

## 吹上浜周辺のマツの集団枯損

曾根 晃一・泉 晶子・林 重佐

(森林育種・保護学研究室)

平成7年8月3日 受理

### Mass Mortality of Pine Trees at the Fukiagehama National Forest

Koichi SONÉ, Shouko IZUMI and Shigesuke HAYASHI

(Laboratory of Forest Genetics and Protection)

#### 緒 言

吹上浜は、薩摩半島の西海岸東シナ海沿いに、日置郡市来町から加世田市まで28kmにおよぶ日本三大砂丘の一つである。吹上浜一帯にはマツや広葉樹の森林がよく繁っていたが、延宝2年(1674)年の7昼夜におよぶ大火でことごとく焼失した。1684年から1897年までは代々宮内家の人々の手で、それ以降は国による吹上浜保安林事業として、本格的にクロマツの砂丘造林が実施され、昭和初期には海岸線に带状砂地を残すほかは大部分の植栽を完了するまでに至った<sup>16)</sup>。その後何度かマツ枯損が生じたが、近年、マツの枯損が再び目立ちはじめ、農林業や地域住民の生活、さらにはレクリエーション活動などに重要な影響を与えつつある。

これまで、マツ材線虫病によるマツの単木枯損の拡大や伝播については多くの報告があるが<sup>1-3, 9)</sup>、集団枯損についての報告例は少ない<sup>2, 4, 10)</sup>。近年吹上浜でみられているマツ材線虫病によると考えられるマツ枯損状況の経年変化を追跡することは、マツの集団枯損の拡散の貴重な事例であるばかりでなく、松くい虫の防除対策に対しても重要な情報を提供する。さらに、1993年は夏の豪雨による林地の長期浸水、1994年は猛暑と夏の乾燥などの異常気象が続き、これらの気象要因のマツ材線虫病の拡散に対する影響についての検討も可能となる。

そこで今回、航空写真と現地調査をもとに、1992年から1994年までの吹上浜のマツ枯損の経年変化を調査した。それに加えて、様々な枯損状況の場所で、枯損木からマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) (以後、何も断らなければ単にセンチュ

ウ)の検出を行い、マツの枯損原因とそれに対する長期浸水や高温・乾燥の影響について考察した。

#### 調査地の概要

調査地は、鹿児島県日置郡市来町から加世田市にいたる鹿児島県営林署管内の保安林(面積約1,600ha)と小湊地区の南を東西に走る尾根に残るマツ林である(Fig. 1)。吹上浜の松原は昭和28年には県立自然公園に指定され、国民の保健休養の場やレクリエーションの森として林内にはキャンプ場をはじめ観光レジャー施設や国民宿舎などがつくられている。また、万之瀬川以北のマツ林内には大野潟や開墾された民有地などが点在する。

吹上浜国有林のマツの枯損量の年変動を Table 1 に示す。枯損量は1965年から1972年にかけて1,000m<sup>3</sup>から3,000m<sup>3</sup>まで増加したが、その後一時的に減少した。しかし、1981年から1984年にかけて再び5,000m<sup>3</sup>を超える枯損が記録された。その後は2,000—3,000m<sup>3</sup>の枯損が毎年生じていたが、枯損量は1991年から再度増加し、1992年には11,000m<sup>3</sup>に達した。枯損量は1993年に8,000m<sup>3</sup>に減少したが、1994年には14,000m<sup>3</sup>とこれまでの最高を記録した。

#### 調査方法

##### 1. 枯損状況

1992年度、1993年度の吹上浜周辺の被害発生状況は、それぞれ1992年9月26日、1994年1月27日に縮尺1万分の1で撮影された調査地域内の航空写真を利用して推定した。航空写真では様々な程度のマツの枯損がどのように撮影されるのか明らかにするために、航空写真上に約200m間隔で、面積200×200

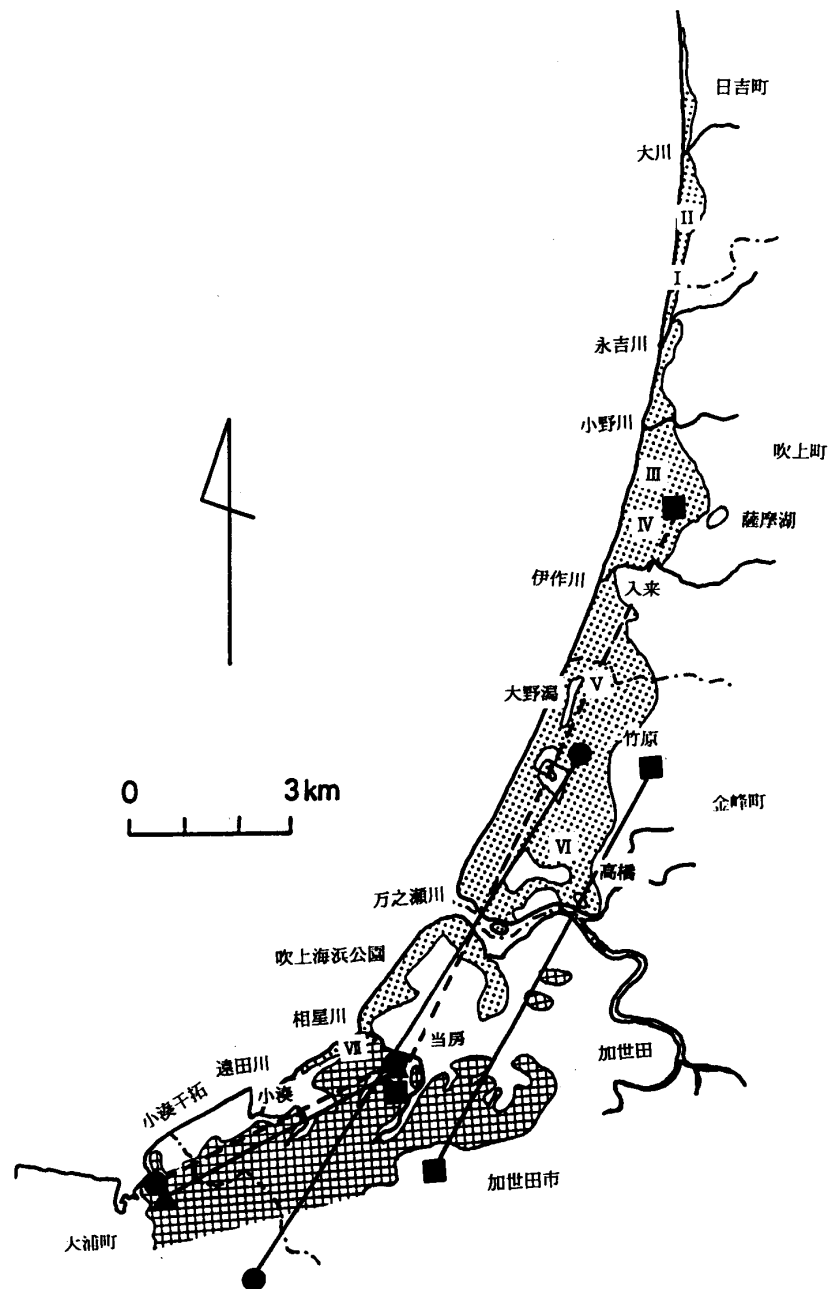


Fig. 1. Map of study area.

[Dotted pattern] : pine stands of the Fukiagehama National Forest.  
 [Cross-hatched pattern] : pine stands of private forests. Solid and dotted lines show the course of flights for the aerial photographs of the stands infested with pine wilt disease in 1992 and 1993, respectively. Roman numerals ( I — VII ) show the plots where pine wood pieces were collected to extract the pine wood nematode.

mの調査プロットを1992年度は3本の航路沿いに67カ所, 1993年度は2本の航路沿いに55カ所設定した (Fig. 1). 各調査プロットを4つの100×100mのサブプロットに細分し, 立体鏡を用いて各サブプロット内の林冠上層を構成するクロマツの健全個体と枯

損個体の個体数を求め, 枯損率を推定した. これらの値をもとに, 調査地内のマツの枯損程度を次のように4段階に区分した.

激: 枯損率50%以上,  
 中: 枯損率26—49%,

Table 1. Annual changes in the loss of pine trees due to pine wilt disease at the Fukiagehama National Forest

Year	Loss of pine trees (m <sup>3</sup> )					
	Ichiki (70 ha)	Hiyoshi (85 ha)	Fukiage (452 ha)	Kinpou (733 ha)	Kaseda (156 ha)	Total (1496 ha)
1972						3,499
1973						1,893
1974						884
1975						1,356
1976						1,441
1977						1,901
1978						1,872
1979						1,392
1980						3,367
1981						6,193
1982						4,818
1983						6,375
1984						8,159
1985						3,262
1986						2,725
1987						—
1988	54	22	476	2,631	461	3,644
1989	51	15	367	1,441	567	2,441
1990	44	33	429	1,527	927	2,960
1991	104	107	538	2,046	2,111	4,906
1992	217	294	939	5,359	4,220	11,029
1993	284	459	807	4,768	1,805	8,123
1994	486	430	2,107	10,689	730	14,442

(from the Kagoshima District Forest Office)

軽：枯損率11—25%，

微：枯損率10%以下（ほとんどの場合は数%以下）。調査プロットでの枯損率と枯損木の撮影状況を参考にして，航空写真に撮影された各地のマツの枯損程度を地図上に記録した。

1994年度も，10月23日に万之瀬川以北の吹上浜のマツ枯れがヘリコプターから撮影されたが，写真は1992年度や1993年度のように立体視できるものではなかった。そこで，1994年10月27日，12月14日，1995年2月16日に，車中からの目視や特に被害の目立つ場所へは実際におもむいて被害程度を調査した。あわせて，鹿児島営林署吹上森林事務所の森林官や鹿児島県加世田農林事務所の方々より，被害状況についての情報を収集した。写真とこれらの現地調査をもとにそれぞれの地域の被害度を推定した。

マツ材線虫病によるマツ枯損は，熊本県では6—11月（ピークは7，8月）<sup>17)</sup>，長崎県では6—11月（同8—10月）<sup>15)</sup>に生じ，11月に全体の枯損の11—17%がみられる地域もある。枯損の発生時期は気温が高い地域ほど早い<sup>5)</sup>。従って，1992年度は航空写真

が撮影された9月下旬以降枯死する個体もある程度存在したと考えられ，枯損率は過小評価されている可能性がある。しかし，1993年度と1994年度のマツ枯損が過小評価された可能性は，1992年度に比べ低いと考えられる。

## 2. センチュウの検出

マツ枯損に対するセンチュウの関与の度合いを明らかにするために，1994年12月14日に吹上浜国有林内の7カ所で，1994年度の枯損木をそれぞれ8—21本，合計96本を選定し，各枯損木の幹から3—5カ所材片を採取した（Fig. 1）。採取した材片は実験室に持ち帰り，細かく寸断し，ベルマン法によりセンチュウを抽出した。抽出に供しない試料は，変質を防ぐために，ビニール袋に封入して冷蔵庫で保存した。

抽出した *Bursaphelenchus* 属のセンチュウのほとんどは分散型第Ⅲ期幼虫であった。このステージのマツノザイセンチュウは病原性の低いニセマツノザイセンチュウ (*B. mucronatus*) と非常に似ているので<sup>8)</sup>，両種の識別は非常に難しい。

今回材片は全て枯損木から採取したので、すべての *Bursaphelenchus* 属のセンチウはマツノザイセンチュウとした。

また、材片を採取する際、各試料木について、センチウの運搬者であるマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) (以後、単にカミキリ) の成虫の後食痕や産卵痕の有無、幼虫の食痕や材内への穿入坑、幼虫の存在についても記録した。

## 結 果

### 1. 枯損状況の年変動

Fig. 2 に1992年から1994年にかけてのマツ枯損状況の経年変化を示す。

#### 1) 1992年度

枯損程度は相星川以南、相星川から万之瀬川まで、万之瀬川以北の3つの地域で異なった。相星川以南では50%以上の個体が枯死する激しい枯損がみられた。特に、小湊千拓から小湊、当房にいたる地域の集落の周辺のマツ林やそれらの集落の南部を東西に

走る尾根や北斜面においては、枯損率は60%を超えていた。この地域では、1990年に民有林でマツ枯損が目立ち始めた(鹿児島県加世田農林事務所、私信)が、1992年度までの被害でクロマツ上層木は壊滅状態になった。集落周辺のまとまったマツ林では、枯損は中心部より周辺部の方が激しかった。

相星川から万之瀬川にいたる吹上海浜公園(加世田市)でもかなり激しい枯損がみられ、40—50%のクロマツが枯損した。枯損木の多くは上層木であった。この地域も1990年から枯損が発生していたが、この年の枯損量は、1991年度の約2倍の4,200㎡と最高に達した(Table 1)。この年までの被害ではほとんどの上層木は枯死してしまった。

万之瀬川以北にも枯損はみられたが、枯損率は他の地域に比べると低かった。竹原地区のあたりまでは枯損率は10—15%であったが、それ以北は数%以下の枯損率で、まとまった枯損はみられなかった。ただし、この地域のマツ林の東南端に位置する高橋地区の集落に沿って、約30%のクロマツが枯死して

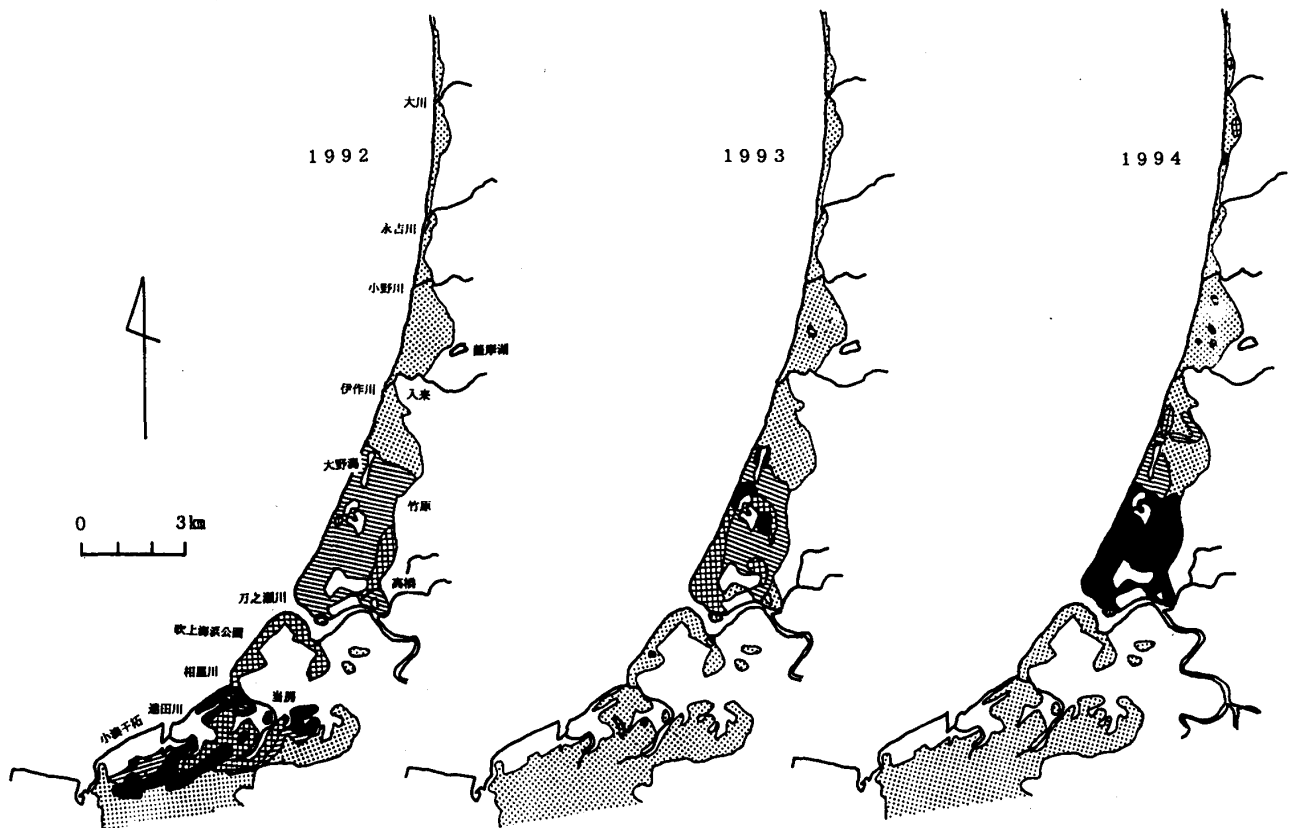


Fig. 2. Annual changes in the spatial patterns of pine wilt from 1992 to 1994.

- : Mortality rate was > 50%.
- ▨ : Mortality rate was 26—49%.
- ▧ : Mortality rate was 11—25%.
- ◻ : Mortality rate was < 10%.

Table 2. Results of the extraction of the pine wood nematode from dead pine trees

Plot No.	(Pine sawyer, Nematode)				No. of trees examined
	(+, +) <sup>a</sup>	(+, -) <sup>b</sup>	(-, +) <sup>c</sup>	(-, -) <sup>d</sup>	
I	7	0	1	3	11
II	6	2	0	0	8
III	4	1	7	2	14
IV	0	0	0	21	21
V	6	2	8	5	21
VI	5	4	0	1	10
VII	7	4	0	0	11

<sup>a</sup>: Feeding tracks or oviposition scars of the pine sawyer were observed and the nematodes were extracted.

<sup>b</sup>: Feeding tracks and oviposition scars were observed but the nematodes were not extracted.

<sup>c</sup>: Feeding tracks and oviposition scars were not observed but the nematodes were extracted.

<sup>d</sup>: Feeding tracks and oviposition scars were not observed and the nematodes were not extracted.

いる地域がみられた。

### 2) 1993年度

万之瀬川以南の地域の上層木の枯損は、一部の地域を除いてほぼ終息した。前年度までの被害で枯れ残っていた部分で、中度と軽度の枯損がみられた。その結果、国有林のマツの枯損量は前年度の約45%に減少した (Table 1)。

万之瀬川以北では、前年度と同様に竹原地区付近まで軽度以上の枯損が広がり、それ以北ではほとんど枯損はみられなかった。竹原地区以南では、30—50%の枯損が海岸線に沿って南端から3 kmほどみられた。また、保安林内の開墾された民有地、特に夏の豪雨のために数カ月間は浸水した竹原地区の西に位置する大野潟周辺の民有地の周囲に、激度と中度の枯損地域がみられた。豪雨後の長期間の浸水によるマツの中度の枯死は、伊作川と小野川の間のマツ林でも認められた。

### 3) 1994年度

万之瀬川以南では、1993年同様目立った枯損は認められなかった。この地域では、樹高が5 mを超えるようなクロマツはほとんど残っておらず、海浜公園の西側、海岸までの林では上層木はほとんど無く、樹高2 m以下のクロマツ稚樹が10%以下の割合で枯死した。

万之瀬川以北では、昨年まで中度の枯損が認められた竹原地区以南のマツ林で80%近くの上層木が枯死した。その結果、樹高10 mを超える上層木はほと

んどみられなくなった。金峰町内の国有林のマツ枯損量は、前年度の約2倍の10,700m<sup>3</sup>と最高に達した (Table 1)。竹原地区以北の多くのマツ林の枯損程度は「微」であったが、1993年に長期浸水した大野潟から入来にかけての地域では、中度と軽度の枯損地域が点在した。また、伊作川と小野川の間のマツ林では、前年度浸水による水枯れを起こした地域では95%以上のマツが枯死した。また、海岸へ続く車道沿いに、小規模ながら軽度の枯損がいくつか認められた。末吉川以北でも枯損率30%程度の中度の集団枯損が2カ所でみられた。その結果、吹上町内の国有林のマツ枯損量は、前年度の約2.5倍の2,100m<sup>3</sup>に達した (Table 1)。

### 2. センチュウの検出

Table 2に、7カ所の調査地点で選定した96本の枯損木からのセンチュウの検出結果を示す。末吉川の北の海岸近くのプロットI、II付近では、樹高2—10mのクロマツが枯死していた。センチュウは調査個体の約75%から検出された。プロットIでは、前砂丘上の樹高2—3mのクロマツ4個体中3個体からセンチュウが検出された。プロットIIでは、センチュウが検出されなかった樹高4mと6mの2個体でも、カミキリの後食痕が認められた。

1993年の豪雨で水の通路となったプロットIII付近では、樹高3m位の低木から樹高15m位の上層木まで枯死していた。調査した14本のクロマツでのセンチュウの検出率は78.6%と高かった。9個体ではカ

ミキリの後食痕や幼虫が見つからなかったが、センチウが検出されなかったのは2個体にすぎなかった。

長期間浸水したプロットⅣとⅤでは、センチウの検出率は対照的な結果を示した。すなわち、プロットⅣでは樹高6—15mのクロマツが95%以上の割合で枯死していたが、調査した21個体の全てで、カミキリの後食痕や幼虫の食痕は認められず、センチウも検出されなかった。それに対し、大野潟付近のプロットⅤでは、樹高10—15mのクロマツの25%近くが枯死し、調査した21個体中14個体でセンチウが検出された（検出率66.7%）。21個体中13個体では、カミキリの後食痕、産卵痕、幼虫の摂食にともなう木屑などが認められなかったが、そのうちの8個体でセンチウが検出された。

上層木がほとんど枯死してしまったプロットⅥ、Ⅶでは樹高0.5—2mの幼樹から材片を採取したが、Ⅵでは50%、Ⅶでは63.6%の個体からセンチウが検出された。カミキリの幼虫や後食痕がみられなかったのは、プロットⅥのセンチウが検出されなかった1個体だけであった。

## 考 察

吹上浜国有林では、1991年以降のマツ枯損の急激な増加以前にも、1985年以降国有林の全ての地域で毎年あわせて2,500—3,000m<sup>2</sup>の枯損がみられている。単木枯損の広がりには年10kmは可能である<sup>1-3, 5, 9</sup>。今回、ほとんど枯損がみられていない日吉町の海岸の前砂丘上で枯死した風傷マツからもセンチウが検出された。従って、今回の被害の増加以前に、吹上浜国有林全域にセンチウは広く分布していたものと考えられる。

それにもかかわらず、1990年に加世田市の民有林に発生した激しいマツ枯損は、明らかに南から北へと移動した。このような激害地の拡大パターンは、これまで茨城県や九州地方で報告されている同心円状のマツの集団枯損の拡大<sup>4, 5, 10</sup>と異なった。これは、今回のマツ枯損が薩摩半島の南西の端付近から始まったことや、吹上浜の西側は東シナ海、東側の山地はスギ、ヒノキの人工林や常緑広葉樹林で覆われているので、被害の進行は唯一北のみに可能であったためと考える。

1992年から1994年までの激害地の移動距離は約9kmで、これまで報告されている同心円状の拡大速度1—3km/年より大きかった。岸<sup>5</sup>は茨城県下のマ

ツ枯損状況を調査し、激害地の年間の拡大距離は、何も防除手段をとらなければ10km近く、防除手段を講じた場合は4—5kmと述べている。鹿児島県は茨城県に比べ暖かく、カミキリやセンチウの生育が早いので、被害の拡大はより大きいと予想される。従って、林野庁が講じた殺虫剤の空中散布や枯死木の伐倒、搬出、くん蒸といった防除手段は、被害を終息させ得なかった点では十分とはいえないが、被害地の拡大の抑制の点では、一応の成果があったのではないかと思われる。

林内のマツの枯損は中心部に比べて周辺部で著しく、開墾やレクリエーション施設などの建設のためにマツがまとまって伐採された場所の周辺で枯損が最初に激しくなり、激害地がそこから拡大していった。同様のことは竹下<sup>14</sup>や西口<sup>11, 12</sup>らによっても報告されている。これらのことは、吹上浜のマツ林の管理においては当初の目的である防風や防砂を最も重要視すべきで、レクリエーションのためのキャンプ場、駐車場、遊歩道建設などのためのマツの安易な伐採は控える必要があることを示唆している。1994年には伊作川以北で林内の車道に沿って、何か所かで中度の被害が認められた。これらの場所を核とした被害の拡大が危惧される。

ところで、1993年は冷夏と豪雨、連続した台風の直撃、1994年は猛暑と乾燥と異常気象が続いた。竹下<sup>13</sup>や小林<sup>6, 7</sup>は高温、干ばつによりマツは枯死しやすくなることを報告している。1993年の枯損量の減少はその年の夏の低温のためカミキリやセンチウの発育が悪かったため、1994年の増加は記録的な猛暑と干ばつによるところが大きいと考えられる。さらに、1993年の豪雨による局所的な長期浸水や台風の強風による枯死、樹勢の減退も1994年の枯損量の増加に寄与していると思われる。

今回のセンチウの抽出結果から、1993年の長期浸水のセンチウの分布に対する効果は、前年度までの周辺地域でのマツの枯損状況に依存していたと考えられた。すなわち、1992年と1993年に近くで軽度の枯損がみられたプロットⅤでは、1994年には25—30%近くのマツが枯損し、そのうちの67%の個体でセンチウが検出され、カミキリの食痕がみられた個体を含めると76%が材線虫病で枯死したと考えられた。一方、1993年までは周辺では枯損木がほとんどみられなかったプロットⅣでは、1993年から1994年にかけて95%以上の個体が枯死したが、枯死木からセンチウは全く検出されなかった。このように、

周辺にセンチウが分布している場所では、長期浸水によるマツの枯死や樹勢の減退は、センチウの分布拡大に何らかの効果があつたと考えられるが、周辺にセンチウがほとんど分布していない場所では、プラスの効果はほとんどみられなかったといえよう。

1994年の高温、乾燥の効果は、ほとんどの上層木が枯死していたプロットⅥとⅦの幼樹や稚樹に最も強く生じると予想された。これらのプロット付近では、10%前後の樹高0.5—2 mの個体が枯死していた。今回調査した21個体中、カミキリの後食や産卵も無く、センチウも検出されなかった個体は、わずかに1個体であった。約95%の個体にカミキリのアタックの痕跡があり、約60%の個体からセンチウが検出された。残りの約35%の個体ではカミキリの後食痕があつたが、センチウは検出されなかった。これらの個体の死亡要因として、材線虫病や乾燥などの要因が考えられる。センチウ検出用試料を採取したクロマツ幼樹の樹幹は細く、試料採取した12月中旬までにセンチウ相が変化して、マツノザイセンチュウの検出率が低下した可能性があり、35%の個体のうちの一部は材線虫病で枯死したと考えられる。岸<sup>5)</sup>も、プロットⅥやⅦのように上層木や中層木が枯損した林分では、下層の幼樹が加害されることを報告している。従って、1994年の高温、乾燥が直接枯損を引き起こした割合は、高くないのではないかと推察される。高温、乾燥により上層木、下層木とも材線虫病で枯死しやすくなった可能性は十分に考えられるが、今回のデータだけでは、高温、乾燥の間接的な効果はあきらかにできなかった。

### 要 約

航空写真と現地調査をもとに、1992年から1994年にかけての鹿児島営林署管内吹上浜国有林とその周辺のクロマツの集団枯損状況について調査した。

激しいマツの枯損は、林分の周辺部で観察された。一つの林分では、10—25%程度の枯損がみられてから3年以内に、クロマツ林の上層木のほとんどが枯死した。その後は、幼樹が枯死していた。1990年ころ加世田市に発生した今回のマツ枯損は、海岸線に沿って北上し、1992年から1994年までに、激害地は約9 km移動した。

枯死木の材片から、高い割合でマツノザイセンチュウが検出され、枯損の多くがマツ材線虫病によると考えられた。しかし、1993年夏の豪雨による長期浸

水が激しい集団枯死を引き起こした場所もみられた。このような場所での材線虫病の蔓延程度は、マツノザイセンチュウの周辺地域での分布状況に依存していた。1994年夏の高温、乾燥の枯損への効果は明らかにできなかった。

謝辞 本研究の遂行にあたり、鹿児島営林署、および同吹上森林事務所の職員の方々には調査の便を図っていただき、現地マツ枯損について情報を提供して頂いた。また、鹿児島県林務水産部森林保全課、同加世田農林事務所の方々には航空写真を利用して頂き、現地マツ枯損状況についての情報を提供して頂いた。さらに、マツノザイセンチュウの同定に際し京都大学農学部の一井一禎博士にご指導頂いた。記して感謝する。

### 文 献

- 1) 藤下章男：静岡県におけるマツノザイセンチュウ病の被害。日林中部支講，26，193-198（1978）
- 2) 萩原幸弘・小河誠司・竹下晴彦：松類材線虫被害の伝播範囲。日林九支研論，28，153-154（1975）
- 3) 加藤竜一・奥平虎雄：愛知県におけるマツノザイセンチュウ被害経緯に関する調査。日林中部支講，25，159-164（1977）
- 4) 岸 洋一：松の枯損防止新技術に関する研究—松林枯損動態の解明に関する研究。茨城林試業報，17，34-35（1980）
- 5) 岸 洋一：マツ材線虫病—松くい虫—精説。292 p，トーマス・カンパニー，東京（1988）
- 6) 小林一三：関西地方における昭和52年度夏の異常気象と松くい虫被害。森林防疫，27，75-78（1978）
- 7) 小林一三：関西地方における2年連続の異常気象と松くい虫被害の激化。森林防疫，28，80-84（1979）
- 8) Mamiya, Y. and Enda, N.: *Bursaphelenchus mucronatus* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoidae) from pine wood and its biology and pathogenesis to pine trees. *Nematologica*, 25, 353-361 (1979)
- 9) 松原 功：千葉県における激害型枯損の現況。87回日林論，307-308（1976）
- 10) 森本 桂・岩崎 厚・田呂丸一太・滝下国利：マツノマダラカミキリに関する研究（XXV）熊本県下激害林でのマツ枯損推移。88回日林論，281-282（1977）
- 11) 西口親雄：関西の松枯れ地帯をゆく（1）自動車道路に要注意。自然と盆栽，4月号，27-31（1981a）
- 12) 西口親雄：関西の松枯れ地帯をゆく（4）六甲ドライブウェイ・東山山麓。自然と盆栽，10月号，43-47（1981b）
- 13) 竹下敬司・萩原幸弘・小河誠司：松の立枯林調査（予報）。日林九支研論，25，152-153（1971）
- 14) 竹下敬司・萩原幸弘・小河誠司：西日本におけるマツの立枯れと環境。福岡林試時報，24，1-45（1975）
- 15) 滝沢幸雄：長崎県におけるマツクイムシ加害対象木の季節的推移（I）。日林九支研論，23，186-188（1969）
- 16) 工 敦：鹿児島県吹上浜砂丘の松の松くい虫被害とその防除対策。森林防疫，36，166-167（1987）
- 17) 田呂丸一太：まつくいむしの加害対象木に関する試験。熊本林指業報，7，48-53（1969）

---

### Summary

We surveyed the spreading of the mass mortality of *Pinus thunbergii* in the Fukiagehama National Forest of the Kagoshima District Forest Office and in its adjacent areas in Kaseda City, Kagoshima Prefecture, during the period from 1992 to 1994 by aerial photographs and direct on-the-spot observations. The higher mortality of pine trees was observed in peripheral parts of a stand. Almost all the dominant pine trees in a stand were dead within three years after the observation of 10-25% of mortality of pine trees. The area within which a severe mortality had been confirmed shifted northward along the shoreline for about 9 km from during the period from 1992 to 1994. The pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*, was extracted from dead pine trees at a higher rate. Therefore, the mass mortality of pine trees in this area should be caused mainly by the pine wilt disease. However, flooding in summer of 1993 caused a severe mortality of pine trees (mortality rate was higher than 95%) in some localities at the Fukiagehama National Forest. In such localities, the diffusion of pine wilt disease was dependent on the distribution of the pine wood nematode in the surrounding areas.