

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 186 12. 2008



社団法人 林業薬剤協会

地球温暖化が日本の森林に及ぼす影響の予測と森林管理の課題

清野 嘉之*

目次

地球温暖化が日本の森林に及ぼす影響の予測と森林管理の課題……………清野 嘉之	1
MEP 乳剤によるナラ枯損被害防止効果と薬害試験……………江崎功二郎	9
マツ樹体内で優占するのは誰？ —増えやすいマツノザイセンチュウと増えにくいマツノザイセンチュウ—相川 拓也	13
農業代替としての木酢液（2）……………谷田貝光克	19
平成19年度松くい虫被害について……………林 野 庁	25
故 松井光瑤会長を偲ぶ……………(株)林業薬剤協会	26

● 表紙の写真 ●

タテジマカミキリ

ウコギ科樹木の穿孔性害虫として知られ、写真の様な独特の形態で成虫越冬する。

—江崎功二郎氏提供—

1. はじめに

IPCC は、その第4次評価報告書第2作業部会報告書(2007)で「最も厳しい緩和¹⁾の努力をしても、今後数10年間の気候変化の影響を避けることはできない。適応²⁾が不可欠である」と述べている。一般に、気温の上昇は生物の分布を変え、樹木の生理や防御機構にさまざまな影響を及ぼす。森林では、病虫害の発生や火災の増加といった影響がすでに起きている。また、陸地の温室効果ガスの吸収力(Net Biome Production)が、暖冬やCO₂の施肥効果³⁾などにより増加している。この増加は2030年頃までに止まり、2050年以降は有機物の分解などにより、場合によっては排出に転じ、大気中の温室効果ガスの増加を加速して気候変化を増幅する可能性があるという。気候の変化により、人の暮らしは変化を余儀なくされるので、科学的な検証を踏まえ、緩和と適応の努力をしていく必要がある。

地球温暖化の日本への影響予測や対策について、2008年に環境省から報告が出た(「地球温暖化「日本への影響」<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=9770>),「気候変動への賢い適応」)。日本の森林にどのような影響が及ぶと予測されているのか、事例を選んで紹介するとともに、対策としての森林管理の課題について考察した。

- 1) 排出削減や吸収増加。
- 2) 気候変化への対策。

* 独立行政法人森林総合研究所 温暖化対応推進拠点
Yoshiyuki KIYONO

3) 大気中のCO₂濃度は歴史的に見るとほぼ一方的に減少し続けており、植物にとってCO₂は枯渴状況にある。このため、CO₂濃度の増加は一般には植物の成長を良好させる。

2. 日本の森林にどのような影響が及ぶと予測されているのか

1) ブナ林、亜高山帯林の縮小

松井・田中ら(Matsui et al., 2004, 田中ほか, 2006, 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2008)は分布確率モデルを用い、日本のブナ林に適した地域(分布確率0.5以上の地域。以下、ブナ林の分布適地とする)の面積が、気候変化シナリオにしたがって気候が変化したときにどのように変化するかを予測している。シナリオにもよるが、ブナ林の分布適地面積は2031~2050年には気候変化シナリオ RCM20と MIROC で65%と44%に、2081~2100年には31%と7%にそれぞれ減少する。白神山地世界遺産地域でも、ブナ林の分布適地は大きく減少し、ミズナラやコナラなどの落葉広葉樹に変わる(松井ほか, 2007, 温暖化影響総合予測プロジェクトチーム, 2008)。また、西日本や本州太平洋側のブナ林は殆どなくなる。茨城県の筑波山(図1)、大阪府の葛城山など、孤立峰の山頂付近に分布するブナ林は、温暖化するとブナの分布下限が山頂より高くなってしまいうため、まっさきに衰退すると予想される(田中ほか, 2006, 田中ほか, 2003)。ブナは長寿の樹木であり、温暖化により今あるブナの枯死が急に増加することはないかも知れない。しかし、現世代が枯死した後に次世代のブナが再生することは難しく、より温暖な気候に適する樹種(カシ類、ナ



図1 筑波山頂のブナ林 (茨城県つくば市)

ラ類など)に置き換わっていくと推定される。ブナ林が他の樹種と交代するには、ブナの枯死、他樹種の侵入と成長の時間が必要なため、100年以上の時間がかかるであろう。もっとも、このような森林の樹種構成の変化が起こるためには、ブナ林の周辺に置き換わる樹種の種子供給源があることが必要である。樹木の種子が乏しい場合は、ブナ林がササ原など森林以外に置き換わる可能性もある。

また、ブナ林より標高の高い側に位置する亜高山帯林は、地球温暖化にともない分布適域が確実に縮小するので、多くの地域で種の絶滅や森林の衰退が起こると考えられている。亜高山帯の優占種の一つであるモミ属の針葉樹オオシラビソ(青森県八甲田山から本州中部山岳まで分布)は分布が温度と雪圧に関係している(Daimaru and Taoda, 2004)。積雪深の減少(気候変化シナリオ RCM20 (2081-2100))により、北上山地では優占林の成立が困難になると予想されている。

2) 里山林の変化

日本のアカマツやシイ、ナラ類の二次林は焼畑や薪炭生産、落葉採取等の人の生業により成立したものである。草地は採草や火入れなど農業生産にともなう利用・管理で維持された。これらの里山の森林や草地は燃料や肥料、食料の供給源とな

り、景観や生物多様性の維持の面でも役立ち、水土保全も担ってきた。こうした森林は、FRA2005 (FAO, 2006) の modified forest (明らかな人為の影響のもとに成立した郷土樹種からなる森林)に相当すると考えられ、その面積は99,550km²で全国の森林(248,680km²)の4割強を占める。しかし、1970年代以降の農山村人口の減少や薪炭生産等の激減により、その大半は放置されていると考えられる。近年、この里山でマツやナラ類を枯死させる生物被害が発生している。変化の主原因は人の管理の低下にあるが、地球温暖化による気温上昇の影響も及んでいる可能性がある。

① 松くい虫被害危険域の拡大: マツ材線虫病は日本の森林に大きな影響を与えている病害で、アカマツやクロマツ、リュウキュウマツなどを枯らす。早魃等による水ストレスはマツの抵抗力を落とし、被害を増やす(鈴木, 1984)。病原マツノザイセンチュウの媒介者マツノマダラカミキリの発育と分布は温度に規定される(Rutherford et al., 1990)。年平均気温が約11℃以上(西日本の平地など)では1年で成虫になり、それ以下の冷涼な地域(現在の東北地方)では2年かかることが少なくない(藤田, 2005)。1960年代に西日本で始まった激害はこれまでに高緯度、高標高方向に拡大を続け、現在は秋田・青森県境~宮城・岩手県境に達している。松の借景が良く残っている庭園(図2)は東北地方に限られている。このマツ枯れの拡大原因には、マツ林の管理不足に加え、既に温暖な地域に病原を持った媒介昆虫が侵入すること、気温上昇により寒冷地側にマツ枯れ危険地帯が拡大したことの両方が含まれている(藤田, 2005)。地球温暖化はマツノマダラカミキリの成育を速め、マツ枯れ被害の危険地帯を拡大すると考えられる(藤田, 2005)。

② ナラ枯れ被害の拡大: カシノナガキクイムシが運ぶ病原菌(通称ナラ菌)による、ミズナラなどブナ科樹木萎凋枯死被害(ナラ枯れ)は



図2 東北に残る松の借景—毛越寺平安末期様式庭園 (岩手県平泉町)

1980年代に顕在化し、その後、日本海側を中心に被害地が拡大している。薪炭生産が減り、ナラやシイが大径木化したことや、伐採木の放置が被害の誘引(福田, 2008)と考えられている。しかし、地球温暖化でカシノナガキクイムシの分布が拡大し、ナラ菌に抵抗性のカシ類の生育地から、感受性のミズナラの生育地に達したことが被害を顕在化させたという見方もされており(福田, 2008)、温度変化に対する応答が種や分類群によって異なる結果、生物間相互作用にずれや狂いが生じている可能性(樋口・小池, 2008)がある。ナラ枯れ被害地の拡大は予測されていないが、ミズナラなどブナ科樹木の径木化が進み、また、気温の上昇で病原を媒介する昆虫の分布が拡大して、被害が増える可能性がある。

③ 竹林の拡大: モウソウチクやマダケが農林地に侵入する例が関東南部以西で増えており、社会的問題になっている。拡大には様々な要因が関係している(Suzuki and Nakagoshi, 2008)が直接原因は管理の低下(図3)にある。拡大は温暖化すると速い(後藤, 2005)。現在は拡大が顕在化していない東北地方でも、竹の栽培が盛んな南部では、気温上昇により、栽培竹の周囲への拡大が問題になるであろう。落葉樹林に常緑の竹が侵入、増加すると林冠が一年中うっ

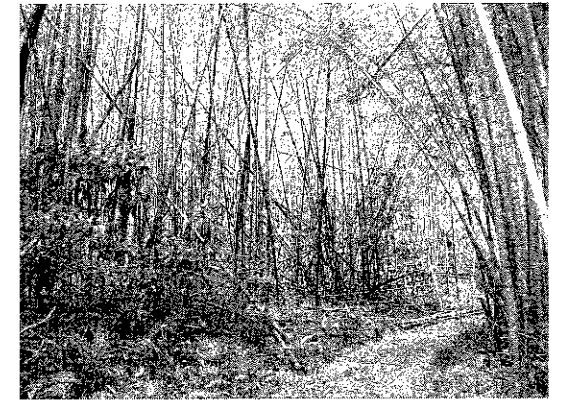


図3 管理されないモウソウチク林 (茨城県土浦市)

閉するため、林床植物が大きく変化する(背嵐ほか, 1989)。根圏の土壤微生物も減少する(脇元ほか, 2001)。香川県で竹林と広葉樹林で昆虫相を比較したところ鱗翅目の個体数は竹林で少なく、甲虫目やトビケラ目、膜翅目(安井ほか, 2005)、アリ類、その他の地上歩行性節足動物数(伊藤ほか, 2005)では大きな違いはなかった。放置竹林の地上部バイオマス炭素蓄積量は75-125C-Mg ha⁻¹程度(奥田ほか, 2007より算出)で、壮齢の針葉樹人工林の値に匹敵する(奥田ほか, 2007)。ただ、竹林の状態が維持されると炭素量は低い値で頭打ちとなる(鳥居ほか, 2005)。

3) 人工林の構造と機能への影響

人工林は日本の森林面積(248,680km²)の約4割(103,210km²)を占める(FAO, 2006)。98%が針葉樹林でスギ林が最も広く(44%)、ついでヒノキ林が広い(25%) (2004年現在; 農林水産省. <http://www.maff.go.jp/cemsus/>)。他の造林樹種にマツ類、カラマツ、トドマツなどがある。以下には比較的よく研究されているスギについて主に記す。なお、ヒノキはデータが少ないが、恐らくスギと同様と考えている。カラマツやトドマツについてはよく分からない。また、マツ類は松くい虫被害のため多くの地域で木材生産の計算

が立たない。

スギは適切な気温と湿潤を好む樹木で、日本の自然環境では、春が温暖（高橋，1971）で夏が涼しい（松本ほか，1992）と、また、前年の夏が涼しいと成長が良い（清野ほか，2003）。スギの目立った衰退現象は関東平野や瀬戸内沿岸（梨本・高橋，1990）など主に平地で見られ、大気乾燥化による水ストレス増大が原因（松本ほか，1992）とされている。水ストレスの増大には都市化の影響に加え地球温暖化の影響が及んでいると考えられる。しかし、山地では、スギの衰退現象は一時的（早魃影響等）、局所的に認められているだけである。全国の針葉樹人工林を主な対象とする林野庁のモニタリング調査（1991～2005年；5年一巡で3回実施）（千葉，2006）でも、加齢にともなう衰退度の上昇以外に特段の衰退は認められていない（これはヒノキ、カラマツ、トドマツも同様である）。

スギの場合、潜在的な水分利用量と消費量のバランスを表す値である年平均の蒸散量/降水量比が、広域を対象とするスギの脆弱性の指標として用いられている（松本ほか，2007）。蒸散降水比0.5以上がスギの不適地に当たる。不適地に成立しているスギ人工林の面積は現在の気候下では約240km²、スギ人工林の位置が変わらなるとすると不適地は2081～2100年には430km²と1.8倍に拡大する（松本ほか，2007）。ただ、これをスギ人工林の全面積に占める割合で見ると、現在は0.5%、21世紀末も0.9%と大きな数字ではない。これは現在の気候変化シナリオによると、日本の大半の地域で降水量の増加が予測されているため、蒸散降水比に大きな変化がないからである。

近年のスギ花粉症患者の増加の主因は、戦後に造成されたスギ、ヒノキの成熟による花粉飛散量の増加と推察（花粉症研究会，1988）されているが、近年の気候変化もスギ林の花粉量の増加に関与している可能性がある。スギの花粉生産量は前年の夏の気象条件の影響をうけ、とくに前年7月

の気温が高いと雄花数（林野庁，2006）や都市に飛来する花粉量（Teranishi et al.，2000）が増加し、健康に悪影響を及ぼす。夜温の上昇も雄花生産を増やす（長尾ほか，2004）。熱帯夜の出現数の増加（気象庁，2005）が花粉量増加の一因になる。夏（6～8月）の平均気温は、北日本（北海道，東北）を除き、1970年代以降上昇傾向にあり、高温の夏の日が増え、熱帯夜が大都市に限らず増えている（気象庁，1999）。輸入材の増加で近年は主伐（皆伐，択伐）が減り、人工林の改植が進む可能性は小さい。よって成熟したスギ林の面積はなかなか減らない。夏が暑く、冬が暖かくなると花粉の量が増え、飛散開始が早まって（金指，2007）、スギ花粉症の症状が重く、発症期間が長くなるであろう。南東北（高橋ほか，1996）では夏の気温が2～5℃上昇すると、平均以下の年の空中スギ花粉総飛散数が2～5倍に増加すると予測されている。IPCC（2007）も地球温暖化の健康影響の一つとしてスギ花粉症のリスクの増加を認めている。清野ほか（2008）は地球温暖化と積極的な間伐の実施により、花粉生産量が約1割増加すると推定している。

なお、冷温帯のスギ、ヒノキ人工林は冬季、落葉樹林より林内が暖かいので、暖地性植物を保護し、その分布拡大を助ける（原沢・西岡，2003）と考えられている。

3. 森林管理の課題

今後数10年のうちに、森林をとりまく自然環境（気象や病虫害など）はかなり変化するであろう。変化に対応しつつ、深刻な被害が避けられない場合は、造林適地の見直しや人工林の天然林化が必要になるであろう。科学的データにもとづいて長期の計画を立て、随時見直していくことが大切である。

1) 生物被害への対応

マツ枯れ被害の北上、拡大に対する対策として被害の早期発見、防除があげられる。寒冷地域に

おける防除効率をあげるため、マツ枯れ被害木の検出と位置の確定に航空写真を利用する研究が行われている（中村・中北，2007）。マツ材線虫病が侵入し、定着しかかった場合でも、早期防除（薬剤散布、被害木処理など）や再発防止措置により、危険地帯で被害地域の拡大を抑制している事例（中村典克 私信；鎌田，1997）がある。また、林木育種センター（現 森林総合研究所）及び府県林業研究機関ではマツ材線虫病抵抗性マツの開発に取り組み、一部の実用化に至っている。

一般に天然分布域よりも温暖な地域に植栽された樹木は病虫害等に遭いやすく、初期には良く成長しても長くは続かない。人工林の伐期は通常40年以上で、気候変化に即応して樹種を変えることは難しい。九州ではスギ、ヒノキ人工林は2090～2100年には冷温帯に属するものとはなくなり、亜熱帯に属するものが現れると予測されている（田中ほか，2003）。人工林はそのままで、病虫害の顔ぶれが温暖な側のものに変化することになる。スギ、ヒノキの人工林ではスギノアカネトラカミキリの被害が本州、四国を中心に見られる。本種は暖地では1世代を経過するのに3年以上、寒冷地では4～5年かかる（森林総合研究所 <http://ss.ffpri.affrc.go.jp/labs/seibut/bcg/bcg00077.html>）ので、気温上昇は個体数と被害の増加をもたらす可能性がある。スギノアカネトラカミキリは、移動能力が低く、被害林分に造林地が隣接していると被害が広がり易い（横原，1987）。造林面積の拡大が被害の伝播を助けてきたと考えられていることから、樹種転換等による人工林の分断化が被害拡大の軽減に役立つかも知れない。

2) 気象被害への対応

不確実性は大きいだが、地球温暖化の影響で強い台風の発生数が増えるとの予測がある（Oouchi et al.，2006；中村，2007）。台風による森林被害には樹種特性や立地条件も関与するが、スギ・ヒノキ人工林の被害は大径木（高齢，高樹高）林で



図4 広葉樹が混交するスギ人工林（静岡県天竜市）

多く、強く疎開された林分や間伐が必要な林分、間伐直後の林分も被害を受け易い（木上ほか，2006）。1960～2000年の民有林気象害調査によると風害は人工林の加齢とともに増え、41年生以上で発生率が高かった（久保山ほか，2003）。人工林は皆伐の減少で高齢化が今後さらに進むので、気象害は大径木高齢林の風害が主になると予想される。台風のような低頻度の現象による森林被害を定量的に評価するには、長期観察データの蓄積が必要である（齊藤・佐藤，2007）。地球温暖化による台風の強度や頻度の変化が森林に及ぼす影響の予測も今後の課題である。

3) 再造林の長期計画

現存するスギ、ヒノキ、カラマツ人工林の大半は天然分布域の外に植林されたもので、人手とコストをかけなければ再生しない。雑草木の多さは日本の自然の特色であり、下刈りの省力は容易ではない。公益的機能を含む森林機能を低コストで維持するために、これまでの造林樹種や苗木植栽に囚われない再造林技術の開発が必要である。採算の合わない造林地の天然林化（田中ほか，2003）も現実的手段の一つである（図4）。

スギ、ヒノキを維持する場合でも、伐採樹齢の延長とそれに合わせた森林計画の策定、苗木生産計画の変更、皆伐更新の植栽本数密度の見直し、苗木の配布区域、指定母樹の変更、育種区の見直

し(原沢・西岡, 2003)などが必要になる。また、気候変動枠組条約第9回締約国会議(2003年)でCO₂吸収源として算定可能な植林に組換え樹木の使用が条件つきで認められた。組換え技術を利用したバイオマス生産の向上のための成長制御や不適地耐性付与の取り組みが行われている(篠原, 2007)。この組換え樹木の有用性や社会による受容が必要であり、社会の関心に的確に対応した情報提供が不可欠である。

前述の通り、スギ人工林は21世紀中の気候変化に対して比較的安泰と見られるが、スギにも寿命がある。多くの高木種は100年から300年程度で生物学的な寿命を迎える。皆伐・再造林されず標準伐期を大きく超え、さらに他樹種が混交した人工林が今後は増えるであろう。森林計画において、既存の知識だけでは間伐材生産を含めた持続可能な生産量の限界や将来の木材需要のために確保すべき適正資源量などの推定が困難になる(岡, 2008)。こうした事態に、再造林を含めて対処していくには、人工林の構造変化の長期的予測が必要である。基礎的研究と、その成果を森林計画に反映させる手法の開発が望まれる。

4) 対策の可能性と限界

人工林では、林業を通してさまざまな適応策を施せる。例えば、間伐には間伐木の利用によって森林・木材による吸収量を直接増やすだけでなく、森林を健全に維持することによって病虫害や気象害を軽減し、炭素を長期間貯蔵して排出を防ぐ意味がある。また、被害の検出(中村・中北, 2007)と防除管理の強化、樹種混交、伐期の調節、適地適木、森林配置や木材利用の改善などの対策が考えられる。

しかし、監視や被害地へのアクセスの悪さや労働力、経費面から、可能な適応策と現実と取れる行動との間には隔りがある(IPCC, 2007)。天然林では、前述のように構造や機能にかなりの変化が予想されているが、いつどこで対策が必要に

なるのか、タイムラグの少ない警告を出せる状況にはない。熱波や集中豪雨など所在が容易に計り知れない現象に対応した精度の良い気候変化シナリオや、地域スケールでの変化予測がないことも正確な予測を難しくしている。現状では、大づかみの影響予測が得られるのみである。

不確実性の高い予測を補う意味で、影響の監視が重要である。森林にどのような変化が起こっているか科学的データを集約し、把握することが第一であるが、必要なモニタリングを実施するコストと人材、それを支援する組織(企業、NPOなど)は不十分である。人材は急には育たない。また、生活の安定がなければ定着しない。

天然林の構造の急変を防ぎ、天然林の移動を促すため、人工林や天然林の配置を変更したり、保護地域を見直すなどの対策が可能である。その際に、生態系機能の維持を助けるため、人工林は必要なものを除き、また、遺伝的攪乱をとまわらないよう注意しつつ、徐々に天然林化を図るなどの措置が可能である。気候変化による森林構造の変化をそのまま受け入れるべきか、天然林の発達を促すために必要な保護地域の見直しやコリドー形成といった土地利用の変更をはかるべきか、関係者で合意形成を図る必要がある。

4. おわりに

森林には木材生産や生物多様性保全、災害防止、水資源の維持など様々な恵みがある。スギ花粉症罹病の原因となるスギ花粉の生産は、森林の負の恵みの一つである。これらの恵みの中には、互いにゆずり合って調和を図れるものと、両立が難しいものがある。森林を一部の恵みだけで評価すると、必要な他の恵みを落としてしまう恐れがある。

筆者らは、スギ花粉症対策の観点も加味したうえで、スギ人工林は維持が必要なものを除き、徐々に天然林化(混交林・広葉樹林化)させるのが得策と考えている(清野ほか, 2008)。理由は次の

5つである。

- ① スギ林は当面、経済的理由により維持される(現在の程度の国産材需要は、国内スギ林の間伐材でまかなえる。植栽による再造林は、補助金の負担が大きい)。
- ② スギは生物学的には100年以上生存可能で、その間、間伐による木材生産が可能である(検証は必要であるが、前述の通り、21世紀末までの気候変化は山地のスギの生育に顕著な影響を及ぼさないと予測がある)。
- ③ 森林の公益的機能の発揮上、急激な皆伐や森林減少は避けるべきである。
- ④ 気候変化により、かなりの構造変化が避けられないであろう天然林や里山の構造の急変を避け、森林機能の維持を図るため、天然林の生物多様性(遺伝的多様性)を補う役割を人工林地に担わせたい(人工林に天然木が増えれば、天然林の移動を促すために人工林や天然林の配置を変更したり、保護地域を見直すなどの対策が取り易くなるであろう)。
- ⑤ 天然林化によりスギ花粉量の削減が期待できる。

引用文献

千葉幸弘(2006) 地上部調査。平成17年度森林吸収源計測・活用体制整備強化事業調査報告書(3) 森林衰退状況調査。森林総研, 93pp.

Daimaru, H. and Taoda, H. (2004) Effect of snow pressure on the distribution of subalpine *Abies mariesii* forests in northern Honshu Island, Japan. *J. Agric. Meteorol.* 60(4): 253-261.

FAO (2006) Global forest resources assessment 2005 Progress towards sustainable forest management, FAO Forestry Paper, 147, 320pp.

藤田和幸(2005) マツ材線虫病被害拡大への温暖化の影響。森林総合研究所東北支所研究情報4(4): 1-6.

福田健二(2008) ブナ科樹木の萎凋枯死被害(ナラ枯れ)の研究と防除の最前線。森林技術790: 36-37.

後藤純一(2005) 空中写真から判読した竹林の分布と

拡大速度—1974年から2000年の変化—。竹林の整備と利用の手引き。香川県環境森林部, 35-36.

原沢英夫・西岡秀三(2003) 地球温暖化と日本 第3次報告—自然・人への影響予測—。古今書院, 411pp.

樋口広芳・小池重人(2008) 地球温暖化が動植物の生物季節や分布に与える影響。森林科学52: 9-13.

IPCC (2007) Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Parry ML, Canziani OF, Palutikof JP, PJ van der Linden, Hanson CE, Eds, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.

伊藤文紀・池下衛平・小笠原貴子・安井行雄・市川俊英(2005) 竹林におけるアリ相および地上歩行性動物相。竹林の整備と利用の手引き。香川県環境森林部, 37.

鎌田直人(1997) 最先端地域におけるマツ材線虫病の動向と将来。森林総合研究所東北支所たより422: 1-6.

金指達郎(2007) スギ雄花開花モニタリングによる予測モデルの精度向上とモニタリング手法の省力化の検討。森林総合研究所交付金プロジェクト研究成果集15「交付金プロジェクト研究II成果」: 23-37.

木上真一郎・村上拓彦・溝上展也・吉田茂二郎(2006) 九州における風倒木被害の発生リスクに関する研究レビュー。九州森林研究59: 292-295.

気象庁(1999) 異常気象レポート'99 近年における世界の異常気象と気候変動(各論)。大蔵省印刷局, 341pp.

清野嘉之・九島宏道・伊東宏樹(2003) スギ林の幹断面積成長に及ぼす気象因子の影響。日林学術講114: 274.

清野嘉之・佐藤保・石田清・五十嵐哲也・奥田史郎・稲垣善之・伊東宏樹・行本誠史(2008) スギ花粉症対策の森林管理の課題と展望。日本森林学会大会学術講演集(CD-ROM), 119: N16.

久保山裕史・鄭躍軍・岡裕泰(2003) 主要な森林気象災害の林齢別被害率の推定と考察。日本林学会誌85(3): 191-198.

横原寛(1987) スギノアカネトラカミキリの被害と防除。わかりやすい林業解説シリーズ84: 65.

松井哲哉・田中信行・八木橋勉(2007) 世界遺産白神山ブナ林の気候温暖化に伴う分布適域の変化予測。日本森林学会誌89(1): 7-13.

松本陽介・丸山温・森川靖 (1992) スギの水分生理特性と関東平野における近年の気象変動—樹木の衰退現象に関連して—. 森林立地34: 2-13.

松本陽介・重永英年・三浦寛・長倉淳子・埜田宏 (2007) 温暖化に対するスギ人工林の脆弱性マップ. 地球環境11(1): 43-48.

長尾精文・清野嘉之・丸山宏道・奥田史郎 (2004) スギの花芽形成と成長量におよぼす夜温の影響. 日林関東支論55: 109-111.

中村克典・中北理 (2007) マツ材線虫病被害拡大を阻止するための高精度枯損木探査技術に向けて. 研究情報2007年度, 7(2): 1-6.

中村誠臣 (2007) 極端現象 (台風と梅雨期の降水) の予測. 気候変動に立ち向かう 科学的知見, そして技術的対策へ. 第5回環境研究機関連絡会成果発表会, 環境研究機関連絡会, II 3-5.

梨本真・高橋啓二 (1990) 関東甲信・瀬戸内地方におけるスギの衰退現象. 森林立地32: 70-78.

奥田史郎・鳥居厚志・伊藤武治・上村巧・佐々木達也・伊藤崇之・木村光男・豊田信行・佐渡靖紀・山田隆信・山田倫章・伊藤孝美・竹内都雄 (2007) タケの地上部現存量を簡易に推定する. 森林総合研究所平成18年度研究成果選集2006, 森林総研, 64pp.

温暖化影響総合予測プロジェクトチーム (2008) 地球温暖化「日本への影響」—最新の科学的知見—. 環境省地球環境研究総合推進費 戦略的研究開発プロジェクトS-4, 環境省

Oouchi K., Yoshimura H., Mizuta R., Kusunoki S., Noda A. (2006) Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric Model: Frequency and wind intensity analyses, J. Meteorol. Soc. Jpn, 84: 259-276.

林野庁 (2006) 花粉生産予測情報調査事業報告書. 林野庁, 124pp.

Rutherford T. A., Mamiya Y., Webster J.M. (1990) Nematode-Induced pine wilt disease: Factors influencing its occurrence and distribution, Forest Science 36(1): 145-155.

齊藤哲・佐藤保 (2007) 照葉樹林の主要樹種の台風被害の特性—綾の LTER サイトにおける複数の台風攪

乱の比較解析—. 日林誌89(5): 321-328.

背嵐哲央・丸真喜子・大森美紀・西井武秀 (1989) 竹林群落の構造と遷移の特性—雑木林の竹林化—. 金沢大学教育学部紀要自然科学編38: 25-40.

篠原健司 (2007) 地球温暖化防止に貢献する組換え樹木の開発. バイオプロセスハンドブック バイオケミカルエンジニアリングの基礎から有用物質生産・環境調和技術まで. エヌ・ティー・エス, 668-673.

Suzuki, S. and Nakagoshi, N. (2008) Expansion of bamboo forests caused by reduced bamboo-shoot harvest under different natural and artificial conditions. Ecol. Res. 23: 641-647.

鈴木和夫 (1984) マツの水分生理状態と材線虫の進展. 林試研報325: 97-126.

高橋宏明 (1971) スギ林の直径成長(IV) 直径成長と気象要因との相関. 日林誌53(10): 315-318.

高橋裕一・川島茂人・相川勝悟 (1996) 空中スギ花粉濃度に及ぼす地球温暖化の影響 山形市とその周辺地域で得られた予測結果. アレルギー45(12): 1270-1276.

田中信行・松井哲哉・八木橋勉・埜田宏 (2006) 天然林の分布を規定する気候要因と温暖化の影響予測: とくにブナ林について. 地球環境11: 11-20.

田中信行・八木橋勉・杉田久志・藤田和幸・林哲・埜田宏 (2003) 森林生態系への影響と森林管理. 遺伝別冊17: 109-118.

Teranishi H., Kenda Y., Katoh T., Kasuya M., Oura E., and Taira H. (2000) Possible role of climate change in the pollen scatter of Japanese cedar *Cryptomeria japonica* in Japan, Climate Research 14: 65-70.

鳥居厚志・酒井敦・奥田史郎, (2005) 香川県下の里山地域における竹林の分布拡大の現状と植物多様性の解析に関する研究. 竹林の整備と利用の手引き, 香川県環境森林部, 38-39.

脇元理恵・田崎和江 (2001) 竹の侵入が環境に及ぼす影響—植生と土壌の特徴—. 金沢大学理学部附属植物園年報24: 11-27.

安井行雄・市川俊英・伊藤文紀 (2005) 竹林と広葉樹林の昆虫相. 竹林の整備と利用の手引き. 香川県環境森林部, 36-37.

MEP 乳剤によるナラ枯損被害防止効果と薬害試験

江崎功二郎*

MEP80%乳剤50倍希釈液は、キクイムシ類防除のために一般樹木の樹幹に散布できる登録農薬である (全国農薬協同組合・全国農薬安全指導者協議会, 2006)。古くはこの農薬がカシノナガキクイムシ (以下, カシナガ) の防除のために有効であることが, 小林富士雄博士の著書の中で紹介されている (小林, 1977)。この農薬が樹皮に維持されると, 穿孔するカシナガに経口毒として作用することが明らかになっている (写真-1) (江崎, 2008)。末吉 (1990) は MEP 乳剤200倍液をマテバシイに2m1回散布を行ったが激しい加害を受けて穿入を防止できなかったため, 低濃度の散布では穿入防止効果がないと推察している。中村ら (1996) は MEP80%乳剤50倍液をミズナラに4m2回散布を行った。散布範囲の穿入は僅かであったが, 4mより上で多くの穿入が観察されたため, 予防のためには樹幹全体に散布する必要があると推察している。林地内でも移動できる小型散布器で樹幹全体に散布することは不可能である (中村ら, 1996) が, 穿入密度は地上高と正の相関関係があり, 散布範囲を上へ拡張することで穿入密度を低下させることは可能である。そこで, 江崎 (印刷中) は MEP80%乳剤50倍液をコナラ林およびミズナラ林で6m1回散布 (写真-2) を行い, 時空間的な飛来数や穿入密度分布を解析し, カシナガに対する穿入予防効果について明らかにした。本報では, この散布法 (江崎, 印刷中) による枯死や部分枯れなどの被害防止効果を示すとともに, 散布農薬が比較的高濃度であるた

めに対象樹木の薬害調査およびドリフトによる周辺植物の薬害観察を行ったので, その結果および



写真-1 MEP 散布後に飛来したカシノナガキクイムシの死亡個体



写真-2 カシノナガキクイムシの予防のための MEP 散布

* 石川県林業試験場

Kojiro Esaki

概要について報告する。

本研究を実施するにあたり、富山県農林水産総合技術センター森林研究所の松浦崇遠主任研究員および福井県総合グリーンセンターの杉本孝司主任研究員には、野外における薬剤の効果についてご助言いただいた。ここに厚くお礼を申し上げる。

1. MEP 乳剤 1 回 6 m 散布による被害防止効果

コナラ林およびミズナラ林において、それぞれ40本および26本を、調査木として選木した。そのうち半数を MEP 処理区とし、残りを無処理区とした。調査林内で両方の処理区間で立地条件の違いがないように、調査木をできるだけ均一に分布させた。処理木に散布した MEP1.6% 乳剤は、MEP80% 乳剤（井筒屋スミパイン80乳剤、井筒屋化学産業㈱製）を50倍に水道水で希釈したものである。散布範囲は地際から樹幹6mまで、散布量は500cc/m²になるように調整した。コナラ林では2007年6月19日、ミズナラ林では6月20日に1回のみ散布を行った。散布時に新しい穿入孔は観察されなかった。コナラ林では散布18週間後

(10月23日)、ミズナラ林では散布17週間後(10月17日)の調査まで、1週間ごとに枯死や部分枯れなどの被害状況を観察した。また、枯損発生時の地上高0.5~1.5mの樹幹表面における累積穿入密度について示した。詳しい調査法は江崎(印刷中)を参照されたい。

コナラ林では調査終了時まで、無処理区において2本が枯死し、MEP 処理区において2本が部分枯れした。そのため、無処理区および MEP 処理区において10.0%の枯死木および10.0%の部分枯木が発生した(図-1)。ミズナラ林では無処理区において4本が枯死し、1本が部分枯れしたが、MEP 処理区において被害発生はなかった。そのため、ミズナラ林の無処理区において30.8%の枯死木および7.7%の部分枯木が発生し、合計38.5%の被害木が発生した(図-1)。このため、1回の MEP 乳剤 6 m 散布でも、カシナガの穿入を一定期間防止する(江崎, 印刷中)とともに、シーズンを通じた被害防止効果も認められることが示された。

コナラ林の無処理区で枯死した2本の地上高0.5~1.5mの穿入密度(±SE) 130.2(±8.4) 個/m²は、ミズナラ林の無処理区において枯死した4本

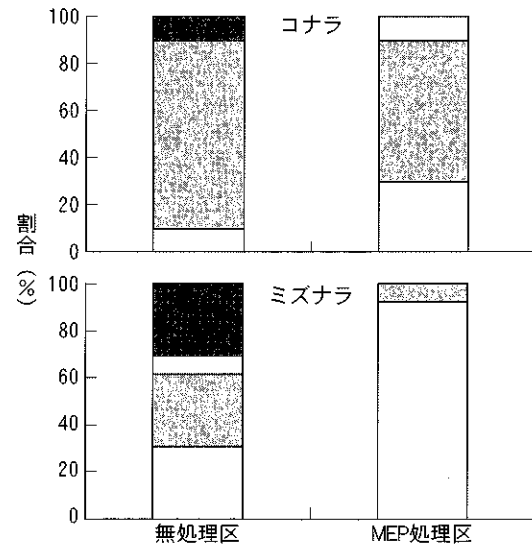


図-1 6 m 1 回散布による被害防止効果



写真-3 対象樹木に付着したコケ類で観察された被害



写真-4 下層植生や幹萌芽で観察されるドリフトによる被害
左: ミツバツツジ(林床灌木); 右: コナラ(幹萌芽)

のそれ30.8(±5.2) 個/m²より有意に高くなった(分散分析, $p < 0.001$)。この範囲における穿入密度と樹木枯死発生との関係は明らかでないが、コナラはミズナラよりこの被害に対する感受性が低いことが知られており(小林・萩田, 2000; 小林・上田, 2001; 三浦ら, 2001)、今回の結果も同様の傾向を示した。

この農業散布によって、幹に付着するコケ類、幹萌芽、および樹冠下の灌木の葉が変色する軽微な被害(写真-3; 4)が観察された。そのため、この農業を散布する際には周囲の状況に良く注意を払って行う必要がある。

2. 倍濃度倍量薬害調査

予防対象樹木への薬害について明らかにするために、属や生態的特性の異なるブナ科4樹種に対して倍濃度倍量の薬害調査を行った。能美市辰口町辰口丘陵公園のコナラ(平均胸高直径: 15.0 cm)およびアベマキ(16.0 cm)、加賀市刈安山のウラジログシ(16.0 cm)およびスダジイ(11.0 cm)をそれぞれ5本選木し、散布農薬の倍濃度倍量である MEP3.2% 乳剤1,000cc/m²を2007年6月28日に1回4 m 散布した。散布後、11月30日まで約1ヶ月ごとに散布木の新梢について外見を観察を行ったが、異常は観察されなかった。この結果は散布薬剤による予防対象樹木における薬害

発生の可能性は低いことを示した。

3. おわりに

これまで、ビニール被覆(小林ら, 2001)、接着剤塗布(増田, 2006)、接着剤と MEP 混合液の散布(齊藤ら, 2004)、接着剤と MEP 組合せ散布(齊藤・中村, 2005)、防カビ剤樹幹注入(齊藤ら, 2006)などによる予防法が考案されてきた。これらの予防法には一長一短があり、どれが最適な予防法かは現場の状況に応じて異なると思う。本報で示した MEP 乳剤の最大の長所は作業性に優れ広範囲に散布できることである。今後は、予防現場に応じた散布時期、散布回数や予期待値など明らかにしていく必要がある。

引用文献

江崎功二郎(2008)ハトメケージ接種によるカシノナガキクイムシの穿入率と MEP 乳剤の穿入防止効果. 森林防疫 57: 215-218.
江崎功二郎(印刷中)フェニトロチオン乳剤の樹幹散布によるカシノナガキクイムシの穿入防止効果. 日林誌.
Hijii, N., Kajimura, H., Urano, H., Kinuura, H. and Itami, H. (1991) The mass mortality of oak tree Induced by *Platypus quercivorus* (Murayama) and *Platypus calamus* Blandford (Coleoptera: Platypodidae)-The density and spatial distribution

of attack by the beetles-. Jnr. Jpn. For. Soc. 73 : 471-476.

小林富士雄 (1977) 緑化樹木の病害虫 (下) 害虫とその防除. 290pp, 日本林業技術協会, 東京.

小林正秀・萩田 実 (2000) ナラ類集団枯損の発生経過とカシノナガキクイムシの捕獲. 森林応用研究 9 : 133-140.

小林正秀・上田 明 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (Ⅱ) 一京都府和知町と京北町における調査結果一. 森林応用研究 10 : 79-84.

小林正秀・萩田 実・春日隆史・牧之瀬照久・柴田 潔 (2001) ナラ類集団枯損被害木のビニールシート被覆による防除. 日林誌 83 : 328-333.

増田信之 (2006) 液体粘着剤を用いたカシノナガキクイムシの防除. 公立林業試験研究機関研究成果選集 3 : 19-20.

三浦直美・斉藤正一・三河孝一・小野瀬浩治・中村人史・森川東太 (2001) ナラ類集団枯損林分の特性と分離菌の病原性一分離菌の接種による枯損の再現一.

山形県森林研究研修セ 29 : 1-10.

中村人史・斉藤正一・三浦直美・三河孝一・小野瀬浩司 (1996) ナラ類集団枯損におけるカシノナガキクイムシの加害特性と防除に関する一考察. 山形県立林試研報 26 : 9-13.

斉藤正一・中村人史・三浦直美 (2004) ナラ類集団枯損被害の接着剤を利用した防除法. 第115回日林学術講 : 724.

斉藤正一・中村人史 (2005) 殺虫剤と接着剤によるナラ類集団枯損被害の防除法. 公立林業試験研究機関研究成果選集 2 : 19-20.

斉藤正一・中村人史・中江純一郎・山本克哉 (2006) 防カビ剤の樹幹注入によるミズナラの枯損被害防止. 東北森林学会誌 11 : 92-96.

末吉政秋 (1990) 広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害 (第2報). 森林防疫 39 : 242-245.

全国農業協同組合・全国農業安全指導者協議会 (2006) 農業安全適正使用ガイドブック2007年度版. 700pp, 全国農業協同組合, 東京.

マツ樹体内で優占するのは誰？

—増えやすいマツノザイセンチュウと増えにくいマツノザイセンチュウ—

相川 拓也*

1. はじめに

マツ材線虫病はマツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*) (写真1) (以後線虫と略する) によって引き起こされるマツ類の伝染病である (清原・徳重, 1971)。線虫は日本の土着種ではなく, 北米から持ち込まれた侵入種であると考えられている (Tarés et al., 1992)。そのため, 本病による被害は在来の病害に比して類をみないほど激烈であり, その様相は侵入病害の典型的な例と言えよう。年間の被害材積はここ数年 600,000~900,000m³で推移しており (林野庁保護対策室, 2008), 最も被害が甚大であった昭和54年 (約2,400,000m³) と比較すると, その被害は減少してはいるものの, 依然として高い数値であることに違いはない。国内における線虫の分布は北海道と青森県を除く45都府県で確認されており, 現在もお徐々に北上を続けている。

線虫は *Monochamus* 属のカミキリムシにより感染木から健全木へと伝播されることが知られており, 日本では主にマツノマダラカミキリ (*Monochamus alternatus*) (写真2) (以後カミキリと略する) がその役割を担っている (Mamiya and Enda, 1972; 森本・岩崎, 1972)。6月から8月頃にかけて, 体内に線虫を多く保持したカミキリ成虫が枯死木から脱出し健全なマツを訪れ枝を摂食する。その際カミキリ体内の線虫は虫体を離れカミキリ成虫によって作られた摂食痕 (摂食によりできた傷) を通じてマツ樹体内に侵入する

(Mamiya and Enda, 1972; 森本・岩崎, 1972)。樹体内に侵入した線虫は増殖を繰り返しマツを枯死させる。カミキリ雌成虫は枯死して間もないマツに産卵する性質を持つため, 線虫の増殖により



写真1 マツノザイセンチュウ。中央に見える大きいものが雌成虫 (体長約1mm)



写真2 マツノマダラカミキリ雌成虫

「平成20年版森林・林業白書」

を発行しました

平成20年版森林・林業白書は, 森林・林業・木材産業の現状を詳細に分析するとともに, 今後のあるべき施策の方向を示しています。特に, 「平成19年度森林及び林業の動向」では, 『林業の新たな挑戦』を特集して, 国産材の安定供給を支え, 健全な森林を将来へと引き継ぐ林業経営の確立を図るべく新たな林業に向けた胎動について述べ, このことが地球温暖化防止をはじめ, 森林のもつ多様な機能を持続的に発揮し, 一方, 木材産業や関連産業との持続的な関係を強固なものとしていく上で極めて重要なものであることを訴えています。

本年も引き続きご購入いただきますようお願い申し上げます。

社団法人 日本林業協会

〒107-0052 東京都港区赤坂1-9-13 三会堂ビル3F
TEL: 03-3586-8430 FAX: 03-3586-8434

定価 1部2,100円 (税込み, 送料実費)

(10部以上の購入は1部2,000円 (消費税込) で, 送料を当方負担とします。)

* 森林総合研究所東北支所

AIKAWA Takuya

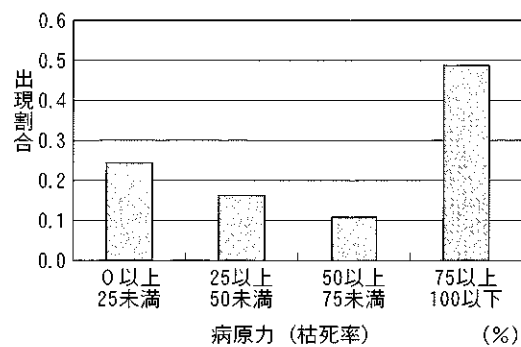


図1

日本各地の被害林から分離されたマツノザイセンチュウ個体群 (37個体群) の病原力別出現割合 (清原 (1989) のデータを加工)。各線虫個体群に30本のクロマツ苗木を割り当て接種。線虫個体群を苗木の枯死率別にまとめ全体に占める割合として表した。

衰弱あるいは枯死したマツに飛来し産卵する。カミキリ体内の線虫は、この産卵痕 (産卵行動によりできた傷) を通じてマツ樹体内に侵入すると考えられている (Kishi, 1995; 相川, 2006)。このように、摂食および産卵目的で複数のカミキリ成虫が1本のマツに飛来することから、マツはそれらのカミキリ成虫によって運ばれた複数の線虫個体群による侵入を受けていると推測される。

一方、野外における線虫個体群の病原力 (マツを枯死させる能力) は一様ではなく、個体群間で大きく異なることが知られている。清原 (1989) は、日本各地の被害林分から線虫個体群を採取し、それらを健全なマツの苗木に接種したところ、苗木の枯死率は0~100%であったと報告している (図1)。このような病原力の大きなばらつきは、異なる林分間だけでなく同一林分内の線虫個体群間でも確認されている (清原, 1989; Kiyohara and Bolla, 1990)。すなわちこの事実は、同じ林分内に生息する線虫であっても、非常によくマツを枯らす個体群もいれば、ほとんど枯らせない個体群もいることを示している。これら病原力の異なる線虫個体群はカミキリ成虫によって運ばれ、カミキリ成虫の摂食痕および産卵痕を通じて新たな宿主へ伝播されることから、自然界では1本の

マツ樹体内に多様な病原力の線虫個体群が侵入していると考えられる。しかしこれまで、線虫個体群の重複感染を想定した研究は全く行われてこなかったため、マツ樹体内で起こっている現象、すなわち、マツに侵入した複数の線虫個体群がどのように樹体内で広がるのかということについては全くわからなかった。この点を明らかにすることは、線虫の病原力とマツ樹体内における優占力との関係だけでなく、延いてはマツ林内で優占的に広がりやすい線虫の病原力を考える上でも重要である。

今回はこの線虫の病原力という点に着目し、2つのタイプの二重感染を想定した実験を行った。すなわち、①病原力の強い個体群と弱い個体群が同一のマツに感染した場合と、②病原力の強い2つの個体群が同一のマツに感染した場合の2タイプである。この実験の結果、マツ樹体内の線虫個体群構造は、感染した線虫個体群の病原力や感染する順番によって変化するという興味深いデータが得られたのでここに紹介する。

2. 同一マツへの2つの線虫個体群の接種 (線虫)

2つの強病原力個体群 (Ka-4, No.476) と1つの弱病原力個体群 (OKD-1) を実験に用いた。これらの線虫個体群は森林総合研究所森林病理研究室で継代培養されているものであり、毎年クロマツ苗木を使った接種試験によって病原力が確認されている。上述した①強病原力個体群と弱病原力個体群との組み合わせとして Ka-4 と OKD-1 を、また②2つの強病原力個体群の組み合わせとして Ka-4 と No. 476 を使用した。これらの線虫個体群は、大麦培地上の *Botrytis cinerea* 菌叢上で2週間25℃で培養し、その後ベールマン法を用いて培地から分離した。分離した線虫は100,000頭/mlとなるよう濃度調整し接種に用いた。

(接種方法)

茨城県かすみがうら市にある森林総合研究所千代田苗畑内の健全な6年生クロマツを使用した。線虫個体群の接種は2003年に行い、接種する線虫個体群の組み合わせや順番を変化させ、全部で9つの処理区を作った (表1)。各処理区につき5本のマツを供試した。まず、幹の胸高部に直径0.6cm深さ約2cmの穴を空け、そこへ線虫懸濁液0.1ml (10,000頭分) を接種した。2つの線虫個体群を接種する処理区では、最初に空けた穴の10cm上部に同様の穴をあけ、そこへ2つ目の線虫懸濁液0.1mlを接種した。

表1 各処理区で用いたマツノザイセンチュウ個体群とその接種時期

処理区	各線虫個体群の接種時期	
	2003年6月26日	2003年7月28日
Ka	-	Ka-4
476	-	No.476
OK	-	OKD-1
Ka+OK	-	Ka-4 と OKD-1
Ka-OK	Ka-4	OKD-1
OK-Ka	OKD-1	Ka-4
Ka+476	-	Ka-4 と No.476
Ka-476	Ka-4	No.476
476-Ka	No.476	Ka-4

表2 各処理区で発生した枯死木数とマツノザイセンチュウ分離の有無

処理区	供試本数	枯死本数*	線虫分離の有無		
			2003年8月	2004年1月	2004年4月
Ka	5	5	+	+	+
476	5	5	+	+	+
OK	5	0	-	-	-
Ka+OK	5	5	+	+	+
Ka-OK	5	5	+	+	+
OK-Ka	5	5	+	+	+
Ka+476	5	5	+	+	+
Ka-476	5	5	+	+	+
476-Ka	5	5	+	+	+

*最終調査時 (2004年4月) における枯死木数。OKD-1を接種したマツ以外は2003年11月の時点で全て枯れていた。

3. 接種木からの線虫の回収および解析

(線虫の回収)

線虫を接種してから1ヶ月後 (2003年8月)、6ヶ月後 (2004年1月) そして9ヶ月後 (2004年4月) に、直径1.8cmのドリルを使って各接種木の幹から材片を2箇所採取した。材片は研究室に持ち帰りベールマン法により材片から線虫を分離した。

(回収された線虫の解析)

本実験に用いた3つの線虫個体群はDNA解析によってそれぞれ区別することができる (Aikawa et al., 2003; Aikawa et al., 2006)。分離された線虫の中から、各材片 (マツ1本) あたり24頭の線虫を無作為に抽出し1頭ずつDNA解析を行って線虫の個体群識別を行った。

4. マツ樹体内で優占するのは?

(強・弱病原力個体群を接種した場合)

強病原力個体群であるKa-4を単独で接種したマツは、接種年の11月までに全て枯死した。一方、弱病原力個体群であるOKD-1を単独で接種したマツは、実験期間中 (2004年4月まで) 1本も枯死木が発生しなかった (表2)。これらの結果か

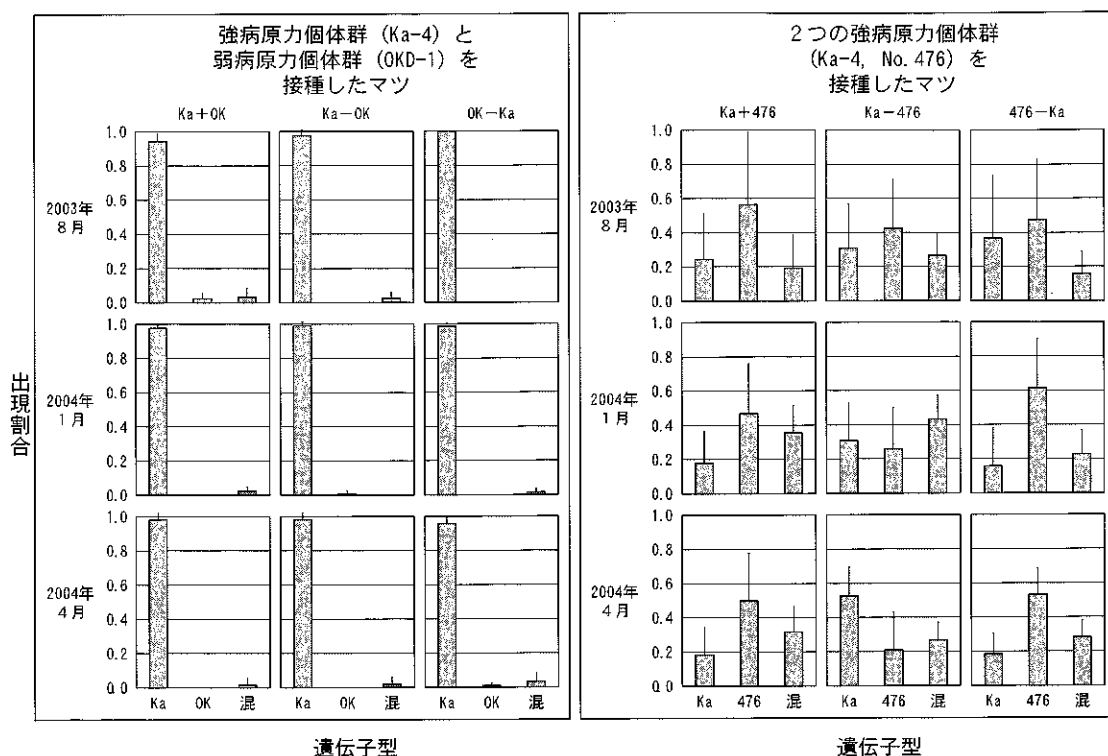


図2

各処理区で発生した枯死木（5本）から回収されたマツノザイセンチュウの遺伝子型別出現割合（平均値±標準偏差）。左側の9つの図はKa-4個体群とOKD-1個体群を接種した処理区における出現割合を、また、右側の9つの図はKa-4個体群とNo.476個体群を接種した処理区における出現割合を示す。図の最下部に記したKa, OK, 476はそれぞれKa-4, OKD-1, No.476個体群の遺伝子型を示す。また、混はKa-4とOKD-1個体群（左側）、またはKa-4とNo.476個体群（右側）の両方の遺伝子型を持つ個体を示す。図の最上部に記したKa, OK, および476の各組み合わせは処理区を表す（表1）。

ら、Ka-4は非常に強い病原性を持っていること、またOKD-1はほとんどマツを枯らす能力がないことがあらためて示された。Ka-4を接種したマツから再分離された線虫は、材片の採取時期に関係なくすべてKa-4の遺伝子型を示した（データ表示せず）。一方、OKD-1を接種したマツからは全く線虫が分離されなかった（表2）。このことから、Ka-4の単独接種区では、接種したKa-4個体群が増殖したことによりマツが枯死したこと、また、OKD-1の単独接種区では線虫が全く増殖できなかったため、マツが枯れなかったことが示された。

Ka-4とOKD-1の両個体群を接種したマツ樹体内における線虫の個体群構造を図2に示す。線虫個体群を接種する順番や材片の採取時期に関係なく、回収されたほぼ全ての線虫がKa-4と同じ遺伝子型を示した。この事実は、健全なマツに強病原性個体群と弱病原性個体群が二重感染した場合、その順序にかかわらず、マツ樹体内は圧倒的に高い増殖力を持つ強病原性個体群によって占拠されることを意味している。病原性の強い個体群はその感染型（単独感染か二重感染か）に関わらず、マツ樹体内に広く蔓延することがこの実験によって証明された。

（2つの強病原性個体群を接種した場合）

強病原性個体群であるNo.476を単独で接種したマツも、Ka-4と同様に全てのマツが枯死した（表2）。この結果から、No.476もまた強病原性個体群であることが再確認された。また、No.476を接種したマツから再分離された線虫は全てNo.476の遺伝子型を示したことから（データ表示せず）、これらのマツは接種したNo.476個体群が増殖したことによって枯死したことが示された。

Ka-4とNo.476の両個体群を接種したマツ樹体内における線虫個体群構造を図2に示す。強・弱病原性個体群を接種した時とは異なり、接種の順序、あるいは材片採取の時期に関係なく、Ka-4の遺伝子型を示す線虫、そしてNo.476の遺伝子型を示す線虫の両方がどの処理区でも出現した。また、興味深いことに、Ka-4とNo.476の両方の遺伝子型を持つ個体も多く現れた（図2）。これは、両個体群がマツ樹体内で交配しながら増殖したことを意味しており、強・弱病原性個体群間の実験ではほとんど見られなかった現象であった。さらに、接種の順番と回収された線虫の遺伝子型別頻度との関係を見ると、先に接種した個体群の遺伝子型を示す線虫が2004年4月の時点で最も多く検出された。一般的に、6月初めにはカミキリ成虫によるマツ樹体内の線虫の持ち出しが始まることから、病原性の強い2つの線虫個体群が同一マツに感染するケースでは、先に感染した個体群が最終的に樹体内で優占する傾向があることが示唆された。

5. おわりに

今回の実験により、マツ樹体内の線虫相は感染した線虫個体群の病原性によって、また感染の順番によって変化することが示された。これは線虫個体群が二重感染した場合におけるマツ樹体内の線虫個体群構造を示した初めての報告である。

今回の実験によって、弱病原性個体群が健全なマツに感染した場合、マツ樹体内ではほとんど増

殖できないことが示された。過去の研究を見ても、弱病原性個体群を健全なマツに単独接種した場合、増殖はほとんど見られないこと（清原, 1989; Kiyohara and Bolla, 1990; Fukuda et al., 1992; Ikeda and Kiyohara, 1995）、また樹体内での移動能力も強病原性個体群に比べ極めて低いこと（Fukuda et al., 1992; Fukuda, 1997; Ichihara et al., 2000）などが示されていることから、この結果はある程度予想された結果と言える。一方、光合成の低下により衰弱したマツの場合には、弱病原性個体群でも増殖し枯死させることができる（Fukuda, 1997）。しかし、本実験では、病原性の強い個体群の先行侵入によって既に衰弱した状態のマツに病原性の弱い個体群が侵入したとしても、それらはマツ樹体内でほとんど増殖できなかった（図2）。この結果は、弱病原性個体群は健全なマツだけでなく、マツ材線虫病により衰弱したマツに感染したとしても、樹体内では増殖できず個体群を維持できないことを示唆している。したがって、弱病原性線虫の個体群維持は、健全なマツ樹体内で容易に増殖できる強病原性線虫に比べ極めて困難であると考えられる。病原性の弱い線虫が野外で個体群を存続させるためには、マツ材線虫病以外の要因で枯死したマツ、あるいは部分的に枯れあがった枝などに感染する必要があると推測される。

強病原性個体群がマツ樹体内で優占し、それらが翌年カミキリ成虫によって新たなマツへ伝播される、というサイクルを何年も繰り返すことによって、最終的にマツ林内の線虫相は病原性の強い個体群一色に置き換わってしまうようなことはないのだろうか？ 清原（1989）によると、野外から得られる線虫個体群のうち約1/4は病原性の比較的弱い個体群（病原性0~25%）であることが示されている（図1）。このことは、弱病原性個体群が強病原性個体群によって排除されることなく、維持されていることを示唆している。しかし、彼の調査からは既に30年以上が経過していること

から、現在の頻度分布は当時とは異なっている可能性がある。再び清原 (1989) と同じ調査地で線虫を採集し、それらの病原力を調べることができれば、少なくともこの30年間に線虫の病原力がどの程度変化したのかを知ることができるだろう。もし、病原力の強い個体群の頻度が高くなっていったら、それは今回示した「マツ樹体内で強病原力個体群が優占的に広がる現象」が影響している可能性がある。また、当時と変化がない、あるいは病原力の弱い個体群の頻度が高くなっているようであれば、今回調査したマツ樹体内での増殖という点以外に、弱病原力線虫の個体群維持に有利に働く何らかの機構が、線虫の生活環の中に存在するはずである。単に「線虫の生態」と言っても、それは病原力の異なる個体群間で大きく違うのかもしれない。今後の研究の進展に期待したい。

謝 辞

(独) 森林総合研究所の菊地泰生博士、および同研究所北海道支所の小坂肇博士には現場での調査・試料採集にご協力いただいた。また、本稿をまとめるにあたり同研究所東北支所の市原優博士からは原稿へのご意見ご批判を頂いた。ここに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- 相川拓也 (2006) マツノザイセンチュウの伝播機構—どのように媒介昆虫へ乗り移りそして離脱するのか—。日林誌 88: 407-415.
- Aikawa, T., Kikuchi, T. and Kosaka H. (2003) Demonstration of interbreeding between virulent and avirulent populations of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by PCR-RFLP method. Appl. Entomol. Zool. 38, 565-569.
- Aikawa, T., Kikuchi, T. and Kosaka H. (2006) Population structure of *Bursaphelenchus xylophilus* within single *Pinus thunbergii* trees inoculated with two nematode isolates. For. Pathol. 36: 1-13.

- Fukuda, K. (1997) Physiological process of the symptom development and resistance mechanism in pine wilt disease. J. For. Res. 2: 171-181.
- Fukuda, K., Hogetsu, T. and Suzuki, K. (1992) Cavitation and cytological changes in xylem of pine seedlings inoculated with virulent and avirulent isolates of *Bursaphelenchus xylophilus* and *B. mucronatus*. J. Jpn. For. Soc. 74: 289-299.
- Ichihara, Y., Fukuda, K. and Suzuki, K. (2000) Early symptom development and histological changes associated with migration of *Bursaphelenchus xylophilus* in seedling tissues of *Pinus thunbergii*. Plant Dis. 84: 675-680.
- Ikedo, T. and Kiyohara, T. (1995) Water relations, xylem embolism and histological features of *Pinus thunbergii* inoculated with virulent or avirulent pine wood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. J. Exp. Bot. 46: 441-449.
- Kishi, Y. (1995) The pine wood nematode and the Japanese pine sawyer. 302pp, Thomas, Tokyo.
- 清原友也 (1989) マツ材線虫病の病原学的研究。林試研報 353: 127-176.
- Kiyohara, T. and Bolla, R. I. (1990) Pathogenic variability among populations of the pinewood nematode, *Bursaphelenchus xylophilus*. For. Sci. 36: 1061-1076.
- 清原友也・徳重陽山 (1971) マツ生立木に対する線虫 *Bursaphelenchus* sp. の接種試験。日林誌 53: 210-218.
- Mamiya, Y. and Enda, N. (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). Nematologica 18: 159-162.
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972) 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.
- Tarés, S., Abad, P., Bruguier, N., and De Guiran, G. (1992) Identification and evidence for relationships among geographical isolates of *Bursaphelenchus* spp. (pinewood nematode) using homologous DNA probes. Heredity 68: 157-164.
- 林野庁保護対策室 (2008) 平成19年度松くい虫被害について。森林防疫 57: 203-204.

農薬代替としての木酢液 (2)

谷田貝光克*

1. はじめに

前回 (No. 185 9. 2008) に引き続き、木酢液の農薬代替としての効果をご紹介します。多成分で構成される木酢液は、その働きも多様である。なかでも病害虫防除、作物の成長促進あるいは増収など、農薬的な効果が特に最近注目されている。木酢液関連団体では、木酢液を農水省の指定する特定防除資材としての認定に向けてその作業を急いでいる。

2. キノコ栽培に効果のある木酢液

食用キノコを木粉培地で栽培する菌床栽培がシイタケなどのキノコで良く行われている。菌床栽培で一番の問題は、木粉培地が害菌で汚染されることである。害菌を抑えるための合成薬剤も存在するが、対象が食用ということから化学薬品の使用は極力抑えることが望ましい。そこで、木酢液によるシイタケ害菌の防除効果が検討された¹⁾。

PDA 培地20ml にそれぞれ、酢酸、コナラ木酢液、ヒノキ木酢液 4 ml を添加した後にシイタケ害菌のトリコデルマ (*Tricoderma harzianum*) を接種した場合、*T. harzianum* の成長は1.00%の酢酸、1.25%のコナラ木酢液、0.75%のヒノキ木酢液で7日間抑制された (表1)。

1日間 *T. harzianum* を培養した後のコロニー上に4 ml の酢酸、あるいは木酢液を添加した場合には、酢酸は1.50%でも添加2日後には菌糸成長を完全には抑制できなかったが、1.00%のヒノ

キ木酢液、1.50%のコナラ木酢液は7日間完全に抑制した (表2)。

また、木粉培地からのシイタケ子実体の発生は、1.25%という高濃度の酢酸、木酢液によっても全く阻害されず収量はむしろ増加した (表3)。これらのことから酢酸及び木酢液はシイタケ子実体の発生を阻害することなく、害菌の菌糸成長を著しく抑制することが明らかにされた。

3. シバの生育を促進する木酢液

木酢液はシバの根張りを良くし、生育を促進する、あるいは緑の色を鮮やかにし、生き生きとさせるなどの効果があり、ゴルフ場の芝生などによく使用されている。ここでは、シバの生育に役立つ木酢液の作用を紹介しよう。

コナラ、ミズナラ、クヌギなどの広葉樹を中心とした材料を黒炭窯で炭化した時に得られた木酢液を用いて西洋シバ2草4品種の生育に対する影響を水耕栽培で調べた²⁾。木酢液の0.01%、0.05%、0.1%、0.25%、0.5%、1%液を調整し、pHを塩酸、または水酸化ナトリウム溶液で6.2に調整後、1200ml を、1/1000a のポットに入れ、金網をポットの口より深さ3 cm の位置につるして、その上にガーゼを敷き、シバ種子を播種した。草丈は0.05%以上の処理で減少し、根部は0.05%処理で生育を促進した。地上部、根部のいずれの成長にも効果がある濃度は0.05%であることが明らかにされた。

草丈および根長が5 cm になるように切断したシバソッドで試験した結果は、水耕栽培のpH調整の有無にかかわらず0.05%木酢液で処理した場

* 秋田県立大学木材高度加工研究所 YATAGAI Mituyoshi

表1 酢酸および木酢液のトリコデルマ (*T. harzianum*) 菌糸成長抑制作用

試料	接種後の日数	濃度 (%)					
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25
酢酸	1	+	+	-	-	-	-
	2	++	+	-	-	-	-
	3		++	+	+	-	-
	4			++	+	-	-
	5				++	-	-
	6					-	-
	7					-	-
コナラ木酢液	1	+	+	-	-	-	-
	2	++	+	-	-	-	-
	3		++	-	-	-	-
	4			+	+	+	-
	5			++	+	+	-
	6				+	+	-
	7				+	+	-
ヒノキ木酢液	1	+	-	-	-	-	-
	2	++	-	-	-	-	-
	3		+	-	-	-	-
	4		++	-	-	-	-
	5			+	-	-	-
	6			+	-	-	-
	7			++	-	-	-

注：-：成長阻害，+：成長，++：コロニー化
酢酸あるいは木酢液の4mlをPDA培地上に添加後，トリコデルマを接種。
25±1℃で培養。

表2 酢酸および木酢液のトリコデルマ (*T. harzianum*) に対する拮菌作用

試料	接種後の日数	濃度 (%)						
		0.00	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50
酢酸	1	+	+	+	-	-	-	-
	2	++	++	+	+	+	+	+
	3			++	++	+	+	+
	4					++	+	+
	5						++	+
	6							++
	7							++
コナラ木酢液	1	+	+	+	-	-	-	-
	2	++	++	+	+	+	+	-
	3			++	+	+	+	-
	4				+	+	+	-
	5				++	+	+	-
	6					++	+	-
	7						+	-
ヒノキ木酢液	1	+	+	-	-	-	-	-
	2	++	+	+	+	-	-	-
	3		++	+	+	-	-	-
	4			+	+	-	-	-
	5			+	+	-	-	-
	6			++	+	-	-	-
	7				+	-	-	-

注：-：成長阻害，+：成長，++：コロニー化
トリコデルマコロニー上に，酢酸あるいは木酢液の4mlを添加。
25±1℃で培養。

表3 酢酸および木酢液のシタケ子実体の発生に及ぼす影響

溶液	浸漬後の重量増加 (g)	子実体発生率 (%)	子実体数	単位培地当たりの子実体生成量 (g)
酢酸	1.4±0.2	100	4.3±1.3	25.5±5.0
コナラ木酢液	1.4±0.3	100	3.9±1.5	28.7±5.5
ヒノキ木酢液	1.7±0.5	100	3.8±1.6	24.8±5.9
対照	1.5±0.3	100	3.7±1.8	23.6±6.5

注) コナラ木粉26.39, 米ぬか8.89, 水65mlのオガクズ培地を使用。
シタケ菌接種45日後，溶液に一分間浸漬。
その後，子実体形成を観察。溶液の酸度：1.25%

表4 木酢液がベントグラス・ベントクロスソッドの生育に及ぼす影響

木酢液濃度 (%)	pH調整区 (6.2)				pH未調整区			
	草丈 (cm)	地上部生体重 (g)	根長 (cm)	根部生体重 (g)	草丈 (cm)	地上部生体重 (g)	根長 (cm)	根部生体重 (g)
0	8.5	6.3	5.3	0.5	8.0	6.2	6.8	0.8
0.01	9.5	6.4	6.8	0.6	9.0	6.7	8.3	0.8
0.05	8.8	6.5	8.3	1.1	8.5	6.6	8.8	1.1
0.1	8.3	6.5	7.5	0.8	9.0	8.8	9.0	1.0
0.25	9.8	7.2	6.8	0.7	9.8	6.0	6.3	0.5
0.5	9.0	9.0	5.0	0.5	8.3	6.0	5.5	0.4
1	8.8	6.6	4.8	0.4	9.3	6.6	4.8	0.4

注1) 供試シバ：草丈5cm, 根長5cm, 面積12.5cm²のものを1ポット当り2個供試した。
注2) 試験期間：1992年1月13日～2月11日

合に根部の生育を促進した。しかし，0.25%以上の濃度になると根部の生育が抑制されるシバ品種もあった。地上部の生育ではシバの品種により差はあるものの処理液のpH調整の有無に関わらずいずれのシバも地上部および根部の生育を促進する濃度は0.05%前後であることがわかった。表4にベントグラス・ベントクロスソッドの例を示した。

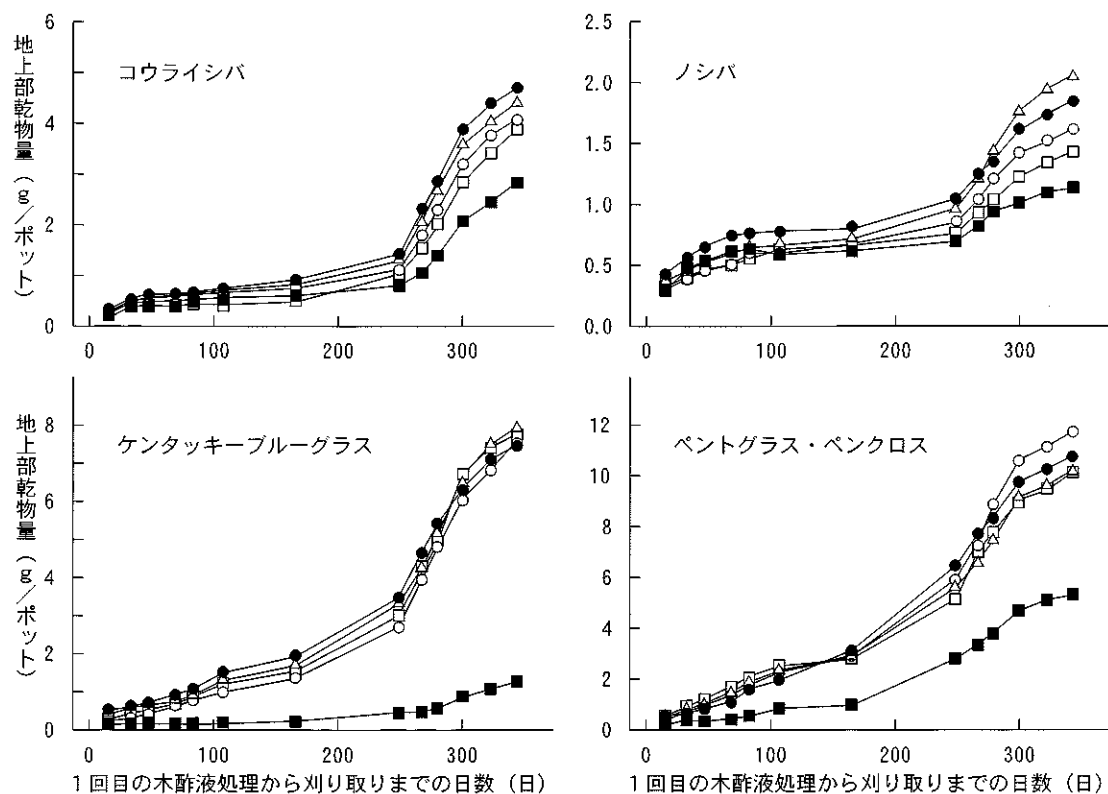
土耕栽培によりシバの長期連用試験をおこなった結果が図1である。試験はポットで行なわれ，所定量の木酢液を毎月1回，13回散布している。コウライシバでは1アール当たり木酢液0.1，1リットルでは無処理区よりも生育は促進されているが，10および50リットルでは生育が抑制されている。図1からはシバの種類によって木酢液の散布量に対する感受性が異なることがわかる。

根部に対する木酢液の作用もシバの種類によって異なり，コウライシバでは1アール当たり0.1～50リットルの範囲で乾物量が無処理区よりも大きくなったが，ノシバでは1リットルまではよい

が，それ以上では生育が抑えられた(図2)。いずれのシバでも木酢液処理量が1アール当たり0.1～1リットルであれば地上部も根部も生育は促進されることが明らかにされた。

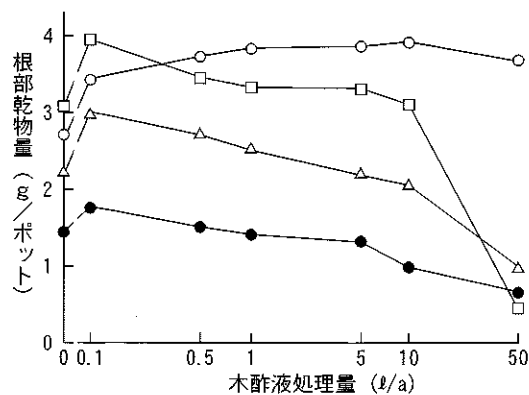
長期間低温条件下でコウライシバに木酢液を連用した後に屋外自然条件下で生育させた結果，1アール当たり1～5リットルの木酢液処理で低温生育性が向上することも明らかになった。

木酢液は作物などの植物に対して生育促進をもたらす働きがあるが，それも濃度と散布量によることは上記の報告で明らかである。ある濃度までは生育促進に働く木酢液もその濃度を超えて濃くなれば，逆に生育を抑制するように働く。木酢液による雑草防除はそのよい例である。散布量に関連して継続的に散布したときにどのような作用が起きるのかということを知ることも大切なことである。木酢液は土壌に散布すると一次的には土壌のpHが下がるが，せいぜい1週間以内に木酢液散布前の土壌のpHに戻る事が知られており，



注1) ○-○: 無処理区, ●-●: 0.1L/a, △-△: 1L/a, □-□: 10L/a, ■-■: 50L/a
 2) 1回目の木酢液処理: 1992. 8. 23, 以後毎月1回処理

図1 木酢液の長期連用処理がシバの地上部生育量に及ぼす影響



注1) ○-○: コウライシバ, ●-●: ノシバ, △-△: ケンタッキーブルーグラス, □-□: ペントグラス・ペンクロス
 2) 試験期間: 1992. 8. 23~1993. 9. 22

図2 木酢液の長期連用がシバの根部生育量に及ぼす影響

残留性は低い。次に示す例は、木酢液を長期間、施用したときの結果である。

圃場でコウライシバに木酢液を3年間にわたり36回処理し、その影響が調べられている。1アール当たり木酢液が0.1, 0.5, 1, 5リットルの処理量になるように水で希釈し、50リットルの定容後、散布した結果、生育促進作用が観察された³⁾。特に1アール当たり木酢液5リットル、1リットル処理区で地上部の生育量が高かった(表5)。地上部生育量は毎回試験時に経時的に刈り取り、測定されている。

根部の生育への影響については、根長、根部重の増大が認められ、1アール当たり木酢液0.5リットル処理区が最も効果が大きかった。

また、1アール当たり0.1~5リットルの木酢液処理量で長期連用処理しても土壌のpHは低下しないことも明らかにされている(表6)。

木酢液長期連用処理後13ヶ月後でも木酢液処理

表5 木酢液を長期連用処理期間中のコウライシバの地上部生育調査

木酢液処理量 (L/a)	木酢液第1回目処理日から調査日までの経過日数(日) ^{*)} と地上部生体重(kg/a) ^{**)}											
	1994年					1995年						
	89※ (5/24)	132 (7/6)	189 (9/1)	251 (11/2)	307 (12/28)	427 (4/27)	460 (5/30)	489 (6/28)	512 (7/21)	560 (9/7)	590 (10/7)	
対照区	※※											
0.1	4.08	8.32	1.39	2.30	0.41	4.28	12.07	3.26	12.78	4.27	4.76	
0.5	4.19	9.78	1.04	1.89	0.38	3.62	12.79	3.37	13.71	4.19	3.66	
1	3.85	9.60	1.74	1.44	0.30	3.38	11.58	3.40	13.11	4.54	3.85	
5	3.99	8.99	1.10	2.86	1.30	4.63	12.42	3.37	16.87	5.23	4.68	
5	4.94	8.31	2.39	5.51	1.28	6.73	12.82	6.39	21.92	6.54	6.89	

木酢液処理量 (L/a)	木酢液第1回目処理日から調査日までの経過日数(日) ^{*)} と地上部生体重(kg/a) ^{**)}							
	1996年					1997年		積算量 (kg/a)
	694 (1/19)	806 (5/11)	868 (7/12)	902 (8/15)	946 (9/28)	1002 (11/23)	1156 (4/26)	
対照区	5.00	12.80	8.43	4.77	5.44	1.42	2.41	98.19
0.1	5.28	13.25	8.98	4.55	5.06	1.53	2.36	100.02
0.5	4.37	13.25	10.67	5.25	6.29	1.61	2.63	100.91
1	6.45	14.90	12.21	6.63	9.76	2.61	3.04	121.42
5	7.22	14.74	13.53	8.72	10.29	4.01	4.04	146.32

注) () 内は調査日の(月/日)を示す。

表6 木酢液のコウライシバに対する長期連用処理が土壌のpHに及ぼす影響

木酢液処理量 (L/a)	最終処理(第36回目)後1ヶ月後の土壌pH
対照区	5.35
0.1	5.52
0.5	5.38
1	5.63
5	5.59

合に顕著に現れ、トマト、ナスでは $10^2 \sim 10^3$ 倍希釈、メロンでは 10^4 倍希釈して施用すると生育促進効果が得られた。逆に10倍程度の希釈では濃すぎて生育が抑制されることがわかった⁴⁾。いずれの場合にも木酢液の原材料による茎長への影響の差はみられなかった。

木酢液の施用によるトマトのN吸収量は作物の生育の促進に対応して増大した。ナス、メロンの場合には、茎長、乾燥重と養分吸収量との関係はみられなかった。

木酢液を含浸させたバーミキュライトをイネの苗床に入れてイネの生育をよくすることや、水田に木酢液を注入し、イネの根張り・穂の付きをよくすることが実際に行なわれている。ここではイネの生育にどのように木酢液を関わっているかを実証した例を紹介する。

40%木酢液含有バーミキュライト製剤の所定量を混和した土壌にイネの催芽種子を播種し、温室内で32日育成したイネは地上部では草丈が木酢液処理区で対照区に比べて12~14%増加した⁵⁾。風乾重では差が認められなかった。根では木酢液処理量が多いほど根長の増大が見られ、木酢液混和

の生育促進作用は持続していた。

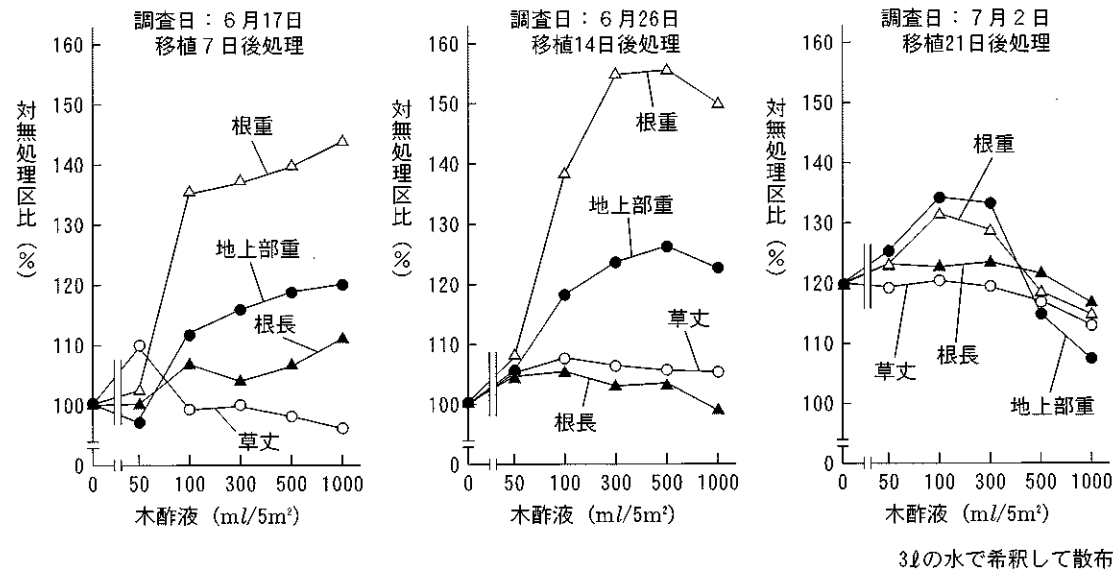
4. イネ、野菜等に及ぼす木酢液施用による影響

木酢液施用によって野菜などの成長が促進されたり、増収につながったりする例が多く知られている。ラジアータパインの樹皮、あるいはスギ背板を乾留炉で炭化した際に、煙道口温度80~150℃で採取した粗木酢液と、それを蒸留した蒸留木酢液を使い、トマト、メロン、ナスの初期生育に及ぼす影響が調べられた。

茎長、乾燥重ではいずれの植物の場合でも、木酢液の施用効果は蒸留木酢液よりも粗木酢液の場

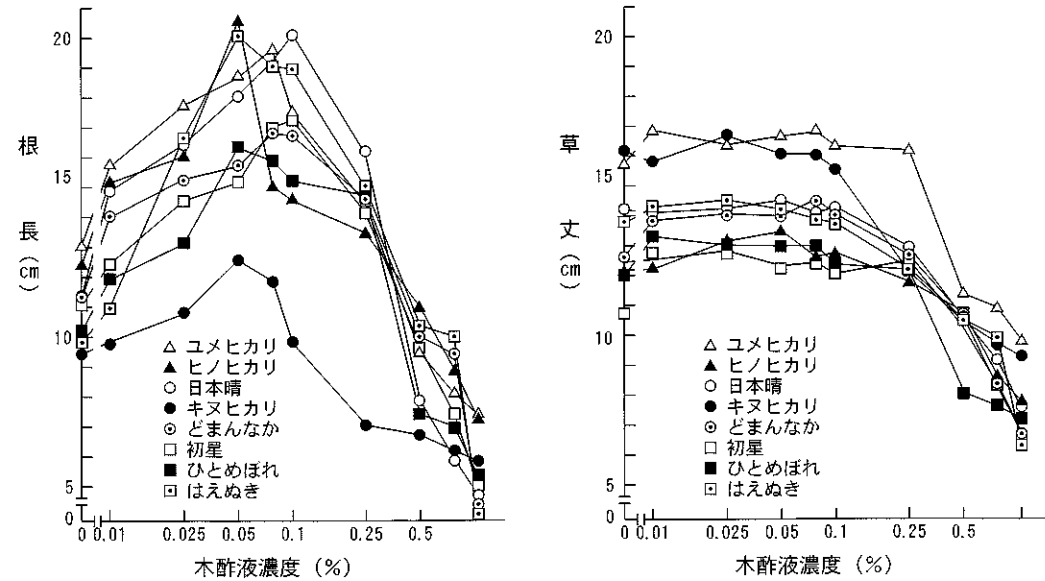
量が12g (4 kg 土壌の育苗箱に対して)では、無処理区に対して150%の根長を示した。育苗箱に育苗用肥料と所定量の40%木酢液-パー

ミキュライト製剤を同時に混和して種子を播種、育苗後、根長、根重は木酢液処理区で増加していた。苗を移植後、経時的に生育を調査すると、木



注1) 供試イネ：品種 日本晴
2) イネ移植日：1980.5.29, イネ2.7葉期, 1株5本植え, 1区2m×2.5m

図3 木酢液をイネ移植後に処理した場合のイネの生育



注1) 栽培：20～25℃, 5,000LUX, グロースチャンパー内, 水道水 (pH 5.0)
2) 期間：1992. 7.27～8.10
3) 1/10,000アール プラスチック製ポット

図4 木酢液処理がイネの根長及び草丈に及ぼす影響

酢液処理区は剪根区、無剪根区のどちらでも移植7日後に根重の増加がみられるが、20日後では地上部重、根重のいずれも木酢液処理区全部で促進されており、特に根重の著しい増加がみられた。剪根区での根重の増加率が著しいことから、木酢液は発根促進作用にすぐれていると考えられる。

以上のことから、育苗床土への木酢液混和处理は、イネ移植後の生育にもよい影響を与えることがわかった。

育苗箱で育てたイネ苗を圃場に移植し、移植7, 14, 21日後に木酢液を50, 100, 300, 500, 1,000 ml/5m²の割合で散布し、その後の生育を調べた結果、100～300ml/5m²の範囲で処理したものの地上部重、根重の増加が見られた⁶⁾。草丈、根長も含めて判断すると木酢液の最適処理量は100～300ml/5m²であることがわかった (図3)。

数種のイネ品種に木酢液を処理したポット試験では、イネ根部を最大に伸張生長させる濃度は、0.05～0.1%の範囲にあり、全品種に共通する最適処理濃度は0.05%であることがわかった (図4)。一方、草丈はいずれの品種でも0.1%以下の処理濃度で大きな影響は見られなかった。また、木酢液混和床土で育成したイネ苗は耐寒性が向上することも明らかになった。

引用文献

- 1) 目黒貞利, 河内進策, 田中貴司, 酢酸および木酢液によるシイタケ害菌の防除, 木材学会誌, 38(11), 1057 (1992)
- 2) 白川憲夫, 深澤正徳, 木酢液のシバ生育調節作用に関する研究 (第1報) 木酢液がシバの生育に及ぼす2, 3の作用特性について, 芝草研究, 26(2), 113 (1998)
- 3) 白川憲夫, 深澤正徳, 木酢液のシバ生育調節作用に関する研究 第2報 圃場試験における木酢液の長期連用処理によるコウライシバ (*Zoysia matrella* Merr.) の生育促進作用の事例, 芝草研究, 28(1), 13 (1999)
- 4) 中島貞至, 辻 充, 岩崎貢三, 吉田徹志, 福元康文, 木酢液の施用がトマト, ナス, およびメロンの初期生育に及ぼす効果について, 高知大学学術研究報告, 農学, 42巻, 59 (1993)
- 5) 白川憲夫, 市川正, 小山良之助, 谷口裕巳, 本間栄, 寺田しのぶ, 木酢液の農業場面への利用(2) (その1) 木酢液の物性とイネ生育に及ぼす影響, 農業および園芸, 70(7), 806 (1995)
- 6) 白川憲夫, 市川正, 小山良之助, 谷口裕巳, 本間栄, 寺田しのぶ, 木酢液の農業場面への利用(3) (その1) 木酢液の物性とイネ生育に及ぼす影響, 農業および園芸, 70(8), 899 (1995)

平成19年度松くい虫被害について

林野庁

林野庁は去る8月12日、平成19年度の松くい虫被害量を発表した。

1. 平成19年度の全国の松くい虫被害量は、前年度と比較して約2万立方メートル減の約62万立方メートルとなり、平成15年度以来5年連続で減少した。
2. 被害の発生地域は、前年度と同様、北海道及び青森県を除く45都府県となっており、その内訳は別表のとおりである。
3. 全国的には、前年度に引き続いて被害量が減少したところであるが、一部の地域では、夏期の高温少雨による被害の増加、高標高地域などこれまで被害が発生していなかった松林における新たな被害の発生等により被害が増加している。

(別表) 都道府県別松くい虫被害量 (被害材積) 及び全国の松くい虫被害量 (被害材積) の推移については紙面の都合で次号掲載とさせていただきます。なお、当該資料のネット上のURLは <http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hogo/080812.html> です。

故 松井光瑤会長を偲ぶ

当協会の会長 松井光瑤氏は、去る9月24日ご逝去されました。享年88歳でした。

本紙上をお借りし、改めてご冥福をお祈り申し上げます。

会長は、今年3月末の理事会ではお元気に議長を務められましたが、5月26日に開催された総会には体調不良のためご欠席されました。

しかし、日頃から極めて頑健な体格と健康体でいらっしゃいましたので、ご回復・復帰は間違いないと思っている折の突然の訃報に驚くとともに、残念な思いで一杯です。

故人は昭和58年5月、前会長大政先生(故人)の後任として会長に選任され、実に25年の長きにわたり当協会の運営にご尽力を賜ってまいりました。

とくに国立林業試験場(退職時は場長)時代に培われた幅広い研究実績・ご功績と温厚なご性格をベースとした丁寧な活動をモットーとして、会員(会員の主体は農薬製造・販売等の企業により構成されている)は勿論、開発試験関係の

都道府県の研究者等多くの方々から厚い信望も得ておられました。

会長の職務は、総会・理事会、試験発表会、講演会、試験結果を審議する調査委員会等の

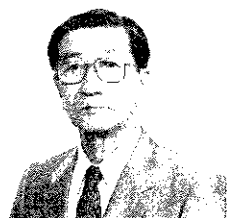
主催などが主なものになりますが、協会運営に係る細部についてもご心配をいただくなど、大所高所から多くのご指導、ご助言をいただいで参りました。

また、お酒を愛し、各種催しの後の懇談会等では、会員、研究者、役職員等々、誰とでも親しく森林・林業、農薬、海外でのご経験等を進んで語られ、会長の周りには何時も多くの人が集まっていました。

故人の思い出の一端にふれ、哀悼の言葉とさせていただきます。

長年にわたり有難うございました。 合掌

社団法人 林業薬剤協会専務理事
岡野 学



【訂正】 本誌 No. 185 (9月号) 15p の記述に誤りが有りましたので次のとおり訂正させていただきます。

(誤) コイ 48時間 TLm >2000ppm (正) コイ 48時間 TLm >440ppm
ミジンコ24時間 TLm 5600ppm ミジンコ3時間 TLm 600ppm

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成20年12月20日 発行

編集・発行/社団法人 林業薬剤協会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町1-6-5 神田北爪ビル2階

電話 03(3851)5331 FAX 03(3851)5332 振替番号 東京00140-5-41930

印刷/株式会社 スキルブリネット

定価 525円

松枯れ防止に関するホームページ
www.greenguard.jp

Pfizer

樹幹注入剤で唯一
原体・製品ともに
「普通物」、「魚毒性A類」

...だから安心

樹幹注入剤
グリーンガード・エイト
Greenguard® Eight
220ml

松枯れ防止・樹幹注入剤
グリーンガード®・エイト
Greenguard® Eight

ファイザー株式会社
〒151-8589 東京都渋谷区代々木3-22-7
TEL(03) 5309-7900

松を傷つけない土壤灌注タイプ

農林水産省登録
第 21971 号

三石・Ⅲ・火気厳禁
陰湿ジカルボン酸ジメチルエステル

松枯れ防止土壤灌注剤

ネマバスター

ホスチアゼート……… 30%

毒性：劇物 魚毒性：A類相当

● 特 長 ●

- ★ まつを傷つせずマツノザイセンチュウを防除します。
- ★ 樹の周りに土壤灌注処理する簡便な薬剤です。
- ★ 浸透移行性に優れており、根系から樹体内に速やかに吸収移行し、マツノザイセンチュウの運動を阻害し、増殖を阻止します。
- ★ まつの樹脂量に影響を受けず処理ができます。
- ★ 庭園松等の強剪定された松に対しても使用できます。
- ★ 本剤の効果持続期間は1年まで確認されています。

マツノザイセンチュウの写真

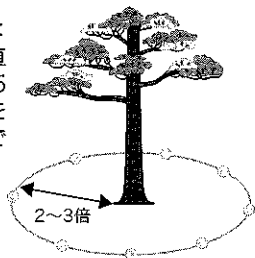


機械灌注処理

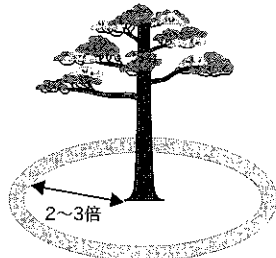


施用溝処理

土壤灌注器(2MPa, 圧力: 20kg/cm²目安)を用い胸高直径の約2~3倍離れた、深さ15~20cmの位置に所定量を1穴当たり2ℓを目安に等間隔で土壤灌注する。



- ① 胸高直径の約2~3倍離れた位置に深さ15~20cm、幅20cm程度の溝を掘り、所定量をジョウロ、柄杓などで均一に土壤灌注する。
- ② 灌注後、薬液が土壤に浸透した事を確認し溝を埋め戻す。



石原テレホン相談室 **0120-1480-57**

イシハラ イーナ

T&N推進部:06-6444-1456 <http://www.iskweb.co.jp/ibj/>

【製造】 **ISK 石原産業株式会社** 本社:大阪府西区江戸堀1丁目3番15号
【販売】 **ISK 石原バイオサイエンス株式会社** 本社:東京都千代田区富士見2丁目10番30号

竹を枯らせませす!

ラウンドアップ マックスロードが
竹類へ登録拡大! **竹稈注入処理**

使い方 [注入処理方法]

処理適期: 6~8月

- ① 節から2~3cm下に開けます。
- ② 原液 10ml を穴から注入します。
- ③ 穴をガムテープ等でしっかりと蓋をします。

⚠ 注意事項: 処理竹から15m以内に発生した竹の子を食用に供さないこと。また、縄囲いや立て札により竹の子が採取されないようにすること。

夏期がチャンスです!
(もっとも早く枯れます)

処理時期	
夏処理(6~8月) 完全落葉までの期間 2~5カ月	秋処理(9~11月) 完全落葉までの期間 8~11カ月

完全落葉すれば、その後処理竹の根まで枯れます。

*竹の葉が全て落ちた状態、この時期であれば伐採可能です。

農林水産省登録: 適用の範囲及び使用方法

作物名	適用場所	適用雑草名	使用時期	希釈倍数	使用量	使用方法
林木、畑作物	林地、放置竹林、畑地	竹類	夏~秋期	原液	5~10ml/本	竹稈注入処理

ラウンドアップ マックスロード

枯らす力が大幅にUP!

防除法について、詳しくは下記窓口までお問合せください。

ラウンドアップ お客様相談窓口 **0120-209374**

携帯電話ウェブサイトからもラウンドアップ マックスロードの【作物別使用方法】がご確認いただけます。携帯電話から <http://www.roundupjp.com>



安全、そして人と自然の調和を目指して。

巾広い適用害獣

ノウサギ、カモシカ、そしてシカに忌避効果が認められた初めての散布タイプ忌避剤です。

散布が簡単

これまでに無いゾル剤で、シカ、ノウサギの樹幹部分の皮剥ぎ被害に予防散布が行えます。

長い効果

薬液は素早く乾燥し、降雨による流亡がなく、食害を長期にわたって防止します。

安全性

有効成分のジラムは、殺菌剤として長年使用されてきた低毒性薬剤で普通物です。



野生草食獣食害忌避剤

農林水産省登録第17911号

ユニファース水和剤

造林木を野生動物の食害から守る

販売

DDS 大同商事株式会社

本社/〒105-0013 東京都港区浜松町1-10-8 野田ビル

☎03-5470-8491

製造



株式会社 ニッソーグリーン

カタログのご請求は、上記住所へどうぞ。

松の葉ふるい病の防除に!!

ドウグリン 水和剤

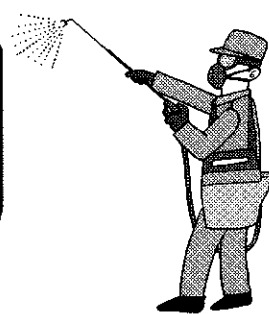
効果が高く、調合の手間もいらず、しかも最も薬害の少ない銅剤です。



使用方法
1,000倍
新葉生育期と9月頃
10~15日おきにていねいに散布



アグロ カネショウ株式会社
〒359-0024 埼玉県所沢市下安松852
TEL:04-2003-6900 FAX:04-2944-8251



新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤 林野庁補助対象薬剤

農林水産省登録第20330号

マツグリーン 液剤

- ①マツノマダラカミキリ成虫に低薬量で長期間優れた効果。
- ②樹木害虫にも優れた効果を発揮。
- ③新枝への浸透性に優れ、効果が安定。

農林水産省登録第20838号

マツグリーン 液剤2 普通物

- ④車の塗装や、墓石の変色・汚染がほとんどない。
- ⑤環境への影響が少ない。
- ⑥周辺作物に薬害の心配がほとんどない。

剪定・整枝後の傷口ゆ合促進用塗布剤

農林水産省登録第13411号

トップジンM ペースト

作物名	適用病害名・使用目的
樹木類	切り口及び傷口のゆ合促進
きり	腐らん病
さくら	てんぐ巣病
ぶな(伐倒木)	クワイカビ類による木材腐朽



株式会社 ニッソーグリーン

本社 〒110-0005 東京都台東区上野3-1-2

☎03-5816-4351 <http://www.ns-green.com/>

新発売

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

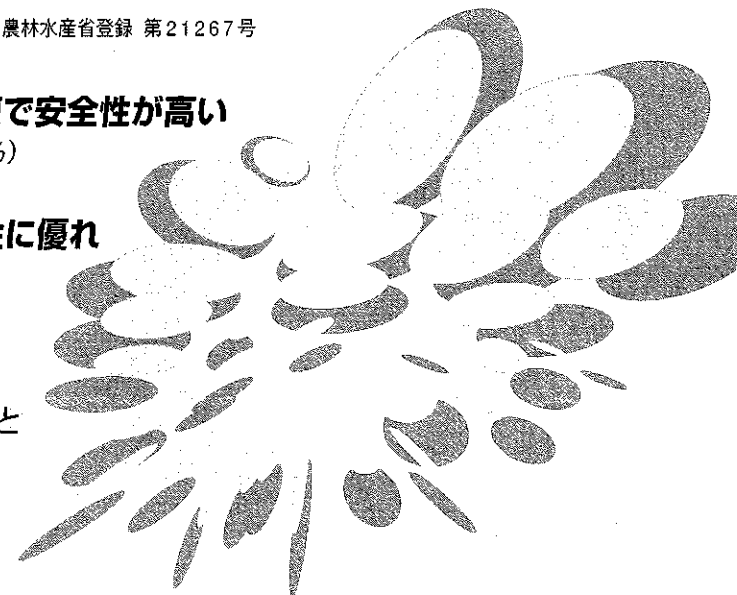
殺虫剤 **モリエート** sc

農林水産省登録 第21267号

有効成分は普通物・A類で安全性が高い
(クロチアニジン水和剤 30.0%)

1,000倍使用で希釈性に優れ
使いやすい
(水ベースの液剤タイプ)

低薬量で優れた殺虫効果と
後食防止効果を示し、
松枯れを防止します。



製造：住友化学株式会社

販売：サンケイ化学株式会社 ヤシマ産業株式会社

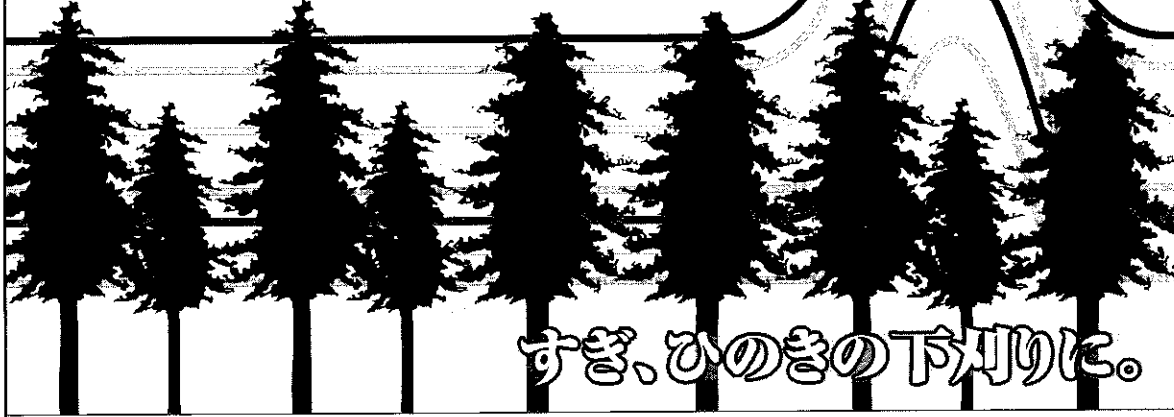
この時でも、このかたも

農林水産省登録 第11912号

クロレートS (粒剤)

農林水産省登録 第12991号

クロレートSL (水溶剤)



すぎ、ひのきの下りに。

製造 **イスターバイオテック** 株式会社
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 COI東日本橋ビル
TEL.03(5625)5522 FAX.03(5625)5501
販売 **丸善薬品産業株式会社** アグリ事業部
〒101-0044 東京都中央区鍛冶町2丁目9番12号
TEL.03(3256)5561 FAX.03(3256)5570

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

スミパイン[®] 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード[®]・エイト
メガトップ^{*} 液剤**

伐倒木用くん蒸処理剤

キルパー[®]40

頼れる松枯れ防止用散布剤

モリエート[®]sc

マツノマダラカミキリ誘引剤

マダラコール[®]

スギノアカネトラカミキリ誘引剤

アカネコール[®]

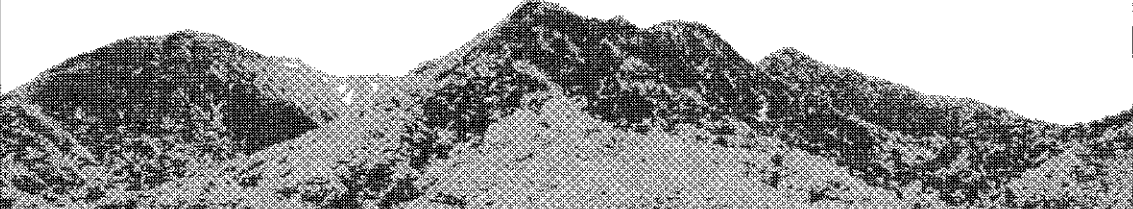
サンケイ化学株式会社

〈説明書進呈〉

本社 〒891-0122 鹿児島市南栄2丁目9 TEL (099)268-7588(代)
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野7丁目6-11 第一下谷ビル TEL (03)3845-7951(代)
大阪営業所 〒532-0011 大阪市淀川区西中島4丁目5-1 新栄ビル TEL (06)6305-5871
九州北部営業所 〒841-0025 佐賀県鳥栖市曾根崎町1154-3 TEL (0942)81-3808

緑豊かな未来のために

人や環境にやさしく、大切な松をしっかりと守ります。



マツノマダラカミキリに高い効果

新発売【普通物】

エコワン3フロアブル 100~200倍希釈
農林水産省登録 第20897号 (チアクロプリド水和剤3%)



エコワンフロアブル 1500~3000倍希釈
農林水産省登録 第20696号 (チアクロプリド水和剤40.0%)

井筒屋化学産業株式会社

本社/熊本市花園1丁目11番30号
〒860-0072 TEL.096-352-8121(代) FAX.096-353-5083

バイエルクロップサイエンス株式会社

エンバイロサイエンス事業本部 緑化製品部
〒100-8262 東京都千代田区丸の内1-6-5 ☎03-6266-7365

Bayer Bayer Environmental Science

大切な日本の松を守る
ヤシマの松くい虫予防散布薬剤

○ネオニコチノイド系殺虫剤
モリエート SC (クロチアニジン懸濁剤)
マツグリーン液剤 (アセタミプリド液剤)

○有機リン系殺虫剤
ヤシマスミパイン乳剤
スミパイン MC

松くい虫駆除剤

パークサイドF、オイル(油剤)
ヤシマ NCS (くん蒸剤)

ハチの駆除剤

ハチノック L (巣退治用)
ハチノック S (携帯用)

作業性の向上に

あわけし(消泡剤)

自然との調和

私達は、地球的視野に立ち、
つねに進取の精神をもって、
時代に挑戦します。

皆様のご要望にお応えする。
環境との調和を図る製品や
タイムリーな情報を提供し、
全国から厚い信頼をいただいております。

野生獣類から大切な植栽木を守る

ツリーセーブ
ヤシマレント

くん蒸用生分解性シート

ミクストHG、守護森
くん蒸与作シート

ヤシマ産業株式会社

本社 〒213-0002 神奈川県川崎市高津区二子6-14-10 YTTビル4階 TEL.044-833-2211 FAX.044-833-1152
工場 〒308-0007 茨城県筑西市折本540番地 TEL.0296-22-5101 FAX.0296-25-5159

Yashima
豊かな緑を次代へ

低薬量と高い効果で 松をガード。

普通物で環境にやさしい天然物（有効成分）
少量の注入で効果抜群
効果が長期間持続（4年）



松枯れ防止樹幹注入剤 マツガード®

農林水産省登録：第20403号
○有効成分：ミルベメクチン…2.0% ○人畜毒性：普通物
○包装規格：60ml×10×8 180ml×20×2

マツガードは、三共（株）が開発したミルベメクチンを有効成分とする松枯れ防止樹幹注入剤です。

 **株式会社 三共緑化**
〒113-0033 東京都文京区本郷4-23-14 三共春日ビル4F
TEL.(03)5844-2030 FAX.(03)5844-2033

®登録商標

