

燻煙剤の野外利用に関する基礎研究

川 崎 俊 郎⁽¹⁾

はじめに

わが国においては古くから“蚊いぶし”として夏期乾燥したミカンの皮やヨモギ等をたいて、室内で蚊の防除を行っていた。現在でもなお除虫菊、あるいは BHC- γ を主剤として製造された蚊取線香は広く一般に使用されている。

これは明らかに燻煙剤の形態により防虫効果をねらったものである。外国においても、1946年 PEARSELL & WALLACE³⁴⁾ は可燃性のコードに DDT および他の殺虫剤をしみこませ、室内でこれを燃焼して殺虫の目的を達し、また GLASGOW³⁰⁾ は DDT を燻煙剤として用いて殺虫効果を調べている。1947年 BETERMAN²⁷⁾ は BHC, DDT と sucrose, potassium chlorate を混合した燻煙筒を作り、船、建物、温室、倉庫等の害虫駆除の試験を行なっている。

野外に生息する蚊を対象としては、1948年 V. K. LAMBER, S. HOCHBERG³¹⁾ らは DDT を oil にとかし、また1950年、W. HORSFALL³⁸⁾ は dieseal oil No. 3 にとかした DDT 5% を thermal aerosol として使用し、防除試験を行ない、1954年、P. G. SERGIEV, V. A. NABOKOV and V. V. BURLEI³⁶⁾ らは BHC- γ と可燃性化合物の混合物に着火することにより smoke を作り、これを風下に流して蚊の防除試験を行なっている。いずれの場合も好適な気象条件のもとで使用されれば、相当な効果を挙げうることを報告している。

これらの報告は smoke あるいは thermal aerosol の形として殺虫成分を使用するものであり、筆者がこれからのべるいわゆる“smoke”と使用法の考え方は全く同じである。すなわち、野外で微粒子状にした殺虫成分を、微風に乘せて風上から風下に流し、野外に生息する害虫を防除する目的で実験を行なったものである。

現在わが国では、野外で BHC- γ 1kg, 1/3kg, BHC- γ , DDT 混合 1kg, 1/3kg, アカール 1kg, 1/3kg, ネオサッピラン 1kg, 1/3kg 等の燻煙筒を使用して、林木に寄生する食葉性害虫、あるいは吸汁性害虫の防除を各地で行なっている。好適な気象条件のもとで防除事業が実施されれば、当初考えられていたような心配はなく、おおむねその目的を達している。

しかしながら、ひるがえって10年前のことを考えてみると、現在の実用段階にいたるまでは迂余曲折の途であったともいえる。

密閉されている倉庫とか、外界と隔離されている温室ならばいざしらず、開放されている野外で、従来の農業散布のように近距離から直接対象植物の茎葉に薬剤を散布するのと異なり、有効殺虫成分を微粒子状のいわゆる“smoke”の形で風に乘せて流し、風下の林木に寄生する害虫に対して殺虫効果を挙げようとするものである。かかる方法は、既成観念からすると相当無理があったことから、この仕事の現在にい

(1) 保護部樹病科防疫薬剤研究室・主任研究官

たるまでの研究経過は、一般農薬使用の発展段階とことなり、室内試験、小規模野外試験、実用化試験という着実な研究段階を経過することなく、最初から野外試験が行なわれたものである。すなわち昭和30年3月、岐阜県加茂郡のアカマツ林、同年10月、千葉県六方野のアカマツ幼齢林に被害を与えていたマツカレハ幼虫を対象として野外試験を行ない、その後引きつづき各地で、地形、林相、樹高等を選びながら野外試験を行なった。

筆者が1954年、P. G. SERGIEV, V. A. NABOKOV and V. V. BURLEI³⁶⁾らによって発表されたソビエトの文献の詳しい内容⁵⁾に接することのできたのは1959年のことであり、わがくにで先駆者達が燻煙剤を野外で利用することを考えた昭和30年(1955年)ころは、この仕事に従事した人達は、ほとんどこの種仕事の野外試験の詳しい外国文献には接していなかったようである。当時の考え方としては、野外で燻煙剤を使用するという新しい方法は、殺虫効果の面と経済的な面から考えて、使用可能であるか否かを知ることが先決問題であったと推察される。

これら一連の試験とは別に、エアロゾル研究会の千葉大の中原らは、昭和30年6月6～7日、種々基礎的な問題を考えに入れ、千葉県下の平坦なマツ林でマツカレハ幼虫を対象として野外試験を行なっている。試験の結果、平坦林では気象的に好適な条件のもとで実施すれば、相当すぐれた効果を示すことを明らかにしている。その後森林防疫ニュースに、経済的な面も考えに入れて各県で、主としてマツカレハ幼虫を対象として野外試験を行なった報告^{1)~3) 6) 13)~15) 20)~24)}がぞくぞくと発表され、好適な気象条件のもとで実施されれば、野外でも実用可能であることを報告している。

燻煙剤を野外で使用するのに、平坦林の場合は比較的簡単であるが、山地の林木を対象とする場合には複雑な地形、林相、樹高等の差によりおこる局地における気象条件のちがいがから、燻煙筒の配置、点火時間等はそれぞれことなってくることは明らかである。他の薬剤の散布法とちがって、使用前に煙の流動や拡散について、あらかじめ十分調査しておかなければならない。この種の仕事の先駆者である清永健介氏の著書「燻煙法による森林害虫の防除⁹⁾」の内容の大半は実施例を引用しての森林局地気象の解説である。煙霧質の拡散についての基礎的な研究は、わがくににおいては気象研究所の伊東博士らにより種々報告され、拡散についての数式も示されているが、いわゆる森林局地気象についてはふれられていない。

ここで、筆者は森林微気象については専門外であり、知識も浅く毛頭論ずるつもりはないが、燻煙剤が現在よりもさらにいっそう広く林野で利用されるためには、森林局地気象を対象としての煙霧質の拡散について、専門家による研究が展開され、実際野外で燻煙剤を使用する者に的確な判断を与えうるような資料が作成されることを望むものである。

ただここに、一言しておきたいことは、害虫防除に使用する燻煙剤も航空機による空中からの散布、あるいは動力や手動散布機による地上散布と同様に薬剤散布の1つの方法である。これらの方法はそれぞれ特色をもっているものであり、防除事業を実施するにあたり、いずれの散布法によることが最も効果的であり、かつ経済的であるかを実施に先だち十分検討すべきであることは、いうまでもないことである。

筆者は若干の野外試験を行なった後、室内実験に重点をおき、できうる限り野外の状態を室内に再現して、各種試験を行ない、野外試験によって得た結果を説明するに必要な基礎資料を得ようと試みた。本報告が燻煙剤野外使用の面で、なんらか寄与するところがあれば幸いとするものである。

本実験を行なうにあたり有益なご助言と激励をいただいた元保護部長今関六也氏および藍野祐久氏、実験に協力をたまわった元農林技官伊藤勝夫氏、昆虫第二研究室故加藤幸雄技官、防疫薬剤研究室西村鳩子

技官、野外試験のさい気象観測にご援助をたまわった防災部気象研究室の方々、ならびに室内風洞実験を遂行するため特に BHC- γ 0.1g 含有タブレットを製作して下さった富士化成薬株式会社に対し、心から感謝の意を表するものである。

I 野外における試験⁷⁾

近年各種の強力な有機合成殺虫剤が発見され、また一方においては散布機具が著しく進歩改良されたので、森林害虫の薬剤防除も技術的には比較的容易に実施できるようになったが、人畜に対する毒性および経済的な面から、林業においては害虫防除薬剤の主力は BHC, DDT である。また急峻な地形、広大な面積の森林内での防除作業は、農耕地や果樹園における場合とは比較にならぬほど幾多の困難な問題をかかえている。林地における害虫防除作業を容易ならしむるため、燻煙剤という使用形態で BHC- γ が一部事業的に使用されているが、全く新しい試みであるこの施薬方式は未知の点も多いので、まず野外試験を試みた。

幸い東京営林署のご好意で同署管内、城山国有林に試験林を設けることができたので、昭和32年10月、マツカレハ幼虫を対象として若干の野外試験を行なった。

試験林

東京営林署城山国有林 76 林班—神奈川県津久井郡津久井村—約 60 年生アカマツ林で南西に面し、同一方向にやや傾斜 ($18^{\circ}\sim 32^{\circ}$) した林分を使用し、160m \times 160m を区画して試験林とした。金網かごに入れたマツカレハ幼虫の試験区としては、中央に上下に結ぶ 50m 幅の区域を設け、中央と左右にそれぞれ 25m 間隔で試料設置木を選んだ。

1) 試験および調査方法

網目幅 2mm、直径 10cm、高さ 10cm の円筒形の金網かごに、別の林分で採集したマツカレハ 3 齢幼虫を若干のマツ葉とともに 30 匹放飼し、1 設置木に 3 個ずつ設置した。金網かごの設置場所は各設置木のクローネ内とした、この高さは地上 10~12m である。燻煙剤の使用量は BHC- γ 150g (1kg 筒)、ヘクターあたり約 3 個とし、計 8 個を約 20m 間隔で所定の場所に配置した。

発煙時には試験林内外に観察員を配置し、煙の流れ具合および試料に煙のおおった時間を観察記録した。気象観測は本場防災部、気象研究室の方々によって行なわれた。発煙後は煙が試験林内から飛散するのを待ち、試料を降し、室内飼育によって、マヒ虫数、死虫数を 3 日間調べ、3 日目における両者の合計数をもって死虫率とした。

2) 試験

— 第 1 回試験 —

イ) 日時 (着火) — 昭和32年10月 1 日午後 4 時30分

ロ) 発煙中の天候 — 曇ときどき薄陽照射

ハ) 発煙点ならびに煙の流れ

発煙点は斜面の上部に選び、尾根筋に沿って配置し、風速 0.3m/sec の斜面下降風を利用して流した。煙の流れ具合は全体として、やや右に流れながら中央線付近に集まり、着火後 6 分にして林分を縦断し、外に流れはじめ、12 分後には大部分林内から飛散し去った。発煙点からの煙の流れ具合は Fig. 1 に示すとおりである。

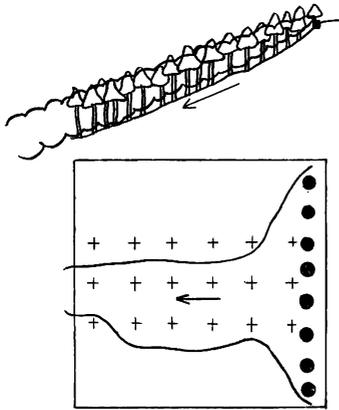


Fig. 1

— 第 2 回試験 —

- イ) 日時 (着火) — 昭和32年10月2日午後2時7分
- ロ) 発煙中の天候 — 薄曇ときどき日光照射
- ハ) 発煙点ならびに煙の流れ

発煙点は斜面の下部に選び、斜面をまわ路に沿って配置し、風速 0.48m/sec の斜面上昇風を利用して流した。煙の流れ具合は着火当初の予想よりやや右側に片寄り、加うるに着火後5分30秒~7分30秒の間に、主として中央および右側の4~5か所からクローネを抜け、林外に飛散した。そして着火10分後には、大部分の煙は林内から飛去った。発煙点からの煙の流れ具合は Fig. 2 に示すとおりである。

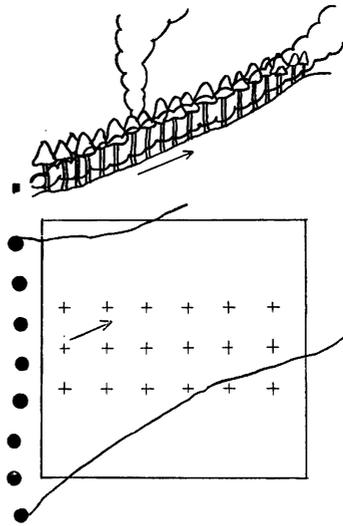


Fig. 2

— 第 3 回試験 —

- イ) 日時 (着火) — 昭和32年10月3日午前9時20分
- ロ) 発煙中の天候 — 快晴
- ハ) 発煙点ならびに煙の流れ具合

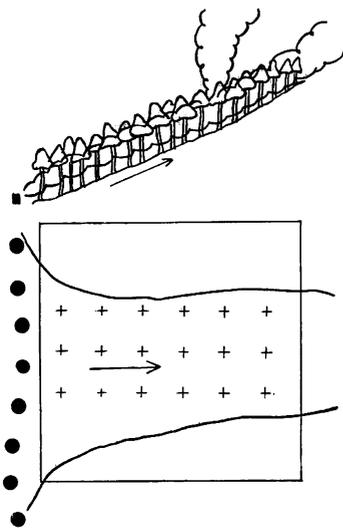


Fig. 3

発煙点は第2回試験と同一か所に選び風速0.99m/sec の斜面上昇風を利用して流した。今回の煙の流れ具合は着火当初の予想よりはるかに左側に流れ、しかも着火3分後から3~4の地点のウッペイの開けた箇所から煙は上昇して、4~6の地点には煙はほとんど到着しなかったように見えた。着火後10分で大部分の煙は林内から飛散した。発煙点からの煙の流れ具合は Fig. 3 に示すとおりである。

3) 調査結果および考察

処理後3日目における調査結果は Table 1 に示すとおりである。

発煙時における気象状況は Table 2 に示すとおりである。

第1回試験の場合では、1—左~5—左の場所は煙の

Table 1. 野外試験におけるマツカレハ 3 齢幼虫の死虫率 (3 日後)
Mortality of Japanese pine caterpillars (3-instar larvae)
in the field tests (Kill % after 3 days).

試験番号 Test No.		1	2	3
試料設置点 Sample position				
左 側 Left line	1	31	72	84
	2	45	85	78
	3	45	84	71
	4	39	82	58
	5	41	66	37
	6	45	40	16
中 央 Centre line	1	96	82	77
	2	98	89	87
	3	88	83	58
	4	85	93	51
	5	69	65	28
	6	52	37	20
右 側 Right line	1	55	80	72
	2	75	91	77
	3	56	40	29
	4	83	72	50
	5	91	58	26
	6	34	77	21

Table 2. 気象状況
Weather data.

日 時 Time		10月1日16時2分 Oct. 1	10月2日14時 Oct. 2	10月3日9時30分 Oct. 3	
観測点 Observate position					
(H)	3	10cm	18.7°C	19.0°C	17.0°C
		30	18.1	19.0	17.0
		50	18.2	19.0	17.0
		100	18.1	19.3	17.2
		200	18.1	19.0	17.6
		500	18.7	19.1	17.6
		1000	19.0	19.3	18.4
		1500	18.8	19.7	18.6
		6	10	18.9	17.5
	30		18.8	17.5	16.5
	50		18.7	17.5	16.5
	100		18.8	17.5	16.5
	200		18.8	17.5	16.7
	1500		18.9	18.3	17.0
	林 内 Inside of the forest	气温 Air temp.	17.9°C	17.7°C	—
湿度 Humidity		88 %	79 %	—	
地温 Ground temp.		20.2°C	25.4°C	—	
風 Wind velocity		0.3(m/sec)	0.48(m/sec)	0.99(m/sec)	
林 外 Outside of the forest	气温 Air temp.	19.0°C	19.0°C	—	
	湿度 Humidity	84 %	72 %	—	
	地温 Ground temp.	23.5°C	25.8°C	—	
	風 Wind velocity	—	—	—	
天 気 Weather	☉ ₁₀ Sc	☉AsAcCsC ₁	○		

主流からはずれ、肉眼的にはほとんど被煙されなかったところで、におい程度の BHC- γ の通過と考えられるためか、Table 1 に示されているように、その死虫率は 31~45% である。しかし、十分煙霧質をかぶったところの死虫率は 80~90% の結果を示している。また点 1 および点 6 は発煙点より最も近い地点と最も遠い地点であり、被煙しにくかったことと、煙霧質の濃度が薄かったためか、死虫率は相当低い結果を示している。

第 2 回試験の場合では、右側ならびに中央の点 5、6 点の地点のところからクローネを抜けた煙が林外に飛散したため、点 5 および点 6 の被煙時間は極端に短くなっており、この影響による結果は第 1 表にも明らかに示されている。

第 3 回試験の場合では、点 3~点 4 のところから多量の煙が上昇したため Table 1 に示すように、殺虫効果は著しく減少している。

以上の結果でわかることは、ヘクターあたり 1kg 筒 (BHC- γ 150g 含有) 3 個使用し、十分被煙させると、発煙点より風下約 150m の地点までは相当な防除効果を挙げることができ、また肉眼的に濃い煙の通過でない場所、あるいはにおい程度の BHC- γ の通過の場所でもある程度の殺虫効果を期待することができる。筆者らの行なった野外試験の結果もまた、従来行なわれたものとほとんど同じ結果を示した。

II 室内試験

野外で煙霧剤を使用する研究をすすめるための野外試験の繰り返しによって得られる殺虫効果の結果は対象昆虫の種類および齢期の差によっておこる薬剤に対する感受性、実施場所の地形の相違、実施時の気象条件、すなわち天候、風向、風速、気温の分布等のちがいにによりおこる煙霧質の拡散の相違から、必ずしも一定したものは得られない。これらの結果から、気象的な確な解析を行わず、また対象昆虫の薬剤に対する抵抗性を詳しく調査せず、一般的な実施要領を求めることはきわめて困難であると同時に、大きな危険性を持っているものと考えられる。筆者は煙霧質の流動、拡散についての研究は他にゆずることとし、最も重要な基本的な問題と考えられる流動する煙霧化された BHC- γ 微粒子が、食葉性害虫 (マツカレハ幼虫) に対していかなる影響を与えるか、またこの微粒子の物体に対する沈着程度を知るため、常時できうる限り一定条件のもとで実験が行なわれよう RANDALL LATTA, LAUREN D. ANDERSON and E. E. ROGERS³⁵⁾, V. K. LAMBER and S. HOCHBERG³¹⁾, N. HATAI and N. KIMURA³²⁾, C. F. NICHOLLS³³⁾ らの報告を参考として、次にのべるような循環式風洞装置を室内に設計して実験を行なった。

1. 風洞の構造および性能

本装置は Fig. 4 に示すような構造で、木製の第 1 室、第 2 室およびこれを連結する木製の煙道からできている。第 1 室の天井の中央には室内で発煙した煙霧質をかくはんするためのファンと、両側に使用後煙霧質を除去するための水の噴出するシャワーノズルを数個備えている。第 1 室と煙道、第 2 室と煙道との接続部には空気整流のためサラン網が張ってある。

循環する煙霧質の濃度を測定するため、第 1 室のほぼ中央に室外の吸引装置に接続する空気吸引管が開口している。煙道と第 2 室との接続部には吸引ファンが設けられている。

煙道内で実験を行なうさい内部観察に使用するため煙道の側面に 2 か所ガラス張りの開閉窓がある。また第 1 室、第 2 室とも実験者の出入りできる程度のとびらを設けてある。

この装置内に設けられた吸引ファンの回転により作られる空気の流れは、第 1 室→煙道→第 2 室→煙道

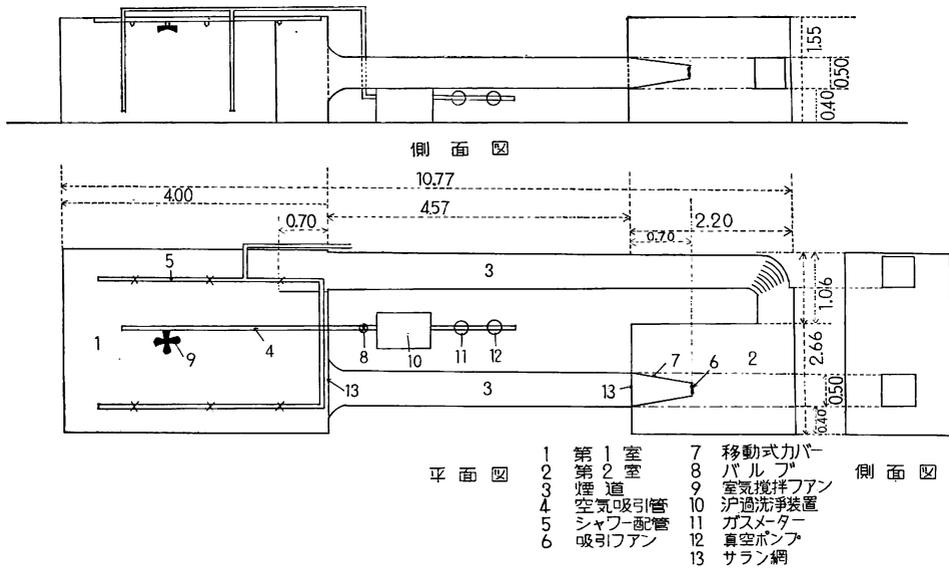


Fig. 4 循環式風洞
A low speed circulating wind tunnel.

→第1室と循環する。

吸引ファンの回転数の増減，およびファンに接続して設計されているカバーの移動により，煙道内を流動する空気の流れ（風速）は最小速度 0.3m/sec，最大速度 2.0m/sec に調節できるように4枚羽プロペラを設計した。

第1室内にある空気吸引管より吸引する空気量は，ガスメーター，真空ポンプに接続することによりその量を測ることができる。実験に使用する煙道内のほぼ中間部の風速の分布状態を知るため，Fig.5に示すように，中央部をA点とし，左右ほぼ等間隔にB点，C点を定め，各点における風速の熱線風速計を用いて測定した結果を示すと，右表のとおりである。

カバー 測点 モーターの目盛	全 開			全 閉		
	A	B	C	A	B	C
I (最低速度)	0.28	0.28	0.30	—	—	—
V (最高速度)	—	—	—	1.94	2.12	1.94

備考：1. 単位は m/sec，2. 10回測定の前平均値を示す。

2. 試験法

1) 煙霧質粒子の捕集について

煙霧質粒子の試験昆虫に対する作用を検討するには，煙霧質中に含まれる有効成分の量を知ることが必要である。そのためにはまず煙霧質粒子を捕集することが実験遂行上欠くべからざる仕事となる。

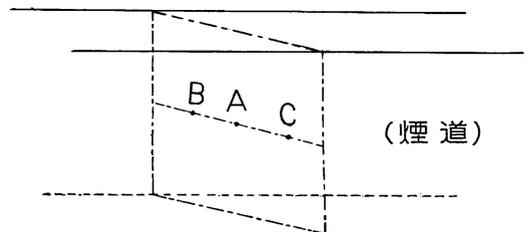


Fig. 5 風速測定点
The stations of the wind velocity

流動を与えない密閉された室内では，実験装置をくふうすれば，ほぼ完全に煙霧質の全量を捕集し定量

に供することはできるが、一般に流動し時間の経過とともにその濃度に変化のおこる煙霧質の捕集法¹⁷⁾は流路に障害物を置いてこれと衝突粒子を析出させる impinger, impactor, あるいは dust counter 等の方法、液体中にあわとして通し、または液体をシャワー状に注ぎこれに吸収させる洗浄法、静電力で粒子を器壁に吸引する法、器壁との間の温度差を利用する熱沈着法等の方法があるが、野外調査の一般的な方法として広く使用される方法は沝過法である。しかしこの方法も、野外で数多くの場所で同時に実施することは、装置の関係上多大の困難をとまなうものである。

筆者は煙霧質粒子の捕集法として、次にのべる 3つの方法によって実験を行なった。

- (1) 沈着法
- (2) 吸引沝過洗浄法
- (3) 電気集塵機による法

これら 3法を併行して行ない、得た結果について比較検討した。

2) BHC- γ の定量法について

BHC- γ の定量法には ポーログラフ法、クロマトグラフ法、有機塩素法、赤外線分析法、比色法、凝固点降下法、重量法等があるが、極微量定量法でしかも野外でできる簡易な方法は諏訪内の提唱した、アズキゾウムシ (*Callosobruchus chinensis* LINNE) を使用する生物検定法^{18)~20)} と考えられる。この方法は相当高い精度で、BHC- γ では $0.3\gamma = LD_{50}$ という極微量を定量することのできる利点がある。筆者は数多くの試料を短時間にしかも同時に定量でき、また実際野外においても実施可能であり、有利な方法と考へ本実験の定量はすべてこの方法によって行なった。

3. 実 験——I

煙霧質の捕集と BHC- γ の定量

マツカレハ幼虫を使って室内実験をはじめに先だち、実験操作上いろいろと問題点が考えられるので、本装置を使用して、前にのべた 3つの方法で煙霧質の捕集を行ない、アズキゾウムシを使用する生物検定法で、捕集煙霧質中に含まれている BHC- γ の定量を行なった。

1) 沈着法

沈着法に使用する物質として何を選ぶべきかは、この方法を成功させるか否かを決める重要な問題となる。筆者は対象物質として、薄いガラス板 (カバーガラス)、ハトロン紙 (表面のなめらかな紙)、沝紙 (表面の粗な紙、東洋沝紙 No. 101)、沝煙布 (表面のけば立ったネル布を用いて作成されたガスマスクの空気沝過に用いられる布) の 4種類を選んだ。

イ) 試験法および結果

本装置を運転し、煙道内に試験物を懸吊する場所の風速を 0.6m/sec になるように、モーターおよびカバーを調整し、第 1 室のほぼ中央で蒸発皿上で BHC- γ 0.1g 含有タブレット (重量 0.35g) 2個に着火し、BHC- γ を煙霧化させ、2~3分間、煙霧質を循環させる。煙道の側面のガラス窓から中を観察し、ほぼ均一の状態で煙霧質が流れるようになったとき (試験の場合は、これを直後の状態とする)、ガラス窓を開き、2cm×2cm の大きさに作った薄いガラス板、ハトロン紙、沝紙、沝煙布を Fig. 6 に示すように煙道のほぼ中央にガラス棒に細い木綿糸で懸吊して置く、BHC- γ タブレットに着火してからの経過時間を変えて、それぞれ流動する煙霧質に 5分間接触させた。

この場合糸で吊した物体は風によって自由に動くので、煙霧質との接触面は必ずしも一定していない。

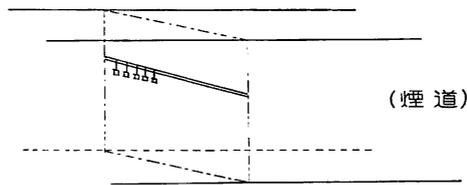


Fig. 6 煙霧質の沈着
Deposition of aerosol particles

Table 3. 各物体面に沈着する BHC- γ 量
The amounts of BHC- γ deposited on various surfaces.

物体の種類 Type of disc	ガラス板 Glass disc	ハترون紙 Hatolon disc	沱紙 Filter-paper disc	沱煙布 Cotton-filter disc
直後 After 2-3 minutes	0.7	17.2	19.6	19.3
20分後 After 20 minutes	0	11.1	18.2	14.1
40分後 After 40 minutes	0	5.3	15.6	13.5
60分後 After 60 minutes	0	5.2	14.7	11.6

- 備考 Remarks :
1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
 2. 風速 0.6m/sec Wind velocity 0.6m/sec.
 3. 接触時間 5 分 Treatment 5 minutes.
 4. 温度 23°~25°C Temperature 23°~25°C.
 5. 7 回繰返し試験の平均値 (1 回の試験小片 10 個) Average of 7 tests (one test, use 10 discs).
 6. 数値は生物検定によって得られたもの Bioassay value ten/2cm×2cm.

処理後直ちに煙道内より取り出し、生物検定の応用法により表面、裏面に沈着している BHC- γ 量を定量した。

Table 3 に示すように、この程度の低濃度の煙霧質が流動している場合には、ガラス面には煙霧質粒子はほとんど沈着していない。植物繊維で作られている紙の場合には比較的良好に沈着するが、表面の加工されていない粗のものの方が沈着しやすいことがわかる。

ロ) 懸吊物の面と流動方向との関係

この方法を野外で利用するためには、懸吊物体の面と流動する煙霧質との接触角の関係を考えなければならぬ。筆者は沈着物として沱紙を用いて、次に示すような方法で試験を行なった。

Fig. 7 に示すように、木わくを作りその間に沱紙の表面が動かないように、上、下端を細い木綿糸を用いて強く結びつけ、木わくを流動する煙霧質の方向に対して直角、45°、自由度(上端のみを結び、風によって自由に動けるようにしたもの)になるように煙道内に設置した。試験の結果は Table 4 に示すとおりである。

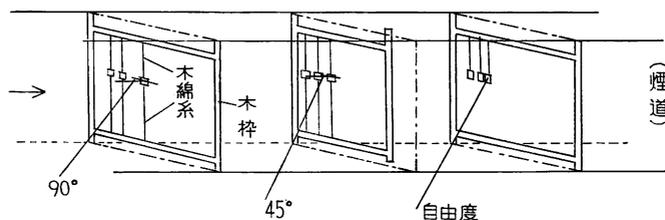


Fig. 7

Table 4. 接触角の差と沈着量 (直後の場合)
Relation of the touch angle and deposition
(After 2-3 minutes).

試験番号 Test No.	接触角 Angle		
	90°	45°	自由度 Free
1	17.3	18.5	18.5
2	13.3	13.9	14.6
3	14.6	14.3	15.5
4	17.0	16.9	16.3
5	14.5	14.6	14.2
6	15.5	16.6	16.0
平均値 Average	15.4	15.8	15.9

備考 : Remarks

1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
2. 風速 0.6m/sec Wind velocity 0.6m/sec.
3. 接触時間 5 分 Treatment 5 minutes.
4. 温度 23°~25°C Temperature 23°~25°C
5. 1 回の試験に小片 10 個使用
One test, use 10 discs.
6. 数値は生物検定によって得られたもの
Bioassay value. ten/2cm×2cm

Table 4 でわかるように、風速 0.6m/sec 程度の低速で、比較的薄い濃度の煙霧質に、5 分間程度の短時間小面積 (2cm×2cm) の沔紙が接触した場合には、接触角の風向に対するちがいによって、その沈着量には差を生ずるものでないものようである。煙霧質の物体面に対する沈着については、A. H. YEOMANS, E. E. ROGERS and W. H. BALL²⁶⁾ の Deposition of aerosol particles の研究報告にのべられているが、煙霧質の粒径、流動速度によりおこる沈着と、沈着効率の関係について、wire-cloth discs, glass discs, filter-paper discs, leaf discs を用いて実験を行ない、W. SELL (1939年) の提唱した Formula と実験測定結果はよく一致していることを明らかにしている。筆者の実験結果も沈着量は煙霧質の濃度に比例しており、絶対値をうることはできないが、相対値として考える場合には数値としての価値は認められると考えてよい。

2) 沔過洗浄法

前にのべたように、沈着法によって得られる数値は絶対量を示すものでなく、あくまでも相対値を示すものであるので、別の方法で本実験の際の煙霧化された BHC- γ 量を知る必要がある。筆者は次に説明するような方法で、できるだけ絶対量に近いものを求めた。

Fig. 8 に示すように、沔過管、洗浄装置をガスメーター、真空ポンプに連結し、捕集操作は空気吸引管

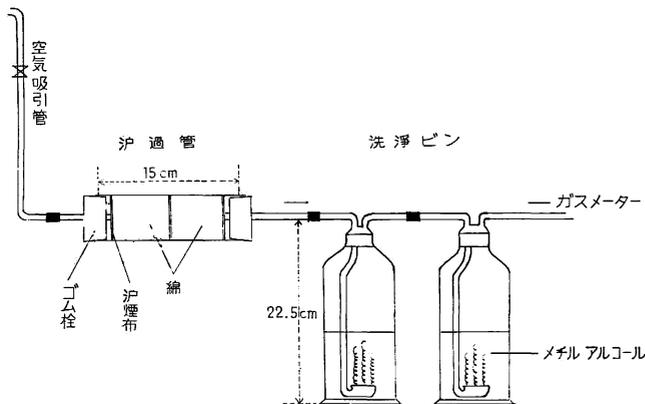


Fig. 8 沔過洗浄装置

The apparatus of filtering and washing of aerosol.

て一定時間吸引した後バルブを閉じ真空ポンプの運転を停止する。この間の吸引空気量はガスメーターで測定される。操作終了後沔過管を取りはずし、管内の綿および沔煙布を取り出し、洗浄ビンから他の容器に移したメチルアルコール液中に沈積し、沔煙布および綿に沈着している BHC- γ をメチルアルコール液に溶かす。沔煙布および綿をよくメチルアルコールで

Table. 5 沝過洗浄法による BHC- γ 量
The amounts of BHC- γ obtained by the way of filtering and washing.

霧煙質の状態 Smoke condition	直 後	20 分 後	40 分 後	60 分 後
試験番号 Test No.	After 2-3 minutes	After 20 minutes	After 40 minutes	After 60 minutes
1	468	242	210	142
2	548	148	126	98
3	607	212	152	126
4	431	196	160	130
5	559	210	185	121
6	603	180	150	110

備考 Remarks : 1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
 2. 風速 0.3m/sec Wind velocity 0.3m/sec.
 3. 温度 22°~25°C Temperature 22°~25°C.
 4. 数値は $\gamma/100l$ Data $\gamma/100l$

洗浄し、沝液中に BHC- γ のないことを確認した後この沝液を一定量とし、生物検定に用いる原液とする。
 実験の結果は第 5 表に示すとおりである。
 第 5 表に示されているように、直後の煙霧質中に含まれている BHC- γ の量は 60 分後には約 1/5 に減少している。

3) 電気集塵機による法

本実験は柴田化学器械工業株式会社製の電気集塵計 II 型を用いて行なった。本装置は Fig.9 に示すとおりである。

Fig.9 に示されているように、本装置は高圧発生部と塵埃採集部とから成り、高圧部は交流電源を高圧直流（最高、約 15,000V）とし、塵埃採集部は空気吸引装置と採塵部からできている。塵埃は塵埃採集部の内部に装填された集塵管（セルロイド製の筒）の内部に付着する。本集塵器（塵埃採集部）を煙道内のほぼ中央に設置し、まゝと同様にして試験を行ない煙霧質を集塵管に付着させた。操作後、採集部から集塵管を取りはずし、一定量のメチルアルコール液を用いて付着している BHC- γ をピーカーに洗い落とし、このメチルアルコール液を原液として生物検定法により BHC- γ の量を定量し付着した BHC- γ の全量を計算した。

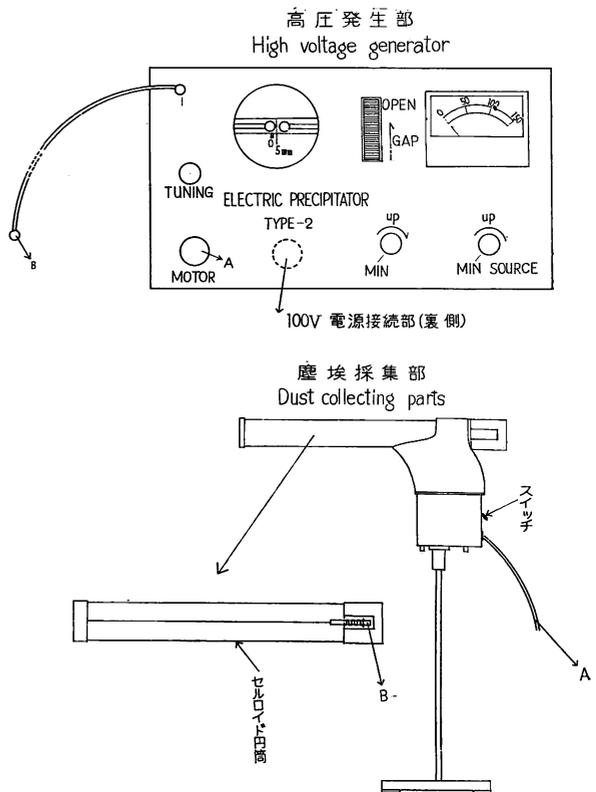


Fig. 9 電気集塵機
The electric dust sampling apparatus model.

Table. 6 電気集塵機法による煙霧質に含まれる BHC- γ 量
The amounts of BHC- γ in smoke obtained by the way of the electric dust sampling.

試験番号 Test No.	煙霧質の状態 Smoke condition	直 後	20 分 後	40 分 後	60 分 後
	風速 Wind velocity	After 2-3 minutes	After 20 minutes	After 40 minutes	After 60 minutes
1	0.5m/sec	153.0	60.0	18.8	13.6
2	〃	117.0	29.0	14.7	13.7
3	〃	129.4	30.6	15.7	15.3
4	1.0m/sec	115.0	30.6	17.6	12.4
5	〃	188.2	37.6	17.6	10.5
6	〃	129.4	28.2	14.1	10.5
7	1.5m/sec	164.9	30.5	15.2	9.8
8	〃	155.8	31.7	14.2	11.7

備考 Remarks : 1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
2. 5 分間捕集 Sampling for 5 minutes.
3. 温度 22°~25°C Temperature 22°~25°C.
4. 数値は $\gamma/100l$ Data $\gamma/100l$

Table 7. 3つの方法を同時に行なった場合の BHC- γ 量
The amounts of BHC- γ in smoke collected by the way of the three methods.

試験番号 Test No.	捕集方法 Sampling method	沝 過 洗 浄 法	電 気 集 塵 機 法	沝 紙 沈 着 法
		Filtering and washing	Electric dust sampling	Deposition on filter-paper disk
1		481	112.0	19.5
2		605	111.7	19.7
3		484	120.5	18.4
4		496	123.5	18.6
5		519	114.7	18.5
6		584	147.0	19.4
7		493	120.6	19.4
8		580	141.2	19.6
9		460	132.0	19.5
10		555	112.0	19.6

備考 Remarks : 1. 煙霧質の状態は直後 Smoke condition, after 2-3 minutes.
2. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
3. 風速 0.5m/sec Wind velocity 0.5m/sec.
4. 5 分間処理 Treatment 5 minutes.
5. 数値は $\gamma/100l$ (沝紙法は 点/2cm×2cm)
Data, amounts of BHC- γ $\gamma/100l$, (Deposition method ten/2cm×2cm)

試験の結果は Table 6 に示すとおりである。

Table 6 に示されているように、集塵管に付着する BHC- γ 量は煙道内の風速(0.5m/sec~1.5m/sec)には関係ないものようである。

4) 沈着法、沔過洗浄法、電気集塵機法を同時に併用した場合

煙霧質を捕集定量する方法について、筆者は3つの方法をのべ、それぞれについて単独に実験を行なったが、それぞれの方法の基本原則がちがうので、これらの方法によって得られる数値はちがっている。しかしながら、それぞれの数値は相対的に見れば関係があると考えられる。そこで、同一の実験条件で3つの方法を同時に行なった。実験の方法は前にのべたものと全く同じである。

Table 7 でわかるように、煙霧質に含まれている BHC- γ 量の真に近い数値を求めるためには、沔過洗浄法によるべきであるが、まえにのべたように、実際野外で林内を通過したある定められた地点の煙霧質に含まれている、BHC- γ の総量の概略値を知るための簡便な方法は、装置およびその後の操作から考えて、電気集塵機法か沔紙沈着法によるほかはない。電源を近くに持っている場合には電気集塵機法も良い方法であるが、一般に林地においては沔紙沈着法によるほか他に方法はないと考えられる。沔紙沈着量から概略の BHC- γ 量を推定することは可能である。

4. 実験——II

風洞使用によるマツカレハ幼虫に対する煙霧質の殺虫効果試験

1) 風速と薬効について¹⁰⁾

野外で燻煙剤を使用する場合、気象条件のうち、風速だけを取り上げて考えると、一般に 1m/sec 以下の場合がよいとされている。その理由は、煙霧質の拡散の面からいわれることと思われるが、薬効の面から見た場合いかなる影響があるかを調べた。

森林の内部は外部に比べて、風速の小さいことはよく知られているところであり、風速の変化は、樹齡、樹高、ウッペイ度によりそれぞれちがいが、一般に林内では風速の小さいときには 1/3 くらい、風速の非常に大きく密林の場合には 1/15 くらいと考えられている。そして一度林内にはいった煙霧質は、林内の微気象の影響を受けて、必ずしも一定の速度で一定の方向にすすむものとは考えられない。林内の各所に分散生息しているマツカレハ幼虫は、いろいろの方向から変化の多い一定でない速度で流れてくる BHC- γ の微粒子に接触することになる。

実際野外で試験すると、しばしば問題となることは、燻煙筒の発煙点から同一距離の場所をこととした地点に設置された試料が、ときにより著しく効果に差を示すことがある。その理由についてはいろいろ考えられるが、いちばん大切なことは、(1) その点を通過した総煙霧質量、(2) 対象昆虫と煙霧質との接触時間、(3) 煙霧質に含まれている BHC- γ 微粒子の対象昆虫に衝突する速度、の3つのことが考えられる。煙霧質をできるだけ有効に利用するためには、防除対象林分を無駄なく被煙させることで、そのためには好適な気象条件を選ばなければならない。次に対象昆虫と BHC- γ 微粒子との接触時間を長くするためには、風速 1m/sec 以下のできるだけ速度の遅い微風時を選び、煙霧質を対象林分の中にできるだけ長く停滞させることである。筆者はまず(3)のことについて、風洞を使用して、風速に変化を与え、風速の変化により薬効に差がおこるか否かを調べる実験を行なった。

イ) 供試昆虫

供試マツカレハ幼虫は昭和37年10月中旬、千葉市檜橋中学校付近の15年生クロマツ林より採集した4～

Table 8. 各風速におけるマツカレハ幼虫の死虫率（3日後）
Effect of wind velocity on mortality of Japanese pine caterpillars (4~5-instar larvae) (Kill % after 3 days).

煙霧質の状態 Smoke condition		直 後	20 分 後	40 分 後	60 分 後
番 号 Test No.		After 2-3 minutes	After 20 minutes	After 40 minutes	After 60 minutes
風 速 Wind velocity					
0.5m/sec	1	96.7(153.0—17.1)	96.7(60.0—13.8)	83.3(19.9— 9.9)	90.0(13.6— 9.8)
	2	95.0(117.0—17.0)	98.3(37.5—12.8)	78.3(18.6— 8.7)	81.7(13.7— 7.1)
	3	98.3(129.4—17.0)	98.3(30.6—12.4)	90.0(18.5— 9.1)	95.0(15.3— 7.9)
	平均 Av.	96.6	97.7	83.8	88.9
1.0m/sec	1	96.7(115.3—17.1)	98.3(30.6—14.4)	98.3(16.1—10.4)	100(12.4—10.7)
	2	98.3(188.2—18.1)	88.3(37.6—15.6)	81.7(15.9—11.4)	75.0(10.5— 9.5)
	3	98.3(129.4—18.4)	81.7(28.2—14.2)	85.0(14.1—11.9)	85.0(10.5—10.5)
	平均 Av.	97.7	89.4	88.3	86.6
1.5m/sec	1	100(164.9—18.5)	95.0(30.5—14.0)	90.0(14.2—11.2)	96.7(9.8— 8.8)
	2	98.3(—18.4)	90.0(—12.5)	88.3(27.0— 9.8)	86.7(9.5— 8.9)
	3	96.7(155.4—14.6)	88.3(31.7— 9.9)	81.7(14.3— 8.7)	80.0(11.7— 8.1)
	平均 Av.	98.3	91.1	86.6	87.8

備考 Remarks : 1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
2. 接触時間 5 分 Treatment 5 minutes.
3. () は BHC- γ の濃度を示す。
(電気集塵機法 $\gamma/100l$ —沓紙沈着法 点/2cm \times 2cm)
() Amounts of BHC- γ ($\gamma/100l$ —ten/2cm \times 2cm)

5 齢のもので、これをしばらく室内で飼育してから実験に供した。

ロ) 試験法

風洞内で BHC- γ 0.1g 含有タブレット、2 個に着火し、風洞内の風速をモーターの回転数およびカバーを調節して、0.5, 1.0, 1.5m/sec とし、着火後 2~3 分して、ほぼ均一に煙霧質が装置内を循環した時を直後、20 分後、40 分後、60 分後の煙霧質の状態を試験条件とした。供試マツカレハ幼虫は網目幅 2 mm, 径 10cm, 高さ 10cm の金網かご 1 個に 20 匹入れ、このかごを 5 個煙道内につるした (1 回の試験に 100 匹使用する)。なお煙霧質に接触する時間は 5 分間とした。煙霧質中に含まれている有効成分(BHC- γ)の濃度測定は電気集塵機法と沓紙沈着法とを併用して行なった。試験はそれぞれの風速で 3 回行なった。

Table 8 の () 内に示されているように、各試験区における煙霧質中に含まれている BHC- γ の量はほとんど同じ状態であった。この場合接触時間が同一であれば、煙霧質粒子の流速が 0.5, 1.0, 1.5m/sec 程度の差では煙霧質中に含まれている BHC- γ の微粒子の昆虫体表面への沈着量に差がおこるか否かは疑問であり、もし差があったとしても薬効を左右するほどのものではないようである。以上の結果から、林内における若干の風速の差は薬効に影響を与えるものとは考えられない。

2) 煙霧質に接触する時間の長短の薬効に及ぼす影響について⁹⁾

1)の項でのべたように、風速(0.5~1.5m/sec)のいかんにかかわらず、接触時間が同一であればその

Table. 9 濃度と接触時間との関係（3日後の死虫率）
Effect of exposed time to smoke on mortality of
Japanese pine caterpillars (Kill % after 3 days).

番号 Test No.	煙霧質の状態 Smoke condition 接触時間 Exposed time (minute)	直 後	20 分 後	40 分 後
		After 2-3 minutes	After 20 minutes	After 40 minutes
1	1	74.0(13.1)	12.0(4.4)	0.0(0)
	3	90.5(15.6)	25.5(6.5)	11.0(6.9)
	5	100(16.4)	29.5(11.2)	17.0(6.9)
2	1	83.8(9.4)	6.0(3.5)	0.0(0)
	3	85.0(11.9)	19.0(7.3)	13.2(6.2)
	5	95.0(13.8)	23.7(9.8)	28.1(8.8)
3	1	71.0(9.5)	5.3(0.1)	—
	3	92.0(15.2)	5.0(5.7)	—
	5	92.0(17.1)	16.1(6.6)	—
平 均 AV.	1	76.3	7.7	0.0
	3	89.2	16.5	12.1
	5	95.7	23.1	22.5

備考 Remarks : 1. タブレット 2 個使用 Use 2 tablets.
2. 風速 0.5m/sec Wind velocity 0.5m/sec.
3. () の数値は沓紙沈着法により得た BHC- γ の濃度
() Data, deposition method ten/2cm \times 2cm.

殺虫効果は煙霧質中に含まれている BHC- γ の濃度に関係することは明らかである。

W. N. SULLIVAN and I. HORSTEIN³⁷⁾ は家バエ, 蚊, アブラムシ等の死虫率から, Lindane vapor の濃度と接触時間との関係について研究を行ない, また R. A. FULTON, W. N. SULLIVAN and G. P. MANGAN²⁹⁾ は, 家バエの死虫率から BHC- γ の濃度と接触時間の関係について研究を行なっているが, マツカレハ幼虫を対象昆虫としては, この種実験はまだ行なわれていないようである。筆者は風洞を使用し, 接触時間を変えて実験を行なった。

イ) 供試昆虫

供試マツカレハ幼虫は昭和 35 年 10 月中旬, 千葉市山王町の 13 年生クロマツ林で採集した 4~5 齢のもので, これをしばらく室内で飼育してから実験に供した。

ロ) 試験法

風洞内での試験法は 1) と同じである。煙霧質に供試昆虫が接触する時間は, 1 分間, 3 分間, 5 分間の 3 段階とし, 煙霧質に含まれる BHC- γ の量の測定は沓紙沈着法によって行なった。

Table 9 で明らかなように, 煙霧質の濃度差による沓紙沈着 BHC- γ 量はちがっており, 接触時間の長いものほど多量に沈着している。

殺虫率を見ても, 明らかに煙霧質濃度のいかにかわらず, 接触時間の長いものほど殺虫効果を挙げている。なお当然のことながら, 野外においてできるだけ効果を上げるためには, 対象昆虫を濃い濃度の

煙霧質に長い時間接触させることが必要である。

5. 実験—Ⅲ

マツカレハ幼虫の齢期と BHC- γ の殺虫効力との関係について¹¹⁾

燻煙剤によるマツカレハ幼虫の防除効果を煙霧質の流動、拡散する広範囲の地域に期待するためには、粉剤散布のように直接虫体に接触する BHC- γ の量は防除全域にわたり十分であるとは考えられないので防除時期としては、この薬剤に対していちばん反応の大きな時期（齢期）を選ぶべきである。

昆虫の齢期と殺虫剤の効果の関係についての研究は、吉田²⁵⁾のピレトリンとニカメイチウ、小池¹²⁾のニカメイチウに対するスズ化合物の殺虫性、大内¹⁰⁾のマツカレハ卵、幼虫に対する Aldrin, Dieldrin, Endrin の殺虫、殺卵性、石倉⁸⁷⁾のヨトウガ幼虫に対する E. P. N. および Ethylparathion の殺虫性、N. G. BERIN and N. M. EDELMAN²⁸⁾ の BHC, DDT に対する各種昆虫の抵抗性、M. J. WAY³⁹⁾ の Tomato moth の殺虫剤に対する抵抗性等数多くの報告があるが、マツカレハ幼虫に対する BHC- γ の効果について詳しい研究は行なわれていないようである。マツカレハの生活史から考えると、卵からふ化し、幼虫となりマツ葉をたべ始め、分散を開始し、越冬にはいるまでの期間と、春、越冬からさめ活動を開始し、老熟幼虫となりまゆを造るまでの期間が考えられるが、実際に BHC- γ 粉剤を使用して野外で防除を行なうのは、9～10月と4～5月との2つの期間であるので、本実験においては、両期間のうちいずれの方が、BHC- γ に対して敏感であるかを調べた。昆虫に対する薬剤の LD₅₀ を求める方法はいろいろあるが、筆者は局所処理法 (Topical application method) によって実験を行なった。

供試昆虫として野外から採集したマツカレハ幼虫を使用したため、正確にその齢期を区別し、齢期別の試験を行なうことが非常に困難であったので、体重別に区分し、齢期は実験後その頭幅を測定して推定せざるを得なかった。

1) 供試昆虫

供試マツカレハ幼虫は千葉市山王町の16～17年生のクロマツ、アカマツ混交林に生息していたもので、昭和39年9～10月、昭和39年4～5月の2つの時期に野外から採集し、これをしばらく室内で飼育してから実験に供した。

2) 試験法

あらかじめ1滴の量が0.0026cc になるような毛細ガラス管を作る。BHC- γ (純度99.25%) をメチルアルコールに溶かし、その0.0026cc 中に含まれる BHC- γ 量が0.05 γ , 0.1 γ , 0.15 γ , 0.2 γ , 0.25 γ , 0.5 γ , 1.0 γ , 1.5 γ , 2.0 γ , 2.5 γ , 3.0 γ , 5.0 γ , 7.0 γ になるようにする。毛細ガラス管の中にこのメチルアルコール溶液を入れ、供試虫の背面のほぼ中央に1滴ずつ滴下して試験を行なった。供試昆虫は各処理区20匹とし、試験は1濃度区について2回以上繰り返して行なった。

対象区としてメチルアルコール液のみの区を設けた。供試昆虫は不要の接触をさけるため、5匹ずつ網目幅2mm、径10cm、高さ10cmの円筒型の金網かごに入れ(虫体重2.2～2.3gのものは3匹とする)、室内で飼育し、1日1回マツ葉を新鮮なものを取りかえ、処理3日後に生、死、苦悶の判定を行なった。なお自然死亡に対しては、Abbottの補正値を適用した。体重に対して滴下されたメチルアルコール溶液の量は次のとおりである。

虫体重 0.22～0.25g のものに対しては 1.1%

虫体重 0.20～0.25g のものに対しては 1.04%

Table 10. 採集季節別, 体重別による死虫率 (3日後)
Relation between the body weight of Japanese pine caterpillars
and their resistance to BHC- γ (Kill % after 3 days).

採集季節 Collected season	9~10	4	5	5
虫体重 Body weight (g)	0.20~0.25	0.22~0.25	1.1~1.8	2.2~2.3
BHC- γ 投薬量 Dosage (γ)				
0.05	15.4	5.0		
0.10	36.3	10.5		
0.15	45.3	28.1		
0.20	54.7	32.2		
0.25	72.8	43.3	15.0	
0.50	87.0	75.0	32.5	15.0
1.00		95.0	52.5	
1.50			57.5	
2.00			62.5	
2.50			85.0	
3.00			87.5	45.0
5.00				70.0
7.00				100
飼育室温 Rearing temperature	15°~22°C	16°~18°C	20°~22°C	20°~22°C

虫体重 1.1~1.8gのものに対しては 0.18%

虫体重 2.2~2.3gのものに対しては 0.12%

上に示すとおりで, 虫体重に対して 0.12~1.1% となり, 一般にいわれている 5% 以下である。

生死の判定については次の規準で行なった。

(イ) 対象区の健全な個体と同じように正常の歩行をし, マツ葉を食するものを健全とした。

(ロ) 消化管の後端を脱出しているもの。

(ハ) 歩行困難, または正常の歩行をしないもの, 筆先等で体を刺激すると体や脚をわずかに動かすもの。

(ニ) 刺激を与えても完全に動かないもの。

以上 4つの段階に区分し, (イ)を健全虫, (ロ), (ハ), (ニ)を薬剤の影響を受けたマヒ虫, 死虫とし, マヒ虫, 死虫の合計をもって死虫率として計算した。今回の実験では, メチルアルコール液のみの滴下により影響を受けたものはなかった。

Table 10 に示された結果からそれぞれの薬量—死虫率回帰直線を求めると, 回帰直線の方程式は次のとおりである。

$$9\sim 10\text{月採集の場合 (虫体重 } 0.20\sim 0.25\text{g)} Y=2.4362+2.1592X$$

$$4\text{月採集の場合 (虫体重 } 0.22\sim 0.25\text{g)} Y=2.0437+2.0446X$$

$$5\text{月採集の場合 (虫体重 } 1.1\sim 1.8\text{ g)} Y=3.2007+1.8333X$$

$$5\text{月採集の場合 (虫体重 } 2.2\sim 2.3\text{ g)} Y=4.0876+0.5985X$$

この結果から LD₅₀ を求め, 虫体重 g あたりに換算した LD₅₀ を求めると次のとおりである。

Table 11. 採集季節別, 体重別による LD₅₀
Relation between the body weight and their
resistance to BHC- γ calculated as LD₅₀.

虫体重 Body weight (g)	0.20~0.25	0.22~0.25	1.1~1.8	2.2~2.3
採集季節 Collected season	秋 Autumn	春 Spring	春 Spring	春 Spring
LD ₅₀ (γ)	0.16	0.28	0.96	3.40
虫体重 g あたりの LD ₅₀ LD ₅₀ of unit weight (g)	0.71	1.19	0.67	1.52

Table 11 に示した数値から次のことがわかる。

- (1) 一般に体重の増加するにしたがって LD₅₀ に要する BHC- γ 量は増加する。
- (2) 同一体重のものでも秋の活発な活動期のもの、越冬直後の春の不活発な時期のものとは、活動旺盛な時期の方が LD₅₀ に要する BHC- γ 量は少量のようである。
- (3) 虫体重の増加と LD₅₀ に要する BHC- γ 量の増加は、これを虫体重単位重量(g)あたりに換算すると Table 11 に示されているようになり、体重に比例するものでなく、昆虫の生活状態によってことなってくるようである。
- (4) 燻煙剤のような施薬方式により、広範囲にその効果を期待する場合には、春先よりも秋の若齢幼虫の時期に防除を行なう方が効果的である。
- (5) 本試験に使用したマツカレハ幼虫の齢期は試験後供試昆虫の頭幅を測定した結果、0.20~0.25g、0.22~0.25g のものは4~5齢、1.1~1.8g のものは6~7 齢、2.2~2.3g のものは終齢のものと推定された。

お わ り に

燻煙剤を野外で使用するために必要な資料をうるため、循環式風洞装置を設計し、室内で種々実験を行ったものである。

野外で燻煙剤を利用する場合、煙の流れは他の施薬方法とことなり、完全に施用時の天候、気象に左右されてしまうものである。

林地における施用のための着火時期の判定については 清永健介著の「燻煙法による森林害虫の防除⁹⁾」に詳しくのべられているが、気象的に最も必要な条件は、晴天で風速の弱い(0.3~1.0m/sec)ときで、樹冠表面に気温の逆転層のできている時である。この時に風上から風下に向かって微風に煙を乗せて流すことが必要である。その使用量はヘクタールあたり2~3筒(1kg筒、有効成分150g)が適切であると考えられる。

平坦地と違った複雑な地形の山林で防除を成功させるためには、その場所の地形のちがいによって生ずる局地気象を考慮して、あらかじめ試験筒を用いて煙の流れ具合を十分調べ、目的とする地域をできるだけ完全に被煙させるように燻煙筒を配置することが必要である。また1kg筒の着火後発煙している時間は7~10分の短時間であることも、着火時刻を決める上を知っておかなければならないことである。

筆者らの BHC- γ 1kg 筒を使用しての野外試験においても、従来の野外試験の結果と同様十分煙霧質にマツカレハ幼虫が接触すれば、80~90%の殺虫効果を挙げる事が確認された。

緒言でも若干ふれたが、現段階においては、燻煙剤の林地での応用研究のほとんどすべては、いかにして対象林分を完全に煙霧質で被煙させるかの一事につきるといっても過言でないだろう。しかしわれわれは、この問題にはいるまえに、煙霧化された有効成分の微粒子にいろいろの状態で接触するマツカレハ幼虫が、いかに反応するだろうかということが、基本的な問題と考え本実験を行なったものである。

筆者は野外の状態を室内に再現するため、循環式風洞を使用して室内実験を行なったのであるが、実験の結果から明らかになったことは、燻煙剤の野外で使用される 0.3~1.0m/sec の風速のもとでは、5分間(1筒の発煙時間の約半分の時間を考えた)煙霧質にマツカレハ幼虫が接触した場合には、殺虫効果は風速の差によっておこるものとは考えられない。また煙霧質の濃度差と接触時間の長短の差は、明らかにその効果に影響を及ぼすものであり、できうる限り長い時間、対象昆虫が殺虫成分に接触することが野外において効果を挙げるために望ましいことである。次に好適な防除時期を見いだすため、局所処理法(Topical application method)により実験を行なった結果、マツカレハ幼虫は9~10月の4~5歳の時期が越冬後の春先のものより BHC- γ に対して敏感であることを知った。

野外で流動する BHC- γ 微粒子の総量を各地点で数多く測定する方法としては、絶対値を示すことではできないが、相対値として求められる沓紙沈着法は、煙霧質中に含まれる有効成分の概略値を示す簡便な方法で、実用可能な測定法と考えられる。

文 献

- 1) 福地幸一郎：BHC 燻煙法調査現地報告，I，森林防疫ニュース，6，9，p. 210，(1957)
- 2) 長谷川行衛：燻煙剤によるヒラタキクイムシの防除，森林防疫ニュース，7，2，pp. 33~34，(1958)
- 3) 長谷川行衛：コガネムシに対する燻煙剤防除の実施，森林防疫ニュース，7，6，pp. 121~122，(1958)
- 4) 石倉秀次・尾崎幸三郎：飼育密度を異にしたヨトウムシ幼虫の E. P. N. に対する抵抗性の相違について，農技研報，C-4，pp. 171~175，(1954)
- 5) 慶野金市：くん煙剤とその野外試験について，森林防疫ニュース，8，12，pp. 220~225，(1959)
- 6) 加藤幸雄：マツカレハ幼虫に対する燻煙剤の基礎知識，森林防疫ニュース，7，10，pp. 202~210，(1958)
- 7) 加藤幸雄・川崎俊郎・伊藤勝夫：マツケムシに対する BHC 燻煙剤の効果，日林講，68，(1958)
- 8) 清永健介：燻煙法による森林害虫の防除，全国森林病虫獣害防除協会，(1957)
- 9) 川崎俊郎・伊藤勝夫：BHC 燻煙剤に関する基礎研究，日林講，71，(1961)
- 10) 川崎俊郎：燻煙剤に関する基礎研究—風速と薬効について，日林講，74，(1963)
- 11) 川崎俊郎：BHC 燻煙剤に関する基礎試験—マツカレハ幼虫体重差による BHC- γ の効果について日林講，76，(1965)
- 12) 小池久義：ブチル錫化合物の殺虫性及び薬害，防虫科学，26，2，(1961)
- 13) 向山観覚：燻煙法によるマツカレハ防除実績，森林防疫ニュース，6，9，pp. 202~208，(1957)
- 14) 新潟県：マツカレハ燻煙法による防除実施，森林防疫ニュース，7，1，4，(1958)
- 15) 中野博士・中野子：徳島県で実施した例，森林防疫ニュース，7，6，pp. 115~120，(1958)
- 16) 大内実：マツカレハ(*Dendrolimus Spectabilis* BUTNER) の卵，幼虫に対する Aldrin, Dieldrin, Endrin の殺卵，殺虫効果について，茨城大学報，4，pp. 39~43，(1945)
- 17) 佐野 傑：煙霧質に関する研究，化学と工業，10，6，pp. 272~280，(1957)
- 18) 諏訪内正名：殺虫現象に関する化学的研究，農技研報，C-7，pp. 113~144，(1957)
- 19) 諏訪内正名：殺虫現象に関する化学的研究，農技研報，C-9，pp. 1~32，(1957)
- 20) 諏訪内正名：殺虫現象に関する化学的研究，農技研報，C-9，pp. 33~62，(1957)

- 21) 棚橋信明 : BHC 燻煙剤によるマツカレハ防除, 森林防疫ニュース, 5, 4, pp. 66~69, (1956)
- 22) 樋本金雄 : 燻煙法によるマツカレハ駆除について, 森林防疫ニュース, 6, 9, pp. 198~202, (1957)
- 23) 横川登代司 : BHC 燻煙法調査現地報告, I, 森林防疫ニュース, 6, 9, pp. 209~201, (1957)
- 24) 米林俵三 : 燻煙剤の防除効果調査, 森林防疫ニュース, 6, 9, pp. 258~260, (1957)
- 25) 吉田正義 : 虫令の相違とピレトリンの毒性, 京大農学部昆虫研究業績, 172, (1957)
- 26) YEOMANS ALFRED, H., E. E. ROGERS and W. H. BALL : Deposition of aerosol particles. J. Econ. Ent., 42, pp. 591~596, (1949)
- 27) BETERMAN, E. W. and G. D. HEATE : The generation of insecticidal smoke. J. Soc. Chem. Ind., London, 66, 9, pp. 325~330, (1947)
- 28) BERIN, N. G. and M. N. EDEL'MAN : Physical resistance of insects to DDT and BHC and way of overcoming it. [In Russian] Ent. Obser., 32, pp. 15~26, Moscow, (1952)
- 29) FULTON, R. A., W. N. SULLIVAN and G. P. MANGAN : Effectiveness of Lindene vaporizers. J. Econ. Ent., 46, pp. 639~641, (1953)
- 30) GLASGOW, R. D. : The thermal fog generator for large scale application of DDT and other insecticides. J. Econ. Ent., 39, pp. 227~235, (1946)
- 31) LAMBER, V. K. and S. HOCHBERG : The laws of deposition and effectiveness of insecticidal aerosol. Chem. Rev., 44, pp. 341~352, (1948)
- 32) HATAI, N. and N. KIMURA : Study on the effect of deposition of insecticide dust on the mortality of adult of Azuki-bean weevile in Horizontal wind tunnel: 農技研報, C-4, pp. 205~209, (1954)
- 33) NICHOLL, C. F. : A low-speed wind tunnel for determing the effect of wind on flight activity of insects. The Canadian Entomologist, 10, pp. 865~866, (1961)
- 34) PEARSELL, D. E. and P. P. WALLACE : Insecticidal cords. A convenient method of generating insecticidal smoke by burnning cords impregnated with DDT or other toxic materials. Soap and Sanite Chem., 22, 10, pp. 139~163, (1946)
- 35) LATTA, R., L. D. ANDERSON and E. E. ROGERS : The effect of particle size and velocity of movement of DDT aerosol in wind tunnel on the mortality of mosquitoes. J. Washington Acad. Sci., 37, 11, pp. 397~407, (1947)
- 36) SERGIEV, P. G., NABOKOV, V. A. and V. V. BURLEI : Insecticidal smokes and their experimental application under natural condition. Med. Parazitol. i. Parazitarnye Bolezns., 2, pp. 141~149, (1954)
- 37) SULLIVAN, W. N. and I. HORSTEIN : Concentration and exposure time of Lindene vapor required to kill insects. J. Econ. Ent., 46, pp. 898~899, (1953)
- 38) HORSFALL W. : Influence of enviroment on the distribution of thermal aerosols toxic to mosquitoes. J. Econ. Ent., 43, pp. 37~40, (1950)
- 39) WAY, M. J. : The effect of body weight on the resistance to insecticides of last-Larva of last-instar Larva of Diataraxia Oleracea L. the Tomato Moth. Ann. appl. Biol., 41, 1, pp. 77~87, London, (1954)

**A Fundamental Study on the Insecticidal
Smoke in Laboratory and Natural Conditions**

Toshio KAWASAKI

(Résumé)

Field tests

We have carried out the control experiments of Japanese pine caterpillars (*Dendrolinus Spectabilis* BUTHER) by the smoking method of BHC- γ (one can contains BHC- γ 150 g) on the field of the area 160 m \times 160 m in Tsukui district and its result is shown in Table 1.

Laboratory experiments

The author has carried out various tests, using a low speed circulating wind tunnel (Fig. 4) which was of new style design.

(1) Determination of BHC- γ

The author has determined BHC- γ by the bioassay which had been reported by SUWANAI (1957). By such method, we are able to determine the amount of BHC- γ in a unit of 0.3 γ = LD₅₀.

(2) Collection of smoke

The author has collected the smoke by three methods as follows:

- (a) Deposition of the aerosol particles on various disks (area, 2 cm \times 2 cm)
- (b) Collection of the aerosol particles through a cotton filter and glass washing bottles containing methylalcohol.
- (c) A method of the pulled air sample through an celluloidal adsorption cylinder by electric power.

Table 7 shows the result of the experiments.

(3) The low speed circulating wind tunnel tests, using Japanese pine caterpillars collected in fields.

(a) Effect of wind velocity on mortality of the insects

The larvae (4~5 instar) were caged and contacted with smoke for 5 minutes under various wind velocity in this apparatus.

Table 8 shows the result of the experiments.

(b) Effect of exposed time to smoke on mortality of the insects

The experimental procedure was the same as in (a). The smoke conditions in this apparatus were as follows:

- 1) after 2~3 minutes
- 2) after 20 minutes
- 3) after 40 minutes
- 4) after 60 minutes

Table 9 shows the result of the experiments.

(4) The relation between the body weight of the larvae and their resistance to BHC- γ

The author has investigated median lethal dose as a ratio of the gross body weight of the larvae. Table 10 shows the result of the experiments.

The author has done various experiments, using a low speed circulating wind tunnel

and using 0.2 g BHC- γ tablets in order to gain the data necessary for using the smoke under natural conditions. The experimental results are summarized as follows:

(1) In the field tests, using 2~3 cans (one can contains 150 g BHC- γ) per 1 hectore, we shall kill Japanese pine caterpillars 80~90%, if we can cover the infected pine forest with smoke completely.

(2) The filter and washing bottles method was the best one to calculate exactly the total amounts of BHC- γ , contained in the moving smoke. But this method was difficult to practice in fields. The deposition of aerosol particles on various surfaces was measured in moving smoke. It was found that deposition on the filter-paper disk tended to show the relative value of true concentration of BHC- γ contained in smoke. BHC- γ deposited on the filter-paper disk was determined by the method of bioassay. In the author's opinion this method is easy and practical one to determine the total moving BHC- γ in fields.

(3) There was not much difference in the mortality rate of the insects which were exposed to smoke for 5 minutes under low speed wind conditions (0.5-1.5 m/sec).

(4) It was clear that strong smoke was more effective against the insects than weak smoke. Continuous and long enduring contact with smoke was more effective than short time under any smoke conditions.

(5) The author has investigated median lethal dose (LD_{50}) as a ratio of the gross body weight of the insects by modified topical application. It was proved that 4~5 instar larvae in autumn were more susceptible to BHC- γ than the over-wintered same instar ones.

(6) Atmospheric conditions determine in the main how well smoke will be distributed. But, if we carry out smoking in good atmospheric conditions, we can expect good control of the injurious insects.