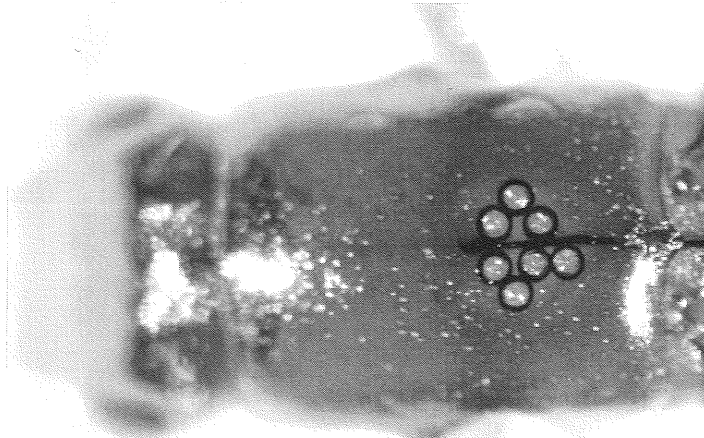
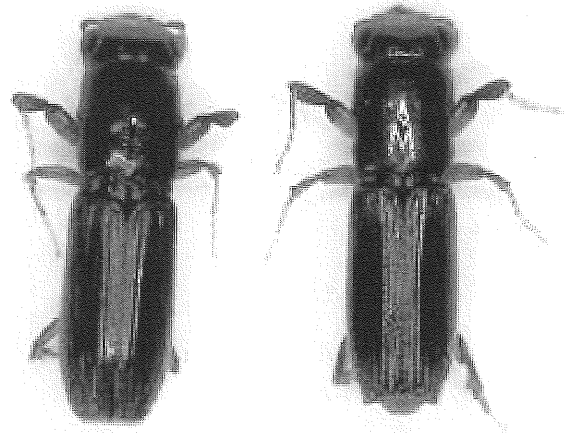


ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 185 9. 2008



社団法人 林業薬剤協会

目 次

カシノナガキクイムシから分離された菌類
衣浦 晴生・高畑 義啓・宮下俊一郎 1

地球温暖化防止と地域産木材の利用.....飯島 泰男 7

新農業紹介

松枯れ防止樹幹注入剤『グリーンガード®・NEO』根津 朝和・松浦 邦昭 14

農薬代替としての働きを持つ木酢液 (1)谷田貝光克 20

● 表紙の写真 ●

カシノナガキクイムシ

上段写真：カシノナガキクイムシ雌雄，左がメス，右がオス

下段写真：中央の玉の集まっている部分がカシノナガキクイムシの胞子貯蔵器官

—衣浦晴生氏提供—

カシノナガキクイムシから分離された菌類

衣浦 晴生*・高畑 義啓**・宮下俊一郎***

I はじめに

ミズナラやコナラなどのナラ類が集団的に枯死していく現象は、ナラ枯れ（ナラ類集団枯死，ブナ科樹木萎凋病）と言われ現在も拡大を続けており，これまでの被害地が日本海側を中心としていたのに対して，近年では太平洋側の県やこれまで被害の少なかった市街地の緑地においても被害が発生するようになってきている。

このナラ枯れはカシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus*：以下，カシナガ) が，通称「ナラ菌」と呼ばれる樹木病原性微生物，*Raffaelea quercivora* を媒介することで発生することが明らかになっている（伊藤ら1998，Kinuura & Kobayashi 2006）。

病原菌を伝搬するカシナガは分類学的にはナガキクイムシ科に属するが，生態的な観点からは「養菌性キクイムシ類」と呼ばれるキクイムシ類の一種で，アンプロシア菌と総称される共生菌を持っており，材そのものを食料とするのではなく自らが持ち込んだ共生菌を孔道内で繁殖させて，それを摂食して生育することが知られている。またこの *Raffaelea* 属の菌は一般に，養菌性キクイムシ類の真の共生菌 (Primary Ambrosia Fungi：主要栄養源である共生菌) として知られている種がほとんどである (Batra 1966, Beaver 1989)。そのため，「カシナガの共生菌でありかつ病原菌である *R. quercivora* をカシナガが媒介」して枯

損現象が発生する，と解説している例も見られる。

しかし，カシナガの胞子貯蔵器官や前胃，孔道などからは酵母類やナラ菌以外のいくつかの菌類も分離されており，これらの菌もカシナガと密接な共生関係にある可能性が考えられる。また *R. quercivora* は菌糸で伸長成長するだけでなく酵母型を示す場合があることから (畑ら 2004)，分離されている酵母は *R. quercivora* と同一なのではないかと指摘する研究者も見られる。このように，カシナガと随伴菌類群との共生関係は十分に明らかにされておらず，カシナガの地理的個体群差と随伴菌類相の関係など，不明な点が多数残されている。また“酵母類”という名称は，球形あるいは楕円形の，一般に出芽によって増殖する単細胞性の真菌類の総称であり，分類学的にどの様な属の菌類がカシナガと関連する菌類なのか，明らかになっていない。

そこでカシナガの成虫の前胃，メス前胸背の *Mycangia*，および幼虫から菌類を分離した結果 (Kinuura 2002) を中心に本種と関連のある菌類を概観して，カシナガに随伴する菌類群の役割を明らかにすること，さらにカシナガの主栄養源となる真の共生菌を特定して *R. quercivora* との異同を示すとともに，カシナガの生活環と随伴菌類相との関係を明らかにすることを目指して研究を行った結果について解説する。

II カシノナガキクイムシ生育段階毎の孔道内および前胃における菌相の変化

1. 材料と方法

成虫から共生菌の分離を行うために，山形県鶴

* 森林総合研究所関西支所
 ** 同所
 *** 同所

KINUURA Haruo
 TAKAHATA Yoshihiro
 MIYASHITA Shun-itiro

岡市のナラ類集団枯死被害発生地をカシナガ採集地とした。カシナガ成虫の生育段階を次のように5つのステージに分けた。前年の秋季にカシナガの穿入によって枯死したミズナラを伐倒して網室に搬入しておき、春季に割材によって得た成虫のなかで、羽化直後の軟弱で白色の時期を未成熟期、完全に褐色になってから脱出するまでを成熟期とした。次に網室内で保存していた材から羽化脱出して飛翔している状態を捕獲した個体を分散期とした。夏季、新たな材に穿入して孔道を形成し始めた成虫のなかで、交尾後雌が卵を生むまでの期間を穿入期、孔道内に幼虫が生育し始めてから以降を生育期とした。

採取したカシナガ成虫は、エタノールとアンチホルミンで殺菌後、実体顕微鏡下で解剖して雌成虫は前胸背の孢子貯蔵器官 Mycangia (図-1 a) と前胃 (図-1 b) を、雄成虫は前胃のみを分離して PDA 培地 25℃ で培養して菌類の同定を行った。

幼虫も同様に体表を殺菌した後、一部の個体は濾紙上を歩行させ排出された糞を採取し、残りは実体顕微鏡下で解剖して腸管を摘出したのち、PDA 培地上で培養し菌類の同定をした。

2. 結果

カシナガ成虫から分離された菌類全体をまとめると、Yeasts (酵母類), *Raffaelea* sp. その他の菌類の3グループに大別され、全体の菌相は、他のキクイムシの比較的単純な菌相 (Kinuura et. al. 1991) よりもさらに単純な構成であった。

雌の前胃からは未成熟成虫期には何も分離されなかったが (図-2), 徐々に Yeasts 類が分離されはじめ、幼虫が生育し始めたころには100%の分離率になった。これらは仮性菌糸や菌糸を形成するが孢子形成をしない不完全酵母類で、発酵能が無い種がほとんどであったが、詳細な種同定は行わなかった。*Raffaelea* sp. は飛翔成

虫期には約40%分離されたが、それ以外の時期には分離されなかった。その他の菌類は常に20%以下の分離率であった。

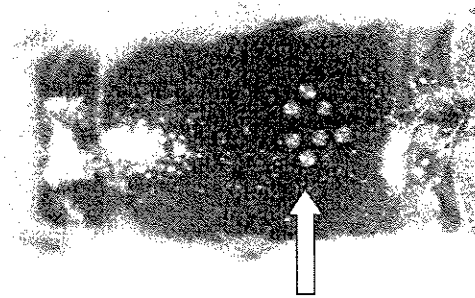


図-1 a. カシノナガキクイムシの孢子貯蔵器官 (Mycangia)

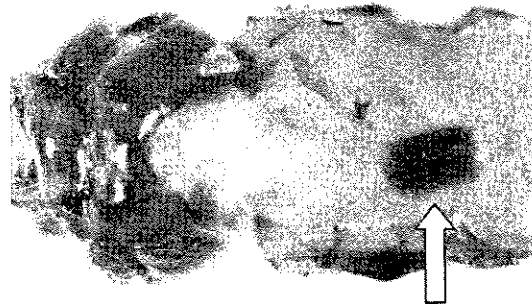


図-1 b. カシノナガキクイムシの前胃

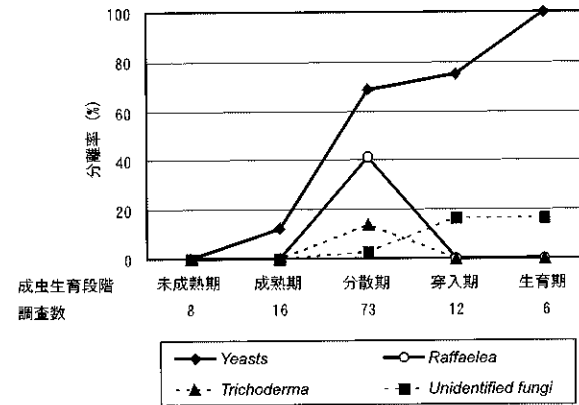


図-2. 雌成虫前胃から分離された菌類

雄の前胃からは羽化後、未成熟成虫時期から継続してほとんど何も分離されなかったが、交尾後雌成虫が産卵し幼虫が生育し始めると Yeasts 類の分離率が100%になった (図-3)。

孢子貯蔵器官からは、未成熟成虫期から飛翔成虫期にかけて Yeasts 類と *Raffaelea* sp. が高い割合で分離されたが、新しい坑道に穿入すると両者とも分離率が低下し、幼虫が生育し始めると Yeasts 類のみが再び7割弱分離されるようになった (図-4)。

幼虫の糞と腸管からは、Yeasts 類と *Raffaelea* sp. がほぼ100%分離された。

3. 考察

a. カシノナガキクイムシの主食

カシナガ孔道からの菌類分離では、幼虫活動期に Yeasts 類と *Raffaelea* sp. が高頻度で分離されている。さらに終令幼虫の腸管や糞からの分離でも、Yeasts 類と *Raffaelea* sp. が分離されたことから、カシナガはこの両者を栄養源として考えられる。しかし幼虫が生育している坑道からは Yeasts 類のみ、もしくは主に Yeasts 類が、それより低い割合で *Raffaelea* sp. が分離されている。また成虫の前胃からは幼虫が生育している時期には Yeasts 類が100%分離され、*Raffaelea* sp. はほとんど分離されなかった。従って、カシナガにとって最も重要で主食として摂取している共生菌は、酵母類であると推察された。

Raffaelea sp. は、養菌性キクイムシのアンブロシア菌として知られているグループであり、他のキクイムシ類の PAF と考えられているグループであるが、カシナガにとっては幼虫のみが副食として摂取している Auxiliary Ambrosia Fungi (副次的共生菌) と考えられた。本菌はまた伊藤ら (1998) によって病原性が確認されているが、カシナガが積極的に病原菌を真のアンブロシア共生菌として運搬しているわけではないと考えられた。

またどの段階でも分離率20%を越えないその他の菌類は、カシナガとは本質的に関連性の低い菌類であると考えられた。

b. メスの Mycangia と菌の獲得時期

蛹から羽化直後の未成熟成虫期において高い率で菌類が分離されたことから、メス成虫が共生菌を獲得する時期は、これまでの他の養菌性キクイムシの結果 (Kinuura et. al, 1991) と同じで未成熟成虫期と考えられたが、分離率は他のキクイムシよりも高かった。これはメス前胸背 Mycangia

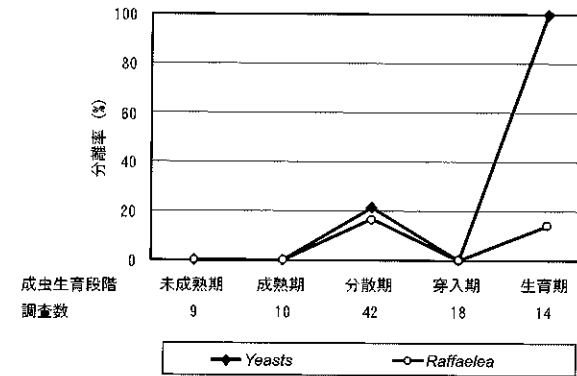


図-3. 雄成虫前胃から分離された菌類

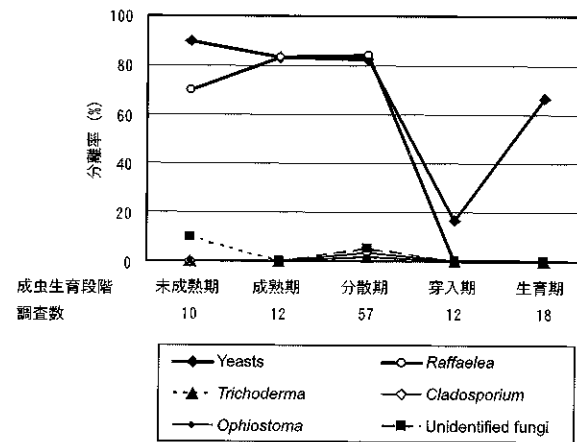


図-4. 雌成虫孢子貯蔵器官から分離された菌類

の開口部は約0.1mmと日本産他種と比べて最大である。そのため中胸背の下に Mycangia のあるクスノオオキクイムシやミカドキクイムシのようなキクイムシ類よりも、菌類が坑道から入りやすいためと推察された。

III 酵母類と Raffaelea 菌の関係

1. カシノナガキクイムシの真の共生菌

前章で、酵母類がカシナガの主食であると考察したが、分類学的にどの様な属の菌類が共生菌なのか、明らかになっていない。しかし近年、産業的に有用な種を中心としてではあるが、酵母類の分類に関して詳細なデータライブラリーが構築され、簡易な同定が可能となってきた。そこでカシナガ前胃の菌類相こそがカシナガが摂取している菌類相であるとしてその菌相を明らかにし、菌類の分離・培養、および DNA レベルでの詳細な分類を試みた。同時に *R. quercivora* との比較も行い、類縁関係を探った。

2. 調査地および調査方法

共生菌の分離試験を行うために、三重県紀伊長島町のカシナガ穿入被害発生地をカシナガ採集地とした。この地域において、アラカシおよびウバメガシの穿入生存木を伐倒し、森林総合研究所関西支所に持ち帰った。これを割材し、カシナガ成虫を採取した。

採取したカシナガ成虫の雌 Mycangia と、雌雄前胃からの菌類の分離方法は、前章同様の手順で行った。

3. 同定方法

形態観察法は、MY (Malt-Yeast extract-Glucose-Peptan) 寒天斜面培地上でコロニーの形状を観察した。また、MY 液体培地で培養し、培地表面の被膜の形成を判定、MY 寒天平板および ME 寒天平板上で、25℃で2-3日間スライド培養を行い、光学顕微鏡により形態を観察し、菌糸・偽菌糸の有無や胞子の形状などを記載した。その他に、MY 液体培地上で25℃で3日間培養

し、光学顕微鏡で形態を観察した。

生理特性・糖類資化性調査法は、①D-glucose の発酵能をダーラム管により判定、②亜硝酸 (KNO₃) の資化性をオキサノグラフ法によって判定、③BIOLOG システムを利用して、各種炭素源の資化性を判定した。

DNA 分析方法では、系統 MY 寒天平板培地上で培養したコロニーから DNA を抽出した後に、①LSU rDNA D1/D2 領域の塩基配列を決定、②塩基配列の相同性から、分離菌株間の異同を判断、③塩基配列の相同性検索で類似度が高いと判定された菌群とともに最大節約法で系統解析を行った。

同定各種実験法や同定に関しては、飯塚・後藤 (1977)、後藤 (1984)、飯塚 (1984)、Barnett et al. (1990)、Kurtzman and Fell (1997) を参照した。

4. 結果と考察

分離された酵母類について

供試したどの培地上でも糸状菌としての生育を示さず、酵母類であると判断された菌株は10菌株あった。DNA の相同性と形態、生理から、この10菌株は少なくとも2種に分類されることが分かった (図-5)。また、*R. quercivora* の酵母状の成育状態と思われる菌株はなかった。

系統解析の結果からは、このうち1種は *Candida* 属と、1種は *Ambrosiozyma* 属と近縁な種であると判定された (図-6)。しかし形態および生

Isolate	YT001	YT003	YT006	YT007	YT008	YT010
菌糸	-	-/少	+++	+++	-	-?
偽菌糸	-	+	+	+	-	+++
被膜	-	-	-	-	-	-
沈渣	+	+	+	+	+	+
混濁	-	-	-	-	-	-
酵母環	+?	+?	+?	+?	+?	+?
芽出胞子	-	+	?	+	+	+
子囊胞子	-	-	+	-	-	-
			2 or 4 /ascus, 山高橋型			

図-5. 分離された酵母菌株毎の形態的特性

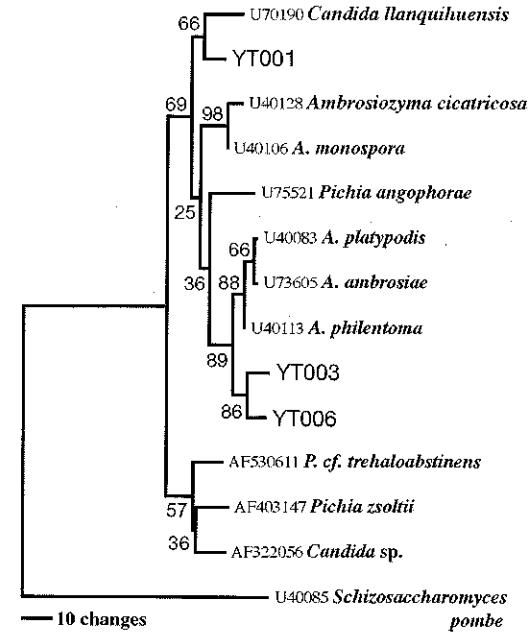


図-6. カシナガ前胃から分離された酵母類の最大節約法による分子系統樹

理的性質に関しては、今回分離された菌株は既知の *Candida* 属菌や *Ambrosiozyma* 属菌と異なる点があった。

以上のことから、今回分離された2種の酵母は、おそらく、それぞれ *Candida* 属および *Ambrosiozyma* 属の未記載種であると考えられた。

今回は2種の樹木から試料を採集したものの、樹種間の酵母菌類相の違いについては検討していない。樹種や産地による酵母菌類相の変化を明らかにするには、より簡便・迅速な同定法が必要となるであろう。この点に関しては、DNA を用いた識別法の整備やデータの蓄積、BIOLOG システムのデータを蓄積によって解決できるのではないかとと思われる。

菌株 YT001, YT002, YT004, YT005, YT009 について、LSU D1/D2 による系統解析の結果からは、これらの5菌株は同一種であり、*Candida* 属に属すると考えられた。

形態および生理についても、*Candida* 属の記載と矛盾していなかった。分子系統解析において

これらの菌株と最も近縁と判定されたのは *C. llanquihuensis* であった。しかし偽菌糸を形成しない点などで *C. llanquihuensis* とは異なる点があった。*C. llanquihuensis* は腐朽した *Nothofagus* から分離された酵母である。樹木組織内に生息する *Candida* 属菌として、系統的にまとまったグループを形成するのかもしれない。

菌株 YT003, YT006, YT007, YT008, YT010 については、LSU D1/D2 による系統解析の結果からは、これらの5菌株は同一種であり、*Ambrosiozyma* 属に属すると考えられた。特に *A. ambrosiae* および *A. cicatricosa*, *A. philentoma*, と近縁であった。しかし生理学的性質についてみると、これらの菌株は KNO₃ を僅かに資化するという点で *A. ambrosiae* および *A. cicatricosa*, *A. philentoma*, とは異なっている (ただし YT003 については、KNO₃ の資化性が認められなかった)。また、D-glucose の発酵能、D-xylose, L-Rhamnose において、これら3種の *Ambrosiozyma* 属酵母とは相違が見られた (図-7)。形態的には、菌糸をほとんど形成せず、偽菌糸を形成した点において *A. cicatricosa* および *A. philentoma* と異なっていた。以上のことから、既知の *Ambrosiozyma* 属酵母には今回分離された酵母と一致するものはなかったと考えられた。

これらの結果から、*R. quercivora* と、これらの酵母類は全く異なるグループであることが明らかとなった。また *R. quercivora* よりも酵母の分離率の方が圧倒的に高かったことから、カシナガは主に酵母を摂食していると考えられた。

摘要

カシノナガキクイムシ成虫の雄雌の前胃、雌前胸背の孢子貯蔵器官から生育段階ごとに菌類を分離した。また幼虫の腸管および糞からも菌類を分離した。その結果、カシノナガキクイムシの主食となる共生菌は Yeasts 類であり、雄成虫は羽化後栄養摂取することなく飛翔・分散し、雌成虫の

A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12
water	acetic acid	formic acid	propionic acid	succinic acid	methyl succinate	L-aspartic acid	L-glutamic acid	L-proline	D-gluconic acid	dextrin	inulin
B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
cellobiose	gentiobiose	maltose	maltotriose	D-melezitose	D-melibiose	palatinose	D-raffinose	stachyose	sucrose	D-trehalose	turanose
C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
N-acetyl-D-glucosamine	-D-glucose	D-galactose	D-psicose	L-sorbose	salicin	D-mannitol	D-sorbitol	D-arabitol	xylitol	glycerol	tween 80
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11	D12
water	fumaric acid	L-malic acid	methyl succinate	bromo succinic acid	L-glutamic acid	-amino butyric acid	-keto-glutaric acid	2-keto-D-gluconic acid	D-gluconic acid	dextrin	inulin
E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12
cellobiose	gentiobiose	maltose	maltotriose	D-melezitose	D-melibiose	palatinose	D-raffinose	stachyose	sucrose	D-trehalose	turanose
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12
N-acetyl-D-glucosamine	-D-glucose	D-galactose	D-psicose	L-rhamnose	L-sorbose	-methylD-glucoside	-methylD-glucoside	amygdalin	arbutin	salicin	
G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11	G12
maltitol	D-mannitol	D-sorbitol	adonitol	D-arabitol	xylitol	-erythritol	glycerol	tween 80	L-arabinose	D-arabinose	D-ribose
H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12
D-xylose	methyl succinate + D-xylose	N-acetyl-L-glutamic acid + D-xylose	quinic acid + D-xylose	D-glucuronic acid	dextrin + D-xylose	a-D-lactose + D-xylose	D-melibiose + D-xylose	D-galactose + D-xylose	m-inositol + D-xylose	1,2-propanediol	acetoin + D-xylose
Oxidation Tests						Assimilation Tests					

図一 7. Duhrum 管による発酵能の検定

飛来後に雌成虫が運搬してきた Yeasts 類を摂食して活動し、雌成虫は Yeasts 類と *R. quercivora* を孢子貯蔵器官に取り込み運搬し、幼虫は Yeasts 類と *R. quercivora* を摂食して生育していると考えられた。

主栄養源と考えられる酵母類の詳細な同定を行ったところ、*Candida* 属および *Ambrosiozyma* 属の未記載種であると考えられ、*R. quercivora* は、これらの酵母類は全く異なるグループであることが明らかとなった。

引用文献

Batra, L. R. (1966) *Ambrosia* fungi: extent of specificity to ambrosia beetles. *Science* 153: 193-195.
 Beaver, R. A. (1989) Insect-fungus relationships in the bark and ambrosia beetles. In *Insect-fungus interactions*. Wilding, N., Collins, N. M., Hammond, P. M. and Webber, J. F. (eds.), 121-143. Academic Press, London.
 畑邦彦・大楠美佐子・竹尾漢治・曾根晃一 (2004) 養

菌性キクイムシ坑道由来の真菌類 *Raffaelea quercivora* 及び *Hormoascus* sp. の液体培地及び寒天培地上における二型性, 九州森林研究, 57: 117-119.

伊藤進一郎・窪野高徳・佐橋憲生・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害に関連する菌類. 日林誌 80: 170-175.

Kinuura, H. (2002) Relative dominance of the mold fungus, *Raffaelea* sp., in the mycangium and proventriculus in relation to adult stages of the oak platypodid beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Journal of Forest Research* 7: 7-12.

Kinuura, H. and Kobayashi, M. (2006) Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool.* 41: 123-128.

Kinuura, H. Hiji, N. and Kanamitsu, K. (1991) Symbiotic fungi associated with the Ambrosia Beetle, *Scolytoptatypus mikado* BLANDFORD (Coleoptera: Scolytidae) -Succession of the Flora and Fungal Phases in the Gallery System and the Mycangium in Relation to the Developmental Stages of the Beetle. *Journal of the Japanese Forestry Society* 73: 197-205.

地球温暖化防止と地域産木材の利用

飯島 泰男*

1. はじめに

本誌から「地球温暖化防止問題に関連した話題」の提供を求められた。送っていただいた資料の中に、平成18年度森林・林業白書の抜粋(本誌 No. 181, 2007.9)が含まれている。

そこで、まずこの記事の背景をおさらいし、さらに筆者がいま進めている「これ」に関する仕事のことを書けば、任を果たすことになるだろう。そう考えることにする。分からない言葉があればインターネットの環境関連サイト(たとえばEIC ネット)を参照していただきたい。

なお、CO₂に関し「貯蔵」「吸収」「固定」「蓄積」といった言葉が使われているが、その意味するところはほぼ同一である。ここでは特に断らない限り、本稿ではすべて「貯蔵」と表現し、値を原則として炭素量で示した。したがってCO₂量に換算するには、この3.67(=44/12)倍にする必要がある。

2. 炭素貯蔵庫としての木材・森林資源

林野庁から公表されている'95年と'02年の森林資源現況総括のデータ('02年3月版は、林野庁HPに掲載)から無立木地を除いた関連部分を抜き出して整理すると、表1の面積と蓄積が得られる。表から、この7年間の間に全森林面積(約2,400万ha)と天然林の蓄積量がほとんど変化していない。これに対し、人工林の蓄積量は25%、年当たり3.2%も増え、しかもその増分の半分以

上がスギであることが分かる。

木材の原材料の大部分はCO₂とH₂Oで、これから太陽エネルギーと葉緑素の働きでまずグルコースができ、さらに生合成の過程を経て木材になる。木材中のC量は木材実質の50%、したがって、表の値を用いて、ある期間中の森林内でのC量の増減を計算することができる。

立木内のC量は以下の式で求めることができる(詳しくは(独)森林総合研究所温暖化対応推進拠点HP参照)。

$$\text{立木内C量} = \text{幹材積} \times \text{拡大係数} \times (1 + \text{地下部・地上部比}) \times \text{容積密度} \times \text{C含有率}$$

ここで、C含有率は先の0.5である。また統計数字は幹材積なので、これに枝・葉(拡大係数)と根(地下部・地上部比)の材積分を加え、さらに容積密度(木材の全乾重量を生材体積で除した値)を乗じて立木の正味重量を求めることになる。

これから、立木内のC貯蔵量はその期間内のC量の増加分として計算できる。筆者による概算結果(表1下欄)では年当たり2,350万トンになる。この数字には森林伐採や植栽などが含まれていることに留意する必要があるが、松本の報告(2001)では1995年時点で2,660万トン、また林野庁の最近のHPでは2,400万トンの吸収とあるから、この概算結果はこれとかなり一致する。

以上の値は京都議定書の達成目標1,300万トンのほぼ2倍である。これを見て「森林の蓄積、炭素貯蔵量が増えてまことに結構！」と喜ぶ方もおられよう。しかし、温室効果ガスの純貯蔵量に算

* 秋田県立大学木材高度加工研究所 IJIMA Yasuo

表1. 日本の森林現況と炭素貯蔵量の概算

面積 (1000ha)	1995年 2002年 年当たり増加分	人工林					天然林	合計	
		針葉樹				広葉樹			
		スギ	ヒノキ	カラマツ	その他				小計
蓄積 (100万m ³)	1995年 2002年 年当たり増加分	1,086 1,336 35.7	387 492 15.0	172 198 3.8	214 268 7.8	1,858 2,295 62.3	28 36 1.1	1,570 1,680 15.6	3,456 4,010 79.1
拡大係数 ¹⁾		1.40	1.40	1.33	1.54	—	1.33	1.44	—
地下部・地上部比 ¹⁾		0.25	0.26	0.29	0.28	—	0.25	0.27	—
容積密度数 (kg/m ³) ¹⁾		314	407	416	377		635	506	
年当たりC貯蔵量 (100万トン)		9.8	4.3	1.0	2.3	17.4	0.5	5.7	23.5

注1)：日本国温室効果ガスインベントリ報告書(2007.5)より引用。拡大係数は20年生以下と21年生以上に対する値の平均値、「その他の針葉樹」「広葉樹」「天然林」に対するそれぞれの値は対応する樹種群に対する単純平均値として計算

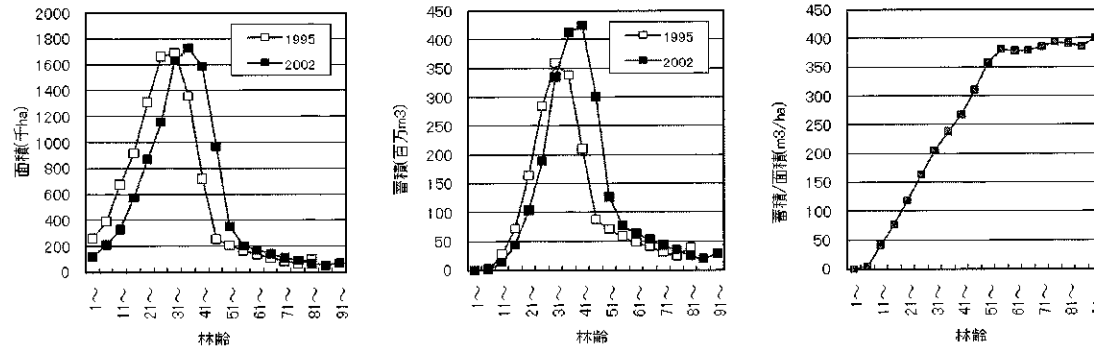


図1. 日本の全針葉樹人工林の状況(林齢別)

入できるのは、1990年以降、森林を適切な状態に保つため、更新(地拵え、地表かきおこし、植栽等)、保育(下刈り、除伐等)、間伐、主伐が行われた育成林などを対象としているため、この数字をそのまま使うわけにはいかない。

加えて、日本の針葉樹人工林の配置は実にいびつである。図1は先の森林資源現況総括のデータから、針葉樹人工林の'95年と'02年それぞれの林齢別の全面積、全蓄積および面積当たりの蓄積量('02年データによる)の分布を示したものである。図から、'95~'02年の間の面積変化はおおむね平

行移動し、'02年時点では31~45年生の部分面積、蓄積ともに突出、これより若い部分の面積が次第に減少していることが分かる。そしてCO₂貯蔵量に参入'90年以降12年間の再造林分は、面積で8万ha(全体の3.5%)、蓄積では0.05%、100万トン程度にしかない。

また面積当たりの蓄積量は50年生までは順調に増加しているが、それ以降の伸びが止まっている。6~50年でのha当たりの蓄積増は年間8m³程度、木材密度を400kg/m³とするとC貯蔵量は2.7トンになる。しかし、この後は徐々に主伐期に移行し、

表2. エネルギーの特性値比較

エネルギー源	CO ₂ 排出量 (a)	エネルギー換算係数 (b)	単位エネルギー当たりのCO ₂ 排出量 (a/b)
電力	0.41kg/kWh ¹⁾	3.60MJ/kWh ²⁾	0.114kg/MJ
灯油	2.5kg/L ¹⁾	36.7MJ/L ²⁾	0.0678kg/MJ
乾燥木材	1.835kg/kg	15.6MJ/kg ³⁾	0.117kg/MJ

1) 環境省総合環境政策局 HP より, 2) ECCJ 省エネルギーセンター HP より,
3) バイオマス情報ヘッドクォーター HP より

伐採量が増加するため、森林全体としての蓄積増は停止、新規のC貯蔵量はほぼ0で推移する。

冒頭に記した林野庁資料の最後には「最新のデータに基づき、現状の水準で森林整備等が推移した場合の試算結果、現在確保できるのは1,190万トンで、今後5年間で毎年20万haの追加的な整備が必要」と記されている。これは現時点で適正に管理された国内の森林が全面積の50%程度に過ぎず、今後5年間で合計100万haの森林整備が必要となる、ということを示している。

以上が我が国における炭素貯蔵庫としての木材・森林資源の現状である。

3. 炭素貯蔵効果からみた木材の利用

つぎに、森林生産物である「木材」とその利用を炭素貯蔵効果の視点から考えてみる。

3.1 木材の生産

まず、'07年度の国内の針葉樹素材生産量(見通し)では1,794万m³である。仮にこれらの材のすべてが41年生以上の人工林分から得られているものと考え、'02年時点でのこの対象林分の総蓄積量は11億9,500万m³、総面積は380万haであるので、幹材を素材にしたときの歩留まりを65%とすれば、蓄積量に対する伐採率は2.3%である。またha当たり200m³の素材生産が可能だとすれば、約24%、90万haの面積が伐採されていることになる。

生産された素材に含まれるC量は年間400万トン程度になる。しかし、京都議定書の第一約束期

間(2008~2012年)の考えでは、立木を伐採し、林地内から搬出された瞬間に「CO₂排出源」としてカウントされてしまう。木材は、いずれは燃焼・腐朽によって分解され、CO₂とH₂Oに戻ってしまうわけであるから、そのような状況にならないように、いかに長期的に使っても、C貯蔵量増加には直接の寄与はない、ということである。

3.2 木材のエネルギー化

木材をエネルギー源としてみるとどうなるであろう。現在、LCA解析におけるエネルギー関連の資料をまとめると表2が得られる。この結果からみると、乾燥木材をエネルギー源とした場合、単位エネルギー当たりのCO₂排出量は、必ずしも「環境にやさしい」わけではない。

しかし、第一約束期間の考えにしがたえば、伐出された材をエネルギー源として利用しても、CO₂増加の対象とならない。つまり、木材をエネルギー化し、電力や石油系エネルギーと置換すれば、その分CO₂排出量が削減できる、ということになる。いわゆる「カーボンニュートラル」の原理である。現在、木質バイオマスのエネルギー利用について注目が集まり、各種の試みが行われている理由はここにある。

3.3 土木・建築物への適用

2013年以降には、フルカーボン・アカウンティング・システム(全ての炭素プールにおける炭素貯蔵変化を完全にカウントする、すなわち木材を固形物の段階ではC貯蔵物、それが廃棄・エネルギー化された時点で「CO₂排出源」になるという

表3. 建築用材料の特性値比較

材料	C排出量 ¹⁾ kg/トン	圧縮長期許容 応力度 N/mm ²	密度 kg/m ³	単位耐力当たりの 重量	単位耐力当たりの C排出量
	(a)	(b)	(c)	(c) / (b)	(a) (c) / (b)
スギ集成材 E75-F240	283	6.3	350	55.6	15.7
鋼材 SS400	700 [504] ²⁾	155	7,800	50.3	35.2 [25.4] ²⁾
コンクリート FC240	50	7.8	2,500	320.5	16.0

1) 岡崎・大熊 (木材工業 vol.53, No.4, 1998). 2) 回収率35%, 回収・再加工のためのエネルギーは鉄鉱石からの20%と仮定

考え)が導入される可能性が高い。IPCC ガイドラインでは「蓄積変化法」「生産法」「大気フロー法」の3手法が提案されている。

ここでは「国際間で輸出入された木材」の取り扱いが最大の問題である。とくに海外から大量に木材を輸入しているわが国では、国内にストックされている木材量とそれが廃棄された時に排出されるCO₂量がどのように評価されるか、によって大きな影響を受けることになる。詳しくは文献(外崎, 2006)を参照されたい。

いずれにしても、話しはこれまでとはずいぶん変わってくる。そこで木材をCの貯蔵物として長期間使用している状態である土木・建築用材料に対する視点が重要になる。

一般に、建設用木材を製造するとき、他材料に比べてエネルギー消費が少ないとは言われている。LCA 解析における材料関連のCO₂排出量の原単位は環境省 HP では、鋼材1.2~1.3kg/kg, ボルトランドセメント0.75kg/kg, 木材0.1kg/kgとなっているものの、上記の数字では単純な比較が難しい。そこで、岡崎・大熊(1998)の報告をもとに、実用に供される建設用材料について特性値の比較を行ってみよう。この結果を表3に示す。

表の最右欄「単位耐力当たりのC排出量」、すなわち、ある一定の耐力を確保するために必要な材料を製造するときのC排出量と比較すると、コンクリートと木材がほぼ同等、鋼材はその約2倍となる。この点ではコンクリートと木材にはそれほど差はない。しかし、木材密度がコンクリート

の15~20%しかないということは、構造物の支持部の設計、輸送、架設の点では木材の方がはるかに有利であり、これに要するエネルギーを加算すれば、トータルのC排出量はコンクリートよりも少なくなる可能性は大きいことが予想される。しかし、木材の製造時や輸送時のエネルギー消費に関する情報はまだ不十分であり、我々もそれらに関するデータを収集しているところである。この点を次項に述べる。

4. 進行中のプロジェクト

4.1 プロジェクトの概要

研究所では文部科学省「都市エリア産学官連携促進事業」が行われている。平成15~17年度の3年間はその「連携基盤整備型」が行われ、平成18年度から「一般型」が3年間の計画で現在進行中である。

本事業の趣旨は文部科学省 HP を参照してほしいが、要するにある特定の地域(都市エリア)で、大学等の「知恵」を活用し新技術シーズを生み出し、新規事業等の創出、研究開発型の地域産業の育成等を目指し、産学官連携事業の促進を図るものである。

秋田県では平成15年度、この連携基盤整備型(特定領域:環境)で、さらに平成18年度はその一般型に「秋田スギの利活用技術開発及び木質バイオマスの総合利用技術開発による“親環境”木材産業の形成」でそれぞれ提案・採択され、本研究所がその中核研究機関となった。

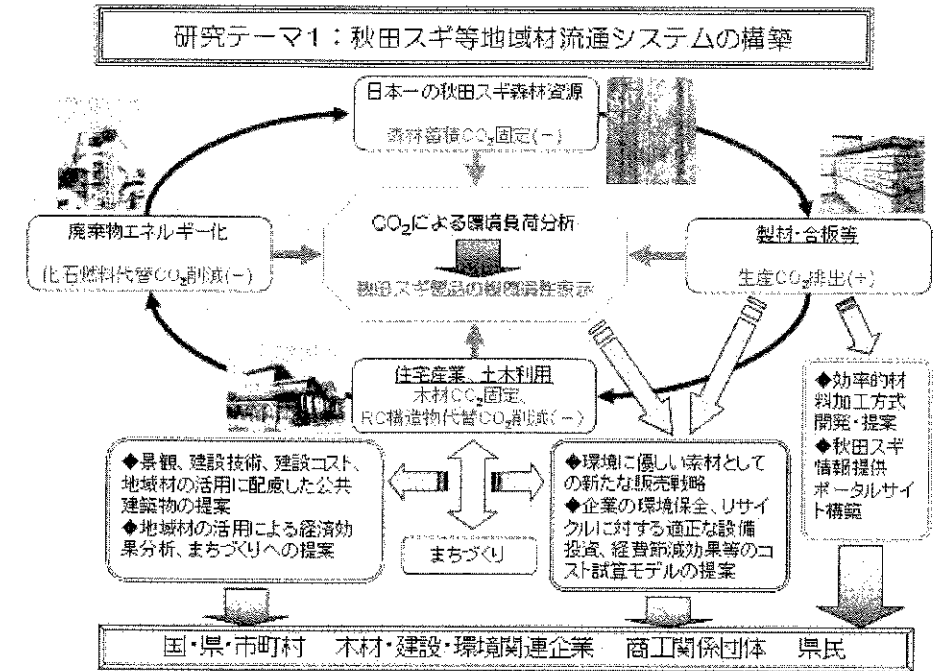


図2. プロジェクト研究の概要

現在進行中の「一般型」では「連携基盤整備型」で得られた成果と産学官連携組織を基礎に、木材に特化し、企業化に結びつけられるような共同研究を中心とした取組を進めている。

このときの計画に当たって、特に重視したのが、いわばソフト的な研究テーマである「秋田スギ等地域材流通システムの構築」である。

秋田県は森林面積821千ha、森林蓄積は1億5千万m³、うちスギ人工林が面積の45%、蓄積の52%を占め、スギ人工林は面積、蓄積ともに、全国一となっている。しかし、長期の需要低迷で県産材の需要が縮小し、さらに結果として、森林への経済的還元がきわめて少なくなっており、間伐等の適切な管理が行われにくくなっている。

地域産木材の利活用は木材産業の活性化にとどまらず、C貯蔵源である森林の適正化に寄与できるものである。しかし、産業が活性化すると、同時に製造時の使用エネルギーも増加するわけで、CO₂の収支バランスを予め押さえておく必要があ

るわけである。本テーマでは、この観点に立って、主に秋田スギを対象とし、秋田県内における森林資源の現状把握と木材循環上の課題及び木質系材料の複雑な生産段階の環境負荷を明らかにし、さらに地域環境に寄与する材料としての評価も含めた指標の提示を目指している。

全体の枠組みは図2のようであり、本研究所・東京大学大学院新領域創成科学研究科清家研究室・秋田県立大学建築環境システム学科板垣研究室との共同研究を行っている。以下、この研究で分かったことのうち本稿のテーマに関連する結果を以下に示す。

4.2 木材のマテリアルフローとLCA

地場産材型住宅および秋田県内で生産された木質系建材のほぼ半量の出荷先となる首都圏での住宅の施工段階以降の木質系建材のマテリアルフローに関わる調査を実施。また、北欧材を対象に、日本のプレファブメーカー現地工場、同メーカーの

表4. 2007年度調査の結果

	原材料 生産地	施工地	各生産段階におけるCO ₂ 排出量 (kg-C/m ³)								
			伐採	原木 輸送	製材	乾燥	製材品 輸送	再加工	加工製 品輸送	施工	合計
輸入材利用型 A	北欧	首都圏	1.1	1.4	3.3	9.7	25.6	12.8	1.9	4.6	60.5
輸入材利用型 B	北欧	首都圏	1.1	4.4	3.3	9.7	23.5	4.4	0.5	10.6	57.5
地場産材型	秋田県内	秋田県内	6.0	1.9	13.6	16.7	0.8	2.2	5.5	2.5	49.1
首都圏利用型	秋田県内	首都圏	6.0	1.6	12.1	21.4	6.8	3.0	0.5	1.9	53.5

日本工場の調査からの輸入建材のマテリアルフローの全体像を明らかにし、そのLCA的観点からの分析を行った。なお、以上の考え方および計算手法についてはウッドマイルズ研究会のウェブサイトには多くの情報が掲載されている。

この結果は2008年度の日本建築学会で発表予定であるが、この結果を総括して示すと表4のようになる。木造住宅の立木伐採から施工に至るまでの木質系材料に関わる全CO₂排出量はC量換算で50~60kg/m³であり、これを木材使用量0.2m³/m²とし、136m²あたりに換算すると1,360~1,630kgのC排出量で、既往の試算結果1,542kg(岡崎ら1998)とよく一致する。

しかし、いわゆる「地場産材型」と「首都圏利用型」「輸入材利用型 A, B」の全CO₂排出量を単純に比較してみると、「首都圏利用型」は「地場産材型」の1割増、「輸入材利用型」では意外にも2割増にしかっていない。この計算結果を見ると、製材・乾燥段階、製材品輸送段階、再加工段階において排出量に顕著な差があることが分かる。

とくに製材・乾燥における排出量は「地場産材型」「首都圏利用型」が「輸入材利用型」の2倍以上になっている。これは国内生産型では乾燥工程に化石燃料を用いたボイラーを使用、これが排出量の大きさにつながったため、逆に北欧生産型では使用電力および乾燥用熱が隣接するバイオマス発電所から供給されており、エネルギー原単位が極めて低く設定されていることが主因である。

製材品輸送段階では北欧からは2万km以上の海上輸送であるため、この値が突出して大きいことは容易に想像がつくであろう。

4.3 県内建築業界の実態および意識

県内建築業界の地域産材利用の実態および意識について、148社から得られたアンケート調査をもとにいくつかの分析を行った。

結果では、「今後、積極的に地域産材を活用していきたいか」との設問に対しては「積極的利用」51%、「積極的利用のうえで解決すべき課題がある」43%、「優先して利用していくつもりはない」6%、また「木材利用推進による環境負荷影響の認識」では「軽減される」43%、「効果は少ない」27%、「効果なし・負荷増加」15%、さらに「地域産木造住宅建設推進のメリット」としては83%が「地域産業活性化」を挙げ、以下「運搬エネルギー軽減」34%、「自然との共存」29%、「廃棄材利用」「地域間格差是正」「自然災害軽減」がそれぞれ10%前後、「考えたことがない」は6%であった。

以上から、全体として地域産材利用には前向きで、それが何らかの環境負荷の軽減やメリットにつながっている、と認識している事業所が大半であることが分かった。

一方、地域産材であるスギ製材は梁桁材として48%、柱材として54%の住宅に採用されていたが、県内の70%を占めるプレカット材使用住宅での採用率は明らかに減少していた。このことは、地域産材の需要を高めるためには、地域産材利用意識

度の向上のみならず、プレカット用材として必要な品質保証および供給・価格の安定化のシステム整備が急務であることを示している。

5. おわりに

森林の炭素貯蔵の現状、木材利用による効果および本研究所で現在進行中の関連プロジェクトについて述べた。

現在進行中のプロジェクトは本年度が最終年度であり、このなかで木質系材料の生産と利用に伴う環境負荷の正確な把握に加えて、森林の「CO₂固定機能」や産業活性化の観点からの研究を計画している。とくに木材製品生産時のCO₂排出削減のためには乾燥工程で廃材や天然エネルギーの採用が効果的と思われるため、この導入の効果を生産コストとの関連を考慮に入れて実証する。また、これらの結果を総合して循環環境評価のためのモデルを提案し、事業で作成されたウェブサイト『秋田 杉の王国 (<http://www.akitasugi.com/>)』上で積極的に情報発信する。これらによって地域産材の利用を推進し、地球温暖化防止に結び付

けていきたい。

文 献

- 松本光朗：日本の森林による炭素蓄積量と炭素吸収量，森林科学 No. 33 (2001) pp. 30-36
- 外崎真理雄：木材利用の環境的意義とエネルギー利用のあり方，季報 エネルギー総合工学 Vol. 29 No. 2 (2006)
- 岡崎泰男，大熊幹章：炭素ストック，CO₂放出の観点から見た木造住宅建設の評価，木材工業53(4)，161-165 (1998)
- 飯島泰男，川鍋重衣子，吉田安孝：秋田県の木造住宅における地域産材利用実態の分析 (1) 工法・使用材料および乾燥材の取り扱い，木材工業 (投稿中)
- 秋田典子，伊吹美佳，山田峻三，清家剛，川鍋重衣子，飯島泰男：木質系建材の環境評価のための基礎研究——その5. 木造住宅生産工程のLCCO₂計算結果の比較——，2008年日本建築学会大会梗概集 (投稿中)

以上のほかに、環境省、林野庁、森林総合研究所、EIC ネット、ウッドマイルズ研究会等のウェブサイトには多数のデータが公開されている。

「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。)

松枯れ防止樹幹注入剤『グリーンガード®・NEO』

根津 朝和*・松浦 邦昭**

1. はじめに

日本の松に激甚な被害を与えてきた松の集団枯死は、マツノザイセンチュウを病原体とする伝染病が原因であることが解明され、それにマツ材線虫病と名づけられていることは皆様先刻ご承知のことと思います。そのマツノザイセンチュウを防除する資材として樹幹注入剤「グリーンガード」がファイザー株式会社より上市されたのは昭和57年のことです。その後、昭和61年には「グリーンガード・エイト」も発売されました。以来両薬剤は市場で高い評価をいただき25年以上にわたって日本の松をマツノザイセンチュウによる発病・枯損から守ることに貢献してきています。

ところで、これらの剤の有効成分酒石酸モランテルは、環状アミジン系寄生虫駆除剤に属し、1966年に人及び動物の駆虫剤として開発されました。マツノザイセンチュウに対する防除効果が試験されたのは、マツノザイセンチュウも動物寄生虫も同じ線虫であるからとの発想によるのですが、幸い高い防除効果が明らかになったのです。高い防除効果が得られた要因として、酒石酸モランテルの高い殺線虫性能に加え、水溶性が高く松樹体各部への移行・分散性に優れていて、松の枝先まで十分に有効成分が行き渡る特性が得られるためです。

このたび酒石酸モランテルの新たな製剤である「グリーンガード・NEO」が上市されました。これまで、本誌に「グリーンガード」「グリーンガード・

エイト」が取り上げられてこなかったこともあり、これまでの製剤と合わせて、本誌面をお借りしてその紹介をさせていただきます。

2. 名称・成分・性状

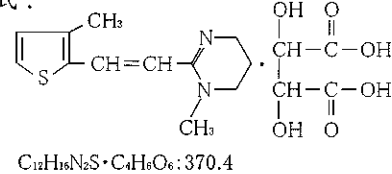
商 品 名：グリーンガード・NEO

農薬登録番号：第22028号

農薬の種類：酒石酸モランテル液剤

有効成分：トランス-1,4,5,6-テトラヒドロ-1-メチル-2-[2-(3-メチル-2-チエニル)ピリジン]ピリジン酒石酸塩
.....20.0%

構 造 式：



その他成分：水、有機溶剤

剤型・包装：90mL×10本入、90mL×50本入

3. グリーンガード・NEOの特徴

本剤の有効成分である酒石酸モランテルは「グリーンガード」、「グリーンガード・エイト」と同じで、もともと動物駆虫剤であることから人畜毒性が低いことが第一の特長といえます。新しい製剤であるグリーンガード・NEOのマツノザイセンチュウに対する防除効果については、平成16年度から(社)林業薬剤協会を通じて公的試験研究機関で薬効・薬害試験と持続効果試験が実施されました。その結果、マツノザイセンチュウに対する防除効果の4年間の持続が確認されました。その試験結

果に基づき農薬登録申請、記載事項変更届を行い、平成19年10月17日付けで農薬登録（農林水産省登録 第22028号）および、平成20年4月10日付けで使用方法の一部変更（4年間の持続効果）が受理されました。

本剤はまた、有効成分の濃度が高く1容器あたりの有効成分量は同じでも容量は90mlとこれまでの製剤に比べ少なくなっており、持ち運び易いのが特長です。

4. グリーンガード・NEOの安全性

グリーンガード・NEOの有効成分である酒石酸モランテルは、人畜毒性、水棲動物に対する毒性、ともに低いことが確認されています。現在市販されている樹幹注入剤で唯一原体・製剤ともに急性毒性「普通物」、魚毒性「A類」指定です。

4.1. 『酒石酸モランテル』の人畜に対する安全性

毒劇物：指定なし（普通物）

急性毒性値

経口 ラット

LD50 ♂655mg/kg ♀600mg/kg

マウス

LD50 ♂330mg/kg ♀320mg/kg

経皮 ラット

LD50 ♂>5000mg/kg ♀>5000mg/kg

マウス

LD50 ♂>5000mg/kg ♀>5000mg/kg

4.2. 『酒石酸モランテル』の水棲動物に対する安全性

魚毒性：A類

魚毒性値

コイ 48時間 TLm >2000ppm

ミジンコ 24時間 TLm 5600ppm

5. 使用方法

グリーンガード・NEOの使用基準（適用範囲及び使用方法）は、表-1の通りです。以下、使用方法・注意点などを具体的に説明します。

5.1. 使用対象となる松と適用病害虫

本剤はマツ材線虫病への感染を予防する目的で使用されるため、健全な松が使用対象となります。マツノザイセンチュウに感染している松を治療する効果はありませんので、ポンチによる樹皮穴あけ（小田式健康診断）法等で健全な松かどうか診断してください。

また本剤は、マツノザイセンチュウの、松樹体内への侵入による松樹への加害を防ぎ、発病を防ぐものであって、伝播者であるマツノマダラカミキリに対しては防除効果はありません。

表-1 グリーンガード・NEOの適用病害虫と使用方法

作物名	適用病害虫名	使用量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	酒石酸モランテルを含む農薬の総使用回数
まつ (生立木)	マツノザイセンチュウ	胸高直径（樹幹部）		マツノマダラカミキリ成虫発生3ヵ月前まで	1回	樹幹注入
		10~15cm	90mL			
		15~20cm	135mL			
		20~25cm	180~270mL			
		25~30cm	270~360mL			
		30~35cm	360~450mL			
		35~40cm	450~540mL			
40cm以上は直径5cm増すごとに45~135mLを順次増量。						
					1回	

* ファイザー株式会社

NEZU Tomokazu

** 同所

MATSUURA Kumiaki

5.2. 使用量

本剤の使用量は表一1の通り、樹幹部の胸高直径に応じて決定します。ただし、胸高直径が40cmを超える大径木は、胸高直径に対して材積量が急激に増加しますので、必要に応じて増量して使用してください。

本剤の使用量は自然生立木の材積量を基準としています。庭園の松、剪定管理されている松は、胸高直径に比べ材積量が少ないことから、表一1の使用量では樹体内の薬剤濃度が高くなり一部針葉の黄化のおそれがあります。

また、樹形矯正をされた松では樹体内の樹液流動に偏りがあることが考えられるため、薬剤濃度の偏りが起こり、一部針葉の黄化が発生する可能性があります。

これらの松には使用をお奨めしていませんが、所有者、施主の希望などで使用される場合には専門技術者にご相談の上、慎重に対処してください。

5.3. 使用時期・時間

本剤の有効成分がマツ材線虫病感染部位の松枝先に分散するのに必要な期間は、樹齢や樹勢で異なりますがおおむね注入後3ヶ月の時間を要します。そのため、マツ材線虫病の感染時期であるマツノマダラカミキリ成虫発生時期の3ヶ月前までに使用することが重要です。逆算すると6月初めにマツノマダラカミキリの発生が予測される場合には3月初めまでに処理する必要があります。

なお例えば、温暖な時期（春から秋にかけて）は、松樹脂の分泌が旺盛で樹脂によって薬液が押し戻されるいわゆる吸入障害を起こしやすくなりますので、寒冷な時期（晩秋、冬期、早春）に使用されることをお奨めします。

また、使用当日の天候は晴天が良く、一日の中では、気孔が開き蒸散が活発で樹幹に陰圧が生じる午前が使用に適しているといえます。以上を総合すると、冬の晴天の午前中となります。

5.4. 使用上の注意事項

以下に、使用上の注意点をいくつかまとめます。

- 1) 本剤注入後のマツノザイセンチュウに対する効果の持続期間は通常4年間ですが、樹齢、樹勢、生育場所、気象などの各種条件によって変動いたします。再注入時期については専門技術者にご相談の上決定されることをお奨めします。
- 2) 薬剤注入孔は、直径6.5mmの木工用ドリル刃を用いて、地上0.5~1m程度の樹幹部に斜め下方に向け、胸高直径に応じて深さ4~9cm程度の孔を、ささくれが生じないようにきれいに穴をあけてください。ささくれがあると、注入時に薬液が形成層へしみ込み、いわゆる注入傷害が起こる原因となります。
- 3) 薬剤注入方法には自然圧注入と専用の器具を使用して行う加圧注入の2種類があります。専門技術者の指導の下、それぞれの手順に従い実施してください。
- 4) 注入完了までの時間は、自然圧注入では通常3~6時間、加圧注入では通常1~2時間程度になります。
- 5) 注入後の容器は速やかに回収し、環境に影響のないよう適切に処理してください。
- 6) 薬剤注入孔は、注入完了後必ずカットパスター等でふさいでください。その時、それらの修復資材を形成層に当たらないようにしてください。そうしないと注入穴の修復が遅れます。穴を修復資材でふさぐのは、雨水の浸入で腐朽が起こるのを防ぐためです。
- 7) 本剤の使用に当たっては、必ずラベルをよく読み、使用量、使用時期、使用方法に注意してください。
- 8) 初めて使用する場合は林業技術者など専門技術者の指導を受けてください。

6. 防除効果試験

6.1. 防除効果試験（林業薬剤協会委託）

林業研究指導機関への委託試験として平成16年

表一2 グリンガード・NEO 持続効果判定試験の概要

試験地		静岡県		石川県		熊本県	
供試松本数		11		14		14	
樹種		アカマツ		クロマツ		アカマツ	
平均 DBH (cm)		20.2		17.4		29.9	
薬剤処理年月日		平成16年2月27日		平成16年3月3日		平成16年3月8日	
線虫接種 年月日	無処理 松本数	平成16年7月9日	10	平成16年7月12日	10	平成16年7月21日	10
		平成17年7月20日	10	平成17年7月22日	10	平成17年7月7日	10
		平成18年7月19日	10	平成18年7月3日	12	平成18年7月5日	10
		平成19年7月9日	10	平成19年7月13日	14	平成19年7月5日	10



図一1 試験状況写真 マツノザイセンチュウ接種状況

から平成19年の4年間にかけて、静岡県、石川県、熊本県にて防除効果の持続性試験が実施されました。また、今回記載されていませんが、平成17年から静岡県、石川県、鹿児島県で同様の試験を実施しています。

倍量薬剤注入試験は石川県、滋賀県の林業研究指導機関にて実施されました。

6.1.1. 試験方法

各試験地の薬剤処理木及び無処理木の概要を表一2に示します。試験は以下の方法で行いました。

薬剤処理：平成16年2月または3月にグリンガード・NEOの標準使用量を試験対象木に注入しました。

線虫接種：平成19年まで毎年各年7月に薬剤処理木および無処理木の地上約6mの樹幹にドリルで穴を開け、マツノザイセンチュウ（森林総研から配布された強病原性アイソレート Ka-4）をマツ1本当たり約30,000頭接種しました（図一1）。

効果判定：9月に中間判定、11月に最終判定をそれぞれ樹脂流出量の判別及び外見観察にて行いました。さらに、異常木、枯死木からはマツノザイセンチュウを再分離し、枯死原因を確認しました。

6.1.2. 結果

試験結果を表一3に示します。

薬剤無処理区においては各試験地、各年も90%以上が枯死し、枯死木からはマツノザイセンチュウ

表-3 持続効果判定試験 結果総括表

試験地	グリーンガード NEO	1年目			2年目			3年目			4年目		
		供試 本数	枯死木		供試 本数	枯死木		供試 本数	枯死木		供試 本数	枯死木	
			線虫	その他		線虫	その他		線虫	その他		線虫	その他
石川県	薬剤処理	14	0	0	14	0	0	14	0	0	14	0	0
	無処理	10	10	0	10	8	0	12	10	0	14	12	0
静岡県	薬剤処理	11	0	0	11	0	0	11	0	0	11	0	0
	無処理	10	10	0	10	9	0	10	8	2	10	6	2
熊本県	薬剤処理	14	0	1	13	0	0	11	0	0	11	0	0
	無処理	10	7	2	10	8	0	10	10	0	10	10	0

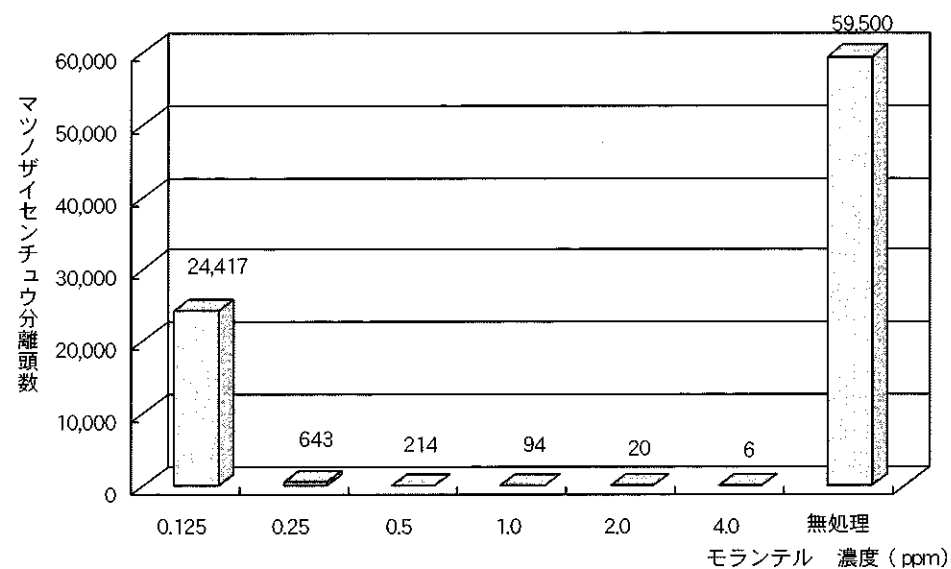


図-2 マツノザイセンチュウの増殖阻止効果

ウが再分離されました。

4年間の持続効果試験を実施した3試験地のいずれにおいても、試験開始時の薬剤供試木が4年間90%以上生存していました(熊本県の2年目から3年目で供試本数が2本減少していますが誤伐によるものです)。この結果から「4年間の持続効果あり」との評価を得ました。

6.1.3. 倍量薬剤注入(薬害)試験結果

石川県、滋賀県で実施された倍量薬剤注入試験において、薬剤処理木の針葉の変色はなく、注入

孔周辺の樹皮等への障害も認められず、使用の安全性が高いことが確認されました。

6.2. マツノザイセンチュウ増殖抑制効果

6.2.1. 試験方法

モランテルを0.125ppm~4ppmの所定濃度及びモランテル無添加の培地上で、ボトリティス菌を繁殖させた上で、マツノザイセンチュウを各100頭接種して、27℃で10日間培養した後、菌そう上で増殖したマツノザイセンチュウ検出、計数しま

表-4 静岡県、石川県試験地におけるグリーンガード・NEO処理4年目の松樹冠枝部モランテル濃度分布(ppm)

樹木No.	静岡県			石川県		
	206	210	215	706	724	726
上部平均	1.3	4.7	2.1	1.9	3.0	3.7
中部平均	1.2	5.7	2.9	0.6	1.9	1.2
下部平均	2.9	3.3	0.4	9.7	1.8	0.3
供試木平均	1.8	4.6	1.8	4.1	2.2	2.1
試験地別平均	2.7			2.8		
平均	2.8					

した。

6.2.2. 結果

モランテルは濃度0.25ppm以上でマツノザイセンチュウの増殖を強く抑制しました。また、1.0ppm以上では、接種時よりマツノザイセンチュウが減少しました(図-2)。

6.3. 処理4年目の松樹体内有効成分濃度

持続効果試験において、グリーンガード・NEO処理4年目の持続効果を判定するための参考資料として、松樹冠枝部での有効成分濃度を分析しました。

6.3.1. 試験方法

試験は以下の方法で行いました。

持続効果判定試験の静岡県、石川県の2試験地の薬剤処理木からそれぞれ3本の供試木を選びました。

薬剤処理後4年目の上、中、下部の樹冠高さにおいて、異なる4方向の枝の先端部を採取し、それぞれの枝に含まれるモランテル濃度を高速液体クロマトグラフィー(検出限界:0.1ppm)を用いて検出しました。

6.3.2. 結果

結果を表-4に示します。

全ての供試木及び樹冠高さの枝からモランテルが検出されました。

濃度分析の結果、いずれの供試木及び樹冠高さにおいても、0.3ppm以上のモランテルが分布していました。この濃度は、前述のマツノザイセンチュウの増殖抑制試験で、マツノザイセンチュウの増殖を強く抑制する効果を得た濃度より高い水準となっております。このことは、グリーンガード・NEOのマツノザイセンチュウ防除効果が4年間持続したと矛盾しない結果と言えます。

謝辞

本剤の防除効果及び継続効果を評価するに当たり、ご指導ご協力を賜りました各県林業試験研究機関、(社)林業薬剤協会の皆様に深く感謝申し上げます。

参考文献

社団法人林業薬剤協会 林業薬剤等試験成績報告集(平成16,17,18,19年度)

農薬代替としての働きを持つ木酢液 (1)

— 谷田貝光克*

1. はじめに

木酢液は古くから地域的に土壌消毒、作物や園芸植物などの病害虫防除、作物の成長促進・増収、小動物の忌避、悪臭の消臭などに使われてきた。最近ではホームセンターなどの店頭でも木酢液はよく見かけるようになってきた。地域的に使われてきた木酢液の利用が広く普及しつつあるのが現状である。ここでは、木酢液の病原菌や作物などに対する働きの研究例をご紹介します。木酢液の農薬代替としての可能性を探る。

2. 木酢液とは

木質系材料を炭化したときに排出される煙を煙突で空気冷却すると液体が得られる。この液体は通常、三層に分かれる。最下層は、黒褐色粘ちょう性の液体でこれは木タールである。最上層には薄い油膜ができるがこれは揮発性の精油分や木タールのうちの比重の軽い化合物の混合物であり、軽質油と呼ばれる。炭焼きで得られる軽質油は量的に大変少なく、通常無視できる程度の量である。中層には、黄茶色ないし赤褐色の液体が得られる。これが木酢液である (図1)。炭化直後に得られるこの木酢液は粗木酢液と呼ばれ、炭化後、3ヶ月以上静置した木酢液と区別されている。中層の粗木酢液を数ヶ月静置すると沈殿物や器壁に付着物が生じる。これは木酢液含有物が重合、酸化、付加などの反応を起こして不溶物となったためである。静置はこのような反応を進行させ、安定な

木酢液にすることを目的として行われる。木酢液関連団体の集まりである木酢液認証協議会が認定している木酢液の規格には、粗木酢液を3ヶ月以上静置することを義務づけている。この規格についてはホームページに掲載されているので参照されたい¹⁾。最近では木酢液だけでなく竹を炭化した際に得られる竹酢液や、モミガラを炭化して得られるモミ酢液など、バイオマスの利活用が盛んになるにつれ、多様な植物資源を炭化して得られる酢液が利用されている。これらの酢液は基本的に酢酸などの酸類が主成分を占め酸性を示し、ほかにフェノール類などを含んでいる。

3. 木酢液の効能

1) 土壌消毒に威力を発揮する木酢液

ムギの病気としてムギ萎縮病があるが、ムギ萎縮病病土に木酢液を散布し、ムギ萎縮病の防除に木酢液が効果があることが報告されている²⁾。

ガラス室内および圃場において、コムギ縞萎縮病、オオムギ縞萎縮病汚染土壌に木酢液を散布し、

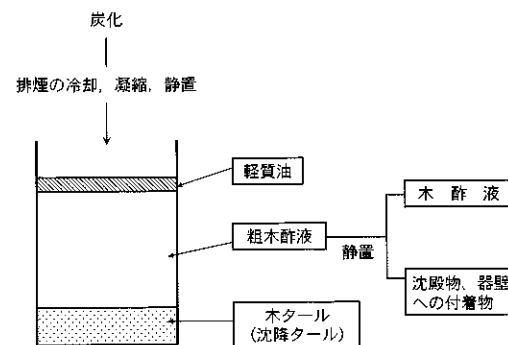


図1 木酢液と木タール

* 秋田県立大学木材高度加工研究所 YATAGAI Mituyoshi

その後の感染植物数が測定された。30×60×30 cmの木箱に約4 cmの厚さに病土を敷き詰め、それぞれの希釈倍数の木酢液を1.5リットルまんべんなくジョウロで散布して実験は行われた。その結果、良好な汚染防除効果が観察され、木酢液4倍区、8倍区では対照よりもよい生育状態を示した (表1, 2)。さらに、オオムギ縞萎縮病汚染土壌の圃場では雑草の生育も大幅に抑制された (表3)。

コムギ縞萎縮病、オオムギ縞萎縮病汚染土壌に木酢液、あるいは木酢液と同一 pH に調整した酢酸を散布して行なったガラス室内での実験では、酢酸では木酢液ほどの防除効果は得られず、また、

表1 コムギ縞萎縮病病土に対する木酢液および酢酸散布の影響 (ガラス室内)

散布液 希釈倍数	実験結果			
	木酢液		酢酸	
	植物数*	生育状態	植物数*	生育状態
原液	0/164	++	25/172	+
2倍	0/176	+	29/191	++
4倍	10/180	+++	30/167	++
8倍	10/192	+++	44/182	++
16倍	22/177	++	33/155	++
対照***	63/168	++	-	-

* 感染植物数/供試植物数, 散布日: 24-XI-1958, 播種日: 29-XI-1958.

** 発芽不良のため木酢原液区のみ15-XII-1958に播種し直したものを。

*** 水道水 (pH5.6) のみを同量散布。

表2 オオムギ縞萎縮病病土に対する木酢液および酢酸散布の影響 (ガラス室内)

散布液 希釈倍数	実験結果			
	木酢液		酢酸	
	植物数*	生育状態	植物数*	生育状態
原液	0/122	++	13/174	+
2倍	0/148	+	13/151	++
4倍	11/166	+++	30/162	++
8倍	9/153	+++	44/180	++
16倍	17/155	++	30/171	++
対照***	48/160	++	-	-

* 感染植物数/供試植物数, 散布日: 24-XI-1958, 播種日: 29-XI-1958.

** 発芽不良のため木酢原液区のみ15-XII-1958に播種し直したものを。

*** 水道水 (pH5.6) のみを同量散布。

生育状態も木酢液散布の場合ほど良好ではなかったことから、単なる pH の影響によるものではなく、酢酸以外の木酢液成分の影響が考えられる。

暖地ビートの病害の一つに立枯病がある。これは *Rhizoctonia*, *Pellicularia*, *Pythium*, *Fusarium* 属の菌類によって引き起こされる。この病気に対する木酢液の効能が調べられている³⁾。

使用した病原菌は立枯病を起こすと考えられる

表3 オオムギ縞萎縮病病土に対する木酢液散布の影響 (圃場試験)

試験区	試験結果			
	発病程度	生育状態	雑草の有無	
原液	A*	-	++	-
	B*	-	++	-
	C	-	±	-
	D	-	±	-
2倍	A	±	++	-
	B	±	++	-
	C	+	++	-
	D	±	++	-
4倍	A	±	+++	+
	B	+	+++	+
	C	+	+++	+
	D	±	+++	±
8倍	A	+	+++	+
	B	+	+++	+
	C	+	++	+
	D	+	+++	+
10倍	A	+++	++	++
	B	+	++	+
	C	++	++	++
	D	+	++	++
対照**	A	+++	++	++
	B	+++	++	++
	C	+++	++	++
	D	+++	++	++
原液区対照***	A	+++	++	++
	B	+++	++	++

* 発芽きわめて不良で正常な生育が続けうと思われ、発芽した個体を除去して播種11日後の18-XI-1958にあらためて播種し直したものを。

** 灌漑水 (pH6.0) のみを同量散布。

*** 前記の追加播種した原液の2区と比較するために、新たに無処理病土に同じ日 (18-XI-1958) に播種したものを。

宮本雄一, 日本植物病理学会報26, 93 (1961)

Rhizoctonia candida, *Pellicularia filamentosa*, *Pythium spinosum*, である。直径9 cm のペトリ皿に2~3 mm の厚さに培地を流し込み、中央に菌株の菌糸片を移植、菌叢の直径が3~4 cm に達したときにペトリ皿にそれぞれ木酢液、ホルムアルデヒド、シミルトン(有機水銀剤)の5 cc を添加し、30~1 時間後にその処理液を捨てた。同量の殺菌水を添加した無処理区の菌叢が培地の表面を完全に被覆した時を基準に、他の処理区での菌叢の繁殖状況を観察した。その結果、培養基上では、木酢液とホルマリンは20~40倍、シミルトンは1000~2000倍ではほぼ完全な殺菌作用を示した(表4, 5, 6)。

土壌中での実験は以下のように行われた。まず培地の表面を菌叢で完全に被覆させ、その上に殺菌した土壌を一杯に入れて定温器中25℃で約3日間保ち、菌糸が土壌表面を覆った時に木酢液等の処理を行なった。処理量は木酢液とホルマリンは各15cc, シミルトンは10cc, 無処理区は蒸留水15 cc である。その後、殺菌したピート種を播種し、発芽本数、生育状況を調べられた。いずれの場合も無処理区に比べて感染率は低く、防除効果が認められた。しかし、*R. candida* に対しては、木酢液、ホルマリンの5倍では薬害が認められ、生

表4 *R. candida* の菌叢に対する影響

処理濃度	共試薬剤		
	木酢液	ホルマリン	シミルトン
5倍	-	-	-
10	-	-	-
20	-	-	-
40	-	-	-
1000			-
2000			±
3000			+
無処理		+++	

- : 完全な殺菌効果が認められたもの。
 ± : 培地表面の菌叢は全く発育しないが、気中菌糸の生存がわずかに認められるもの。
 + : 培地表面にやや菌糸の発育が認められるもの。
 ++ : 培地表面を菌叢が中程度に発育しているもの。
 +++ : 培地表面を菌叢が完全に被覆しているもの。

育状態が悪かった。木酢液、ホルマリンの20, 40倍区では感染率が低く、生育も良好であった。シミルトンが木酢液、ホルマリンよりも効果は優れていたが、*P. filamentosa* に対しては木酢液が最もよく、ホルマリンが次で、シミルトンはかなり劣っていた。

圃場でのコンクリート枠試験では、無処理区に比べて木酢液処理区の感染率が低く、木酢液の顕著な土壌殺菌効果が認められている。

木酢液の揮発性成分が *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia sokani*, *Rosellinia necatrix* の菌

表5 *Pel. filamentosa* の菌叢に対する影響

処理濃度	共試薬剤		
	木酢液	ホルマリン	シミルトン
5倍	-	-	-
10	-	-	-
20	-	-	-
40	±	-	-
1000			-
2000			-
3000			±
無処理		+++	

- : 完全な殺菌効果が認められたもの。
 ± : 培地表面の菌叢は全く発育しないが、気中菌糸の生存がわずかに認められるもの。
 + : 培地表面にやや菌糸の発育が認められるもの。
 ++ : 培地表面を菌叢が中程度に発育しているもの。
 +++ : 培地表面を菌叢が完全に被覆しているもの。

表6 *P. spinosum* の菌叢に対する影響

処理濃度	共試薬剤		
	木酢液	ホルマリン	シミルトン
5倍	-	-	-
10	-	-	-
20	-	-	-
40	-	-	-
1000			-
2000			+
3000			++
無処理		+++	

- : 完全な殺菌効果が認められたもの。
 ± : 培地表面の菌叢は全く発育しないが、気中菌糸の生存がわずかに認められるもの。
 + : 培地表面にやや菌糸の発育が認められるもの。
 ++ : 培地表面を菌叢が中程度に発育しているもの。
 +++ : 培地表面を菌叢が完全に被覆しているもの。

糸の生育を抑制することも報告されている⁴⁾。木酢液の125倍希釈液は、*Alternaria kikuchiana*, *Cochliobolus miyabeanus* 及びカラマツの立枯病の原因菌である *Fusarium* などの菌の分生胞子の発芽を阻害した。菌糸を直接、木酢液に24時間浸漬すると、*F. oxysporum*, *R. solani*, *Ro. necatrix* を125倍希釈でも殺菌していることも明らかにされた⁵⁾。

木酢液は pH2.5~3.0 程度の酸性液体である。この pH 値は炭化に使用する炭材の種類にもよるが通常の木質系材料ならば pH 3 前後であると考えてよい。ところが家具廃材などのようにアルカリ性の接着剤を使用している場合などの材料を炭材として使用すると中性をこえて弱アルカリの木酢液が得られる場合もある。防腐防虫剤を施した建築解体材を炭材として得られる木酢液などは、使用に先立ちその物性に注意を払う必要がある。木酢液認証協議会で使用している規格では炭材に植物材料以外の混入物や塗料、農薬などの異物が付着しているものは炭材として認めていない。

さて、pH 3 前後という酸性としては強い液性を持つ木酢液を土壌に散布した場合に作物の生育に影響を与えないかという懸念がある。木酢液散布後の土壌の液性は、散布直後には土壌 pH は、多少下がるものの1~2週間後、早いときには1週間以内に元の PH に戻ることがいくつかの例で証明されている。例えば pH 6 前後の土壌ならば、木酢液を散布した直後には pH 5 近くまで下がるが、その後、徐々に元に戻り1週間くらい経過すると、木酢液散布前の土壌の pH に戻る。また、作物の生長にも影響が無いことも報告されているし、むしろ土壌中の有害菌やセンチュウなどの有害小動物が減少するので作物の増収や、成長促進につながっている。

土壌中の糸状菌などの有益菌の生育に対する影響が調べられている⁶⁾。木酢液原液を1 m²あたり8リットル土壌に散布し、土壌微生物の種類を増減を定期的に観察した結果がある。木酢液散布

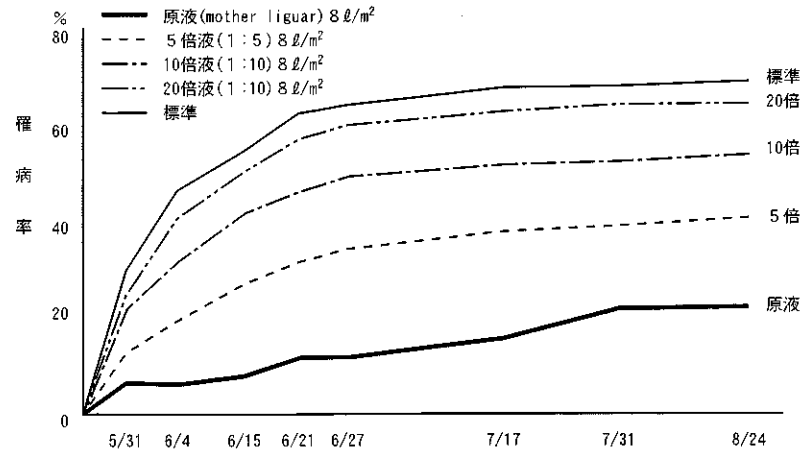
1週間後にカラマツを播種し発芽、生育も調べられている。それによると、木酢液散布後1週間で pH はほぼ元通りの土壌の pH に戻っている。糸状菌は散布後、急減するが、2週間目頃から増加し始め、以後かなりの期間高密度を保っていた。一年後でもその状態を保っていた。バクテリアも糸状菌とほぼ同じ傾向を示し、この場合には3ヶ月後くらいにはほぼもとの状態に戻った。放射状菌は木酢液散布後減少し、元通りになりやすく、その割合は1年後でも対照よりもかなり少なかった。糸状菌では *Penicillium citrinum*, *P. janthinellum*, *P. oxalicum*, *Trichoderma viride* が木酢液散布後、優性種として存在した。

ヒノキ、スギ、アカマツなどの針葉樹などは立枯病の害を受ける。この立枯病は土壌によって感染するので、土壌消毒が行われてきた。簡易で経済的な土壌消毒を目的として木酢液の針葉樹稚苗の立枯病に対する応用研究が行われ、その効能が明らかにされている⁷⁾。

木酢液(5倍液)、硫酸(150倍液)、水銀製剤A(800倍液)を苗畑土壌にそれぞれ8.0, 16.0, 3.2 L/m² 散布し、7日~10日後にカラマツ種子を播種し、その後の発芽、立枯病の発病率を調べた。その結果、木酢液は供用薬剤中ではもっとも良い効果を示し、発病率を低く抑えた。さらに水銀製剤Aを併用すると防除効果が一層高まることも明らかにされた。スギ、ヒノキ、アカマツでも同様であった。

木酢液の有効性が明らかになったので次に最適濃度を調べる実験が行われた。原液、5, 10, 20倍希釈液、及び無散布の対照区の5区を設定し、散布10日後にカラマツ種子を播種し罹病率を見たのが図2である。原液が最も罹病率が低く、5倍、10倍希釈になるにつれ効果は弱くなり、20倍希釈では対照区とあまり差がみられなかった。木酢液散布区では雑草の発生が阻止される傾向が見られた。特に原液区では対照区の約半数であった。

木酢液を散布した土壌の酸度は5~7日後にお



注. 病原菌接種 *Rhizoctonia* sp. (4月11日)
薬剤散布 4月14日

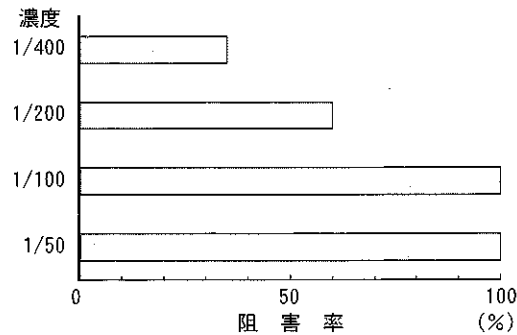
図2 木酢液のカラマツ立枯病防除作用

およそ原土の pH に戻ることにも明らかにされた。そして、木酢液を施用してから5~7日後に播種することが発芽阻止の薬害を防ぐのによいことが示された。

2) 白紋羽病防除に効果のある木酢液³⁾

白紋羽病の防除に対する木酢液の効能が調べられた。黒炭窯で採取された pH2.6~3.2, 比重1.02 のコナラ木酢液が使用された。

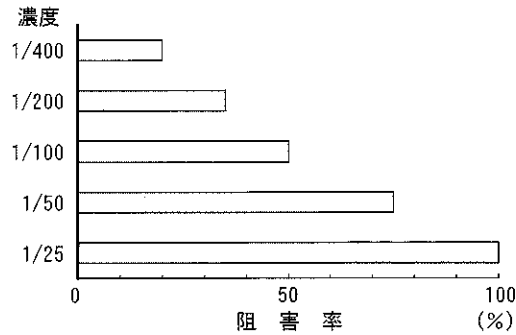
1/50~1/400濃度になるように木酢液を添加し



注. 菌: クワ白紋羽病菌, 木酢液: コナラ木酢液
阻害率 (%) = (1 - 木酢液添加 PDA 培地での菌糸伸長量 / PDA 培地での菌糸伸長量) × 100
菌接種後25℃で7日間培養。

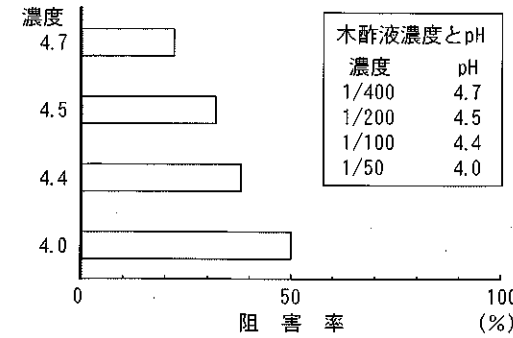
図3 木酢液添加培地での菌の生育阻害効果

た PDA 培地に白紋羽病菌を移植し, 25℃, 7日間培養後の菌叢の直径を測定し, 対照に対する阻害率を測定した。その結果, 1/50, 1/100濃度では100%, 1/200濃度でも約60%の阻害がみられ, 木酢液は白紋羽病菌に対して抗菌作用を示した(図3)。この抗菌性は, 木酢液が酸性であるので, pHの影響も考えられる。そこで, NaOH で pH を5.6に調整した木酢液添加培地で同様の実験を行った。その結果が図4である。図からわかるように, 1/50, 1/100, 1/200濃度ではそれぞれ,



注. 菌: クワ白紋羽病菌, 木酢液: コナラ木酢液
阻害率 (%) = (1 - 木酢液添加 PDA 培地での菌糸伸長量 / PDA 培地での菌糸伸長量) × 100
菌接種後25℃で7日間培養。NaOH 水溶液で pH を調整。

図4 pH5.6に保持した木酢液添加培地での菌の生育阻害効果



注. 菌: クワ白紋羽病菌, 木酢液: コナラ木酢液
阻害率 (%) = (1 - pH 調整 PDA 培地での菌糸伸長量 / PDA 培地での菌糸伸長量) × 100
菌接種後25℃で7日間培養。HCl 水溶液で pH を調整。

図5 培地の pH による菌の生育阻害効果

約75%, 50%, 35%の阻害効果となり, pHの作用を除くことで木酢液の白紋羽病菌に対する阻害効果の低下がみられた。

次いで, 木酢液濃度と同じ pH に塩酸で調整した培地上で白紋羽病菌の阻害率を調べた結果が図5である。pHの作用を除いた木酢液の阻害効果よりも低いことがわかる。このことから木酢液の白紋羽病菌に対する抗菌作用は, 木酢液成分と pH の両方が影響しているが, pH よりも成分による影響が大きいことが明らかにされた。

桑枝切片に白紋羽病菌を接種後培養し, 木酢液に浸漬後, PDA 培地上で菌糸の発生状況を調べた実験では, 5倍希釈, 10倍希釈では90分浸漬してもまったく殺菌効果は認められなかったが, 原液に90分浸漬した場合には完全に殺菌した。

また, 桑枝切片に白紋羽病菌を接種後, 桑枝切片を土壤に埋没して, 木酢液を散布し, 菌の発生状況を調べた実験では, 原液および2倍希釈液ですべての切片から菌糸が発生せず, 完全に殺菌されていた(表7)。

シャーレ中の PDA 培地に白紋羽病菌を培養し, 上から土壤を敷き詰め, 木酢液を散布後25℃で保ち, 10日後にガラス壁に沿って伸長する菌糸の長さを測定し, 木酢液の菌糸成長抑制をみた結果が表8である。50倍希釈液を灌注した場合には対照

表7 木酢液土壌灌注による白紋羽病菌に対する殺菌効果

木酢液濃度	供試切片数	菌糸発生切片数
原液	3	0
2倍	3	0
5倍	3	3
10倍	3	3
20倍	3	2
対照(水)	3	3

注. 白紋羽病菌を接種培養したクワ枝切片を土壤中に埋没後, 木酢液を散布。10日後に切片を取出して培地上で25℃, 10日間保持。

原液, 2倍希釈液で菌糸の発生認められず。

表8 木酢液土壌灌注による菌生育阻害効果

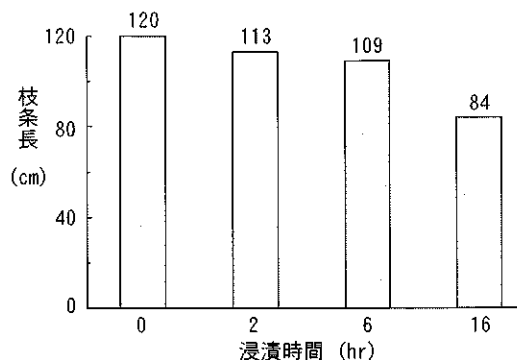
木酢液濃度	菌糸伸長量 (mm)	指数
原液	0.0	0.0
5倍	8.2	18.9
10倍	9.7	22.4
20倍	11.8	27.3
50倍	36.9	85.2
対照(水)	43.3	100.0

注1. 25℃, 10日間保持。2 連制。
2. 菌糸の伸長量は腰高シャーレ1個につき, 4か所で測定した平均値。
3. 対照は土壤表面(シャーレ底面からの高さ: 38mm)を越えて伸長。
・シャーレ中の PDA 培地上に白紋羽病菌を培養
・上から土壤を敷き詰める
・シャーレ壁に伸長した菌糸の長さを測定
20倍希釈: 30%以下の生育

とあまり変わらないが, 20倍希釈系よりも濃い状態では菌糸の伸長指数が30以下となり成長抑制効果を示した。

クワ苗の根部に菌糸を着生し, 抜き取った苗の根を木酢液原液に所定時間浸漬してからポットに植え付け4ヶ月後の成長を調べたのが図6である。16時間浸漬では枝条の長さが対照に比べて7割程度であったが, 6時間以内では対照と同程度であり, 生育阻害はみられなかった。

白紋羽病菌の汚染土壤の入ったポット(1/2000a)に桑苗を植えつけて所定濃度(5, 10, 20倍希釈)の木酢液3リットルを灌注し, 根部の菌糸着生状態を調べた結果では, 20倍希釈では3分の2が感染していたが, 10倍希釈では感染がまったく認め



注. 健全苗に木酢液原液浸漬処理後、4月下旬植え付け、8月下旬に調査。

1区3ポットの平均。

・6時間程度の浸漬ではクワの成長に影響なく、白紋羽病菌の防除効果も有する。

図6 木酢液原液浸漬処理がクワの生育に及ぼす影響

られなかった。

以上のように桑白紋羽病菌の防除に木酢液は、比較的高濃度での使用であるが、防除作用があることがわかる。

引用文献

- 1) 日本特用林産振興会ホームページ, 木酢液・竹酢液の規格: http://www.nittokusin.jp/04_moku/html/moku.f.html
- 2) 宮本雄一, ムギ萎縮病の研究 VII. ムギ萎縮病の防除, とくに木酢液土壌散布の効果について, 日本植物病理学会報, 26 (3), 90 (1961)
- 3) 宮本雄一, 竹内正, 小林豊政, 暖地ビート立枯病菌に対する木酢液の殺菌効果, 兵庫農科大学研究報告, 6 (1), 13 (1963)
- 4) 宮本雄一, 木酢液の土壌消毒剤としての効果, 農業及園芸, 36 (10), 65 (1961)
- 5) 寺下隆喜代, 陳野好之, 林試研報, No. 96, 129~144 (1957)
- 6) 寺下隆喜代, 土壤微生物のフロラに及ぼす木酢液の影響, 日林誌, 42 (2), 52 (1960)
- 7) 野原勇太, 陳野好之, 針葉樹稚苗の立枯病防除に関する研究 (第1報) 特に木酢液の効力について, 林業試験場研究報告, 96号, 105 (1957)
- 8) 渡辺茂, 渡辺泰光, 大野秀夫, 省農薬による桑白紋羽病防除技術の確立—木酢液による防除—, 神奈川蚕七報, 22, 28 (1993)

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成20年9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
(事務所を移転いたしました。宜しく願います。)

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」

...せから安心

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
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 21971 号

松枯れ防止土壌灌注剤

三石・Ⅲ・火気厳禁
酸和シカルボンジメチルエステル

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

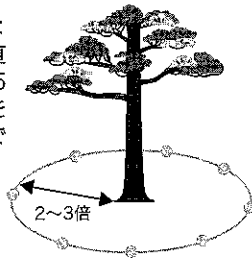


機械灌注処理

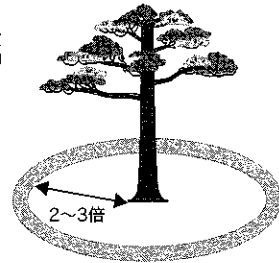


施用溝処理

土壌灌注器(2MPa,圧力:
20kg/cm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:06-6444-1456 <http://www.iskweb.co.jp/ibj/>

【製造】

ISK 石原産業株式会社

本社:大阪市西区江戸堀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。

幅広い適用害獣

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き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。

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

農林水産省登録第20838号

普通物 **マツグリーン[®]液剤2**

- 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。

- 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	てんぐ巢病
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/>

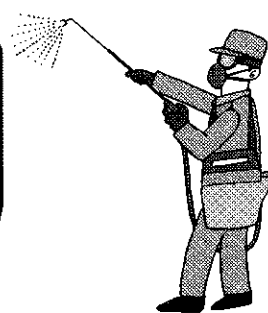
松の葉ふるい病の防除に!!

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

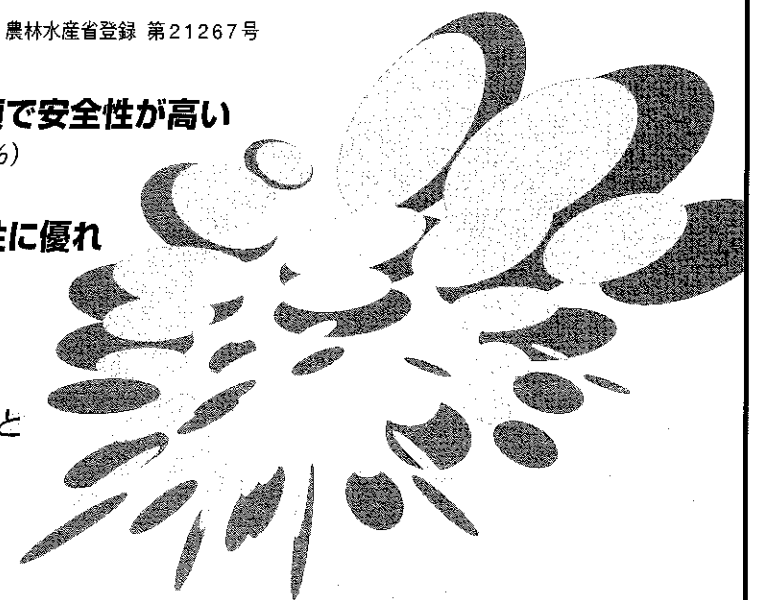
殺虫剤 **モリエート[®]sc**

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

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  株式会社 **エッセー・バイオテック** 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 日幸東日本橋ビル TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)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[®]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)

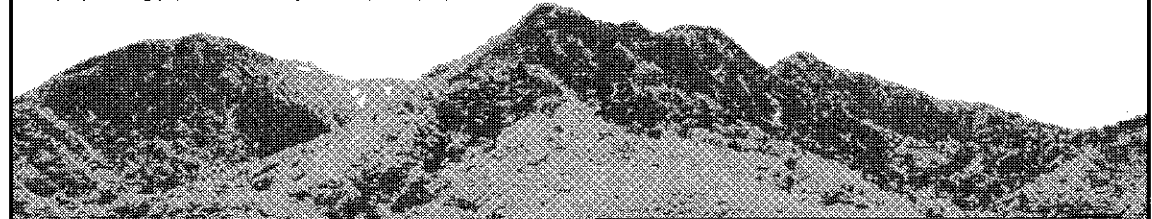
東京本社 〒110-0005 東京都台東区上野7丁目6-11 第一下谷ビル TEL (03)3845-7951(代)

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

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%)



エコワンフロアブル

農林水産省登録 第20896号

1500~3000倍希釈

(チアクロプリド水和剤40.0%)

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 ☎03-6268-7385



Bayer Environmental Science

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
〒960-0072 TEL.096-352-8121(代) FAX.096-353-5083

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)

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。

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

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**

〒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

