

# 林業試験場時報

第24号

昭和50年3月

The Bulletin of Fukuoka-ken Forest  
Experiment Station

No. 24

March 1975

福岡県林業試験場

福岡県八女郡黒木町

Fukuoka-ken Forest Experiment Station

Kuroki, Yame, Fukuoka, Japan

内 容

(研 究 報 告)

西日本におけるマツの立枯れと環境

..... 竹下 敬司, 萩原 幸弘, 小河 誠司... 1

## 序

“松くい虫”は林政上の難問題の一つであり、林業技術者にとつても業の施しようのない面も多い。マツは森林として公益的機能の大きい、我が国を代表する掛けがえのない“緑”の象徴だけに、毎年、夏季に発生するマツの“紅葉”は一般の方々からも“どうにかならないのか”と苦言を受けてきたところである。

このきめ手のない西日本一帯の激害型マツ枯損問題に対し、国立林業試験場のプロジェクト研究は、その真犯人がマツノサイセンチュウであり、媒介者がマツノマダラカミキリであることを明らかにした。

本報は、マツ立枯れをこれら事実関係をもとに被害者であるマツと環境、加害者である材線虫、天牛と環境という面で総合的な検討を行なつたものである。

当場は研究体制の上では手狭で、専門分野によつては十分な研究域に達していない部分を多く含んでの報告であるが、たとえ、森林保護分野の研究にしても、環境の把握力なくして、総合的な林業技術の前進は生まれまいであろうと考え、本報を刊行することとした。

本報の刊行に当り、日頃、当場の試験研究業務の遂行と運営について、御協力を賜つている各方面の方々に対して、ここに深く感謝申し上げ、今後さらに研究の充実に努め、十分な成果をあげるよう努力したいので、関係各位の御高批と御鞭撻を切に御願ひする次第である。

1975年3月

福岡県林業試験場長 佐 藤 邦 夫

# 西日本におけるマツの立枯れと環境

竹下敬司・萩原幸弘・小河誠司

## Environment Analysis to Pine Damage in Western Japan

Keiji Takeshita, Yukihiro Hagihara  
and Seiji Ogawa

### 要 旨

マツの立枯れ分布を被害度別に調査し、広域分布については気候環境と、微細分布については土地条件や林相との対比を行った。

気候環境要因としては、従来、重視されてきた気温の他に降水量、風速をとりあげ、それらの季節別の平年値、経年較差と立枯れ被害との関係を求めた。(気候要因としては定法的な気候値よりも、マツノマグラカミキリ、マツノザイセンチュウ、マツ等の生態に着目した特定条件下の気候値を重視した)。その解析過程において、各気候値の被害環境指標値としての効用と、その意義を吟味し、最終結果としてマツ立枯れと気候要因との多元関係を提示した。

本邦西南部におけるマツの立枯れは、その直接的加害者がマツノザイセンチュウであることが知られているが、環境面ではその運び屋であるマツノマグラカミキリの発育と行動に関する要因(4~6月の気温、発育限界温度以上の積算温量、日平均気温 21°C・日平均最低気温 18°C 以上の日数、10mm 以上の降雨日数)とマツの健康度に関する要因(夏季の異常少雨、6~9月の降水量、夏季の高温 25°C 以上の日数と夏季降水量との経年較差、風速等)が主役をしめしていることが認められた。

土地条件としては、絶対的な環境値よりも、その較差が問題であり、林地・林内の水分較差(乾燥)の大小が、マツの立枯れと密接な関係を示した。これらの環境は、マツノマグラカミキリの飛来条件としても関与しているが、それよりも、マツの健康度に関連しているものと判断された。

林相としては、一連の林衣、林冠を構成している林分や、下層の低木・ササ等が少ない林分に被害が少な

く、これに対して、多段林、林冠が寸断された林分、下層低木が密生した林分、広葉樹、スギ、ヒノキとの混交林等に被害が多発していた。これらは、林地林内の水分較差(乾燥)、他樹との水分競争に関係する事柄で、マツの健康度にひびく要因と考えられる。

### 内 容

- 1 ま え が き
- 2 マツの立枯れと気候環境
  2. 1 概 説
  2. 2 調査方法
  2. 3 マツ林の分布
  2. 4 マツの立枯れ分布
  2. 5 年平均気温、月平均気温の分布とマツの立枯れ分布
  2. 6 4月から6月にかけての気温分布とマツの立枯れ分布
  2. 7 12.5°C 以上の積算温量と立枯れ
  2. 8 21°C 以上の夏季日数とマツの立枯れ(10mm 以上の降雨日数を考慮)
  2. 9 21°C 及び 25°C 以上の日平均気温とマツの立枯れ
  2. 10 夏季(6・7・8・9)4カ月降水量とマツの立枯れ
  2. 11 夏季の異常少雨とマツの立枯れ
  2. 12 風速とマツの立枯れ
  2. 13 立枯れ被害度に対する気候多元要因による解析
  2. 14 気候環境要因に対する総合的検討
- 3 地形・地質・土壌・植生環境その他とマツの立枯れ
  3. 1 地形の広がりとマツの立枯れ
  3. 2 微細地形とマツの立枯れ
  3. 3 土壌および地質とマツの立枯れ分布
  3. 4 植生環境とマツの枯損
  3. 5 微細環境に関する総括
  3. 6 マツ枯損の発生核、その他

参 考 文 献

Summary

## 1. まえがき

昭和40年代にはいつから、関東以西の西日本各地でマツの立枯れが目立つようになってきた。年代の始めは、今日、直接的加害原因と認められているマツノザイセンチュウやその運び屋であるマツノマダラカミキリの問題も判つておらず、立枯れ原因の主役は、まだ、いわゆるマツクイムシではないかと考えられていた頃である。すでに幾十年かのマツ立枯れ研究の歴史にもかかわらず、決定的な原因が不明であつたこの難問に対して、この期に早急的な解決を図るべく、国をはじめ各方面では、単に虫だけにはこだわらず、病理、樹木生理、環境面等の各分野の総点検が意図されるにいたつた(国立林業試験場によるマツ類の枯損防止に関する特別研究：昭和43年開始、等)。

これらの諸検討は、固定した試験区か、プロット的な調査区や試験区等、どちらかといえば、狭い空間での調査、実験、分析を主としたものが多く、広域的な調査はあまり行われていながつた。とくに、環境面の研究は、要因、時間、空間的な面で断片的な傾向が強く、マツ枯れとの直接的な関係の検討を行うのには、少々、距離がありすぎるように感じられていた。

「多面的な環境要素を同一レベルでとらえ、それらの総合を目標とした広域調査が必要なのではないか。それも各地あるいは各機関からの報告を基礎にしたのでは、それぞれの認定レベルが区々であることが多いので、それを補う意味あいから……少々、荒っぽくても良い。いつそ一人の目で調査を試みては」。これは、当時林業試験場九州支場におられた徳重陽山保護部長からの提言である。筆者等の一人竹下は、この提言を受け、昭和44年からこの環境調査に着手した。

その後間もなく、マツの加害主体が、マツノザイセンチュウであることが徳重・清原・真宮によつて発見され(徳重・清原等'68, '70)、ひきつづき、森本・岩崎・真宮・遠田・小林等によつて、このセンチュウの媒介者がマツノマダラカミキリであることが明らかにされた(森本・岩崎1971等)。これに対応して、環境面からの検討も、単にマツの盛衰に対する直接的関係を求めるだけでなく、ザイセンチュウ、カミキリの生活知見をも背景として解析することが必要となり、この連繫を筆者等のうち萩原・小河が担当して、昭和49年まで調査を継続した。

この調査は、かなりマクロな内容のものであるが、

結果としては、ミクロなものにも対応しうる興味ある知見を得たので報告する。

調査期間中、鹿児島大学徳重教授からは終始、御教示と御鞭達を得、前九州支場唐隆男支場長からは九州のまつくいむし問題を共同研究に育てあげていただいた。過去、現在の被害の概況等について情報を提供された九州支場の方々、九州各県林業試験研究機関保護担当者、文書で回答された山口、広島、岡山、島根、鳥取、愛媛、高知、徳島、滋賀、奈良、和歌山、三重、福井、富山、愛知、静岡、茨城、栃木、岐阜、新潟、群馬各県農林業試験研究機関保護担当者の方々、中でも九州支場森本桂昆虫研究室長、橋本平一樹病研究室長、大山浪雄育林研究室長、茨城県林業試験場近藤秀明林産保護部長、岸洋一研究員、和歌山県林業試験場井戸規雄保護部長、鹿児島県林業試験場川畑克己保護課長の各氏からは直接専門的なご教示を得た。以上の方々、研究機関に対し心から感謝の意を表したい。

とりまとめには福岡県林業試験場大島保補技師、福岡敏彦研究員、高木潤治研究員、猪上信義研究員、木下富美子嬢の精力的な応援を得た。合せて感謝したい。

なお、この調査には一部林野庁の国庫補助一般課題「マツ立枯れ林の環境調査」を充当した。

## 2. マツの立枯れと気候環境

### 2.1 説概

昭和42年の夏、西日本各地は、数十年に一度という異常少雨(旱マツ)に見舞われ、多数の林木被害を続出した。筆者等の一人竹下は、林業試験場九州支場の徳重・佐伯等と共に、九州地方における林木被害の実態調査を実施したのであるが(徳重・竹下1968)(竹下・佐伯1968)、当時、スギ・ヒノキ(一部広葉樹)の枯損は目立つたものの、マツの被害は、それほど著しいものではなかつた。ところが、昭和44年度において、マツの枯損分布を調査したところ、その分布パターンが、昭和42年のスギ・ヒノキの枯損パターンと非常に似通っていることが感じられた。

従来マツの枯損に関する気候要因に関しては、加害者である虫の生活環境を重視する意味あいから、気温条件が論議されることが多いようであつたが、この林木の乾燥被害とマツの枯損パターンとの類似性は、被害者であるマツ自身の健康度が、被害の発生に係る

ていることを示唆しているように感じられた。

その後、直接的な加害者が発見されるに及んで、気温環境の検討も、マツノサイセンチュウと、マツノマダラカミキリの生態に関するものにしぼられ、多数の人々の実験や調査によつて、それらの活動環境はかなり刻明となつてきた。

一方、マツの側についての調査実験は、センチュウやカミキリのそれと較べて、やや手薄な感じがないでもないが、林試九州支場の大山等によつて、枯衰に先立つて（2年ほど前）根の異常が見出されたことや、サイセンチュウ接種木が、気温が低く水分に恵まれていると枯死しにくい等のことが報告されている（大山1969等、橋本ら1973、1975）。

即ち、加害者側も被害者側も、ともに温度と水分に関する気象環境と密接な関係にあることが考えられ、これを裏書きするように、野外における被害分布状況も、気温や降水量の分布とかなりの相関性を示すことが認められた（竹下ら1971）。

気候要素の取扱ひ方も、当初は、単なる平均値や合計値、平年値を対象にしたものが多かったが、知見の集積と共に、特定の限界温度、適正温度、基礎温量や、指数値が扱われるようになり、目的に応じた独特の気象量の吟味を必要とするようになってきたことは勿論である。

## 2.2 調査方法

### (a) 調査範囲

関東地方以西の太平洋岸沿いの地域と、瀬戸内海沿岸地域、山陰、九州全域。九州については、内陸山岳地の調査を行ったが、その他の地方については、一部を除いて、海岸近接地帯となつている。この範囲内で、昭和40年代に発生したマツ立枯れ（サイセンチュウによる）被害区域は、ほぼ全域網羅されている。

### (b) 調査期間・方法

昭和44年から昭和49まで、東海道・山陽・鹿児島・日豊線沿いの地域については毎年調査、その他の地域は隔年（一部は隔々年）に調査を実施した。

調査方法としては車窓（自動車および列車）からの視察を主体とし、全区にわたつて、調査年ごとの分布パターンを地形図（5万分の1図、20万分の1図、50万分の1図等）に記入した。併せて、地区およびミクロな地点の被害特性、パターン、被害量等を記載した。一部の地点については、林地・林分・植生調査を実施した。

### (c) 調査内容

#### c<sub>1</sub> マツ林の分布

マツ林をほぼ25年生を境いにして幼令林と壮令林とにわけ、更に他樹との混交（下木への他樹生育の場合を除く）を考慮して、混交林と純林とに識別、都合、4区分して、その分布を地図上に記入した。老令林、孤立木については別に記載した。

#### c<sub>2</sub> マツの被害

マツの被害をほぼ枯損率10%を境いにして激害林と軽害林にわけ（現実には激害地では10%以上の枯損を示し、軽害地は3~4%以下と、両者の間には明瞭な境いが認められた。更に被害が0.3%にみたぬものを微害地とした。また、当年の被害と前年までの被害とを識別し、これらを地図上に記入した。原則として林相分布と被害分布を併記し、とくに5万分の1図上では、林分の枯損パターンをも読みとれるよう留意した。特に微細な分布と被害量については記載を行った。

#### c<sub>3</sub> 林分・林地調査

一般的な森林環境調査と同様、林木・下草木、地被、土壌、地形、地質等の調査を実施した。

### (d) 気象観測値

調査区域内に所在する気象官署（東京管区気象台、大阪管区気象台、福岡管区気象台の各管内）について、降水量・風速に関する平年値（気象庁1971、1972a、1972b、1973）、昭和39年から48年までの降水量・気温の毎年観測値（気象庁1965~1974）を求め、更に昭和38年から44年については区内観測所の観測値をも調査した（旬別降雨と月平均気温）。これらの観測値をもとに、ある特定期間内の平均値、積算量、ある気象環境に該当する日数、期日を算出し、更にこれらの経年変化等を検討した。

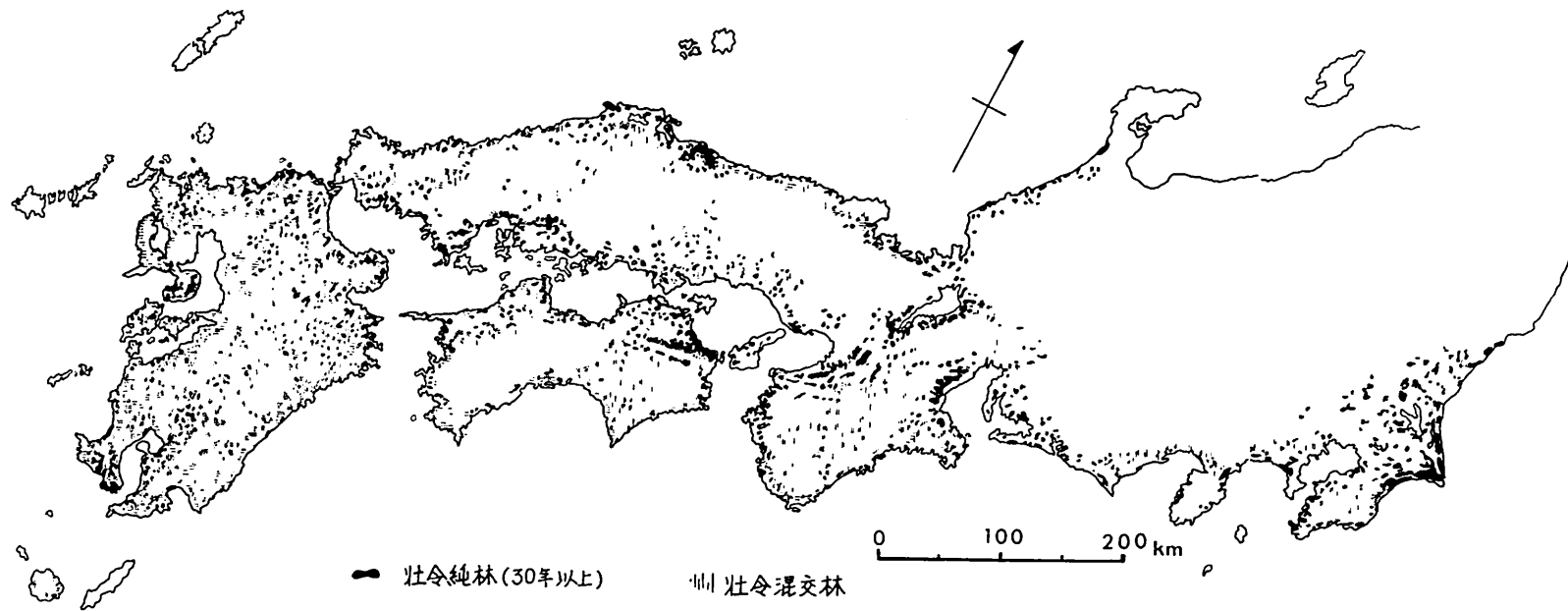
各気候（気象）指標値の内容については、各論的に後述する。

## 2.3 マツ林の分布

調査を開始した当時（昭和44年）のマツ林の分布をFig. 1に示す。林相区分の記号化が困難であつたため、実態をあまりよく表現していない図となつているが、一応の傾向は把握出来るよう。

なお、この分布は、九州地方をのぞいては被害発生地域の周辺、海岸近接地に限定して調査したもので、原則として内陸の山岳地の分布は記載していない。

### (a) 壮令林の分布とその後の変化



● 壮令純林(30年以上)	◐ 壮令混交林
◐ 幼令純林(30年未満)	◑ 幼令混交林
壮: Pure Slifty Stand	mixed Slifty Stand
幼: Pure Young Stand	mixed Young Stand

第 1 図 マツ林分布図 (昭和44年)

Fig. 1 Distribution of Pine Stand (1969) (except high mountain region)

調査地域内でみられた、壮令純林の多生地は、過去のマツ立枯れ被害が、少なかった地域と考えられるが、これらの林の多くも、今期の被害をうけて壊滅状態におちいつたものが少くない。

以下個別的に記載してみよう

- 薩摩半島南部：開聞岳周辺に広い美林、軽微害が散発する程度で現在も残っている。付近の常緑広葉樹との混交木も健全。
- 大隅半島北部牛根付近：いわゆる牛根松といわれる美林、近接地（国分付近）に微害地があるにもかかわらず、最近まで健全であったが、昭和47年頃から枯損が目立ちはじめ、激害化の兆しがある。
- 大隅半島西ノ浦付近：東大のロケット発射基地のそば、広葉樹を混じえた老木美林があつたが、激害により壊滅。
- 八代海沿岸・芦北付近（熊本県）：マツの芦北林業として著名であり、茂道松と呼ばれる老美林があつたが、ここ数年間でほぼ全滅した。
- 島原半島：南部の岩戸山にあつた老美林は調査前に姿を消しており、西南部の老美林は、調査開始時に激害壊滅状態、東部の島原市周辺、眉山の美林は、昭和46年頃から枯れが目立ちはじめ残存が危ぶまれている。立枯れ標高限界 700 m。
- 諫早付近：過去における周辺の激害に抗して残存していたが、昭和46年頃から軽害、更に激害化している。
- 有田付近（佐賀県）：有田焼として有名なところであり、老美林にかこまれていたが、調査開始時既に激害化、全滅、内陸部での発生核となつた。
- 志摩半島（福岡県）：福岡県では無霜地帯と呼ばれている地域、西の浦付近は早く激害化し、海岸林、丘陵地ともほぼ全滅、芥屋大門付近、立石山の老美林は 毎年の軽～中害が累積してほぼ壊滅。
- 玄海・芦屋海岸（福岡県）：津屋崎・神湊付近が最も早く激化し、昭和46年頃にはほぼ全滅。芦屋・玄海沿岸は丘陵・台地のマツはほぼ全滅したが、海浜の美林はまだ残存している。軽～微害の進行が懸念される。
- 豊前・国東半島：丘陵地から低山にかけて各令階の純美林がみられる。北九州市、大分市周辺の激害地帯に挟まれながらも、よく残存している。国東半島の北部が、軽害化する兆しがあり、今後の進行が心配。
- 大分市および、佐賀県・臼杵・津久見、犬飼周辺：丘陵・低山を覆うマツの美林地帯であつたが、海岸部は勿論、かなりの内陸部まで、壊滅状態となつた。
- 八幡浜周辺（愛媛県）：西方に突出した佐田岬は、調査開始時激害、現在、壊滅状態。これに近接した八幡浜市周辺は、昭和44～45年頃、微害の兆しがみえたが、一時終息、47～48年以降再び軽害、激害化が心配される。
- 東予海岸（愛媛県）：丘陵地を覆う壮令美林、昭和44年頃、微害が認められたが、その後終息、現存。
- 高松市・屋島周辺（香川県）：屋島付近は、早くから被害が目立ち、現在激害、壊滅に近い（一部は既に壊滅）、屋島の枯損にかかわらず、周囲の枯損被害は目立たなかつたが、昭和48年頃から周辺の枯損が目立ちはじめ、高松市近郊の一部には激害地もみられる。栗林公園のマツが心配。
- 讃岐山脈：丘陵から低山を覆う広い壮令美林、特に徳島県の吉野川沿いは美しい、現存。
- 玖珂・熊毛周辺（山口県）：岩徳線沿いの地域、早くから枯損しはじめた岩国市、光市付近に挟まれているが、壮令林の分布が広がつた。やや内陸であるため、残存を期待したが、昭和46年頃から枯損が目立つ。内陸では沈静化。
- 広島市周辺：付近に宮島の激害地があり、当初、軽微害がみられたが、その後終息。
- 西条周辺（広島県）：丘陵・低山を覆う、広大な壮令美林、やや標高が高い盆地状地域である。被害なく現存。
- 島根半島：微害が聞かれる程度で平地での築地の松、出雲大社裏のマツ等美林の現存多。
- 大山周辺（島取県）：大山山麓の広大な美林、現存。
- 和泉・河内周辺（大阪府）：北部の淀川流域の丘陵の枯損は早かつたが、南部の台地・丘陵には、老壮林の分布が広がつた。最近になって枯損激化、壊滅近し、大和川沿いに枯れは奈良盆地に進行している。
- 奈良盆地周辺：最近まで枯損が目立たなかつた



が、南部の紀ノ川近接地、大和川沿い、生駒北付近から枯れが目立ってきている。橿原神宮付近の激害が顕著。法隆寺・奈良市周辺の美林は現存しているが、今後の推移が問題。

- 京都盆地：早くから微害が知られているが、激化することなく、美林現存。
- 近江盆地：最近草津付近に微害がみられたが、美林現存。
- 紀伊水道沿岸（和歌山県）：昭和44年頃は微害地域であつたが、最近激化、美林破壊近し。
- 瀬ノ岬・田並付近：昭和44年当時、既に激害地であつたが、最近、終息しつつある。壮老木は全滅したが、将来小林分を形成しうるほどの密度の幼木は残存している。
- 亀山・津・伊勢周辺：台地・丘陵を覆う壮令純林が、無キズのまま現存している。広葉樹との混交老令林もみられる。
- 熱海・真鶴海岸：熱海付近の老木はなお現存しているが、真鶴付近は最近激化している。
- 国府津・大磯・大船：国府津付近は早くから枯れが進み、昭和44年頃既に林相は破壊されたが、その後、大船・大磯・鎌倉付近が激化し、丘陵・台地のマツの美林はほぼ破壊状態。山地近くは健。
- 千葉県南西部：昭和45年頃は、既に、激害の峠を越え、その後は終息状態に入った。海岸沿いの丘陵地のマツは破壊状態であつたが、やや内陸部の低山地に入るとマツは現存しており、現在軽微害地域となつている。南端の白浜付近の海浜に

は幼令純林が現存している。

- 外房・勝浦付近：内房の被害が峠を越した頃、軽害地域であつたが、最近激害化して、破壊状態となつている。
- 九十九里・銚子付近：海岸近くの低地台地に広く、マツの純林がみられる。南部の一ノ宮・茂原付近にある軽微害が北上する気配を感じるが、ほとんど現存している。銚子付近には風衝枯損が認められるが、いわゆる立枯れ病的なものは少いようであつた。
- 茨城県：台地・丘陵地に広大なマツ林が分布している。最近微害（ごく一部に軽害）がみられるが、外見上は無傷で現存している。

#### (b) 壮令林のない地域

下記の地域には幼令木の分布はあつても壮令林の分布がみられなかつた。

- 日向・日南海岸，○ 川内市（鹿児島県）周辺，○ 松橋付近（熊本県），○ 長崎半島，○ 西彼杵半島，○ 北松浦半島，○ 足摺海岸，○ 室戸・安岐海岸，○ 南紀，○ 南伊豆，○ 清水・富士付近丘陵。

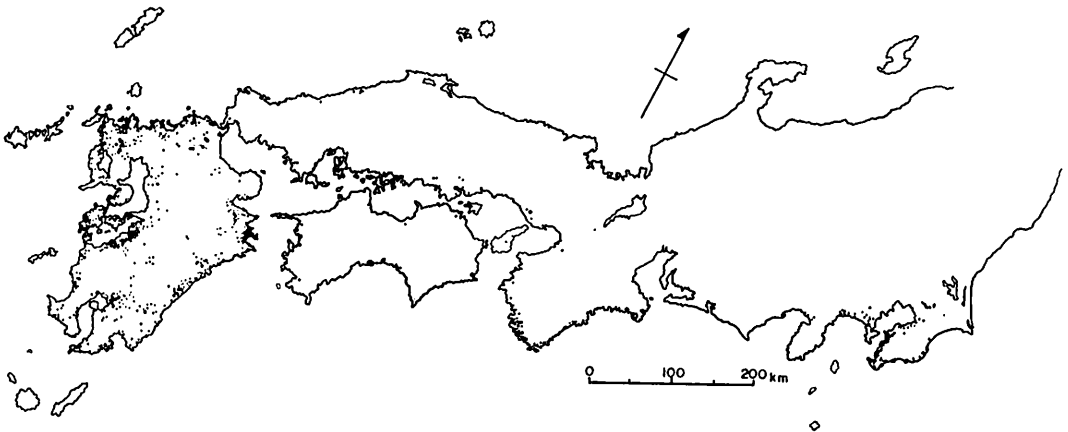
これらの地域は、昭和43年以前の立枯れ被害によって姿を消したものと推察される。

#### 2.4 マツの立枯れ分布

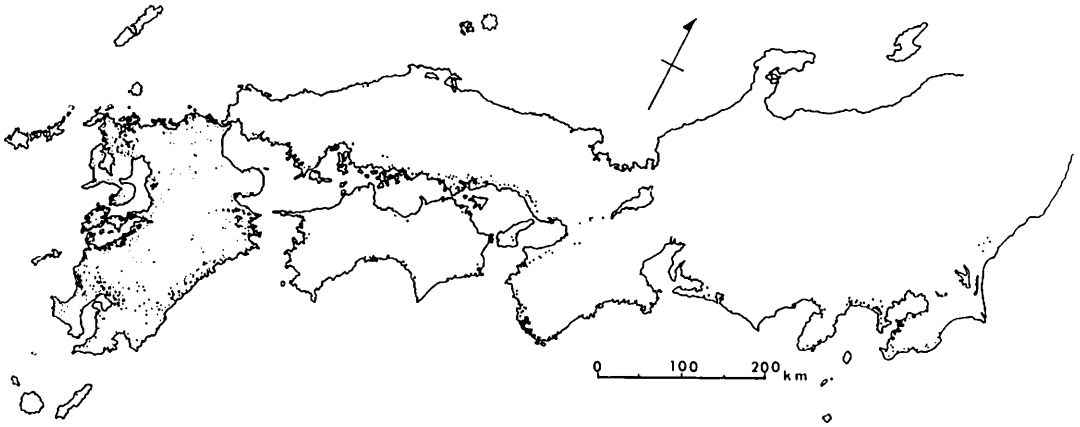
マツの立枯れ状況を激害（10%以上枯損）と軽微害（5%未満枯損）とにわけ、分布図を作成した。

Fig. 2～6：昭和45年から昭和49年までの毎年の被害分布

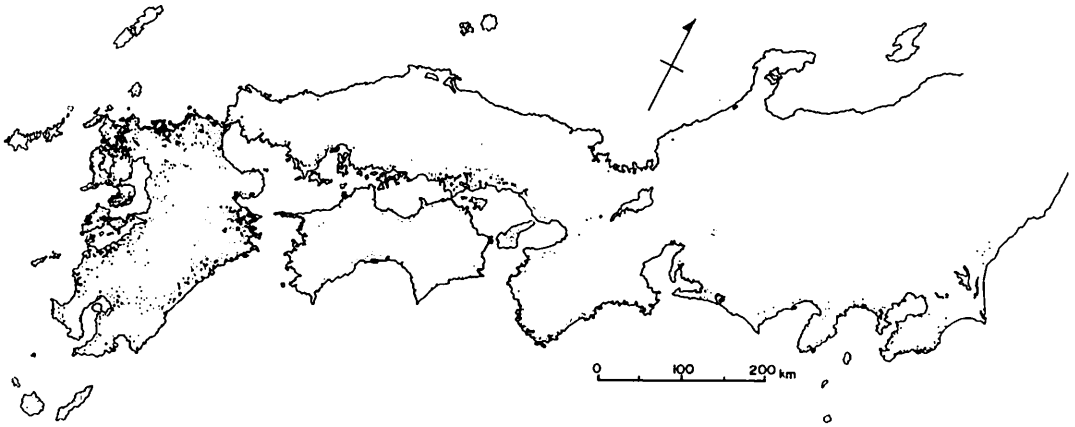
Fig. 7：昭和44年から49年までの激害分布を総括



第2図 マツの立枯れ被害分布（昭和45年）  
Fig. 2 Distribution of Damage Pine Stand (1970)



第3図 マツの立枯れ分布 (昭和46年)  
Fig. 3 Distribution of Damage Pine Stand (1971)



第4図 マツの立枯れ分布 (昭和47年)  
Fig. 4 Distribution of Damage Pine Stand (1972)

表示するもの。併せて、43年以前の激害地（マツ社令林のない地域）をも推定して記入した。

Fig. 8: 昭和44年から49年までの被害分布を、被害度合に関係なく表示したもの、軽微害地から激害地までを一括して示したことになる。

これらの図は、大縮尺の調査図から小縮尺のものに転写したため、実情をよく表現していない面があるが、ややマクロな気候要因との対応を検討する程度ならば一応の傾向を読みとることが出来よう。

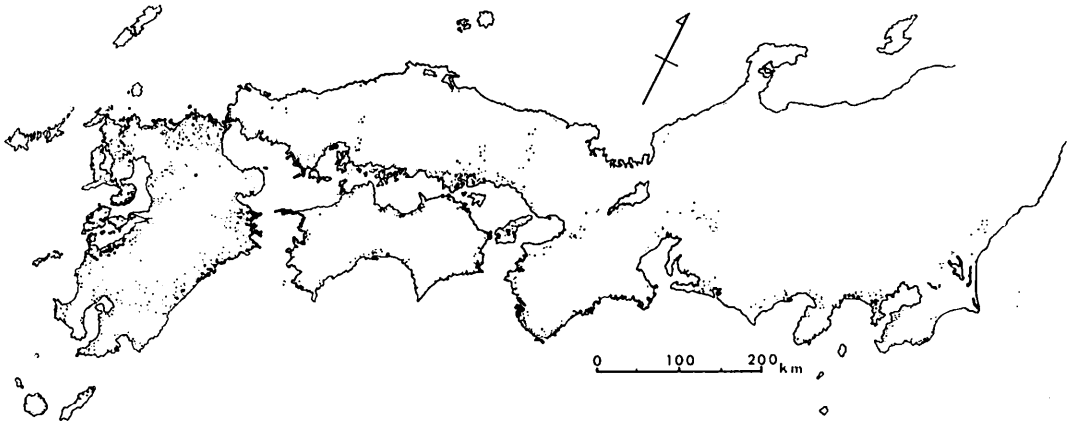
被害は山陰・北陸に少く、九州と瀬戸内、太平洋岸に多発していることが、まず概括的に認められ、毎年の分布パターンを仔細に検討すると、地域によつて枯損の開始年度が異り、枯損が始つてからも、急速に激

化するもの、永く同じ程度の被害が続くもの、急速に沈静化するもの、あるいは、休止、発害の波のあるもの等が読みとられる。この間の地点別、年度別の被害概況の推移を Table 1 にとりまとめた。

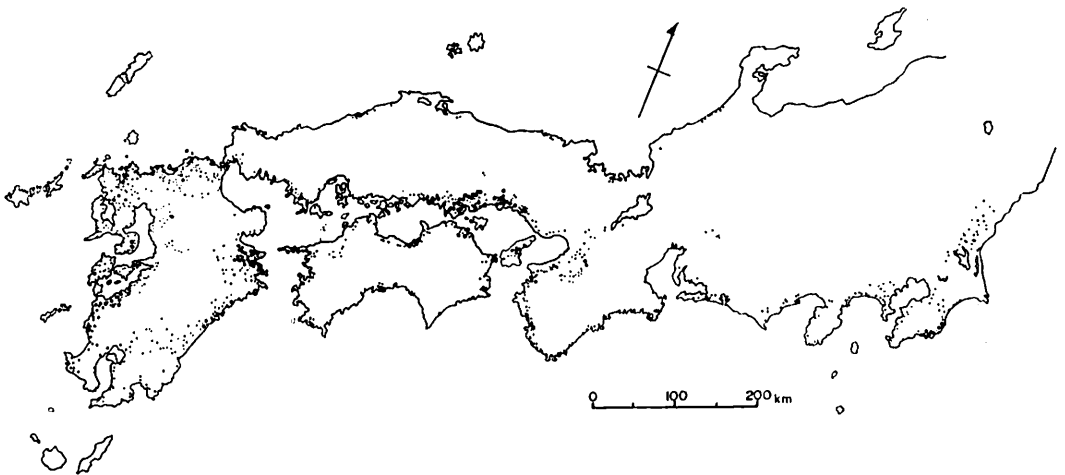
個々の分布パターン特性の吟味は、各気候指標値の分布パターンとの対応において検討することにし、後述する。

#### 2.5 年平均気温、月平均気温の分布とマツの立枯れ分布

気温について最も簡単に用いられるのは、年平均気温（平年値）である。マツの立枯れについては、従来 $14^{\circ}\text{C}$ を境にして、それよりも高温な地域で発生し、 $15^{\circ}\text{C}$ や $16^{\circ}\text{C}$ 以上の高温地帯になるほど激化するの



第5図 マツの立枯れ分布 (昭和48年)  
Fig. 5 Distribution of Damage Pine Stand (1973)



第6図 マツの立枯れ被害分布 (昭和49年)  
Fig. 6 Distribution of Damage Pine Stand (1974)

ではないかといわれている。

年平均気温分布は Fig. 9 に示すとおりであるが、これを立枯れ分布図 (Fig. 7, Fig. 8) と対比してみると、次のようなことが云える。

13°C~14.5°C 軽微害地が分布

14.5°C 以上 激害地が分布：

この対応の適合性は比較的良好であり、年平均温だけでも、環境区分が出来るように思われるが、次のような矛盾や欠点があげられる。

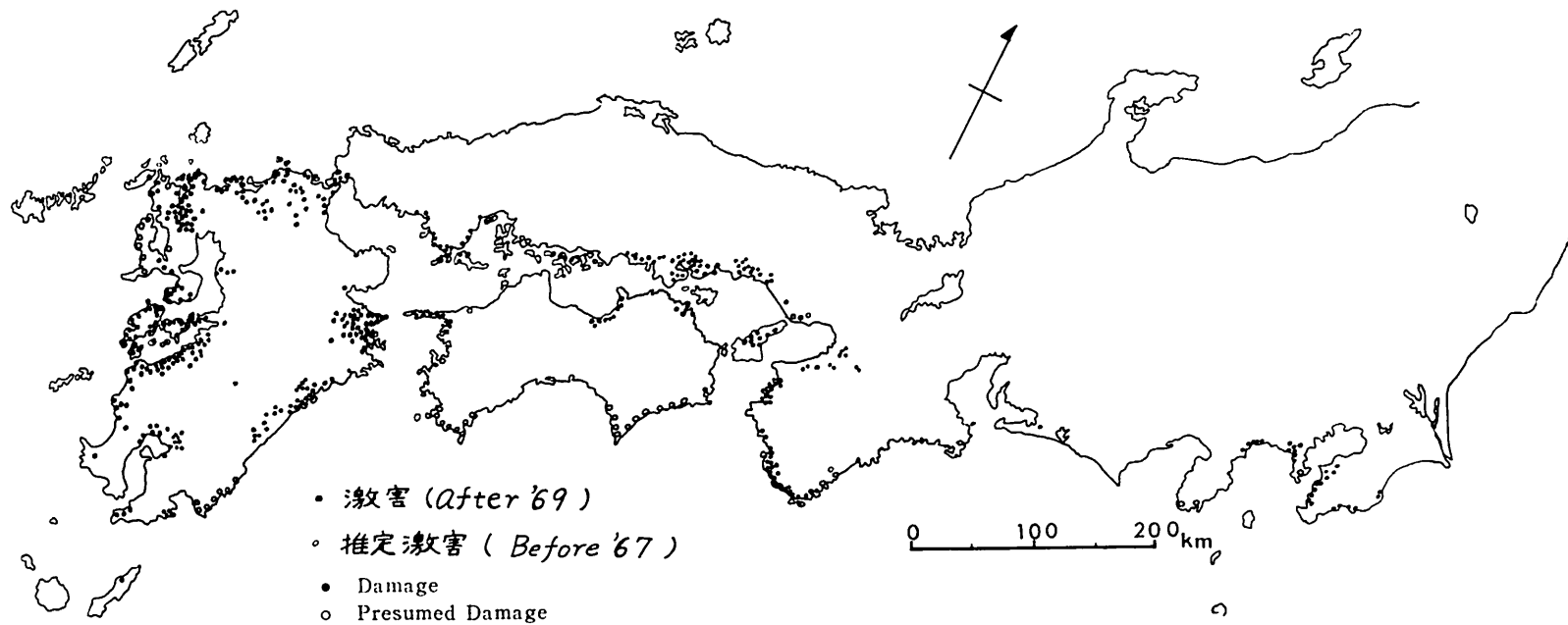
(ア) マツ立枯れは季節に対応した被害であり、たまたま、年平均気温と密接な関係を示したとして

も、その事由の吟味がなされにくい。

(イ) 13°C でも、水戸市周辺のように、被害の発生が明瞭な地域があるのに対して、14°C 以上でも、山陰、北陸、その他 (豊前、薩摩半島、徳島、三重県等) は多数の無被害地が見出される。

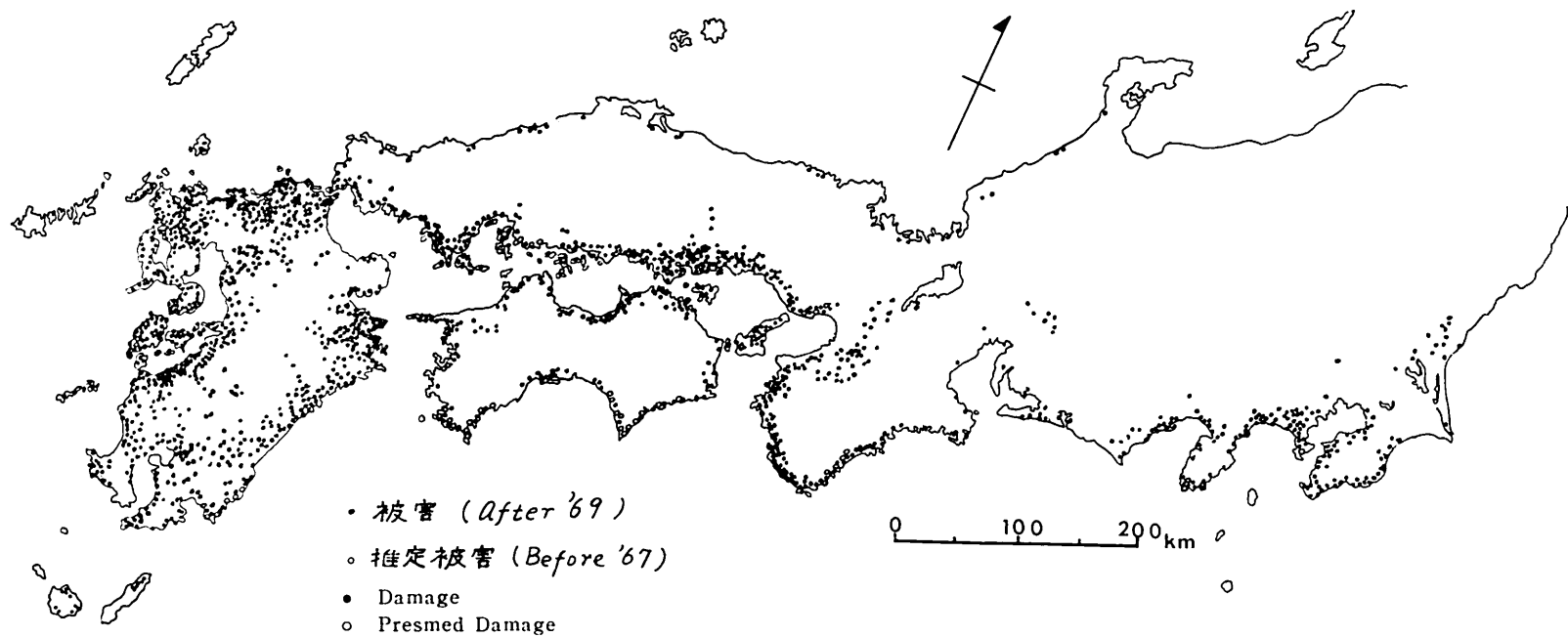
これらの問題を簡単に検討する意味から、月別の平均気温の分布 (気象庁 1971 b) と立枯れ分布とを対比したところ、次のようなことが認められた。

(ウ) 夏季の気温は、同一緯度の場合、被害の少ない日本の方が、太平洋側よりも高温になる傾向があり、上記の矛盾は却つて拡大した。



第 7 図 昭和44年より49年までの間のマツの立枯分布 (激害地)

Fig. 7 Distribution of Damage Pine Stand (1969~1974) (heavy damage)



第 8 図 昭和44年より49年までの間のマツの立枯れ分布 (軽微害～激害)

Fig. 8 Distribution of Damage Pine Stand (1969~1974)

第1表 マツ立枯れの年度別被害概況  
Table 1 Sequence of Pine damage

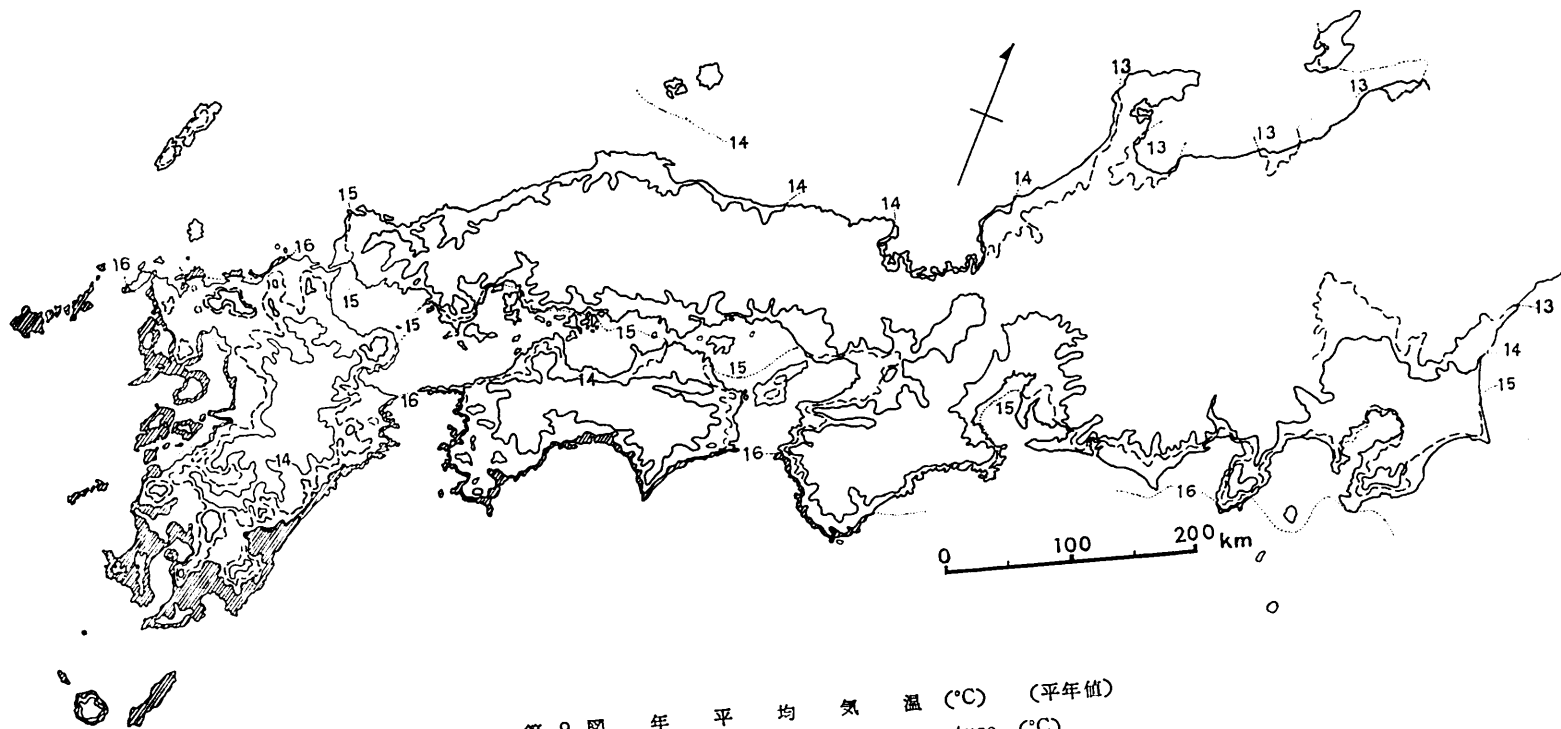
調査地 locality		調査年度					調査地 locality		調査年度				
		'70	'71	'72	'73	'74			'70	'71	'72	'73	'74
水外内南大 府 廊 前須 有 歌 古	戸房	—	●	●	○	○	柳	●	○	○	○	○	
	房	○	○	○	○	○	德南	○	○	○	○	○	
	房	○	○	○	○	○	防宇	○	○	○	○	○	
	船	○	○	○	○	○	下高	○	○	○	○	○	
	磯	○	○	○	○	○	伊新	○	○	○	○	○	
	津	○	○	○	○	○	東松	○	○	○	○	○	
	鶴	○	○	○	○	○	佐八	○	○	○	○	○	
	岡	○	○	○	○	○	宇宿	○	○	○	○	○	
	崎	○	○	○	○	○	中高	○	○	○	○	○	
	岡	○	○	○	○	○	阿益	○	○	○	○	○	
	崎	○	○	○	○	○	江若	○	○	○	○	○	
	賀	○	○	○	○	○	若日	○	○	○	○	○	
	郡	○	○	○	○	○	熊添	○	○	○	○	○	
	山	○	○	○	○	○	津福	○	○	○	○	○	
	鷲	○	○	○	○	○	深伊	○	○	○	○	○	
	野	○	○	○	○	○	有諫	○	○	○	○	○	
	宮	○	○	○	○	○	島牛	○	○	○	○	○	
	本	○	○	○	○	○	芦人	○	○	○	○	○	
	見	○	○	○	○	○	湯延	○	○	○	○	○	
	辺	○	○	○	○	○	津牛	○	○	○	○	○	
坊	○	○	○	○	○	岡指	○	○	○	○	○		
田	○	○	○	○	○								
山	○	○	○	○	○								
内	○	○	○	○	○								
方	○	○	○	○	○								
良	○	○	○	○	○								
都	○	○	○	○	○								
津	○	○	○	○	○								
根	○	○	○	○	○								
戸	○	○	○	○	○								
石	○	○	○	○	○								
川	○	○	○	○	○								
路	○	○	○	○	○								
山	○	○	○	○	○								
岡	○	○	○	○	○								
山	○	○	○	○	○								
原	○	○	○	○	○								
島	○	○	○	○	○								
鳥	○	○	○	○	○								
島	○	○	○	○	○								
園	○	○	○	○	○								

\* 凡例  
 — 無害 no damage  
 ● 微害 slight damage  
 ○ 軽害 light damage  
 ⊙ 激害 heavy damage  
 ● 激甚害 violent damage

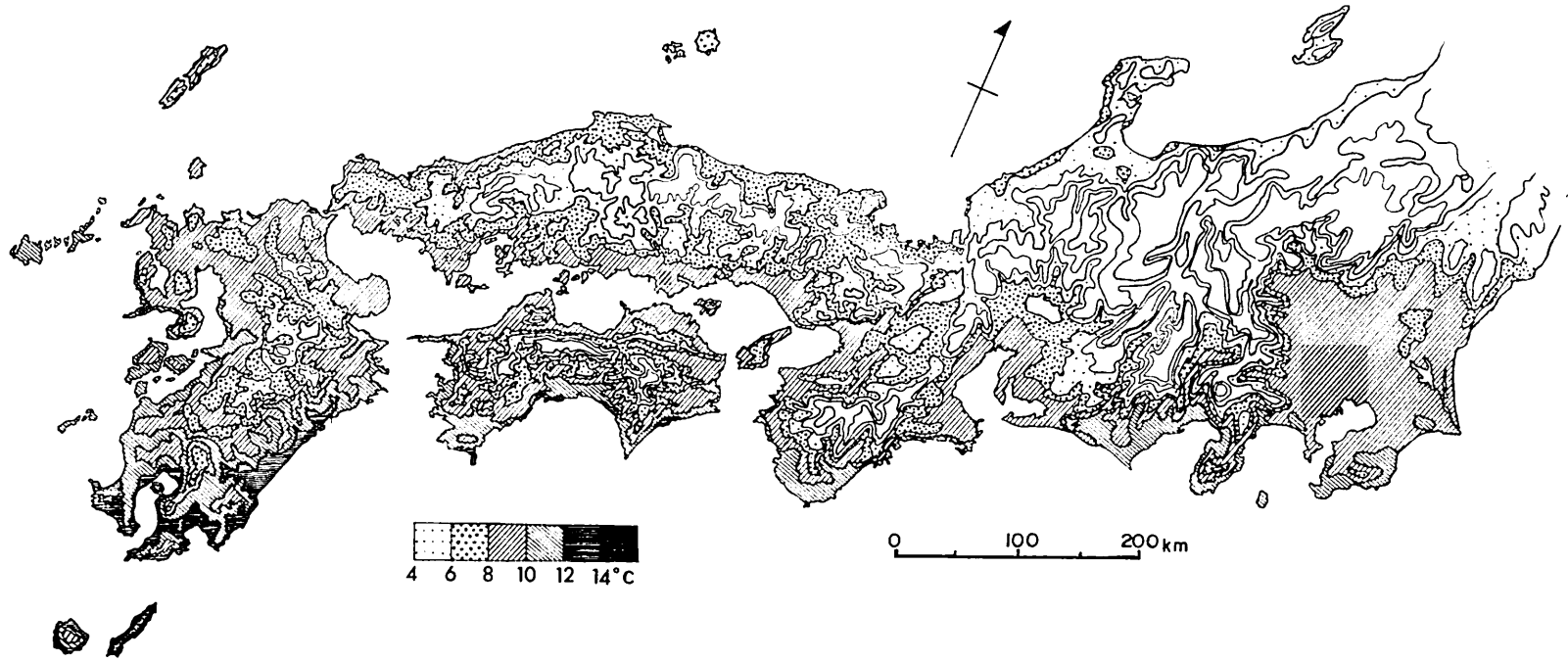
(エ) 春から夏にかけての気温の日較差は大太平洋側より裏日本に大きく、また、海岸部より内陸部に高く、14°C以上の温度でも被害の少ない京都盆地、奈良盆地、近江盆地、山陰北陸、その他内陸地域の状況と適合する。具体的な分布図では、5月の日最低平均気温の分布図が、被害分布図とよい対応を示した。

(オ) 冬季の気温は、裏日本の方が太平洋側より低く、立枯れ分布との対応は、年平均気温の分布よりも良いように感じられた。

冬の日最高気温、日最低気温等の日極値は、多雪の北陸、山陰の方が、表日本よりも極端に低い傾向があり、Fig. 10に示す1月の日最高月平均気温の例のように、立枯れ分布との対応は良好である。



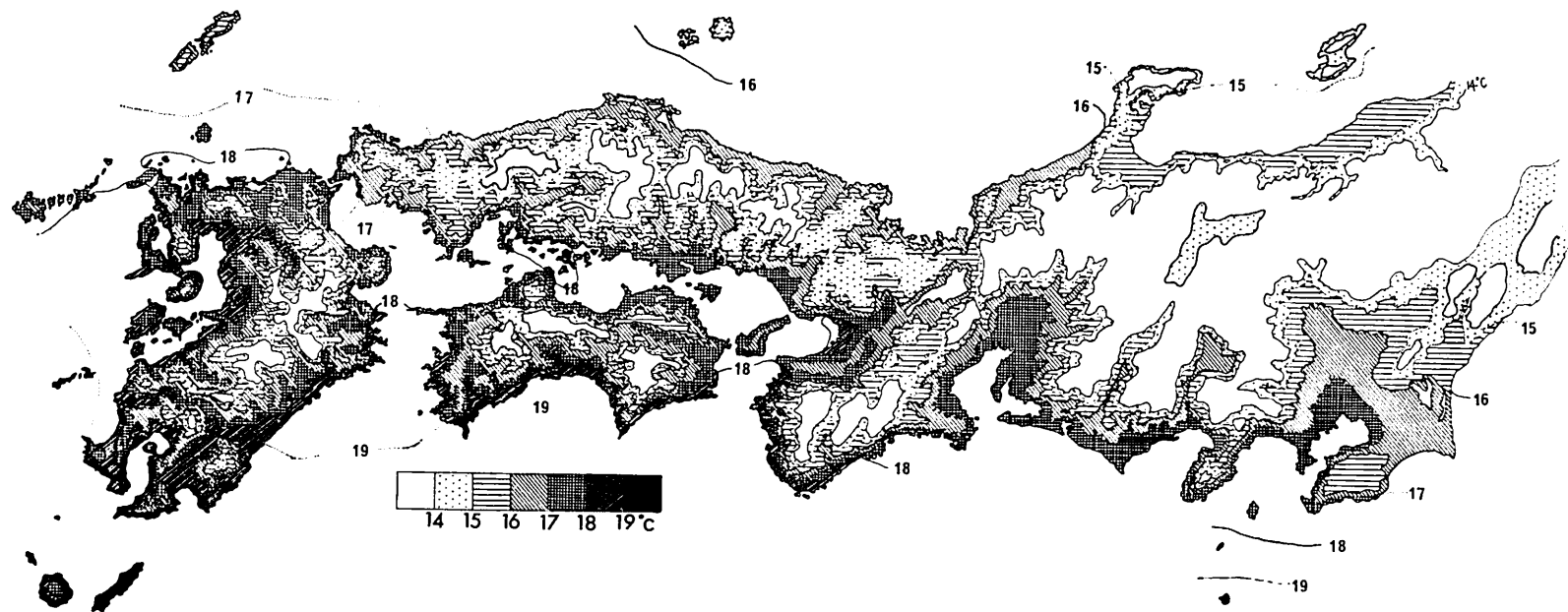
第 9 圖 年 平 均 氣 溫 (°C) (平 年 值)  
 Fig. 9 Normal Annual Temperature (°C)



第10圖 日最高月平均気温(1月)(平年値)

Fig. 10 Distribution of Normal Mean of Maximum Temperatures (Jan.)





第 11 図 3 カ月間 (4 月, 5 月, 6 月) 平均気温 (°C) (平年値)  
 Fig. 11 Mean Temperature of three Months (Apr.~Jun.) (Normal Value)

常識的に考えて、ザイセンチュウ、カミキリの活動期は、暖季から夏季であり、またマツの生育障害が発生する可能性があるのも暖季から夏季である。この季節での日較差の大小や、最低気温が、センチュウやカミキリに対して何等かの影響を及ぼしていることは考えられるが、冬季の気温が、立枯れに対して直接的な関係を及ぼす理由は考えられないようである。越冬センチュウが、冬季の極寒に影響をうけるのではないかと思ひ、 $-10^{\circ}\text{C}$  以下での冷凍を試みたが、それは認められず、現段階では、冬季気温分布と立枯れ分布パターンとの類似性を述べるにとどめたい。

2.6 4月から6月にかけての気温分布とマツの立枯れ分布

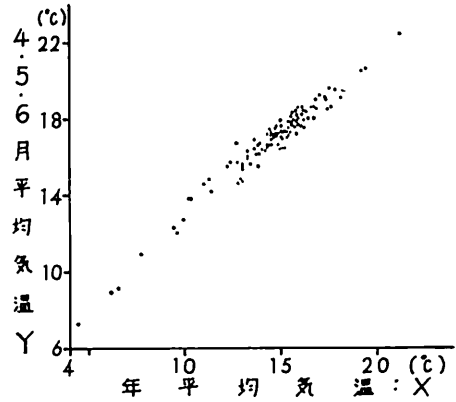
越冬したマツノマダラカミキリの発育変態には、3月以降の気温、とりわけ、4月から6月までの気温が関係していると考えられる。Fig. 11 は、この3ヶ月間の平均気温を示したものであるが、立枯れ分布と対比して、かなり似通ったパターンを認めることが出来、気候指標値としての有意性がうかがわれる。

$15^{\circ}\text{C}\sim 17^{\circ}\text{C}$ ：軽微害地が該当する。

$17^{\circ}\text{C}$  以上：激害地が該当する。

4～6月の平均気温のパターンは、年平均気温のパターンと非常に類似しており、また Fig. 12 の相関グラフでも明らかなように、年平均気温と4～6月平均気温と4～6月平均気温とは密接な関係にあることが認められる。

即ち年平均気温の意義は、この4～6月平均気温の

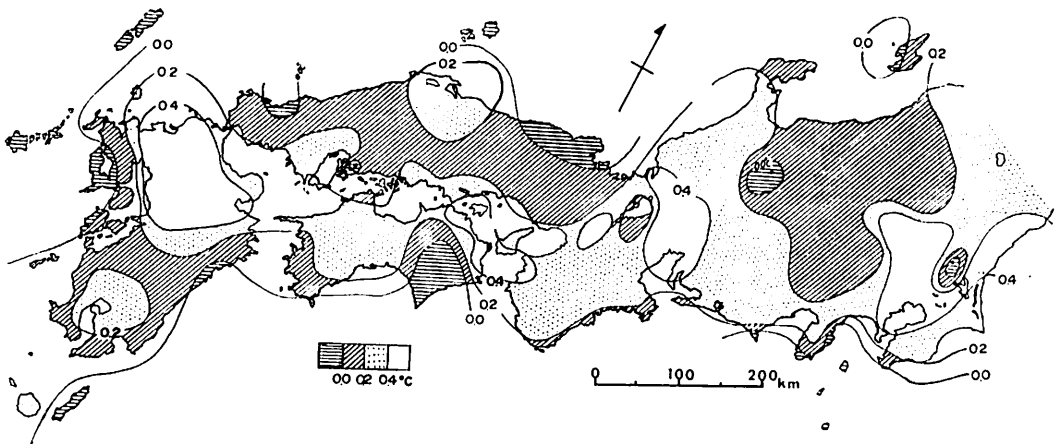


第12図

Fig. 12 Relation of Normal Temperature between Annual (X) and Three Months (Apr.~Jun.) (Y)

役割を代弁していたことにあるとも解釈されることになる。従つて、年平均気温とマツ立枯れとの間に介在していた問題点は、その意義が若干明らかとなつただけで、そのまま、4～6月の気温の場合に持ち越されたことになる。

気温が高温な地域程、激害化するところから、もし最近の気温値が平年値よりも高ければ、被害が助長され、低くなれば、抑制されると考えられる。そこで、昭和42年以降の4～6月平均気温の平年値に対する較差を求め、これを Fig. 13 に示すように分布図化した、このパターンと被害パターンを対比してみると、



第13図 昭和42年より48年までの間、4月～6月、日平均気温と平年値との較差  
Fig. 13 Difference of Mean Daily Temperature between Three Months (Apr.~Jun., 1967~1974) and Normal

第2表 各地の気  
Table 2 Climatical Value and

地点 Locality	Item 項目 標高 Hm	年平均 気温 °C	4,5,6月	12.5°C	同左の 気温 °C	同左 昭42年 以降 月日較差	12.5°C	同左の 気温 °C	同左 昭42年 以降 月日較差	21°C	
			の 平均気温 °C X <sub>1</sub>	以上の積 算温度: 300の 月日 °C			以上の積 算温度: 470の 月日 °C			以上の積 算温度: °C	
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	
白小宇 日光	河浜宮	353.7	11.0	14.0	7.7	20.6	1.0	7.27	24.0	-6.0	
	名都(中宮祠)	119.7	12.8	14.6	7.7	20.7	2	7.27	23.3	3	146
熊狭水 筑鏡勝館	橋谷	1291.9	6.5	9.1	8.21	18.4	5.0	7.12	22.8	1.0	229
	父戸	111.7	13.6	16.4	6.22	21.5	5.5	7.7	23.0	2.0	283
波	山子浦	30.0	13.9	16.7	6.22	21.6	6.5	7.7	23.3	3.0	309
	山京	218.0	12.4	15.7	6.27	21.4	1.0	7.12	23.1	0.0	240
宅	島	29.2	13.0	15.6	6.27	21.0	2.5	7.17	23.4	2.5	213
	島	868.6	9.6	12.0	7.27	21.4	0.5	8.16	21.6	1.0	13
吹	山	26.6	15.1	16.4	6.22	20.1	2.5	7.12	22.2	1.5	237
	山	11.8	15.3	17.0	6.17	20.2	2.5	7.7	22.2	2.0	274
井	山	12.2	16.0	17.6	6.12	20.3	-0.5	7.2	22.6	-0.5	329
	山	4.1	15.0	17.6	6.12	20.7	3.0	7.2	23.4	3.5	388
口	島	39.2	14.8	17.1	6.17	20.7	6.0	7.2	22.9	2.0	335
	島	190.5	15.0	16.4	6.22	20.4	0.0	7.12	22.6	1.0	224
廊	島	8.5	17.4	18.5	6.8	20.7		6.27	22.8		411
	島	36.2	17.6	18.6	6.1	20.2	0.5	6.22	22.2	0.5	411
前	川	2.0	13.0	15.3	6.27	21.6	1	7.17	24.3	4	285
	山	34.4	13.0	14.7	7.7	21.5	3	7.22	24.7	0	230
良	山	13.4	13.0	15.5	6.27	21.9	3.5	7.12	23.5	1.0	297
	山	8.6	13.3	15.9	6.22	21.2	2	7.12	23.8	3	306
古	山	12.1	13.4	15.6	6.27	21.8	2	7.12	23.7	1	318
	山	5.3	12.9	14.8	7.2	21.5	2	7.22	24.9	4	230
津	山	26.1	13.7	16.1	6.22	21.4	2	7.12	23.9	4	330
	山	9.1	13.8	16.6	6.22	21.7	5.0	7.7	23.5	3.0	348
歌	山	1.3	14.4	16.6	6.22	21.7	8.5	7.7	23.6	4.0	353
	山	1375.5	6.1	8.9	8.21	18.0	-1.5	-	-	-	0
上	山	560.3	10.2	13.8	7.7	21.4	0.0	7.27	23.9	2.5	122
	山	418.2	11.3	14.8	7.2	21.8	3	7.17	23.9	0.5	216
尾	山	999.1	7.7	10.9	8.1	21.0	2.5	8.21	20.6	3.0	3
	山	610.0	11.0	14.6	7.2	21.6	1.0	7.22	24.4	3.5	175
潮	山	760.0	10.3	13.8	7.12	21.6	3.5	7.27	23.7	2.5	102
	山	481.8	12.2	15.5	6.27	21.3	2.0	7.12	23.2	-0.5	209
和	山	271.7	13.6	16.9	6.17	21.0	1.5	7.7	24.0	3.0	323
	山	859.6	9.9	12.7	7.22	21.8	2.5	8.6	22.0	0.0	30
大	山	66.9	15.7	17.6	6.12	20.3	1.5	7.2	23.2	2.0	339
	山	54.7	16.2	17.5	6.12	20.1	0.5	7.2	22.4	1.0	318
奈	山	20.1	15.0	17.3	6.17	21.2	6.0	7.2	23.6	2.0	348
	山	13.5	15.7	17.8	6.12	20.8	5.5	6.27	23.1	1.5	389
彦	山	44.7	15.9	17.7	6.12	20.7	2.0	7.2	23.0	2.0	375
	山	31.7	15.5	17.6	6.12	20.7	3.0	7.2	23.4	3.5	374
京	山	6.2	15.5	17.6	6.12	20.7	2.0	7.2	23.6	3.0	399
	山	51.1	14.7	17.5	6.12	21.0	2.5	7.2	23.8	2.0	406
歌	山	12.8	14.7	17.5	6.12	21.2	4.0	7.2	23.9	4.5	424
	山	69.0	14.5	16.9	6.23	22.0		7.9	24.6		356
歌	山	1.9	14.8	17.2	6.17	21.3	5.0	7.2	23.9	1.5	401
	山	159.3	13.3	16.0	6.22	21.5	2.0	7.12	24.3	4.0	308
歌	山	14.4	15.2	17.3	6.17	20.8	7.0	7.2	23.5	2.5	333
	山	73.2	16.8	18.5	5.28	19.8	-3.5	6.22	22.2	1.0	418
歌	山	13.6	15.8	18.2	6.7	21.0	3.0	6.27	23.9	5.5	480
	山	6.7	15.6	18.3	6.7	21.3	2.5	6.27	24.2	4.0	518
歌	山	104.7	14.3	17.2	6.17	21.0	3.5	7.2	23.7	0.5	377
	山	87.3	13.9	16.2	6.22	21.7	2.0	7.12	24.5	3.5	359
歌	山	40.9	14.8	17.6	6.12	21.2	5.0	7.2	24.2	6.0	452

① Altitude (m) ② Normal Annual Temperature (°C) ③ X<sub>1</sub>, Mean Three-Months Temperature (April~June) (°C) ④ Normal Date exceeded 300 level integrated Mean Temperatures above 12.5°C ⑤ Temperature at ④ ⑥ Difference of Date exceeded 300 level integrated Mean Te-

候 値 と 被 害 度  
Damage Degree.

21°C 以上の 日 数 ⑪	マダラカ ミキリの 行動可能 日 数 ⑫	25°C 以上の 日 数 ⑬	昭42年 以降の 対平年 差 X <sub>6</sub> ⑭	1 月 の 平 均 最 高 気 温 °C X <sub>7</sub> ⑮	平 年 値 6,7,8, 9 月 降 水 量 mm X <sub>3</sub> ⑯	昭 和 42~48 年 の 間		昭 38 ~48 年	平 年 値		マ ツ 立 枯 れ 被 害 度 Y ⑳	同 左 推 定 値 Y ㉑
						6,7,8, 9 月 降 雨 較 差 mm X <sub>5</sub> ⑰	% ⑱	異 常 少 雨 の 年 数 X <sub>2</sub> ㉒	日 平 均 氣 温 21°C 以 上 10mm 以 上 の 日 数 ⑳	6,7,8, 9 月 平 均 風 速 m/s X <sub>4</sub> ㉓		
59	45				758.0				10.8	2.3		
69	62	0	8.7	8.2	612.9	-54.6	-8.9	0.0	8.9	2.0	0.0	0.0
85	68	30	7.5	8.0	798.9	-78.2	-9.8	0.0	15.0	2.1	0.0	0.0
0	0	0	0	-0.5	1270.8	-125.8	-9.9	0.0	0	1.8	0.0	0.0
92	73	35	2.8	8.4	733.6	-82.1	-11.2	0.0	16.1	2.4	0.5	0.3
93	77	40	3.6	9.2	706.6	-107.1	-15.2	0.0	14.0	2.1	0.5	0.4
85	68	25	3.2	8.7	771.9	-169.6	-22.0	0.0	13.9	1.4	0.0	0.0
83	71	25	6.0	8.9	621.9	-92.9	-14.9	1.0	10.8	2.6	1.0	1.1
31	30	0	0	4.6	640.8	-41.1	-6.4	0.0	3.5	4.9	0.0	0.0
88	83	15	-5.1	10.0	607.1	-50.7	-8.4	2.5	10.5	4.4	1.0	2.2
96	82	30	-2.6	10.7	740.1	-188.5	-25.1	2.0	15.5	3.8	5.5	4.6
102	88	40	-2.1	11.1	696.0	-46.6	-6.7	1.5	13.6	4.5	4.5	5.1
102	87	55	-2.2	9.4	667.2	-44.9	-6.7	0.5	13.7	2.5	2.0	2.9
97	84	40	4.4	9.3	722.7	-63.7	-8.8	1.0	13.2	3.8	4.0	3.3
88	75	10	-3.7	9.5	1179.3	-119.1	-10.1		14.5	6.8		
117	98	60		11.8	904.2				20.8			
119	99	60	-5.2	11.5	1061.1	-79.2	-7.5		25.4	5.3		
88	73	40	1.4	4.5	605.4	-60.5	-10.0	0.0	14.4	3.2	0.5	0.0
79	66	30	-3.1	5.2	601.1	-48.3	-8.0	0.0	12.9	3.0	0.0	0.0
89	68	40	2.1	5.4	742.9	9.3	1.3	0.0	17.6	2.0	0.0	0.0
90	70	40	2.8	5.3	839.4	-28.5	-3.4	0.0	19.0	2.4	0.5	0.1
90	71	40	2.4	5.4	793.3	-27.1	-3.4	0.0	18.7	2.4	0.5	0.0
81	63	30	3.0	5.5	802.6	-35.6	-4.4	0.0	14.5	2.7	0.0	0.0
92	71	45	4.3	6.0	883.0	-55.7	-6.3	0.5	19.1	2.1	1.0	0.4
93	72	45	0.1	5.9	824.9	-78.0	-9.5	1.0	18.5	2.5	1.5	1.1
96	75	50	0.4	6.9	821.2	-24.4	-3.0	1.0	20.4	4.5	1.0	1.8
0	0	0	0	-3.2	1104.0	-175.2	-15.9	0.0	0	8.4	0.0	0.0
65	46	0	8.1	2.8	883.1	-51.5	-5.8	0.0	11.6	1.3	0.0	0.0
79	64	25	2.4	3.2	506.8	-17.3	-3.4	0.0	10.9	2.6	0.0	0.0
23	10	0	0	1.8	736.3	-58.3	-7.9	0.0	3.4	2.5	0.0	0.0
75	58	0	6.1	4.4	536.4	-45.4	-8.5	0.0	8.7	2.4	0.0	0.0
59	44	0	10.7	2.9	736.1	-29.8	-4.0	0.0	9.8	2.6	0.0	0.0
82	62	15	5.4	6.3	813.6	16.7	2.1	0.0	15.5	1.7	0.0	0.0
95	79	45	-0.6	8.5	575.7	-70.7	-12.3	0.0	12.8	1.8	0.0	1.4
39	18	0	0	4.9	808.6	-58.0	-7.2	0.0	6.9	2.4	0.0	0.0
100	83	40	1.1	10.5	992.6	-70.5	-7.1	0.5	18.7	2.8	3.0	2.9
103	92	35	-0.6	10.1	825.6	-9.6	-1.2	2.0	17.3	4.8	3.5	4.7
101	80	45	0.4	11.0	913.8	-36.8	-4.0	1.0	18.3	2.4	3.0	3.0
106	81	55	-3.0	11.3	1119.9	-91.5	-8.2	0.5	22.8	2.6	2.5	2.6
109	90	50	-9.3	9.9	964.7	-44.7	-4.6	1.5	20.6	4.7	1.5	3.0
104	82	50	-4.3	9.5	922.2	59.2	6.4	0.0	20.5	3.2	1.5	1.2
106	89	55	-4.5	8.6	826.4	-27.2	-3.3	0.0	18.2	4.1	2.0	2.8
104	83	55	-5.4	8.5	765.3	65.7	8.6	1.0	18.2	3.0	1.5	1.5
107	80	60	-7.6	8.1	975.9	124.1	12.7	1.0	21.8	2.2	1.5	1.1
98	78	50		8.1	1035.6			1.0	19.2	1.8	0.0	0.7
103	83	55	-5.1	8.6	883.2	41.4	4.7	1.0	18.4	1.8	1.0	1.3
91	71	45	1.5	7.5	776.8	-4.8	-0.6	1.0	15.7	1.7	0.0	0.4
100	70	45	0	10.9	2179.2	-90.7	-4.2	0.0	28.3	2.0	1.5	0.7
116	102	60	-10.9	11.2	1310.3	16.3	1.2	1.5	17.0	4.5	7.0	5.6
113	91	70	-5.9	9.6	711.1	-43.1	-6.1	2.5	16.6	3.3	4.0	5.3
116	95	70	-7.4	8.7	664.4	-72.4	-10.9	3.0	17.4	3.5	5.0	5.4
97	78	55	-4.9	7.9	691.8	-48.3	-7.0	1.5	15.3	2.2	3.0	3.2
95	76	45	-9.1	6.5	778.4	-11.6	-1.5	1.0	17.2	2.2	1.0	0.2
107	87	60	-1.9	8.7	853.3	-13.3	-1.6	1.0	12.8	2.0	1.5	2.8

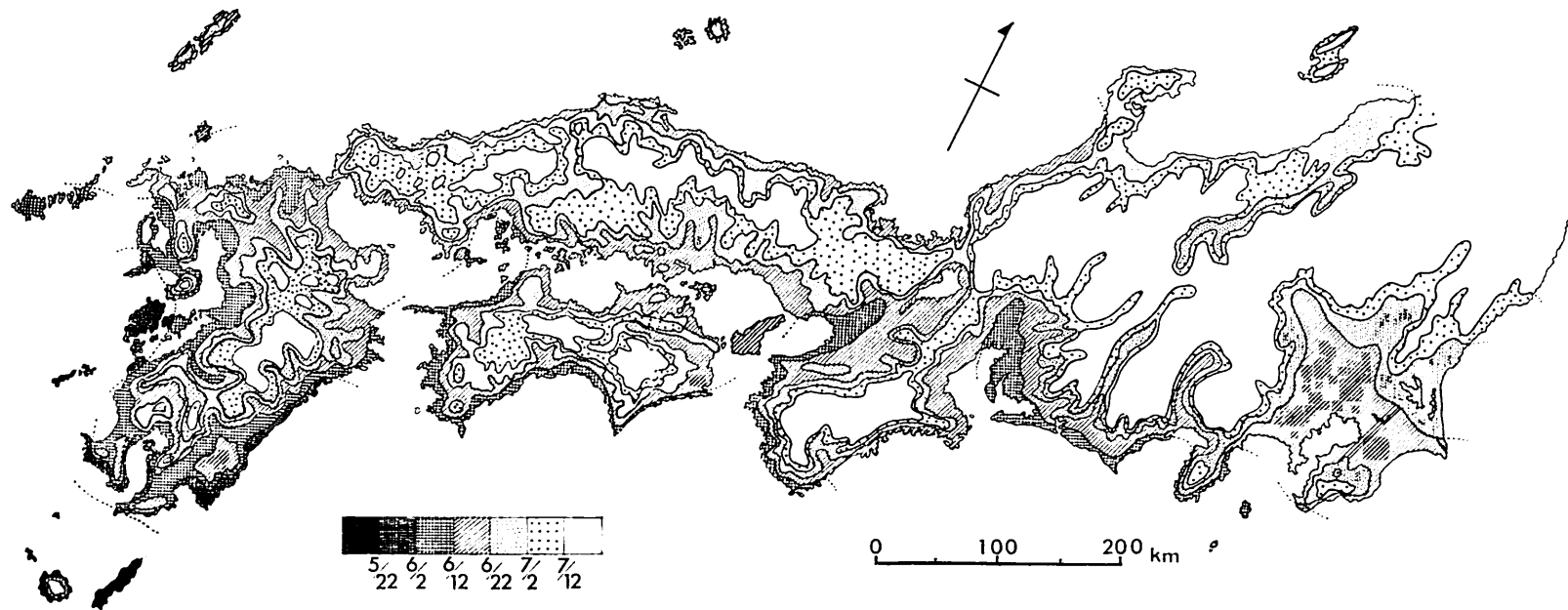
temperatures above 12.5°C between Eight Years (‘67~’74) and Normal ⑦ Normal Date exceeded 470 level integrated Mean Temperatures above 12.5°C ⑧ Temperature at ⑦ ⑨ Difference of Date exceeded 470 level integrated Mean Temperatures above 12.5°C between Eight Years

地点 Locality	Item 項目	標高 Hm ①	年平均 気温 °C ②	4,5,6月 の 平均気温 °C ③	12.5°C 以上の積 算温度: 300の 月日 ④	同左の 気温 °C ⑤	同左 昭42年 以 降 月日較差 ⑥	12.5°C 以上の積 算温度: 470の 月日 ⑦	同左の 気温 °C ⑧	同左 昭42年 以 降 月日較差 ⑨	21°C 以上の 積算温度 ⑩
				X <sub>1</sub>	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
舞 豊 神	鶴岡	29.8	14.0	16.4	6.22	21.4	1.0	7.7	23.4	0.0	341
	戸	3.8	13.7	16.7	6.22	22.1	2.5	7.7	23.4	1.0	369
	路	58.1	15.5	17.8	6.12	21.1	3.0	6.27	23.2	0.0	449
	本	16.8	14.5	17.1	6.17	21.1	1.0	7.2	23.7	-0.5	402
	山	109.3	15.1	17.3	6.17	21.1	5.5	7.2	23.4	2.0	392
	山	3.3	14.5	17.3	6.17	21.4	3.5	7.2	23.9	2.0	416
	山	145.4	13.3	16.3	6.22	21.5	2.0	7.7	23.6	0.0	316
	山	1.5	14.6	17.1	6.17	21.5	4.0	7.2	23.7	1.5	429
	山	3.9	15.9	18.0	6.7	20.5	-1.5	6.27	23.5	0.0	496
	山	29.1	14.8	17.2	6.17	21.1	5.0	7.2	23.3	2.0	392
廣 防 下	島府	3.0	14.7	17.0	6.18	21.0	2.5	7.5	23.9	1.0	350
	岡	46.2	15.4	17.1	6.17	20.9	2.5	7.2	23.1	-0.5	386
	野	5.5	15.0	17.0	6.17	20.7	1.0	7.7	24.0	2.0	381
	田	19.8	14.9	16.6	6.22	21.3	2.0	7.7	23.5	1.0	340
	郷	26.2	13.8	15.5	6.27	21.3	0.0	7.17	24.4	3.0	281
	江	17.1	14.3	16.5	6.22	21.7	2.0	7.7	23.5	1.0	360
	子	2.1	14.5	16.6	6.22	21.7	3.0	7.7	23.7	2.5	370
	取	6.5	14.2	16.3	6.22	21.5	3.0	7.7	23.7	1.0	345
	島	17.3	14.3	16.5	6.22	21.5	2.0	7.7	23.5	1.0	349
	山	1.3	15.5	17.8	6.12	21.1	5.5	6.29	23.6	2.5	434
高 多 松	山	1944.3	4.4	7.3	—	—	—	—	—	—	0
	松	8.9	14.9	17.2	6.16	21.6	5.0	7.3	24.4	6.0	425
	津	3.5	15.5	17.3	6.16	21.4	4.0	7.3	23.9	1.0	451
	山	32.2	15.4	17.5	6.14	21.1	3.5	7.1	24.0	4.5	436
	島	42.6	16.1	18.2	6.8	20.6	2.5	6.26	23.5	2.5	443
	毛	49.7	16.2	18.4	6.5	20.4	5.5	6.24	22.9	1.0	416
	摺	29.8	17.8	19.5	5.26	20.6	6.5	6.14	22.1	0.5	531
	知	0.5	16.1	18.6	6.4	20.8	4.0	6.23	23.0	9.0	451
	岬	184.7	16.4	18.0	6.8	20.3	1.0	6.28	22.6	1.0	372
	岡	2.1	15.7	17.9	6.12	20.8	6.5	6.30	24.1	6.5	451
日 大 佐	塚	35.9	15.0	17.5	6.14	21.0	3.0	7.1	23.9	4.0	408
	田	82.9	14.4	17.4	6.16	21.4	7.5	7.2	24.2	0.0	383
	分	4.7	15.3	17.3	6.16	21.0	5.5	7.3	24.1	3.0	394
	智	4.1	15.8	18.4	6.7	21.1	6.5	6.25	23.8	6.0	485
	原	20.8	15.1	16.9	6.19	20.7	-1.0	7.6	23.1	1.0	343
	江	26.7	16.7	18.0	6.9	20.5	—	6.28	23.3	—	441
	江	25.6	16.2	17.9	6.9	19.9	-1.5	6.28	22.7	-1.0	423
	戸	58.2	15.8	17.2	6.16	20.5	3.0	7.5	23.0	0.0	354
	保	16.7	16.3	18.4	6.6	20.5	2.5	6.24	23.4	-1.5	495
	崎	26.9	16.6	18.6	6.5	20.6	0.0	6.23	23.2	0.5	506
阿 人 牛	崎	849.4	11.4	14.2	7.12	20.7	3.0	7.30	22.3	2.0	45
	本	37.9	15.9	18.6	6.5	21.0	6.5	6.23	23.5	4.5	493
	山	1142.7	9.4	12.3	7.27	20.5	1.0	8.18	20.2	1.0	0
	吉	146.4	15.0	17.9	6.11	20.6	5.5	6.28	23.5	1.5	369
	深	30.2	17.3	19.0	5.31	20.4	4.0	6.19	22.3	-1.0	502
	岡	19.3	16.1	18.6	6.3	20.5	-1.5	6.23	22.5	0.0	420
	崎	7.4	16.8	19.0	6.1	20.7	6.0	6.20	22.9	2.0	493
	津	2.5	17.5	19.6	5.26	20.6	7.5	6.14	22.1	2.5	532
	城	154.2	15.5	18.1	6.9	20.6	4.5	6.27	23.5	5.0	381
	島	4.8	17.0	19.2	5.31	20.9	8.0	6.18	22.8	4.0	544
阿 枕 屋	根	40.3	16.7	18.6	6.4	20.5	2.5	6.23	23.1	2.0	451
	崎	29.8	17.3	19.1	5.30	20.4	2.5	6.18	22.3	2.5	490
	島	14.2	19.2	20.5	5.14	20.6	6.5	6.3	22.1	0.0	617
種	17.0	19.4	20.6	5.13	20.5	3.5	6.1	22.0	4.0	637	

(‘67~’74) and Normal ⑩ Normal Integrated Mean Temperatures above 21°C ⑪ Normal Days Number of Mean Temperatures above 21°C ⑫ Normal Days Number of Monochamus Alternatus Flying Activity ⑬=⑩-⑫ ⑭ Normal Days Number of Mean Temperature above 25°C ⑮ X<sub>6</sub>, Days Number Difference of Mean Temperature between Eight Years (‘67~’74) and Normal ⑯ X<sub>7</sub>, Normal Monthly Mean of Maximum Temperature (January) ⑰ X<sub>8</sub>, Normal Summer Precipitation (June—September) ⑱ X<sub>9</sub>, Summer Precipitation Difference between Eight Years

21°C 以上の 日数 ①	マダラカ ミキリの 行動可能 日数 ⑫	25°C 以上の 日数 ⑬	昭和42年 以降の 対平差 X <sub>6</sub> ⑭	1月 の 平均 最高気温 °C X <sub>7</sub> ⑮	平年値 6,7,8, 9月 降水量 mm X <sub>3</sub> ⑯	昭和42~48年の間		昭和38 ~48年	平年値		マ ツ 立 枯 れ 被 害 度 Y ⑳	同 左 推 定 値 △ ㉑
						6,7,8, 9月 降雨 較差 mm X <sub>5</sub> ⑰	" % ⑱	異常少 雨 の 年 数 X <sub>2</sub> ㉒	日平均 気温 21°C 以上 で 降水 量 10mm 以上 の日 数 ⑳	6,7,8, 9月 平均 風速 m/s X <sub>4</sub> ㉓		
92	73	45	1.3	7.4	843.8	-35.8	-4.2	1.0	16.7	2.1	0.5	0.5
92	73	50	1.1	6.6	723.8	3.2	0.4	1.0	16.3	1.7	0.5	1.0
109	90	65	-4.3	8.3	689.4	-15.4	-2.2	2.0	16.6	3.6	4.5	4.7
100	81	60	-2.4	8.6	697.4	0	0	2.0	15.8	2.2	5.0	4.6
102	86	60	-1.4	8.0	810.5	-40.0	-4.9	3.0	16.7	3.3	6.0	5.0
101	81	55	-0.9	8.6	627.8	-17.8	-2.8	2.5	14.9	1.9	6.0	4.8
91	70	45	8.0	7.0	791.1	-14.1	-1.8	1.0	17.3	1.9	1.0	1.0
102	83	60	-2.1	8.9	619.4	-30.6	-4.9	2.0	14.7	1.5	4.0	3.2
111	89	65	-5.4	9.0	754.2	-28.3	-3.8	1.0	18.3	2.0	3.0	3.0
100	79	60	-1.6	8.7	870.4	-116.4	-13.4	2.0	19.3	2.6	2.5	3.6
97	72	55		8.4	943.2			1.0	20.0	1.8	2.0	1.7
102	84	55	-1.6	8.3	912.4	-107.4	-11.8	1.0	19.0	4.3	4.5	3.1
96	77	60	-2.5	8.3	877.5	-88.5	-10.1	1.0	17.8	3.3	1.5	2.5
92	75	45	3.8	8.5	789.0	-49.0	-6.2	0.5	16.3	3.4	1.0	0.6
86	71	40	3.1	6.9	753.7	-121.2	-16.1	0.0	14.0	3.5	0.0	0.0
95	76	45	1.7	7.2	863.8	-84.8	-9.8	2.0	17.1	2.6	1.0	2.3
97	77	50	0.8	7.4	813.9	17.6	2.2	2.0	17.4	2.4	1.0	1.8
92	74	45	4.1	7.2	812.3	-22.8	-2.8	2.0	16.2	2.8	1.0	1.5
93	74	45	-0.2	7.1	741.3	-0.3	0.0	2.0	16.6	2.4	1.0	1.3
109	88	60	-13.6	9.4	893.1	-9.4	-1.1	2.0	19.2	3.5	2.0	2.2
0	0	0	0	-4.0	1906.8	-40.5	-2.1	0.0	0	6.5	0.0	0.0
104	86	60	-5.8	8.6	587.6	-62.0	-10.6	2.5	13.8	2.4	4.5	4.2
108	91	65	-3.9	8.6	578.5	-55.5	-9.6	2.0	15.0	2.5	4.0	5.0
106	86	60	-3.6	9.3	687.8	-101.9	-14.8	2.0	15.6	2.0	2.0	3.9
110	86	65	-6.4	11.0	918.1	-148.2	-16.1	2.0	19.5	2.2	3.5	4.3
110	82	60	-4.3	10.7	1049.6	-36.9	-3.5	1.0	22.6	3.7	4.0	3.9
134	109	75	-3.6	11.6	1146.8	-106.6	-9.3	1.0	29.1	4.0	5.0	4.9
118	83	65	-0.9	11.5	1415.0	-106.7	-7.5	0.0	28.4	2.0	2.5	2.0
114	91	55	-6.6	10.7	1220.0	-27.2	-2.2	1.0	24.1	7.5	3.5	3.8
106	82	60	-3.1	9.3	923.2	-160.6	-17.4	1.0	19.7	2.8	4.5	3.3
101	77	60	-4.6	9.1	979.7	-127.9	-13.1	1.0	19.9	2.5	3.5	3.1
100	75	50	-1.2	8.6	1065.5	-107.4	-10.1	1.0	20.3	1.7	2.0	2.5
102	81	60	-2.9	9.8	945.5	-93.3	-9.9	1.5	18.8	2.3	6.6	3.6
114	87	60	-0.9	9.5	1043.3	-91.1	-8.7	1.0	22.7	2.2	3.5	3.6
96	75	50	-2.0	9.3	1175.3	-37.3	-3.2	0.5	21.1	3.0	1.0	1.1
114	93	65			1120.5			1.5	21.1	3.6	(4.0)	4.5
104	84	55	0.9	9.4	1021.1	11.4	1.1	1.5	17.8	4.5	(4.0)	4.6
103	85	55	-0.8	8.6	1153.8	-192.8	-16.7	1.0	21.1	3.8	3.5	3.3
104	84	65	-2.4	9.2	1068.0	-171.0	-16.0	2.0	22.0	2.3	5.0	5.1
115	92	65	-3.2	9.7	1033.1	-22.6	-2.2	2.0	21.0	2.8	4.5	4.9
51	46	0	0	4.3	1511.4	-0.7	0.0	2.0	10.1	5.1	0.5	0.3
118	85	70	7.1	10.0	1106.3	-67.3	-6.1	2.0	24.7	2.3	5.5	5.5
0	12	0	0	1.2	1875.9	-125.4	-6.7	0.0	0	4.9	0.0	0.0
103	74	55	0.6	9.5	1331.6	40.2	3.0	0.5	25.3	1.9	2.0	2.2
121	99	70	0.2	10.8	1036.4	-11.9	-1.1	2.0	23.9	3.6	8.0	6.3
108	81	60	4.3	11.8	1202.9	-195.1	-16.2	2.0	22.8	2.0	5.0	5.6
121	87	75	-6.2	12.8	1380.2	-106.0	-7.7	1.0	29.0	3.4	4.0	4.2
128	93	80	-3.0	13.1	1383.3	-63.7	-4.6	0.0	31.2	3.0	3.5	2.8
106	75	60	-2.9	11.3	1527.8	-113.2	-7.4	0.0	26.7	2.8	2.5	3.0
127	91	80	0.2	12.0	1291.3	33.9	2.6	1.5	28.9	3.1	5.5	4.7
116	91	70	-4.9	10.4	1189.0	2.4	0.2	2.0	24.0	3.3	4.5	4.5
124	96	80	-4.6	12.3	1103.5	-27.5	-2.5	1.0	24.4	4.2	4.0	4.5
149	113	85	1.8	13.8	1777.8	-35.4	-2.0	0.0	37.1	4.8	3.0	2.8
156	131	90	-4.0	13.9	1119.3	-29.6	-2.6	1.0	30.0	4.8	(4.0)	4.6

(‘67~’74) and Normal ⑱ Percent. of Summer Precipitation Difference between Eight Years (‘67~’74) and Normal ⑲ X<sub>2</sub>, Years Number of Poor Precipitation (‘63~’74) ⑳ Normal Days Number of Mean Temperature above 21°C and of Precipitation above 10mm ㉑ X<sub>4</sub>, Normal Mean of Summer Wind Speed (m/sec) (June~September) ㉒ Y, Degree of Pine Stand Damage ㉓ △ Presumed Degree of Pine Stand Damage



第 14 図 日平均気温 12.5°C 以上の積算温量が 300 を越す月日 (平年値) ( $\sum(T-12.5) \geq 300$ )

Fig. 14 Date exceed the 300 revel integrated mean daily tempratura above 12.5°C (Normal Value)

較差が高い個所、(福岡, 大分, 高松, 和歌山, 水戸等)が、周囲よりも被害の高いことが認められ、被害との相関性が考えられるが、その逆の例(延岡, 高知, 京都, 愛知等)もあり、この較差の有意性は認められないことになる。

2.7 12.5°C 以上の積算温量と立枯れ

老熟幼虫で越冬したマダラカミキリは、春季の気温がほぼ12°Cになると発育しはじめて蛹となり、(奥田1973, 遠田1975)。初夏になると羽化して材外に脱出する。この羽化脱出の期日は、気温から12°C程度を控除した温量の積算値できまり、温量積算値が240~290に達すると羽化脱出がはじまり、更に500近くになると脱出最盛期に相当すると報告されている(竹谷等1975, 遠田1975)。

本報告では、福岡県内で行った、マダラカミキリの年度別発生消長調査の結果を参考にして、越冬した老熟幼虫の発育開始のベースを12.5°Cにおき、日平均気温(平均値)から有効温量を算出した。なお、最盛脱出期の積算温量を470、安定脱出初期のそれを300と仮定して期日の計算を行った。

$$\Sigma(T-12.5)=300 \text{ 安定脱出初期}$$

$$\Sigma(T-12.5)=470 \text{ 最盛脱出期}$$

但し T=日平均気温

日別の平均気温平年値(気象庁1973)をもとに算

出した…各地の期日、その時の気温、昭和42年から49年の間の期日の対平年較差をTable 2に掲げ、平年期日と較差との分布をそれぞれ、Fig. 14, Fig. 15, Fig. 16, Fig. 17に示す。

これらの分布図を立枯れ被害の分布と対比すると次のようなことが云える。

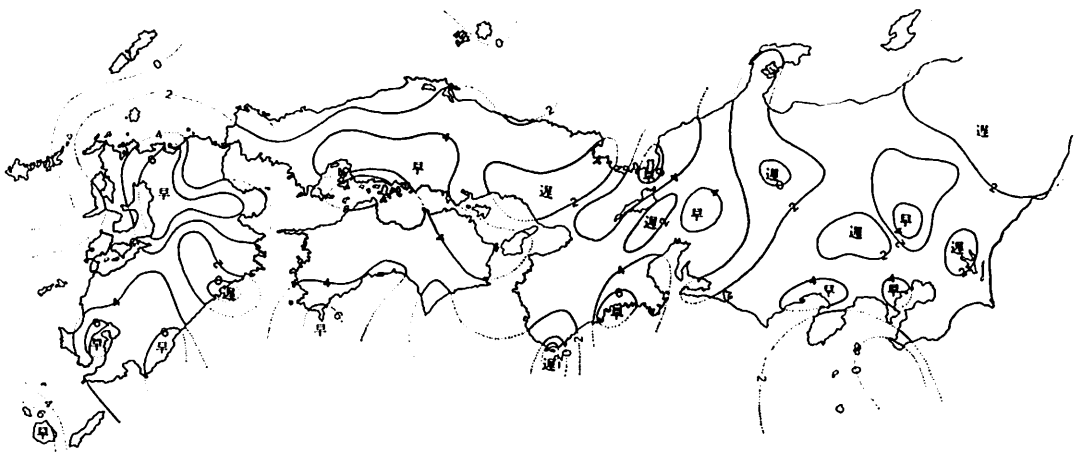
(ア) 積算温量が300に達する期日が6月17日より早い地域に激害地が、6月17日以降、6月末迄の地域に軽微害地が出現し、7月以降になると被害は殆んど発生していない。

(イ) 積算温量が470に達する期日が、7月2日以前の地域に激害地が、それ以後7月22日までの地域に軽微害地が出現している。それ以降では被害がほとんど発生していない。

(ウ) 較差は、温量470の場合の方が、被害分布とやや密接な関係を示し、平年よりも早く期日に達した地域に、より多くの被害を発生していることが認められるが、あまり明瞭な関係ではない。

(エ) Fig. 14, Fig. 16のパターンは、4~6月平均気温、年平均気温のそれとよく似ており、その長所、短所は、殆んど共通している。即ち、年平均気温の指標している内容が、やや明確となったものの、環境区分上の効用は、あまり上らなかつたことになる。

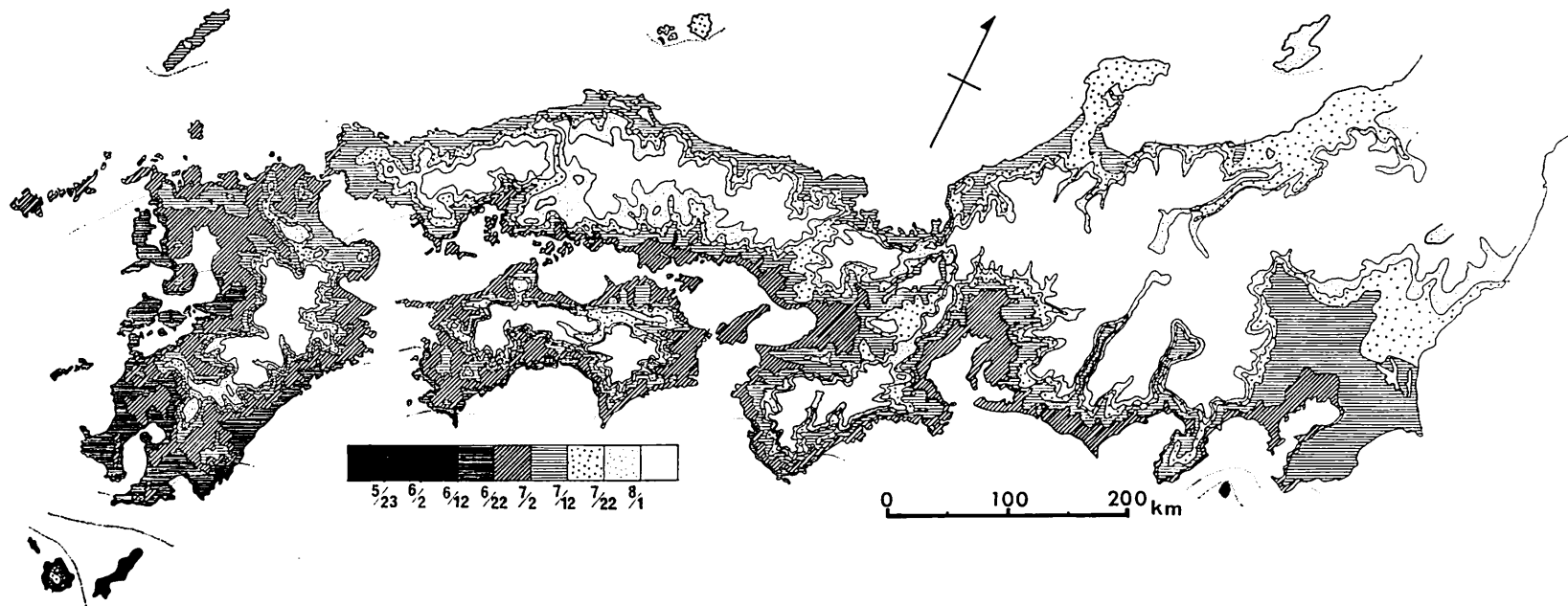
2.8 21°C以上の夏季日数とマツの立枯れ(10mm以上の降雨日数を考慮)



第15図 昭和42年~昭和48年間の積算温量  $\Sigma(T-12.5)$  が300に達する月日の平年値に対する遅早

Fig. 15 Difference of Date exceeded 300 relevel integrated Mean Temperatures above 12.5°C between 8 Years ('67~'74) and Normal





第 16 図 日平均気温 12.5°C 以上の積算温度  $\{\sum(T-12.5) \geq 470\}$  が 470 を越す月日 (平年値)

Fig. 16 Normal Date exceeded 470 level interratered Mean Temperatures above 12.5°C

積算温量による期日が、立枯れと密接な関係を示すことは、マダラカミキリの羽化脱出が早く行われ、夏季における彼等の活動期間が長いほど、マツの立枯れを発生しやすいことを示唆している。

そこで、本項では、マダラカミキリの活動（主として飛行活動）可能期間に的をしぼり、それに関係すると思われる気候値を解析してみた。

マダラカミキリは夜行性であり、温度が18°C以上で行動するという（森本等印刷中）。（石窪1962）。

Table 2 において、積算温量が300に達した時の気温は、全国的にほぼ21°Cとなっており、その時の夜間の最低温度は丁度18°Cになっている。即ち、マダラカミキリが安定した脱出羽化を開始するとき、周囲の気温も活動可能な状態になっているわけである。

平均気温21°Cと最低気温18°Cとは、ほぼ一致した期日ではあるが、後者の方が、若干遅くなっている地点もあるので、日平均気温が21°C以上で、しかも日平均最低気温が18°C以上の日数を算定し、この日数がマダラカミキリに関係が深いものと考えた。この日数の分布をFig. 18に示す。

マダラカミキリは降雨の激しい時には行動しないことが知られており、筆者等の調査例（萩原等1970、

1973）をもとに、少くとも日降雨量が10 mm以上の日には行動しないものと考えた。（マツのシラホシゾウムシ類での調査例より推定したもので、他に岩崎・森本1971の報告内容をも参考にした）、従つて、マダラカミキリの行動可能日は、21°C以上等の温度条件をみたす日数から、同じ期間内の10 mm以上の降雨日数を控除したものでなければいけないことになる。ここで、マダラカミキリの行動可能日数（A）を次式によつて求めることにした。

$$A = (M - P_m) + (L - P_l) \div 2$$

但しM=日平均気温が21°C以上の日数

$P_m$ =同上期間内の10 mm以上の降雨日数

L=日平均最低気温が18°C以上の日数

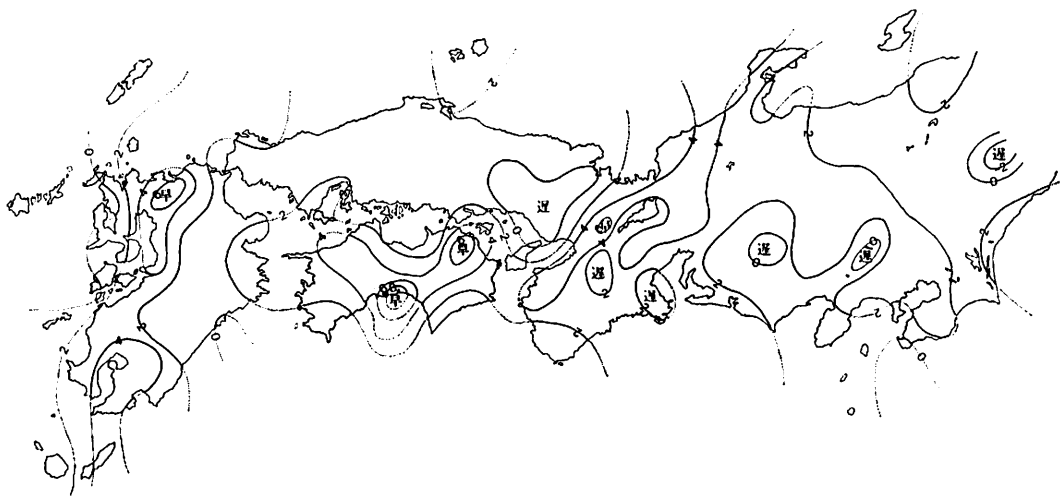
$P_l$ =同上期間内の10 mm以上の降雨日数

このAの値いを“マダラカミキリの行動可能日としてTable 2に掲げている。また、これを分布図化したものをFig. 19に示す。

まずFig. 18をマツの枯損分布と対比してみよう。

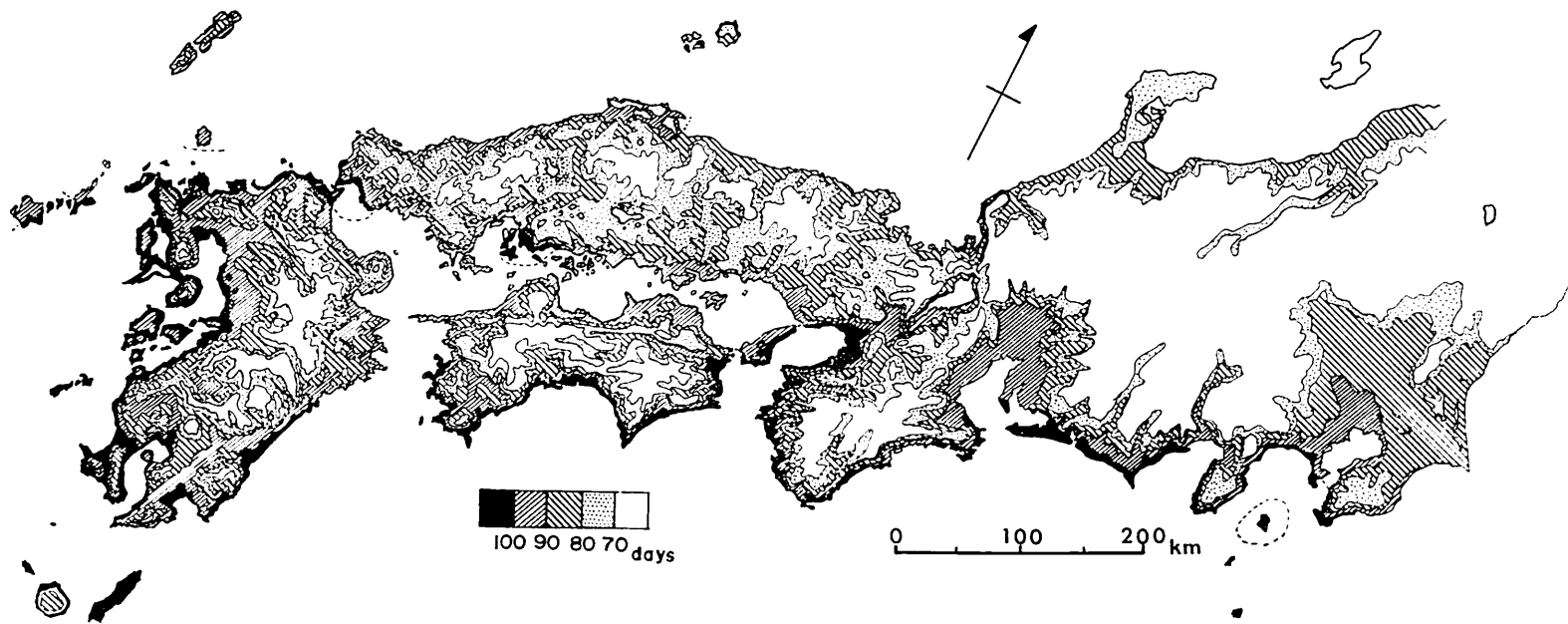
○ 21°C以上（日最低18°C以上）の日数が80日から90日の地域に軽微害地が、90日以上の地域に激害地が発生していることが認められている。

○ この21°C（日最低18°C）以上の日数の分布パターンは、これまで掲げた、年平均気温、4～6

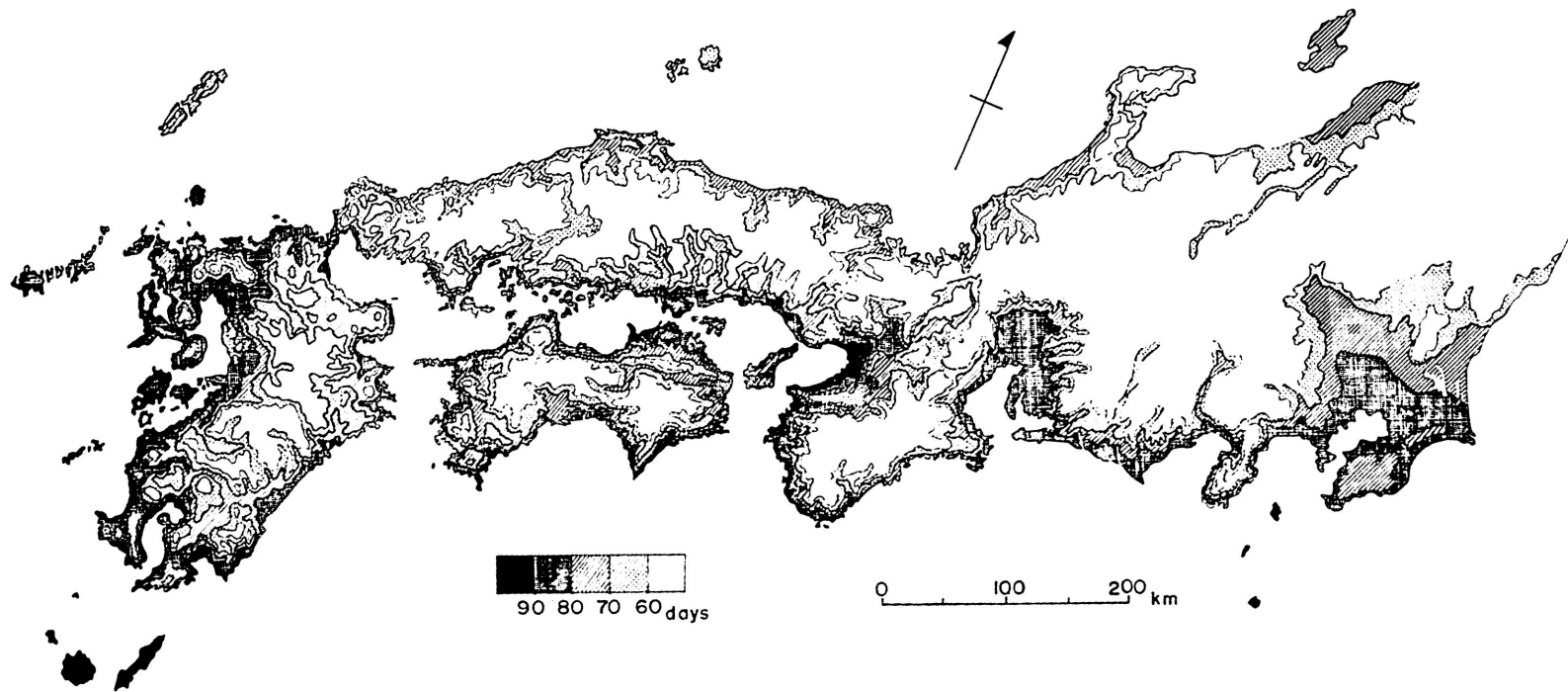


第17図 昭和42年～昭和48年の間、積算温量 $(\sum(T-12.5))$ が470に達する月日の平均値に対する遅早

Fig. 17 Difference of Date exceeded 470 level integrated Mean Temperatures above 12.5°C between 8 Years ('67~'74) and Normal



第 18 図 日平均気温が 21°C 以上で日平均最低気温が 18°C 以上の日数 (平年値)  
 Fig. 18 Normal Days Number of Mean Temperatures above 21°C and Mean of Minimum Temperatures above 18°C

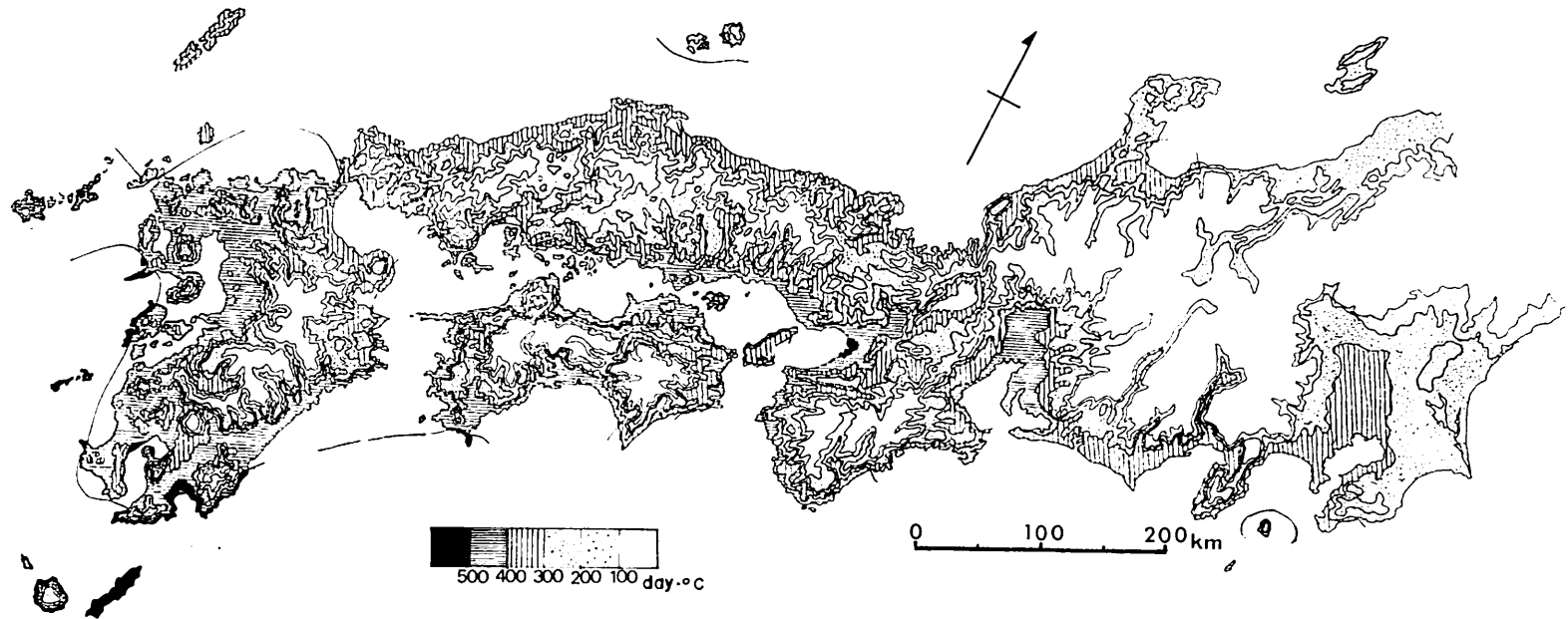


第 19 図 マツノマダラカミキリの行動可能日数 (平均値)

Fig. 19 Days Number of *Monochamus Alternatus* Flying Activity (A)

$$A = \frac{a+b}{2} \quad \text{but}$$

a : days no. of above 21°C after days of 10 mm precipitation deduction.  
 b : days no. of above 18°C (min.) after days of 10 mm prec. deduction.



第 20 図 日平均気温 21°C 以上の積算温量 (平年値)  
 Fig. 20 Normal Integrated Mean Temperatures above 21°C

月平均気温、積算温量による期日の分布等と、その分布パターンは似ているが、マツの枯損分布との対応を検討してみると、これらよりも、かなり良くなっていることが認められる。即ち、これまでは2つ凡例の区分にまたがって図示されていた軽微害区域（例えば、積算温量470の期日では7月2日から7月22日までの20日間の中で規定されている）が、Fig. 18では1つの凡例区分（10日間）で示されており、簡潔となつている。これに伴って、これまでは矛盾の多い存在であつた、水戸市周辺の軽微害地が、他の軽微害地と、ほぼ同じ環境で表示されることになつた。

次に Fig. 19 とマツの枯損分布とを対比してみると、次のようなことが云える。

- マダラカミキリの行動可能日数が、70日未満では、被害がなく、70日から80日の地域で軽微害が、80日以上地域で激害地が見出される。

- Fig. 19のパターンは Fig. 18のパターンと非常によく似通っているが、70~80日の軽微害環境が、現実に被害の少ない裏日本で少くあらわれていること、南紀の尾鷲、北九州の豊前等、局所的な軽微害地が、環境面でも軽微害地となつたこと、平均気温の上で低温であるにもかかわらず被害が発生していた水戸市周辺が、同じく軽微害環境として表示されたこと等、現実のマツの立枯れとの対応が、ぐつと良くなつている。

- マツの立枯れ分布との対応は、Fig. 19によつて、かなり良くなつたが、激害可能地でありながら、現実には、被害が発生していない個所が、まだ多数みうけられる（徳島・京都、三重、愛知等）。これを説明するには、このマダラカミキリの行動可能日数だけでは、まだまだ不十分であり、別の要因の検討が必要と考えられる。

これまでは、気温だけを考慮して、マツの立枯れ分布との対応を検討することが多かつたのであるが、気温の他に降雨が問題であり、この降雨が、まず虫の行動を制約していることが、大きな要因として加わつてきたわけである。

## 2.9 21°C および 25°C 以上の日平均気温とマツの立枯れ

21°C 以上の日平均気温になるとマダラカミキリは安定した羽化脱出をはじめて活動期に入り、更に気温が上昇して 23°C~24°C 以上になると、その脱出は

最盛期となる（Table 2 の積算温量 470 の時の気温が、これに相当するが、この期日は西南の地方では、まだ梅雨のさかりであつて気温もそれほど高くはないところがある等、その時の気温は地方によつてやや区々で、積算温量 300 のときほどは、そろつていない）。梅雨明け（脱出最盛期ないしはその1~2週間後）と共に各地とも盛夏に入り、日平均気温は 25°C を越え、カミキリの活動はいよいよ活潑となる。

ザイセンチュウも 21°C 以上になるとそろそろ活動期に入り（ザイセンチュウの接種木は 21°C 以上にもなると枯死するものが出てくる：橋本 1973, 小河 1973）、25°C 以上になると、その動きや増殖は活潑化してくる。

一般に樹木は 25°C を越すほどの盛夏では、生長を休止するものが多いといわれ、マツの場合も、これほどの高温期には樹勢がかなり低下するのではないかと推定される。

即ち 21°C 以上とくに 25°C 以上になると加害者の活動が活潑化するのに対して、被害者のマツの方は、衰弱の傾向が出てくるわけであり、この高温が、立枯れ被害の量と密接な関係にあるのではないかと考えられる。

そこで、この高温状況を指標していると思われる7~8月の平均気温、21°C 以上の積算温量、25°C 以上の積算温量、25°C 以上の日数等の気候数値を算出して（Table 2）、立枯れ被害と対比してみた。

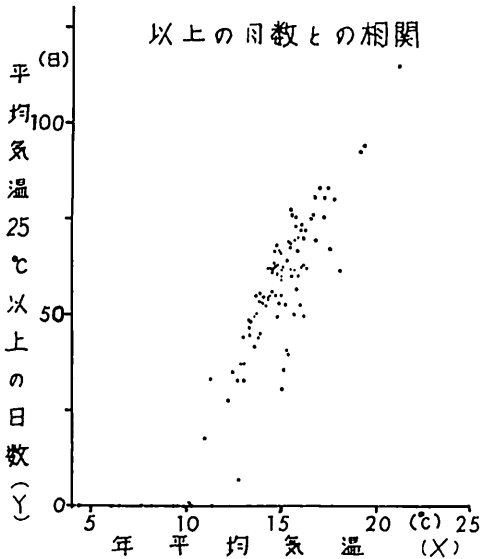
それらの例として夏季 21°C 以上の積算温量  $\{\sum(T-21)\}$  の分布を Fig. 20 に示す。そのパターンは、年平均気温等と似るが、これを立枯れ分布との対応を行いながら仔細に検討してみると、当初の予想に反して次のような矛盾が拡大し、立枯れ環境区分要因としては却つて劣る面が認められた。なお、これらのことは、25°C 以上の積算温量、7~8月の日平均気温、25°C 以上の日数の分布パターンについても、ほぼ共通していえることがらである。

- 被害の少ない北陸、山陰が相対的に高温となり、激~軽害地の出ている表日本側の条件と同等の高温地帯が幅広く出ている。

また、被害の少ない内陸部が高温帯となり、立枯れ分布との相関性ははうすくなつている。

- 25°C 以上の日数の分布と被害分布を対比してみると、次の区分が認められる。

25°C 以上の日数が 35 日未満……無被害地



第21図 平均気温と平均気温 25°C 以上の月数との相関

Fig. 21 Relation between Normal Annual Temperature (X) and Normal Days Number of Mean Temperatures above 25°C (Y)

25°C 以上の日数が 35~54 日……軽微害地

25°C 以上の日数が 55 日以上……激害地

○ Fig. 21 は、年平均気温と 25°C 以上の日数との相関グラフで、年平均気温 13°C でおよそ 35 日、14.5°C で 55 日と、被害との対応指標として密接な関係にあることが認められる。しかし、このグラフをよく検討すると、年平均気温は 15°C を越す激害環境を指標しながら、25°C 以上の日数は 40 日にみたぬような地点が見出される。これらの地点が、被害の少ない裏日本や内陸のものであるのであれば、「たとえ気温が高くても、センチュウ等の活動期間 (25°C 以上) が短かければ、被害が発生しにくい」といつたことが、直ちに結論づけられるのであるが、現実には高い年平均気温でありながら 25°C 以上の日数が少ないのは、被害の多い太平洋 (御前崎、石廊崎、館山、銚子等) であることが面白い。ただこれらの岬付近では、周囲に比べて被害が少ない傾向があり、この理由が 25°C 以上の高温日数が低いことに求められるのかもしれない。これらの傾向は、21°C 以上の積算温度分布図からも読みとることができ。

○ Fig. 22 は、7、8月の平均気温 (平年値) に対する 25°C 以上の日数 (平年値) との関係を示しているが、Fig. 23 は、25°C 以上の日数 (昭和 39~48 年の間の毎年値) との関係を示したものである。Fig. 22 は、分散が小さく関係が密で、要因としての互換性を示しているが、Fig. 23 は、分散が大きく同じ平均気温条件であっても、25°C 以上の日数が 20 日以上も異なることがあることを物語っている。

同じ平年気温の個所であっても、年度によって、その場所によって、25°C 以上の高温日数が異なっているので、昭和 42 年以降 48 年までの日数の平年値に対する較差を求めてみた。その分布状況は Fig. 24 に示すとおりである。このパターンを被害分布と対比してみると、

○ 25°C 以上の日数が平年に比べて 6 日近くも長くなっている地域は、周囲に比べて相対的に被害が大きい。近年になって激化しているところである (熊本県、延岡、水戸、大船)。

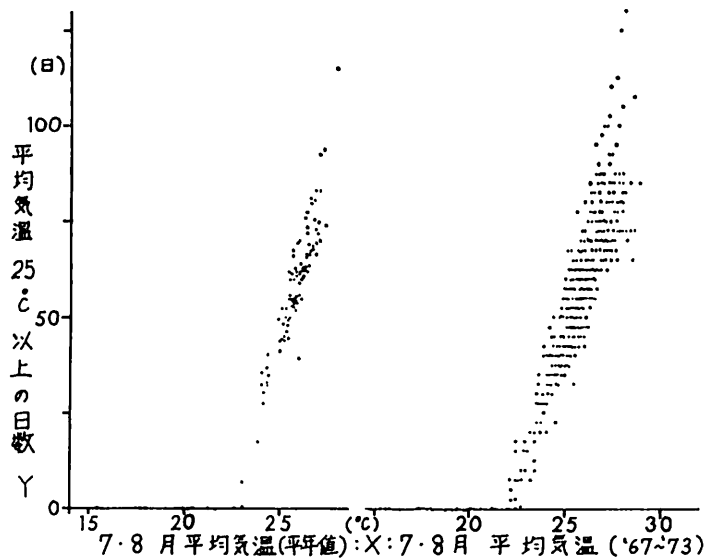
○ 25°C 以上の日数が平年よりも 6 日以上も短くなっている地域は、被害が少ない (銚子、御前崎、徳島、名古屋、津、近江)、最近被害が少なくなっている (潮ノ岬、室戸、日南) とところである。

例外 (大阪)

○ 本図では読みとることができないが、京都 (夏は全国でも有数の高温地) の場合、ここ十年余り殆んど平年値であり、高温ながらも年次による経年変化は殆んどない。そして、ここでは、マツの立枯れが微害にとどまっている。

25°C 以上の日数は、さきにマダラカミキリの行動可能日と考えた 21°C 以上の日数 (10 mm 以上の降雨日を控除した場合も勿論) よりも、マツの立枯れ分布との対応が低い。25°C 以上の気温は、マダラカミキリよりもザイセンチュウの活動増殖に関係の深い気温 (小河ら 1973) と考えると、マツの立枯れはザイセンチュウの直接加害によるとしても、その枯損被害率の大小は、その遊び屋であるマダラカミキリの活動の大小、(活動期間の大小) に結びつくことが多いのではないかと推定される。

また、25°C 以上の日数の絶対値よりもその較差が、立枯れ被害の分布と密接な対応を示したことも、前記の事柄を考慮すると、マツノザイセンチュウとの関係よりも、マツ自身の健康度に関係していると考えた方がよいように思われる。マツは生育環境の中が広く、

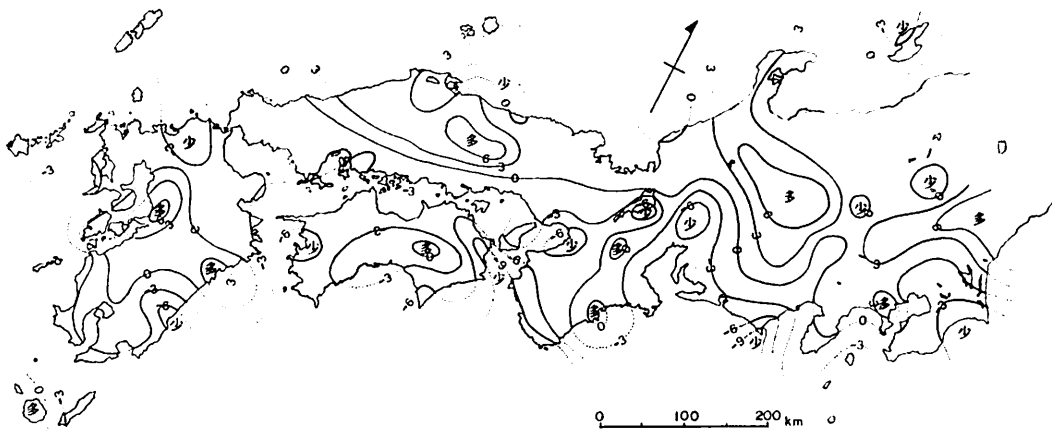


第 22 図

第 23 図

Fig. 22 Relation between Normal Two Months Temperatures (July, August) (X) and Normal days Number of Mean Temperatures above 25°C (Y)

Fig. 23 Relation between Two Months Temperatures (July, August) (X) and Days Number of Mean Temperatures above 25°C (Y) on Years ('64~'73)



第 24 図 25°C 以上日数の平年値との較差 (昭和42年~昭和48年)

Fig. 24 Days Number Difference of Mean Temperatures above 25°C between 8 Years ('67~'73) and Normal

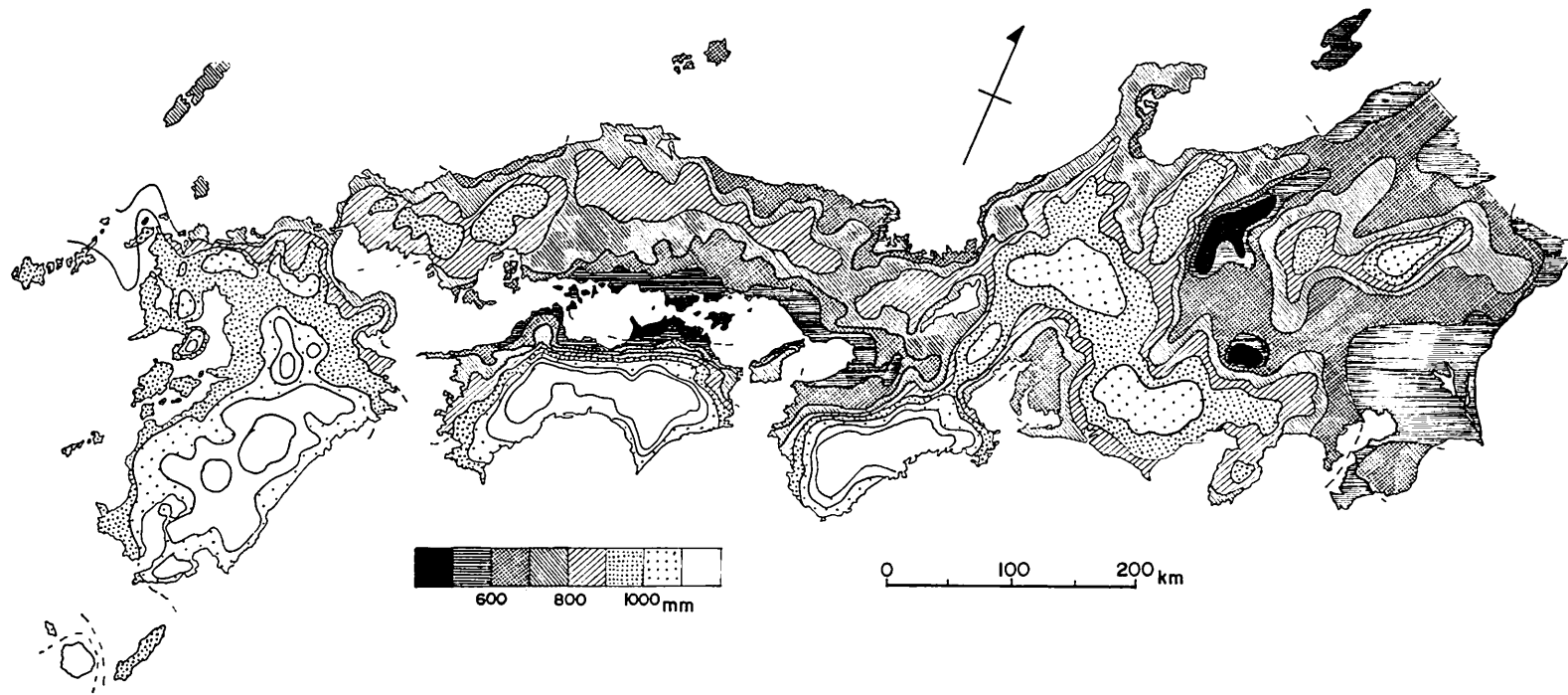
乾湿、どのような環境にも生立する樹木であるが、環境の較差には弱いと考えられるフシがある(竹下等 1971) ので、夏季に平年以上の高温日がつづくると衰弱する危険性が高く、それが、被害率の増大をもたら

すのではないかと考えられる。

2.10 夏季(6・7・8・9月)4カ月降水量とマツの立枯れ

マグラカミキリの行動可能日を推定する上で、10





第 25 図 夏季 (6, 7, 8, 9) 4 月降水量 mm (平年値)  
 Fig. 25 Normal Summer Precipitation (June~September)

mm 以上の降雨日が加害者側にとって大きな阻害要因となつていることを述べたが、降水量はマツの健康度にも関係し（竹下等 1971, 大山・印刷中）、降水量が大きければマツは樹勢をまして枯死しにくくなることが考えられる。

マツが衰弱しやすく、また、加害が行われるのは夏季であるので、それに対応する6月から9月までの4ヶ月降水量（平年値）を算定し（Table 2）、Fig. 25 に示すような分布図を作成した。Fig. 25 とマツの立枯れ分布との対比関係は、一見しただけではわかりにくいですが、これまで述べてきた、気温関係の分布図、較差の分布図等と立枯れとの関係を念頭におきながら検討すると、おおよそ次のようなことが云える。

- 気温関係・その較差の関係で激害の可能性が強かつた地域で、4ヶ月降水量が、700 mm 以下の地区に激害地がみられ（瀬戸内、房総）、800 mm 以下でも若干その傾向がうかがえる。逆に 1100 mm 以上の地域では、南九州のような特別の高温地帯を除くと被害は少なくなっている（高知、尾鷲）。

- 水戸市周辺、北陸、山陰のように、気温関係では被害発生ボーダーライン上にあつた地区では少雨地区の方が、被害を発生している。

マツが、水分環境の較差に弱い樹木であると考えられると、最近における夏季降水量の較差が問題になり、平年値よりも少雨地域では被害が、発生し、多雨地域では被害が抑えられるはずである。そこで、昭和42

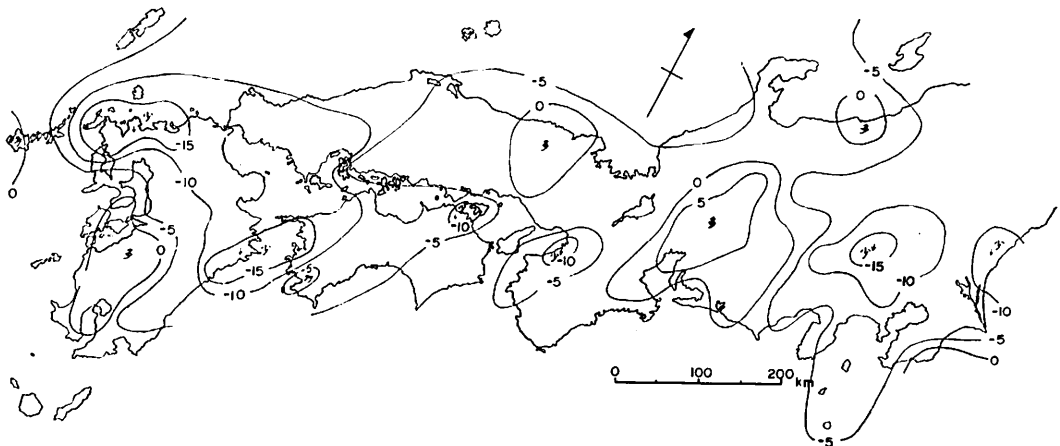
年から48年まで7ケ年の平均夏季降水量の平年値に対する較差（%）を求め、Fig. 26 に示すような分布図を作成した。

Fig. 26 を被害分布図と対比してみると、負の較差地区では、-5%、-10%、-15%と、近年少雨であつた地域ほど、激害化しているか（高温地区では、それ以外でも激害地が出ていた）、少なくとも周囲より被害率が高まつているものが多い（北部九州、大分、延岡、佐田岬、高松、大阪、和歌山、水戸）、これに対して、近年多雨であつた地域（愛知、岐阜、津、伊勢）では被害が出ていない。

これとは別に、近年において、3年間以上少雨であつた地区の較差をしらべてみると、房総の勝浦などは3年平均で-20%に達する少雨があり、ここでは、最近激害地となつている。昭和42年以降での3年間（連続）少雨記録を検討してみると、勝浦等以外は、大略 Fig. 26 のパターンに従うので、分布図は省略した。

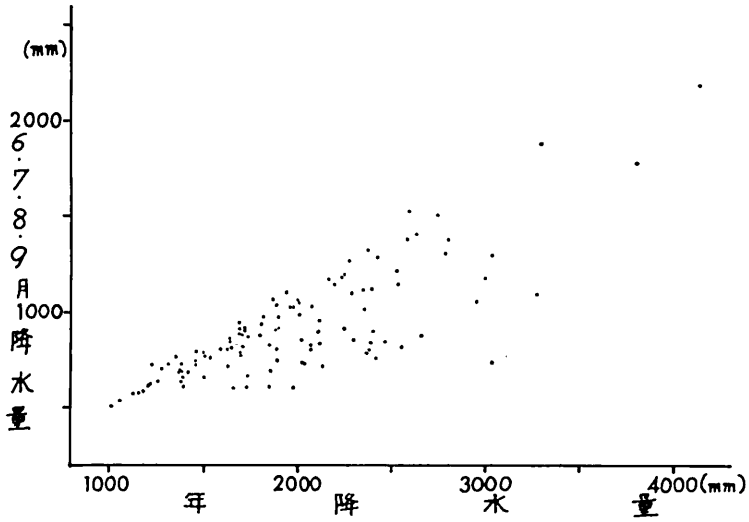
このように、夏季降水量の平年値と共に、とくにその較差が、被害率と結びつくことは主としてマツの健康度との対応と考えられる。

Fig. 27 は、年降水量（平年値）と夏季降水量（平年値）との相関を求めたのであるが、分散が著しく、夏季降雨の代替値として年降水量を用いるのは無理なことを示している。気温の場合、4～6月の平均気温や、積算温度（ $\geq 12.5^{\circ}\text{C}$ ）が300や470に達する期



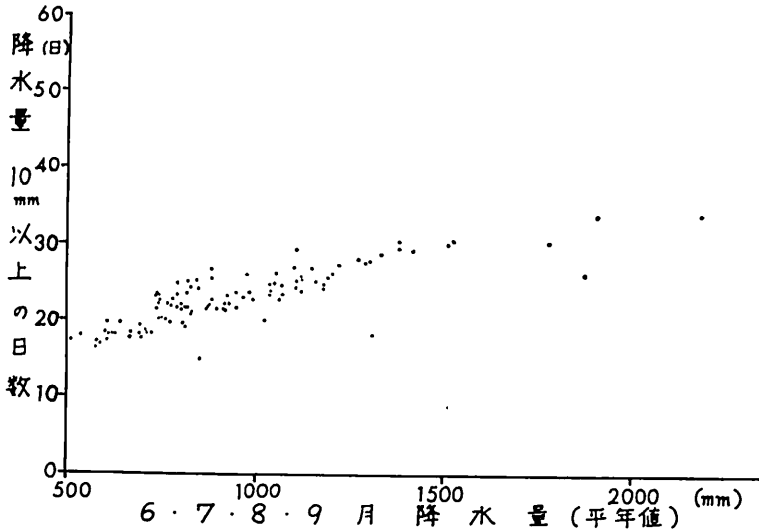
第 26 図 4 月 (6, 7, 8, 9) 降雨の平年値との較差 (%) (昭和42年～昭和48年)

Fig. 26 Summer Precipitation (June~September) Difference between 8 Years ('67~'73) and Normal



第 27 図 年降水量と 6, 7, 8, 9 月降水量との相関

Fig. 27 Relation of Normal Precipitation between Annual (X) and Summer (June~September) (Y)



第 28 図

Fig. 28 Relation between Normal Summer Precipitation (X) and Normal Days Number of Precipitation above 10 mm (Y) (June~Sept.)

日等は、年平均気温と密接な関係を示し、従つて年平均気温だけでも環境指標としての利用が可能であつたわけであるが、降水量の場合は、年降雨では役に立ちえなかつたことになる。

また Fig. 28 は、さきにマグラカミキリの行動を

抑止すると考えた 10 mm 以上の降雨日 (6~9 月) と同期間の夏季降水量との関係を求めたものであるが、一応の相関を示し、その日数を降雨量からも推定しうるものと考えることが出来る。

## 2.11 夏季の異常少雨とマツの立枯れ

当初においても述べたように、この調査のはじめにおいて気付いたことは、九州におけるマツの立枯れ分布の初期パターンと、昭和42年に発生した森林乾燥害の分布パターンとの類似性であった。

のような夏季の異常少雨とマツの枯損分布との具体的な対応を検討すべく、昭和38年から昭和48年までの夏季旬別降雨（気象管署および区内観測所の観測値を利用）を調査した。九州における森林乾燥害と期間少雨量との関係から（徳重・竹下・佐伯1968）、40日間の少雨量が森林の衰弱を指標すると考え、上記の観測値をもとに、各地の夏季40日間最少雨量を年度毎に計算した。Fig. 29, 40日間降雨が300 mm以下の地域を年度別に示したもので、これをマツの立枯れ分布と対比して検討を行なった。

- 鹿児島県中部は、早くからマツの立枯れ被害が発生していたが、これは昭和38年の異常少雨に関係している。
- 房総半島南部・内房、紀伊半島南西部、室戸岬周辺、足摺岬周辺は、40年代の始めからの激害地として知られているが、これらは昭和39年の異常少雨に関係している。
- 九州の被害は昭和43年頃から目立ちはじめ、45年には激甚害化したが、これは昭和42年の異常少雨に関係している。
- 九州のうちでも激甚地として著明な、天草・芦北、津久見、延岡等は、昭和42年に加えて44年の異常少雨とも関係している。
- 山陽筋は、昭和42年の異常少雨の影響を受けて被害発生をはじめた地区（光市、岩国・宮島、岡山東南部、加古川）もあるが、全面的な激害化は、昭和44年の異常少雨との結びつきが強く、昭和46年頃から始まっている。
- 北四国は、昭和42年、44年と2度の異常少雨に見舞われているが、その割には被害が発生していない。佐田岬と屋島（局地的に昭和40年の異常少雨の影響をも受けている）が早く激害化したが、その他（八幡浜、松山、新居浜、伊予三島、観音寺、高松等）は、昭和48年以降に被害が目立ち始めている。
- 阪神、阪和、阪奈、御坊、淡路島等は昭和（一部）42, 44年の異常少雨の影響をうけているが、永く軽微害で止まり、本格的に激害化したのは最近の

ことである。

- 近江盆地は、昭和42, 44の2度の異常少雨に見舞われた草津東方に被害があらわれている。
- 国府津、大船、付近は早くからの被害地であるが、これらは、昭和39年、42年の異常少雨と関係している。
- 水戸市周辺の軽微害は、昭和48年の異常少雨で助長されている。
- 山陰での微害発生は、昭和42, 48年の異常少雨区域に多い。

以上各地の状況についてのべたが、立枯れ被害が、異常少雨と密接な関係にあることが認められる。ただ、異常少雨の影響は、既に或る程度、被害化した地域については、直ちにその年にあらわれていることも多いが、これまで被害が少なかつた地域での初期発生（目立った枯損が出はじめた年）は、異常少雨の年度よりも2年ほど遅れてあらわれるのが特徴的である。

異常乾燥による森林被害調査の印象によると、スキヤヒノキが、その年のうちに<sup>枯</sup>被害したのに対して、マツの枯損は目立つておらず、一見乾燥害に強い樹木のようにも見受けられたのであるが、外見上は被害がなかつたマツも、根系等に障害をうけ、その後遺症が、1～2年後の衰弱となつてあらわれたのかもしれない。（大山等1969と付号）

また、マツの立枯れを一種の伝染病と考えると、異常少雨時には、少数ながらも広く枯損木が散在する可能性が多いので、これが病巣となつて蔓延しはじめ、2年後頃から枯損が目立ち始めるとも考えることが出来よう。（カミキリの増殖に年数が必要：西口 '75）

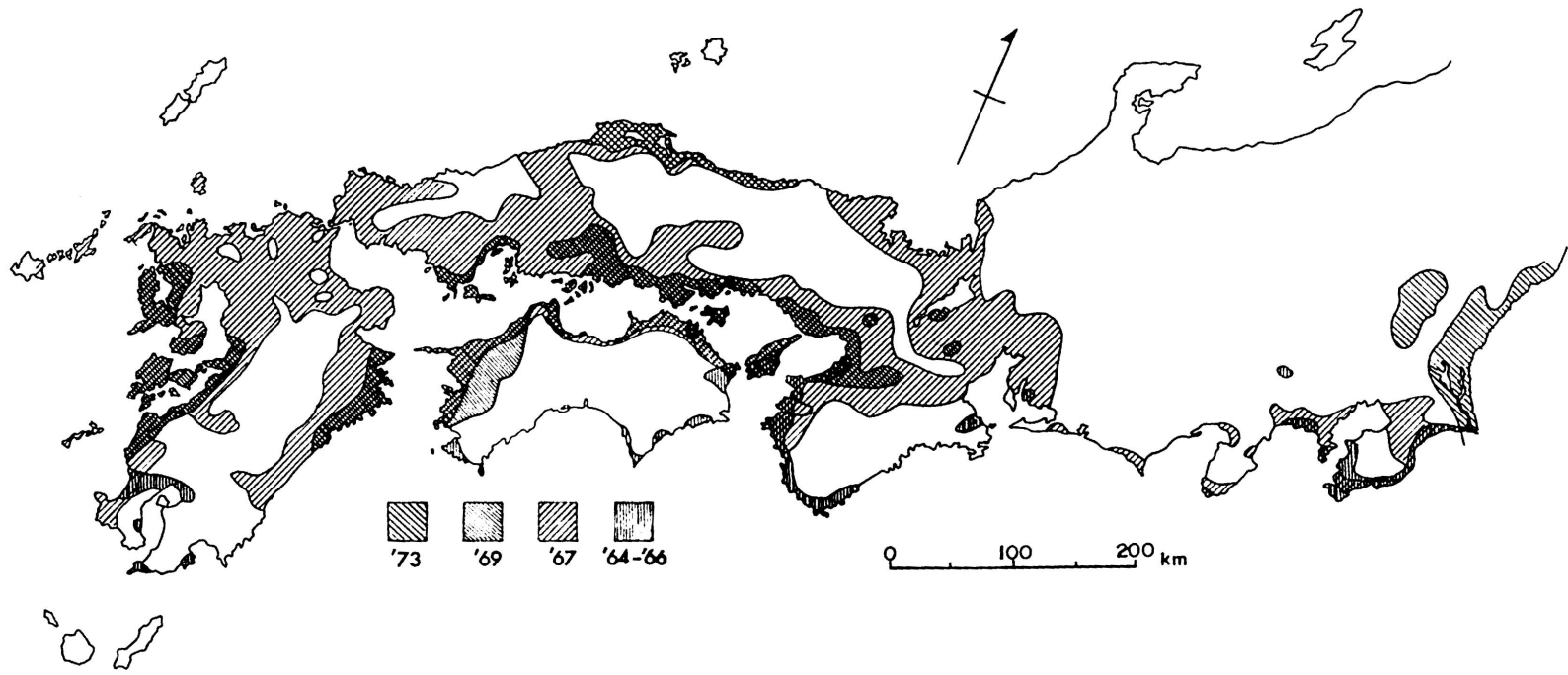
## 2.12 風速とマツの立枯れ

現地を調査してみると、林分内での枯損の初期パターンは、風当たりの強い個所に見出されることが多い。そこで、風速が大きい地域ほど、立枯れが多いのではないかと考え、Fig. 30に示すような風速分布図を作成した。（山地では、高度をまずにつれて風速が増大するが、本図では、高度の影響は考えていない）

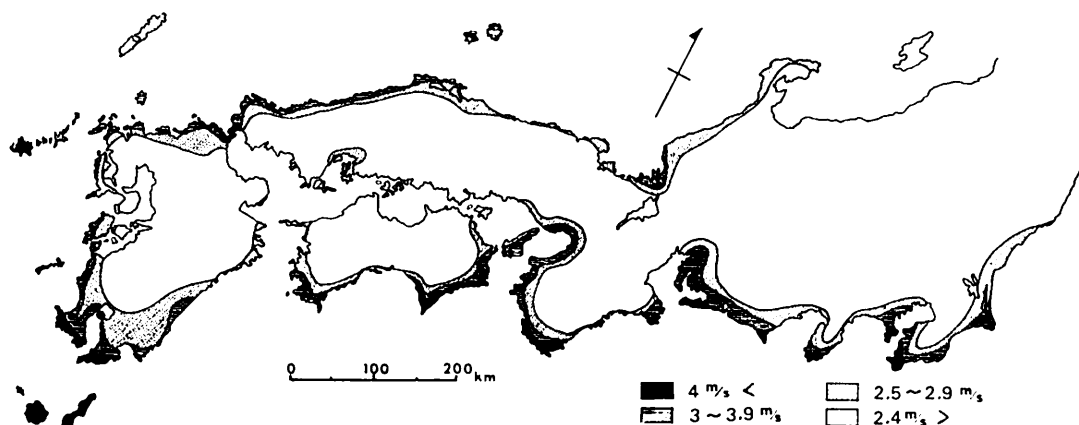
Fig. 30と立枯れ分布を対比してみると、かなりの例外はあるが、激害地の分布と共通するパターンが感じられる。

## 2.13 立枯れ被害度に対する気候多元要因による解析

これまで述べてきたように数多くの要因が立枯れ被害と関係があるように感じられたが、一つだけの要因



第 29 図 年度別異常少雨分布 (夏季 40 日間 30 mm 以下の範囲を示す)  
 Fig. 29 Poor Precipitation below 30 mm during 40 days (July~September) on '64~'73



第 30 図 夏季 (6, 7, 8) 月, 風速分布図 (平年値)  
Fig. 30 Normal Summer Wind Speed (June~August)

で, 決定的な結びつきを果しているものは見出せなかつた。

そこで, 立枯れ被害度はこれらの要因と多元的な関係にあるものと考え, 共軸座標系による重相関解析を行なつた。

$$Y=f(X_1, X_2 \dots X_n)$$

ここで,  $Y$  をマツの立枯れ被害度,  $X_1 X_2 \dots X_n$  を気候要因と考える。

具体的に用いた解析要因は次のとおりである (数値は Table 2 に記載)。

$Y$  = マツの立枯れ被害度, 昭和 49 年までの累積被害を, 1 から 10 までの被害度に区分した。

各被害度の内容は Fig. 32 中に掲げている。

$X_1$  = 3 カ月間 (4, 5, 6 月) 平均気温

$X_2$  = 昭和 38 年以降に異常少雨に見舞われた回数

$X_3$  = 4 カ月間 (6, 7, 8, 9 月) の降水量

$X_4$  = 夏季 (7, 8, 9 月) の平均風速

$X_5$  = 昭和 42 年から 48 年の間における夏季 (6, 7, 8, 9 月) 降水量の平年較差

$X_6$  = 昭和 42 年から 48 年の間における夏季 25°C 以上の日数の年較差

$X_7$  = 1 月の平均日最高気温

これらを用いて行なつた重相関解析は Fig. 31 に示すとおりであり,  $X_1$  と被害度の関係,  $X_1, X_2, X_3$  を用いた推定被害度と調査被害度の関係,  $X_1 \sim X_7$  を用いた最終推定被害度と調査被害度の関係は, それぞれ Fig. 32 に示すとおりである。

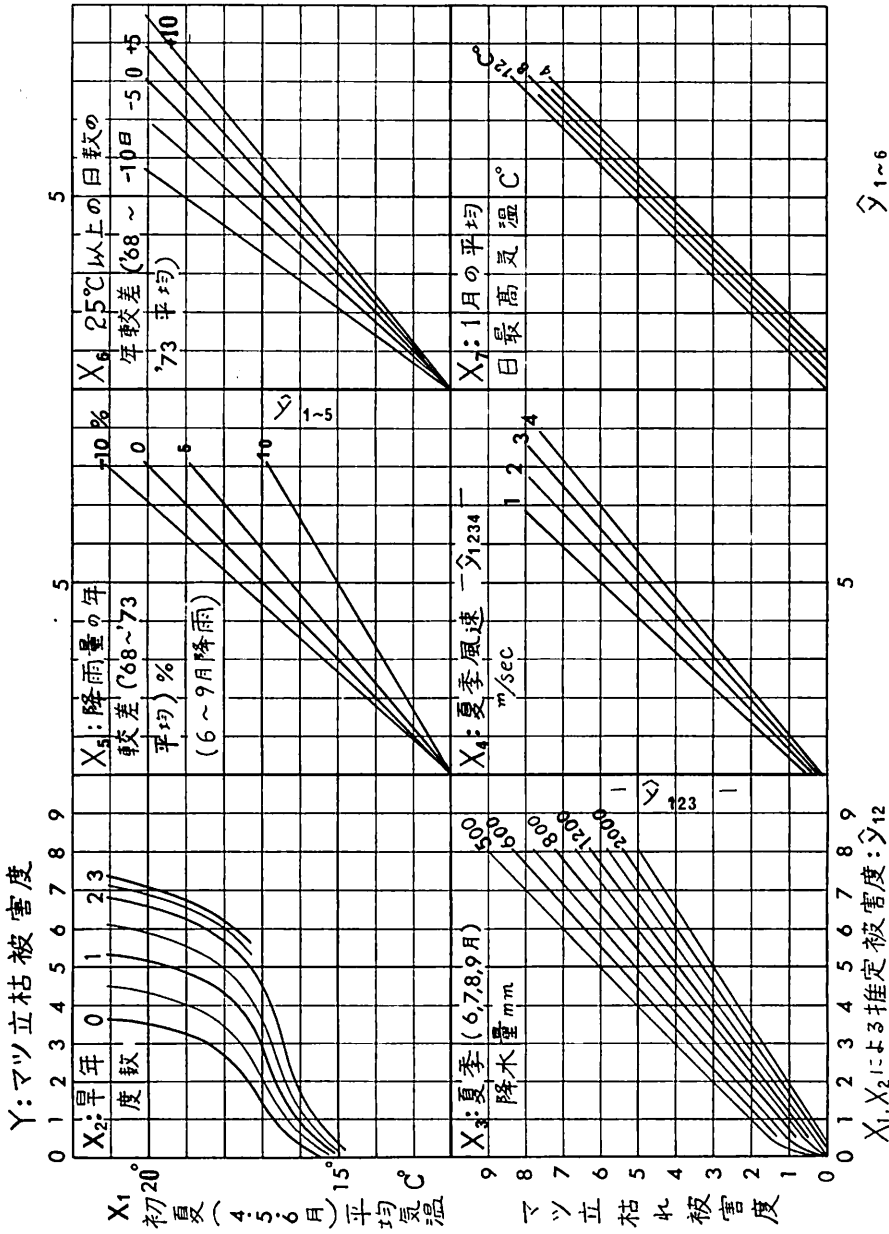
Fig. 31, Fig. 32 の解析内容と結果について検討すると下記のとおりである。

○第一解析要因である  $X_1$  (4, 5, 6 月平均気温) と  $Y$  (マツの立枯れ被害度調査値) との相関係数は 0.78 (曲線相関), Fig. 32 (1) に示すようになかなか大巾な分散をもつ関係となつているが,  $X_1$  と  $X_2$  (夏季の異常降雨回数),  $X_3$  (夏季降水量),  $X_4$  (夏季風速) を用いて推定した  $\hat{Y}_{1234}$  と  $Y$  との関係は, 大巾に改善されて, 相関係数 0.89 となり, Fig. 32 (2) に示すような関係を示している。これにさらに,  $X_5$  (夏季降雨較差),  $X_6$  (25°C 以上の日数の較差),  $X_7$  (1 月の平均最高気温) を加えて推定した最終推定値  $\hat{Y}$  と  $Y$  との相関係数は 0.94, Fig. 32 (3) のような収斂性を示している。

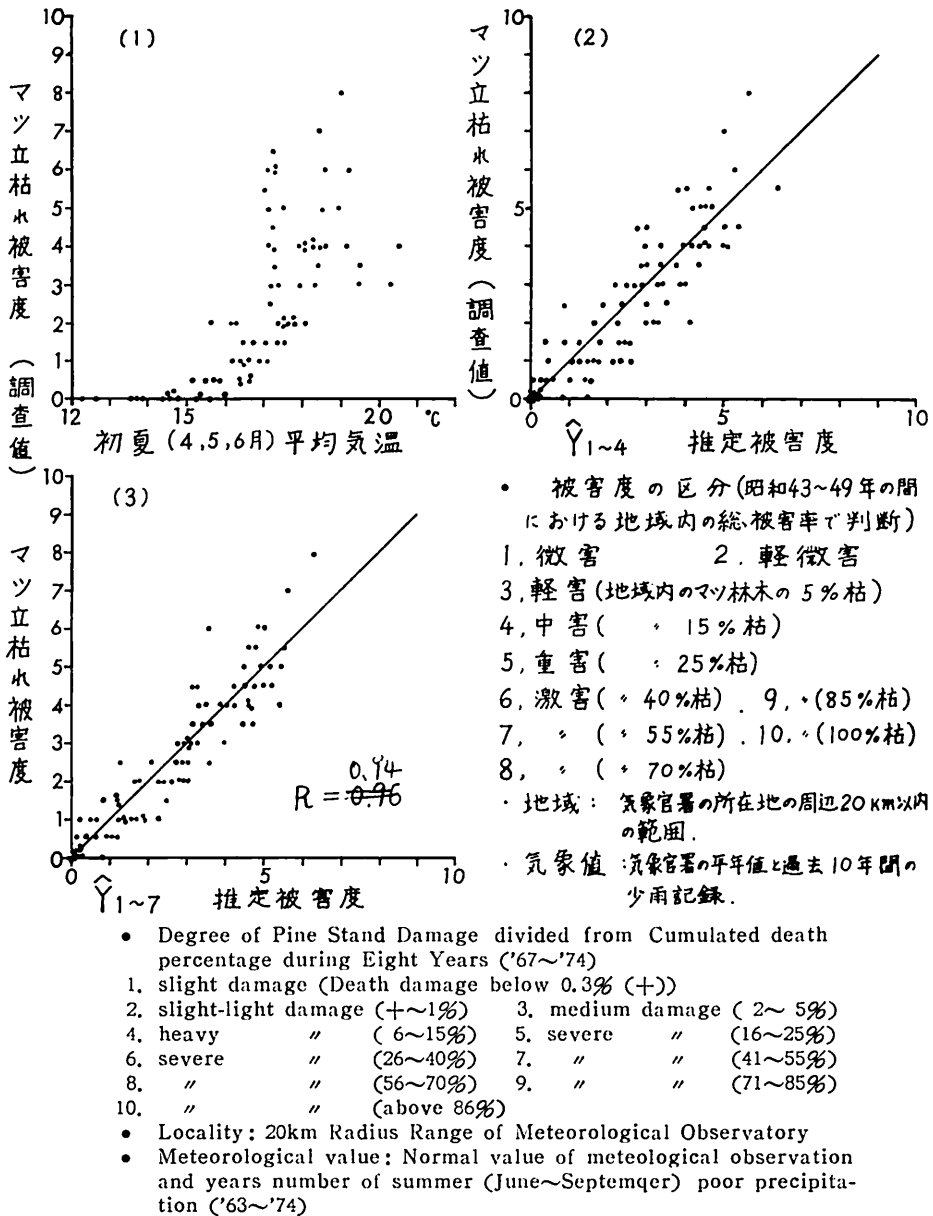
○この多元関係において果した, 各要因の役割は,  $X_1$  (4, 5, 6 月平均気温) が最大で, 従来立枯れ環境区分因子として年平均気温等が重宝がられたことを肯定しうる結果となつているが, 気温だけでは, まだ, 不十分なことも明らかとなつた。

○これまで述べてきた気温関係の要因で, 最も有望視されたのは, 夏季における日平均気温が 21°C 以上の日数であつたが, これと被害度 ( $Y$ ) との相関係数は 0.79 (曲線相関) と  $X_1$  の場合よりも高く要因としての有効性が高かつたことを裏付けている。

○ $X_1$  について大きな役割を果したのは  $X_2$  (夏季の異常少雨年の回数) で, 盛夏における異常乾燥が, マ



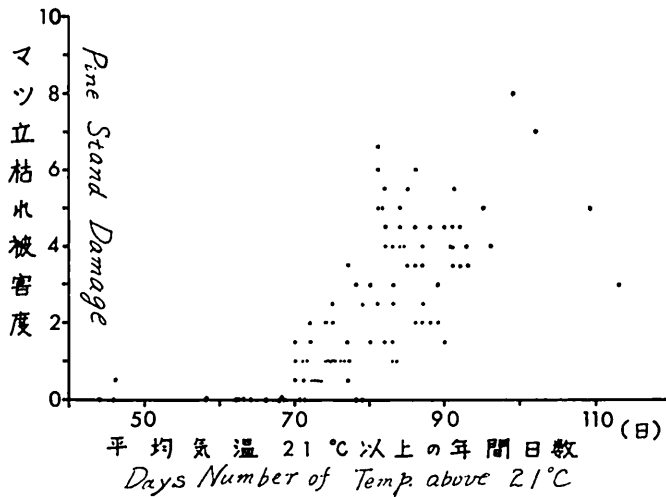
第 31 図 共軸座標系による被害度と気候要因との関係  
 Fig. 31 Multiple Correlation Curves Marked by Graphical curve of (X<sub>1</sub>) Mean Three Months Temperatures (April~ June), X<sub>2</sub> Years Numbers of Summer Poor Precipitation ('67~'73), X<sub>3</sub> Summer Precipitation (June~ September), X<sub>4</sub> Summer Wind Speed (June~August), X<sub>5</sub> Summer Precipitation Difference between Eight Years ('67~'73) and Normal, X<sub>6</sub> Days Number Difference of Mean Temperatures above 25°C between Eight Years and Normal, and X<sub>7</sub> Normal Monthly Mean of Maximum Temperatures (January) to Y Degree of Pine Stand Damage.



第 32 図 (1) 初夏の平均値と立枯れ被害度の関係  
 (2) 要因  $X_1, X_2, X_3, X_4$  を用いた推定被害度と調査被害度の関係  
 (3)  $X_1 \sim X_7$  を用いた推定被害度と調査被害度の関係

Fig. 32 (1) Relation between Mean Three Months Temperature (April~June) and Degree of Investigated Pine Stand Damage  
 (2) Relation between Degree of Presumed Pine Stand Damage ( $\hat{Y}_{1-4}$  by  $X_1, X_2, X_3, X_4$ ) and Degree of Investigated Pine Stand Damage  
 (3) Relation between Degree of Presumed Pine Stand Damage ( $\hat{Y}_{1-7}$  by  $X_1 \sim X_7$ ) and Degree of Investigated Pine Stand Damage





第 33 図 平均気温 21°C 以上の年間日数とマツ立枯れ被害度の相関  
 Fig. 33 Relation between Normal Days Number of Temperature above 21°C and Degree of Investigated Pine Stand Damage

ツの衰弱をもたらし、これが、立枯れ蔓延の引金となつていることを示している。

○第3の役割を果たしたのは、降水量で、これが、マダラカミキリの行動を抑制すると共に、マツの健康度の向上にも寄与したと考えることができる。

なお、さきに述べた、気温と降雨との複合要因である「マダラカミキリの行動可能日数」（日平均気温 21°C 以上と日平均最低気温 18°C 以上の日数から 10 mm 以上の降雨日数を控除したものの平均日数）と Y と相関係数は 0.81（曲線相関）であり、気温だけの場合の 0.78 よりも高くなっている。

(Fig. 33)

○第4、第5の役割を果たした要因は、夏季降雨と 25°C 以上の高温日数との経年較差で、さきにも述べたようにこれらが、マダラカミキリの行動期間の長短に関係すると共に、それよりもマツの健康度の盛衰に大きく影響したためと考えられる。

○第6の役割を果たしたのは風速であるがこの要因を加えることによつて、銚子、御前崎等は却つて推定値が悪化するなどの矛盾がみられた。

枯損発生上の一つの誘因として従来、台風による害があげられているが、今回の調査期間中は、目立った台風被害がなかつたため、具体的な検討は出来なかつた。台風被害は、物理的な倒伏、枝折れをもたらすもので、不倒林木の衰弱をもたらすほどの影

響はないかと考えると、それによる倒伏枯死が大量かつ広域に発生しない限りは、立枯れ蔓延に対して、それほど影響はないものと推察される。

○第7の要因として、1月の平均最高気温が影響している。この要因の役割は小さいが、表日本と裏日本の被害度を調整する上で、無視することが出来なかつた。要因のもつ意味については、さきにも述べたように全く不明である。

#### 2.14 気候環境要因に対する総合的検討

気象要因のうち、マダラカミキリの行動可能日数を想定して求めた日平均気温が 21°C 以上の日数が最も大きな役割を果たしていることが認められ、年平均気温、4、5、6月の平均気温、12.5°C 以上の積算温度値等は、いずれも、マダラカミキリの活動の長短に関係するところで意義が感じられた。

気温の平年値は、各地とも年平均値と季節、月別の平年値との間に密接な関係があり、そのため、どの気候値をとつても、立枯れ分布とはある程度の相関を示すのが特徴となつている。従つて、従来単純に用いられてきた年平均気温も、少々工夫された気温も、環境区分指標としては、それほどきわだつた効力の差はないのが特徴となつている。

最近、15°C 以上の月平均気温に着目して MB 指数と呼ばれる指標値が提示されているが（竹谷、印刷中）、操作が簡単な割に、比較的効果的な環境区分機

能を果していることが注目される（マツの立枯れ分布と対比してみると年平均気温の場合よりはすぐれ、4、5、6月平均気温や、21°C以上の日数分布に類似した相関性を示している）。

また、環境区分要因としての機能はともかく、12.5°C以上の積算温量値は、発生予察上は非常にすぐれた機能を発揮している計量値と信じられた。とくに、初期の安定した羽化脱出期を指標すると思われる温量300の時期には、全国的に日平均気温が21°C、日平均最低気温が18°Cを示し、しかもこの気温が、実験でえられたマダラカミキリの行動適温の下限に一致すること等は、自然の絶妙な仕組みを見せられたような感じがした。

よく、地方によつては、積算温量値の適、不適が問題となつていて聞かすが、積算温量値の300や500といったことの他に、その時の気温が21°C（日最低18°C）になつていのかどうかを配慮することも必要なのではないだろうか。また、この21°Cや18°Cを重視すると羽化脱出に必要な温量に対しては、20°Cに近接した気温の比重が高いとも考えられ、この意味から、15°CをベースにしたMB指数（竹谷等がサイセンチュウの増殖を考慮して15°Cを採用：印刷中）が有効性をましたとも考えられる。マダラカミキリの発育限界温度としての12.5°C（あるいは11.9°C）の他に、環境指標値としての別のベースをも考慮して、積算温量を求めた方が、発生予察上の精度は向上するように思われる。

いまマダラカミキリの行動をほぼ21°C以上（10mm降雨日を控除）、サイセンチュウの活動を25°C以上を仮定して、その該当日数を求め、立枯れと対比してみると、マダラカミキリの行動日数が70日以下、25°C以上が35日以下では被害が発生せず、またマダラカミキリの行動可能日数が70日以下ならば、たとえば25°C以上が35日以上であつても被害が発生していない。従つて、カミキリにとつては65日余、センチュウにとつては30日余の日数があつても、それは無効日数であり、この間の仕組みに興味がもたれる。マダラカミキリの行動可能日数の中には、サイセンチュウ保持数の少い時期の日数が相当はいつており、これが無効日数に関係しているのかもしれない。また、マダラカミキリの行動可能日数の大小が、サイセンチュウの行動可能日数の大小よりも強く立枯れ分布と対応することは、サイセンチュウの樹体内の増殖より

も、カミキリによるセンチュウの搬入量の大小の方が、立枯れと結びつくことを示唆しているように思われる。もし、搬入量が問題になるとすればさきに、述べた65日以内の日数ではカミキリによる搬入量が、マツを枯死させるほどの量にまで達せず、センチュウ濃度が不足するため、枯死が発生しないのではなかろうか。

気温の他に、夏季の異常少雨、降雨総量、降雨や高気温の各年較差等が、大きな役割を果しており、これらは主としてマツの健康度に関係していると考えられる。

マツの立枯れに対する直接的加害者はマツノサイセンチュウであるが、環境との関連においては、マツノマダラカミキリの行動と、マツの健康に関する要因が主役をつとめ、それらの総合がマツの立枯れと高い相関を示したことになる。

### 3. 地形・地質・土壌・植生環境その他とマツの立枯れ

#### 3.1 地形の拡りとマツの立枯れ分布

地形は気候値と密接な関係を示す。気温は高度と共に低下し、降雨量は高度に伴つて増加することが多い。即ち、単に高度だけに着目しても、標高の高い地点ほど立枯れは発生しにくくなることになる。

いま、気温を例にとつてこの間の関係を吟味してみよう。

ある地域で、標高50m以上にマツが分布し、50mの初夏の気温が23°Cであつたとする（これはカミキリの行動適温内にある）。気温は100mにつき0.6°C降下するので、標高が350mに達すると気温は21°Cを割り、それ以上はマダラカミキリの行動圏外となる。即ちこの地域では、50mから350mの間が、マツの立枯れに関係すると考えてよい。

ここで問題になるのは、50mから350mにいたる間の地形的アプローチで、この間に標高350m未満の丘陵や台地が拡がっている地域は、カミキリの活動の場も、被災対象の量も広大となり、永い目でみれば、カミキリの密度が上り被害が増大しやすいことになる。これとは反対に、急峻な山が平地に迫れば、たしかに、50mから350mの間の空間は存在するのであるが、その面積は狭少となり、カミキリの活動の場も、被災対象の量も少なく、被害密度も増加しにくいのではないかと考えられる。

第3表 地形、方位別被害の出現状況  
Table 3 Relation between Pine Damage and Topography

方位 ① 被密度② 地形区分③	N		W		E		S	
	軽害 ④	激害 ⑤	軽害 ④	激害 ⑤	軽害 ④	激害 ⑤	軽害 ④	激害 ⑤
台地 plateau	29 (64.4)	16 (35.6)	14 (43.8)	18 (56.2)	7 (87.5)	1 (12.5)	26 (54.2)	22 (45.8)
丘陵地 hill	76 (61.8)	47 (38.2)	79 (58.5)	56 (41.5)	59 (59.6)	40 (40.4)	94 (53.7)	81 (46.3)
山地 mountain	28 (87.5)	4 (12.5)	25 (73.2)	9 (26.8)	27 (79.4)	7 (20.6)	31 (59.6)	21 (40.4)

注 i) 調査間隔は 2 km 以上。

注 ii) 枠内数字：上段プロット数，下段(%)で表示。

① Direction                                      ② Degree of Damage

③ Topographical Division                      ④ Light Damage

⑤ Heavy Damage

このことは、雨量や、強雨度数、異常少雨の回数等についてもいえ、マツの生育した台地や丘陵が広く分布しているような地域は、急な山地が平野に迫っているような地域よりも、マツの立枯れ被害が発生しやすいことになる。

具体的な例としては、

○ 同じ瀬戸内海沿岸でも、低い丘陵の分布が広い山陽側は、山が海岸に迫っている北四国よりも早い年次に激害化し、激害地の分布も広い。

○ 甲府盆地は、気温、降水の面では、十分に、立枯れ発生のおそれがあるが、周囲が高山で囲まれている上、富士川の地狭部によって、へだてられている。

○ 水戸市周辺の場合、気温条件は、発生の下限に近いが、マツに覆われた低台地が広く拡がっている。

○ 高い山地内の谷斜面や、盆地斜面にも、異常少雨の3～4年後までは、マツの立枯れが散見されたが、やがて被害が消滅するか、減少している。(日田盆地とその上流域、耶馬溪付近、人吉盆地(とくに湯前付近等)、矢部川上中流域)

○ 一般に内陸部には立枯れが少ないといわれているが、周囲が丘陵や低山の湿れ谷平野の周辺には、かなり内陸であつても激害地がみられる。(筑豊盆地、有田等)

### 3.2 微細地形とマツの立枯れ

#### (a) 斜面の方位

九州・南紀における方位別のマツの立枯れ度数を、

台地、丘陵、山地にわけて整理したところ、Table 3のような結果を得た。調査地点がやや不足しているため矛盾した数値もみられるが、およそ次のことがいえる。

○ 台地や丘陵地のように、起伏の小さい地形区においては、斜面の方位と立枯れ被害度との関係は認められない。

○ 起伏が大きく、傾斜の急な山地では、斜面の方位によって立枯れ被害度が異なり、南向斜面の被害が最大で、ついで西向斜面に被害が多く、北向斜面では被害が少なくなっている。

南向斜面や南西向斜面では、日射量が大きいため北ないしは北東向斜面よりも、気温の上昇、土壤の乾燥が強くあらわれると考えてよい。このことはマダラカミキリやザイセンチュウの活動にとっては有利であるが、マツにとっては不利な条件であり、当然、マツの枯損被害も増加するのではないかと推察される。従つて、被害が、南向ついで西向に高くあらわれ、北向に低くなることは当然予測されたことからであるが、現実にこのような傾向を示したのは、山地の斜面だけで、丘陵や台地ではみとめられなかった。

真夏の太陽は、日中かなり北側にまわるため、北向斜面でも、傾斜度が20°C以下ならば、南向き斜面に近い輻射熱をうけるといわれている。従つて、起伏が小さく、傾斜のゆるい台地や丘陵、とくにそれらの尾根筋近傍では、斜面の方向性があらわれないことも当然とも考えられるわけである。

### (b) 斜面形

山地の斜面は決してスムーズな形状を示してはおらず、尾根から谷までの間に、数段の凹凸形状を示している。斜面内にあらわれる凸部は、傾斜変換点と呼ばれるが、この付近は周囲に較べて、相対的に乾燥しやすく、とくに土壤水分の較差が大きいところとなっている。林分内におけるマツの枯損パターンを調べてみると、この傾斜変換点の近傍に集中していることが多い。(尾根や台地縁辺の肩部もこの例)(ツノツノの肩(イニホに30度))

37度を越す傾斜地は、土砂の安息堆積角を越すため、斜面上を覆う土層は、多孔質で、浅く、保水力に乏しいのが普通である。このため、一般的には、急峻斜面になるほど、乾燥しやすく、土壤の乾湿較差が大きい傾向がある。斜面内の枯損は、このような急峻面に発生していることが多く、急峻斜面が長大なときは、その面内に、枯損が不規則に散発する。

尾根筋は、やせ尾根の場合は、前記の傾斜変換点と同様に枯損を多発しているが、保水性の強い残積土を保有するような鈍形尾根には、却つて枯損が発現していない。

以上のように、斜面上の立枯れは、傾斜変換点の周辺や、土壤のうすい尾根筋、急峻斜面上にあらわれやすく、立枯れが始まった初期段階では、とくにこの対応が顕著である(一応40度近くの枯損がこの対応を示している)。この地点は、土壌的な乾湿較差が著しく、マツにとっては、健康度を阻害しやすい環境となっている(特に異常少雨時には衰弱する)。一方、この地点は周囲にくらべて、突出し、キワ立っていることが多いため、マダラカミキリにとつては飛来しやすく、また、降雨後、最初に乾燥する地点であるため、これもマダラカミキリの好む環境となっている。

筆者等としては、このパターンが、異常少雨のあとなどで、顕著なところから、土壤の乾燥較差によるマツの衰弱に起因するものを主体として考えたい。

これらのパターンは、マツ林の被害が進むにつれて崩れ、激害地では明瞭でなくなる。

### (c) 風向と斜面

山地や丘陵の斜面が、外洋に直面している斜面では、風が直撃するような斜面上に枯損が多発し、僅かの山陰や、同一斜面でも、僅かな彎曲のしかたで、顕著な枯損パターンを発現している(紀伊半島南西部や、東支那海に直面した天草西部で認められた)。これらの風は、いわゆる風衝と呼ばれるほどのものではなく

(枝の折損等はいみじくない)、おそらくは、風による過大蒸散もしくは土壤乾燥によつて、マツが衰弱し、マツの枯損につながつたものと思われる。

このような顕著なパターンではないが、平野部に突出した丘陵や台地の先端部や、谷奥の急上昇部、露出度の高い尾根筋等では、相対的に枯損が多発していることがみうけられる。

これらの地点も、マダラカミキリの好む環境ではあるが、マツに及ぼす乾燥較差の影響の方が大きいのではないかと推定される。なお、このパターンも激甚化するにつれて、判然としなくなることが多い。

## 3.3 土壤および地質とマツの立枯れ

### (a) 斜面の土壤

石礫質で多孔質、保水性の小さい土壤ほど被害が発生しやすい。通常の場合、さきにも述べた急峻斜面上の徘徊土がこれに該当するが、異常少雨下では、普通は水に恵まれた崩積土層の方が、乾燥較差が大きく、枯損を生じている。

尾根筋の残積土は、粘土質で保水力が強いためか、通常は乾燥環境にあるものの、少雨の場合にも比較的良好に土壌水分が保たれて較差が少いのが特色である。マツにとつて尾根筋は決して良好な立地ではないはずであるが、環境較差が小さいため、枯損の発生は却つて少なくなっている。この残積土の分布は、尾根筋全般に共通して云えることではなく、同じ地形を呈しながらも、それが浅い個所では被害が発生し、厚い個所では発生していない。

### (b) 土壤母材

表層の土壤母材の種類としては、地質基岩の風化土、赤色土、火山土、砂丘とがあげられるが、丘陵や台地の場合、土壤の項で述べたように保水力の強い母材の個所ほど、枯損が少く、保水力が乏しい母材の個所ほど、枯損が多い傾向がある。正確な母材の分布図がないため適確な結果をのべることが出来ないが次のようなことが云えよう。

普通の基岩の風化土では、礫質のものより粘土質のものが、火山灰では赤ホヤや褐色火山灰よりは黒ボクが、普通の残積土よりも赤色土の方が保水力が大きく、相対的に枯損が少くなっている。なお、火山灰のうちで粗孔隙が多いボラ層の分布区では被害が高く、また黒ボクのうちでも厚層黒ボクよりも淡色黒ボクの方に被害が高い。

海浜の砂丘は乾性環境であり、その上砂質で保水性

に乏しいが、地下水位の変化が小さいため、土壌の乾湿較差は少ないと考えられる。このためか、よほどの激甚地でも、マツの海岸林は残存していることが多く、一般の丘陵、山地よりも枯損が発生しにくい環境区と考えられる。

#### 3.4 植生環境とマツの枯損

マツは他に先がけて侵入し、成林する樹種であるが植生の遷移からみて、やがては、極盛相である広葉樹林にその座をうばわれる運命にあるといえよう。

このような生態的な面から林相と立枯れとの関係を検討してみると、次のようなことが云える。

○ 枯損の最も少ないのは、密度の適当な樹高が斉一なマツの純林で、しかも下層の低木、ササ等がない森林である。下層の低木が大きいと、それが競争相手となるためか、枯損が相対的に増え、樹木以外では、ササがマイナスの影響を及ぼしているようにみえた。

○ 樹高の不斉一の場合、被圧木が枯死するのは当然のことであるが、興味ある点は、優勢木の被害をうけている確率が高かつたことである。この現象は他の樹種との混交の場合にも同様で、樹高が他樹とあまり変わらず、一連の林冠を構成している場合は枯死率が低く、これに対して他樹よりも突出しているマツが枯死する場合が多いようであつた。

○ 他樹よりも突出しているマツは、通常他を被圧して優勢な立場にあるわけであるが、平年よりも極端に異つた少雨や、高温に見舞われると、樹体が大いだけに、環境の乾燥に対する適応力が弱く、衰弱するものと考えられる。即ち、優勢木のマツも異常気候時には却つて弱く、周囲の木との水分競争に敗れて衰弱するのであろう。

○ 高密度な林分のマツは枯損しやすく、過密なマツの純林が殆んど一斉に枯死している例がみられた。

○ 壮令樹のマツと幼令のマツとの二段林や、壮令のマツと幼令広葉樹との二段林では、上層木(マツ壮令木)の枯損が目立つた。平年的な環境下では陽光に対する勝利者であつた上層のマツも、平年を下回る乾燥気候下では、水分競争の敗者になり下るためと解される。

芦北林業のマツは、これまではよく下層木・草本の除去が行われていたが、最近、マツの経済的価値が低下するに及んで、それが行われなくなり、低木層が優勢になつてきたという。芦北マツの激甚害

は、この林相の変化と機を一つにして、発生したとも考えられている(佐藤九大名誉教授より)。これも下層木とマツとの競争に起因するのではなからうか。

○ 広葉樹との混交林では、いわゆる極盛相樹種との混交の場合が枯死が多く、陽性広葉樹との混交林では相対的に被害が少なかつた。極盛相を構成する樹種は、水分競争に関しては、マツより遙かに強いのに對して、陽性広葉樹、それほどの競争力がなかつたためと考えられる。

○ スギ、ヒノキ林内の混交マツの枯損は広葉樹との混交の場合を上回る傾向があつた。

○ 林相と立枯れとの関係は、水分競争が基礎になつていようであるので、競争を緩和するように、密度の減少、低下木の除去を計ることが、一つの手段ではないかとも考えられる。ところが、人為による急激な疎開や低下木層の除去は、林冠の破壊をもたらして林内に風が吹き込み、しかも陽光が増大するため、林内と林地が急激に乾燥し、これがまた、マツの生育を阻害するおそれがある。

マツの立枯れを予防する目的で、枯死木の処理が必要とされているが、この枯死木を伐倒する場合に、周辺の林木をも伐倒することが多く、このため林地が乾燥してこれが、またマツの立枯れを助長しているという皮肉な現象をよく見ることが出来る。

○ 斉で一連の林冠を構成している場合は、樹木はお互いに助けあい、林内、林地の乾燥を抑止して、その構成員となつていマツも健全な場合が多い。しかし林冠が破壊されている場合や、林冠からひとりぬきんでているマツは、乾燥較差の影響を大きく受け枯死している場合が多いようであつた。

○ 林分におけるマツの枯損パターンを検討すると、林縁木の枯死が圧倒的に多く、とくに初期段階では、この枯損パターンを示すものが、50%を越していた。林縁はその林分においては、乾燥較差が最も大きい個所であり、その点から枯死が助長されたものと考えられる。なお、林縁は地形の変換点に近接していることが多く、これも乾燥較差助長している、また、林縁は、マグラカミキリが飛来しやすい個所でもある。

#### 3.5 微細環境に関する総括

以上のべたことから、共通的に云えることは、林内や林地の水分較差(乾燥)が大きいことや、樹木間の

水分競争等が、マツの衰弱に関連していることである。

マツは、乾燥地生育することが多く、一般には、その適地が乾性の土壤環境区と考えられている。しかし、広く調査を行ってみると、他の樹種の生育が不能な過湿地に生育することが認められ、その分布環境は極めて多様である。要は、どのような環境であれ、それが幼令時から一定条件であれば、生育をとげる樹種と考えることが出来る。どのような土地にでも生育しうる樹木は、較差に対しても強いのではないかと考えるのが常識であるが、較差に対しては意外に適応力が小さかつたのが実態と考えられる。

環境較差としては、水分条件に関係するものが最も重要であり、この水分に関する環境が、土壌・地質・地形・植生構造とからみあつて、様々な枯損パターンを形成している。なおこのような、微細環境との対応が明瞭なのは、林分枯損の初期段階であり、その後、伝染病的な、枯損率が高まるにつれて、不明瞭となる。

このような水分環境との対応は、絶対的な水分量（土壌水分含量 pF に関係した含量）ではなく、その較差であるため、その実態は定法的な調査分析ではとらえ難いものとなつている。従つて、現段階では、その定量的な数値を追いかけるよりも、地形、地質、土壌の物理性から推論する方が有利であり、今回は、その立場からの概念的検討を行つたものである。

### 3.6 マツ枯損の発生核、その他

よく、マツ立枯れの発生源としてパルプ工場の存在等があげられるが、このような見地から分布パターンを検討すると次のようなことが多い。

○ 立枯れ被害の核として、やはり、パルプ工場との結びつきが認められた。この他に特種なものとして、窯業との関連が認められた。

○ マツの立枯れ分布は、国道、主要地方道の沿線に圧倒的に多くみとめられた。これは、これら交通幹線の分布が、平野周辺部にあり、環境的にも立枯れ発生が容易であることから云えるが、それよりも、マツの枯損材（病果）が、この交通網に沿つて、運材、集材、貯溜されることに意味があるように感じられた。

○ マツの枯損は、集落や都市に近接しているところに多く発生している。集落や都市の周辺は、開発、開墾に伴う林分、林地の改変密度が高く、これが地形や土壌気象、林分気象の上で、環境較差を拡大

し、これがマツの衰弱を助長しているものと解される。開発に伴うマツ伐倒木の放置も一因であろう。

また都市近郊は近年、気温の上昇が目立っており（平均気温値で、0.5°C から 1°C 近く上昇している）、これが、加害者側には有利に、被害者のマツにとっては不利になつていることは否定出来ないようである。

○ 最近マツの枯損と工場・自動車騒音との関係が伝えられているが、これについては、肯定しうるパターンも認められたが、明らかな対応は得られなかつた。

### 参 考 文 献

- 1) 気象庁：日本気候表 その 1；1971 a.
- 2) —：— その 2；1972 a.
- 3) —：— その 4；1972 b.
- 4) —：— その 5；1973.
- 5) —：気象庁年報 第 1 部 (1964~1973) 1966~1974.
- 6) —：観測所年報 (1963~1969) 1964~1970.
- 7) —：日本気候図 第 1 集。地人書館，1971 b.
- 8) 徳重陽山・竹下敬司：昭和42年度夏期に発生した森林の乾燥被害報告（森林保険関係よりの委託）。未公表，1968.
- 9) 伊藤嘉昭：アメリカシロヒトリの発生時期の予察。植物防疫，Vol. 26, 139-143, 1972.
- 10) 石窪 繁：Physiological and ecological studies on the pine bark beetles. 鹿大教研紀要，14：26-81, 1962.
- 11) 岩崎 厚・森本 桂：シラホシゾウ類の行動におよぼす気象の影響。日林九州研論，169-171, 1971.
- 12) 岩崎 厚・森本 桂・田呂丸一夫・滝下国利：マツノマダラカミキリに関する研究 XVII 一熊本県下での海拔高と被害分布の調査例— 日林講 86, (印刷中), 1975.
- 13) 遠田鶴男：マツノマダラカミキリの發育に関する研究 (I) 一越冬幼虫から羽化までの發育零点と有効積算温度量— 日林講 86(印刷中), 1975.
- 14) 遠田鶴男：マツノマダラカミキリに関する研究 (II) 一東京における発生消長と有効積算温度量— 日林講 86, (印刷中), 1975.
- 15) 奥田素男：マツノマダラカミキリの發育に関する温度別試験；日林関西講，24, 146-149, 1973.
- 16) 小林富士雄・細田隆治・奥田素男・竹谷昭彦：各種穿孔虫からのマツ材線虫の分離。日林関西講，137-139, 1971.
- 17) 竹谷昭彦・奥田素男・細谷隆治：マツの激害型枯損の発生環境—温度量からの解析— (日林誌投稿

- 中)。
- 18) 西口親雄：減ひゆく西日本のマツ，櫟林・コンサベーション，No. 2, 1-19, 1975.
  - 19) 井戸規雄・武田丈夫・小林一三・竹谷昭彦・奥田素男・細田隆治：マツノマダラカミキリの羽化消長ならびに時間別脱出状況。日林講 86 (印刷中)，1975.
  - 20) 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(6)，177-183，1972.
  - 21) — ・ — ・谷口 明：マツノマダラカミキリに関する研究 XIV 一停留率と温度の関係一。日林九州研講 (印刷中)。
  - 22) 清原友也・徳重陽山：マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験。日林誌。53(7)，210-218，1971.
  - 23) — ・橋本平一・堂園安生・小野 馨：マツノザイセンチュウの垂直分布一磐仙岳と阿蘇・九重山系での調査一。日林九州研論。26，193-194，1973.
  - 24) 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(6)，193-195，1969.
  - 25) MAMIYA, Y. & KIYOHARA, T.: Description of *Bursaphelenchus isgnicolus* n. sp. (Nematoda: Aphelenchoididae) from pine wood and histopathology of nematode-infested trees. *Nematologica*. 18: 120-124, 1972.
  - 26) MAMIYA, Y. & ENDA, N.: Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) *Nematologica*. 18: 159-162, 1972.
  - 27) 橋本平一・堂園安生・清原友也：マツノザイセンチュウの生態と寄生性一材線虫を接種したクロマツ苗の発病と温度の関係一。林試九州年報。16, 3, 1973.
  - 28) — ・ — : マツ丸太中における材線虫の増殖。日林九州。26, 185-186, 1973.
  - 29) 堀川 隆・増田隆哉・橋本平一：温度条件の変化とマツノザイセンチュウの加害性との関係。日林講 86 (印刷中)。
  - 30) 大山浪雄・川述公弘・齊藤 明：マツノザイセンチュウ接種苗の発病におよぼす土壌乾燥の影響。日林九州研論 30, (印刷中)。
  - 31) — ・塚原初男・高木哲夫：マツクイムシ被害林におけるクロマツ枯死木の根株からの根系発生数。日林九州研論23, 123, 1969.
  - 32) 堂園安生・徳重陽山：根部剥皮処理をおこなったマツの枯損経過。日林九州研論 25, 153-156, 1971.
  - 33) 橋本平一・堂園安生・清原友也：マツの側根切断面におけるカルス形成と発根機能。日林九州研論 25, 156-158, 1971.
  - 34) — : マツの根系に現われる斑紋について。日林九州研論25, 158-160, 1971.
  - 35) 竹下敬司・萩原幸弘・小河誠司：松の立枯林調査 (予報)。日林九州研論 25, 152-153, 1971.
  - 36) — : マツ立枯林の分布概況と気候。日林九州研論 27, 153-154, 1974.
  - 37) — ・佐伯岩雄：昭和42年夏期・九州地方に発生した森林旱害について。日林九州研論 22, 152, 1968.
  - 38) 萩原幸弘・小河誠司・中島康博・高木潤治：シラホソウ属の習性 (III)一誘引源への飛来と3種の発生消長。日林九州研論 23, 1969.
  - 39) — ・中島康博：マツを加害するシラホソウムシ類の生態に関する研究 第1報一主として，餌木，誘引剤による習性観察。福岡林試時報第21号，p. 1-18, 1970.
  - 40) — : マツ類の材線虫病によるマツ立枯れ予防一適期枯予察する場合の留意点一。第84回日林講。p. 336-338, 1973.
  - 41) — ・中島康博・小河誠司：マツノマダラカミキリの生態に関する資料。福林試研資。p. 29-44, 1973.
  - 42) 小河誠司・中島康博・萩原幸弘：マツノザイセンチュウの分布と生態。福林試研資。No. 2, p. 3-27, 1973.

### Summary

We have researched the distribution of pine damage ('69-'74) in Western Japan (Fig. 1-Fig. 8). We have examined relations of areal patterns between pine damage and climatical values (Fig. 9-Fig. 30), and relations of stand patterns between pine damage and topographical types, soil-types, forest-types.

It has been known that pine damages are directly taken ill by Pine Wood Nematode (*Bursaphelenchus lignicolus*). Climatical environmental factors are not recognized in relations of Pine Wood Nematode but recognized in relations of Japanese Pine Sawyer (*Monochamus alternatus*) - vector of *B. lignicolus*, and in relations of pine trees (*Pinus densiflora* and *P. thumbergii*).

Important factors of climatical environment are as follows;

(A) three months mean temperatures (April-June), date of  $\{\sum(T_i - 12.5) = 300\}$  and date of  $\{\sum(T_i - 12.5) = 470\}$ : these factors concerned growth during from overwintering larva until emergence of *M. alternatus*, correlation coefficient of them to degree of pine damages are about 0.78. (but, T: Daily mean Temp.)

(B) days number of mean daily temperatures above 21°C and mean daily minimum temp. above 18°C: this factor concerned flight activities of *M. alternatus* adult, coefficient of this factor to pine damages is 0.79.

(C) days number of daily precipitation above 10 mm: this factor stopped daily flight activities of *M. alternatus* adult, correlation coefficient of (B-C) to pine damage is 0.81.

(D) abnormal poor precipitation in summer ( $\leq 30$  mm in 40 days): this factor concerned weakening of pine.

(E) summer precipitation (June-September) and their range of sequence to normal value, days number of mean daily temperatures above 25°C and their range of sequence: these factors concerned health of pine.

Estimation by multipul relation between degree of pine damage (Y) and climatical factors ( $X_1-X_7$ ) (table 2) is shown Fig. 31 and Fig. 32: correlation coefficient of them is 0.94.

Damage patterns of pine forest stand are recognized on location of various ranges of water contents (on this location ranges are large than usual) such as rised convex of slope, steep slope, porous soil, forest edge, breaked canopy forest.

On the relation between forest types and damages, it seemed that degree of pine damages are higher in mixed forest, multi-canopy forest and high density forest than in pure forest, continued-mono-canopy forest and low density forest.

Above mentioned phenomena indicate pine easily fall ill of wood nematode owing to both drought variation of water environment and defeat on water competition.



## Contents

(Article)

Keiji Takeshita, Yukihiro Hagihara and Seiji Ogawa ;

Environment Analysis to Pine Damage in Western Japan..... 1

昭和五十年三月二十五日 印刷

昭和五十年三月三十日 発行

福岡県八女郡黒木町  
発行所 福岡県林業試験場

福岡市南区塩原1194の1  
印刷所 秀巧社印刷株式会社