

マツノザイセンチュウ接種マツ属の生育、 とくに接種後3年間の生育について

古野 東洲・二井 一 禎

Growth of Pines inoculated with Pine Wood Nematode
(*Bursaphelenchus xylophilus*), Especially on the
Growth for three Years after Inoculation

Tooshiu FURUNO and Kazuyoshi FUTAI

要 旨

マツノザイセンチュウは、マツ属に侵入して、枯死させるばかりでなく、生存個体にも生育阻害をおこすことが、とくにクロマツでみられ、本報告は、クロマツ、アカマツのほか5種類の外国産マツ属を用いて、マツノザイセンチュウ接種後の3年間の生育経過を調査した結果をとりまとめたものである。

供試マツ属は、*P.thunbergii*, *P.densiflora*, *P.massoniana*, *P.pinaster*, *P.strobus*, *P.banksiana*, *P.rigida* の7樹種で、京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地および本部試験地の苗畑で調査した。

マツノザイセンチュウ接種後、生き残った個体で、とくにクロマツの樹高生長に接種翌年の生長減退が目立ち、減退の激しい場合、接種前の伸長量の約20%しか伸長しなかった個体もみられた。反面、80%またはそれ以上の伸長量を示し、影響のすくない個体もみられた。クロマツを平均すると40~60%で、他樹種と比べて、その生長減退は目立った。

クロマツの接種翌年の新梢に展開した針葉が、新梢長に比べて多数みられ、生長減退が激しい新梢ほど針葉密度が大きい現象がみられた。しかし、接種の翌々年には、新梢の生長減退が続いても、このような高密度の針葉の展開はみられなかった。

アカマツおよび *P.massoniana* では、最も生長減退の大きかったものでも50%で、生長減退がみられない個体もみられ、平均すると約80%になる。*P.pinaster*, *P.strobus*, *P.banksiana*, *P.rigida* では、平均値で90%を越え、とくに、*P.banksiana*, *P.rigida* では、すべての個体で伸長生長に、マツノザイセンチュウの影響はみられなかった。

肥大生長には、クロマツで、マツノザイセンチュウ接種年および翌年に生長減退がみられたが、2年目には回復していた。

マツノマダラカミキリの次世代幼虫の繁殖は、新成虫の後食、マツノザイセンチュウの侵入によって、9月下旬までに枯れた樹体にみられ、それらの幹の枯死年の生育は、春材だけであった。秋材が形成されていた幹にはカミキリは繁殖していなかったが、10月以後の枯死木で、秋材がすこしみられる幹にも、数匹の幼虫が生息しているものが、少数例みられた。

ま え が き

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) によるマツ属の被害は、青森、北海道を除いた日本の広範囲に蔓延し、とくに関東以西の西日本のクロマツ、アカマツ林に大きな打撃を与えている。各地のマツ林にみられる集団枯損が、これまでマツクイムシと称されていた穿孔虫類の一種のマツノマダラカミキリが伝播するマツノザイセンチュウのマツ樹体内への侵入によって起されること^{1,2)}が明らかにされてから、10数年を経過した現在においても、なお、マツ林の枯損は続き、その対策に追われている。また、日本に導入、植栽されている多くの外国産マツ属をも、マツノマダラカミキリの成虫が後食、マツノザイセンチュウを伝播し、枯死させることが、マツノザイセンチュウのマツ樹体への接種試験³⁾、野外植栽木の枯損によって確認された⁴⁻⁸⁾。さらに、それら一部のマツ属の故郷であるアメリカ合衆国、ヨーロッパにおいても、マツノザイセンチュウの存在が確認され、多くのマツ属が被害をうけている⁹⁻¹¹⁾。

マツノザイセンチュウを伝播するマツノマダラカミキリの後食行動には、マツ属に対する食物選択がみられないことが、マツノマダラカミキリ成虫の後食行動の調査によって明らかになり¹²⁾、マツ属の生死は、マツノザイセンチュウの加害性よりも、マツノザイセンチュウに対して、抵抗性が強いかに弱いかに左右されることも明らかになった。数多くの接種試験、被害調査によって、クロマツはマツノザイセンチュウに最も抵抗性が弱い樹種であることが確認され、アカマツもクロマツほど弱くはないが、比較的弱い樹種に位置づけられている。反対に、*P.taeda* や *P.elliottii* は最も強い樹種と判定され、著者ら^{3,8)}は、30数種類のマツ属のマツノザイセンチュウに対する抵抗性、感受性を4段階に分類した。しかし、最も強い抵抗性があると判定した *P.taeda* や *P.elliottii* など5種類のマツ属でも、*P.rigida* を除いた4樹種のマツノザイセンチュウによる枯損を確認し、その抵抗性が絶対でないことも明らかにした。反面、最も弱いグループに位置づけたクロマツでも、マツノザイセンチュウを接種しても生き続ける個体が存在することを確かめ、事実、野外の被害林分においても生存個体がみられ、マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性育種の強い背景になっている。

著者らは、現在までに、マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性、感受性を判断するために、数多くの接種試験を行ったが、生存個体については、とくに継続調査をせずに試験を終了していた。多くの研究者も同様であったと思われる、生存木の生育についての報告はみられなかった。しかし、最近実施した接種試験で、とくにクロマツの生存個体の伸長に著しい生育不良を認め、マツノザイセンチュウのマツ樹体内侵入によって、以後の生育に何らかの生長阻害が生ずることが明らかになった。マツノザイセンチュウ接種翌年のクロマツ生存木の調査の一部はすでに報告したが¹³⁾、本報告には、この資料を含め、これまでにマツノザイセンチュウを接種したクロマツ、アカマツのほか5種の外国産マツの生存個体の接種後3年間の生育について調査した資料がまとめられている。さらに、京都大学農学部附属演習林の上賀茂、白浜、徳山の3試験地に育てられている多くのマツ属について、マツノザイセンチュウによる枯損、その生育状況を調査し、接種試験における枯死木の経過と対比させた。本調査に協力いただいた3試験地の職員各位に感謝する。

なお、本研究は文部省科学研究費の助成をうけて行われたもので、共同研究者の赤井龍男、渡辺弘之の両氏から造林学、生態学の専門の立場で有益なご助言を得ました、厚く御礼申し上げます。

材料および方法

マツノザイセンチュウ接種後、調査可能な生存個体が残っていたのは次の各試験で、試験ⅠおよびⅡは上賀茂試験地で、残りの各試験は演習林本部試験地の苗畑で行われた。

試験Ⅰ：比較的やせている第1苗畑に、1976年春に床替後放置されていたクロマツ、アカマツなど7種のマツ属に、1981年7月8日に、地上高30～40cmの幹に、1本あたり2,000頭のマツノザイセンチュウを接種した。生存木は、4種は1983年3月29～31日に、3種は6月6～7日に伐り倒し、樹高生長を測定した。マツノザイセンチュウ接種時および1983年3月、6月の供試木の大きさ、枯損は表一1のようである。

試験Ⅱ：1974年に第5苗畑に床替されたクロマツ36本に、1981年7月27日に、1本あたり2,200頭のマツノザイセンチュウを幹の地上40～60cmに接種した。本試験の生存個体は今後の生育経過測定のために残されている。

試験Ⅲ：本試験には当初80本のクロマツを供試したが、処理後伐られた個体があり、本報告の対象になるのは65本である。1976年に床替されたままのクロマツに、1980年7月21日に、幹の地上50～65cmに、1本あたり2,000頭のマツノザイセンチュウを接種し、10日後の7月31日に、11本にはさらに1本あたり2,000頭のニセマツノザイセンチュウを前の接種部の5～10cm上部に追加接種した(Ⅲ-₁)。さらに、16本には8月14日に、同様にニセマツノザイセンチュウを2,000頭あて接種した(Ⅲ-₂)。残りの38本は1回目の接種のままとした(Ⅲ-₃)。本試験の生存木は1983年6月11日に8本を残して伐り、樹高生長経過を測定した。

試験Ⅳ：供試木は3年生苗木を植え4年間放置したクロマツ25本で、1980年7月28日にマツノザイセンチュウ2,000頭を幹の地上40～60cmに接種した。1981年4月に枯死木の直径生長経過を、1983年2月に生存木を3本残して伐り、生長測定を行った。

試験Ⅴ：1977年に2年生苗木を植えたクロマツ、アカマツ各8本に、1981年7月9日に樹冠下部の生枝(直径8～10mm)2本を約30cm残して切断し、切断面に、枝あたり2,000頭あてマツノザイセンチュウを接種した。48時間後には接種枝の1本を幹の分枝部で切断除去した。

試験Ⅵ：試験Ⅴと同じクロマツ、アカマツ各7本に、クロマツには1981年7月27日に、1,900頭の、アカマツには7月28日に、1,800頭のマツノザイセンチュウを枝切断面に接種した。

試験Ⅶ：試験Ⅴ、Ⅵと同じクロマツ7本、アカマツ6本に、1981年7月9日に枝切断面に2,000頭づつ2本の枝に接種し、各供試木とも、接種3時間後に1枝、24時間後に残りの1枝を除去した。さらに、1981年7月28日に全く健全に見える各供試木に、1本あたり2,000頭のマツノザイセンチュウを幹の40～60cm高に追加接種した。

試験Ⅴ、Ⅵ、Ⅶの生存木は1983年6月4日に樹高生長経過を測定した。

試験Ⅷ：演習林本部試験地の苗畑に植えられていた12～13年生のクロマツ4本に、1979年8月22日にマツノザイセンチュウをそれぞれ胸高部附近の幹に2,000頭づつ接種した。

以上の各試験の供試木は、試験Ⅱ、Ⅳ、Ⅷの各枯死木では、枯死までの生育状況を調査した。表一2に、試験Ⅱ～Ⅶの供試木の大きさ、枯死を示した。

さらに、上賀茂、白浜および徳山の3試験地に育てられている外国産マツ属の実験林、交雑による雑種検定林、クロマツ、アカマツの産地別試験林で、マツノザイセンチュウの侵入によって枯れた個体の枯死までの生育状況を調査した。とくに徳山試験地では、1981年3月以後に枯れた“持ち越し枯れ”の個体、9月30日までに新しく枯死と判定された個体、10月以後の針葉変色個体の3グループについて、1982年1月25～28日に伐倒、生長経過を測定するとともに、マツノマ

ガラカミキリの後食，次世代幼虫の繁殖状況を調査した。

結果および考察

1. マツノザイセンチュウによるマツ属の枯損

試験Ⅰ～Ⅶの供試マツ属の枯損は表—1および2に示されている。マツノザイセンチュウ接種後3年間の枯損率は，クロマツ52%，アカマツ30%で，前者の枯損率が大きかった。著者らがマツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性を4段階に分けて，最も抵抗性の強いグループに入れた *P.banksiana*, *P.rigida*, 比較的抵抗性が強いグループの *P.massoniana*, *P.strobus* は1本も枯れず，前の判定を裏付けている。また，試験Ⅴで，クロマツ，アカマツともに高い枯死率を示し，反対に，試験Ⅶで両種ともに枯死木がみられないなど，抵抗性に差がみられる結果もある。

Table 1. Results of inoculation and height of examined trees in Ex. I

Species	Total No.	Withering No.	Tree height (cm)		
			1981.7*	1983.3	1983.6
<i>P. thunbergii</i>	12	2	184-276	194-293	235-347
〃 (Cont.)	13	0	183-225	228-298	282-373
<i>P. densiflora</i>	16	3	161-278	200-339	253-407
<i>P. massoniana</i>	15	0	153-258	181-312	—
<i>P. pinaster</i>	9	2	234-352	265-443	—
<i>P. strobus</i>	14	0	187-242	208-270	—
〃 (Cont.)	14	0	165-238	196-273	—
<i>P. banksiana</i>	8	0	123-202	160-261	195-310
<i>P. rigida</i>	10	0	168-261	209-316	—

*: Inoculation

Table 2. Results of inoculation and height of examined trees in Ex. II～VII

Species	Experiment	Total No.	Withering No.	Tree height (cm)		
				1980.7*	1982.3	1983.3
<i>P. thunbergii</i>	III- ₁	11	7	257-355	318-437	378-520
	III- ₂	16	7	255-391	319-460	377-535
	III- ₃	38	19	231-338	280-403	305-497
	IV	25	15	192-305	217-352	235-398
				1981.7*	1983.3	1983.6
<i>P. thunbergii</i>	II	36	22	207-408	229-474	285-560
	V	8	7	270-339	416	495
	VI	7	4	212-258	229-305	297-363
	VII	7	0	180-287	218-369	257-459
<i>P. densiflora</i>	V	8	7	270-370	400-436	510
	VI	7	1	173-341	221-418	276-478
	VII	6	0	208-265	258-343	328-423

*: Inoculation

試験Ⅰ，Ⅴのクロマツ，試験Ⅵの枯損はすべて接種当年であったが，試験Ⅱでは22本のうち1本は翌年の針葉の伸長が終った8月以後に枯れている。また，試験Ⅲ₋₁では4本が接種2年後に，Ⅲ₋₂では1本が翌年に，Ⅲ₋₃で1本が2年後に，試験Ⅳで1本が翌年の6～7月に，さらに1本が2年目の生育開始の4月に，試験Ⅴのアカマツの1本は翌年の伸長生長終了後に，それぞれ枯れた。さらに，試験Ⅶでは，4本の供試木のうち，接種年に1本，翌年に1本，2年後に1本枯れ，残りの1本は1983年6月現在生存している。

以上のように，マツノザイセンチュウ接種個体にも，自然にみられる“持ち越し枯れ”の現象が現われ，マツ個体のマツノザイセンチュウに対する抵抗性，感受性には複雑な要因がからんでいるであろうことが推察される。

2. マツノザイセンチュウによる枯損木の生育経過

マツノザイセンチュウによるマツ属の枯損は，その樹体内侵入後，急速に衰弱枯死する個体から，すこしおくれるが年内に枯れるもの，侵入の翌年以後に枯れが持ち越されるものなど，さまざまな枯死経過がみられる。試験Ⅳで，マツノザイセンチュウを接種した1980年に13本，翌1981年6～7月に1本，1982年4月に1本が枯れ，それらの個体では，枯死までの生育（とくに直径生長）経過を測定した。1980年および1981年の枯死14本からは，樹幹よりマツノザイセンチュウを再検出した。

1982年の枯死木は5月27日に，樹幹の上，中，下の3部位で，マツノザイセンチュウの検出を試みたが，検出できなかった。さらに生存木では，1983年2月に幹の0～30cm部位でマツノザイセンチュウは検出されなかった。

図一1は，枯死木の代表的な個体に，1983年2月に生存しているものを加えて，肥大生長を実測値より示したものである。

肥大生長は，クロマツでは，尾中¹⁴⁾が示したように，夏季をはさんで2つのピークがみられ，生長が盛んなのは4～6月の初期生長である。春材が形成されるのは，この初期生長期とこれに続く夏過ぎまでで，以後は秋材が形成される。マツノザイセンチュウが樹体に侵入する6～7月までには，相当量の春材が形成されているはずである。図一1の(1)および(2)は，秋材形成時期までに枯死したことを示し，その枯死年の生長量は，接種までの正常な時期の春材生長量と接種以後枯死までの時期の生長量である。個体(3)および(4)は，(1)および(2)のように，接種後早々には枯れず，秋材形成期まで生きていたものである。個体(5)および(6)は，いわゆる“持ち越し枯れ”で，個体(5)は接種翌年の6～7月に枯れたため，その時期までの春材形成を示し，個体(6)は，さらに年を越した3月頃から針葉が退色し始めて，4月に枯れたので，直径生長には新しい年の肥大生長はない。個体(7)および(8)は，接種後3年間の生存個体の肥大生長である。両個体にみられるように，生き残った個体でも接種年の生長量は，その前年の生長量と比べて，相当にすくなく，マツノザイセンチュウの肥大生長にあたる影響の大きかったことがわかる。接種年の肥大生長量が，生存個体よりも多かった個体(5)が翌年に枯れてしまったことを考えると，マツ樹体内でマツノザイセンチュウと生長に，複雑な関係が存在していることが推察される。

図一2は，試験Ⅳおよび試験Ⅱのマツノザイセンチュウ接種年とその前年の肥大生長を比較したものである。図一1で，試験Ⅳでは接種年の肥大生長量とその前年のそれよりもすくないことは推察されるが，すべての個体で，とくに翌年以後の生存個体でも7個体中前年とほぼ同程度の生長量を示したものが2個体で，他の5個体は，前年の肥大生長量よりもすくない。本試験に供試した10年までの若い個体では，前年の生長量より多い場合が常と考えられるので，接種年の肥大生長の減退は，一時的にせよ，マツノザイセンチュウの樹体内侵入が影響したものと思われる。

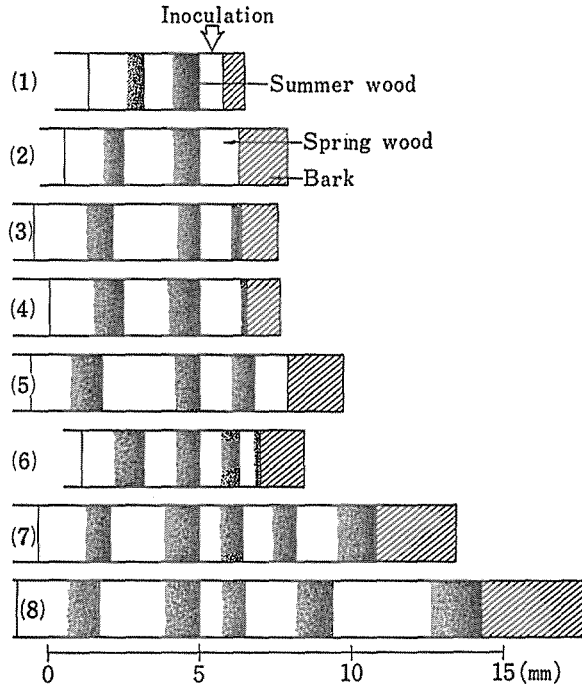


Fig. 1. Radial growth at 0.5 m height of *P. thunbergii* inoculated with pine wood nematode in Ex. IV

- (1) and (2): Withering in inoculated year (spring wood only)
 (3) and (4): Withering in inoculated year (formation of summer wood)
 (5) : Withering in June-July of the year after inoculation
 (6) : Withering in April of second year after inoculation
 (7) and (8): Survival

古野¹³⁾は、外国産マツ属で枯死木を調査し、枯死木の肥大生長が前年のそれと比べて60%以上のものには秋材が形成され、40%以下の場合には春材のみで、その中間には両者がみられることを報告したが、図-2も、それを裏付けている。試験IVの結果は、明らかに秋材を形成したものとしなかったもので差があらわれ、秋材を形成して接種年に枯れた7個体のうち6個体は、前年の50%を越える生長をし、反対に、秋材を形成しなかった6個体のうち5個体が50%以下で、50%を越えたものでも前年の52%の肥大生長しかしていない。`持ち越し枯れ、の2個体は50%を越える生長をしていた。しかし反面、生存個体でも2個体は50%以下を示し、生き続けたが接種年のマツノザイセンチュウの影響の激しかったことがわかる。

図-3には、上賀茂、白浜、徳山の3試験地においてマツノザイセンチュウによって枯損したマツ属の枯死年の肥大生長をその前年と、図-2のように、比較したものである。図-2さらに外国産マツ属¹³⁾と似た傾向を示している。春材形成だけで枯れた個体で、クロマツでも60%より多く生長した個体もみられ、前年の肥大生長の50%を越えているものが多いことは、外国産マツ属の枯死例と非常に似ている。野外では、接種試験のように、マツノザイセンチュウの侵入が一時期ではなく、マツノマダラカミキリ成虫の活動期間の中もあり、さらに、調査木にマツノマダ

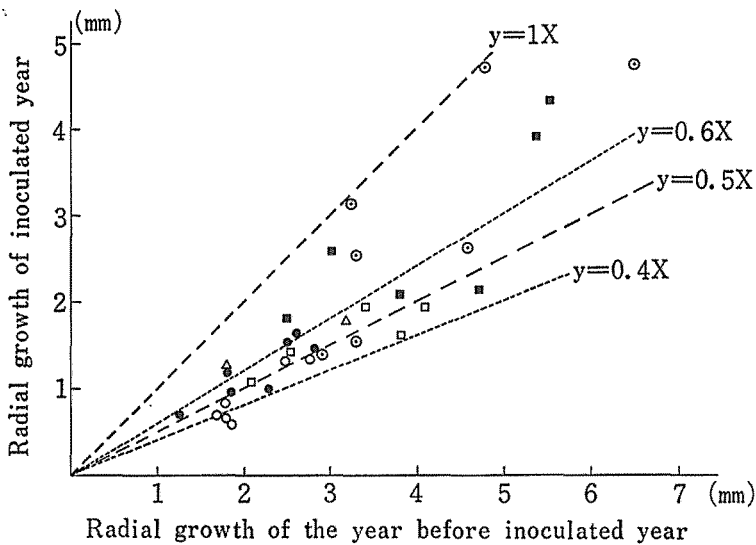


Fig. 2. Radial growth without bark at 0.5 m height (Ex. IV; ○, ●, △, ◎) and DBH (Ex. II; □, ■) of inoculated *P. thunbergii*
 ○, □: Withering in inoculated year (spring wood only)
 ●, ■: Withering in inoculated year (formation of summer wood)
 △ : Withering in the year after inoculation
 ◎ : Survival in second year after inoculation
 These marks apply in Fig. 3.

ラカミキリの古い後食痕がみられることは、枯死年以前にもマツノザイセンチュウが侵入していた可能性がある。その年は、たまたま侵入の影響をうけただけで枯れなかったと考えると、試験Ⅳのクロマツ生存木にみられた生長減退が前年にもおこっていたと考えられ、翌年に枯れたために、前年の生長量が正常値より小さく、春材のみで枯れた個体の枯死年の生長量が相対的に大きくなったのであろう。

試験Ⅶの3本の枯死木は、それぞれ枯死後マツノザイセンチュウが再検出されている。図一4に、3本の枯死木の幹、枝の生育経過を示し、あわせて、徳山試験地で、1982年9月に枯れたクロマツの生長経過を示した。この個体からは、マツノザイセンチュウを検出し、さらにマツノマダラカミキリの幼虫が幹に生息していた。枯れた1982年には、秋材は形成されていなかった。図一4の(A)は接種当年に枯れ、(B)および(C)は、“持ち越し枯れ”で接種までの生長と翌年以後の生長に大きな差がみられる。接種翌年の1980年の樹高伸長量は、前年のそれと比べて(B)で40%、(C)で60%で、1981年の(C)はさらに悪く20%しか伸長していない。直径生長は、接種年は前年と比べて、(B)で113%、(C)で90%も生長し、接種の影響をあまり示していないが、翌年はともに半分以下の生長で、マツノザイセンチュウの影響が明らかにあらわれている。枯死後、マツノザイセンチュウが検出されたことは、枯死の原因をその樹体内生息と考えて間違いのないであろう。自然の感染枯死木である(D)は、枯死後の調査でマツノマダラカミキリの新後食痕88コとともに、旧後食痕も32コ数えられ、枯死年以前にもマツノザイセンチュウが侵入していたとも考えられる。(D)が植栽されていた徳山試験地では、1981年には500本にも達するクロマツ、アカマツ植栽木がマツノザイセンチュウによって枯れている。樹高年伸長量は、1976年以後、94cm, 94cm, 107cm, 108cm, 94cm, 76cm, 75cmで、最後の2カ年の伸長量がそれまでと比べてやすすくない。枝の伸

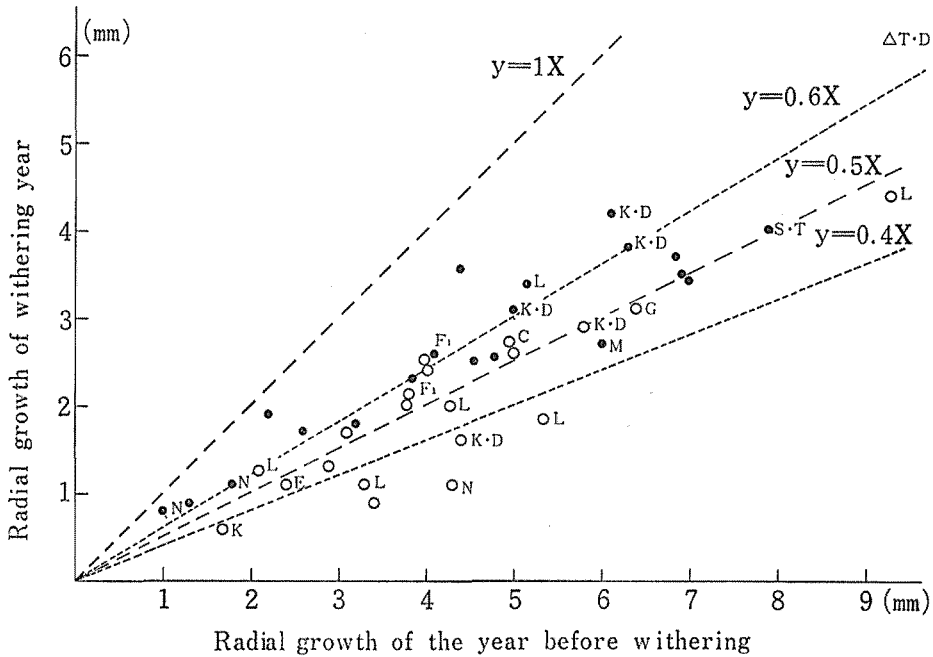


Fig. 3. Radial growth without bark at DBH of withering pines in three Experimental Stations

Kamigamo Experimental Station	Shirahama Experimental Station
N: <i>P. nigra</i>	C: <i>P. oocarpa</i>
K·D: <i>P. densiflora</i>	E: <i>P. elliotii</i>
Tokuyama Experimental Station	G: <i>P. greggii</i>
M: <i>P. massoniana</i>	K: <i>P. khasya</i>
F ₁ : <i>P. thunb.</i> × <i>P. masso.</i> (F ₁)	L: <i>P. leiophylla</i>
T·D: <i>P. densiflora</i>	S·T: <i>P. thunbergii</i>
Others: <i>P. thunbergii</i>	

長にも似たような傾向がみられ、枯死年以前のマツノザイセンチュウ侵入の可能性は大きい。

図一5は、試験Ⅷの(A), (B)および(C)の皮なし材積の年生長経過を示したものである。3個体ともに、1977年にやや生長率の低下がみられるが、この原因は不明である。(A)はマツノザイセンチュウ接種後、生育中に枯れているので明らかな年生長量の減少を示している。(B)および(C)では、明らかな生長減退を示していないが、1980年の生長量は大きく減少し、(B)ではこの年に枯死し、(C)は1981年に生長量を回復することなく枯れている。

この試験Ⅷで枯死したように、いわゆる「持ち越し枯れ」の個体は、樹体内の何処かにマツノザイセンチュウが生息して、その影響で枯れるのか——この可能性が強い——、マツノザイセンチュウの樹体内侵入による影響で生長減退がおこっても、生息しなくなれば再び生育を回復するのか、また、試験Ⅳで、接種翌々年の「持ち越し枯れ」個体で、マツノザイセンチュウが再検出されなかったように、マツノザイセンチュウの樹体内侵入で影響をうけ生長減退を続ける個体は、マツノザイセンチュウが生息しなくなっても枯れるのか、など、現時点で結論を導くのは時機尚早であろう。これらの問題は今後に残された興味ある課題である。

3. マツ属の枯損時期とマツノマダラカミキリ次世代幼虫の繁殖

マツ樹体にマツノザイセンチュウが侵入して以後のマツの衰弱、枯損する経過が、二次害虫であるマツノマダラカミキリの産卵可能か否かに非常に密接な関係がある。徳山試験地の1973年、

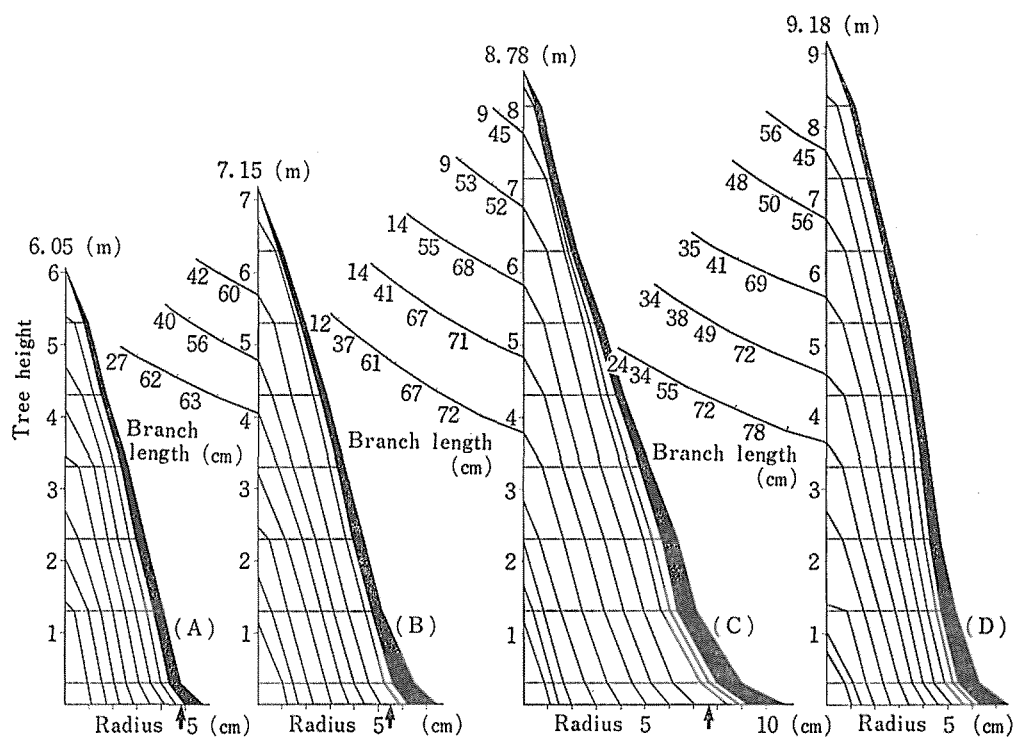


Fig. 4. Stem analysis and branch length of withering *P. thunbergii* in each year (Ex. VIII)

Arrow marks show inoculation in 1979. 8

A : Withering in 1979

B : Withering in 1980

C : Withering in 1981

D : Withering in 1982. 9 in Tokuyama

A, B and C apply in Fig. 5.

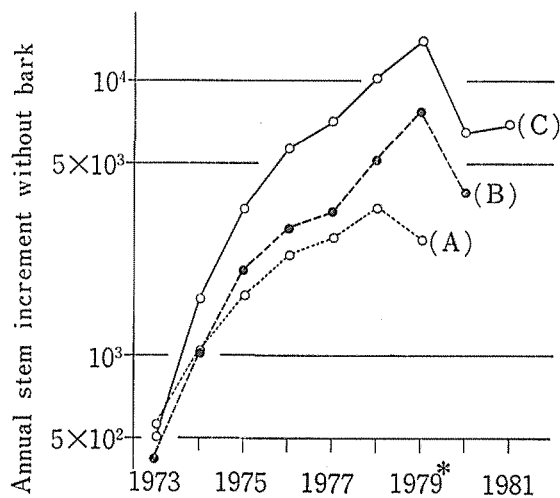


Fig. 5. Annual stem increment (cm^3) without bark of withering *P. thunbergii* (Ex. VIII)

*: inoculated year

1974年の植栽林で、1981年の枯損時期を3つに分け——3月以後の前年の“持ち越し枯れ”、9月30日までの新しい枯損、10月以後の枯損に分けて、枯損時期とマツノマダラカミキリ次世代幼虫の繁殖状況を調査した。

“持ち越し枯れ”の個体は、クロマツ4本、アカマツ4本および樹体の上半分が“持ち越し枯れ”のアイグロマツ2本で、このアイグロマツは2本とも年末には枯死した。9月30日までの新しい枯損木はクロマツ7本、10月以後の枯損木はクロマツ7本、クロマツ×タイワンアカマツのF₁雑種1本で、伐倒調査は翌年の1月に行った。

“持ち越し枯れ”のクロマツは、1本にはマツノマダラカミキリ成虫の産卵痕がすこし認められたが、4本ともに次世代幼虫は繁殖していなかった。マツノマダラカミキリの後食痕は1980年のものは10~35コで非常にすくなく、より古い旧後食痕も5~11ですくなく。アカマツでは1本に産卵痕が認められ2匹のマツノマダラカミキリの幼虫が生息していた。他の3本は、1本には産卵痕がすこし認められたが、次世代幼虫は繁殖していなかった。後食痕数は新が35~100コ、旧が24~57コでクロマツと比べて多かった。なお、クロマツ2本、アカマツ3本の樹幹下部の地際から30cmまたは40cmまでに、ムナクボカミキリ (*Arhopalus rusticus*)¹⁵⁾ の幼虫が多数食害していた。アイグロマツの2本の上半部は4月下旬に枯れ、この部分にはマツノマダラカミキリの幼虫はみられなかったが、下半部は秋に枯れ、そこには幼虫が繁殖していた。

9月30日までの枯死木のクロマツ7本の全部にマツノマダラカミキリの産卵痕がみられ、次世代幼虫が繁殖していた。さらに前述のように秋材は形成されずに枯れていた。このうちの1本にも、ムナクボカミキリの幼虫が生息していた。

10月以後に枯れたクロマツ4本にはマツノマダラカミキリの産卵痕は認められず、3本にすこし認められた。次世代幼虫は最も多く産卵痕がみられた1本に3匹確認された。F₁雑種には産卵痕は認められなかった。これらの各個体には秋材が形成されていた。

新しい枯死木は、後食痕が多いものに産卵痕、次世代幼虫が認められ、すくないものにはそれらが認められず、多数の後食痕すなわち多くのマツノザイセンチュウの樹体内侵入によって早く枯れる傾向がみられる。さらに、10月以後の枯死木では比較的早く枯れたと思われる秋材がすこししかみられない1本のクロマツ枯損木に、3匹の次世代幼虫が繁殖し、古野⁹⁾の外国産マツ属のマツノザイセンチュウによる枯損調査で、2例を除き秋材がみられない幹にマツノマダラカミキリ幼虫が繁殖し、秋材がみられる幹には繁殖していなかったことと同じ傾向が本調査でも認められた。

これらの調査結果から、“持ち越し枯れ”の枯損木、すくなくとも6月までに枯れたものにはマツノマダラカミキリは産卵できず次世代の繁殖には適さないこと、また、秋材が形成されはじめる10月以後の枯損木の大部分にもマツノマダラカミキリの幼虫は繁殖していないことが明らかになった。

4. マツノザイセンチュウ接種マツ属の生存木の生育

マツノザイセンチュウのマツ属への加害性は、マツ属によって、種内においても個体によって差がみられることは、多くの接種試験によって明らかになっている。その加害性の発現は、マツ属の持つマツノザイセンチュウに対する抵抗性、感受性の強弱によって左右されている。マツノザイセンチュウがマツ樹体内に侵入すると、抵抗性の弱いマツ属は多くの個体が枯れ、強いものでは枯れない個体が多い。最もマツノザイセンチュウに対する抵抗性が強い *P. rigida* では、まだ枯死例はみられない。反面、日本の各地で激しい被害をうけているクロマツは、マツノザイセンチュウの樹体内侵入で、多くの個体が枯れている。

これまで述べてきたように、クロマツで、いろいろな枯死経過がみられ、マツノザイセンチュウ

ウが樹体に侵入後、急速に衰弱、萎凋し枯れるもの——この枯死木はマツノマダラカミキリ次世代幼虫の繁殖の餌木となる——から、翌年まで生き続けて枯れるもの、さらに翌々年になって枯れるものもある。そして抵抗性を示して枯れずに生き続ける個体もある。マツノザイセンチュウを接種したが枯れずに生き続けたマツ属で、主として接種後3年間の伸長（樹高）生長の経過を調査した。

4—1. マツノザイセンチュウ侵入後のマツ属の伸長生長

マツ属の伸長生長を、古野¹⁰⁾がアカマツ・クロマツ型、リギダ・バンクスマツ型、テーダ・スラッシュマツ型に、3グループに分け、前の2つの型は、年間の生育期前半で、その生長を終了し、テーダ・スラッシュマツ型では、生育期を通して生長を続けることが明らかになっている。

本試験に用いたマツ属は、アカマツ・クロマツ型（アカマツ、クロマツ、*P.massoniana*, *P.pinaster*, *P.strobus*）およびリギダ・バンクス型（*P.banksiana*, *P.rigida*）で、テーダ・スラッシュマツ型に属する種はない。すなわち、本試験供試木は、樹高生長は、5月下旬から6月上旬には終了するので、マツノザイセンチュウを接種した7月にはすでにその年の伸長生長は終わっている。接種の影響はその年にはあらわれない。いいかえれば、接種年の伸長生長は正常である。

試験I～VIIの生存木の接種翌年の樹高生長量と接種前の2年間の樹高生長量の平均値を対比させると図—6のようになる。

図—6で最も目立つことは、クロマツと他樹種との間で明らかな違いがみられることである。伸長減退が目立ち、あたかも前年に激しくマツカレハに食害されたクロマツ、アカマツの生長減退のような新梢伸長を呈している¹⁷⁻¹⁹⁾。クロマツでは、接種翌年の樹高伸長量と接種前のそれとの比（B/A）が0.5以下のものが数多くみられるが、アカマツや他樹種では、B/Aの最小値でも0.5である。

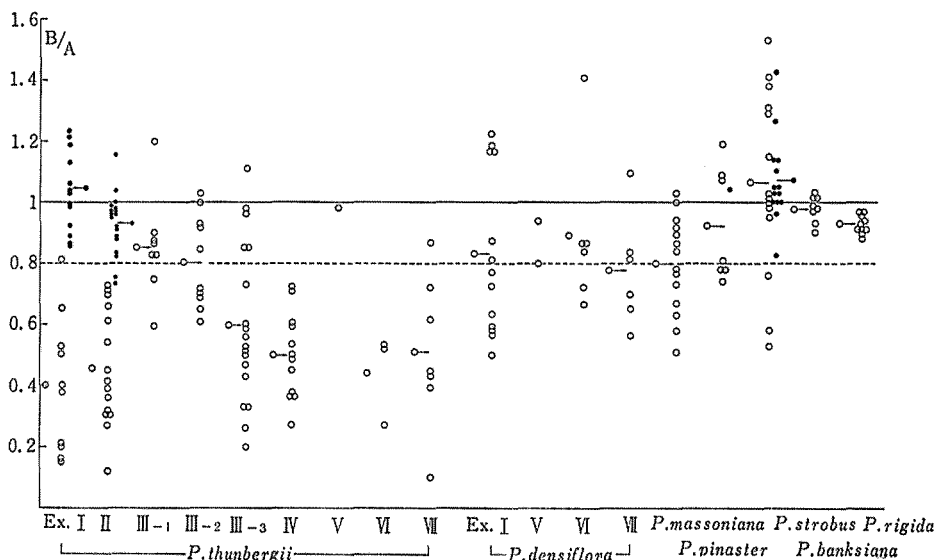


Fig. 6. Comparison of length of leading shoot in the year after inoculation (B) to mean annual length of leading shoot for two years before inoculation (A)

- : inoculated tree
- : non-inoculated tree
- : mean value
- ←● : mean value

These marks apply in Fig. 7 and B/A apply in Fig. 9.

クロマツの各試験で、幹接種、枝接種および追加接種など、接種方法に違いがあり、試験Ⅰから試験Ⅶまでのすべてを同一に比較することは無理であろう。接種年は1980年および1981年で、2カ年にまたがるが、接種月は7月で、それほど差はないと思われる。幹に一度の接種は試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ-₃、Ⅳである。試験Ⅶは接種枝を除去して幹接種をしているが、これらに準ずるものと考ええる。各試験の生存木の接種翌年の樹高生長がそれまでの生長と比べて相当に減退していることは明らかである。

樹高の年生長におけるバラツキ——試験ⅠおよびⅡで無接種木でもB/Aで±0.2のバラツキがみられるように、正常伸長の1～2割の増減はとくに有意差とは考えられない。試験Ⅰで最も伸長量がすくなかったのは、接種前2年間の平均伸長量(A)60cmに対し接種翌年のそれ(B)は9cmで、B/Aは0.15、試験Ⅱでも(B)は9cmでB/Aは0.12、枯れなかったが接種翌年の伸長は非常に悪い。B/Aの最小値を示したのは、試験Ⅶの0.10でわずかに8cmしか伸長していなかった。接種後非常に激しい生長減退を示したB/Aが0.3以下の個体は、試験Ⅰで4本、試験Ⅱで2本、試験Ⅲ-₃で2本、試験Ⅳで1本、試験Ⅶで1本、それらの伸長量は8～24cmで非常にすくない。試験Ⅲ-₃では、生長減退木のほかに、正常と思われる伸長量を示した個体が5本ある。これらの個体は、後述のように2年目の生長も正常と思われ、マツノザイセンチュウに対して強い抵抗性をもっていると判断するには、さらに詳しい追試が必要であるが、クロマツにも抵抗性を示して生き続けるだけでなく、生育にも殆んどマツノザイセンチュウの影響をうけない個体が存在する可能性を示しているものと考えられる。

枝切断面の接種試験である試験ⅤおよびⅥでは、前者の唯一の生存木に接種の影響はみられない。試験Ⅵでは、幹接種の場合と似たような結果となっている。

試験Ⅲ-₁ およびⅢ-₂ で、マツノザイセンチュウの幹接種の後、或る日数を経て、ニセマツノザイセンチュウを接種したところ、図-6でみられるように、生存木の接種翌年の伸長生長に、マツノザイセンチュウ接種木と比べて明らかに良い生長に示していることは興味あることである。マツノザイセンチュウとニセマツノザイセンチュウの両種間のマツ樹体内での生息関係の解明に何らかの糸口を与えてくれるものではなからうか。

アカマツはクロマツと比べて生存木の伸長生長が良い。試験Ⅰで、クロマツの無接種木の生育のよい個体と似たような生長を示した個体が4本もあり、マツノザイセンチュウには比較的弱いがクロマツと比べると抵抗性があると判断したこと⁸⁾を本試験も証明している。アカマツ同様に比較的弱いグループに位置づけた *P. pinaster*⁸⁾ の生き残った個体の生育は悪くなく、B/Aが1.0より大きいものが3本もみられる。比較的抵抗性が強いグループにある *P. massoniana* は、マツノザイセンチュウの接種では枯れなかったが、B/Aが0.51の個体もみられ、0.80以下の個体が15本のうちの約半分の7本もあった。*P. strobus* では、大きな個体差があらわれ、B/Aが1.2より大きいものが5本、うち1本は1.52で接種前の50%もの伸長増を示した。反面、生長減退とみられるB/Aが0.8以下の個体も3本あらわれた。マツノザイセンチュウに最も抵抗性の強いグループに位置づけた *P. banksiana*⁸⁾ や *P. rigida*⁸⁾ は、本試験でも1本も枯れず、接種翌年の樹高生長にも影響があらわれないことが明らかになった。

各試験における平均値は表-3のようになる。接種翌年の伸長量が、クロマツで試験Ⅲ-₁ およびⅢ-₂ を除いて40～60%を示し、他樹種と明らかな差があらわれた。興味あることは、クロマツのニセマツノザイセンチュウを追加接種した試験Ⅲ-₁、Ⅲ-₂ で、前述のように生長減退がすくなかったこと、*P. pinaster* では、生き残った個体では大きな生長減退がみられず、かえって1本も枯れなかった *P. massoniana* で生長減退がみられたことであろう。

生存木の接種後2年目の伸長量(C)と接種前2カ年の平均伸長量(A)を比べると図-7のようにな

Table 3. Effects of inoculation on leading shoot elongation of pines

Experiment	<i>P. thunbergii</i>			Experiment	<i>P. densiflora</i>		
	A (cm)	B/A (%)	C/A (%)		A (cm)	B/A (%)	C/A (%)
I	58.4± 9.4	40.0±21.4	86.5±18.3	I	52.5±11.8	82.5±25.5	116.2±28.3
II	84.2±13.1	45.8±18.2	76.3±11.8	V	74.3± 1.8	87.1± 6.8	102.8
III- ₁	86.4±10.3	85.3±15.8	90.4±17.0	VI	71.1±16.8	89.4±24.1	92.2±18.2
III- ₂	90.1±12.8	80.6±13.8	78.0±14.2	VII	72.0± 7.6	77.7±17.1	96.7±19.6
III- ₃	88.4± 9.4	59.8±25.5	70.8±20.8	Experiment I			
IV	69.7±13.7	49.8±13.8	53.4±15.7	<i>P. massoniana</i>	49.3±10.9	80.1±14.9	—
V	78.5	98.1	100.6	<i>P. pinaster</i>	69.4±15.4	92.2±17.4	—
VI	77.2±11.7	43.9±12.2	80.1±21.5	<i>P. strobus</i>	24.3± 4.8	106.7±29.2	—
VII	78.6± 9.6	51.0±23.2	79.2±35.6	<i>P. banksiana</i>	47.3± 9.1	97.9± 4.0	97.6±14.8
				<i>P. rigida</i>	53.2± 8.3	93.0± 2.7	—

A : Mean annual length of leading shoot for two years before inoculation

B : Length of leading shoot in the year after inoculation

C : Length of leading shoot in the second year after inoculation

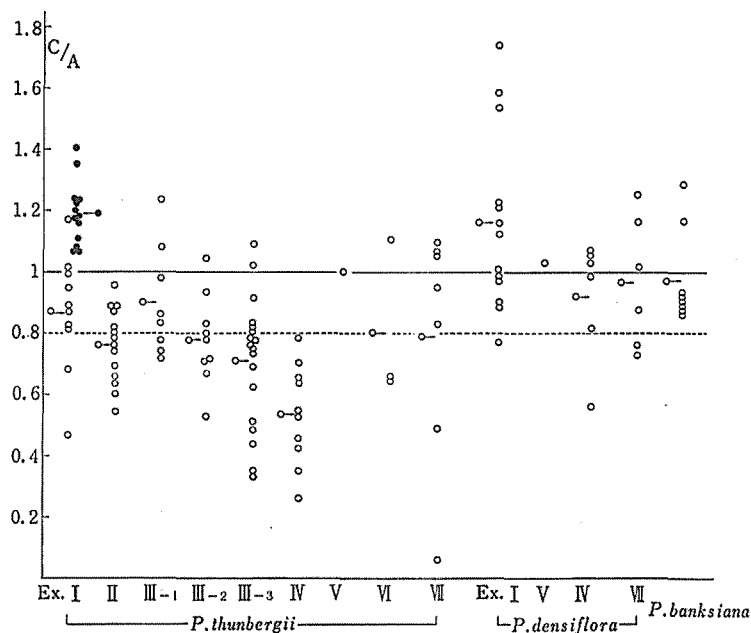


Fig. 7. Comparison of length of leading shoot in the second year after inoculation (C) to mean annual length of leading shoot for two years before inoculation (A)

C/A apply in Fig. 9.

る。

C/Aが0.5以下の個体は、クロマツでは、試験Iで1本、III-aで4本、IVで4本、VIIで2本、大きな生長減退がみられるものも残っている。反面、C/Aが0.8以上の個体も比較的多く、伸長量を回復した個体もあるが、まだ多くの個体のC/Aが0.5~0.8で、マツノザイセンチュウの樹体内侵入の影響が、接種後2年目にも、伸長生長にあらわれることが明らかになった。なお試験IVのC/Aの最小(0.26)の個体は頂芽の中心芽が伸長せず、側芽がとってかわったため、クロマツにみられる頂芽の中心芽(主軸)の長さと同様の側芽(側軸)の最も長いものとの比²⁰⁾から、中心芽が伸びたものと考え、この個体のC/Aは約0.4になる。このように、頂芽の中心芽が外観的には全く異常が認められないにもかかわらず、全く伸長しなかった個体がクロマツにみられた。すなわち、試験Iで接種2年目で2本、試験IIで接種翌年および2年目で各1本、試験IVで接種2年目で2本、試験VIIで2年目で1本あらわれ、すべて頂芽の幹となる中心芽が伸長していない。虫害など外的な原因も外観からは認められず、マツノザイセンチュウ接種が原因とも考えられるが、事例はそれほど多くなく、本試験だけで判断することは不可能である。また、何故中心芽だけに、また接種2年目に多くあらわれたか全く不可解である。

4-2. マツノザイセンチュウ侵入後のマツ属の肥大生長

2で述べたように、マツノザイセンチュウの侵入は、肥大生長に対しても影響をあたえている。図一1、図一2に示した試験IVのクロマツ生存木で、接種年の肥大生長にあたえる影響は明らかである。

試験IVおよびIの一部個体の、マツノザイセンチュウ接種前年の肥大生長量と他の年の肥大生長量の比を求めたのが図一8である。試験Iでは苗畑にやや過密に植えられたまま育っていたため、密度が影響し、肥大生長を求める材料としては十分でない。図一8に示したものは隣の個体と比較的離れていたものである。

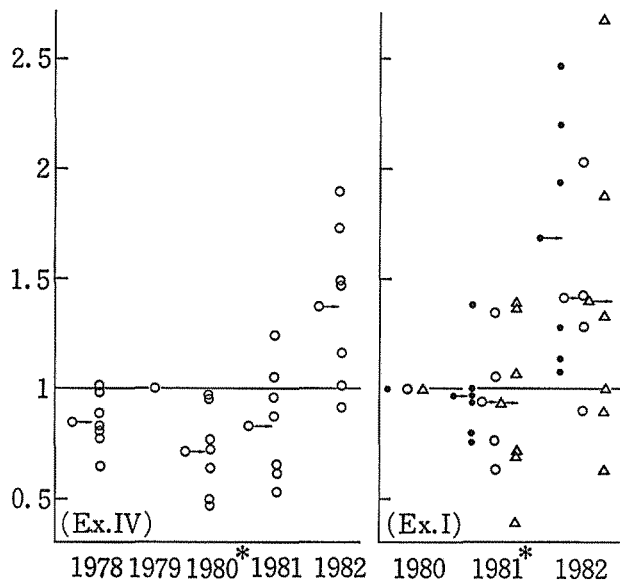


Fig. 8. Comparison of diameter growth in each year to diameter growth in the year before inoculation at DBH in Ex. IV and at 0.3m height in Ex. I

* : inoculated year ○ : *P. thunbergii*
 ● : *P. massoniana* △ : *P. densiflora*

肥大生長にあたるマツノザイセンチュウの影響は、接種年に最も大きく、翌年にも影響は残るようである。試験Ⅳで、接種年にはその前年の生長量と比べて47～99%で、春から接種までの正常な生長量が含まれているにもかかわらず、年間生長量はすくない。翌年にはやや回復の徴候はあるが、平均するとまだ接種前年の生長量よりすくなく、2年目で接種の影響から脱したようである。

試験Ⅰでは、クロマツ、アカマツ、*P.massoniana* で大きな差がなく、接種年にやや影響がみられた。接種翌年には、個体では生長の悪いものもあるが、平均値では接種前年の生長量より大きくなっている。本試験の供試木は、前にも述べたが、10年末満で若く、さらに試験ⅣのものよりⅠのものが若く、肥大生長増大期にあるため、毎年の生長量は増加するのが常である。肥大生長の回復力は強いはずである。それにもかかわらず、図一8のように、接種年またはその翌年に接種の影響がみられるのは、伸長生長に対して試験Ⅳで接種2年目になってもまだ生長減退が認められたことを考えると、マツノザイセンチュウはクロマツの生育には、たとえ生き残っても相当に大きな影響を与えていることが明らかになった。

4-3. 新梢に展開した針葉の着生状況

マツノザイセンチュウの樹体内侵入の影響をうけて伸長生長が悪くなった新梢、とくに接種翌年に伸長した新梢に展開した針葉が密生しているように見え、新梢長あたりの着生針葉数（葉束数）を調査した。針葉着生新梢の真中の長さ8～15cmに着いている針葉数を数えた。複数枝階を作って伸長する *P.banksiana* および *P.rigida* は下から2段目の枝階の針葉を数えた。

表一4に、新梢長10cmあたりの着生針葉数を示した。試験Ⅳのクロマツで、接種翌年に、10cmの新梢に299本の針葉が密に着いている個体もみられ、クロマツでとくに針葉が密生している個体が多かった。アカマツおよび *P.massoniana* にも、針葉着生密度がやや大きい個体が見られたが、クロマツほどではなく、その他の4樹種 (*P.pinaster*, *P.strobus*, *P.banksiana*, *P.rigida*) では、ほとんど接種年の針葉密度と同じで変化はみられなかった。

Table 4. Needle-density on leading shoot of pines inoculated nematode
— Number of fascicles per 10cm long shoot —

Ex. IV	1980*	1981	1982
<i>P. thunbergii</i>	$\frac{82.5}{74.5-95.7}$	$\frac{155.9}{92.9-298.8}$	$\frac{87.1}{80.8-101.6}$
Ex. I	1981*	1982	1983
<i>P. thunbergii</i>	$\frac{67.0}{57.0-76.0}$	$\frac{149.1}{88.7-263.5}$	$\frac{65.7}{58.6-78.6}$
<i>P. densiflora</i>	$\frac{56.0}{38.3-66.7}$	$\frac{67.5}{47.1-93.8}$	$\frac{58.9}{37.8-86.4}$
<i>P. massoniana</i>	$\frac{68.6}{56.0-88.4}$	$\frac{86.5}{71.7-121.3}$	
<i>P. pinaster</i>	$\frac{40.1}{31.5-50.9}$	$\frac{40.8}{29.1-50.6}$	
<i>P. strobus</i>	$\frac{30.8}{24.3-43.9}$	$\frac{36.3}{29.2-42.9}$	
<i>P. banksiana</i>	$\frac{61.5}{53.4-68.1}$	$\frac{65.0}{57.4-75.6}$	$\frac{64.4}{51.1-73.6}$
<i>P. rigida</i>	$\frac{51.9}{39.8-59.8}$	$\frac{53.4}{43.8-59.1}$	

*: Inoculated year

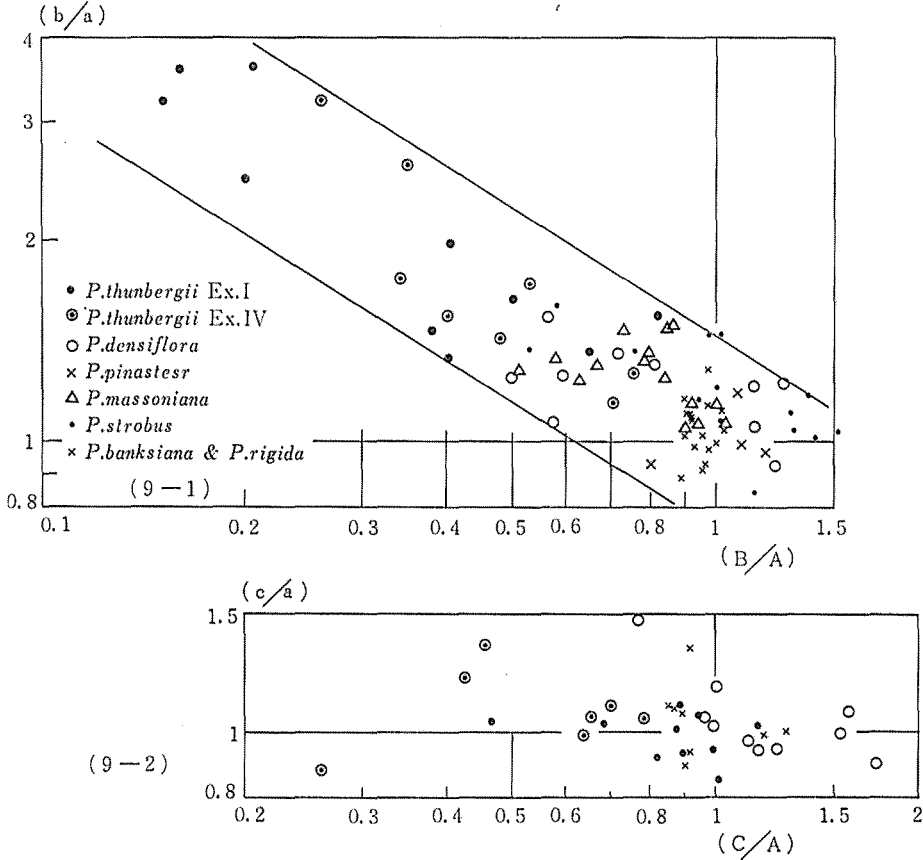


Fig. 9. Relations of needle-density on shoot in the year after inoculation (b) and in the second year after inoculation (c) to needle-density on normal elongated shoot (a) in Ex. I and Ex. IV

図一 9-1 で、新梢の伸長にマツノザイセンチュウ接種の影響が大きくあらわれた個体ほど、針葉の着生密度が大きいたことがわかる。とくにクロマツでは正常な針葉の着生密度の 3 倍を越え高密度で針葉が展開した個体もある。伸長量が平常の 50% 以下の個体に、目立った針葉の過密着生がみられた。マツノザイセンチュウを接種した 7 月またはマツノザイセンチュウが作用しはじめた時には、クロマツはすでに新梢の先端の芽に、次年度に展開する針葉の原基ができていたのであろう。マツノザイセンチュウの影響をうけなくて、正常に新梢を伸長させれば、平年通りの着生密度で針葉が展開するはずであったのが、マツノザイセンチュウの影響をうけて、新梢長が短くなったために、高密度で針葉が着生することになったのであろう。

接種 2 年目の新梢への針葉の展開は、伸長生長に影響をうけた個体でも、高密度に着生しているようにはみえなかった。接種 2 年目の新梢 10cm あたりの針葉数は、表一 4 のように、接種前のそれとほとんどかわらない。図一 9-2 でわかるように、伸長生長には、接種翌年に続いてまだ大きく接種の影響をうけた個体でも針葉密度は、接種前のそれとほとんどかわらない。接種 2 年目の新梢に展開した針葉は、すでに前年の針葉の原基ができた時から、新梢の伸長量にほぼ応じた針葉数が準備されていたことになる。マツノザイセンチュウの侵入以外の他の外的な生育に対するマイナス要因はみられないので、すくない伸長量は前年から定まっていたことになる。

以上の調査からも、生き残ったクロマツに対するマツノザイセンチュウの、伸長生長にあたえ

る影響が大きく、さらに2年目にも続いていることが明らかになった。

あ と が き

マツノザイセンチュウが樹体内に侵入すると、たとえ枯れなかつても生長に影響し、とくにクロマツでは伸長生長の減退が大きく、2年目になっても伸長量を回復しないものが多くみられること、伸長生長ほどではないが、肥大生長にも影響がみられることが明らかになった。しかし、クロマツ以外の樹種では、一部の個体を除いて、クロマツにみられたほど明瞭な生長減退がみられず、マツ属の生育とマツノザイセンチュウの関係は、枯死問題とともに、マツ属のうける影響に樹種による差があるようである。本調査で、伸長生長に影響をうけたクロマツの大部分は、2年後でまだ生長量を正常にもどしていない。マツノザイセンチュウの侵入による影響から何年後に回復するかについては続いて調査を行っている。今後は、さらに多くの調査により、マツノザイセンチュウの樹体内侵入によって、マツ属に生ずる生育阻害現象、その樹種間の差異、生育回復過程などが解明されることを期待する。

文 献

- 1) 徳重陽山・清原友也：マツ枯死木中に生息する線虫, *Bursaphelenchus* sp., 日林誌, **51**, 193-195 (1969)
- 2) 森本桂・岩崎厚：マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割, 日林誌, **54**, 177-183 (1972)
- 3) 二井一禎・古野東洲：マツノザイセンチュウに対するマツ属の抵抗性, 京大演報, **51**, 23-36 (1979)
- 4) 峰尾一彦・紺谷修治：マツノザイセンチュウによるフランスカイガンショウの被害, 森林防疫, **22**, 227-229 (1973)
- 5) 小河誠司・萩原幸弘：マツノザイセンチュウによるスラッシュマツの枯損, 森林防疫, **24**, 161-163 (1975)
- 6) 古野東洲・渡辺弘之・上中幸治：外国産マツ属の虫害に関する研究 第4報 テーダマツおよびハクショウを加害したマツノマダラカミキリについて, 京大演報, **49**, 8-19 (1977)
- 7) 海老根翔六：マツノザイセンチュウによるテーダマツ林の枯損動態 (I)——3年間の経時変化——, 92回日林論, 379-380 (1981)
- 8) 古野東洲：外国産マツ属の虫害に関する研究 第7報 マツノザイセンチュウにより枯死したマツ属について, 京大演報, **54**, 16-30 (1982)
- 9) Wysong, D.S. & J.E. Watkins; Pine wilt disease found in Nebraska, Agr., Notebook, **143**, 4pp (1980)
- 10) 真宮靖治：アメリカ合衆国におけるマツノザイセンチュウの発見, 森林防疫, **29**, 54-57 & 75-76 (1980)
- 11) ————：アメリカとフランスにおけるマツノザイセンチュウ問題, 森林防疫, **30**, 65-70 (1981)
- 12) 古野東洲・上中幸治：外国産マツ属の虫害に関する研究 第6報 マツノマダラカミキリ成虫の後食について, 京大演報, **51**, 12-22 (1979)
- 13) 古野東洲・二井一禎：マツノザイセンチュウ接種クロマツの生育——とくに生存木の生育について——, 93回日林論, 409-410 (1982)
- 14) 尾中文彦：摘葉, 摘芽, 輪截, 光の遮断等の処理が常緑針葉樹の成長, 特に肥大成長に及ぼす影響, 京大演報, **18**, 55-95 (1950)
- 15) 小島圭三・林匡夫：原色日本昆虫生態図鑑, I カミキリ編, 保育社 (1969)
- 16) 古野東洲：ストローブマツの生育におよぼす摘葉の影響, 京大演報, **47**, 1-14 (1975)
- 17) ————：摘葉によるマツカレハ被害の模型試験, 日林誌, **46**, 52-59 (1964)
- 18) ————：林木の生育におよぼす食葉性害虫の影響, 京大演報, **35**, 177-206 (1964)
- 19) ————：生育開始前の摘葉がアカマツの生長, とくにその年の上生長におよぼす影響, 京大演報, **36**, 85-97 (1965)
- 20) ————・山崎豊弘：マツ属の生育におよぼす新梢切断の影響, 京大演報, **45**, 9-26 (1973)

Résumé

The withering of Japanese black and red pines, *P.thunbergii* and *P.densiflora*, which has been attributed to the attack of the Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus*, and the pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, is widespread throughout Japan except for Hokkaido and Aomori Prefectures. Moreover, such pine wilt has been observed in many exotic pine species planted in Japan.

Growth inhibition was observed in pines, such as *P.thunbergii* which did not wither after the inoculation tests.

In 1979 and 1980, 257 trees belonging to seven pine species, *P.thunbergii*, *P.densiflora*, *P.massoniana*, *P.pinaster*, *P.strobus*, *P.banksiana* and *P.rigida*, were each inoculated with about 2,000 nematodes, at the nursery in the Kamigamo Experimental Station and in the campus of the Kyoto University (Table 1 and 2), and their growth was measured for three years after inoculation.

The height growth and the shoot elongation of *P.thunbergii* among the surviving pines was more affected by the inoculation than the six other pine species examined. That is, the height growth of some *P.thunbergii* in the year after inoculation was only about 20% of the mean growth during the two years before inoculation. There were also a few *P.thunbergii* whose height growth during the year after inoculation was 80% or more than that during a year of healthy elongation. On the average, these values were within the between 40% and 60% of the normal growth (Fig.6).

Furthermore, in the second year after inoculation, the height growth of *P.thunbergii* was more than that in the year after inoculation, but suppressive effect of the inoculation still remained (Fig. 7).

In *P.densiflora* and *P.massoniana*, the minimum in the height growth during the year after inoculation was about 50% of the growth of healthy trees in one year. On the average, the height growth of both pines was about 80% of that of healthy trees (Fig. 6).

No effect of the inoculation could be detected on the height growth of *P.banksiana* and *P.rigida* (Fig. 6).

In the case of *P.thunbergii*, the inoculation of the pine wood nematode had a suppressive affect on the diameter growth immediately after the inoculation, but in the height growth it exerted a great influence during the year after the inoculation.

The diameter growth of *P.thunbergii* appeared to have recovered to normal growth in the second year after inoculation (Fig. 8).

In *P.thunbergii*, the needle density, that is, the number of fascicles per unit length of a shoot elongated in the year after inoculation was larger than that of the healthy normal shoot. This phenomenon was not clearly observed on the shoot of the other six pines.

In the second year after inoculation, the needle-density of *P.thunbergii* was nearly normal even when the shoot elongation of the inoculated trees was suppressed (Fig. 9)

Observations of withering pines in Tokuyama Experimental Station have shown that the Japanese pine sawyer can not lay eggs on the pines hibernatedly withering, and on the pines withering from April to June in the year after the parasitism of the pine wood

nematode.

The propagation of the next generation of Japanese pine sawyer has been observed on the withering pines which had not produced the summer wood. These pines withered rapidly before the end of September after the parasitism of the pine wood nematode through the maturation feeding of Japanese pine sawyer. Most of the withering pines produced the summer wood was not infested with the next generation of Japanese pine sawyer.



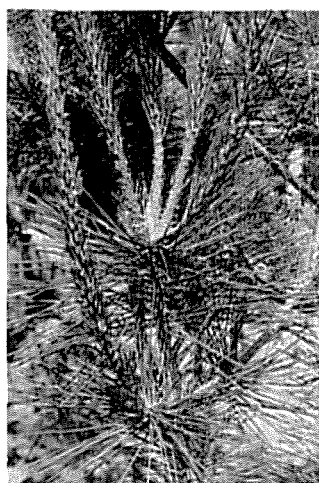
(1)



(2)



(3)



(4)



(5)



(6)

1. *P. thunbergii*, B/A in Fig. 6 ; 0.27 ϵ C/A in Fig. 7 ; 1.11 (Ex. VI)
2. *P. thunbergii*, B/A in Fig. 6 ; 0.53 ϵ C/A in Fig. 7 ; 1.17 (Ex. I)
3. *P. thunbergii*, B/A in Fig. 6 ; 0.10 ϵ C/A in Fig. 7 ; 0.06 (Ex. VI)
4. and 5. *P. thunbergii*, non-elongated leading shoot in the second year after inoculation (Ex. I)
6. *P. densiflora*, B/A in Fig. 6 ; 0.57 ϵ C/A in Fig. 7 ; 1.17 (Ex. I)