

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 178 12. 2006



社団法人 林業薬剤協会

シカとササをめぐる生物間相互作用と森林生態系管理

目次

シカとササをめぐる生物間相互作用と森林生態系管理
日野輝明・伊東宏樹・古澤仁美・上田明良・高畑義啓 1

松くい虫被害の推移.....林野庁 12

マツノザイセンチュウ防除土壌灌注薬剤紹介
 土壌灌注でマツノザイセンチュウ防除「石原アオバ液剤/ネマバスター」...荒木孝明 13

日野輝明¹・伊東宏樹¹・古澤仁美²・上田明良³・高畑義啓¹

1. 人間活動がもたらしたシカの増加

この数十年の間に日本全国各地でニホンジカ(以下シカ)が増え、林業や自然植生に大きな被害をもたらして深刻な問題となっている。このようなシカの近年の個体数増加や分布域の拡大は、大きく分けるとシカの食物条件の好転および死亡の減少という2つの要因によってもたらされてきたと考えられている。シカの食物条件の好転をもたらした要因としては、皆伐拡大造林にともなう草地拡大、耕作地や里山管理の放棄、ゴルフ場の建設などが、またシカの死亡の減少をもたらした要因としては、温暖化による積雪量の減少、狩猟人口の減少、捕食者(オオカミ)の絶滅などがあげられている。重要なのは、これらの要因がいずれも自然現象ではなく人間活動の影響の結果だということである。つまり、シカにとって好適な食物環境を作り出したのが人間であれば、温暖化やオオカミの絶滅をもたらしたり、あるいはシカを捕らなくなったために多くのシカを生きながらえさせているのも人間の仕業なのである。このように考えると、最近になってシカが森林に被害を与えるようになったのは、シカと森の関係が変わったことが原因ではないことが分かる。変わったのは、それまで相互依存の関係にあったシカと人との関係および森と人との関係であり、その結果としてシカと森との関係がバランスを失って現在の

深刻な状況をもたらしていると考えられるのである。

吉野熊野国立公園の核心部で、国立公園特別保護区に指定されている大台ヶ原もまた例外ではない。この地域は周辺のほとんどがスギ・ヒノキの人工林と落葉広葉樹の二次林に変わっていった中で、国内分布の南限であるトウヒの純林や西日本で最大規模のブナ林などの原生的な自然林が孤立した形で残されている。しかしながら、1960年代からシカの数が増え始め1980年代には1平方キロあたり20~30頭にまで増加して、現在その高密度を維持したまま推移している(Maeji et al.1999)。その結果、ニホンジカによる実生や樹皮の激しい食害のために天然更新の阻害や立ち枯れが顕著となり、森林の存続が危ぶまれている。

環境省は大台ヶ原でのこのようなシカの増加と森林の衰退のストーリーを、つぎのように描いている(環境省2001)。(1)1960年前後に相次いで紀伊半島を襲った大型台風(1959年の伊勢湾台風、1961年の第二室戸台風など)によって多くの樹木が風で倒された結果、林内の地表に光が入り込んで乾燥化が進み、そのような環境を好むミヤコザサが森林内に侵入し分布を広げるようになった。(2)時をほぼ同じくして周辺域で行われたスギ・ヒノキの一斉皆伐造林(1960年代前半)によって、伐採跡地に生育する草本がシカにとって好適な餌環境を生みだし、周辺域でのシカの個体数を増加させた。(3)やがて植栽した苗木が生長し人工林が成熟し始めると周辺域はシカの餌環境として適さなくなったものの、タイミング良く大台ヶ原ではシカの好物であるミヤコザサが分布を広げていた

● 表紙の写真 ●

ミズナラこぶ病

ミズナラの枝幹部に黒褐色、円形のこぶ(瘤)が多数形成され、大きき5~10cm程度に達する(矢印)。枝では患部から枯死して枝枯れ症状を呈する。病因不明。コナラにも発生するといわれる(1986年8月、岩手県北部の国有林内で写す)。 —陳野好之氏提供—

1 森林総合研究所関西支所 HINO Teruaki
 ITO Hiroki
 TAKAHATA Yoshihiro
 2 森林総合研究所立地環境領域 FURUSAWA Hitomi
 3 森林総合研究所北海道支所 UEDA Akira

ために、これらのシカが大台ヶ原に侵入するようになり個体数を増加させていった。(4)さらに1961年にドライブウェイが開通したことによって年間20-30万人もの観光客が訪れるようになり、それにもなって林床への踏圧や植物の盗採が増えたことが森林の衰退に拍車をかけた。

重要なのは、台風による樹木の風倒やそれに続くササの侵入は、昔から繰り返し生じてきたと思われる自然現象だということである。通常は樹冠が閉鎖されればササはまた森林内から消失していくだろうし、かりにササが樹木の更新の阻害要因となったとしても、50-100年周期で起こるとされる一斉枯死時に更新は可能となるであろう。つまり、自然林は台風による風倒やササによる侵入を受けたとしても放っておけば再生してくる能力、すなわち「可逆性」を本来もっているものである。現在の大台ヶ原において問題なのは、森林再生の可逆性が失われるほどにシカの個体数が増えてしまっていることであり、それをもたらしたのが、周辺域での大規模造林であり、ドライブウェイの開通であり、さらには特別保護区ゆへの禁猟であり、温暖化にともなう積雪量の減少なのである。

2. シカの個体数管理から生態系管理へ

それでは、かつて相互依存的な共生関係にあったと考えられるシカと森と人との関係を取り戻すにはどうしたらよいのであろうか。昔の生活の戻れと言っても無理であろうが、シカと森との関係を変え両者間のバランスを取り戻すには、人間がシカと森林両方との関係を積極的に改善していかなければならない。現在では狩猟人口は減少の一途をたどっていて決して簡単ではないが、シカと人との関係の改善はやはり狩猟によってシカの個体数を調節していくしか方法はない。そのためには、一部の自治体で検討されているように、シカ肉を一般の市場に流通させ商品的価値が高めていくことが最も効果的な方法であろう。しかしながら、シカの数減らせばそれで全てが解決するか

といえば、おそらく問題はそれほど単純ではないだろう。人間とシカとの関係の改善と同時に人間と森林との関係の改善も行っていかなければ、シカと森林の関係の改善は進まないと考えられる。ひとつには、シカは食物条件の好転をもたらす原因となっている大規模な伐採、耕作地や里山管理の放棄、ゴルフ場の建設などの問題を解決していかなければならない。そしてもうひとつ大切だと考えられるのが、シカによって失われた森林を人の手によって再生していくことである。

そのような中で、過去に失われた自然を積極的に取り戻すことで生態系の健全性を回復することを目的とした自然再生事業が、2003年に制定された自然再生推進法に基づき全国各地で実施されようとしている。我が国のこれまでの施策が自然を破壊するものばかりであったことを考えると、革新的転換であるといえよう。大台ヶ原においてもまた、「天然更新により後継樹が健全に生息していた森林の再生」を目標に掲げた森林環境で最初の自然再生事業が環境省によって2005年度より開始された(環境省2005)。この事業を効果的に推進していくためには、新たな管理手法の導入に伴って生態系がどのように変化するかを予測していく必要がある。そのためには「生態系プロセス」すなわち生態系を構成する生物間の相互作用や物質の循環およびこれらの経時的変化についての情報が欠かせない。

森林生態系を構成する生物たちは、多くのさまざまな生物と関わり合いをもちながら生きており、森林生態系ではこれらの相互作用がつながり合って複雑なネットワークがつけられている(図1)。生物は生態系の中でそれぞれの役割をもって互いに影響しあいながら生きているが、その中でも特に生態系全体に大きな影響を及ぼす「かなめ」となる生物種(キーストーン種)が大台ヶ原においてはシカであることは説明するまでもないだろう。ところが近年、シカは森林植生に及ぼす悪い影響ばかりが強調され「森林の破壊者」として悪者扱

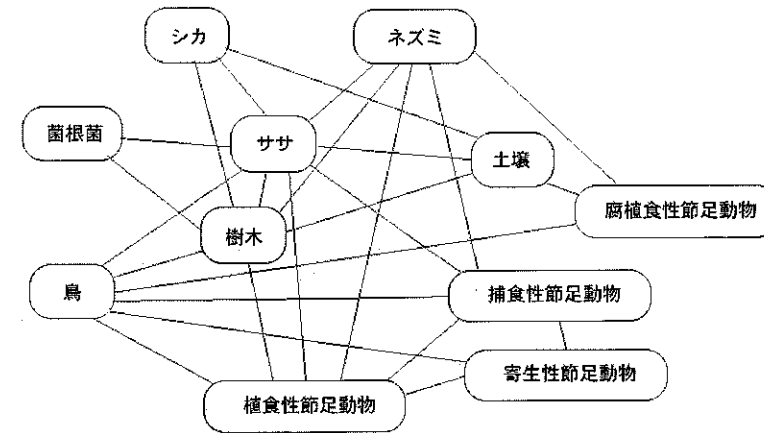


図1 生物間相互作用のネットワーク

いされる傾向にある。大台ヶ原に限らず、国内外各地でシカが森林植生や農林業に深刻な被害をもたらしているのは確かである。しかしながら、シカも生態系の一員であり、本来ならば他の動植物との相互作用を通して森林生態系の多様性とその維持の一役を担ってきたはずである。シカを悪者と一方的に決めつける前に、シカが森林生態系の中で果たしている役割を明らかにし、それを最大限に活かせるようにシカを含む森林生態系全体を管理していくことが大切である。大台ヶ原で進められようとしているニホンジカ保護管理や自然再生事業は、そのうえで具体的な計画がたてられるべきであろう。

3. 生物間相互作用ネットワークの動態

(1) 野外実験区

森林総合研究所関西支所では、大台ヶ原の主要な植物群落の一つであるブナ-ウラジロモミ-ミヤコザサ群落において、1997年に図2のような野外実験区を設置して、以降現在までの9年間、生物間相互作用のモニタリング調査を続けている。この実験区には、シカに加えて同じく大台ヶ原の森林生態系のキーストーン種と期待される野ネズミ、ミヤコザサの三要因の除去の有無を複合的に組み合わせた八通りの処理区がある。ニホンジカの除去には高さ2mのスチレン入りポリエチレ

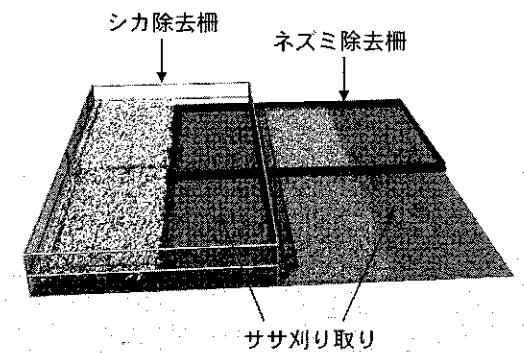


図2 森林総合研究所関西支所が大台ヶ原の針広混交林で進めている野外実験区(20m X 20m)。全体で5基設置。

ンネットを用い、ネズミの除去にはプラスチックの波板を用い、地上部40cm、地下部30cmとした。ミヤコザサは毎年6月初めに、剪定ばさみを用いて刈り取りを行い、刈り取ったミヤコザサは実験区外に排出した。それぞれの区画で林床の植物群落、無脊椎動物群集、土壌などの構造と性質の年変化や季節変化を追跡している。また、生態系内の窒素動態についての調査や、シカ密度の異なる場所での植生や鳥群集の違いについての比較調査を行っている。

(2) シカとミヤコザサの関係

まず、大台ヶ原におけるシカとササとの間の密接な関係について紹介しよう。ササは各実験処理

区で地上部のサンプルを採集し、葉と稈の数や長さや重さを調べた。その結果、ミヤコザサの地上部は、5月から9月まで当年生の新しい葉と稈が展開して地上部現存量が増大する一方で、越年生の葉と稈は11月までかけて徐々に枯死するという生活史を持ち、ニホンジカは当年生の部分を選択的に採食していた。対照区（すなわち現在の大台ヶ原の森林の状態）において、積雪によって採食ができなくなる12月時点で食べ残された当年生の葉と稈の現存量は、5月時点の越年生の葉と稈の現存量に等しかった。すなわち、年単位で見ると、ミヤコザサ地上部現存量は増加せずに一定に保たれており、ミヤコザサ地上部の生産量から枯死量を引いた部分が、ニホンジカによる採食量に等しいと考えられた。大台ヶ原の現在のニホンジカの個体数は安定しており、また、糞や胃内容の分析から大台ヶ原に生息するニホンジカの餌の大部分はミヤコザサであることが分かっている（Yokoyama et al.1996；環境庁2000）。これらの事実から、大台ヶ原における現在のニホンジカの高密度個体群とミヤコザサの地上部現存量は、需給のバランスによって互いに安定な平衡状態にあるといっていよう。

ところが、シカ除去を継続すると、ミヤコザサの地上部現存量が、稈高、葉長の増加にともなっ

て急速に増加し、除去4年目で8倍近くにまで達して増加が止まった（Ito & Hino, 2004, 2005；Furusawa et al. 2005；図3）。一方、ササの葉と稈の数はシカ除去柵の外側で多くなっていた。季節変化についてみると、対照区のミヤコザサは、シカ除去区よりも一月早い5月に当年生の稈と葉の成長を止め、その一方で、より多くの冬芽を9月以降に出していた。つまり、ミヤコザサは小型化と稈密度増加によって、ニホンジカの採食に対して積極的に対抗しており、それによってシカとの共存を可能にしているのである。また地下部の調査では、シカ除去にともなう根の長さや太さの増加が地上部回復途中の3年目（2000年）には認められず地上部回復の終わった7年目（2004年）には認められた。すなわち、シカの採食に対する地下部の反応は、地上部よりも遅れて生じていた（柴田昌三・西本裕美、未発表）。

ちなみに、ネズミを除去した区画では稈密度が高く、噛み砕かれた痕跡などの状況証拠から、地下から出たばかりのミヤコザサの新生稈に対するネズミの採食が示唆された。ネズミによる採食量そのものはシカに比べてはるかに小さいものの、シカ高密度下でミヤコザサ群落の地上部現存量が低い値に抑えられている現在の状況では、ネズミの採食による稈密度の減少も無視できない。

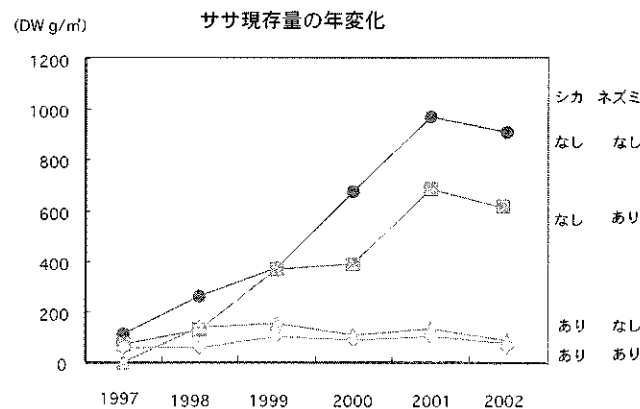


図3 シカとネズミ除去後の年数にともなうミヤコザサの地上部現存量の変化 (Ito & Hino 2005より)

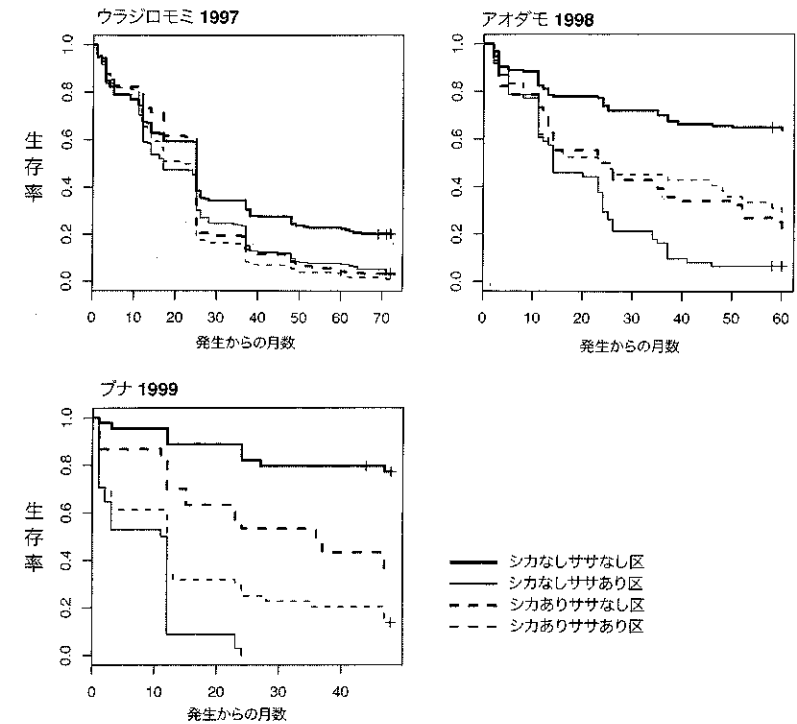


図4 シカとササの処理による各実験区におけるウラジロモミ実生（1997年発生）、アオダモ実生（1998年発生）、ブナ実生（1999年発生）の生存率変化の違い (Ito & Hino 2005より)

(3) シカとミヤコザサが樹木に及ぼす影響

樹木実生については、各実験処理区に設置した1m四方のコードラート内で発生・生存・成長等の追跡調査を行った。発生数の多かったウラジロモミ、ブナ、アオダモ、カエデ類の実生の生存に対するシカとササの効果を解析した結果、どの樹種も両要因によって負の影響を受けていたが、ウラジロモミではシカの影響が、広葉樹ではササの影響がより大きかった。これはシカが針葉樹を好むことやササの被陰に対する耐性が広葉樹で弱いことなどで説明できるであろう。重要なことは、シカとササが両方ある場合にはササ単独の場合よりも広葉樹実生の生き残る確率が高くなったことである（Ito & Hino 2005；図4）。これはシカがササを食べて現存量を減らすことでササによる実生の死亡を軽減したことを意味している。つまり、実生にとってシカは、直接食べられるマイナスの影響と、ササから受けるマイナスの影響を軽減す

るプラスの効果の両方があることになる。ネズミは生存率にはどの樹種についても影響を与えていなかったが、実生の発生数についてはシカとササとともに、いくつかの樹種で発生数に減少させており、種子食の効果が認められた。

毎木調査の結果から、シカはまた剥皮によって1haあたり20本弱のウラジロモミが毎年枯死させていた（伊東・日野2003）。他にもリョウブ、オオイタヤメイゲツ、ナナカマドなどがシカの剥皮によって枯死していた。何故シカが樹皮を食べるのかはよく分かっていないが、大台ヶ原ではミヤコザサの現存量がピークとなる7月から9月にかけて最も剥皮の頻度が高くなることから、餌不足によって生じているわけではなさそうだ。Ando et al. (2004) によれば、大台ヶ原のシカは、タンパク質の豊富なミヤコザサを主食とすることによって生じるルーメン胃内の異常発酵を緩和するために消化の悪い樹皮を食べるらしい。

さらに、2004年の台風によって生じた倒れたウラジロモミとトウヒの年輪解析では、1980年代以降にシカ剥皮の痕跡が急激にみられるようになり、シカの個体数増加との対応関係が確認された。さらに、1920年代に当時の所有者であった製紙会社による伐採による肥大成長の増大のほかに、1960年代以降の肥大成長の減少および1980年代以降の肥大成長の増加が認められた。前者についてはこの時期に相次いで訪れた伊勢湾台風等の大型台風の直接的な影響の他に、上述したようにミヤコザサの侵入との関係が示唆される。実生の調査からも、ササが肥大成長を抑制することが分かっている。後者については、シカによる剥皮によって樹冠が開放されてきていることの影響であろう。

(4) シカとミヤコザサが節足動物に及ぼす影響

シカによる林床植生の大きな変化は、そのような環境に生息する多くの動物にも影響を及ぼす。例えば、大台ヶ原のミヤコザサの稈の節には、タマバエ（未記載種）が産卵のためにゴールを作るが、その数はシカの採食を受けた丈の低い稈に有意に多くなっていた。草食動物の採食を受けた植物では窒素含有量が増える（すなわち栄養価が高くなる）ことが知られており（Frank and Groffman 1998）、孵化した幼虫の栄養のためにそのような稈にゴールが多く作られている可能性がある。さらに興味深いことに、シカの摂食はこのタマバエに捕食寄生するハチ2種類（未記載種）にも影響を与えていた。シカの採食の影響で小型化したササにできたゴールには産卵管の短い種類（ヒメコバチ科）が、逆にシカ除去区で大きくなったササにできたゴールには産卵管の長い種類（オナガコバチ科）が寄生していたのである（Ueda et al. 2006）。

また、地表を徘徊するオサムシ類やクモ類については、ピットフォールトラップによって採集して同定した。ササを刈り取ったところで多くなる種類もいれば、シカ除去によって大きくなったサ

サのある場所で多くなる種類もいたが、全体的には現在の大台ヶ原のササの状態のところでは種類数と個体数が最大になっていた。地表徘徊性の虫は移動能力が低いので、現在の大台ヶ原の林床環境を好む種類が多く捕獲されたのだと考えられる。また土壌水分の調査によって、ミヤコザサの地上部現存量が多すぎると降雨遮断と蒸散作用によって、少なすぎると逆に裸地化による地表蒸発によって土壌水分を減少させるため、ササがほどほどにあった方が土壌環境を湿潤に保つことが分かっている（古澤ほか 2001）。したがって、そのような環境を地表徘徊性昆虫が何らかの理由で好んでいる可能性も考えられる。

森林生態系の物質循環に大きな役割を果たしているササラダニ、クマムシ、トビムシといった土壌中に生息する動物たちについては、土のサンプルを実験室に持ち帰って同定した。その結果、これらの種類数や個体数はササ現存量が大きいほど多かった（伊藤雅道、未発表）。ミヤコザサはほぼ一年単位で葉と稈の生産と枯死を繰り返すという生活史をもつため、地上部現存量が大きいほど地表土壌へのリター（落葉落枝）供給量も多くなる。それが土壌動物にとっての資源量や生息空間を増やすのであろう。

(5) シカとミヤコザサが鳥に及ぼす影響

大台ヶ原という名前が示すように上部は傾斜の緩やかな台状地形を形成しており、シカはこの部分に集中して生息している。そして周縁部に向かうほど（すなわち、傾斜が急になるほど）シカの密度は低くなる。鳥については、実験区内ではなく、シカ密度の異なるこれら場所間での比較調査を植生調査と一緒にに行った（Hino 2006；図5）。

シカの密度が高いところでは、シカによる採食のためにササの丈が短くなり現存量も減少していた。このような場所では、ササ藪で営巣や採食を行うウグイス、コルリ、コマドリなどが生息できないか個体数を減少させていた。また、シカの多いと実生や若木を食べてしまうために後継樹とな

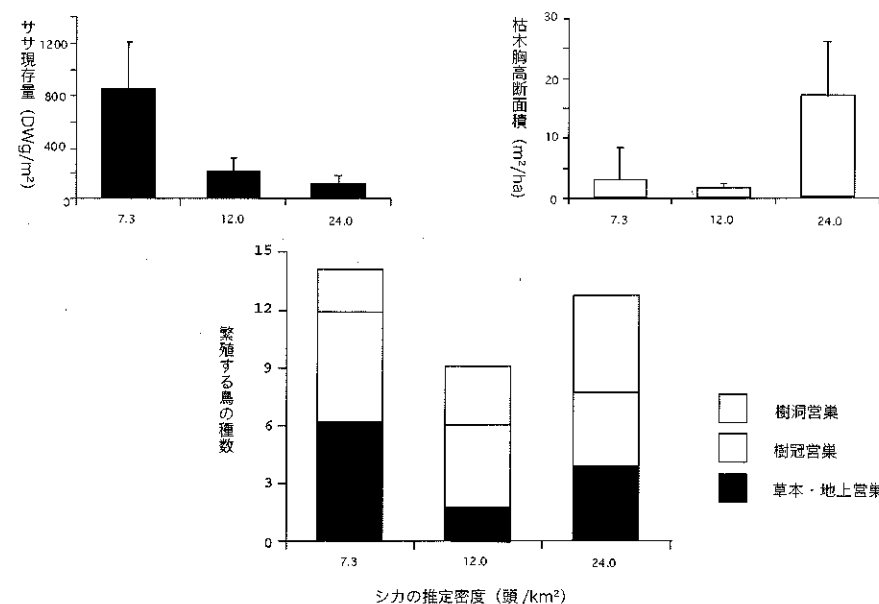


図5 大台ヶ原の森林内のシカ密度の異なる場所における枯死木量、ササ量、営巣場所別の鳥の種類数の変化 (Hino, 2006より)

る低木層が育たない単純な林相となる。ところが、ヒヨドリ、メジロ、アオバトなどの果実食の鳥やシメ、イカルなどの種子食の鳥の多くは実のなる木が多い低木上で主に採食する。また、カップ状の巣を枝葉に架ける鳥には低木を利用するものが多い。したがって、シカの採食によって低木層の消失した林内には、そのような鳥が全く生息できないか、いても数が少なくなっていた（Hino 2000）。

一方、シカによる剥皮は多くの樹木を枯死させるが、キツツキはそのような枯れ木を好んで巣を作るばかりでなく、剥皮によって衰弱した木の中には、キツツキの大好物であるカミキリムシやキクイムシといった甲虫類の幼虫が住みついている。そのため、シカ密度の高いところでは、オオアカゲラ、アオゲラ、アカゲラ、コゲラなどのキツツキの種類や個体数が多く、またキツツキの古巣を繁殖やねぐらのための巣穴として二次的に利用するキバシリ、ゴジュウカラ、シジュウカラ、ヒガラ、などの密度も高くなっていた。さらに、開け

た環境を好むアカハラやビンズイなども、そのような場所でのみ観察された。

4. 生態系動態を予測する

こうしてみると、シカによる森林のリフォームは住人である動植物によって恩恵を受けるものと損害を被るものの両方があり、シカを一概に悪者扱いするのは、間違いであることがわかる。「シカがいなくなれば森林はよみがえるか」と尋ねられれば、答えはノーである。シカも森林生態系の大切な一員であり、シカによるササや実生の採食や樹木の剥皮は生態系の中での重要な役割であったはずである。すでに述べたように、いま問題なのは、シカが増えすぎたために、その影響が限度を超えて森林を破壊する結果になってしまっていることなのである。シカと森の関係を改善するためにまずやるべきことは、生態系を構成するさまざまな生物間の相互作用ネットワークのバランスを崩すことのない適正なシカ密度を知ることである。

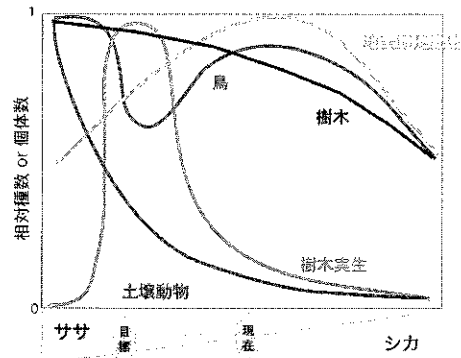


図6 ニホンジカ密度とミヤコザサ現存量が生態系内の他の生物の個体数や多様性に及ぼす影響の模式図(最大値を1とした相対値で表示)。

図6は、私たちの調査で明らかになった各生物の相対的な個体数や多様性がシカ密度およびササ現存量(両者は負の関係)とどのような関係にあったかを模式的にまとめたものです。要約すると、シカが増えれば枯れ木が増えて樹木の個体数は減る。今以上にシカが増えてもシカの剥皮を受けない半分くらいの本は残るが、外観上はもはや森林とは言えない。樹木の実生はシカが多いほど食べられて数を減らす。シカが減ると今度はササの影響で数を減らす。現在の大台ヶ原では後継樹がほとんど育っていないことから、実生の生存率が最も高くなるのは現在よりもシカ密度が低い場合である。現在の量の2倍程度のササ密度であれば実生の生存への影響は小さいことが調査からわかっている。鳥はシカが多いときには樹洞に巣をつくる鳥が増え(枯れ木ばかりになっては困るので限界はある)、シカが少ないときにはササ藪を利用する鳥が増える。地表徘徊性の虫はシカとササが現在の状態で最も多様性が高く、土壌動物はササが多いほど多様性が高くなる。このように、すべての分類群の生物の多様性や個体数が最大となるようなシカ密度は存在しないが、実測値を使って試算すると、シカ密度が現在の3分の1程度であれば、実生の生存率が高く、かつ他の動物たちも最大ではないにしろそれぞれに適度の多様性を持つ

ことがわかった。後継樹が育ち低木層が形成されれば、そのような場所を利用する動物が新たに加わることも期待されるだろう。

しかしながら、自然界は生物間相互作用を通して絶えず動的に変化するので、シカの個体数管理を行うにあたっては、森林生態系全体の将来的な変化を予測しながら行っていく必要がある。そこで、シカとササと樹木と土壌の間の窒素循環モデルを構築し、それによってシカの個体数やササの現存量が変わったときに、生態系全体がどのように変化するかを予想するのである。モデルは野外での実測値をもとにつくられているが、いくつかの事項については単純な仮定をおいている。たとえば、モデルではシカの個体数はミヤコザサの現存量によって規定される環境収容力として変動すると仮定している。しかし、ササがなくなってもシカは代替餌(例えば落ち葉)を開発することで個体数を維持することが知られており(Takahashi & Kaji 2001)、現実にはそう単純ではないが、完全なモデルができたときには森林はなくなっていたというのでは意味がない。現時点でできる範囲でモデルを組み立てて森林生態系動態についての将来予測を行い、再生のための管理手法を検討し提案していくことは大切である。

シミュレーションモデルに基づく解析結果を簡単に紹介しよう(日野ほか 2003)。まずシカの個体数を減らさずに現状のまま放置すると、現在のシカ密度とその主要な餌資源であるミヤコザサの現存量の間の平衡状態が維持されるので、樹木実生の生存率は改善されず後継樹は育ってこない。それよりも深刻な問題は、今のシカの密度が維持されると樹皮剥ぎによる樹木枯死が一定の割合で進行することである。親木はなくなり若木も育たないので、樹皮がシカに好まれるウラジロモミ等の樹木が20年足らずで消失してしまうことになる。樹冠を構成する半分以上の樹木が失われれば、大台ヶ原の森林はもはや森林とはいえない。樹皮がシカに好まれないブナ林は残るかもしれないが、

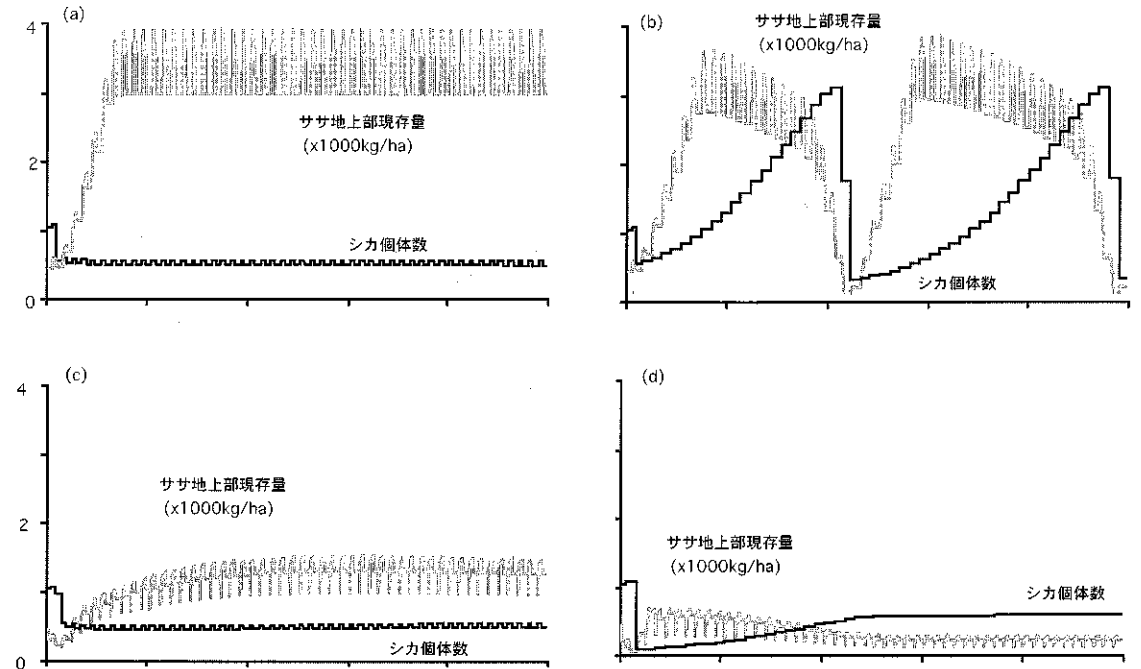


図7 ニホンジカ個体数調整とミヤコザサ現存量刈り取りが、ニホンジカ個体数(現在密度を1とした相対値)とミヤコザサ現存量(×1000kg/ha)についてのモデルのシミュレーション結果(日野ほか2003より)

後継樹が育たなければ、それもいずれ消失することになるだろう。つまり、今のまま放置されれば大台ヶ原がササ原になってしまうのは時間の問題なのである。

したがって、大台ヶ原の森林をよみがえらせるためには、まずシカの個体数を減らす必要がある。すでに述べたように、森林再生が可能でかつ動植物の多様性が最も高くなるシカ密度は現在の3分の1程度であろうと推定される。2001年に策定された環境省による大台ヶ原シカ保護管理計画では、現在平方キロあたり20-30頭と推定されているシカを半分から3分の1の平方キロあたり10頭まで減らすことを当面の目標にしている。最初の目標頭数を多めに設定するのは悪いことではないので、とりあえず現在の密度を半分にする場合を考えてみよう。密度がいったん半分になっても、シカは毎年10%ほど自然増殖するので、そのレベルを維持するためには毎年その増加分をとり続ける必要

がある(図7(a))。シカの密度を半分に減らすことで、樹木の枯死速度が弱まり、ピークに達するまでの期間を放置した場合の3倍以上に延ばすことができる。この50年あまりの間に後継樹が育って森林が再生してくれば、この管理手法は成功ということになる。ウラジロモミの年輪解析の結果から、成長速度は速くないが、50年あれば枝下高がシカの採食高である1.8m(樹高にして3.6m)を越えることは可能である。しかしながら実際には、シカの数が減ると現在のシカ-ササ間の平衡関係が崩れて、現存量の抑えられているミヤコザサが急激に回復してしまい、実生のほとんどが生き残れない状態になってしまう。

ここでもう一つ興味深い予想結果を示そう。一番目の管理手法は半分まで減らしたあとも自然増加分をとり続けるというものだったが、もし捕り続けるのを止めてしまったらどうなるだろうか。いったん個体数の減ったシカは餌が増えるので、

ササの回復に伴って個体数を増加させるようになる。シカ密度がササの現存量の限界に達するほど高密度になるとササは激減し、シカも後を追って個体数を激減させるといったサイクル変動を始めることが予想される(図7(b))。これでは、シカの個体数はピーク時に現在の3倍にまで増加することになるため、枯死木はあつという間にピークに達し最悪の結果になってしまう。すなわち、シカの個体数調整をはじめたら途中で止めてはいけないことを意味している。

シカを捕るとササが回復して後継樹が育たなくなるのであれば、人為的にササを刈ってあげたらどうなるだろうか。シカの自然増殖分を毎年10%捕ると同時にササを毎年30%ずつ刈り取るとすると、シカの個体数を半分にすることができて樹木の枯死速度が弱まる(図7(c))。ササの現存量は現在の2倍程度増えることになるが、この程度であれば前述したように実生の生存への影響は小さいことから、森林再生の可能性が高くなることが予想される。シカの個体数がモデルの仮定どおりにササの現存量のみで決められていれば、シカを捕らなくてもササを毎年60%刈り取るだけでシカの個体数を半分に減らすことができるため、この場合も森林再生を期待することができる(図7(d))。

前述したように、現実はその単純ではないだろう。モデルをより現実的なものに改良していくことももちろん大切であるが、それ以上に重要なのは、実施した管理手法がシカの個体数や森林生態系にもたらす影響を継続的にモニタリングし、その結果を踏まえて絶えず計画を見直していくことである。例えば、3番目の方法で毎年シカ10%捕りササを30%刈り続けても後継樹が育ってこなければ、シカの捕獲数あるいはササの刈り取り量を増やせばよいのである。

5. 自然再生事業への応用

私たちが提案するのは、シカを捕ると同時にミヤコザサの刈り取りを行うことである。自然界と

は良くできたもので、ササという植物は50年から100年の間に一斉に死んでしまい、そこからまた新しい世代が生まれることが知られている。樹木もまたシカの個体数が適正レベルにさえあれば、ササが枯れている間に次の世代を担う後継樹が育つことになる。したがって、シカの個体数管理だけを実施して、ササについては自然にまかせるというのも一つの方法である。しかし、大台ヶ原の森をここまで衰退させてしまった責任は人間にあるのだから、森林が自らの力で再生可能になるまでは再生のお手伝いをしてあげる義務が人間にはあるだろう。とはいえ、ササの刈り取りは労力と費用がかかるうえに、土壌中の窒素流出にもつながる。私たちのウラジロモミの実成長と年輪解析のデータから、ササ刈りが必要な期間をミヤコザサの最大高(約1m)を越えるまでとすると約30年、枝下高がシカの採食可能な高さ(約1.8m)を越えるまで(樹高にして約3.6m)とすると約55年かかることがわかった。したがって、これだけの長期間刈り取り続けるのは現実的ではない。

そこで実際には、大台ヶ原全体を一様に一定量刈り取るのではなく、刈り取り量に相当する面積においてミヤコザサを根絶することを考えるべきであろう。場所はかつてササが生育していなかった区域を選定するのが望ましい。この方法をとったとしても、モデルの結果は大きくは変わらない。ミヤコザサのみを枯らし他の動植物や土壌に影響をおよぼさない「夢の薬剤」があれば話は別だが、実際には根本からの刈り払いや地掻きを数年間継続することでミヤコザサの根茎を枯死させるのがよい。そのうえでササを残す場所では、現地の種子から苗木を育て、ササの高さを超えたものから植栽していくということも考えていく必要があるだろう。森林再生は自然に任せるべきであるとして、地掻きや植栽については反対意見も多いのも事実であるが、あくまでも森林が失った自己再生能力をできるだけ早く取りもどすお手伝いをするのが自然再生事業の役割だと私は考えている。シ

カの除去柵は当面は必要であろうが、森林が再生能力を取りもどし、シカがそれを阻害しない程度まで個体数を減じることができた時には取り外されるべきである。しかし、そのあともシカの自然増加分はとり続けていかなければならないことは、モデルで示したとおりである。

参考文献

Ando, M., Yokota, H. and Shibata, E. (2004) Why do sika deer, *Cervus nippon*, debark trees in summer on Mt. Ohdaigahara, central Japan? *Mammal Study* 29: 71-83.

Frank DA, Groffman PM (1998) Ungulate vs. landscape control of soil C and N processes in grasslands of Yellowstone national park. *Ecology* 79: 2229-2241

古澤仁美・荒木誠・日野輝明 (2001) シカとササが表層土壌の水分動態に及ぼす影響. 森林応用研究10: 31-36.

Furusawa H., Hino T., Kaneko S. & Araki M. (2005) Effects of dwarf bamboo (*Sasa nipponica*) and deer (*Cervus nippon centralis*) on the chemical properties of soil and microbial biomass in a forest at Ohdaigahara, central Japan. *Bulletin of the Forestry and Forest Products Research Institute* 4: 157-165

Hino T. (2000) Bird community and vegetation structure in a forest with a high density of sika deer. *Japanese Journal of Ornithology* 48: 197-204.

日野輝明・古澤仁美・伊東宏樹・上田明良・高畑義啓・伊藤雅道 (2003) 大台ヶ原における生物間相互作用にもとづく森林生態系管理. 保全生態学研究 8: 145-158.

Hino T. (2006) The impact of herbivory by deer on forest bird community in Japan. *Acta Zoologica Sinica* 52: 684-686

伊東宏樹・日野輝明 (2003) 大台ヶ原の針広混交林の林分構造. 森林応用研究12:163-165.

Ito H. & Hino T. (2004) Effects of deer, mice and dwarf bamboos on the emergence, survival and growth of *Abies homolepis* (Piceaceae) seedlings. *Ecological Research* 19: 217-224.

Ito H. & Hino T. (2005) How do deer affect tree seedlings on a dwarf bamboo dominated forest floor? *Ecological Research* 20: 121-128.

環境庁 (2000) 大台ヶ原地区トウヒ林保全対策事業実績報告書. 平成6~10年度. 環境庁, 東京.

環境省 (2001) 大台ヶ原ニホンジカ保護管理計画. 環境省, 東京.

環境省 (2005) 大台ヶ原自然再生推進計画. 環境省, 東京.

Maeji I, Yokoyama S, Shibata E (1999) Population density and range use of sika deer, *Cervus nippon*, on Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Journal of Forest Research* 4: 235-239.

Takahashi H. & Kaji K. (2001) Fallen leaves and unpalatable plants as alternative foods for sika deer under food limitation. *Ecological Research*, 16: 257-262.

Ueda A, Hino T, & Tabuchi K. (2006) Deer browsing on dwarf bamboo affects the interspecific relationship of parasitoids associated with a gall midge. In Junichi Yukawa et al. (eds), "Galling Arthropods and Their Associates" pp. 229-240. Springer-Verlag, Tokyo.

Yokoyama S., Koizumi T. & Shibata E. (1996) Food habits of sika-deer assessed by fecal analysis in Mt. Ohdaigahara, central Japan. *Journal of Forest Research* 1: 16-164.

地球温暖化防止に向けた森林の役割 みどりは地球を救うシリーズ No. 5 「美しい森林に託す地球の未来」

を発行しました

我が国は、1997年に採択された京都議定書による温室効果ガス6%の削減約束のうち、3.9%を森林の二酸化炭素吸収量で確保することとし、「地球温暖化防止森林吸収源対策10年対策」(2002年)を策定して森林の整備・保全、木材、木質バイオマス利用の推進等、総合的に取り組んでいます。

このパンフレットは、地球温暖化の影響、温暖化防止

のための森林の役割、役割を果たすための森林の取り扱いと現状について述べ、地球温暖化防止に向けた美しい森林づくりについて、みなさんの理解を深めたり、議論を進めたりすることに役立つよう作成しました。

地球や森林の未来を考えるための資料としてご利用いただけますようご購入をお待ちしています。(A4版、オールカラー表紙とも16ページ)

発行：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300円(税込み, 送料実費 [100部以上購入される場合は、送料を当方負担いたします])

松くい虫被害の推移

—平成17年度被害量69万m³、対前年94%—

林野庁は去る8月27日、平成17年度の松くい虫被害量を発表した。

被害は北海道、青森県を除く45都府県で発生している、被害量は約69万m³、その内訳は下表のとおりである。また、ここ29年間の被害量の推移は下図のとおりである。全国的には、前年度に引き続き被害量が減少しているところであり、東北地

方を含めて、減少傾向が続いているが、長野県、島根県、鹿児島県等一部の地方において被害が増加している。

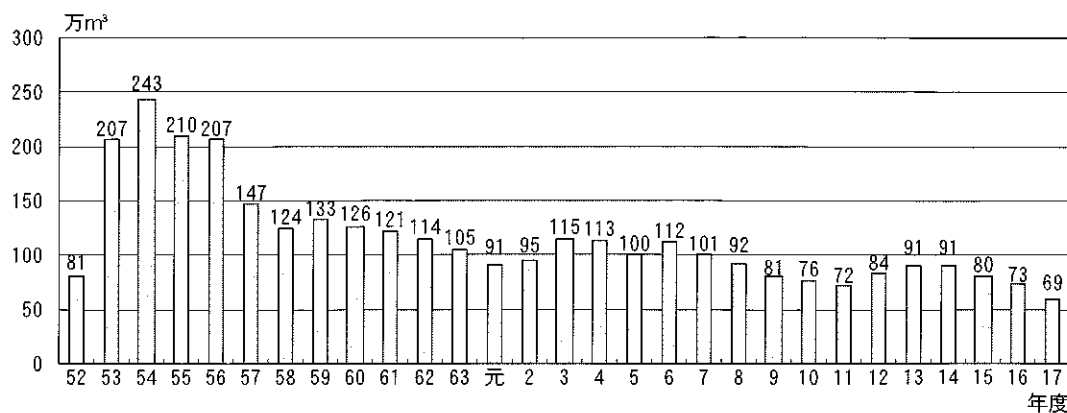
これは保全対象以外の松林での被害の増加や高標高地域などこれまでになかった被害が発生してこなかった林において新たな被害が発生したこと等によるものとみられる。

松くい虫被害量（被害材積）

単位：千m³

区分	年度		区分	年度		区分	年度		区分	年度		
	平成16	平成17		平成16	平成17		平成16	平成17		平成16	平成17	
民 有 林	北海道	—	神奈川	0.7	0.6	大 阪	3.6	3.4	福 岡	2.3	2.2	
	青 森	—	新 潟	9.3	8.7	兵 庫	9.8	8.5	佐 賀	0.3	0.3	
	岩 手	45.0	40.1	富 山	0.4	0.4	奈 良	3.1	2.5	長 崎	5.7	5.3
	宮 城	23.1	18.8	石 川	8.8	8.0	和歌山	1.7	1.5	熊 本	1.2	1.5
	秋 田	31.0	27.5	民 福 井	14.9	13.7	民 鳥 取	21.7	13.9	大 分	2.2	1.3
	山 形	33.2	27.4	有 山 梨	18.9	15.2	有 島 根	27.8	36.5	鹿 児 島	28.7	32.0
	福 島	62.5	59.4	林 長 野	51.1	55.4	林 岡 山	22.7	21.2	沖 縄	41.2	40.9
	茨 城	4.7	4.4	岐 阜	10.3	9.2	山 口	41.0	36.0	計	675.6	643.7
	栃 木	14.5	13.8	静 岡	15.3	16.6	徳 島	1.4	1.7	国 有 林 計	57.7	45.5
	群 馬	14.1	15.0	愛 知	7.1	7.1	香 川	14.8	14.0	合 計	733.3	689.2
	埼 玉	0.9	0.7	三 重	7.9	7.7	愛 媛	8.3	7.8			
	千 葉	4.1	5.1	滋 賀	5.6	4.9	高 知	0.3	0.2			
	東 京	0.2	0.1	京 都	21.5	23.2						

- 1) 民有林については、都道府県からの報告による。
- 2) 国有林（官行造林地を含む）については森林管理局からの報告による。
- 3) 都道府県ごとに単位以下第二位を四捨五入した。
- 4) 「松くい虫」とは松の枯死の原因となる線虫類を運ぶ虫をいう。



松くい虫被害量（被害材積）の推移（全国）

マツノザイセンチュウ 防除土壌灌注薬剤紹介

土壌灌注でマツノザイセンチュウ防除「石原アオバ液剤/ネマバスター」

荒木 孝明*

1. はじめに

IKI-1145 30%液剤は、石原産業株式会社が長年の農業研究の過程で発見・発明・開発した新しい化学構造を有し、殺虫、殺ダニ効果も併せ持つ有機リン酸アミド系化合物ホスチアゼートを有効成分とする殺線虫剤です。

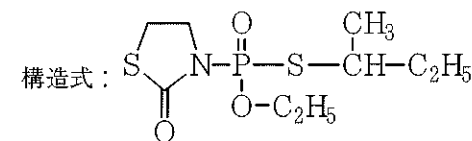
ホスチアゼートは、マツノザイセンチュウを始めとする植物寄生性の線虫に対して極めて高い活性を示します。既に農業分野では「ネマトリンエース粒剤」、「アオバ液剤」の商品名でセンチュウや種々の害虫防除に幅広く使用される基幹薬剤として好評を博しています。

マツノザイセンチュウに対しては、従来の樹幹注入剤とは異なる「土壌灌注処理剤」として、まつ（アカマツ、クロマツ、リュウキュウマツの生立木を対象とする。以下まつ樹という。）を傷つけることなく、土壌に処理された有効成分は根系から樹全体に吸収移行してマツノザイセンチュウを防除する全く新しい防除技術として注目を集めています。

本剤は、平成13年度から(株)林業薬剤協会を通じて公的試験研究機関で薬効・薬害試験を実施し、マツノザイセンチュウに対する防除効果が確認されました。これらの薬効・薬害試験と各種安全性試験に基づき農業登録申請を行い、平成18年3月22日付けで農業登録を取得しました（農林水産省登録 第20346号）。

2. 規格・成分・性状

種類名：ホスチアゼート液剤
 名称：石原アオバ液剤/ネマバスター
 試験コード：IKI-1145 30%液剤
 有効成分：ホスチアゼート 30%
 化学名：(RS)-S-sec-ブチル=O-エチル
 =2-オキソ1,3-チアゾリジン
 -3-イルホスホノチオアート
 性状：暗青色水溶性液体



3. 安全性

人畜毒性：劇物
 急性経口毒性：ラット LD₅₀ 124mg/kg
 急性経皮毒性：ラット LD₅₀ 1782mg/kg
 急性吸入毒性：ラット LC₅₀ 1.77mg/l
 眼刺激性：ウサギ 刺激性あり
 皮膚刺激性：ウサギ 刺激性なし
 皮膚感作性：モルモット 感作性あり
 水棲動物毒性：A類相当
 コイ（96時間）：LC₅₀ 75mg/l
 オオミジンコ（48時間）：EC₅₀ 1.25mg/l

4. 特徴

ホスチアゼートは、各種害虫に対して優れた効果を示します。特に従来から防除が困難とされて

* 石原産業株式会社

きた各種植物寄生性線虫に対し活性が高く、マツノザイセンチュウに対しても例外に漏れず優れた殺線虫及び運動阻害活性を示します。また、ホスチアゼートの優れた浸透移行性は、根部⇒茎葉部ばかりでなく、茎葉部⇒根部の移行もあり、この浸透移行性は本剤の殺線虫特性に大きく貢献しています。このような性質を利用することにより、まつ樹を傷つけることなく、薬液をまつ樹の地際周辺の土壤に灌注処理（以下、土壤灌注という）することで有効成分がまつ樹の根部から樹全体に吸収移行され、マツノザイセンチュウを防除することができます。

本剤の吸収・移行は、根部から行われることから、樹幹注入法のように樹脂の滲出が薬剤吸収に影響を与えることはありません。処理されたホスチアゼートは、2～3ヶ月後にはまつ樹全体に行き渡り、防除可能な有効濃度に達することから、マツノマダラカミキリ羽化後の線虫伝播の始まる時期の2～3ヶ月前が本剤の処理適期となります。ホスチアゼートは、一般的な農薬と同じように植物体中で分解されることから、薬剤処理後の樹体中の濃度は2～3ヶ月でピークに達した後は徐々に分解されて減少してゆきます。処理後の有効期

間は今のところ1年まで確認されています。また、本剤は一般的に土壤中や河川水中では微生物等によって分解されるため、不必要に環境中に残ることはなく、土壤・水汚染の環境に対する影響は殆どありません。

本剤を土壤灌注するには、液体肥料の施用に用いられる液肥注入機またはまつ樹地際周囲に溝を掘るか穴を開けることで行えます。樹体に薬剤注入の穴を開けることなく、注入後の容器回収の必要もなく、簡便に作業が行えます。

5. 適用範囲及び使用方法

表一参照。

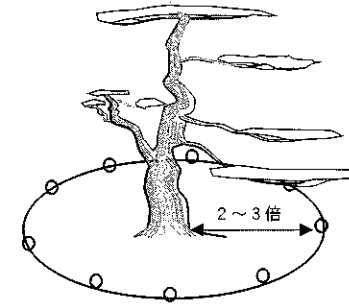
6. 上手な使い方

- ① 薬液灌注量はまつ樹の胸高直径に応じて調整する。
- ② 樹高が低く材積量が著しく小さい場合（庭園まつ樹など）は、表一の使用量に応じた灌注量にすると樹体内の薬剤濃度が高くなり、葉の黄化、褐変の薬害を生じる恐れがあるので、通常の場合の1/2～1/4量を灌注量の目安とする。
- ③ 土壤灌注するので、樹幹注入と異なり樹脂に

表一 適用範囲及び使用方法

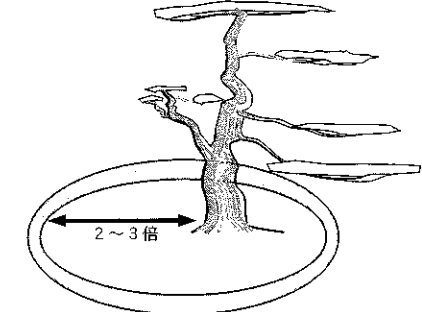
作物名	適用病害虫名	希釈倍率	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法
まつ（生立木）	マツノザイセンチュウ	50倍	樹の胸高直径（cm）に応じて調製する。 5～10cm：6ℓ 10～15cm：8ℓ 15～20cm：12ℓ 20～25cm：18ℓ 25～30cm：26ℓ 30～35cm：38ℓ 35～40cm：52ℓ 40cm以上では直径5cm増すごとに18～30ℓを順次増量。	マツノマダラカミキリ成虫発生2～3ヶ月前	1回	土壤灌注

使用上の注意事項：
 ・まつ樹の中心から胸高直径の約2～3倍を半径とする同心円上を処理位置の目安とし、所定薬量を土壤灌注すること。一度に灌注が困難な場合は、分割して灌注すること。
 ・土壤条件、まつ樹の根の生育状況により、効果不足となることがあるので注意する。
 ・胸高直径に応じて、使用量を灌注するが、胸高直径に比べ、極端に樹高が低い場合に薬害を生じることがあるので注意する。



機械灌注処理

キッポエア灌注機（麻場製等/圧力：20kg/cm²）を用い、胸高直径の2～3倍の離れた位置に所定薬量を深さ15～20cm、1穴当たり2ℓを目安に均等に土壤灌注する。



施用溝処理

- i) 胸高直径の2～3倍の離れた位置に深さ15～20cm、巾20cm程度の溝を掘り、所定薬量をジョウロ、柄杓等で均等に土壤灌注する。
- ii) 処理後、薬液が土壤に浸透した事を確認し溝を埋め戻す。

図一 土壤灌注の処理方法

影響されることなく処理ができる。

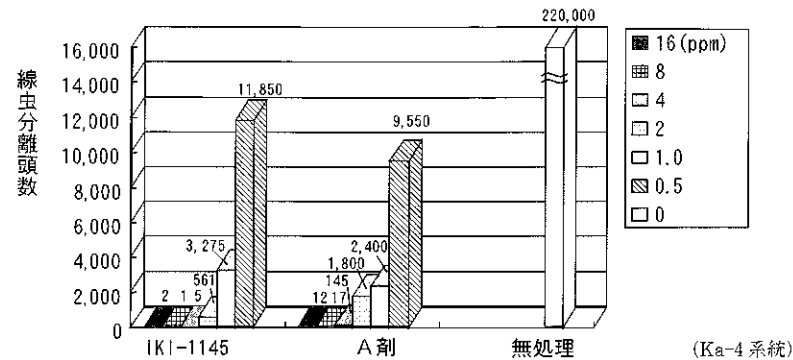
- ④ 処理適期は、マツノマダラカミキリ成虫の発生する2～3ヶ月前の3～4月です。
- ⑤ まつ樹の胸高直径の2～3倍離れた場所が最も吸収効率が高いことがわかっています。土壤灌注は、図一に示すように行います。
- ⑥ まつ樹に傷をつけることなく、連年施用が可能である。
- ⑦ 樹脂流出に異常のあるまつ樹や葉の変色、しおれが現れたまつ樹には使用しない。（既にマツノザイセンチュウが感染し、回復が難しいことが予想されるため）
- ⑧ まつ樹の根張りが悪い場合には、薬剤の吸収が劣る場合があるので、灌注時には、できるだけ根系付近への灌注に留意する。

- ⑨ 本剤の使用に当たっては、必ずラベルを良く読み、また、使用量、使用時期、使用方法に注意し、初めて使用する場合及び庭園まつ樹等の強剪定されたまつ樹に使用する場合は、まつ樹の保護士、樹木医、林業技術者、病害虫防除所等関係機関の指導を受ける。

7. マツノザイセンチュウに対する効果

① 薬液浸漬試験

ホスチアゼートを各濃度を含む水溶液中にマツノザイセンチュウを100～150頭/ml接種し、24および48時間後に顕微鏡下で線虫の生死を判定した。なお、死虫数は15秒間静止した個体も含めた（表一2）。24時間後のLC₅₀値は21.7ppm、48時間では13.1ppmであった。



図一 2 マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus lignicolus*) の増殖阻止効果

表一 2 ホスチアゼートの殺線虫活性

培養時間	死虫率 (%)					LC ₅₀ (ppm)
	ホスチアゼート濃度 (ppm)					
64	82.7	60.5	45.1	40.4	33.3	21.7
24時間	89.5	66.4	51.0	37.5	38.2	13.1
48時間						

② 増殖阻止試験

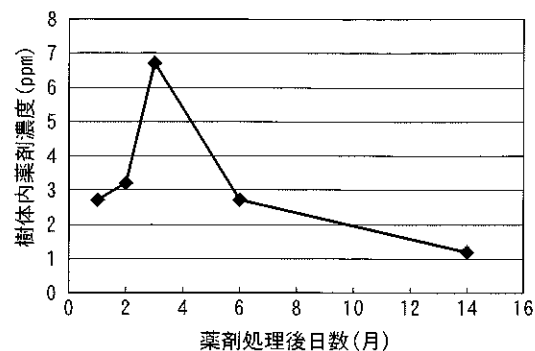
ホスチアゼートと対照薬剤 A 剤を所定濃度含む培地 (あらかじめ BC 菌を接種し、繁殖させた PDA 培地) にマツノザイセンチュウを接種して 25℃で10日間培養後に、その個体数を計数した。この結果、ホスチアゼートは、マツノザイセンチュウの増殖を強く阻止した (図一 2)。

③ 薬剤処理後のまつ樹体内のホスチアゼート濃度の推移

所定薬量をまつ樹周辺に土壌灌注処理後、経時的に幹 (地上 4 ~ 5 m 付近) から電動ドリルを用いて材粉を採取し、ホスチアゼート濃度を分析した (図一 3)。

薬剤処理 1 ヶ月後には有効濃度の目安とする 1 ppm 以上に達し、3 ヶ月後をピークにその後徐々に減少した。

次に土壌灌注処理位置 (胸高直径に応じたまつ樹中心からの距離) と薬剤の吸収性の関係について調べた。処理 3 ヶ月後に幹から電動ドリルを用いて材粉を採取し、ホスチアゼート濃度を分析した。その結果を表一 3 に示す。



図一 3 薬剤処理後の樹体内薬剤濃度

樹体の薬剤吸収濃度は、胸高直径の 2.5 倍距離で最も高く、距離が遠くなるほど薬剤濃度が低くなる傾向があった。本剤の処理位置は、まつ樹の中心から胸高直径の 2 ~ 3 倍を半径とする同心円上が推奨される。

④ 土性による薬剤吸収性

土性が異なる土壌を詰めたプラスチック製の鉢 (直径 0.7 m, 深さ 0.5 m) にアカマツ (6 年生, 樹高 2.0 ~ 2.5 m, 直径 3 ~ 4 cm) を移植し、十分に活着した後に所定量の薬剤を樹の中心から直径の 2.5 倍の同心円上の 4 箇所 (東西南北) に灌注した。処理 2 ヶ月後に、幹は地上高 1 m 付近から、枝は 1 ~ 2 年枝を 4 箇所 (東西南北) から採取し、ホスチアゼート濃度を分析した (表一 4)。

本剤のまつ樹への吸収性は砂土で最も高く、次いで埴土、壤土の順であったが、いずれの土性においても有効濃度を保持し、土性の違いが効果に

表一 3 IKI-1145 の処理の位置と薬剤吸収量 (分析部位: 地上高 300 cm, 処理 3 ヶ月後)

処理位置	灌注位置 (幹よりの距離)	胸高直径 (cm)	部位	採取位置 (cm)	IKI-1145 分析値 (ppm)	同左平均値
基部	10 cm 以内	15	幹	300	1.35	3.03
		15	〃	〃	2.05	
		18	〃	〃	5.70	
胸高直径の 2.5 倍	30 cm	18	〃	〃	3.04	5.04
		16	〃	〃	2.46	
		15	〃	〃	9.62	
胸高直径の 5 倍	70 cm	15	〃	〃	1.08	1.95
		17	〃	〃	2.42	
		17	〃	〃	2.35	
胸高直径の 7.5 倍	110 cm	15	〃	〃	<0.05	<0.36
		15	〃	〃	0.42	
		18	〃	〃	0.6	

表一 4 薬剤処理する土壌の土性によるまつ樹樹体内のホスチアゼート濃度 (ppm)

処理概要	土性 (処理前土壌水分)	試験木 No	採取部位				
			1 m	枝			
				北	東	南	西
IKI-1145 30%SL 50倍希釈 2.5倍距離	埴土 (18.5%)	1	9.8	13.1	11.7	11.2	8.0
		2	6.7	5.2	7.3	8.2	7.7
		3	9.4	10.1	16.6	11.9	11.3
		4	7.7	8.6	7.0	7.3	7.9
		平均	8.4	9.6			
	壤土 (21.0%)	1	2.9	3.1	2.2	2.3	3.6
		2	7.0	8.1	8.8	11.5	9.4
		3	3.0	4.2	3.5	4.4	3.7
		4	3.4	3.5	3.7	4.2	3.3
		平均	4.1	5.0			
	砂土 (19.1%)	1	14.0	19.9	21.7	20.6	23.4
		2	18.5	17.7	32.2	18.1	20.8
		3	20.0	11.7	19.7	18.4	19.8
4		9.9	12.9	8.7	13.2	12.9	
平均		15.6	18.2				

(注) 枝の平均値は、北、東、南、西四方向の平均値である。

表一5 薬剤処理時の土壌水分の違いによるまつ樹樹体内のホスチアゼート濃度 (ppm)

処理位置	土性	土壌水分	試験木No	採取部位		
				幹 0.5m	枝	
					1	2
2.5倍 近接処理	埴土	無降雨 18.5%	1	14.5	20.3	15.1
			2	23.6	35.4	34.0
			3	25.9	21.8	21.7
			4	29.0	38.3	31.7
			平均	23.3	27.3	
		降雨 処理後 33.2%	1	13.0	24.1	27.5
			2	19.7	27.1	28.1
			3	25.9	38.3	55.9
			4	28.8	33.8	34.9
			平均	21.9	33.7	
	壤土	無降雨 21.0%	1	9.1	11.2	10.3
			2	6.1	2.5	2.8
			3	5.2	8.2	5.5
			4	11.3	8.8	11.9
			平均	7.9	7.7	
		降雨 処理後 34.4%	1	7.0	4.0	6.9
			2	4.5	6.4	*
			3	5.6	16.8	5.8
			4	6.7	10.7	9.2
			平均	6.0	8.5	
砂土	無降雨 19.1%	1	17.7	32.7	25.3	
		2	9.4	12.2	12.2	
		3	34.5	50.6	55.1	
		4	37.6	34.1	36.3	
		平均	24.8	32.3		
	降雨 処理後 33.4%	1	3.2	26.3	27.0	
		2	29.0	13.5	12.7	
		3	42.4	58.3	62.3	
		4	26.1	23.2	30.9	
		平均	25.2	31.8		

(注) 枝の平均値は、採取2箇所平均値である。
*印は枝からの材質量が十分得られなかったために未分析

大きく影響することはないと考えられる。なお、薬剤吸収性が高かった砂土のまつ樹においても薬害は認められなかった。

⑤ 土壌水分による薬剤吸収性

埴土、壤土、砂土を用いて土壌水分の違いによる薬剤吸収性を調べた。

各土壌を詰めたプラスチック製の鉢(直径0.4m、深さ0.3m)で育てたアカマツ(4年生、樹高1.5m、直径1.5cm)を供試し、薬剤処理24時間前に20mm/hrの降雨条件を設定した土壌下に所定量をまつ樹の中心から胸高直径の2.5倍の同心円上の4箇所(1箇所)に灌注した。

処理2ヶ月後に、幹の地上高0.5m付近から材粉を採取し、枝については、1~2年枝を2箇所から採取し、濃度分析を行った。その結果を表一

5にまとめた。

無降雨条件の土壌水分は20%程度、降雨処理後の土壌水分は30%程度であった。本条件下、まつ樹の樹体中の薬剤濃度は、いずれの土性においても土壌水分による大きな差はなく、薬剤吸収が土壌水分に影響を受けることはなかった。

⑥ 効果試験(林業薬剤協会委託試験)

平成13年度から平成15年度の3ヶ年で1年目のマツノザイセンチュウの防除効果試験を実施し、平成16年度でさらに効果の確認試験を実施した。この4ヶ年で試験を実施した試験場所の概要は、表一6に示す。

試験は、以下の方法を基本にして行った。

供試薬剤 IKI-1145 30%液剤を水で50倍に希釈し、薬液を調製した。

表一6 委託試験場所の概要

	試験地	立地条件					試験年次
		立地	土壌群	層位 (cm)	土壌構造	水湿状態	
岩手A	江刺市稲瀬瀬谷子 195-2	標高:100m. 平坦地	適潤性赤黄色土壌	A ₀ :1.5 AB:0-12 B:13~	カベ状	潤	平成13年度
岩手B	江刺市玉里森下 222-18	標高:180m. 斜面	適潤性黒色土壌	A ₀ :1.5 A ₁ :0-15 A ₂ :15~	A ₂ の下層に 大型レキ混在	潤	平成14年度
岩手C	東磐井郡東山町吉兆所 61-1	標高:380m. 斜面	適潤性褐色森林土	A ₀ :2 A ₁ :0-10 A ₂ :11-21 AB:22-3 4B:35~	A ₂ 層以下に 半角レキ混在	潤	平成15年度
宮城	黒川郡大衡村衡地内宮城県林業試験場内	斜面	適潤性褐色森林土	A ₀ :4 A:14 B ₁ :30 B ₂ :56~	A:団粒状 B ₁ , B ₂ :かべ状	潤	平成15年度
滋賀	栗東市金勝山西尾根	標高:590m. 斜面	適潤性褐色森林土	A ₀ :2 A:3 B:5~	こぶし大のレキを少量含む	やや潤-潤	平成14年度 平成15年度
京都	船井郡和知町本庄京都府林業試験場構内	標高:100m. 平坦地	適潤性褐色森林土	A ₀ :1	カベ状	潤	平成15年度 平成16年度
福岡A	久留米市山本町豊田福岡県森林林業技術センター内	平坦地					平成16年度
福岡B	久留米市山本町豊田福岡県森林林業技術センター内	平坦地					平成13年度 平成14年度
千葉	千葉市緑区大膳野町千葉県農業総合研究センター構内	海拔:40m. 平坦地	火山灰土	A ₀ :1	カベ状	潤	平成13年度 平成14年度 平成16年度

表一七 委託試験結果概要

試験地	処理日	調査日 (判定日)	処理木 無処理木 の別	処理木 胸高直 径平均 (cm)	処理 位置 (×胸高径)	結果						
						供試 本数	枯損木		樹脂異常木*1		樹脂正常木	
							本数	率(%)	本数	率(%)	本数	率(%)
岩手A	H13.04.25	H14.07.07	処理木	15.1	5	10	0	0	1	10	9	90
			無処理木			10	4	40	4	40	2	20
岩手B	H14.05.14	H15.07.02	処理木	14.0	5	10	3	30	1	10	6	60
			無処理木			9	9	100	0	0	0	0
岩手C	H15.05.12	H16.10.25	処理木	13.7	2.5	10	1	10	0	0	9	90
			無処理木			10	1	10	6	60	3	30
宮城	H15.05.13	H15.11.18	処理木	14.5	2.5	10	0	0	1	10	9	90
			無処理木			10	1	10	1	10	8	80
滋賀	H14.05.16	H15.07.24	処理木	17.3	5	10	1	10	0	0	9	90
			無処理木			10	3	30	1	10	6	60
滋賀	H15.05.23	H15.11.21	処理木	16.7	2.5	10	0	0	1	10	9	90
			無処理木			10	4	40	2	20	4	40
京都	H15.04.25	H15.11.25	処理木	18.3	2.5	10	0	0	0	0	10	100
			無処理木			10	6	60	3	30	1	10
京都	H16.04.22	H16.11.14	処理木	11.2	2.5	3	0	0	0	0	3	100
			無処理木	13.2	5	5	1	20	0	0	4	80
福岡A	H16.05.17	H16.10.25	処理木	8.7	2.5	5	0	0	0	0	5	100
			無処理木	9.6	5	5	1	20	0	0	4	80
福岡B	H13.04.11	H13.11.08	処理木	16.5	3*2	11	0	0	0	0	11	100
			無処理木			9	5	56	3	33	1	11
福岡B	H14.04.19	H15.07.04	処理木	13.1	5	10	3	30	0	0	7	70
			無処理木			10	10	100	0	0	0	0
千葉	H13.04.12	H13.10.15	処理木	11.2	10	10	8	80	0	0	2	20
			無処理木			10	9	90	0	0	1	10
千葉	H14.04.26	H14.10.15	処理木	11.3	5	10	8	80	0	0	2	20
			無処理木			10	9	90	0	0	1	10
千葉	H16.04.20	H16.10.25	処理木	11.7	2.5	5	4	80	0	0	1	20
			無処理木	14.7	5	5	2	20	1	20	2	40
千葉			無処理木			5	5	100	0	0	0	0

*1：枯損木を含まない。

*2：供試木の中心から約50cm位置に処理したので、50÷16.5≒3から胸高直径の3倍とした。

表一八 福岡試験地のまつ樹体内のホスチアゼート濃度

(処理：平成16年5月17日，採取：平成16年7月1日)

試験区	試験木 No	採取部位別ホスチアゼート濃度 (ppm)							外観 症状
		幹		枝					
		1 m	3 m	採取高 (m)	北	東	南	西	
IKI-1145 30%SL 50倍希釈 (2.5倍距離区)	426	16.40	9.66	3.1	7.26	6.04	7.78	7.59	健全
	427	24.60	15.20	4.0	10.30	12.20	12.90	12.80	健全
	428	23.70	18.70	3.6	19.30	14.40	10.70	18.90	健全
	429	17.20	9.52	3.4	8.72	7.73	8.08	9.84	健全
	430	9.30	6.19	3.6	5.71	4.94	5.57	5.26	健全
	平均	21.58			9.80				
IKI-1145 30%SL 50倍希釈 (5倍距離区)	421	6.13	3.48	3.6	3.25	2.57	2.01	4.18	健全
	422	10.70	7.74	4.0	5.78	6.69	4.47	5.96	健全
	423	6.28	4.88	3.7	2.09	2.60	3.61	2.81	健全
	424	15.6	14.1	3.7	13.70	16.10	15.70	16.50	健全
	425	2.01	1.12	3.3	1.72	0.57	1.66	1.88	枯損
	平均	7.20			5.69				

(注) 枝の平均値は、北、東、南、西四方向の平均値である。

表一九 千葉試験地のまつ樹体内のホスチアゼート濃度

(処理：平成16年4月20日，採取：平成16年7月13日)

試験区	試験木 No	採取部位別ホスチアゼート濃度 (ppm)						外観 症状
		幹 1.3m	枝					
			採取高 (m)	北	東	南	西	
IKI-1145 30%SL 50倍希釈 (2.5倍距離区)	451	0.38	4.1	0.55	0.71	0.52	0.65	枯損
	452	3.93	3.8	3.75	2.41	2.08	3.14	健全
	453	0.30	3.3	0.23	0.31	0.31	0.29	枯損
	454	*	4.1	1.04	2.11	2.16	2.05	枯損
	462	0.08	4.1	0.12	0.38	0.48	0.21	枯損
	平均	1.17		1.18				
IKI-1145 30%SL 50倍希釈 (5倍距離区)	456	0.32	4.1	0.59	0.46	0.35	0.77	枯損
	457	1.20	5.5	1.58	2.62	1.31	1.50	健全
	458	*	4.3	1.46	1.98	3.95	4.71	衰弱
	459	5.59	5.3	1.38	2.96	1.16	2.14	健全
	460	0.68	4.2	0.82	1.11	0.71	0.95	枯損
	平均	1.95		1.63				

(注) 枝の平均値は、北、東、南、西四方向の平均値である。

*印はサンプル量が少なく分析不可部分

供試木を中心とする同心円上に供試木の胸高直径に基づく薬液量を動力噴霧器に装着した灌注機で土壌灌注した。灌注は、1穴当たり2ℓを目安とし、所定の薬液量に応じた箇所数を供試木の周りに行った。

薬剤処理（約3ヶ月）後、マツノザイセンチュウを接種する前に供試木の幹の材粉或は枝を採取し、樹体中の薬剤濃度を分析した。

マツノザイセンチュウを接種し、その後、まつ樹の外観、樹脂量を調べ、また、枯損木のマツノザイセンチュウの有無を調べた。

各試験結果の概要は、表-7に示す。

4ヶ年で17試験を実施し、有効（樹脂正常木90%以上）な試験例数9試験を得た。この有効な効果が現れた試験は、薬液の土壌灌注位置が供試木の胸高直径の2.5倍の場合であった。千葉試験地では、土壌灌注位置が2.5倍であっても有効な結果が現れなかった。供試木の樹体中の薬剤濃度について、平成16年度の試験（福岡、千葉）の結果は表-8及び表-9に示すように、福岡では薬剤が有効濃度を超えて十分に吸収されたが、千葉では有効濃度に達しないものが殆どであった。この薬剤吸収の差が効果発現に影響したものと考えた。

この原因は、まつ樹の根の生育状態にあり、他の試験地のまつ樹に比べ著しく根張りが悪く、根の伸長する方向に偏りが見られたことに起因していると考えた。

⑦ 薬害及び薬剤処理周辺への影響

薬剤土壌灌注処理によるまつ樹の薬害を効果試験と併せて調べたが、2倍量処理においても薬害の発生は見られなかった。

また、薬剤を土壌灌注した周辺の植物相、土壌昆虫及びマツタケへの影響を調べたところでは土壌灌注した周辺の植物相、土壌昆虫に対して影響は見られなかった。マツタケの菌糸伸長および発生に対しても影響はしなかった。

謝辞

本剤のマツノザイセンチュウ防除の評価試験を実施するに当たり、ご指導ご協力を賜りました各府県林業試験機関、(株)林業薬剤協会の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

(株)林業薬剤協会林業薬剤等試験成績報告集（平成13、14、15、16年度）

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成18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2-18-14 藤井第一ビル8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

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



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
農産事業部 TEL(03)5309-7900

松を傷つけない土壌灌注タイプ

農林水産省登録
第20346号

松枯れ防止土壌灌注剤 石原アオバ液剤

三石・Ⅲ・火気厳禁
酸和ジカルボン酸ジメチルエステル

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。
- ★ 樹の周りに土壌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

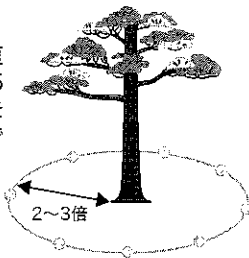


機械灌注処理



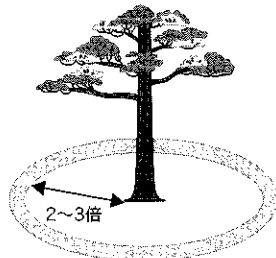
施用溝処理

土壌灌注器(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の位置に所定薬量を1穴当たり2ℓを目安に等間隔で土壌灌注する。



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、所定薬量をジョウロ、柄杓などで均一に土壌灌注する。

② 灌注後、薬液が土壌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

T&N推進部:06-6444-1454 <http://www.iskweb.co.jp/ibj/>

ISK 石原産業株式会社 ISK 石原バイオサイエンス株式会社

本社:大阪市西区江戸堀1丁目3番15号

本社:東京都千代田区富士見2丁目10番30号

タケを枯らせるのは ラウンドアップハイロードだけです!

登録適用拡大:竹類へ使用できます。

使い方[注入処理方法]

処理適期:6~8月

2~3cm
地上
30~
100cm

- ① 節から2~3cm下に穴を開けます。
- 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ヵ月	秋処理(9~11月) 完全落葉までの期間 8~11ヵ月
---------------------------------	-----------------------------------

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	5~15ml/本	竹稈注入処理

竹の防除法について、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

ラウンドアップホームページでも同等の内容がご覧いただけます。

<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

ODS 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



株式会社日本クリーンアンドガーデン

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!!

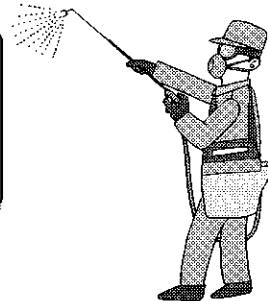
ドウグリン 水和剤

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日おきにいていねいに散布

CERTIS 販売 セルティスジャパン株式会社
東京営業所 〒359-0024 埼玉県所沢市下安松852
電話: 04-2951-7261 FAX: 04-2944-8251



新発売

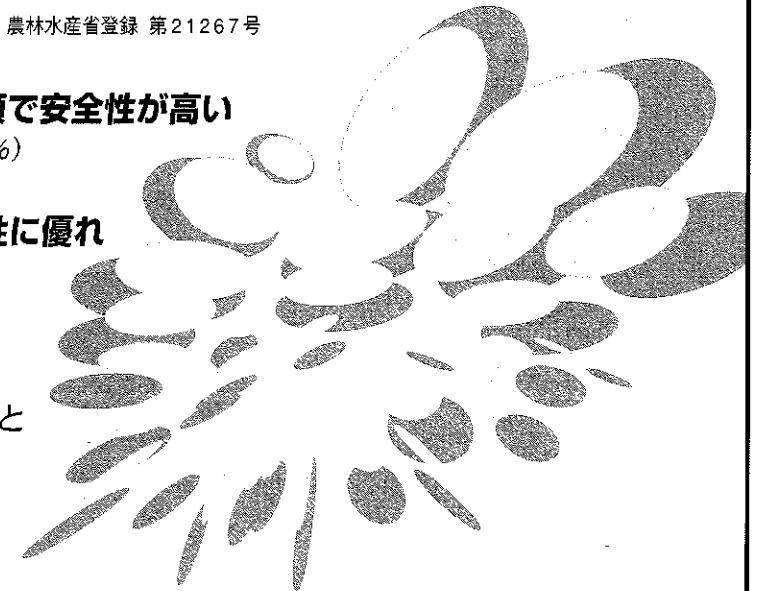
新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤
殺虫剤 **モリエート[®]SC**

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

林野庁補助対象薬剤

新発売

林野庁補助対象薬剤

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

普通物で使いやすい

マツグリーン[®]液剤

マツグリーン[®]液剤2

農林水産省登録第20330号

農林水産省登録第20838号

- 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があります。
- 使いやすい液剤タイプで、薬液調製が容易です。
- 散布後、いやな臭いや汚れがほとんどなく、薬液飛散による車の塗装や墓石の変色・汚染がほとんどありません。

- ミツバチや魚介類に影響が少なく、土壌中や河川水中でも微生物等で速やかに分解され、周辺環境への影響も少ない薬剤です。



株式会社 ニッソーグリーン

〒110-0005 東京都台東区上野3丁目1番2号 TEL. (03) 5816-4351
●ホームページ <http://www.ns-green.com/>

農林水産省登録 第11912号

クレートS (粒剤)

農林水産省登録 第12991号

クレートSL (水溶剤)



すぎ、ひのきの下刈りに。

製造 **ADA** 株式会社 **イスターバイotech** 販売 **丸善薬品産業株式会社** アグリ事業部
 〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 日華日本橋ビル TEL.03(5625)5522 FAX.03(5625)5501
 〒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®

林地用除草剤

ザイトOF®

 微粒剤

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
 東 京 本 社 〒110-0015 東京都台東区東上野6丁目2-1 信興上野ビル 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

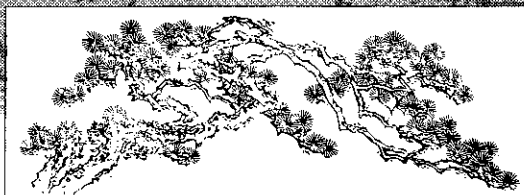
新発売 (普通物)

エコワン3フロアブル

農林水産省登録 第20897号

100~200倍希釈

《チアクロプリド水和剤3%》



1500~3000倍希釈

エコワンフロアブル

農林水産省登録 第20896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 Environmental Science

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
ヤシマアンレス

蜂さされ防止

ハチノックL (巣退治)
ハチノックS (携帯用)

大切な日本の松を守る
ヤシマの林業薬剤

ヤシマスミパイン乳剤
グリーンガードエイト
パークサイドF
ヤシマNCS

くん蒸用生分解性シート

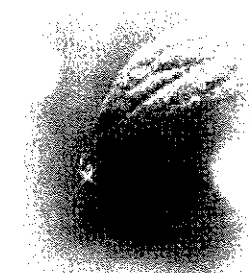
ミクスト

Yashima
豊かな緑を次代へ

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。



ヤシマ産業株式会社

本社 〒203-0002 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 茨城県下館市大字折本字板堂540 TEL.0296-22-5101 FAX.0296-25-5159 (受注専用)

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）



60ml そのまま自然圧で注入

180ml 加圧容器に移し替え、
ガス加圧で注入。

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**

〒101-0025 東京都千代田区神田佐久間町4-20 三共神田佐久間町ビル3F
TEL. (03) 5835-1481 FAX. (03) 5835-1483

®登録商標

