

徳山試験地におけるクロマツ×タイワン アカマツ F₁ 雑種の成長について

中井 勇・牧瀬明弘・秋田 豊

はじめに

クロマツ (*Pinus thunbergii* PARL.) とタイワンアカマツ (*P. massoniana* LAMB.) の F₁ 雑種は1960年京都大学農学部附属演習林上賀茂試験地において、わが国で最初に創りだされて¹⁾、すでに30余年が経過している。この F₁ 雑種がマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus* STEINER and BUNHRER) に対して強い抵抗性を示すことが接種実験から明らかにされた^{2,3,4,5)}。このことから、マツクイムシ被害跡地での利用種として林木育種場を中心とした育種事業へと発展⁵⁾し、わが国の各地に試植されている。

京都大学上賀茂試験地には、1960年から1962年に創られたこの F₁ 雑種101個体が検定林として植栽され、1966年には小面積ながら両親の自然交雑種との生育を比較するため、3種合わせて520個体が同一の斜面に植栽されている。これらの検定林に加えて、1970年には地域を異にした検定林が山口県徳山市にある京都大学農学部附属演習林徳山試験地に設けられた⁶⁾。

上賀茂試験地におけるこの F₁ 雑種の生育は、中井ら⁷⁾によって調査報告されているが、マツクイムシ被害跡地の後継樹としてあまり期待できない結果が得られている。すなわち、初代のこの F₁ 雑種は毎年マツ枯れ被害が発生し、現在10個体が生育している状況にある。さらに、1966年の検定林では10年生時で植栽本数の10%、20年生時で39%、現在では70%が枯損している。この被害について、古野ら⁹⁾はマツモグリカイガラムシ (*Matsucoccus matsumurae* (KUWANA)) の寄生、加害によって樹勢の衰えた時期に、マツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus* HOPE) の後食を受け、マツノザイセンチュウ病に犯されるものであろうと推測している。一方、徳山試験地での生育は良好であり、マツモグリカイガラムシの寄生、加害は上賀茂試験地より軽微⁹⁾であったことからマツ枯れ被害が比較的少ない傾向にあった。

1991年9月、九州～中国西部地方を横断した台風19号によって、徳山試験地では多くの樹木が風倒被害を受け、F₁ 雑種検定林もこの被害を免れなかった。植栽してから21年が経過しており、台風による被害は非常に惜しまれるが、この被害木を有効に生かすため、倒れた個体を供試して樹幹解析を行い、マツクイムシ対策種⁵⁾とされているこの F₁ 雑種の成長経過を調査することにした。併せて現在までのマツ枯れ被害の経過をとりまとめた。

本報告に先立ち、この検定林の育成に尽力された歴代の徳山試験地担当の教職員の各位に深謝し、本稿のとりまとめに際して終始有益な助言を戴いた上賀茂試験地の古野東洲助教授に対して厚くお礼申し上げたい。

Isamu NAKAI, Akihiro MAKISE and Yutaka AKITA

Growth of F₁ hybrid by *Pinus thunbergii* PARL. × *P. massoniana* LAMB. planted in Tokuyama Experimental Forest Station of Kyoto University.

材料及び方法

調査対象林分の林況はすでに報告⁶⁾しているので省略するが、今回の調査は京都大学農学部附属演習林徳山試験地の2林班に1970年植栽されたクロマツ、タイワンアカマツの自然交雑種とクロマツ×タイワンアカマツF₁雑種である。個体の成長調査は各種の風倒木の中から幹折れなどのない3個体をそれぞれ選び出して、常法の樹幹解析により成長経過を求めた。また、マツ枯れ被害経過は1981年以後をとりまとめた。

結果及び考察

I. マツ枯れ被害

マツ枯れ被害、すなわち、マツノザイセンチュウ病に対してクロマツは強感受性種であり、タイワンアカマツは抵抗性種にランク付けられ、クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種は抵抗性種で、タイワンアカマツの抵抗性遺伝子が引き継がれていることが明らかにされている^{2,3)}。さらに、マツモグリカイガラムシの寄生、加害に対してタイワンアカマツは感受性種であり、クロマツは抵抗性種で、F₁雑種はタイワンアカマツ同様感受性種であることが古野ら⁹⁾の調査から明らかにされている。徳山試験地でのマツモグリカイガラムシの寄生、加害は上賀茂試験地の被害に比べて軽微であることも明らかにされている⁹⁾。

表-1 各林分の本数減分経過

調査 年度	クロマツ		F ₁ 雑種		タイワンアカマツ	
	生立本数 (no./ha)	生存率 (%)	生立本数 (no./ha)	生存率 (%)	生立本数 (no./ha)	生存率 (%)
1980.12	3,895	100.0	2,935	100.0	2,225	100.0
1989. 9	1,103	28.3	2,188	74.5	1,821	81.8
1989.12	1,024	26.3	1,959	66.7	1,753	78.8
1990.12	974	25.0	1,851	63.1	1,671	75.1
1991.12	686	17.6	1,034	35.2	1,114	50.1

1991年の本数減少には台風による風倒被害、クロマツ149本/ha、F₁雑種565本/ha、タイワンアカマツ448本/haが含まれている。

各種の林分密度の減少は1980年12月の調査⁶⁾では植栽本数の4～44%が既に何等かの原因で枯損しており、枯損した個体がマツノザイセンチュウ病によったものであるか否かは明らかでない。その後の林分密度（個体減少）は表-1に示すように主としてマツ枯れ被害による減少で、1991年には台風による風倒被害が発生している。1980年の立木本数を100とした指数で表した1991年12月現在のマツ枯れ被害は、クロマツで78.6%、タイワンアカマツで29.8%、F₁雑種では45.5%であり、F₁雑種はクロマツより枯損が少なく、タイワンアカマツより多く発生している。

徳山試験地におけるこのF₁雑種のマツ枯れ被害は、上賀茂試験地におけるほぼ同じ年齢の林分で70%を越える被害⁷⁾と比較するとやや軽度であり、同一家系の雑種個体が生育する環境の違いによって被害発生に違いのあることが示唆された。ただし、古野ら^{8,9)}が指摘しているように、

マツモグリカイガラムシの寄生,あるいはその生息・繁殖の少ない地域では樹勢の衰えも少ないと思われ,マツノザイセンチュウ病に対して抵抗性を発揮しているのかも知れない。したがって,マツクイムシ被害跡地対策として勧められているこのF₁雑種の育成において,その危険率をどの程度まで許容出来るかが問題であり,この意味からでも有望種であるとは言いがたい。

今回の台風による風倒被害は,クロマツ林分では当時の生立本数の15.3%,タイワンアカマツ林分では26.8%,F₁雑種林分では31%であった。この風倒被害は種による幹の形状比の違いや,樹冠の形状,さらには林分の疎開程度の違いによるより,いわゆる風の通り道に当たった箇所でも多くの被害が発生したとみなされる。

II-1. 調査林分の成長経過

F₁雑種とその両親の自然交雑種の各林分における1989年9月および1991年12月の毎木調査による胸高直径の本数の頻度分布を図-1に示した。1989年9月における減少は主としてマツクイムシ被害であり,クロマツ林では,先に示した林分密度の通り,1,103本/haで,平均胸高直径は 10.1 ± 4.0 cm,タイワンアカマツでは1,821本/ha, 16.0 ± 4.8 cmであった。一方,F₁雑種では2,188本/ha, 12.9 ± 4.3 cmを示し,両親の中間的な大きさを示している。

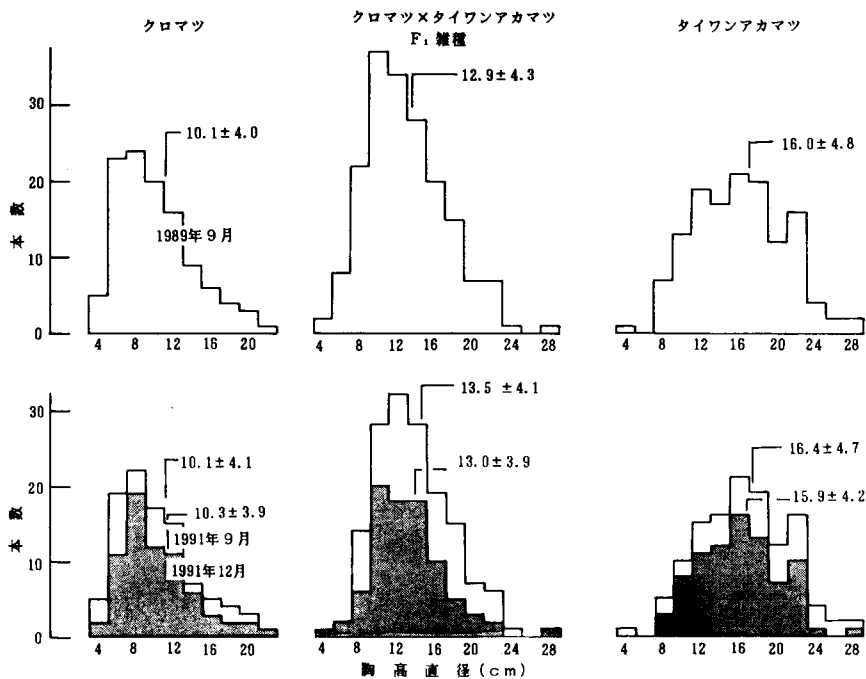


図-1 各種林分の胸高直径の本数頻度分布

1991年9月の台風による風倒被害やマツ枯れ被害の発生する直前のクロマツ林分はhaあたり974本で平均直径は 10.1 ± 4.1 cm,タイワンアカマツでは1,671本で 16.4 ± 4.7 cm,F₁雑種では1,851本, 13.5 ± 4.1 cmであった。この場合でもF₁雑種は両親の中間的な大きさであった。マツ枯れや風倒木の伐採処理後の各林分における密度と平均直径は,クロマツでは686本/haで 10.3 ± 3.9 cm,タイワンアカマツでは1,114本/ha, 15.9 ± 4.1 cm,F₁雑種では1,034本/ha, 13.0 ± 3.9 cmであり,この場合にも雑種は両親の中間的な大きさであった。

各種の林分における生存木の胸高直径は,1989年9月の値に対して1991年の値がほとんど変化

していない。これは減少した個体が平均値よりも大きい個体にかたよったためであろう。したがって、同じ様な状況で枯損していないので比較することは不可能である。しかし、前述のように胸高直径の平均値に差がみられることで、3種の成長に差があるとしてもよいのではなかろうか。

II-2. 個体の成長経過

F₁ 雑種とその両親の自然交雑種個体の成長経過は、それぞれの林分から選んだ3個体の樹幹解析によって求めた。いずれの個体も23年生である。現在に至るまでにはマツ枯れによる被害やその他個体間の競合によって林分密度に変化が生じているので、個々の個体の成長にもこれらの事象がある程度影響している可能性がある。通常、調査木には各林分を代表する個体の選木を必要とするが、台風による風倒被害木は樹幹が途中から折損したものが多く、完全な形で倒れているものがなく、選んだ調査木は必ずしも代表木として完全に満足のいくものでなかった。したがって、ここではそれぞれの個体の成長経過の記述にとどめたい。それぞれの林分から選んだ3個体の大きさを表-2に示し、種ごとの成長経過は図-2に示す通りであった。

表-2 調査個体の大きさ

種 名	クロマツ			F ₁ 雑種			タイワンアカマツ		
個体番号	1	2	3	1	2	3	1	2	3
胸高直径(cm)	15.9	16.8	21.0	24.6	21.6	19.3	22.6	17.4	21.8
樹 高(m)	12.0	12.2	13.8	16.0	13.8	13.9	16.2	14.6	15.8

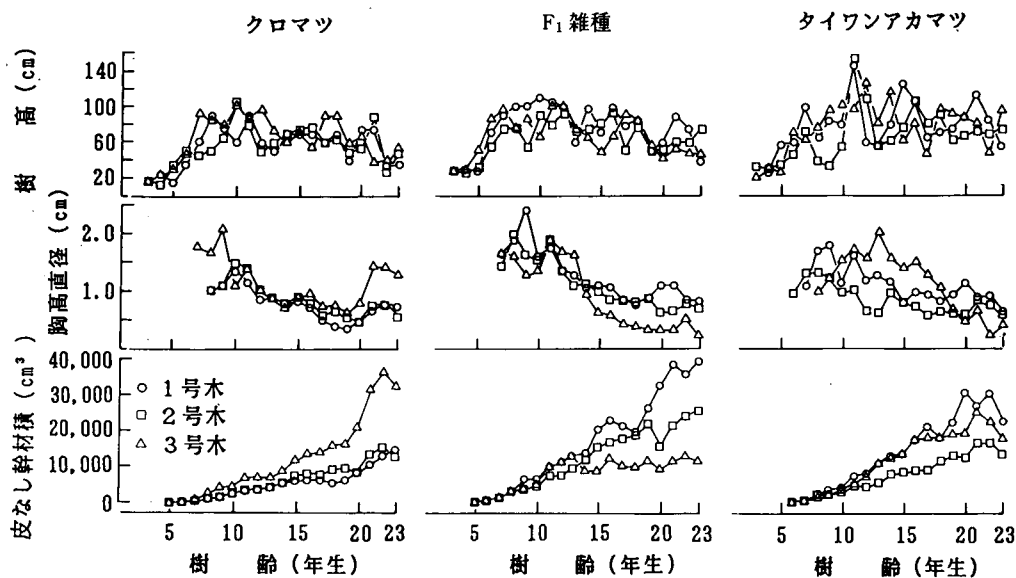


図-2 各種3個体の成長経過

1) クロマツの自然交雑種

樹高成長量は3個体とも7, 8年生まではほぼ順調に年齢の経過にしたがって増大している。しかし、12年生ごろからはほぼ一定のリズムで経過し、その後の成長経過は個体によって異なり、とくに3号木では17, 18年生で増大したのち減退し、1, 2号木では20, 21年生で増大し、以後減退している。年成長量の最大は2, 3号木の個体で100cmであり、年平均成長量は52cm(1号木), 53cm(2号木), 60cm(3号木)で、本調査地のクロマツの平均年成長量は55cm前後で、6年生以後で求めると65cmとなる。

胸高直径の成長量についてみると、胸高直径が測定できるまでにはほぼ7, 8年経過している。全般に初期成長量は大きく、次第に減退していく傾向が見られる。しかし、20年生以後、成長量はやや回復し、とくに3号木での増大が著しい。これはマツ枯れにより個体が枯損し林分が疎開したためと思われる。年間の最大成長量は3号木で9年生時に約2cmを示し、年平均成長量は、それぞれ0.6cm, 0.65cm, 0.86cmであった。

材積成長量は3号木が7, 8年生ごろから他の2個体に比べて増大しはじめ、19から22年生の間の増大は20,000cm³~38,000cm³に達して、非常に成長がよい。1号木では19~21年生ごろから次第に増大する傾向にあるが、最大でも15,000cm³程度である。年成長量の最大は3号木の38,000cm³であり、年平均成長量はそれぞれ4,400cm³, 5,000cm³, 10,200cm³であった。

2) クロマツ×タイワンアカマツF₁雑種

年間の樹高成長経過はクロマツの成長経過とあまり変わらないが、7, 8年生以後年間に60~100cmの幅で変動しながら経過し、その量はクロマツよりやや多い。19年生以後やや減退する傾向にあるが、1号木では21年生時に90cmの成長がみられ、以後23年生時まで減退し、その成長量は約40cmで悪い。年平均成長量は1号木69cm, 2号木60cm, 3号木60cm(平均63cm)であった。

一方、胸高直径の成長量では、1号木は9年生で最大を示し、約2.5cmに達し、以後18年生(0.7cm)まで減退したが、20, 21年生時には約1.0cmまで回復し、以後再び減退している。とくに3号木は全体的に成長は悪く、最大でも12年生時の1.4cmであり、調査年の成長量はわずかに0.2cmであった。年平均成長量はそれぞれ0.97cm, 0.86cm, 0.76cmであった。

材積成長量は1号木で16年生時まで増大し、18年生時一時的に減退したが、再び21年生時まで増大しつづけ、さらに22年生時にやや減退し、23年生時で増大する成長リズムがみられる。2号木では、とくに20年生時の減退が目立っている。直径成長の悪かった3号木は材積成長も少なく、このような成長リズムの個体は次第に周囲の個体との競争に負けていくものと思われる。最大の成長量は1号木の約40,000cm³であり、年平均成長量はそれぞれ14,200cm³, 9,900cm³, 6,800cm³となっている。

3) タイワンアカマツの自然交雑種

タイワンアカマツの年間の樹高成長量はクロマツやF₁雑種の成長量に比べて年変動がかなり大きい。1号木では7, 11, 15, 21年生時にピークがあり、その最大は11年生時の約150cmであった。同様に2号木でも7, 11, 16年生時にピークをもち、11年生時で最大140cmに達している。しかし、この両個体の成長量のピークには年齢にズレが生じてやや異なった傾向が見られる。3号木においても同様に増大、減退のリズムを繰り返しながら経過している。年平均成長量は1号木70cm, 2号木67cm, 3号木69cm(平均69cm)となっている。

胸高直径の成長量は1号木が9年生時で1.9cm, 11年生時で1.6cm, 20年生時に1.1cmの成長量のピークがみられ、23年生時には減退している。さらに、3号木では13年生時に最大の2.0cmに達しているが、それ以後減退を続けて、調査時最も成長量が少なかった。2号木では7, 8年生時に最大を示し、14, 21, 22年生時にやや回復しているが、相対的に成長は良くない。年平均成

長量はそれぞれ0.87cm, 0.67cm, 0.82cmcmであった。

材積成長量は1号木が大きく、17年生時まで次第に増加し、20, 22年生時には最大の30,000cm³を示した。2号木は3個体の中でもっとも成長が悪く、全般に1号木の約1/2の成長量であった。年平均成長量はそれぞれの個体で、11,100cm³, 6,000cm³, 9,300cm³であった(図-3C)。

Ⅲ. 3種の成長比較

前節ではクロマツとタイワンアカマツの自然交雑種やF₁雑種の樹高、胸高直径および材積の年成長量の経過についてみてきたが、直接それらの成長経過を比較検討する必要がある。しかしながら、先に述べたようにサンプルした個体が各林分の代表としてみるのがむづかしく、かつ、サンプルした個体がどのような場所、例えば高密度の場所か疎開した場所かを確認することができない状況にあった。こうしたことから、調査時での3種において同じような直径の個体の成長についての成長経過を検討することにした。

図-3には、表-2から胸高直径の似通ったクロマツ3号木とタイワンアカマツ3号木およびF₁雑種2号木について、樹高、直径、材積年成長量が示されている。まず、樹高についてみると、3種ともほぼ同様の経過を辿っているが、3種のおおまかな成長リズムから突出したものは、クロマツでは17年生時、タイワンアカマツでは12, 15, 23年生時に増大し、F₁雑種では9年生

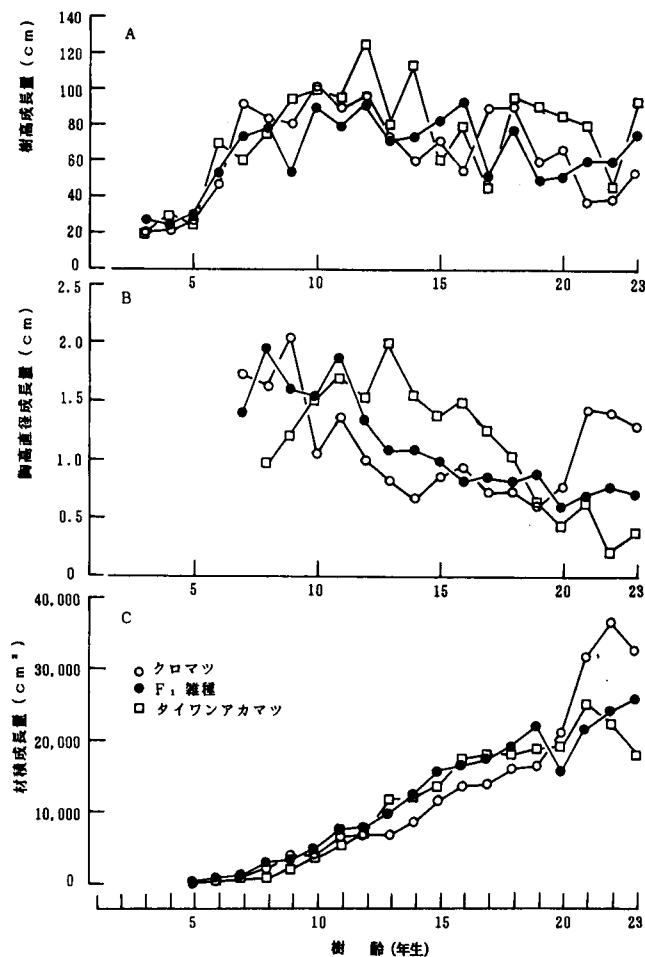


図-3 各種の代表的な個体の成長経過比較

時に減退しているのが目立つ。直径成長でも同様に、クロマツでは9および21年生時に増大し、タイワンアカマツでは13年生時に増大、 F_1 雑種では8, 11年生時に増大しているのが目立つ。とくにクロマツ21年生時以後の増大が目立っている。樹齢18年まではタイワンアカマツ、 F_1 雑種、クロマツの順であった。19年生以後のタイワンアカマツの成長量の減退、クロマツの増大のため、順位が入れ替わっている。これには何等か他の要因が働いた可能性がある。材積成長経過では19年生までのクロマツの成長が他2種に比べて悪いが、成長量の増加の傾向は、3種ともほとんど同じ経過を辿っている。ただし、 F_1 雑種が20年生時で減退し、クロマツは21年生時に増大したが、23年時には F_1 雑種やタイワンアカマツの増大に反し、減退している。20年生以後胸高直径にみられた成長が材積成長に大きく反映している。

成長経過の違いは各個体の樹勢の違いによるものであろうが、古野ら¹⁰⁾が調査したマツノマダラカミキリの後食によるマツ枯れ羅病木で、枯損に至らない個体では成長減退することが明らかにされており、この現象も無視できないであろう。 F_1 雑種の成長経過は全般的に両親の中間的な経過を辿っていると考えられる。

以上のように、3種を比較すると、タイワンアカマツ、 F_1 雑種、クロマツの順に生育がよいようである。1991年9月の各林分の平均胸高直径の個体が調査されていないので、はっきりと比較できないが、今回の調査で、この平均胸高直径より約6 cm大きい個体、すなわちクロマツ1号木、 F_1 雑種3号木、タイワンアカマツ1号木の材積を比較すると、それぞれ0.127 m^3 、0.182 m^3 、0.300 m^3 となる。この結果は3種の生育を比較するに参考となろう。

お わ り に

マツ枯れ被害に対して比較的抵抗性を示すと考えられているこの F_1 雑種が、幼齢時において両親の成長に比べて比較的良好な個体もみられ、雑種強勢を表現しているようであるが、年とともに両親の中間的な生育をするようになることが明らかになった。また、先にもふれたように上賀茂試験地において既にマツ枯れ被害が90%余り発生し、徳山試験地においても50%近い被害を受けている事実を考える時、育種事業として展望する際マツ枯れ対策種として推奨するには危険が大きいのではなかろうか。現在、日本の各地で試植されているこの F_1 雑種がどのような抵抗性を発揮するか、さらにはどのように生育するか見守りたい。

引 用 文 献

- 1) 中井 勇・藤本博次・稲森幸雄・伊佐義朗・佐野宗一(1967) マツ類の交雑育種に関する研究 (I) クロマツの種内交雑ならびに他のマツ類数種との種間交雑. 京大演報 39. 125~143.
- 2) 二井一禎・古野東洲(1979) 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.
- 3) 古野東洲・二井一禎・中井 勇(1984) クロマツとタイワンアカマツの雑種 F_2 , マンシュウ クロマツ, カーシャマツの F_1 雑種及び *P. yunnanensis* のマツノザイセンチュウに対する抵抗性. 日林関西支講 35. 154~157.
- 4) 中井 勇・福重博正・古野東洲(1990) クロマツ×タイワンアカマツ雑種にみられる材線虫 病の抵抗性. 京大演集報 20. 19~25.
- 5) 古越隆信・佐々木 研(1983) 二葉松類の種間雑種とマツノザイセンチュウの抵抗性. 林木の育種 129. 1~8.
- 6) 中井 勇・吉村健次郎・吉田義和・落合幹男・野村安子(1981) 徳山試験地におけるクロマツ×タイワンアカマツ F_1 雑種の形質と生育状況. 京大演報 53. 67~75.

- 7) 中井 勇・古野東洲 (1987) クロマツ×タイワンアカマツ F_1 雑種の生育について. 日林関西支講 38. 89~92.
- 8) 古野東洲・中井 勇 (1988) 外国産マツ属の虫害に関する研究 第9報 マツモグリカイガラムシの寄生による樹体湾曲. 京大演報 60. 18~32.
- 9) ———・———— (1991) マツ属 F_1 雑種にみられる虫害について. 第102回日林論 47.
- 10) ———・二井一禎 (1986) マツ属の生育におよぼすマツノザイセンチュウの影響. 京大演報 57. 112~127.