

ISSN 0289-5285

# 林業と薬剤

No. 199 3. 2012

社団法人 林業薬剤協会



## 目 次

カツラマルカイガラムシによる広葉樹被害の特徴と クリへの殺虫剤の樹幹注入効果（2）……………	齊藤正一・上野満・鈴木由紀	1
マツノザイセンチュウの個体群について考える（2）……………	竹本 周平	11
おとしぶみ通信（4） 「もぐる虫（その2） 菌を使う虫アンブロシアビートル」……………	福山 研二	17
「デイゴの災難」後日談……………	福山 研二	22

### ● 表紙の写真 ●

#### カシノナガキクイムシによる穿孔

カシノナガキクイムシ穿孔口（上段）及びマス  
アタックを受けたミズナラ樹幹の多数の穿孔口から  
排出された木屑が根元付近に集積している様子  
（下段）。

（2007年8月長野県飯山市にて撮影）

—福山研二氏提供—

## カツラマルカイガラムシによる広葉樹被害の特徴 とクリへの殺虫剤の樹幹注入効果（2）

齊藤正一\*1・上野 満\*2・鈴木千由紀\*3

### I. はじめに

近年、カツラマルカイガラムシ (*Comstockaspis macroporana*<sup>1, 2)</sup>; 以下カイガラムシ) の大発生による広葉樹の集団的な葉枯れ被害が北進しながら発生している。2011年度までの広葉樹林における被害地は、山形県、福島県、長野県、山梨県、新潟県、宮城県、岩手県であり<sup>3, 4, 9, 10, 12)</sup>、新たに秋田県にかほ市(旧象潟町)での被害も確認されており(秋田県森林技術センター 長岐昭彦氏私信)、東北地方では青森県を除いて被害は北上しながら分散する傾向にある(図-1)。ところで、山梨県においては、カイガラムシの天敵にあたる寄生蜂(ツヤコバチ科の *Pteroptrix* sp.) がおり<sup>11)</sup>、寄生蜂の増加により被害が2008年以降終息しているが<sup>12)</sup>、その後山梨県での被害の発生はない。

山形県における被害面積と被害位置の推移を表-1と図-2に示した。2006年が378ha、2007年は240ha、2008年は274ha、2009年が243haと減少、2010年は372ha、2011年には395.47haと増加に転じ、累積被害面積は1,994haを超え、被害地域がさらに広域的に拡大する状況は変わらない。しかし、近年の被害面積は200~400haを保っており、一定の個体群の増殖率と広葉樹林の資源を利用して定着しているようである。被害が終息しない原因は、やはり山梨県で見られるような寄生蜂やその他の天敵類が生息しないか、極めて密度が低い、カイガラムシが増殖する広葉樹資源が豊富

で、生息に適した気候条件になっている、など様々な要因が想定される。

山形県におけるカイガラムシによる被害拡大様式は、カイガラムシによる被害が激害化した林分があると、被害は翌年にはその周囲に拡大するとともに、遠隔地でも飛び火的に発生し、広域的にすばやく拡大する<sup>5, 11)</sup>。

山形県でのカイガラムシによる広葉樹林の被害は、附存量が多いコナラで枯死木が多く発生し、発生から2~3年で林分全体の林冠の半分以上が疎開するなど被害様態が激しい特徴があるため<sup>10)</sup>、森林公園や保安林など森林として保全する必要がある地域において、早期に被害軽減を図る方法として殺虫剤(アセタミプリド2%製剤の50倍液)の樹幹注入によるカイガラムシの吸汁への予防方法を完成させた<sup>9)</sup>。

ここでは、カイガラムシ被害の拡大様式をカイガラムシの増殖動態をもとに考える場合、被害林分においてカイガラムシが樹木1本に寄生できる数をまず調査した。この指標は、被害林の林分調査を行えばカイガラムシが被害林でどれだけ繁殖

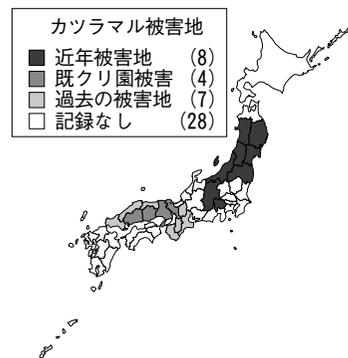
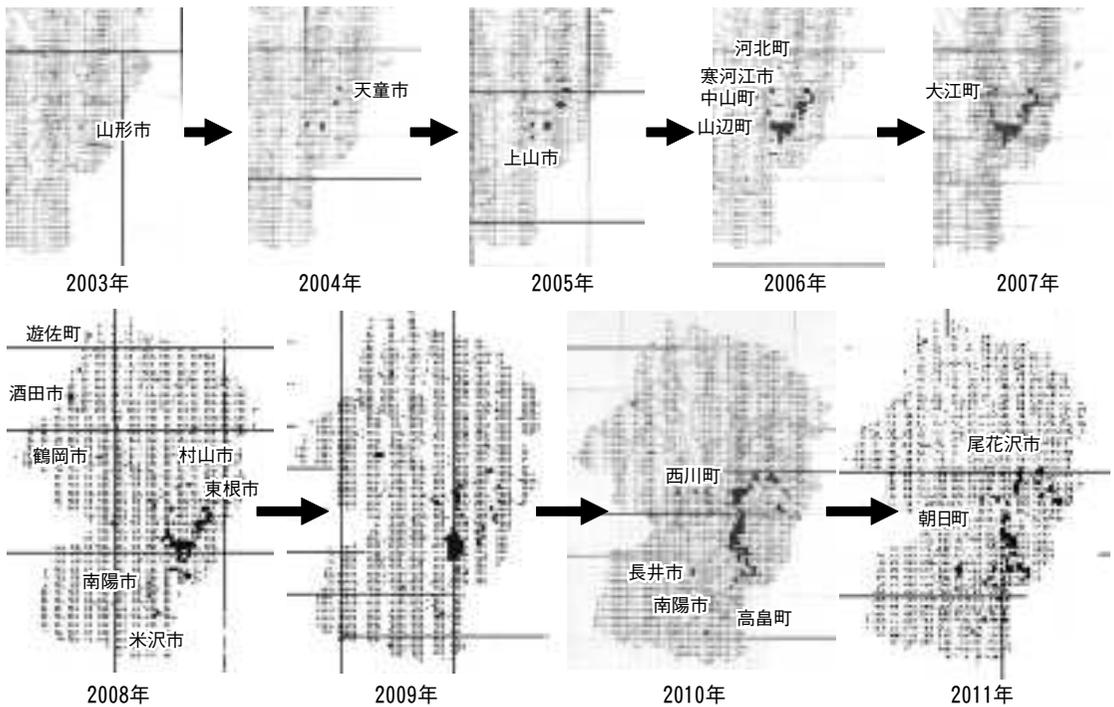


図-1 2011年度までのカツラマル被害地

\*1 山形県森林研究研修センター SAITO Shoichi  
 \*2 同所 UENO Mitsuru  
 \*3 同所 SUZUKI Chiyuki

表-1 山形県におけるカツラマルカイガラムシによる広葉樹の葉枯れ区域面積の推移 (ha)

市町名	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	合計
山形市	5.92	10.74	57.85	320.07	198.73	80.32	111.52	43.50	106.42	935.07
天童市		2.30	13.64	50.25	1.72	14.94	0.74	12.30	0.00	95.89
上山市			0.44	5.43	7.55	62.38	49.38	35.70	76.67	237.55
山辺町				1.50	28.13	47.26	14.00	60.70	66.68	218.27
中山町				0.48	0.00	3.77	0.66	4.10	15.01	24.02
寒河江市				0.05	1.40	18.07	40.08	19.00	4.49	83.09
河北町				0.11	0.03	5.09	0.81	6.20	5.81	18.05
大江町					2.40	4.80	1.26	2.85	0.38	11.69
村山市						4.79	2.77	16.30	15.16	39.02
東根市						8.04	4.37	6.50	14.94	33.85
西川町								4.30	0.00	4.30
朝日町									0.10	0.10
尾花沢市									0.36	0.36
米沢市						13.00	16.00	26.50	53.00	108.50
南陽市						0.79	0.60	0.70	1.00	3.09
高畠町								7.29	29.16	36.45
長井市								124.00	5.49	129.49
鶴岡市						0.10	1.20	1.00	0.50	2.80
酒田市						1.00		1.00	0.00	2.00
遊佐町						10.00		0.20	0.30	10.50
合計	5.92	13.04	71.93	377.89	239.96	274.35	243.39	372.14	395.47	1994.09



■は被害位置 (メッシュサイズ 横1.36km×縦1.13km)

市町村名は新規被害発生年時に記載

図-2 山形県におけるカツラマルカイガラムシによる広葉樹葉枯れ被害位置の推移

できるか計算でき、今後解明されるカイガラムシの増殖に関わる情報を加えて、被害の拡大様式を説明できるものと考えている。また、今後、多様な場所での被害が想定される事から、2010年に続いて食用グリに対して殺虫剤の注入時期を変えても効果に変化がないかも確認したので報告する。

なお、本試験研究の一部は、農林水産技術会議委託プロジェクト「農林水産分野における地球温暖化対策のための緩和および適応技術の開発」および文部科学省基盤研究C、林業普及情報活動化事業で実施した。

## II. 調査・試験方法

### 1. カイガラムシ枯死木の樹高別の表面積とカイガラムシ寄生数の調査

供試木は、カイガラムシ被害が2008～2011年の3年間続き、枯死木が発生している山形県寒河江市の長岡山公園において選び、2010年はコナラ・ウワミズザクラ・クリ各1本計3本、2011年はコナラ4本・クリ1本・オオバクロモジ1本計6本、2年合計で9本の枯死木とした。

カイガラムシが1本の樹木にどれだけ寄生できるのかを知るために、試料はカイガラムシが十分寄生したと考えられる被害林内の枯死木を伐倒し、地際から1m単位に玉切りして、樹幹部と枝に分けてその表面積とカイガラムシの寄生数をカウントした。表面積の測定はカイガラムシの寄生場所の多さを計測するためである。樹幹部の表面積は末口と元口の平均直径から円周を求め樹幹長との積を表面積とした。また、枝は元口の直径と枝の長さを計り、元口の半径と $\pi$ と枝の長さの積を表面積として、樹高別に樹幹と枝の表面積がわかるようにした。

### 2. 食用グリに対する殺虫剤の注入時期を変えた樹幹注入試験

#### 1) 試験地

カイガラムシによる広葉樹の集団葉枯れが発生

している地域に隣接する、山形県寒河江市寒河江丙の山形県森林研究研修センター地内のクリ園で試験を実施した。

#### 2) 供試薬剤と試験区

供試薬剤は、マツグリーン液剤2（農林水産省登録第20838号:有効成分 アセタミプリド2.0%）とし、希釈濃度は登録どおり50倍にした。試験区は注入時期の違いで3区と無処理区の計4区とした。各試験区は、開葉して展葉が十分進んだ通常の注入時期にあたる5月30日での注入（通常注入区）、9月末のクリ採取を想定して収穫2ヶ月前にあたる7月13日での注入（収穫2ヶ月前注入区）、収穫1ヶ月前にあたる8月9日での注入（収穫1ヶ月前注入区）、試薬を注入しない無処理区とした。

#### 3) 供試木

供試木は、山形県森林研究研修センター内クリ園の食用グリで、被害木に隣接した外観上の未被害木のを通常注入区15本、収穫2ヶ月前区・収穫1ヶ月前区・無処理区は各2本とした。

#### 4) 樹幹注入処理

供試薬剤は、試験12時間前に希釈し、200mlポリプロピレン製ノズル付きアンプルに200ml充填し、現場に運搬した。

注入孔は、樹幹の地上高0.5～1.0mの範囲に、ノズルの径に応じたドリルビット（径8mm）を用いて、斜め45度で深さ約30mmの孔をドリルで開ける。また、注入孔は、樹幹の周囲に対して均等になるように環状に配置した。

注入孔数は、胸高直径を基準にして、20cm未満4本、20～30cm未満5～6本、30～40cm未満7～8本、40cm以上は $1.6226 \times 1.0486^x$ （胸高直径）とした。

注入処理は、ノズル付きアンプルを注入孔に確実に装着し、概ね24時間後に容器を回収し、その際に、アンプル内の希釈液の残量を記録した。

#### 5) 注入成功率調査

注入成功率の調査は、それぞれの注入翌日に、

供試木に注入したアンプルを回収しながら、試薬がアンプル内に残存している量を計量して、注入量との比で注入成功率を求めた。

### 6) 薬害調査

薬害調査は各注入日の1週間と4週後に実施した。薬害調査の指標は、供試木の樹冠の外観を観察して正常な度合いとし、5 正常・4 一部枯れ・3 半分枯れ・2 全部枯れ・1 枯死の5段階で評価した。

### 7) 効果調査

効果調査は、新生幼虫が定着し介殻を作ったあとの通常注入の8週間と10月7日に実施した。

効果調査の指標は、供試木の枝に寄生したカイガラムシの死亡数と樹冠の外観とした。カイガラムシの死亡数の調査は、平成23年10月7日に供試木の枝を地上1から6mの範囲（位置はこの範囲で適宜）で各2本採取し、介殻の数と死亡した数を数えて、死亡率を計算してまとめた。

また、供試木の外観の観察は、薬害調査の基準に従ってまとめた。

## III. 結果と考察

### 1. カイガラムシ枯死木の樹高別の表面積とカイガラムシ寄生数の関係

測定したカイガラムシ寄生枯死木の材積・表面積・寄生数を表-2、カイガラムシ寄生枯死木の樹高と表面積の関係を図-3、樹高と寄生虫数の

関係を図-4、樹高と虫密度の関係を図-5に示した。

カイガラムシが寄生する樹木は、ほとんどの落葉広葉樹であり、山形県においては中でもコナラは高木層で約3割が枯死する<sup>10)</sup>。今回、2年間にわたって調査した枯死木は計9本でコナラ5本（胸高直径7.2~15.7cm, 樹高6.8~13.6m: 以下同様の順）、クリ2本（1.1~5.8cm, 2.1~4.9m）、ウワミズザクラ（1.3cm, 2.5m）、オオバクロモジ（3.4cm, 3.7m）であり、樹高は2.1~13.6mまでなるべくサイズが違う樹木を供試木に選んだ（表-2）。

カイガラムシは梢端の枝を中心に枝や樹皮の薄い樹幹部に生息するが、供試木の樹高と幹と枝の表面積の関係は、樹高が高くなるにつれて表面積も比例して大きくなる相関関係が認められた（ $r^2 = 0.9352$ ：図-3）。すなわち樹木のサイズが大きくなれば、生息できる場所も増える事が確認された。表面積がわかれば、そこに生育できるカイガラムシの寄生数がわかる事になり、樹木1本へのカイガラムシの寄生数を算出できる。しかし、樹木の表面積を測定する事は非常に手間がかかるので、樹高と表面積の間に非常に高い相関関係があることに注目して、樹高を測定するだけで樹木1本あたりのカイガラムシの寄生数を推定できないか検討した。

樹高に対するカイガラムシの寄生数を見ると、

表-2 測定したカツラマルカイガラムシ枯死木の材積・表面積・寄生虫数

樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	材積 (m <sup>3</sup> )	全表面積 (cm <sup>2</sup> )	全個体数 (頭)	虫密度 (頭/cm <sup>2</sup> )
クリ	1.1	2.1	0.0001	927	7,255	7.8
ウワミズザクラ	1.3	2.5	0.0002	1,883	4,212	2.2
オオバクロモジ	3.4	3.7	0.0170	7,989	42,645	5.3
クリ	5.8	4.9	0.0064	13,641	62,453	4.6
コナラ	7.2	6.8	0.0133	14,297	64,369	4.5
コナラ	8.6	7.7	0.0212	17,245	65,704	3.8
コナラ	10.3	8.9	0.0347	19,498	76,177	3.9
コナラ	14.3	12.7	0.1113	45,435	87,500	1.9
コナラ	15.7	13.6	0.1339	53,625	104,075	1.9

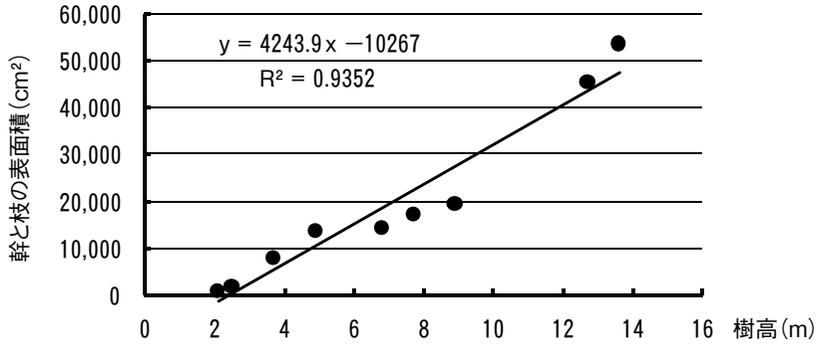


図-3 カツラマルカイガラムシ寄生枯死木の樹高と表面積の関係

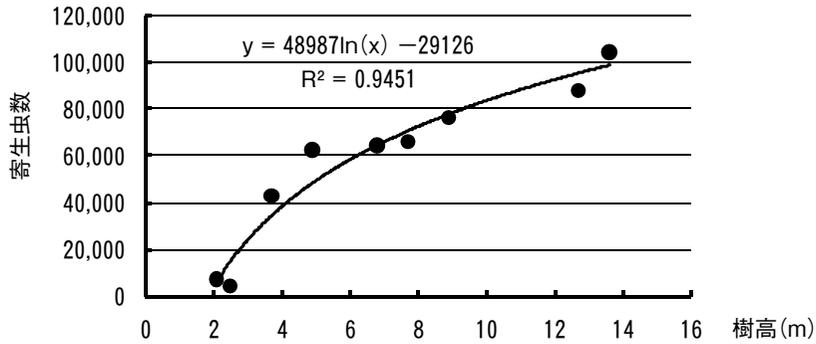


図-4 カツラマルカイガラムシ寄生枯死木の樹高と寄生虫数の関係

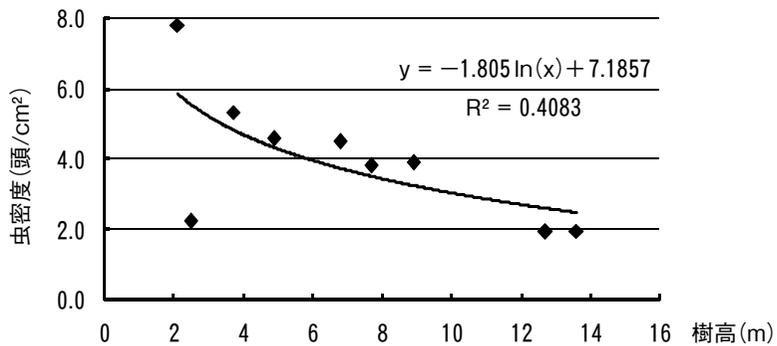


図-5 カツラマルカイガラムシ寄生枯死木の樹高と虫密度の関係

樹高の対数（自然対数）に対してカイガラムシの寄生数に非常に高い相関関係が認められた ( $r^2 = 0.9451$   $y = 48987\ln(x) - 29126$   $y$  は寄生虫数,  $x$  は樹高,  $\ln$  は自然対数：図-4)。

また、樹高と虫密度の関係は、樹高が高くなれば徐々に密度が低下して、約2頭/表面積1cm<sup>2</sup>に終息する傾向がみられた。樹木はサイズが大きくなると樹皮の厚い樹幹部の表面積が増大するの

で、梢端の枝の表面積よりも寄生しにくい部位が多くなるものと考えられた (図-5)。

ところで、カイガラムシは1林分でおおよそ3年程度繁殖するが<sup>10)</sup>、前述の樹高と寄生虫数の回帰式を使用すれば、被害林分の低木以上の広葉樹に関する樹高を調査することによって、カイガラムシの単位面積当りの寄生数が求まる事になる。カイガラムシの増殖率が解明されれば、被害がどの

程度の規模で拡大していくかなど、広葉樹の資源に対する被害の状況を予測できる可能性がある。また、温度条件によってカイガラムシの増殖率が異なれば、地域ごとに被害の拡大状況が異なっていくという予測にも活用が見込まれるものと考えられる。被害が北進するカイガラムシ被害にあっては、気温上昇が危惧される中、温暖化に伴う気温上昇ごとの被害地のハザードマップ作成に役立つものと考えられる。温度ごとのカイガラムシの増殖率の研究が待たれるところである。

2. 食用グリに対する殺虫剤の注入時期を変えた樹幹注入の効果

供試木の胸高直径・樹高・枝下高について表-3に示した。各試験区の胸高直径・樹高・枝下高の平均は、通常注入区49.1cm・7.9m・2.0m、収穫2ヶ月前注入区44.5cm・8.5m・1.5m、収穫

1ヶ月前注入区38.1cm・7.5m・1.2m、無処理区52.8m・8.0m・1.7mで30年生以上の壮齢で中庸な食用グリの生立木である。

1) 注入成功率と薬害の発生状況

注入成功率の調査結果を表-4に示した。注入翌日の供試木における注入成功率の平均値は、通常注入区99.5%、収穫2ヶ月前注入区99.0%、収穫1ヶ月前注入区99.1%であり、薬液は1昼夜でほぼ完全注入が可能であり、これまでの成果<sup>5,7,8,9)</sup> および、昨年の食用クリでの結果<sup>10)</sup>と同様であった。

注入1週後と4週後における供試木の薬害状況については、通常注入区・収穫2ヶ月前注入区・収穫1ヶ月前注入区ともに全ての供試木で健全な状況であった。一方、無処理区も変化がなかった。薬害が発生しない状況もこれまでと同様<sup>5,7,8,9)</sup>であり、2010年の食用クリの結果<sup>10)</sup>とも同様で

表-3 殺虫剤を樹幹注入した各試験区の供試木

区分		通常注入区			区分		収穫2ヶ月前注入区		
No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)	No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)
1	クリ	47.6	9	1.0	21	クリ	56.4	10	1.7
2	クリ	33.4	6	1.0	22	クリ	32.6	7	1.3
3	クリ	61.2	9	4.5	2本 平均		44.5	8.5	1.5
4	クリ	44.6	8	3.4	区分	収穫1ヶ月前注入区			
5	クリ	59.9	9	1.9	No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)
6	クリ	49.5	8	2.7	31	クリ	32.6	7	1.3
7	クリ	42.3	7	1.3	32	クリ	43.5	8	1.0
8	クリ	55.0	9	1.7	2本 平均		38.1	7.5	1.2
9	クリ	72.5	9	1.3	区分	無処理区			
10	クリ	38.5	7	1.3	No.	樹種	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	枝下高 (m)
11	クリ	53.6	8	1.7	41	クリ	44.5	7	2.3
12	クリ	37.2	6	2.1	42	クリ	61.0	9	1.0
13	クリ	51.8	8	1.3	2本 平均		52.8	8.0	1.7
14	クリ	40.4	8	2.2					
15	クリ	37.2	7	1.9					
15本 平均		49.1	7.9	2.0					

表-4 殺虫剤注入の注入成功率と葉害調査結果

区分		通常注入区			区分		収穫2ヶ月前注入区		
No.	樹種	注入成功率 (%)	樹冠様態		No.	樹種	注入成功率 (%)	樹冠様態	
			1 週後	4 週後				1 週後	4 週後
1	クリ	100.0	5	5	21	クリ	97.9	5	5
2	クリ	100.0	5	5	22	クリ	100.0	5	5
3	クリ	96.2	5	5	2本	平均	99.0	5	5
4	クリ	100.0	5	5	区分 収穫1ヶ月前注入区				
5	クリ	98.2	5	5	No.	樹種	注入成功率 (%)	樹冠様態	
6	クリ	100.0	5	5				1 週後	4 週後
7	クリ	100.0	5	5	31	クリ	100.0	5	5
8	クリ	100.0	5	5	32	クリ	98.1	5	5
9	クリ	98.3	5	5	2本	平均	99.1	5	5
10	クリ	100.0	5	5	区分 無処理区				
11	クリ	100.0	5	5	No.	樹種	注入成功率 (%)	樹冠様態	
12	クリ	100.0	5	5				1 週後	4 週後
13	クリ	100.0	5	5	41	クリ		5	5
14	クリ	100.0	5	5	42	クリ		5	5
15	クリ	100.0	5	5	2本	平均		5	5
15本	平均	99.5	5	5					

注) 供試木の様態 5 正常, 4 一部葉枯れ, 3 半分葉枯れ, 2 全部葉枯れ, 1 枯死

あった。

2) 試薬によるカイガラムシの殺虫効果と樹冠の状況

カイガラムシの寄生が完了した10月7日に供試木の樹高1~6mの部位から採取した枝, 各2本を約30cmの長さで切りそろえて枝に付着したカイガラムシの介殻の全数と死亡数を測定し, 死亡率を算出した結果を表-5に示した。ただし, カツラマルカイガラムシの死亡数には, 吸汁中の乾燥による死亡個体も含まれている。

カイガラムシの介殻付着数は, 通常注入区が63~243個, 収穫2ヶ月前注入区が115~301個, 収穫1ヶ月前注入区は164~197個であり, その全てが死亡していた。一方, 無処理区では, 介殻付着数は172~236個で, 死亡率は11.6~16.1(平均13.9)%であった。

無処理区では, 乾燥によるカイガラムシの死亡が確認されたものの, 試薬を樹幹注入した試験区ではいずれも生存個体が確認されなかったので, 大部分のカイガラムシの死亡は試薬の注入によるものと考えられ, 試薬の殺虫効果は十分である事が確認された。

また, 通常注入区の注入8週後と10月7日における樹冠の様態を観察した結果を表-6に示した。

試薬を注入した通常注入区はいずれの時期も評価値4.8でほぼ健全, 収穫2ヶ月前注入区・収穫1ヶ月前注入区はいずれの時期ともに, 評価値5の健全であったのに対して, 無処理区では通常注入区8週後が評価値4.0, 10月7日は3.5で樹冠の半分程度が葉枯れ状態であった。殺虫剤の注入処理区では注入時期で若干の違いはあったものの, 供試木は健全であったが, 無処理では葉枯れ被害

表-5 各試験区の供試木から採取した枝のカイガラムシの介殻数と死亡数と死亡率

区分		通常注入区				区分		収穫2ヶ月前注入区			
No.	樹種	調査 枝数	介殻 全数	死亡 数※	死亡率 (%)	No.	樹種	調査 枝数	介殻 全数	死亡 数※	死亡率 (%)
1	クリ	2	143	143	100	21	クリ	2	301	301	100
2	クリ	2	192	192	100	22	クリ	2	115	115	100
3	クリ	2	88	88	100	2本	平均	2	208	208	100
4	クリ	2	243	243	100	区分		収穫1ヶ月前注入区			
5	クリ	2	165	165	100	No.	樹種	調査 枝数	介殻 全数	死亡 数※	死亡率 (%)
6	クリ	2	117	117	100	31	クリ	2	164	164	100
7	クリ	2	158	158	100	32	クリ	2	197	197	100
8	クリ	2	68	68	100	2本	平均	2	181	181	100
9	クリ	2	195	195	100	区分		無処理区			
10	クリ	2	210	210	100	No.	樹種	調査 枝数	介殻 全数	死亡 数※	死亡率 (%)
11	クリ	2	186	186	100	41	クリ	2	236	38	16.1
12	クリ	2	63	63	100	42	クリ	2	172	20	11.6
13	クリ	2	222	222	100	2本	平均	2	204	29	13.9
14	クリ	2	178	178	100						
15	クリ	2	187	187	100						
15本	平均	2	161	161	100						

※ 死亡数には自然死分を含む

※ 調査日：2011年10月7日

が発生する状況はこれまでと同様の結果であった<sup>5, 7, 8, 9, 10)</sup>。

この結果から、殺虫剤の注入処理は、注入時期にかかわらず、新たに付着したカツラマルカイガラムシは樹幹注入した試薬により死亡し、健全な様態を保ったものと考えられた。

現在、採取したクリの実から殺虫剤の有効成分の分析をしているが、昨年は通常時期の5月末に殺虫剤を注入した食用グリの実からのアセタミプリドの含有量は、定量限界の0.01ppm未満であり、食品衛生法のポジティブリストに定めるアセタミプリドの検出量は0.01ppm未満には達しない濃度であった。試薬は樹幹内で低濃度になるが、樹幹内に有効成分は定着して吸汁するカイガラムシには有効に殺虫効果があり、採取されたクリに蓄積するほどにはならない事が明らかになってい

た<sup>10)</sup>。

本年実施の注入時期の違いによる試験の供試木から採取されたクリの実から、殺虫剤の有効成分が基準値以下の検出量なら、食用グリでの殺虫剤の樹幹注入による予防方法は、非常に有力な方法として期待される。

#### IV. まとめと今後の課題

山形県の被害林において、カイガラムシ被害によって枯死した立木9本を伐採し、丸太と枝を採取して、その表面積とカイガラムシの寄生数を調査したところ、カイガラムシの生息部位となる幹や枝の表面積は樹高と強い相関関係があった。さらにカイガラムシ寄生数と樹高の間にも強い相関関係がある事があきらかになった。被害林の樹木1本1本の樹高を測定する事で被害林内に生息し

表-6 各試験区における供試木の樹冠の様態推移

通常注入区				収穫2ヶ月前注入区			
区分	樹種	8週後	10月7日	区分	樹種	8週後	10月7日
No. 1	クリ	5	5	No. 1	クリ	5	5
No. 2	クリ	5	5	No. 2	クリ	5	5
No. 3	クリ	5	5	2本 平均		5	5
No. 4	クリ	4	4	区分	収穫1ヶ月前注入区		
No. 5	クリ	5	5	No. 1	クリ	5	5
No. 6	クリ	5	5	No. 2	クリ	5	5
No. 7	クリ	5	5	2本 平均		5	5
No. 8	クリ	5	5	区分	無処理区		
No. 9	クリ	5	5	No. 1	クリ	4	3
No. 10	クリ	4	4	No. 2	クリ	4	4
No. 11	クリ	5	5	2本 平均		4	3.5
No. 12	クリ	5	5				
No. 13	クリ	5	5				
No. 14	クリ	4	4				
No. 15	クリ	5	5				
15本 平均		4.8	4.8				

注) 供試木の様態 5 正常, 4 一部葉枯れ, 3 半分葉枯れ, 2 全部葉枯れ, 1 枯死

うるカイガラムシ数を算出できる可能性が高くなった。カイガラムシの増殖率がわかれば、被害の拡大状況などの予測に活用ができるかもしれない。

食用グリに対する殺虫剤（アセタミプリド2%50倍液）を樹木類に農薬登録された方法に基づき自然圧で展葉期の5月、9月末の収穫2ヶ月前の7月と収穫1ヶ月前の8月に注入したところ、ほぼ完全注入でき、殺虫効果も100%であり、無処理と比較しても明らかに殺虫剤の注入効果がある事を2年間にわたって観察した。また、現在、収穫したクリの実から殺虫剤の有効成分アセタミプリドの検出調査をしているが、昨年の試験結果では採取したクリからは、有効成分は0.01ppmの検出限界で検出されなかったため、本試験においても有効成分が検出されなければ、食用グリでの殺虫剤の樹幹注入による予防方法は、非常に有力

な方法として期待される。

参考文献

- (1) 河合省三 (1973) 樹木を加害するカイガラムシの見分け方 (3), 森林防疫22, 277-282.
- (2) 河合省三 (1994) 吸汁性害虫 カツラマルカイガラムシ (森林昆虫. 小林富士雄, 竹谷昭彦編, 養賢堂), 427
- (3) 大澤正嗣・名取 潤 (2005) カツラマルカイガラムシの生態の解明と天敵を利用した被害軽減法の検討. 山梨県森林総合研究所事業報告 (平成16年度), 16-17.
- (4) 斎藤直彦・在原登志男 (2007) 福島県の広葉樹林で発生したカツラマルカイガラムシ被害. 森林防疫 56 (4): 9-16.
- (5) 斉藤正一・上野 満・世儀一清・阿部 豊 (2007) カツラマルカイガラムシによる広葉樹林の集団葉枯れに対するネオニコチノイド系殺虫剤の樹幹注入による防除の試み. 林業と薬剤180: 17-22.
- (6) 上野 満・斉藤正一 (2007) 山形県におけるカツ

- ラマルカイガラムシ被害林の林分構造と更新状況56  
(5) : 3-11.
- (7) 斉藤正一・上野 満・小澤道弘・世儀一清 (2008)  
カツラマルカイガラムシによる広葉樹林の集団葉枯  
れに対するネオニコチノイド系殺虫剤の樹幹注入に  
よる防除の試み (2). 林業と薬剤184 : 1-7.
- (8) 斉藤正一・上野 満・小澤道弘・世儀一清 (2009)  
カツラマルカイガラムシによる広葉樹林の集団葉枯  
れに対するネオニコチノイド系殺虫剤の樹幹注入に  
よる防除の試み (3). 林業と薬剤187 : 1-13.
- (9) 斉藤正一・上野 満・小澤道弘・西川博明 (2010)  
カツラマルカイガラムシによる広葉樹林の集団葉枯  
れに対するネオニコチノイド系殺虫剤の樹幹注入に  
よる防除の試み (4). 林業と薬剤191 : 1-7.
- (10) 斉藤正一・上野 満 (2011) カツラマルカイガラ  
ムシによる広葉樹被害とクリへの殺虫剤の樹幹注入  
効果. 林業と薬剤195 : 8-16.
- (11) 浦野忠久・北島 博・牧野俊一・在原登志男・大澤  
正嗣・斉藤正一・岡田充弘 (2009) カツラマルカイ  
ガラムシの天敵昆虫の採集と寄生バチによる寄生状  
況. 第120回日本森林学会大会講演要旨集 (CD-ROM)
- (12) 浦野忠久・斉藤正一・蛭田利秀・布川耕市・大澤  
正嗣・岡田充弘 (2010) カツラマルカイガラムシに  
よる被害状況と寄生バチの発育及び羽化消長. 第121  
回日本森林学会大会講演要旨集 (CD-ROM)

《好評発売中!!》

〈誌中広告〉

## 第3版 緑化木の病害虫——見分け方と防除薬剤——

定価1300円 (消費税込み, 送料別)

社団法人林業薬剤協会 病害虫等防除薬剤調査普及研究会 編

- A5版ハンディータイプ, 専門家から一般愛好家までのニーズに対応, 使いやすさ抜群
- 緑化木の病虫害について網羅, その見分け方と防除方法, 最新の使用可能薬剤を掲載
- 試験場等の専門家, 樹木医, 公園緑化担当者等からの要望に応え第3版刊行
- 発刊日 平成22年8月1日
- 購入申し込みはFAXまたは電子メールで社団法人林業薬剤協会まで

FAX 03-3851-5332 (TEL 03-3851-5331)

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

## マツノザイセンチュウの個体群について考える (2)

竹本 周平\*

### はじめに

マツノザイセンチュウ (*Bursaphelenchus xylophilus*; 以下、まぎらわしくない場合は線虫と略す) によって引き起こされるマツ材線虫病は、北海道と青森県を除く日本全土のマツ林に少なからぬ枯損被害をもたらしている。本病については、基礎・応用を含めた国内外の研究成果を整理して概説した英文の解説書が2008年に出版されている。本書は当時までに蓄積された膨大な情報の入り口として非常に有用である。このたび林業と薬剤誌上に寄稿する機会を頂いたので、本書のうち筆者が分担執筆した線虫個体群に関する章を和訳し、この内容を国内の読者に向けてひろく紹介したいと考えた。本稿の構成はおおむね原著に沿っているので、参考文献等さらなる情報が必要な場合は原著と見比べて頂きたい。原著の構成は下記のとおりである

- (1) はじめに
- (2) 種内系統
- (3) 単木内の個体群動態
  - (3-1) 培養個体群 / (3-2) 単木内の個体群成長および樹体内移動 / (3-3) 個体群成長に影響を及ぼす要因 / (3-4) 種内競争
- (4) 遺伝子流動および個体群構造
- (5) 病原力の進化
  - (5-1) 遺伝的に不均質な個体群の性質 / (5-2) 病原力の進化

### (6) まとめと展望

筆者の都合により2巻にまたがる連載となってしまうことをご容赦いただきたい。本稿はこのうちの後編であり、(3-4)～(6)までを紹介する。

### 種内競争

前編で紹介した弱病原力アイソレイト (線虫のアイソレイトとは、野外等から分離された飼育個体群のこと) は、強病原力のアイソレイトと競争した場合明らかに不利であると思われる。弱病原力アイソレイトはマツ切枝への侵入力が弱く、健全なマツ樹体内での移動分散力および増殖力も弱い。弱病原力アイソレイトはマツ樹をほとんど枯らすことがないために、媒介者であるマツノマダラカミキリ (以下、まぎらわしくない場合はカミキリと略す) によって伝搬される機会もまれであろう。カミキリ1頭に運ばれる線虫頭数も弱病原力アイソレイトのほうが強病原力アイソレイトよりもはるかに少ない。野外では、線虫個体群の病原力は一林分内であっても枯死木単木ごとに、またカミキリ個体ごとに異なっているため、マツ樹はさまざまな病原力レベルをもった複数の線虫個体群に感染するはずである。しかし、クロマツ枯死木2本から地上高別に採取した各5アイソレイトの調査では、分離源を採取した部位によらず単木内のアイソレイトは病原力が同程度であったと報告されている。このことは、単木内の個体群が均質な個体の集まりであること、もしくは個体群

\* 森林総合研究所 森林微生物研究領域 特別研究員  
TAKEMOTO Shuhei

は遺伝的に異質な個体の集まりではあるが交配は単木内で偏りなく行われていることを示している。この単木内の均質性を説明するために、つぎのような研究が行われた。PCR-RFLP マーカーで識別できる二つのアイソレイトを同じクロマツの木に接種し、両者のあいだの競争を個体群構造に基づいて解析しようというものである。強病原力アイソレイトと弱病原力アイソレイトを同じ木に接種した場合、接種の順序によらず常に強病原力アイソレイトが優占し、弱病原力アイソレイトはほとんど排除される。強病原力の2アイソレイトを同じ木に接種した場合、先に接種したアイソレイトのPCR-RFLPパターンを示す個体が優占するが、先に定着したものがあとから導入されたものを完全に排除するようなことはなかった。二つの強病原力アイソレイトのPCR-RFLPパターンが混ざったパターンを示す個体もしばしば認められたことから、両者の交雑が示唆された。この結果は弱病原力アイソレイトがごく限られた寄与しかなしえなかったことを示しているが、その理由は、弱病原力アイソレイトの樹体内での競争力、すなわち侵入力や増殖力が弱いせいで、強病原力アイソレイトとの交雑にまで至る個体が少なかったためではないかと筆者は考えている。交雑個体群の群内や群間での病原力の進化については後述する。

通常、遺伝子座が異なればその遺伝子自身や近隣の座位の遺伝子の機能に応じて異なる選択圧にさらされる。ここで、筆者らの行った飼育実験で線虫個体群内の *hsp70A* 対立遺伝子のふるまいが明らかになった事例を紹介したい。まず、S10(強病原力アイソレイト)とC14-5(弱病原力アイソレイト)からなる混合個体群を用意するため、S10もしくはC14-5の2齢幼虫あわせて1万頭を含む懸濁液500 $\mu$ lを50mlの三角フラスコ内で培養した灰色かび病菌の菌叢上に接種した。このとき混合比は、S10が創始個体群中100, 99, 90, 70, 50, 30, 10, 1, もしくは0%となるような

9段階を設定した。これらの培養ラインは20°Cで維持し、一ヶ月ごとに植え継いだ。なお植え継ぎの際には、新たな食餌源として大麦培地(皮付きの麦粒10mlに水道水10mlを加え、121°Cで20分間オートクレーブ処理したもの)上で1ヶ月間培養した菌叢を常用した。S10とC14-5を1:1で混合したとき、培養20~30日後には *hsp70A* の強病原型対立遺伝子の頻度が90~96%になっていた。一方、筆者らの結果と異なる研究例も知られている。その研究では、OKD1(弱病原力アイソレイト)とKa4(強病原力アイソレイト)というアイソレイトが100頭ずつ同じシャーレに導入された。個体ごとにITS領域のPCR-RFLPパターンを調べたところ、培養25日後には強-強ホモ型、強-弱ヘテロ型、弱-弱ホモ型の3タイプが見いだされ、その比はおおよそ1:2:1であったとしている(強病原型対立遺伝子の頻度としては約50%ということになる)。筆者らの研究と異なる結果となったのは、用いたアイソレイトや着目した遺伝子の違いからかもしれない。

S10とC14-5の混合個体群内では *hsp70A* 対立遺伝子の多型性が保たれていた。対立遺伝子の多型といえば、ヒト鎌形赤血球貧血の原因遺伝子の多型が非常に有名である。この例で貧血の原因となる対立遺伝子は、ホモに持つと致死性であるが、正常型の遺伝子とともにヘテロに持つとマラリアに対して耐性となる。ヘテロ接合型はこのマラリア耐性のために、貧血を発症しない正常ホモ接合型よりもマラリア流行地においては適応度が高くなる。鎌形赤血球貧血の遺伝子座が多型状態で維持されているのは、超優性とよばれるこの現象で説明できる。筆者らは *hsp70A* の2対立遺伝子の頻度が混合培養下で安定化することを観察したので、遺伝子頻度の収束過程に超優性モデルをあてはめC14-5型の対立遺伝子をホモに持つ個体の淘汰係数を算出した。少数の例を除き、淘汰係数はS10の混合比によらず同等となった。この一定の淘汰係数のもとで超優性モデルから予測さ

れた遺伝子頻度は、観測値によく一致した。この現象の機能的な意義については、詳しく検討していない。

### 遺伝子流動と個体群構造

前編では、単木内における線虫の個体群成長について論じた。今度は、線虫の伝播過程やそれによって形作られる個体群構造について考えてみたい。線虫とその媒介者であるマツノマダラカミキリとの関係についてここでは詳述しないが、さらに詳しく知りたい方は原著の13章<sup>1)</sup>および17章<sup>2)</sup>を参照して欲しい。

線虫アイソレイトの病原力は、一つの林分の中でもマツ樹個体間で大きくばらつく。このことは、これらのアイソレイト間に遺伝的な変異があることを示唆している。筆者らは、このような変異を直接的に示すため、野外林分において複数のマツ樹からそれぞれ線虫個体群（地域個体群の構成要素であるサブ個体群とみなした）を採集し *hsp70A* 対立遺伝子の頻度を調査した。先述のとおり、室内試験では強病型対立遺伝子の頻度は混合培養下で安定し、培養開始の200~300日後におよそ0.7に収束した。しかし野外林分では、強病型対立遺伝子の頻度はサブ個体群間でばらついており必ずしも0.7に近くなかった。強病型と弱病型の対立遺伝子はアミノ酸レベルでは同義であるので、野外個体群における *hsp70A* の遺伝子頻度は自然選択によって定まるわけではなく、むしろ遺伝的浮動といった偶然的要因の影響を強く受けているものと考えられる。筆者らの例のほか、地理的に離れた3地点のマツ林（田無、つくば、千葉）において線虫個体群の遺伝的構造をマイクロサテライト（「エスエスアール」ともよぶ）マーカーを用いて解析した研究がある。この研究においても、ランダム交配を仮定した場合のヘテロ接合体の期待値よりも実際の観測値が小さかったことから、強いボトルネックの存在が示唆されている。田無の個体群は非常に均質であり、ほとんど

単一の遺伝子型によって占められていた。千葉とつくばの個体群はそれほど均質ではなかったが、多型性は他の生物で知られているよりも低かった。モデルベースのクラスタリング法および近隣結合法を用いて個体群を系統解析すると、千葉とつくばの個体群は互いに入り交じったが、田無の個体群はそのいずれとも遺伝的に隔たっていることが示された。田無の個体群が遺伝的な隔離状態を保っている理由としては、当該マツ林が大規模な住宅地に囲まれて孤立していることが挙げられている。また、多型がほとんど見られないのは田無の個体群がごく少数の個体からなる創始個体群に端を発したからではないか、とも論じられている。

### 遺伝的に不均質なマツノザイセンチュウ個体群の性質

筆者らは、野外では *hsp70A* の強病型および弱病型の対立遺伝子の頻度が地域内のサブ個体群間でばらついていることを指摘した。この遺伝子座は病原力原因遺伝子とは関連がなく連鎖もしていないと考えている。しかしその地域に両対立遺伝子が存在し、その頻度がばらつくことは、強病原力および弱病原力の両方の祖先個体群からの遺伝的寄与があることやその割合が個体群ごとにはばらつくことを示唆しているかもしれない。これらのことから、日本産のマツノザイセンチュウ個体群は潜在的に、病原力について遺伝的に不均質であると筆者は考えている。

マツ材線虫病では、病気の症状もしくは宿主植物に対する傷害は線虫の個体群によって引き起こされる。そして、この個体群は野外においては多少なりとも遺伝的に不均質である。苗畑や実験室などでの実験的研究においても、遺伝的に不均質な個体群がしばしば用いられているが、このことは菌株の均質化が行われる多くの菌類病とは事情が異なっている。この不均質性に気がつかないと、マツノザイセンチュウの病原力の解析は、残

念ながら、ときに困難であり不正確なものになるおそれがある。それゆえ筆者は、不均質性を認識したうえで不均質な個体群の性質を評価することに意味があると考えた。そこで、強病原力アイソレート S10 と弱病原力アイソレート C14-5 を混合培養して交雑させた個体群の病原力を、1 年生および 2 年生のクロマツ実生苗を用いて評価した。その結果、交雑個体群は強病原力アイソレートの遺伝的寄与に応じた様々なレベルの病原力を発揮することが示された。筆者らはまた、強病原力アイソレートの遺伝的寄与度の異なる個体群を接種した場合の  $T_0$  (耐性限界) および  $R_{mi}$  (枯死進行度) の値を調査した。 $T_0$ 、 $R_{mi}$  とともに、先行研究において考案された指標である。 $R_{mi}$  は苗の個体群内に枯死が進行する速度を反映する指標で、当初は枯死速度とよばれた。耐性限界  $T_0$  は苗の個体群内で枯死が始まるのに要する負荷量 (累積的な傷害) の閾値である。筆者らの実験では、 $T_0$  と線虫の病原力 (マツ苗の最終的な枯死率) のあいだに何ら相関は見出せなかったが、苗の年生は  $T_0$  の値に影響し、1 年生苗に接種したほうが 2 年生苗に接種した場合よりも値が小さかった。なお、筆者らの用いたよりも若い苗を用いた先行研究で、 $T_0$  はさらに小さい値となっている。この先行研究はまた、異なる強度で人工酸性雨処理された苗の間で  $T_0$  が異なったことを報告している。これらのことを考え合わせると、 $T_0$  は接種源固有の性質よりも苗の生理的状态に依存するように思える。一方  $R_{mi}$  については、接種後 2 ヶ月時点での苗の枯死率との相関が見られた (スピアマンの順位相関係数が 1 年生苗で 0.755、2 年生苗で 0.659)。この  $T_0$  や  $R_{mi}$  を用いて枯死過程を説明するモデルはあくまで経験モデルであるため、それらの値からただちに生理的な意味を見出すことは困難である。したがって、このモデルは実験によって検証されなければならない。線虫と宿主のあいだの生理的な相互作用について、さらなるデータが必要である。

## 病原力の進化

病原力は被害量に直接関係する性質であるだけに、それがどのような進化の過程をたどっているかを明らかにし、そして将来的にどのような過程をたどることになるのかを予測することは重要である。筆者の知る限り最も初期の研究例は、継代培養中に病原力の低下した線虫個体群をクロマツ苗に接種し、枯死後に再分離して病原力の回復の有無を調べたものである。もとの個体群と再分離した個体群を 5 年生苗各 10 本に接種して病原力を評価した結果、枯死率は前者で 0 本、後者で 1 本となり、明確な差は現れなかったとしている。宿主へ感染し発病枯死に至らしめるあいだに、線虫個体群の病原力は回復しなかったわけである。しかし、この結果を直ちに一般化することはできない。病原力という形質が選択圧を受けないほどに、すでに個体群が遺伝的に均質化されていたことも可能性としては考えられるからである。そこで筆者らは、病原力に関して遺伝的に多様なことが明らかな、強・弱病原力個体群間の交雑個体群を利用し、つぎのような実験を行った。まず、交雑個体群を健全なマツ苗および熱湯をかけて枯死させたマツ苗に接種し、1 ヶ月後に再分離した。ここでは仮に、前者の個体群を「マツ枯れ群」、後者の個体群を「熱湯枯死群」とよぶことにする。病原力の評価のためこれらを再度マツ苗に接種したところ、統計的には有意でなかった ( $P = 0.182$ , マン・ホイットニーの U 検定) もの、マツ枯れ群と熱湯枯死群はすべて元株 (菌叢上に培養して維持していた交雑個体群) よりも多くの苗を枯らした。この結果は、病原力の維持または増進に、宿主 (生死を問わない) との接触が重要なことを示唆している。裏を返せば、線虫の個体がマツ樹体の中で生存し繁殖するうえで強い病原力を持つことが有利にはたらくとも考えられる。さらに、マツ枯れ群と熱湯枯死群を比較してみると、健全な苗への侵入率はマツ枯れ群の方が高かった。や

は有意ではなかった ( $P=0.147$ ) が、侵入力は個体ごとにばらつきのある遺伝的な性質であり健全マツへの侵入時に選択圧にさらされることや、熱湯で枯死したマツではそのような選択圧を生じるような抵抗性が失われているか弱められている可能性を示唆している。

それでは、病原力は個体群間でどのように進化するのだろうか。筆者は数理モデルを用いてマツノザイセンチュウの病原力の進化の解析を試みた。代数モデルは常により強い病原力が進化することを示唆したが、格子モデルを用いたシミュレーションでは病原力の平均値が中程度に維持された。これまで、より一般的な感染症を扱った理論的研究において、格子モデルによって宿主個体群に空間構造を導入すると、感染が局所的に起こる場合には中程度の病原力が維持されるが、感染が大域的に起こる場合には病原力・伝播率ともに最大化されるという結果も得られている。この研究によると、感染が局所的に起こる場合には、病原体の低い病原力と弱い伝播率ものとは、感染した宿主に繁殖の余地があり宿主の局所密度が高まるため、集中分布する宿主の上で病原体が維持されやすい、とされた。筆者らの行ったシミュレーションの結果は、感染が大域的に起こると仮定していたので単純な比較はできないが、ひとつのシミュレーションの試行を一地域のマツ林での流行過程とみなすと、強病原力が進化することと病原力の高い線虫個体群が地域的に絶滅することのバランスによって、全体としては中程度の平均病原力が維持されたものとみることができる。さらに、ひとつのシミュレーションの試行に着目してみると、材線虫病の流行によってマツの個体群密度が低下する局面では線虫の平均病原力も低下するという現象が見られた。これは、まばらになったマツ林ではカミキリによる伝播が効率的に行われず、病原力の高い線虫個体群ほど急速に除去される一方で、病原力の低い個体群のみが潜在感染状態でマツ林内に残留することを表している

と解釈できる。このような弱病原力の個体群は、マツ林が再び密度を回復するまで偶然的に生き残っている可能性がある。なお、マツノザイセンチュウ個体群がマツに材線虫病を引き起こさず潜在感染している例はオウシュウアカマツ、チョウセンゴヨウ、クロマツなどで実際に報告されている。筆者らの解析の結果は、材線虫病の流行拡大期に強病原力の線虫個体群が分離されている事例や、流行終息期にそれほど病原力の高くない個体群が分離されている事例とも合致しており、この理由をうまく説明している。

マツノザイセンチュウは、健全なマツに対してはカミキリの摂食痕を通じて、罹病・枯死しているマツに対してはカミキリの産卵痕を通じて、それぞれ伝搬される。この二つの経路を個別に考慮する必要性を指摘し、二つの経路を明示した漸化式で材線虫病の伝染環を記述、解析した研究がある。この研究では、マツノザイセンチュウを含む *Bursaphelenchus* 属線虫と媒介者のカミキリムシとのあいだの関係性の例を3つ挙げ、摂食痕を通じた伝播率と病原力とのあいだに正の相関があること、産卵痕を通じた伝播率と病原力のあいだに負の相関があることを仮定している。解析の結果、カミキリの産卵資源となるような枯れ木が頻繁に供給されるような状況下では、病原力と伝播率のあいだのトレードオフの様式によっては病原力の低い線虫個体群ほど基本増殖率が高くなる可能性があることと結論された。このように仮定されたトレードオフの様式と程度を実際に調査することも重要である。また、筆者らの研究ではトレードオフを明示的に仮定せずに病原力の変動を説明したが、マツ林がまばらになったときにこれらのトレードオフが弱病原力の安定化をもたらすのかどうか、さらなる検討が必要である。

以上を踏まえた筆者の仮説だが、マツ林に材線虫病の被害が拡大するのにもなって線虫個体群のあいだで強病原力が進化する(個々の個体群内でこれに逆行するほどの病原力低下は起こらな

い)。もし、枯死木から健全木に線虫が伝搬されるままにしておけば、個体群の病原力は高まり被害はますます加速するかもしれない。したがって、線虫個体群の病原力が高まるのを抑制するという意味においても、感染源となる枯死木を処分して伝染環を断ち切ることの重要性を強調したい。感染源の除去が進化過程に及ぼす影響について理解を深めるためには、さらなる野外調査と数理的解析との両方が必要である。

### まとめと展望

本稿でははじめに、マツノザイセンチュウが北半球にひろく分布していることを紹介し、アジアとポルトガルの個体群は原産地である北米の多様な個体群から取り出された小さな一部分（が拡散したもの）であることにも触れた。北米の多様な個体群にはまだ調査の余地があり、新たな調査からは多くの事実が浮かび上がってくると期待される。

つぎに、培養下および単木内での線虫の個体群動態について論じた。個体群は、少数の個体に端を発し、急速に樹体内の全体に拡散しながら増殖してマツを枯死に至らしめる。やがて個体群密度の低下とともに樹体内の線虫の分布は集中的になり、カミキリの蛹室周辺に集合した個体のうちごく一部がカミキリ虫体に移り新たな宿主マツへと運ばれる。このような伝染環をたどることから必然的に線虫個体群には強いボトルネック効果はたつき、ひとつの枯死木内の個体群は遺伝的にある程度均質になる。遺伝的な多様性は、枯死木内というよりもむしろ、枯死木間や地域間で維持されているようである。

本稿の最後で、病原力の進化について論じた。

線虫個体群が病原力の異なる個体の集まりであり、個体群の病原力が強病原力の個体の頻度に応じて決まると考えると、中程度の病原力を持つ個体群から病原力のさまざまに異なる個体群が遺伝的浮動によって生じることになる。新たな宿主木に感染を広げる競争の結果、線虫の病原力は個体群間で高まる傾向があるが、マツ林がまばらになると強病原力の個体群は急速に除去される。病原力の弱い個体群のみが、マツ林が再び密度を回復するまで潜在感染状態で生き残る可能性がある。この解析結果からは、宿主マツの個体群動態と同調して線虫個体群の病原力が変動すると予測される。ただし、筆者らの解析はマツノザイセンチュウとマツの共進化の途上の過程を見ているに過ぎないのかもしれない。病原力が変動することとは、病原体である線虫と宿主であるマツのあいだの関係が成熟し安定化していないことを示唆している。実際、本来の生息地である北米では線虫によるマツ林の壊滅的な被害が起こることがなく、マツノザイセンチュウと北米在来マツの関係は安定しているようである。線虫とマツとの共進化の過程についてより深く理解することは、材線虫病を制御するための新規手法の開発につながるかもしれない。

### 参考文献

- 1) Aikawa T (2008) Transmission biology of *Bursaphelenchus xylophilus* in relation to its insect vector. pp.123-138. In *Zhao BG et al. (eds.) Pine wilt disease*. Springer, Tokyo, Japan.
- 2) Togashi K (2008) Vector-nematode relationships and epidemiology in pine wilt disease. pp.162-183. In *Zhao BG et al. (eds.) Pine wilt disease*. Springer, Tokyo, Japan.

## おとしぶみ通信（４）

### 「もぐる虫（その２） 菌を使う虫アンブロシアビートル」

福山 研二\*

森のおとしぶみです。今回は、前回お送りした、もぐる虫の続き２回目をお送りします。

#### 材にもぐる虫

さて、今回は、木にもぐる虫でも、樹皮の下を食べる虫、パークビートルのお話しをしました。今回は、皮の下ではなく、材の中にもぐる虫の話しましょう。

前回も申しましたが、樹木で生きている部分というのは、若い枝や葉の部分と樹皮の内側部分だけであり、残りの部分は、ほとんどが死んだ細胞の抜け殻でできています。これは、セルロースという、繊維状の丈夫な成分と、リグニンというセメントのように固まるものからできています。そして、これは非常に丈夫なものであり、北アメリカには8000年を越えるような寿命を持つマツもあるくらいです。法隆寺のように1000年以上も立派に建っている木造建築物などを支えているのも、セルロースとリグニンなわけです。

このように、腐りにくいと言うことは、微生物にとってさえ、なかなか分解しづらいと言うことです。ですから、虫がそれを食べようと思っても、なかなか思うようには行きません。

でも、もし、この材の部分を食べることができれば、こんなすばらしいことはないわけです。なぜかといえば、材木の中に潜り込めば、外敵から逃れることができるし、雨風も防ぐことができます。そして、なによりもまわりじゅうがすべて食べ物に囲まれているわけで、まるでお菓子のお家

に住んでいるようなものです。

そこで、セルロースやリグニンを食べることが出来る微生物をうまく利用する虫が現れたのです。

#### 菌を使う

私ら虫の世界では、親が決めてくれた食べ物を食べるだけなんです、人間の皆様は、まあなんでもお召し上がりになるそうですね。それでも、それだけだと消化が悪かったり、おいしくなかったりするのです、発酵させたりして食べることも多いようです。特に、日本では、昔から味噌や醤油など麴を使った調味料が有名ですね。そうそう、なんでもお酒などと言うきわめておいしい飲み物もあるそうで、一度は飲んでみたいもの……。

ダイズというのは、畑のお肉とも言われるほど、タンパク質に富んでいておいしいそうなんです、よく煮たりしないと消化が良くないそうですね。そこで、発酵させて納豆などというものをこしらえるそうです。まあ、関西の方なんかは、あんな豆の腐ったものなんか食べたもんじゃないとおっしゃいますが、食べてみれば柔らかくてとってもおいしいものだそうです。これは、バチルス・ナットーという菌を利用しているんですね。

ところで、菌などの微生物を活用するのは、なんにも人間様の専売特許ではありません。私たち、虫の世界でも結構活用しているんです。

#### アンブロシア菌とキクイムシ

アンブロシアビートルズ（アンブロシアキクイムシ）という虫がいます。これは1種類の虫を指しているのではなく、菌を材内で培養して子供を

\*（独）森林総合研究所フェロー FUKUYAMA Kenji

育てる甲虫類のことで、養菌キクイムシとか養菌穿孔虫と言ったりします。アンブロシアというのは、ギリシャ語で「神の食べ物」という意味だそうです。きっと納豆のようにおいしいんでしょうね。アンブロシア菌というのは、この養菌キクイムシが利用する微生物の総称で、分類学的には様々の種類を含んでいますが、ちゃんとした子実体を作らない不完全菌と言われるものがほとんどです。この神の食べ物、アンブロシア菌を利用する虫ということで、アンブロシアビートルと呼ばれるわけです。

分類学的にはナガキクイムシ科 (Platypodiidae) とキクイムシ科 (Scolytidae) の一部からなっています。前回お話ししたパークビートルが温帯や亜寒帯の針葉樹に多いのに対して、アンブロシアビートルは、主に熱帯に多く、広葉樹を食べるのがほとんどです。まあ、微生物を利用するには、温度と湿り気が必要だから、熱帯なら都合が良いのかもしれないですね。

### ナガキクイムシの仲間

ナガキクイムシというのは、名前から分かる通り少し縦長の体をしているものが多く、一夫一妻の亜社会性の生活をします。亜社会性というのは、子供と親が同居して子供のめんどうをみる場合を言います。ちなみに、真社会性というのは、ミツバチやアリ、シロアリのように、同居者に兵隊や労働者のような役割分担ができて、子供を産まないものがでてくるものを言います。実は、ナガキクイムシでも真社会性のものが見つかるそうです。これは、材のように長期間大量にある資源を利用する場合、一度作った住みかを長期間利用した方が有効であるためと、材のように利用しづらい資源では、共同で利用する方が有利だから、社会性が発達したようです。

アンブロシアビートルの特徴として、親が菌を運ぶための入れ物を持っていることです。これを菌嚢 (きんのう) といい、胸部の背中側にありま



図1 カシノナガキクイムシ雌成虫と菌嚢 (マイカンギア)

す (図1)。この形なども、分類などの良い指標となっています。キクイムシは、材の中で蛹から成虫になりますが、その後、まわりのトンネルの壁に生えているアンブロシア菌の菌糸を菌嚢の中にとり込みます。こうして次の住み場所に植えるための種菌を取り入れるわけです。そうして、材から飛び出した成虫は、まずオスが飛び回って倒木などをみつけると、そこに穿入してトンネルを掘ってメスを待ちます。そして飛んできたメスと交尾すると、メスは、材の中に穿り込み、分岐したトンネルを作ってから、その壁に運んできたアンブロシア菌を植え付けるのです。

まあ、多くの虫が産みっぱなしなのに比べて、子供達のために食べ物を植えて育てるなんて、けなげな虫ですよ。最近じゃ、人間様でも産みっぱなしが多いと言うじゃありません。まったくもって最近の人間と来たら……いや、話をどしましょう。

メスは、トンネルの壁に卵を産んでいきます。これはパークビートルと同じですが、違うのは、卵から孵った幼虫は、主に材の表面に生えてくるアンブロシア菌やその分泌物を食べるため、あまり材にトンネルを掘らないことです。ですから、ヤツバキクイムシのような羽毛状の食痕 (図2

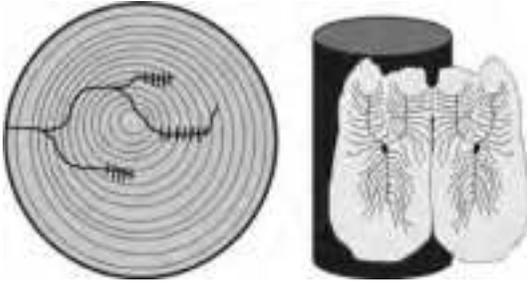


図2 ナガキクイムシ類(左・櫛歯状)とヤツバクイムシ(右・羽毛状)の食痕

右)ではなく、自分の体が入る程度の孔をトンネルの壁に作るので、櫛の歯状の食痕になることが多いのです(図2左)。それでも、子供達が孔を作るために、木くずが沢山トンネルにたまりま。それをメスの親が外に運び出し、それをオスが助けたりするそうです(写真1, 2)。まあ、仲の良いこと。やはり子は鏝(かすがい)ですな。

こうして、親が育ててくれた、おいしい(本当においしいかは知りませんが)食べ物を食べて、自分では堅い材木に長いトンネルを掘ることもなく、ぬくぬくと孔の中で育つわけです。そうして、蛹になり、成虫になると、親が掘ってくれた元のトンネルを伝って、孔から出てきて、新しい餌となる倒木や枯れ木を目指して飛び立つわけです。ですから、ナガキクイムシなどが繁殖した木を見ると、ヤツバクイムシなどに比べて、孔がそれほど沢山は空いていません。つまり、1つの孔から沢山の虫が出てくるわけです。

ところで、こうして話してしまうと簡単に見えるようですが、虫たちにとっては大変なことなんです。まず、餌となる倒木や枯れ木はそんなにしょっちゅうできるものじゃありません。ですから、オスは必死で探すのです。そのために、オスは臭いのレーダーを持っていて、枯れたばかりの木から出る臭い(多くはアルコール類の臭い)を目当てにしたりします。それでも、それほど高性能ではないので、大部分のオスは、餌を見つけられずに死んでしまいます。偶然にも、餌となる木を見つけたオスはフェロモンという特別のにおい

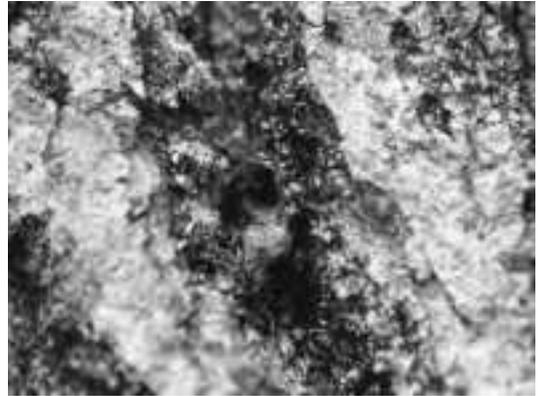


写真1 カシノナガキクイムシの穿入孔(木くずが排出される)



写真2 被害をひどく受けると、木くずが根元に堆積する。

を出して、メスも呼びますが、仲間となるオスも呼びます。そのため、一旦クイムシに発見された餌木には、大量のクイムシが穿り込みます。これをマスアツタックといいます。

せっかくおいしい餌を見つけたんだから、独り占めすればいいんじゃないかって。それが、人間のあさましさというものですよ。そんなことから、人間の世界では戦争がなくならないんですよ。世の中助け合いが大事なんです。材にトンネルを造って菌を植えたって、うまく育つ保証があ

るわけじゃありません。他の微生物がはびこるかもしれないし、他の虫が食べるかもしれません。そこで、仲間を集めて、そこら中にトンネルを掘って一斉に菌を植えれば、たちまちに材の中に蔓延して、たとえ自分が植えた菌がうまく育たなくても、仲間が育ててくれた菌が増えてくれるんじゃないでしょうか。特に、熱帯林では、腐朽菌ばかりでなく、シロアリなども盛んに活動しているので、倒木を早いうちに利用してしまうのが勝ちなのです。もっとも、本当のところは、虫に聞かなきゃわかりませんがね。

### 害虫になったカシノナガキクイムシ

ところで、ヤツバキクイムシの仲間では、重要な害虫になっているものが多く、北欧でもアメリカでも、もちろん日本でも林業上の大問題となっていることは、前回お話ししましたが、このアンブロシアビートルの仲間は、ほとんど害虫といえるものはいないのです。我が国では、ヤチダモノナガキクイムシ(写真3)というのが害虫と言われていますが、これも伐採をして林内に長いこと置いておくと、それに潜り込んでしまって、材の値段を下げてしまうのであって、ヤチダモを枯らすことはありません。それは彼らが基本的に枯れ木を利用するからなのです。いや、害虫どころか、

彼らは枯れて用がなくなった倒木や枯れ枝などに穴を開けて、微生物を培養し、分解を促進しているのです。また、熱帯林では、枯れた枝の基部にキクイムシが潜入して繁殖し、枝を折れやすくしているようです。これはあたかもキクイムシが枝打ちをしてきているようなものです(写真4)。

ところが、最近本当に生きた木を枯らしてしまう、アンブロシアキクイムシが現れたのです。そうです、それがカシノナガキクイムシによるナラ枯れなのです(写真5)。

カシノナガキクイムシ(図1)は、*Platypus quercivorus* という学名で、その被害は1930年代に南九州で確認されていたのですが、その後はあ



写真4 マレーシア熱帯林(パソー保護林)の枯れ枝の付け根にある、キクイムシの食痕(前藤薫氏撮影)

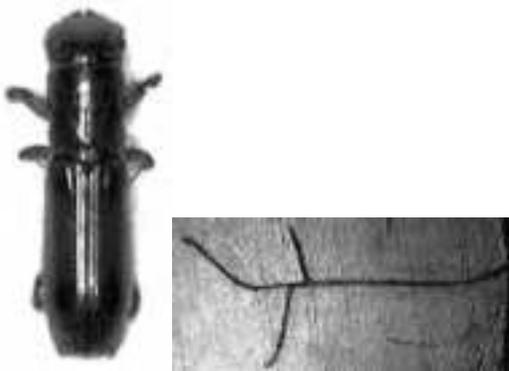


写真3 伐採丸太に入り込むヤチダモノナガキクイムシ(左が成虫、右が食痕)(森林総研北海道支所 HP より)



写真5 里山のナラ類が枯れていくナラ枯れ(長野県北部)

まり問題にもならなかったのですが、1980年代以降、被害は着実に拡大していきました。特に新潟や福井などの日本海側で被害が拡大し、山形、長野、福島などに拡大すると共に、京都などに南下してきました。被害を受けるのは、ミズナラ、コナラなどのナラ類です。特に、ミズナラでは被害が大きく、しかも大木ほど被害を受けやすいことが分かってきました。

それでは、本来は枯れ木しか食べないはずのアンブロシアキクイムシであるカシノナガキクイムシが、なぜ生きた木を枯らすようになったのでしょうか。

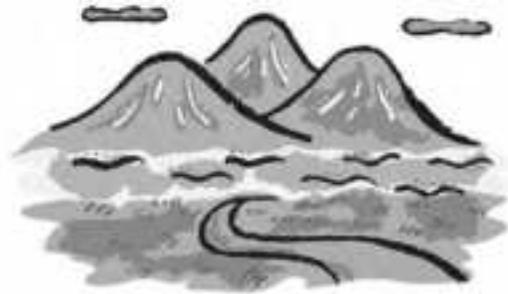
それはどうやら、ナラ菌 (*Raffaelea quercivora*) と呼ばれる微生物が真犯人のようなのです。このナラ菌は、カシノナガキクイムシの菌嚢 (マイカンギア) に入っていて、成虫が、ミズナラなどに穿孔した際に、材内に導入されます。少しくらいなら枯れることはないのですが、いわゆるマスタックのように、沢山の成虫に潜り込まれると、幹の水を通す力が弱まって、枯れてしまうようです。これはちょうど、ヤツバキクイムシの時にお話ししましたように、本来は木を枯らすことはほとんどないヤツバキクイムシが、沢山穿孔すると、青変菌を持ち込んで、木を枯らしてしまうのと似ています。

ところで、このナラ菌はカシノナガキクイムシ

が本来持っているアンブロシア菌ではないようなのです。それが証拠には、材内ではキクイムシはナラ菌を餌として食べていないようなのです。つまり、本来のアンブロシア菌の中に、悪いナラ菌が紛れ込んでしまったわけです。現在、この菌がどこからやってきたのか、もともといたものなのか調べているそうです。

カシノナガキクイムシは、ナラ菌という悪い友達とつきあうようになったら、本来は枯れ木しか縄張りにしなかったのに、生きた木まで枯らして強引に餌にしてしまう手段を手に入れたわけで、どんどん縄張りを広げているわけです。これは、キクイムシにとって、とてもすばらしいことのように思われるかもしれませんが、こんなことをしては、いずれ自分の餌となるナラ類がなくなってしまう、自分の首を絞めることになるわけで、長い目で見れば決して良いことではありません。

さらに、大本の原因は、ナラ菌よりも、薪炭利用のために伐採を繰り返していた薪炭林を、燃料革命により放棄したために、ナラ類が高齢化し、病気や虫害に対して弱くなっていたことが大きな要因だといわれています。人間様の世界でも高齢化が問題になっているようですが、必要なときには使って、いらなくなったら放りっぱなしにしてしまう、人間の責任も大きいようです。



## 「デイゴの災難」後日談

福山研二\*

読者の方は、昨年のおとしぶみ通信(1)「デイゴの災難」をご記憶の方もいるであろうか。現在、沖縄では外来の害虫であるデイゴヒメコバチにより、沖縄の県花である「デイゴ」が、次々と加害され、大木が枯れている。八重山諸島の竹富島でも問題となり、特に島の重要なお祭りの場所である「世持ち御嶽(ゆもちうたき)」のデイゴを守りたいと相談された話である。

前回は、とりあえず島の人たちに、害虫の生態や防除の基本について理解してもらい、島の人たちが総出で薬剤防除を行ったことを述べた。その翌年3月には、竹富町役場のKさんからメールが入り、見事に咲き出したデイゴの写真が送られてきた。

私自身は、何度も沖縄に出かけたことはあるのだが、デイゴの花を実際に見たことはなかった。これは、咲く時期が3~4月に限られており、その頃は、沖縄は観光シーズンではないためである。この目で、復活したというデイゴの花を是非見てみたい。

幸い薬剤防除を実施するので指導に来て欲しいというメールが届いたので、渡りに船とばかり5月の竹富島へ飛んでいった。

桟橋に着くと、さっそく桟橋から集落までのデイゴ並木を見に行く。ここは、なんといっても竹富島の玄関であり、もっとも沢山のデイゴが植えられている。そして、咲いていた!!(写真1)。普通なら5月は、もう花が散っている時期なので、まともなデイゴは拝めないのではないかと心配していたのであるが、なんとか私が来るまで

待ってくれていた。そして、こんなに見事に咲いたのは、これまでも見たことがないくらいだそうである。そして、肝心の世持ち御嶽も、かなり咲いており、枯れそうだった木もなんとか持ちこたえているし、幹の腐れた部分が治りかかっている。虫を殺すだけでなく、幹の腐れが治るとは、意外な薬の効果と言える。

次の日は、薬剤会社の人やNPO花と緑の石垣の方達も見学を兼ねた応援に駆けつけてくれ、島の有志一同総勢20名以上が、4班くらいに分かれ、手分けして、防除を開始した。

木の太さを測るもの、ドリルで穴を開けるもの、そこに薬剤を入れるもの、注入し終わった容器を回収するもの、資材を運搬するもの。一昨年経験しているだけに、実に手際よく、皆、熱心に動いてくれる。

さらに、世持ち御嶽の大きな木になると、地元の社長が会社のシャベルローダーを運転して現れ、人間ごと、木の上に持ち上げてしまう(写真2)。まことに、臨機応変、小さい島ならではのチームワークの良さといえよう。

今回は見逃していたデイゴの木を発見し、それも防除した。もちろん、個人の庭のデイゴも含めてである。これが、公的な資金で行う防除であれば、個人の家のデイゴは除外されるのが常である。そうすれば、害虫の発生源を残すことになるので、まことに好ましくないのである。幸い、竹富では、自力で防除を行っているため、公私関係なく島中のデイゴを完全に防除することができたわけである。これも、防除経費を全国からの募金でやろうという方法が功を奏したといえる(写真

\* (独) 森林総合研究所フェロー FUKUYAMA Kenji

3)。ただし、今後も引き続きこの体制が続けられるかが、最も重要な問題である。そのためにも、なるべく薬の量を少なくしたりして、防除経費を抑える努力も必要となるし、息の長い募金体制を作る必要もある。

現在、沖縄だけでなく、太平洋中の島々を見ても、これほどみごとにデイゴが咲き誇っているのが見られるのは、今や竹富島だけなのである。今年の3月にも、満開のデイゴを見られることを期待しながら、島を後にした。



写真2. 社長ご自慢のシャベルローダーが大活躍



写真1. 復活したデイゴの花 (2011年5月1日)



写真3. デイゴ募金へのお礼の横断幕

禁 転 載

---

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成24年3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

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

URL : <http://www4.ocn.ne.jp/~rinyaku/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 525 円

---



7 年 先 の 確 かな 未 来 を

# 確 かな 効 果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で

皆様の信頼に応えてきた

グリーンガード・NEOは

7年間の薬効期間という

新たな時代の夜明けを

迎えました。



松枯れ防止樹幹注入剤

## グリーンガード®・NEO

### Greenguard® NEO

農林水産省登録：第22028号

グリーンガードホームページ

[www.greenguard.jp/](http://www.greenguard.jp/)



# 竹を枯らせます!

ラウンドアップ マックスロードなら  
竹稈注入処理で



### 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。

処理時期	完全落葉までの期間 (モウソウチク)
夏処理 (6～8月)	3カ月
秋処理 (9～11月)	6カ月
原液をタケ1本ごとに10mℓ	

**夏期がチャンスです!**  
(もっとも早く枯れます)

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

違いは活性成分の吸収量!

**ラウンドアップ マックスロード**  
THE NEXT TECHNOLOGY TO YOU **トランスルーシブIII**

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。

★ 日産化学工業株式会社  
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3丁目7番地1

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  
<http://www.roundupjp.com>



樹木をニホンジカの食害から守ります。

有効成分  
全卵粉末  
80%  
新登場

ニホンジカ専用忌避剤

農林水産省登録 第 22312 号

# ランテクター®

全卵粉末水和剤

ランテクターは人畜、環境にやさしい製品です。

- ①ランテクターの有効成分(80%)は全卵粉末を使用しています。
- ②ランテクターは環境にやさしい製品なので、年間の使用回数に制限がありません。被害の発生状況に合わせて使用できます。
- ③広葉樹、針葉樹を問わず広く「樹木類」に使用できます。

■有効成分

全卵粉末	鉱物質微粉 等
80.0%	20.0%

■適用範囲及び使用方法

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量
樹木類	ニホンジカによる食害防止	10倍	1本当り10~50m <sup>l</sup>
使用時期	本剤の使用回数	使用方法	全卵粉末を含む農薬の総使用回数
食害発生前	—	散布	—

※スギ・ヒノキを始め広葉樹への散布も可能です。(広葉樹の新芽が枯損するなどの心配がありません)

販売

DDS 大同商事株式会社

本社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目10番8号(野田ビル5F)  
TEL:03-5470-8491 FAX:03-5470-8495

製造



保土谷アグロテック株式会社

〒104-0028 東京都中央区八重洲2-4-1

松枯れ予防  
樹幹注入剤

# マツケコジ

農林水産省登録 第 22571 号

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0%  
その他成分：水等…50.0%

新登場



専用注入器でこんなに便利!!

- 作業が簡単!
- 注入容器をマツに装着しない!
- 作業現場への運搬が便利で廃棄物の発生も少ない!
- 水溶解度が高く、分散が早い!

■適用病害虫名および使用方法

(有効期間：約1年)

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用液量	使用時期	本剤の使用回数	使用方法	農業の総使用回数
まつ (生立木)	マツノザイセンチュウ	原液	1孔当り 1m <sup>l</sup>	マツノマダラ カミキリ成虫 発生前まで	1回	樹幹部に8~10cm間隔で注入孔をあけ、注入器の先端を押し込み樹幹注入する	1回
			1孔当り 2m <sup>l</sup>			樹幹部におおよそ15cm間隔で注入孔をあけ、注入器の先端を押し込み樹幹注入する	



保土谷アグロテック株式会社

東京都中央区日本橋3丁目14番5号 祥ビル  
TEL:03-3548-9675 FAX:03-3548-9678

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<sup>®</sup>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

普通物

**マツグリーン<sup>®</sup>液剤2**

- 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<sup>®</sup>**  
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<sup>®</sup>sc**

農林水産省登録 第21267号

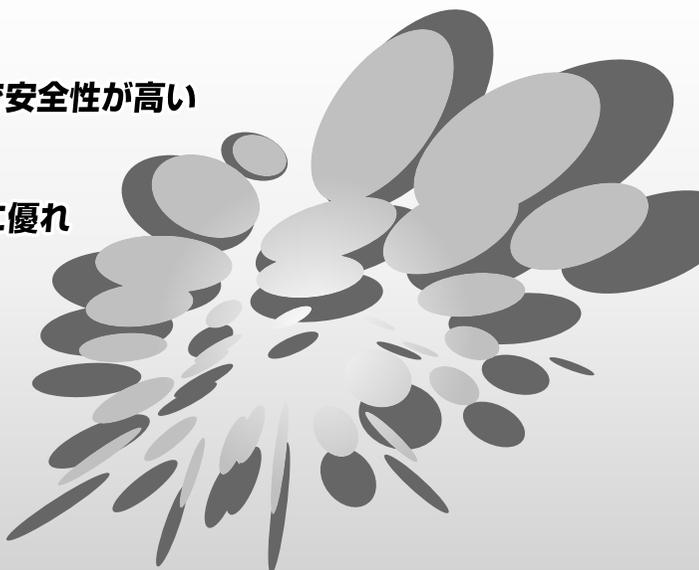
**有効成分は普通物・A類で安全性が高い**

(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 住化グリーン株式会社

# 計画散布で雑草・竹類 ササ類を適切に防除しましょう！



《竹類・ササ類なら》

## クローレートS (粒剤)

農林水産省 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

## クローレートSL (水溶剤)

農林水産省 第12991号

※すぎ、ひのき、まつ、ぶなの  
地ごしらえ、又は下刈りの雑草防除  
でも使えます。

製造



株式会社  **Eisai**  バイオテック

〒103-0004 東京都中央区東日本橋1丁目1番5号

販売

**丸善薬品産業株式会社** アグリ事業部

〒101-0044 東京都千代田区鍛冶町2丁目9番12号  
TEL: 03-3256-5561

松くい虫防除／地上散布・空中散布・無人ヘリ散布剤

## エコワン3

フロアブル

【普通物】〈チアクロプリド 3.0%〉

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快な臭いがありません。
- ◆自動車塗装にも影響がありません。



松くい虫防除／樹幹注入剤

## ショットワン・ツリー 液剤

【普通物】〈エマメクテン安息香酸塩 2.0%〉



## マツガード

【普通物】〈ミルバメクテン 2.0%〉

- ◆防除効果が長期間持続します。
- ◆基本注入量が60mlと少ないため、作業性に優れています。

緑化樹害虫防除／樹幹注入剤

## アトラック 液剤

【普通物】〈チアトキサム 4.0%〉

- ◆ケムシ等の害虫を駆除することができます。
- ◆薬剤が飛散する心配がなく、公園や住宅地でも安心して使用できます。



 **井筒屋化学産業株式会社**

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

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

# スミバイン<sup>®</sup> 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード<sup>®</sup>・エイト**  
**メガトップ** 液剤

伐倒木用くん蒸処理剤

**キルパー<sup>®</sup>40**

マツノマダラカミキリ誘引剤

**マダラコール**

頼れる松枯れ防止用散布剤

**モリエート<sup>®</sup>SC**

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	TEL 03-5271-1111	埼玉県浦和市深田1丁目9番	TEL 03-5271-1111
東京本社	TEL 03-5271-1111	東京都中央区東上野3丁目6-11番	TEL 03-5271-1111
大阪営業所	TEL 06-6341-1111	大阪市淀川区西宮4丁目3-1 新築ビル	TEL 06-6341-1111
九州営業所	TEL 092-211-1111	佐賀県鳥栖市神楽町1152-3	TEL 092-211-1111

大切な日本の松を守る  
松くい虫予防散布薬剤

○ネオニコチノイド系殺虫剤  
ヤシマモリエートマイクロカプセル  
モリエートSC (クロロファンコロン殺菌剤)  
マツグリーン液剤 (アセチルシロリド誘引剤)  
マツグリーン液剤2  
立有樹リン系殺虫剤  
ヤシマスミバイン乳剤  
スミバイン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)

野生獣類から大切な植栽木を守る

ヤシマレント

### 住化グリーンの 林業薬剤

## 緑に学び、緑と共に生きる

わたしたちは、人と自然との調和を  
考えながら、より良い緑の環境づく  
りを目指しています

樹幹注入剤

○マツノマイセンチュウ  
グリーンガードファミリー剤  
メガトップ  
マツガード  
マッケンジー  
○ナツ枯れ  
ケルスケット

くん蒸用生分解性シート

くん蒸ヤシマ与作シート



### 住化グリーン株式会社

本社 〒104-0032 東京都中央区八丁堀4丁目5番4号 TEL. 03-3523-8070 FAX. 03-3523-8071

# 少薬量と殺センチュウ活性で 松をガード。

有効成分は天然物で普通物※  
少薬量の注入で効果を発揮  
防除効果が5年間持続

※「毒物および劇物取締法」(厚生労働省)に基づく、特定毒物、  
毒物、劇物、の指定を受けない物質を示す。



60mlそのまま  
自然圧で注入

60ml(ノズルなし)・180ml  
加圧容器に移し替え、ガス加圧で注入。

**新発売**  
(ノズルなし)

自然圧注入用

移し替え専用

移し替え専用

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

60ml×10×8(ノズルなし移し替え専用)

容量×入数

マツガードは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



株式会社 **エムシー緑化**

〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-7-7  
TEL 03-6842-8590 FAX 03-6842-8593



三井化学  
グループ

