

キリてんぐ巣病の発病と環境

主任専門研究員 高 村 尚 武
主任専門研究員 作 山 健
特用林産部長 南 館 昌

要 旨

本県のキリ造林地に発生しているキリてんぐ巣病の特徴とその実態を調査した。

- 1 本病の病原体は諸説を変遷してマイコプラズマ様微生物に決定したが、本県のキリからも検出されたことによって、その発生は確実となった。
- 2 マイコプラズマ様微生物の形状・大きさ及び樹体内での存在様相などについて紹介した。
- 3 本県でも相当以前から発生していたと推定されるが、発見の遅れた理由は枝条の病徴が西日本では伸長叢生状を呈するのに比較し、本県では萎縮叢生状で相異していたためであった。他の病徴としては蕾の異常開花と葉での約10種の型が観察された。
- 4 伝染は現実には罹病母樹からの分根と媒介昆虫による場合とがある。また、実験的には接木でも成立する。分根による増殖は母樹の選択が非常に大切となる。
- 5 造林地での環境と発病との関係では、7月の気温が高く、4～10月の総降水量が少ないほど発病の多い傾向がある。

腐植を含む表層が浅く排水不良の土壌では、発病樹齢も早まり病気の進度も非常に早く、短期間で重症となり枯死に至る。また、このような場所で苗木植栽後の施肥による発病の抑制効果などはほとんどない。

1 はじめに

本県でのキリ材生産は長い歴史をもち、農家経済安定の一助をはたして来たが、近年、造林の繰返しから種々の病害の発生が見られ、キリてんぐ巣病もその一つにあげられる。本病は明治10年ころ九州地方で最初に発見されてから約100年を経過しているが、病気の複雑な特徴から現在でも適確な防除方法が見い出されておらず難病の一つに数えられている。

本病の特徴は枝条部が著しく叢生して「てんぐ巣」状を呈しながら枯死し、重症な場合は全体枯死にいたり、軽症でも生長が著しく阻害される。本県での病徴が従来報告されていたものと相異した形態を呈しているところから、本格的な発見は遅く昭和48年であり、さらには52年に病原体が検出されたことによって、確認された。

本報では、てんぐ巣病の発生実態を調査した結果、植栽地の環境によって発病に差異のあることが認められたので報告する。

2 病原体

(1) 病原体説の変遷

本病が最初に人々の注意を引くようになったのは、明治10年ころ九州・熊本県での発生からである。その後、この病気は徐々に隣接県へと拡がって行った。

たんそ病菌説：本病の研究が最初に行われたのは明治34年で、てんぐ巢状の病徴を示した若枝及び葉柄上に病斑が出現し、これらを分離・培養した結果、たんそ病菌が検出されたことから、これを病原体と報告した。

ウィルス説：昭和6年、たんそ病が伝染しないように隔離したキリ苗にてんぐ巢病が発生したことや、逆にてんぐ巢状となっているキリ葉上にたんそ病菌が見出されなかったことから、たんそ病菌の病原説に疑がもたれるようになった。その後、てんぐ巢病の罹病樹から穂を取って健全台木に接木し、また、その逆に罹病台木に健全穂を接木した場合、どちらも健全部で発病が認められたことから、接木伝染が成立することは、当時ウィルス病の傍証となりうるとして、ウィルス病原説が提唱された。

マイコプラズマ様微生物説：本病の病原体がウィルスであるとされながらも、電子顕微鏡による病原体の確認はなされずにいた。昭和42年に、キリてんぐ巢病をはじめクワ萎縮病など萎黄叢生状の病徴を呈する罹病植物から、植物病理学上では未知の微生物・マイコプラズマ様微生物が検出されたことにより、病原体が確定した。

(2) マイコプラズマ様微生物 (Mycoplasma like Organisms : 略MLO)

MLOが発見されたのを契機に、それまでウィルス病の範疇で取り扱われて来た多くの病害は、MLOを病原とすることが判明し、現在では約200種のMLO病が発見されている。なお、わが国では木本植物のMLO病は本病のほかに、クワ萎縮病とクリ萎黄病の3種類が発見されている。

植物及び昆虫のMLOは動物のそれと異なり、人工培養が極めて困難で、安定して世代を繰り返す培養技術ができていない。このため、その特性が把握できず、～様微生物の名のもとに取扱われている。

本県でのMLOの検出：52年7月に田野畑村でてんぐ巢病に疑わしい罹病樹から標本を採取し、電子顕微鏡で観察した結果、写真-1のようにMLOが検出された。現在までにキリからMLOが検出されたのは東京都、千葉県、埼玉県、栃木県及び本県と1都4県である。

形・大きさ：ウィルス以外の微生物は細胞外側を強じんな細胞壁で形成されているが、MLOはこの細胞壁を欠き薄い細胞膜で包まれているため多形態性微生物に属し、球形、楕円形からひも状粒子までと不齊な形をしている。大きさはまちまちであるが、キリてんぐ巢病のMLOは80～800 nm (ナノメートル・mmの百万分の1) であり、ウィルスと細菌の中間領域に属するといわれている。

MLOの存在場所：MLOは樹体内の諸器官のうち、主に篩管部とそれに接する柔細胞内で見出される。外国のナシで調べた結果では、存在している場所は、葉の側脈に最も多く、葉柄・主脈・細脈では多くない。枝にはわずかに存在するが、幹では無いようである。根では細根・若い根には

存在するが、主根では見い出されないようである。

病徴とMLO密度の関係：典型的なてんぐ巢の症状を示すキリ枝葉の篩管内にはMLOは充満しているが、発病初期の枝葉ではMLOは僅かか、全く見い出されない場合があり、病徴とMLOの密度には相関関係がありそうである。

3 病 徴

てんぐ巢病と診断を下すには、その病原体のMLOを検出することが必要であるが、簡単に光学顕微鏡で観察はできない。そこで、肉眼で診断する場合基本となるのが病徴である。

MLO病は別名「萎黄叢生病」と呼ばれるように、この名称に代表的な病徴が現わされている。病徴の発現部位（枝・蕾・葉）とその様相は次のとおりである。

(1) 枝

健全なキリ1年生枝の状態は図-1上段に示すように生育期には枝から葉柄・葉が発生しているが、冬季になると落葉して枝は棍棒状となる(写真-2)。しかし、罹病枝では葉柄のすぐ上部から第一次枝が発生し、その枝には時として更に第二次枝が発生するようになり、枝の伸長量は減少する。これが1本の枝での基本的な病徴で、樹冠全体では一部分の枝の発病から全部の枝の発病までと様々である。樹冠全体が発病す



写真-1 本県のキリから検出されたマイコプラズマ様微生物

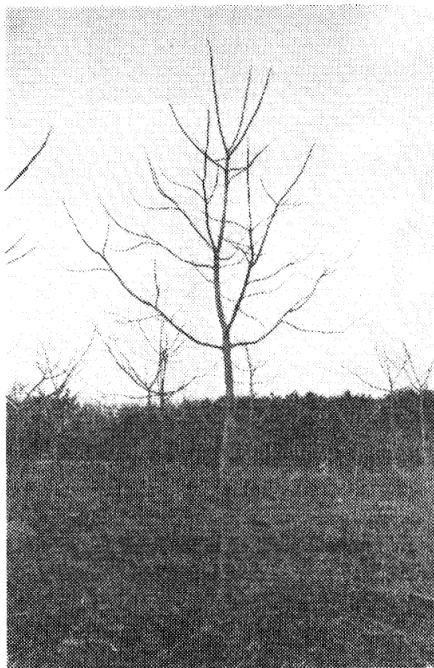


写真-2 健全樹

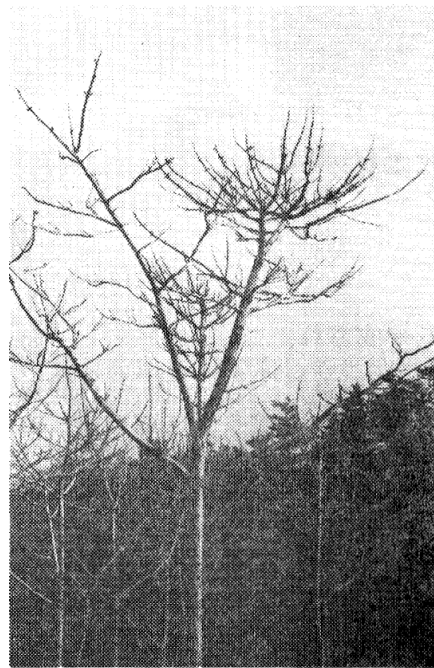


写真-3 罹病樹(萎縮型)

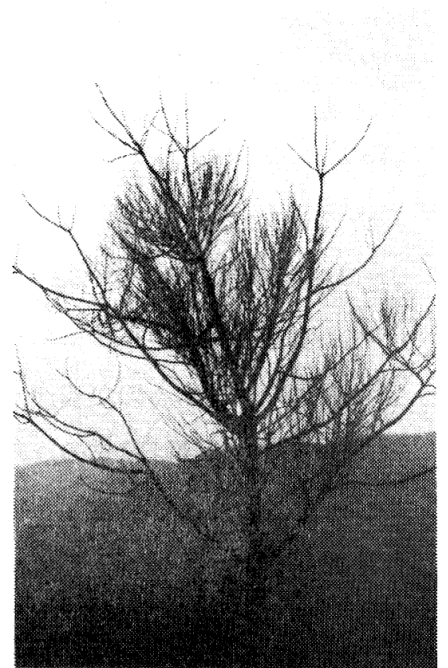


写真-4 西日本でみられるてんぐ巢病(伸長型)

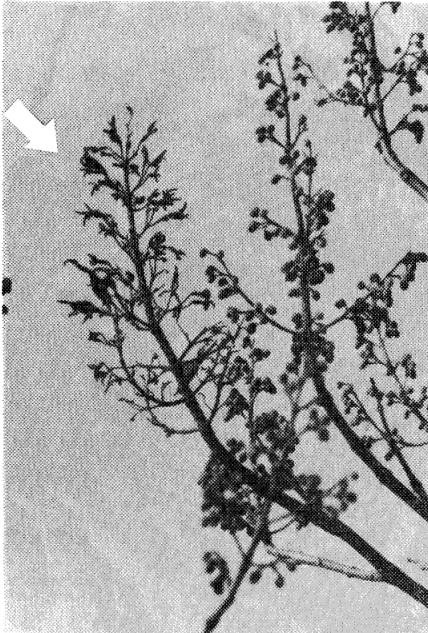


写真-5 罹病樹の蕾から出た奇型葉（矢印）



写真-6 奇型葉・細葉



写真-7 不規則羽状浅裂葉と鋭鋸齒葉

ると伸長生長が減退（萎縮）するのに反して、枝の密度が高まる（叢生）ことから盃状となる（写真-3）。

以上は大体本県で発生しているてんぐ巢病の枝での病徴であるが、西日本では枝が萎縮することが少なく、むしろ著しく伸長する形態をとる場合が多い（写真-4）。最近まで東北地方で本病の発生が疑問視されていた理由の一つは、このように発病形態に差があるためであった。

(2) 蕾

キリの蕾は夏季から秋季にかけて形成され、翌年春季に開花するのが普通である。しかし、罹病樹の蕾の一部は秋季のうちに開花するが、それは花というよりもむしろ細長い葉に似る。（写真-5）。

(3) 葉

高い位置での葉の病徴を観察することは非常に困難なことなので、九州地方での罹病し

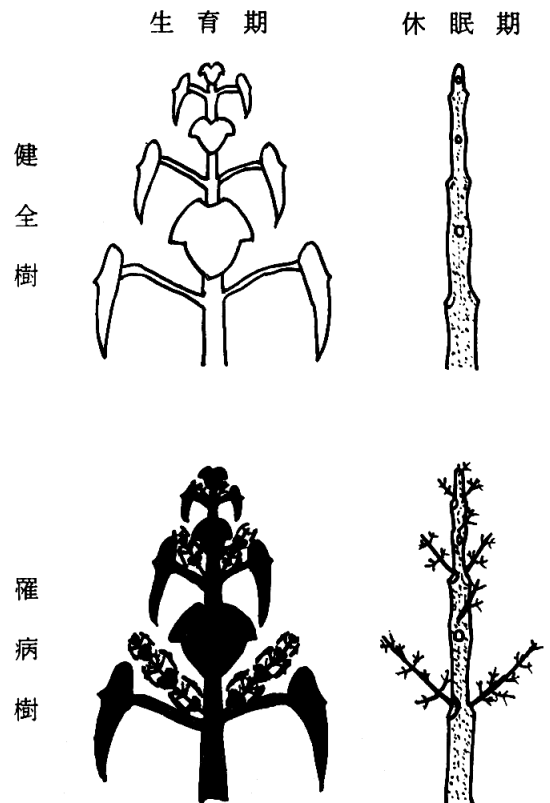


図-1 時期別の健全樹・罹病樹の新梢の状態



写真-8 卷葉 I

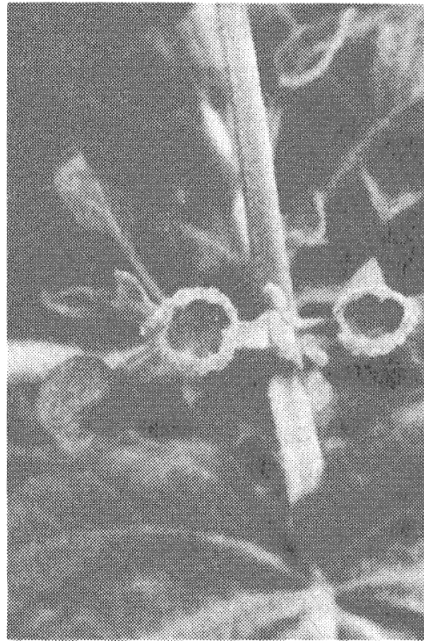


写真-9 卷葉 II

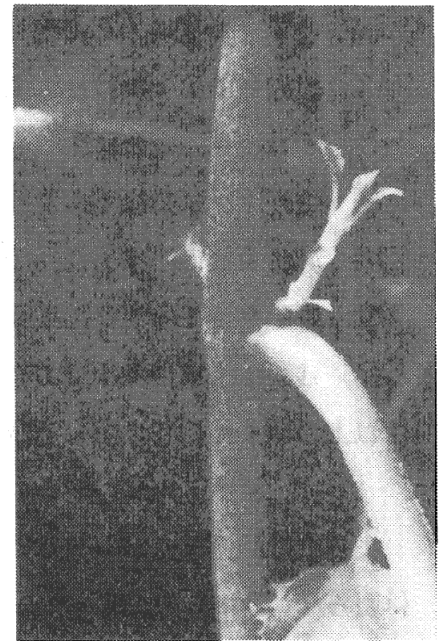


写真-10 萎縮葉

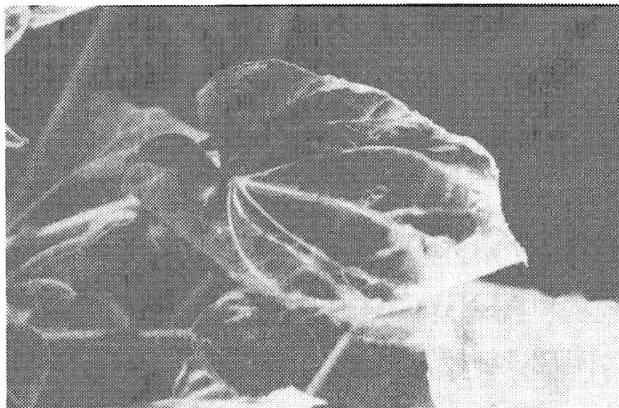


写真-11 透葉とモザイク



写真-12 右側健全接木苗・左側罹病接木苗と残葉

ていた典型的なてんぐ巣病枝から穂木を取り、接木してその病徴を観察した。

- ① 細葉：接木して芽吹いた葉は、主脈が太く著しく細長い（写真-6）。
- ② 不規則羽状浅裂葉：長い葉の形をとり、葉の縁の切れ込み数が各葉や同一の葉でも左右で不規則となる（写真-7）。
- ③ 鋭鋸齒葉：披針形葉で葉縁に小型の鋭い鋸齒ができ、ヒラギの葉に似る（写真-7）。
- ④ 葉巻 I：主脈を中心に左右裏側に巻き込む（写真-8）。

- ⑤ 卷葉Ⅱ：先端の葉に現われやすく、全葉縁が表側に巻き込み碗形となる（写真－9）。
- ⑥ 萎縮葉：第2次枝が形成しはじまるころから発生する。既発生の茎葉より著しく小型で茎に比較し葉は小さく鋸歯は鋭い（写真－10）。
- ⑦ モザイク：葉縁や各葉脈の附近の緑色が退色して黄化する（写真－10）。
- ⑧ 漣葉：葉面が横方向へ凹凸し、葉脈部分が凹む（写真－11）。
- ⑨ 腎臓形葉：卷葉Ⅱの生長型で、カツラの葉に似る。葉縁は黄化する（写真－9）。
- ⑩ 残葉：晩秋や冬季でも小型の萎縮した葉が枝先に多く残る（写真－12）。

以上のように約10種類の病徴が観察された。これらの病徴の幾つかが組合わさって発現する。

(4) 隠蔽(いんぺい)

キリでは病原体のMLOを持っていても、必ずしもてんぐ巣状になるなどの病徴を発現させるとは限らない。つまり隠蔽といって、保菌しながらもその時の生理や環境条件によって病徴を現わさず、外観的にはMLO保菌樹かどうか判断できないことがある。従って、苗畑で外観上はまったく健全と見られる苗木でも定植後数年で発病するものもあり、この点が非常に面倒で後述のように分根苗養成には注意を必要とする。

4 伝 染

過去にてんぐ巣病がウイルス病に包括されていたことから、ウイルス病と同じような伝染経路が究明されて来た。

(1) 接木伝染

接木の手段は果樹栽培などにおいては必須の技術であるが、キリ栽培においては必要のないものである。しかし、植物病理学上体内を病原体が移動する病気においては、穂木と台木のいづれかに罹病部分を使用して接木し、他方の健全部分に発病が確認されたときは、現在ではウイルス病、MLO病及びウイロイド病(1971年にジャガイモで最初に、発見されたた病原体で、大きさはウイルスよりもはるかに小さく、裸の核酸のみからなっている。現在、8種類の農作物から検出されているが、発病経過と伝染方法がウイルスによる場合とよく類似している)のいづれかに属する病気であると判断できる条件となる。

(接木試験)

接木用実生台木(無菌台木)：52年に岩泉町にあるキリ健全樹から種子を採取し、翌年5月当場苗畑に播種・育苗後、54年4月に素焼鉢に植え替えて台木とした。

接木用穂木(保菌穂木)：穂木の採取地及び罹病樹々齢は①福岡県黒木町15～20年生。②茨城県茎崎村約7年生。③岩手県田野畑村7年生である。なお、穂木の採取月日は表－1のとおりである。

接木：台木を地際から6～20cmの高さに切断し、穂木は1対の芽があるものを用い、剥ぎ接ぎ法で行った。その後ガラス室内で育成した。

試験結果：試験の結果は表－1のとおりである。まず、接木の活着率は98%であった。発病率は

表一 1 キリてんぐ巢病接木実験(1979)

接 穂		接 木		発 病		
産 地	採取月日	月日	本数	活着本数	本数	率%
福 岡	3. 28	4. 25	10	9	9	100
茨 城	3. 26	〃	5	5	2	40
岩 手1	3. 22	〃	10	10	1	10
〃 2	4. 18	〃	5	5	0	0
〃 3	5. 21	5. 22	7	7	1	14
計(平均)			37	36	13	(36)
対照(岩手)	3. 22	4. 25	5	5	0	0

福岡産が最高で、次いで茨城、岩手県産の順序であり、穂木の産地によって発病に大きな差が見られた。

以上の試験と前述のMLOの検出から、本病はMLOによって生ずる病気であると判断してよい。

(2) 虫媒伝染

MLO病を媒介する昆虫は吸汁性昆虫があげられる。それはこれらの昆虫が口吻を罹病植物の篩管部に挿入して樹液を吸汁する時、一諸にMLOを吸収する。吸収されたMLOは虫体内で増殖し、次に健全植物を吸汁する際に唾液とともに篩管内に注入され、植物が感染するという発病機構を持つからである。

キリてんぐ巢病では43年に韓国水原市でタバコメクラカメガ、次いで53年に関東地方でクサギカメムシが、それぞれ接種試験でキリ苗木を発病させたことによって媒介昆虫と報告された。しかし、東北地方では前者は生息しないといわれており、また後者は植物全般での生息密度は高いが、キリ葉上での生息は少く、当场でカメムシ類で接種試験を行ったが発病させるには至らなかった。

(3) 栄養繁殖伝染

過去において、キリ育苗は立枯病防除のむづかしさから実生苗づくりはほとんど行われず、分根法によって増殖されて来た。罹病樹の根を根分けして育苗した場合、罹病苗の出来る可能性は非常に高い。このようにキリ苗増殖法は他の樹種であまり例のない独特の「分根法」で実施して来たため、てんぐ巢病罹病苗が人為的に広く分散して蔓延に拍車をかけたと考えられる。

(分根苗発病試験)

てんぐ巢病罹病樹の根部及び播種による実生苗の根部からそれぞれ種根を採取し、56年7月4日に埋根して発病状態を観察しながら、最終的に生育の停止した11月に発病を調査した結果は表一2のとおりであった。罹病樹の種根は一応、大径根(直径30mm以上)と小径根(直径29mm以下)に区分して埋根した結果、大径根で発病率がやや高かったが、種根直径の太さと発病との関係を更に検討する必要がある。このように、育苗中に発病した場合は直ちに除去されるが、観察上健全と見ら

れる苗木がMLOを隠蔽している可能性があり、このような場合は、造林地に定植してから発病する例もあり、苗木の選択が非常にむづかしい。

なお、実生苗から分根のものには、発病がまったくなかった。

(4) 種子伝染

現在のところ、種子ではMLOは伝染しないとされているので、分根法による育苗でなく、極力実生による育苗をすべきである。

(5) 汁液伝染

てんぐ巣病罹病樹の葉液を直接健全苗の葉に塗布したり、病葉をすりつけて発病を試みたが伝染は認められなかった。

(6) 接触伝染

54年に前述のポット植えた罹病接木苗の幹部と根部にそれぞれ接触させて実生苗を植え付けて、約1年間観察したが発病は認められなかった。

(7) その他の伝染

上記6種類の伝染方法のほかに、花粉伝染及び土壌伝染などが考えられるが、現在のところ伝染の可能性はないようにいわれている。

以上のようにMLO病の伝染は、接木、虫媒及び栄養繁殖によって伝染する。最近、キリなど植物体への機械的接種は、病組織から分離されたMLOは短時間のうちに感染力を失うことなどから、伝染しないとされている。

5 環境と発病

一般に造林木の病害の発病程度は環境の影響を受けることが大きい。49年から54年までの6年間、田野畑村のキリ造林地2カ所でてんぐ巣病の発生経過を調査するとともに、造林地の環境のうち気象及び土壌条件と発病との関係を検討した。

病気の罹病程度を健全木は0、微害木は1、中害木は2、激害木は3及び枯死木は4と、5段階に分けて罹病指数を次式によって求めた。

罹病指数 = (健全木数 × 0) + (微害木数 × 1) + (中害



写真-13 媒介昆虫といわれているクサギカメムシ



写真-14 分根苗の発病

表一 2 罹病母樹からの分根苗・実生苗の発病

(本)

種 類	種根の太さ	埋根数	発 芽 の 状 態				
			正 常	発病生存	発病枯死	枯死(不明)	未 発 芽
分根苗	大 径 苗	10	4	2	3	1	0
	小 径 苗	16	6	3	2	4	1
実生苗	—	20	19	0	0	0	1

木数×2)+(激害木数×3)+(枯死木数×4)／調査総本数

(1) 気象と発病との関係

気象因子のうち、発病にとくに関係あると考えられた気温及び降水量と発病程度との関係を種々検討した結果、次の二つの因子が関係することが判明した。

- ① 7月の平均気温と発病の間には、図一2上のように高い正の相関関係がある。すなわち、7月の平均気温が高ければ高いほど(上限がある)気温に比例して発病(罹病指数)も高くなる。
- ② 4月から10月までの総降水量と発病の間には、図一2下のように負の相関関係がある。すなわち、この期間の総降水量が少なければ少ないほどそれに反比例して発病(罹病指数)も高くなる。

本病は明治、大正時代のころに九州、四国で発生が認められて以来、漸次発生地域が北上し、現在では本州北端まで分布しているが、西日本各地での発生や病徴の状態などからいわば暖地型の病気といえよう。従って、気温が高ければ病気も進むものと考えられる。

また、キリは排水の良い土地であれば降水量の多いところ(集中豪雨的な降雨はよくない)で生長がよいとされているところから、降水が直接MLOに作用するのではなく、キリの健康状態の良否が発病の促進を左右するものと考えられる。

(2) 土壌と発病との関係

土壌条件が発病にどのように関係しているかを次のように異なった4種類の土壌からなる、造林地で調査した。

- ① 剝土区：植栽前に東西に走る凸地部分を土地整備のため、幅約50m削り平坦とした土地で腐植を含む表層の浅い区。
- ② 堆積土区：北側斜面の中腹凹地に前区の剝土を埋めた区。
- ③ 古崩積土区：前区の下方にある過湿な区。
- ④ 匍行土区：南側の傾斜面の区。

調査地は①の剝土区の東西方向に4列×26株(101本で欠株あり)と、①～④の異なった土壌からなる南北方向に4列×22株(87本で欠株あり)を設定して罹病指数を調査した。

その結果、東西方向に剝土した同一土壌条件の調査地では図一3のように、調査初年の49年の発

病状態は散発的で被害指数が1.38であった。しかし、6年後の54年までには部分的に集中することなく全域で発病が進み、指数も枯死に近い3.96と急上昇して枯死率も94%に達して大被害となった。土壌条件が同じようなところでは発病率も発病進度も大体同じようになる。

一方、南北方向に異なった土壌条件（理・化学性とくに腐植を含む表層の厚さが異なる）の調査地では図一4のようであった。49年には剝土区の罹病指数は他の区より高くなっており、植栽台切3年目ですでに発病に差が現われていた。翌50年は高温少雨の気象で発病好条件になったため、指数も全区で上昇した。その後、堆積土区及び匍行土区では病気は一進一退であったが、土壌条件の良くない剝土区及び残積土区ではほとんど回復がないままに病気は進行した。6年目の54年には、剝土区での指数は3.80となり枯死率も90%に達した。また、残積土区も同様に最終的には全部枯死した。一方、堆積土区及び匍行土区では発病速度も遅く、罹病指数も低かった。

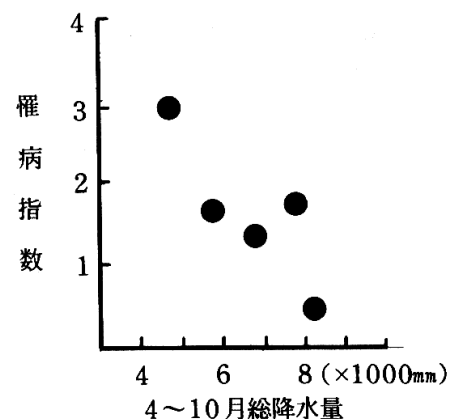
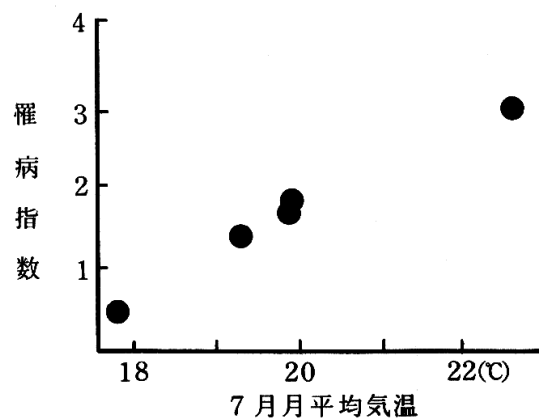
以上のように、腐植を含む表層が浅く、排水の不良な土壌にキリを植栽した場合は、生長が減退することは当然として、てんぐ巢病のみをとりあげても発病樹齢は早まり、病気の進度も非常に速く短期間に重症となり枯死に至る。従って、キリの植栽にあたっては、この点も十分考慮して造林地を選定する必要がある。

また、このような条件の悪い土壌でキリ植栽後に、てんぐ巢病の発病の抑制あるいは軽減をねらいとして肥料を施しても、病気の速度が早いいためか、ほとんど効果は認められなかった。

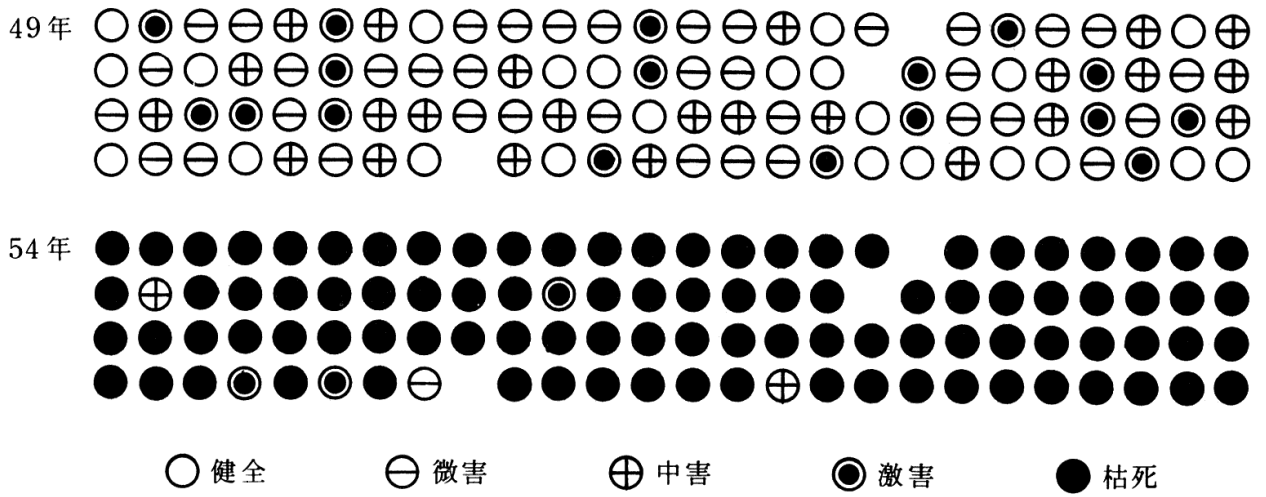
6 おわりに

キリてんぐ巢病が一般に認識されて約100年を経過したにもかかわらず、真の病原体の発見はわずか15年前のことであり、この発見は同時に、植物での新しい病原体MLO発見にもつながった。

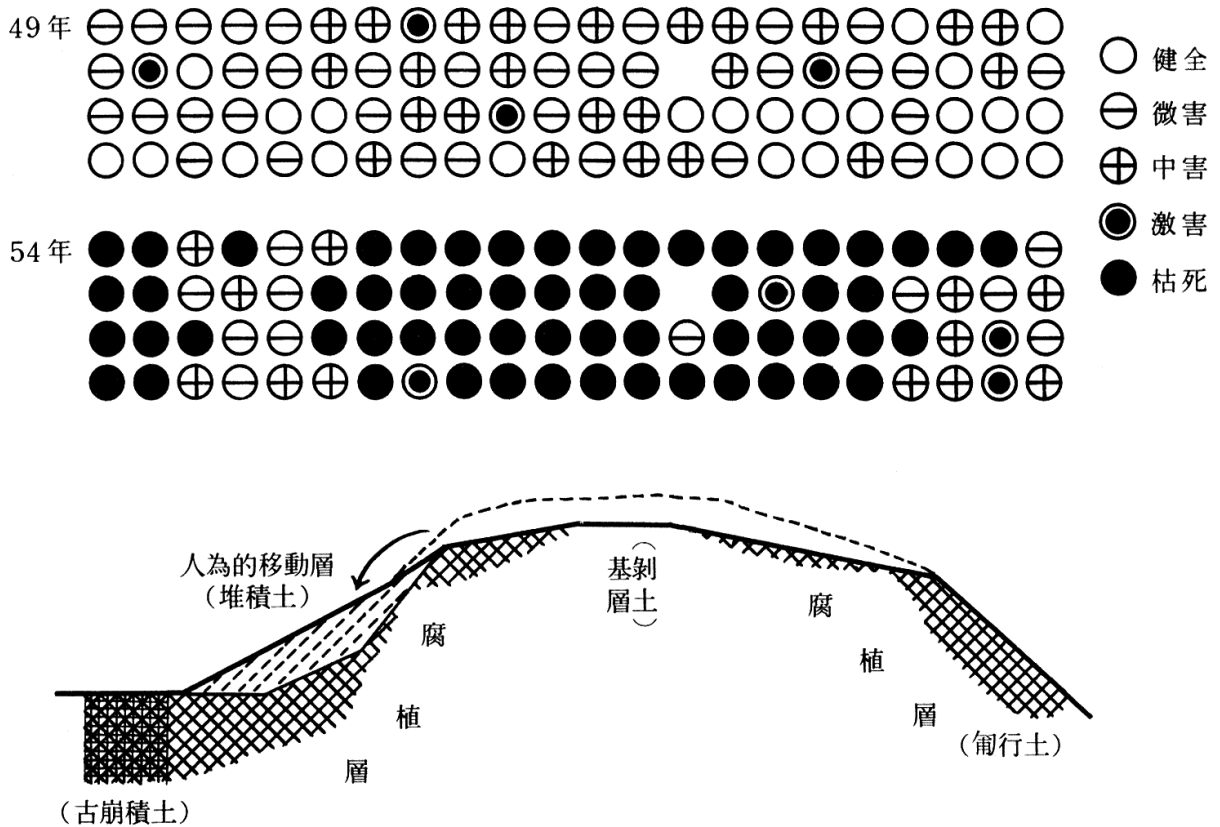
このようなことから、研究の歴史も短かく本病では不明な部分が多く、まして具体的な防除対策もたてられないのが現状であるが、現在まで明らかになった事項を基にキリ栽培上取り得る対策と



図一2 気象と発病との関係
(S 49年～53年)



図一 3 剝土した土壤での発病の経過



図一 4 腐植層と発病との関係 (南・北方向)

しては次の事があげられよう。

苗木づくりは、現在、MLOは罹病親木でも種子に伝わらないとされているので、実生での育成が望ましい。分根による苗木づくりは、外観上健全な親木であっても保毒していることが多々あり、

これらから根分けして苗木づくりをした場合、苗木時代に発病しなくとも造林地に植栽して数年経過した後、発病する例が見られ相当な危険が伴なう。どうしても分根法による場合は、周囲にてんぐ巢病が発生していないような未汚染地帯で、良好な成育をしている親木から根分けすべきである。

次に、腐植を含む表土が浅かったり、排水の悪い土壌には、絶体キリの植栽はしないことである。土壌条件が悪ければ、若い樹齢の時から病気の発生が始まり、病気の進行も著しく早く短期間のうちに枯死に至るからである。従って、肥沃な土壌を選んで植栽することが肝要であり、これは取りも直さず樹の健全な生長を促進させることにもなる。

なお、今後の試験研究の方向としては、媒介昆虫を明らかにしてその伝染・発病の機構を解明した後、その防除対策を解決することにある。また、現在条件つきながら治療効果が認められる抗生物質オキシテトラサイクリン剤の利用方法の解明も急務と考えられる。

7 文 献

- 1) 森林防疫 28巻1号, P 7~9, (1979). 高村尚武・作山 健: 岩手県に発生したキリてんぐ巢病樹からのマイコプラズマ様微生物の検出
- 2) 日本林学会東北支部会誌 第32号, P 225~226, (1980). 高村尚武: キリてんぐ巢病に関する研究(Ⅱ) — 汁液及び接触伝染試験 —
- 3) 同, P 227~228, (1980). 高村尚武・作山 健: 同(Ⅲ) — 抗生物質剤処理による病徴の変化 —