているときは、それ全体を異常発生とみなし、その期間中の最大をピークとした。こうしてピークの現われた府県の数を年度別に合計した結果が第1図である。



第1図 年度別被害ピーク出現県数

これによると、昭和23~24年、27年、30~32年、35年に枯損の異常発生があったことがわかる。次に地域的に異常発生 of 現われた府県の分布を第1表でみると、それが群状に分布していることがわかる。このように数県にまたがって異常発生しているということは、これらの広い地域に、マツの衰弱をまねいたある共通した原因として、何らかの異常気象があったのではないかということを示唆している。そこでこの異常発生を対象に、気象との関係を検討することにした。

3. マツを衰弱させる気象的原因

異常高温あるいは異常低温がマツを衰弱させる原因として考えられるだろうか。気温については、九州のような高温のところから緯度の高い北海道にもあり、長野県では2,000mの高所にもあり、温度的に幅広い分布をしている。少々の異常高温、あるいは異常低温があったからとて、それが松くい虫の対象になるほどマツを衰弱させるとは考えられない。したがって気温は検討の対象外とした。しかし降水量は多い年、少ない年とかなり変化が大きいので、深い関係があるかも知れない。暴風については、しばしば風害があり、木をいため、それによって衰弱させることがあると考えられる。したがってここでは降水量と風速について検討することにした。

4. 降水量との関係

降水量が少なく、乾燥することが枯損の誘因にならな

いかという考えで、蒸発散量の多い6~8月の降水量の最小月量を取り、これを年度別枯損材積と対照してみた。全国から地域の代表として、青森・愛知・岡山・鹿児島 of 4県をとってみた(第2表)。

その結果降水量が少ないということと、枯損 of 異常発生とは、関係がないということがわかった。考えてみれば、マツは乾燥に強い樹種であるから当然のことであった。

5. 風速とマツの枯損材積との関係

マツは強い暴風にあうと、枝が折れ、吹きとばされたり、幹折れなどの被害を生じやすいことは古くから知られている。たとえ枝が折れなくとも、針葉は互いに摩擦され傷ついたり、幹は折れるまでに到らなくとも、幹の通導組織が寸断されたり、根が切断されるなどの被害を受けることがあり、それによってマツが衰弱することは十分ありうることである。

風速が大きくなれば、当然マツの損傷の度も激しくなるであろう。これを推察する資料として、ビューフォルト風力階級(第3表)を一見してみよう。

さらに川口 武雄 著『改訂増補森林物理学気象編』(昭45.地球出版)によると、風速20m/sで耐風力の弱い森林に風害を発生し、30m/sでは耐風力の強い森林にも風害を生ずると記されている。これらから風速が20m/s以上になると、立木はかなり損傷を受けることがわかる。

(1) マツが風害をうけたとき、枯損 of 異常発生はいつ起こるか

次に風速とマツの枯損材積との関係を知るために、各年間の最大風速と枯損材積とを対比してみる。日本全県について対比するのは手間も大変だし、スペース of 都合もあるので、ここでは枯損 of 多い九州・中国を代表して、鹿児島・広島両県を、また昭和35年に突発的に大量 of マツの枯損を出した長野県について、各年間の枯損材積と年間の最大風速を対比してみよう(第4表)。比較的風速 of 小さい長野県では、20m/s以上の風が吹いた後に、枯損が増大している。鹿児島・広島両県では、昭和22~25、26年の間に枯損材積 of 大きな山があり、その後は減少状態にある。鹿児島ではしばしば強い風が吹いているにもかかわらず、それに対応するような被害の変動がない。

しかし鹿児島県の場合、度々20m/sあるいは30m/s以上の暴風が吹いているのに、それに対応するような枯損がみられない。これは宮崎・兵庫県も同様である。したがって、最大風速と枯損量とは、一見関係がないように思われるが、これは前の暴風の影響が重畳されているためと判断し、強い暴風があまり頻繁に現われない東日

第1表 府県別年度別マツ類の枯損材積表

年度	18	19	20	21	22	23	24	25	26
青森					0.0	0.1	1.3*	0.5	1.7
岩手					1.4	1.9	3.7	3.9*	0.6
宮城					0.0	0.1	7.9*	4.8	1.8
秋田					0.5	5.5	7.2*	4.5	0.5
山形					0.2	6.2*	2.5	1.6	1.4
福島					0.5	17.7*	0.4	0.2	0.1
茨城						12.4*	5.7	1.2	0.6
群馬						6.4*	1.2	1.8	0.9
栃木					1.0	8.7	16.0*	3.9	0.9
群馬						2.2	6.5*	4.6	3.7
千代田						5.0	4.3	7.2*	6.5
茨城					3.9	4.4	3.5	3.1	3.4
栃木					4.8	14.0*	12.1	13.9	7.0
群馬					0.4	0.9	9.8	16.0*	12.4
山梨							0.4	0.5	0.5
石川							0.1	0.1	1.3*
福井	0.0	—	0.0	0.0	—	—	0.5	0.8	1.0
山梨					37.8*	18.6	4.1	0.6	—
長野					0.6	2.9	19.0*	4.1	1.8
岐阜					2.2	5.3*	1.4	2.2	3.9
静岡					0.1	2.6	2.7*	1.7	1.3
愛知					0.3	8.3*	8.1	6.1	5.6
三重						0.2	3.2*	0.2	0.2
滋賀					—	—	0.3	1.4*	0.0
京都			0.6	0.3	16.1	26.2	32.1*	25.9	18.2
大阪					11.3*	4.5	2.2	0.6	1.0
兵庫	57	40	38	172	172 *	165	45	54	38
奈良					0.2	1.8	0.9	5.6	4.1
和歌山				0.2	4.3*	3.4	1.3	0.5	1.2
鳥取						0.3	0.7	0.3	2.5
島根					1.7	38.4*	11.1	1.7	1.8
岡山	96	57	69	102	212	193	277 *	204	244
広島			2.2	0.5	4.3	36.0*	27.5	5.3	2.8
山徳		3.2	3.1	10.4	11.6	54.9*	32.4	27.3	25.0
香川				0.1	4.0	4.1*	2.3	2.3	1.0
愛媛				0.0	1.5	5.9*	4.1	1.2	1.0
高松				0.4	1.9	5.4	6.9*	6.1	6.4
福岡	1.2	1.6	0.2	43.2*	15.8	60.2*	54.2	24.9	22.1
佐賀	43.7*	20.2	24.5	55.2*	53.7	24.5	32.7	21.4	56.9*
長門	194	272 *	203	249 *	135	101	185 *	180	96
熊本	1.9	4.9	8.7	55.3*	33.1	35.5	42.5	48.6	62.0
大分				0.1	3.9	30.9*	11.7	1.0	0.8
宮崎	24	45	50	186 *	95	259	273 *	129	67
鹿児島	—	0.5	0.1	52	244 *	110	118	213 *	112

注 * は枯損材積のピークを示す

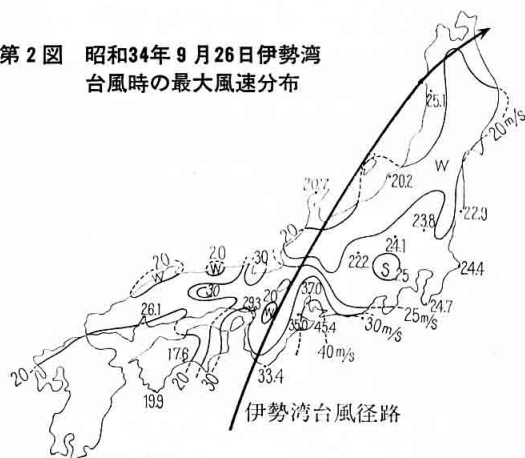
本について検討することとした。なお幸いに『森林国営保険事業統計書』に、昭和29年以降気象災の被害統計が記載されるようになったので、その中の風害を参考にした。ここでは、青森・岩手・新潟・富山・石川・福井・山梨・長野・岐阜・愛知の10県につき、昭和29年より36年までの風害量（風害材積 10^3m^3 、または風害面積 ha で示した。というのはある年は材積、ある年は面積でしか出ていない年があるため統一できなかった。）と、マツの枯損材積、各年間の最大風速を第5表に併記した（第5表）。

この中で最も顕著なのは昭和34年の風害で、10県全部に発生している。とくに山梨・長野・岐阜・愛知の諸県の風害はきわめて激しかった。甲府の最大風速 33.9m/s

は、34年8月14日の7号台風によるものであったが、松本の 24.7m/s、岐阜 32.5m/s、名古屋 37.0m/s は、いずれも34年9月26日の伊勢湾台風によるものであった（第2図）。これらは昭和20～35年間中の最大の風速で、その風害面積もきわめて広く、翌35年には共通して本期間中最多の枯損材積を記録している。これから、強い台風によって風害を生じたときは、その翌年に多量のマツが枯損することがあるということがわかった。なお、34年の枯損材積をみると、山梨・長野・愛知はもちろん、岐阜以外では、枯損が全くないか、あってもわずかで、経常的な枯損量の程度である。岐阜もよくしらべてみると、発生地の2カ所を除き、他はすべて10月までに発見されたもので、9月26日の伊勢湾台風が誘因ではない。

単位 1,000m³

27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
1.9*	0.5	0.0	0.1	10.0*	0.3	0.0	0.0	0.7*	0.4
—	—	—	1.0	4.5*	0.0	0.1	—	5.0*	0.3
0.5	0.9	0.0	9.8*	2.6	0.0	0.8	2.5	3.0*	—
1.5	0.6	0.0	0.9	0.5	0.2	0.6	0.6	0.1	0.1
0.3	0.5	0.0	—	0.6*	0.0	0.6	0.6	0.4	0.0
0.0	0.5	—	1.9*	0.3	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
0.5	0.2	0.3	0.0	5.8*	1.2	0.6	0.6	1.2*	0.4
0.6	1.1	1.1	0.1	0.1	0.2	1.0*	0.0	0.6	0.0
0.5	—	0.1	0.4	0.2	0.1	0.0	0.1	0.8*	0.0
2.6	1.8	1.3	1.0	1.7*	1.3	3.2	4.0*	1.3	4.1*
9.0*	5.7	4.9	4.4	2.3	2.5	1.7	3.2	3.6	8.1
5.6*	2.4	2.9	1.4	1.4	1.2	1.2	1.4	2.7*	2.0
3.6	3.2	2.1	1.4	1.1	0.5	0.4	1.9	2.3	0.5
17.4*	2.8	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.4	0.6	0.0
2.5*	1.1	1.0	3.2	4.7*	2.7	1.0	0.6	0.6	1.0
0.7	1.1	2.3*	0.8	0.8	0.2	0.3	0.5	0.9	1.1
1.8	1.8	1.5	1.9*	0.6	0.8	2.0	0.4	0.4	0.4
—	—	—	—	0.1	0.4	1.4	1.4	32.0*	26.4
0.4	0.3	0.1	3.6*	2.7	2.7	1.6	3.3	40.6*	9.9
6.0	5.0	6.2	10.4	9.5	11.6	13.7	28.0	49.0*	15.2
1.4	1.7	1.8	0.8	1.7*	0.8	0.6	—	0.3	—
4.9	3.1	2.3	1.5	1.7	25.6*	2.8	5.5	41.9*	9.9
—	0.9	0.8	0.3	0.5	0.5	0.5	0.8	4.7*	4.0
0.3	0.2	0.2	0.1	0.0	0.9	0.0	—	0.0	0.0
13.6	8.8	8.6	6.9	6.8	14.2*	6.2	2.5	2.5	2.8
1.6*	1.0	0.4	0.0	0.3	0.7	—	0.1	0.1	0.0
28	28	19	14	7	5	4	4	4	5
2.9	4.6	0.5	0.5	0.3	0.5	0.3	0.5	0.7*	0.3
1.7	1.4	1.7	1.5	1.2	1.4	4.3	3.2	6.5	8.4
2.9*	1.1	0.5	0.8	0.4	0.3	0.1	0.7	1.4*	0.1
5.5	6.3*	2.3	6.2*	2.7	0.0	0.6	0.4	0.7*	—
143	103	91	52	25	12	11	5	4	4
3.3	7.7*	2.1	2.3	2.8	2.9	2.7	4.4*	0.4	15.4*
19.3	11.6	8.6	8.5	6.5	7.9	5.2	4.4	2.5	3.0
0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.4
0.9	0.4	0.4	0.3	0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1
0.6	1.0	1.0	0.3	0.1	3.5*	0.2	2.7*	1.6	0.3
6.1	7.0	5.6	5.7	6.2	15.6*	10.8	12.7	15.2	9.8
16.0	18.9	17.1	16.1	16.6	16.5	13.8	10.0	10.8	9.2
39.9	41.8	39.5	19.9	10.6	9.5	5.9	16.1	22.1*	14.0
69	64	50	42	29	44	44	43	43	66 *
67.5*	59.9	45.2	49.4	44.3	34.7	30.0	24.6	22.1	21.4
0.3	0.2	0.1	0.4	0.9	1.6	1.0	0.6	1.1	1.1
67	44	29	28	25	14	19	14	16	22
92	73	62	65	63	61	77	63	66	62

第2図 昭和34年9月26日伊勢湾
台風時の最大風速分布

これから強い台風がきて風害があっても、その年には、それによるマツ枯損の異常発生は起こらないのではないかと推察ができる。

これは昭和29年9月26日の洞爺丸台風時に青森で22.2 m/sの最大風速を観測し、1,700m³の風害を生じながらもこの年度の枯損材積は0.1m³にも達しなかった例、同じく山梨県で昭和29年に1,200m³の風害があったにもかかわらず、その年度にマツ枯損材積がほとんどなかった例、さらに最初に記した加藤、小田の報告でも、34年の7号台風により風害を受け、35年から枯損が増加したという記録でもあきらかである。これらから、暴風によって風害が発生した当年には、それによるマツ枯損の異常

第2表 松くい虫によるマツ類枯損材積と6～8月の間の最小降水月量

県名 (測候所名)	年																	
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
青森 (〃)	枯損材積 千m ³			0.0	0.1	1.3	0.5	1.7	1.9	0.5	0.0	0.1	10.0	0.3	0.0	0.0	0.7	0.4
	最小降水月量 mm	62	108	50	47	21	12	70	48	23	74	53	43	43	58	80		
愛知 (名古屋)	〃		82	45	127	57	115	118	4.9	3.1	2.3	1.5	1.7	25.6	2.8	5.5	41.9	9.9
	〃	69	102	212	193	277	204	244	143	103	91	52	25	12	11	5	4	4
	〃		10	56	72	71	82	4	40	54	131	66	64	113	42	57	129	
岡山 (〃)	〃																	
	〃	0.1	52	244	110	118	213	112	92	73	62	65	63	61	77	63	66	62
	〃		207	57	292	357	224	99	318	138	275	171	200	305	27	232	66	

* 最小降水月量は6～8月の間の各月降水量中の最小を示す

第3表 ビューフォルト風力階級
(気象学ハンドブック p.347~348)

風力階級	開けた平らな地面から10mの高さにおける風速 m/s	説	明
0~3	省略		
4	5.5~8.0	末満	小枝が動く
5	8.0~10.8	〃	葉のあるかん木がゆれはじめる
6	10.8~13.9	〃	大枝が動く
7	13.9~17.2	〃	樹木全体がゆれる
8	17.2~20.8	〃	小枝が折れる
9	20.8~24.5	〃	人家にわずかの損害がおこる
			煙突がたおれる。瓦がはがれる
10	24.5~28.5	〃	樹木は根こそぎになる。人家に大損害がおこる
11	28.5~32.7	〃	めったに起らない、広い範囲の破壊をとまなう
12	以上省略		

発生はまだ起こらないということがわかる。

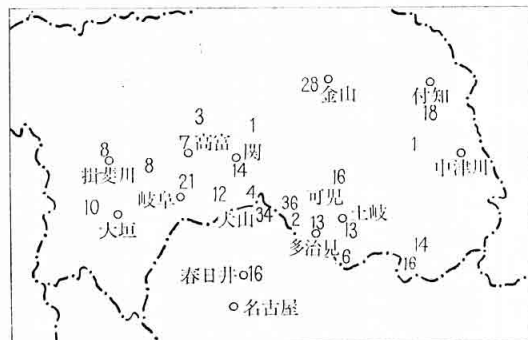
洞爺丸台風により、北海道では、5年分の伐採量に相当する大量の風倒木が発生したが、東日本における森林の風害は割合に軽微であった。

青森県下の最大風速は、青森 22.2m/s、田名部 24.4 m/s、八戸 18.7m/s、深浦 29.8m/s で、4カ所平均で 23.8m/s であった。この年の風害量は 1,700m³、31年の枯損材積 1,000m³ は、この台風が誘因と思われる。富山県も同様に31年に本調査期間中昭和37年に次ぐ多量の枯損が発生している。長野・岐阜両県は30年に発生、いずれも洞爺丸台風襲来の翌年である。

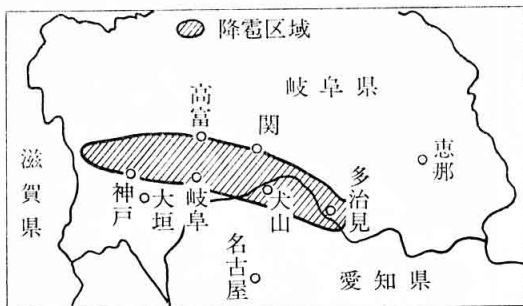
30年から33年までは割合に平穏であった。局地的に愛知県にだけ 5 ha の風害が発生し、翌32年には大量の枯損が発生している。32年度の『森林有害動植物被害調査報告』について枯損材積の分布を調べてみると、その約9割が犬山市に集中している(第3図)。これは伊勢湾台風に起因する35年度の枯損が全県下に発生しているのに比べて、著しい違いであった。風害が 5 ha あったことは、そこに何らかの局地的な異常気象があったのではないか

ということを暗示している。そこで『気象要覧』を調べた結果、31年6月21日に、寒冷前線が通過した際、岐阜市を中心にして東西に延びる地域に、長径10cmに達する降雷を伴った突風が吹いており、かなりの風害があったことがわかった(第4図)。岐阜測候所の調査によれば、その東部は犬山市から多治見に及んでいる。岐阜および愛知両県下の被害は第6表のとおりであった。

これには森林被害が記録されていないが、建物被害か



第3図 愛知県における昭和32年度のマツ枯損材積(単位千m³)の分布と、岐阜県における昭和34年度のマツ枯損材積の分布



第4図 昭和31年6月21日寒冷前線通過に伴う降雷区域(『気象要覧』昭和31年6月による)

らみて、20m/s以上の強風が吹いたことが推察され、愛知県下の風害面積5haは、これによって発生したものと考えられる。名古屋の最大風速が小さかったのは、この強風域から離れていたためと考えられる。この強風域の中に32年の愛知県下のマツ枯損材積の9割近くが含まれていることからして、この突風がその誘因であると考えて差支えないであろう。また34年の枯損材積5,500m³の

62%は犬山市で発生しているもので、これも一連のものとして解される。

また31年度の『森林国営保険統計書』には岐阜に風害発生の記事はないが、愛知県の場合と同様に33、34年のマツ枯損材積の分布が、不破郡垂井町から岐阜・関・可児・多治見の各市町を含む地域に多いことと、この地域で32、33年に、風害を発生するような異常気象がなかつ

第4表 長野・広島・鹿児島における枯損材積と最大風速

県名 (測候所名)	年																	
		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
長野 (松本)	枯損材積 千m ³	20.8	17.0	0.6	2.9	19.0	4.1	1.8	0.4	0.3	0.1	3.6	2.7	2.7	1.6	3.3	40.6	9.9
	最大風速 m/s																	
広島 (〃)	〃	2.2	0.5	4.3	36.0	27.5	5.3	2.8	3.3	7.7	2.1	2.3	2.8	2.9	2.7	4.4	0.4	15.4
	〃	30.2	14.3	15.3	17.5	19.6	28.1	33.9	17.6	19.3	26.2	29.2	30.2	18.8	17.1	26.1	19.6	21.8
鹿児島 (〃)	〃	0.1	52	244	110	118	213	112	92	73	62	65	63	61	77	63	66	62
	〃	35.0	25.8	19.7	14.7	24.7	30.6	35.1	18.0	23.3	27.0	31.7	24.7	23.1	15.2	19.6	18.8	16.7

第5表 松くい虫によるマツ類枯損材積と年間の最大風速

県名 (測候所名)	要素	年									
		29	30	31	32	33	34	35	36	37	
青森 (青森)	風害量 千m ³	1.7	—	—	—	—	25	—	181	—	
	枯損材積 千m ³	0.0	0.1	10.0	0.3	0.0	0.0	0.7	0.4	0.4	
岩手 (盛岡)	風害量 千m ³	0.1	18.5	—	2.8	0.7	315	—	17	—	
	枯損材積 千m ³	—	1.0	4.5	0.0	0.1	—	5.0	0.3	0.0	
新潟 (新潟)	風害量 千m ³	1.2	—	—	—	—	102	5	136	—	
	枯損材積 千m ³	0.4	0.3	0.1	0.1	0.0	0.4	0.6	0.0	10.0	
富山 (富山)	風害量 千m ³	2.3	—	—	—	—	55	5	136	—	
	枯損材積 千m ³	1.0	3.2	4.7	2.7	1.0	0.6	0.6	1.0	7.5	
石川 (金沢)	風害量 千m ³	2.3	—	—	—	—	1	—	600	—	
	枯損材積 千m ³	2.3	0.8	0.8	0.2	0.3	0.5	0.9	1.1	4.3	
福井 (福井)	風害量 千m ³	1.7	—	—	—	—	6	—	34	—	
	枯損材積 千m ³	1.5	1.9	0.6	0.8	2.0	0.4	0.4	0.4	3.6	
山梨 (甲府)	風害量 千m ³	1.2	—	—	—	6.2	2,523	—	—	—	
	枯損材積 千m ³	—	—	0.1	0.4	1.4	1.4	32.0	26.4	2.8	
長野 (松本)	風害量 千m ³	—	—	—	—	0.4	14,918	4	73	—	
	枯損材積 千m ³	0.1	3.6	2.7	2.7	1.6	3.3	40.6	9.9	8.5	
岐阜 (岐阜)	風害量 千m ³	0.1	—	—	—	—	13,627	—	—	—	
	枯損材積 千m ³	6.2	10.4	9.5	11.6	13.7	28.0	49.0	15.2	16.0	
愛知 (名古屋)	風害量 千m ³	—	—	5	—	0.3	8,556	—	—	—	
	枯損材積 千m ³	2.3	1.5	1.7	25.6	2.8	5.5	41.9	9.9	8.5	
	最大風速 m/s	22.2	20.8	16.8	19.0	17.7	37.0	17.9	28.7	—	

第6表

被害種別		被害件数	
		岐阜	愛知
負傷者人		49	15
建物被害	住家半壊戸	3	
	〃 破壊 〃	27	50
	〃 倒壊 〃	1	1
非住宅被害		80	1
浸水(床下)		6	300
瓦破損千枚		1,133	
電柱倒壊本		32	31
広告看板倒壊所		407	
通信施設被害所			8

この他農作物、果樹園の被害が大きかった。

たことから、31年6月21日の強風にその誘因を求めることが許されるであろう。

(2) 風害の発生後、マツ枯損の異常発生は何年くらいつづくか

もし上記の推察が許されるならば、31年6月21日岐阜・愛知両県境付近に起こった突風により誘発されたマツ枯損被害は、両県とも32年より少くとも34年まで発生したことになる。これは風害のあった翌年から3カ年間である。昭和29年の洞爺丸台風によって生じた風害が誘因と考えられるマツ枯損被害の発生は、青森、富山では30年から32年まで3カ年間、福井・長野では30年から33年まで4カ年間と判断された。さきに加藤が神奈川県津久井郡志田山で調査した報告によると、34年の7号台風による風害後、35年から37年の3カ年にわたりマツ枯損の異常発生があり、小田が甲府営林署管内で調査した結果では35年から38年まで4カ年間にわたって発生している。これらから、台風のような強い風によって風害があったときは、その翌年から3～4カ年間は、マツ枯損の異常発生がある、ということが出来る。

(3) 異常発生のピークはいつあらわれるか

34年の7号台風を誘因とする山梨、伊勢湾台風を誘因とする長野・岐阜・愛知の諸県においては、マツ枯損異常発生のピークは、台風襲来の翌年であったが、小田が甲府営林署管内で調査したところでは、36年で、台風襲来の翌々年である。34年における岐阜のマツ枯損異常発生のピークは、突風の吹いた31年から3年めである。これらから、マツ枯損異常発生のピークは、暴風のあった翌年から3年間くらいの間に起こるということができる。

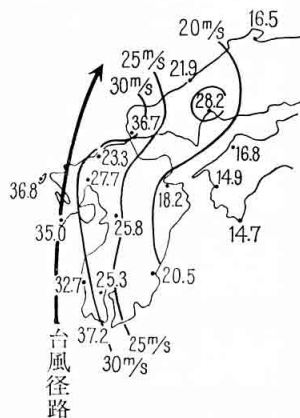
さて上に記したように、一部31年6月21日のような局

地的な突風がマツ枯損異常発生の誘因になった例もあるが、多くは台風が誘因になっている。そこで影響のありそうな台風が日本にどのくらい襲来しているかを第7表に示した。個々の被害を調べる場合の参考になるであろう。

(4) 森林の風害資料のない場合の検討

昭和28年以前については、森林の風害の資料がそろっていない。したがってこれまでえた知識から、昭和20年ごろのマツの枯損異常発生を、風速の資料で検討してみよう。

昭和20年9月17日に超大型台風として有名な枕崎台風が襲来したが、それ以前の台風について調べてみると、昭和17年8月27日にかかなり強い台風が鹿児島島の西方海上を北上して長崎県千々石湾に入り、佐賀県有田、唐津の東方を通り玄海灘にぬけ、日本海に入っている。このときの最大風速の分布は第5図のとおりで、九州西部から山口県にかけて、最大風速 35m/s 以上に達したところが多く、熊本・広島でも 25m/s 以上に達している。広島の 28.2m/s は広島測候所開設明治12年以來の記録 32.3m/s (明治38年8月19日) に次ぐ第2位のもので



第5図 昭和17年8月27日に襲来した台風の最大風速分布

あった。森林被害が不明であるので、第8表の死者、家屋全壊数などからその強さを推察していただきたい。昭和20年以前で、枯損材積の比較的ままとまって判明しているのは九州だけであるので、ここでは、16年から21年までの経過について検討

第8表

県	死者	家屋全壊
山口	708	2,990
福岡	43	3,203
佐賀	3	754
長崎	25	2,096
熊本	19	3,115
鹿児島	51	18,064
広島	24	1,159

第7表 昭和16年以降日本に襲来した主なる台風

昭和年	月日	名 称	上 陸 ・ 通 過 径 路	暴風範囲 (最大風速 16m/s以上)
16	8. 15	14号	高知—岡山—鳥取	四国・中国・近畿
	10. 1	25号	鹿児島—大分—広島—松江	近畿以西
17	8. 27		長崎—佐賀県有田市北上	近畿以西
	9. 21	22号	高知—徳島—神戸—舞鶴	名古屋以西・中国では岡山まで
18	9. 20	26号	高知—高松—豊岡	近畿以西全域
19	8. 6	11号	徳島—姫路—舞鶴	近畿
	9. 17	16号	大隅半島—都城—津久見—竹原—鳥取	近畿以西全域—北陸・東北の日本海沿岸
	10. 7	20号	名古屋—能登半島	近畿・南関東—東北の日本海沿岸
20	9. 17	◎枕 崎	枕崎—熊本—徳山—松江—新潟—山形—宮城	本州以西全域
	10. 10	阿 久 根	阿久根—中津—鳥取—北海道	西九州
21	7. 29	9号	広島—出雲—日本海北上	近畿以西
	8. 19	12号	九州西方海上	九州西部
23	9. 16	アイオン	房総半島上陸	潮岬から仙台にかけての南岸部
24	8. 31	キ テ ィ	小田原—長野—新潟	長野・関東
25	9. 3	ジ ュ ー ン	高知—徳島—兵庫—舞鶴	四国・近畿・秋田
	9. 13	キ ジ ア	鹿児島—大分—山口—島根	九州・四国・中国
26	10. 14	ル ー ス	〃	東海以西全域
27	6. 23	ダ イ ナ	室戸岬—和歌山—名古屋—飯田—熊谷—水戸	この径路より南側
28	6. 7	ジュディ	阿久根—大分—笠岡—富山	九州南部
	9. 25	テ ス	潮岬—鳥羽—蒲郡—群馬—山形—八戸	四国・近畿中部・関東一円
29	8. 18	グレイス	枕崎—佐伯—徳島	九州南部
	9. 25	◎洞 爺 丸	鹿児島—大分—鳥取—北海道	日本全域
30	9. 29	ル イ ス	九州西部北上	近畿以西
	10. 20	オパール	室戸—和歌山—岐阜—仙台	近畿・愛知
31	8. 11	バ プ ス	佐世保から本州日本海沿岸ぞいに東北進	近畿以西
	9. 9	12号	九州西方海上を北上	四国・広島以西
32	8. 20	アグネス	〃	九州・四国・山口
	9. 6	ベ ス	大隅半島—大分—広島—松江	九州・四国
33	7. 23	ア リ ス	御前崎—甲府—前橋—仙台	静岡・南関東
	8. 25	フロシイ	宿毛—高松—姫路—舞鶴	四国・近畿
	9. 18	ヘ レ ン	東京湾—霞ヶ浦—鹿島灘	静岡・神奈川・千葉
	9. 27	狩 野 川	石廊岬—東京—水戸—小名浜	〃
34	8. 8	エ レ ン	枕崎—都城—宿毛—和歌山—銚子	鹿児島
	8. 14	ジョージア	平塚—足尾—新潟	静岡・山梨・関東一円
	9. 16	14号	九州西方海上	九州・四国・中国
	9. 26	◎伊 勢 湾	田辺—彦根—富山—秋田	四国以東全域

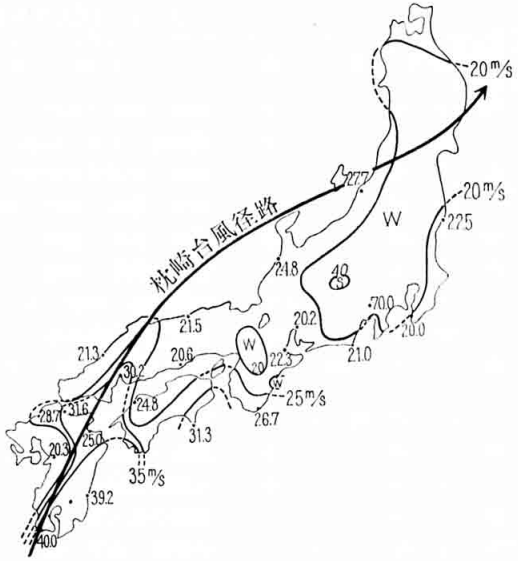
してみる。第9表に県別枯損材積と地域測候所の年間の最大風速を併記した。福岡県をみると、20年に9月17日の枕崎台風(第6図)により本期間中最大の風速28.7m/sが現われ、翌21年に枯損が激増した。佐賀県は17年に8月27日の台風により27.7m/sの最大風速が現われ、その翌年に枯損が激増、長崎県も佐賀県と同様。熊本県では、17年に25.8m/sの最大風速が現われたが、

翌18年に枯損の激増は現われず、21年に激増している。大分・宮崎・鹿児島県の3県では、20年の枕崎台風により、最大の風速が現われたが、宮崎・鹿児島両県では翌21年に枯損が激増した。大分県では、枯損が23年に激増している。熊本県で21年に枯損が激増したのは、17年の台風よりは、福岡・宮崎・鹿児島県の諸県と同様に枕崎台風が誘因と判断される。

第9表 九州における枯損材積と最大風速

年	16	17	18	19	20	21
福岡 (//)	23.3	1.1 23.3	1.2 21.7	1.6 21.2	0.2 28.7	43.2 19.3
佐賀 (//)	21.7	5 27.7	44 13.3	20 18.5	25 18.8	55 14.5
長崎 (//)	18.5	105 35.0	194 19.0	272 21.2	203 20.0	249 21.7
熊本 (//)	16.5	1 25.8	2 14.2	5 15.8	9 20.6	55 16.0
大分 (//)	16.0	—	—	—	—	0.1 16.5
宮崎 (//)	20.3	11 20.5	24 18.7	45 15.7	50 39.2	186 18.8
鹿児島 (//)	20.8	27.5	0.5 20.2	0.1 22.5	52 35.0	244 25.8

注. 上段は枯損材積(千m³), 下段は最大風速 (m/s)



第6図 昭和20年9月17日の枕崎台風時の最大風速分布

次に枕崎台風による影響が何年くらい続いたかを宮崎県について検討してみよう(第10表)。ここでも枯損材積と最大風速とを対照してみよう。20年の枕崎台風の翌年枯損が激増したことは前述した。その後最大風速は24年に25.2m/sに達したが、その間は平穏に経過している。したがって21年から25年までの枯損は、枕崎台風が誘因であると考えられる。ここでも被害は台風通過の翌年から少なくとも4年間発生したことになる。このような現象は、他の諸県にも多数みられるが、詳細は省略しよう。ただ枕崎台風、伊勢湾台風のように、非常に大型で強い台風通過後は、各地に大きな被害が発生しやすいことを記しておく。

(5) 宮崎県の場合しばしば20m/s以上の暴風があり、また29年には35.2m/sという大暴風が吹いているのに、それに続いて枯損の激増が見られないのは何故か。

今まで、強い暴風のあった翌年から翌々年くらいに、枯損の急増があった例をいくつもあげてきた。しかし、宮崎県のみならず、西日本では多くの県で、26年ごろから以降枯損が減少している。しかし最大風速をみると、その後もしばしば強い暴風が吹いている。なぜそれに対応

するような枯損の激増がみられないのであろうか。筆者はこれに対して次のような仮説を考えた。

松くい虫による枯損の拡大を防止するために、被害木は伐倒・剥皮焼却されることになっている。したがって強い台風がきて、枯損が誘発されると、マツは伐倒されるので、耐風性の強いマツ林か、風当たりの弱かったところのマツ林しか残っていないことになる。より強い風が吹かなければ、新しい枯損は誘発されない。今枯損材積(D)は、最大風速(V)のある関数 $D = f(V)$ であるとする。そして、まず最初に V_1 の風速で $D_1 = f(V_1)$ の枯損があり、7年後の台風で風速 V_2 の風が吹いたとすると、 V_2 に対する枯損材積は $D_2 = f(V_2)$ であるが、実際にあらわれる正味の純枯損材積 D_n は次式で示されるであろう。

$$D_n = f(V_2) - f(V_1) + \frac{t}{T} f(V_2) = (1 + \frac{t}{T}) f(V_2) - f(V_1)$$

ただし、Tはマツ林の更新期間とする。 $\frac{t}{T}$ は、マツ林の7年間の純生長量の比数とする。もし枯損林を伐倒した後、マツの植栽をひかえれば、どんなに強い風が吹いてもそこには枯損の発生しようがない。全体として枯損が減ったということは、風害を受けるようなところにマツ林

第10表 宮崎県における年度別枯損材積と年間の最大風速

年	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
枯損材積 10³m³		11	24	45	50	186	95	259	273	129	67	67	44	29	28	25	14	19	14	16	22
最大風速 m/s	20.3	20.5	18.7	15.7	39.2	18.8	14.2	15.5	25.2	23.8	27.0	12.2	24.9	35.2	32.6	23.2	29.2	19.6	21.7	18.7	19.7

が少なくなったからだと判断するのは誤りであろうか。

まとめ

マツの枯損の異常発生を、巨視的観点から気象との関係を検討した。

その結果、主として強い台風により風害が発生したとき、その翌年から3~4カ年の間にマツ枯損の異常発生が起りやすいことがわかった。また西日本のように、しばしば強い台風が襲来し、暴風が吹くところで昭和26年ごろより枯損量の減少傾向にあるのは、暴風により、松くい虫によるマツの枯損を誘発し、淘汰をうけ、さら

にマツの植栽面積が減少していることを暗示しているように推察した。しかし松くい虫によるマツの枯損防止について、気象的観点から何等かの協力をしたいと思っ

引用文献

- 1) 加藤幸雄：松くい虫の发育経過と枯損型，森林防疫ニュース 15 (8) 178~185, 1966
- 2) 小田久五：穿孔虫による森林の被害，植物防疫 20 (8) 343~348, 1966

被害速報

4月~5月の森林病虫害等被害発生状況

47年4月16日から5月15日までの1カ月間に受理した速報カードは、123枚(民有林116枚、国有林7枚)でした。

■**松くい虫** 13件787m²の被害。茨城県筑波郡筑波町アカマツ30~100年生230m²。京都府綾部市アカマツ50~65年生5m²は駆除済み。鳥取県東伯郡北条町アカマツ、クロマツ15~25年生7m²は、海岸近くで潮害をうけやすく生長の悪いマツ林で、被害発見もやや遅れた。島根県出雲市クロマツ100年生1m²は、海岸防風林を運動公園として開発するため移植管理中の40本の一部に発生したものです。山口県宇部市、小野田市、厚狭郡楠町アカマツ、クロマツ25~50年生計460m²。徳島県鳴門市クロマツ15~80年生計15m²は、ドライブウェイ建設サイドおよび46年冬の山火跡地に発生。高知県安芸市、安芸郡芸西村アカマツ、クロマツ20~170年生計69m²。

■**松毛虫** 35件1,638haの被害。岩手県北上市0.5ha、アカマツ4~7年生で1本最高60頭寄生。秋田県南秋田郡天王町クロマツ15年生100ha、さらにまん延のおそれ。福島県いわき市アカマツ10~60年生216ha、5月下旬防除予定。茨城県下館市、真壁郡明野町、真壁町、協和町、大和村、猿島郡岩井町、三和町、猿島町、筑波郡豊里町、大穂町、谷田部町、那珂郡瓜連町、東海村いづれもアカマツ8~25年生計448ha。富山県氷見市10~20年生13ha。石川県輪島市、珠洲市、珠洲郡内浦町、鹿島郡中島町、能登島町、鹿西町、鹿島町いづれもアカマツ4~15年生計379ha。岐阜県可児郡御嵩町、兼山町アカマツ、クロマツ10~60年生計24haは、幼齡木を中心に部分的な被害。山口県岩国市、玖珂郡玖珂町、周東町、熊毛郡熊毛町アカマツ、クロマツ3~70年生計405ha。愛媛県喜多郡長浜町アカマツ5~10年生7ha。鹿児島県西之表市、熊毛郡中種子町クロマツ4~18年生計45haは、5月5日現在5~7齡幼虫で中~激害となっている。

■**マツパノタマバエ** 1件のみで、石川県珠洲市一円のアカマツ30~55年生530ha激~中害。

■**スギタマバエ** 14件5,450haの被害。新潟県西頸城郡青海町9年生3ha。富山県氷見市、西砺波郡福岡町5~15年生計65ha。佐賀県鹿島市、藤津郡太良町7~14年生計22ha。長崎県大村市8年生10ha。熊本県山鹿市、鹿本郡植木町、鹿央町、菊鹿町、鹿北町は1~35年生計5,350haの大量被害。

■**マイマイガ** 17件3,974haの被害。福島県いわき市、

会津若松市、耶麻郡磐梯町、猪苗代町、河沼郡河東村に発生で、会津地方は46年度にも大発生した地域で、4月20日現在1~2齡虫、5月下旬駆除予定。新潟県糸魚川市、西頸城郡名立町、青海町、能生町計2,000ha、いづれも天然林ザツ林です。富山県氷見市、西砺波郡福岡町はザツのほか、マツ、スギ林含め142ha。石川県七尾市、珠洲郡内浦町ナラ、サクラ、クリ、カキ計8ha。山口県玖珂郡周東町ヒノキ、ヒサカキ、ツツジ20ha。

■**スギノハダニ** 7件43haの被害。石川県輪島市4年生3ha微害。京都府綾部市2~6年生0.5ha。兵庫県神崎郡大河内町、美方郡美方町1~15年生計10ha。鳥取県西伯郡大山町4~8年生5ha。長崎県大村市10年生4ha。鹿児島県熊毛郡上屋久町3~5年生ヤクスギ20haは密度大、激害。

■**ノネズミ** 9件1,077haの被害。岩手県下閉伊郡岩泉町、田野畑村いづれもアカマツ4~10年生造林地計4ha。山形県最上郡真室川町では、10年生クリ林を疎開して46年4月に接木したクリ2年生25本の根元がかじられ、棒状の激害、原因は昨秋落下した実の完全収穫ができなかったことからノネズミ害を誘発したものと思われる。岐阜県大野郡清見村(名古屋局高山署)スギ、ヒノキ8年生3haと、同郡荘川村、郡上郡白鳥町(以上名古屋局荘川署)ヒノキ、カラマツ3~6年生20ha。大分県大野郡三重町、朝地町、大野町、清川村ではスギ、ヒノキ造林地1,000ha激害のほか、同郡の一部町村では、椎茸用槽場(50ha)で発生するシイタケを次々と食害。

■**カラマツ先枯病** 1件のみですが、従来の発生地域をこえて、新潟県の富山県寄り、糸魚川市18年生5haに発生していることを4月19日に発見(同定は新潟県林試)、詳細続報。(県糸魚川林業事務所南波正広氏)。同県は昭和40年にも山形県寄りの岩船郡朝日村に9本の被害木が発生したことがありますが、完全駆除をしたため、その後の発生は見られなかった。

■**法定外の病害** 10件80haの被害。マツのこぶ病が岩手県下閉伊郡岩泉町アカマツ2年生山行苗木(東磐井郡大東町より幼苗購入)110本に発生。マツの葉ふるい病が福島県安達郡安達町アカマツ2年生1.5haと、群馬県吾

妻郡高山村アカマツ8～10年生66haに発生、区域広大で防除困難につき、樹勢回復のための施肥をすすめている。ヒバのてんぐ巢病が岩手県下閉伊郡田野畑村の住家近くのヒバ45年生3本に発生。サクラのてんぐ巢病が山形県最上郡鮭川村ソメイヨシノ（スギ採種園の並木）30年生15本に発生。サクラの胴枯病（芽枯病）（推定）が山口県岩国市の公園5～50年生ソメイヨシノ、ヤエザクラ1,500本の上部細枝にまん延して芽が枯れ、開花量も減少しています。竹類の開花病が島根県出雲市（ゴキダケ）と八東郡八雲町（チマキザサ）計1.5haに部分咲。

■法定外の虫害 12件262haの被害。マツモグリカイガラムシが山口県玖珂郡周東町クロマツ100年生1本に寄生、新梢部分が枯損。スギハマキが京都府綾部市8年生0.15ha、兵庫県神崎郡大河内町5～25年生250ha、熊本県八代郡坂本村10～20年生10ha。イビキチビキバガが山口県岩国市カイツカイブキ5年生（苗畑）0.3ha密度大で激害。ヒメスギカミキリが島根県八東郡八雲村スギ50

年生15本0.3ha。ベニカミキリが島根県松江市モウソウチク1～5年生0.3ha、5月11日現在羽化期。

ハンノキクイムシが京都府綾部市の栽培クリ3～5年生0.1haと、山口県岩国市の公園内ヨシノザクラ20～50年生0.2ha（加害種名は推定）に。マツノキハバチが岩手県北上市アカマツ7～8年生10本に発生。スギザイノタマバエが熊本県阿蘇郡蘇陽町スギ26年生0.15ha中害。

■法定外の獣害 4件75haの被害。ノウサギが北海道留萌郡小平町カラマツ4～5年生65ha中害、高知県長岡郡大豊町（高知局本山署）ヒノキ1年生8.4ha中害。リス（推定）が岐阜市（名古屋局岐阜署）の金華山国有林ヒノキ9年生約1haに中害、人工林ヒノキの胸高部以下で樹皮をむしり取ったような状態で、4月末現在被害木800本のうち3～5本は立枯れのおそれがあるが、他は全枯れとはならない見込み、クマが高知県香美郡物部村（高知局大柵署）スギ18年生1ha（標高1,150m）に中害を与えています。

4～5月の森林病虫害等被害発生状況（昭和47年4月16日から5月15日）
 までに受理したカードの集計表

	松くい虫	松毛虫	マツバノ タマバエ	スギ タマバエ	マイ マイガ	スギノ ハダニ	ノネズミ	カラマツ 先枯病	法定外の 病	法定外の 害虫	法定外の 害獣	法定外の 害
北海道	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(1 65)
岩手	-	1 1	-	-	-	-	3 4	-	4 0	1 0	-	-
秋田	-	1 100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
山形	-	-	-	-	-	-	1 0	-	1 0	-	-	-
福島	-	1 216	-	-	5 1,804	-	-	-	1 2	-	-	-
茨城	1 230	14 448	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
群馬	-	-	-	-	-	-	-	-	1 66	-	-	-
新潟	-	-	-	1 3	4 2,000	-	-	1 5	-	-	-	-
富山	-	1 13	-	5 65	5 142	-	-	-	-	-	-	-
石川	-	8 379	1 530	-	2 8	1 3	-	-	-	-	-	-
岐阜	-	2 24	-	-	-	-	(3 23)	-	-	-	-	(1 1)
京都	1 5	-	-	-	-	1 1	-	-	-	2 0	-	-
兵庫	-	-	-	-	-	2 10	-	-	-	2 250	-	-
鳥取	1 7	-	-	-	-	1 5	-	-	-	-	-	-
島根	1 1	-	-	-	-	-	-	-	2 2	2 1	-	-
山口	4 460	4 405	-	-	1 20	-	-	-	1 10	3 1	-	-
徳島	3 15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
愛媛	-	1 7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
高知	2 69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(2 9)
佐賀	-	-	-	2 22	-	-	-	-	-	-	-	-
長崎	-	-	-	1 10	-	1 4	-	-	-	-	-	-
熊本	-	-	-	5 5,350	-	-	-	-	-	2 10	-	-
大分	-	-	-	-	-	-	2 1,050	-	-	-	-	-
鹿児島	-	2 45	-	-	-	1 20	-	-	-	-	-	-
国有林計	-	-	-	-	-	-	3 23	-	-	-	-	4 75
民有林計	13 787	35 1,638	1 530	14 5,450	17 3,974	7 43	6 1,054	1 5	10 80	12 262	-	-
合計	13 787	35 1,638	1 530	14 5,450	17 3,974	7 43	9 1,077	1 5	10 80	12 262	4 75	-

注：1 各欄の左はカード枚数、右は被害数量。数量の単位は、松くい虫のみ m³、その他はすべて ha である。

2 () 書は国有林、その他は民有林。

3 報告のない虫名、県名は省略してある。