

of 80% methanol. The filtrate, containing malathion 50~200 μ g, is passed through a glass-filter (17G-3), packed with a mixture of acid-washed alumina 30g and about equal volume of hyflosupercel (Kiesel-guhr) 5g by methanol, at the flow rate of 20ml per minute by suction. The filter is rinsed with 50ml of 80% methanol. The eluate is transferred to a 1~3l separatory funnel, and diluted with twice its volume of distilled water. To the diluent, 100~200ml CCl_4 and 20g of anhydrous Na_2SO_4 are added, and malathion is extracted by shaking for 3 minutes. The CCl_4 extract is transferred to a glass-filter (17G-3), packed with a mixture of acid-washed alumina 30g and about equal volume of hyflosupercel 5g by CCl_4 , and passed at the flow rate of 20~30ml per minute, if necessary by suction. Another 50~100ml CCl_4 is added to the separatory funnel, and malathion is extracted by shaking for 2 minutes. The extract is passed through the glass-filter. The CCl_4 extract remained in the alumina mixture is eluted by gradually increasing moderate suction. The eluate is transferred to a 1l separatory funnel, and washed with 100ml of distilled water by shaking for 2 minutes.

If the mixture is emulsified, the washing should be repeated until the emulsion disappears.

The CCl_4 layer is transferred to a 300~500ml separatory funnel through a fluted filter paper, 5ml of N/2 ethanolic KOH is added and shaken vigorously for just 1 minute. To the separatory

funnel, 30ml of 2% Na_2SO_4 chilled below 10°C is added, the mixture is shaken vigorously for 1 minute, and allow to separate. The CCl_4 layer is discarded, and 20ml CCl_4 is added, and then shaken for 1 minute. After separation, 3.5ml of 1N HCl is added to the aqueous layer, and mixed well. To the aqueous layer, 20ml CCl_4 is added, shaken for 1 minute. The CCl_4 layer is discarded. The washing with CCl_4 is repeated until CCl_4 layer is almost colorless. Then, 1ml of 10% FeCl_3 is added, mixed well, and the washing with CCl_4 is repeated until the absorbance of CCl_4 layer at 418m μ is negligible. The CCl_4 layer is discarded as possible as completely, and 5ml CCl_4 is pipetted into the separatory funnel, and transferred to a refrigerator. After chilling at 5~10°C, 2ml of 5% CuSO_4 is added, and shaken vigorously for 30 seconds. Immediately after separation, the CCl_4 layer is filtered into 1cm cell through a small plug of cotton placed loosely in the funnel stem. The absorbance at 418m μ is measured against reagent grade CCl_4 within 5 minutes. The absorbance is corrected by subtracting the crop blank, and ppm malathion in the samples is calculated from the calibration curve. The cooling before color development of Cu-complex is dispensable, if the standard curve is prepared every time for the determination of malathion.

This method is able to determine 0.25 ppm malathion in 250g of sample.

On the Dynamic Control with Helicopter Aerial Spraying to the Pine Tree Boring Insects.

Seiroku SAKAI, Masayoshi GOHDA, (Institute for Agricultural Chemicals, Yashima Chemical Industry Co., Ltd. Nagano-Tomitake, Nagano) Katsumi KAWABATA (Kagoshima Prefecture Forest Experiment Station, Gamo, Kagoshima) and Hyōzō YONEBAYASHI (Chiba Prefecture Forest Experiment Station, Sanbu, Chiba). Received June 1, 1966. *Botyu-Kagaku*, 31, 120, 1966 (with English Summary, 129)

17. 空中散布を含む松くい虫の動的防除¹⁾ 酒井清六・合田昌義 (八洲化学工業株式会社 研究所) 川畑克己 (鹿児島県林業試験場) 米林俊三 (千葉県林業試験場) 41. 6. 1. 受理

鹿児島、千葉両県の松くい虫多発地で、空中散布の防除効果を試験した。海岸林、山岳林に対し、10% γ -BHC, 5% EDB, 30% ODB 混合乳剤 $\times$ 12, 10% γ -BHC 乳剤 $\times$ 10, 60~120 l/ha を、鹿児島県阿久根大島、川内、串木野は昭和40年5月10~12日に、千葉県和田、富津、大佐和は7月6日と9月13, 20日にそれぞれベル47-G2型ヘリコプターで空中散布し、落下液剤粒子の number median diameter (N. M. D.), 散布高度と N. M. D. との関係、散布幅、林のうつ閉度および散布葉量・風速

¹⁾ 本報告の概要は昭和41年4月1日、日本応用動物昆虫学会1966年度大会(京都)で講演発表した。

と液剤落下量との関係、松樹の薬剤付着量、林内の落下仰転虫、虫害枯損木発生率などを調査した。その結果、防除効果は松の樹冠部の松くい虫には有効と推察されるが、それ以外の部位の松くい虫には期待が薄かった。このことから、松くい虫の防除は空中散布だけでは難しく、空中散布と煙霧剤林分施用、乳剤串木散布、油剤厚皮部散布、乳水和剤地際散布、浸透移行性殺虫剤塗布土壌施用などの地上散布とで総合防除することが必要と考えられた。

近年、松くい虫の被害がはなはだしい。昭和39年度の被害木材積数は、全国総数で約 610,000m³、そのうち民有林で 10,000m³ をこえる地方は、千葉、岐阜、和歌山、兵庫、高知、福岡、長崎、熊本、宮崎および鹿児島県の10県であり、また、国有林の場合でも、大阪、高知および熊本の3局におよんでいる。

この被害を予防しようとするところみは、多くの林業研究者によってなされ、その成果が報告されているが、実際の防除法は未だ解決されていない。

松くい虫防除は、単純な手段では目的が果せない。空中散布と地上散布などを併用した総合防除が必要と考える。

筆者らは、空中散布を含む総合防除の観点から実験を実施した。その結果を報告する。

本文を進めるにさきだち、日頃より種々のご指導を賜わる京都大学農学部内田俊郎教授、石井象二郎教授、前農林省林業試験場保護部長藍野佑久博士および東京大学農学部日塔正俊教授に深謝するとともに、本実験のご協力を賜わった、鹿児島県林業試験場豊饒芳明氏、千葉県林務課岩見一民氏に対し、深謝する次第である。また、鹿児島県造林課長肥後 栄氏、千葉県林務課長杉下卯兵衛氏、鹿児島県造林課保護係長牧 美智哉氏、千葉県林務課造林係長田中昭三氏をはじめ、

鹿児島県造林課、千葉県林務課、千葉県君津、安房両支庁、県中部、南部両林業事務所などの多くの関係者に、本研究に対するご支援とご協力を賜わった。銘記して感謝する。

実 験 地

実験地は、松くい虫の密度の高い鹿児島県と千葉県をえらび、第1図に示す各地に設置した。

実験材料および方法

薬 剤 散 布

1. 空 中 散 布

鹿児島県阿久根大島、川内、串木野および千葉県和田、大佐和、宮津の各実験林で実施した。すなわち、阿久根大島、川内の場合は 10% γ -BHC、5% EDB、30% ODB 混合乳剤の12倍液を 72l/ha、串木野の場合は 10% γ -BHC、5% EDB、30% ODB 混合乳剤の12倍液を 72l/ha、串木野の場合は 10% γ -BHC 乳剤の10倍液を 60l/ha、和田、大佐和、宮津の場合は 10% γ -BHC、5% EDB、30% ODB 混合乳剤の12倍液を 120l/ha、いずれもベル 47-G2 型 ヘリコプター（日本国内航空、京成電鉄航空部）で第1表の実験設計に基づき空中散布した。散布高度はヘリコプターの危害防止の

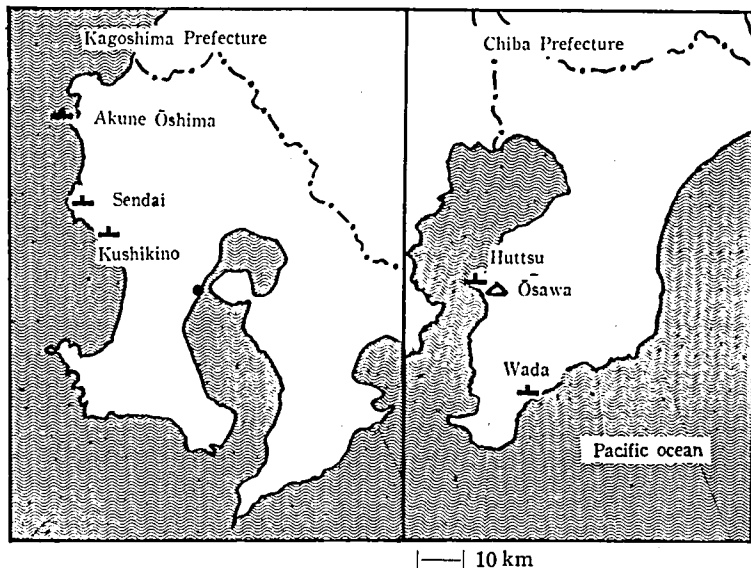


Fig 1. Test forests where highly populated with pine tree-wood boring insects.

Table 1. Control of pine tree wood boring insects by helicopter aerial spraying in Kagoshima and Chiba prefectures.

Place of experiment	Kagoshima prefecture			Chiba prefecture	
	Akune Ōshima	Sendai	Kushikino	Wada	Ōsawa Huttso
Days Times	5/10 6:31-9:20	5/11 7:51-9:16	5/12 5:36-6:53	7/6, 9/13 17:20-:59 5:40-6:50	7/6, 9/20 5:30-7:00
Area of experiment	33 ha	33 ha	22 ha	20 ha	20 ha
Insecticides used Application dosage	Barkcide emulsion ×12, 72l/ha		γ-BHC E ×10, 60l/ha	Barkcide emulsion ×12, 120l/ha	
Ground spraying Method applied Insecticides used	Mist spray Barkcide oil solution, ×10, 300 cc/m ²			Fogging and others	—
Species	<i>Pinus thunbergii</i>				
Tree ages	43	53	48	60	25
Mean DBH (cm)	36	18	18	18.5	12.3
Mean height (m)	21	7	12	9.7	6.7
Wind velocity m/sec	0.6, W. E.	3, E. W.	0.7, N. S.	0.2, S. E.	5.6-7.8, W. N. W.
Average temperature	20°C	22°C	21°C	28°C	1, W. S. W.
Weather	Cloudy	Fine	Fine	Fine	23-25, 22°C Fine

Aerial spraying : Aircraft : Bell 47-G2 helicopter, Emission rate : 1l/sec, Spray nozzle: D2 of 23 nozzles and D7 of 25 nozzles type-boom, Pressure: 55Lbs/inch², Load of fuselage: 120l (oneside 60l), spray swath: 18m, Flying height: About 10m, speed: 48km/hours.
Barkcide emulsion (10% γ-BHC, 5% Ethylene dibromide, 30% o-Dichlobenzene), Barkcide oil solution (5% γ-BHC, 25% Ethylene dibromide)

観点から低空散布をさせ、樹木上約 10~15m から散布した。また、上昇気流のない早朝または夕刻に実施した。

2. 地上散布

1) 油剤樹幹単木散布 : 阿久根大島、川内、和田の各実験林で実施した。樹冠下までの樹幹に対し、動力噴霧機で 5% γ-BHC, 25% EDB 油剤の 10 倍ケロセン稀釈液を樹皮の表面積 1m² 当り 300cc 散布した。

2) 乳剤樹幹単木散布 : 和田の実験林で実施した。樹幹に対し、動力噴霧機で 10% γ-BHC, 5% EDB, 30% ODB 乳剤の 10 倍液を、樹皮の表面積 1m² 当り 400~700 cc 散布した。また、樹皮が厚く、高密度のシラホシゾウ属の加害が認められる樹木に対しては 6% Sumithion, 10% γ-BHC, 5% EDB 混合乳剤の 10 倍液を 400~700 cc/m² 散布した。

3) 煙霧剤林分施用 : 和田の実験林で実施した。10 ha の集団林に対し、10% Dichlorvos, 7.5% γ-BHC, 10% ODB 混合油剤の 6 倍ケロセン稀釈液を、Swingfog SN-7 で 100l/ha 煙霧した。煙霧剤の施用は午前 5 時より 8 時までの早朝に実施した。

4) 乳剤の根元地表面散布 : 和田の実験林で実施した。日中、シラホシゾウ属成虫の生息場所の一つと考えられる根元およびその付近の地表・地中を対象に、ひしゃくまたはじょうろで 10% γ-BHC 乳剤の 10 倍液を 10l/10a 散布した。

5) 浸透移行性殺虫剤樹幹塗布および土壌施用 : 和田の実験林で実施した。浸透移行性殺虫剤として Dimethoate : O, O-dimethyl S-(N-methylcarbamoylmethyl) phosphorodithioate を供試した。樹幹塗布は、樹木の地上 0.5m 付近を幅 10cm はく皮し、50% 乳剤を 1 樹 (直径 20~30cm) 当り 20~50cc 塗布し黒ビニールで被覆した。また、土壌施用は、5% 粒剤を 1 樹当り 100~200g 根元の周囲 20cm のところに土壌施用した。

調査方法

1) 空中散布した液剤粒子の N. M. D. : 阿久根大島、串木野の実験林で調査した。液剤落下量測定 H 板 (5×7cm のシーガル F5 印画紙を挿入) を 2m 間隔に 51 枚、飛行方向と直角および平行の各 1 直線上に配列した。空中散布終了後、双眼顕微鏡で印画紙に付着した粒子の粒径 (ここでは短径) を計測した。

粒子の大きさの分析には、mass median diameter (M. M. D.) と number median diameter (N. M. D.) などもちいられるが、この実験では後者を用いた。粒径の頻度を累積して Probit に、粒径を対数にそれぞれ変換し、Finney の薬量-反応率曲線一次変換操作³⁾を適用して、両者の関係の回帰方程式を求め、その方程式から N. M. D. を算出した。

2) 高度と N. M. D. との関係 : 阿久根大島の実験林で調査した。傾斜面を利用して、標高 0, 3, 5, 7, 10m の

各地点にH板を2枚配列した。空中散布は標高40mの高さから実施して、落差を高度とした。空中散布終了後、双眼顕微鏡で印画紙上の粒子の粒径(短径)を計測し、前記と同様の方法でN. M. D. を算出して、高度との関係を調べた。ここでは短径だけを用了。

3) 飛行間隔と有効散布幅：富津の実験林で調査した。上空に向かって完全に露出された場所を選び、H板を1m間隔に25枚、飛行方向と直角の1直線上に配列した。空中散布終了後、1印画紙につき、30粒任意抽出し粒径(短径)を、1cm²の面積を2箇所任意抽出し粒数をそれぞれ双眼顕微鏡で測定した。この数値から畑井の液剤落下量指数⁹⁾を算出した。

4) 薬剤の落下量におよぼす風の影響：阿久根大島、川内、串木野、和田、大佐とおよび富津の各実験林で調査した。H板を2m間隔に51枚、飛行方向と直角および平行の各一直線上に配列した。空中散布終了後、1印画紙につき、1cm²の面積を2箇所任意抽出した。双眼顕微鏡で粒子数を調査し、1cm²当りの平均粒子数を求めた。つぎに、各実験区につき、1cm²当りの総合平均粒子数を求め、散布葉量、空中散布実施中の風速などとの関係を調べた。

5) 林のうつ閉と地表面の液剤落下量との関係：和田の実験林で調査した。林のうつ閉度の異なる場所を選び、H板を1m間隔に20枚、飛行中心線上に配列した。空中散布終了後、前記と同様の方法で液剤落下量指数を求め、標記の関係を調べた。

6) 松樹の薬剤付着量：富津の実験林で調査した。集団林から調査樹を1本任意抽出した。樹高8.1mのクロマツ *Pinus thunbergii* の樹先端、樹冠内中央、

樹冠下、樹幹中央および胸高の各部位に、風向に而した側とその反対側に、それぞれH板を1枚垂直に設置した。空中散布終了後、前記と同様の方法で、液剤落下量指数と1cm²当りの平均粒子数を調査した。

7) 飛来成虫に対する直接殺虫効果：和田の実験林で調査した。

a) 寒冷紗：林内の所定の位置12個所に0.9×7mの寒冷紗を設置し、空中散布後24時間に落下仰転した昆虫の目録(主な松くい虫は種別)個体数を調査した。

b) 虫かご：林内の所定の位置10個所の樹冠内にマツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* 成虫を20匹放飼した虫かご(径15cm, 高さ12cm, 1.5mm目)を設置し、空中散布後時間経過に伴う致死率の推移を調査した。

8) 虫害枯損木発生量の比較：空中散布を含む総合防除を実施した実験林内の、松くい虫による虫害枯損木数を、実施前と実施5～7ヵ月後(12月)に調査した。

9) 葉害の調査

a) 野鳥に対する影響：各実験林内に、雌雄各1羽の十姉妹を放飼した鳥かごを、空中散布開始時から24時間設置した。以後、実験室に移して飼育し、薬剤中毒症状の有無を観察した。

b) 樹木葉量：薬剤施用後10ヵ月間、薬剤の影響による針葉の変色、その他異状の有無を隣接する無散布区と比較調査した。

実験結果

空中散布した液剤粒子のN. M. D.：液剤を空中散布した場合、落下した液剤粒子の大きさを分析する必要

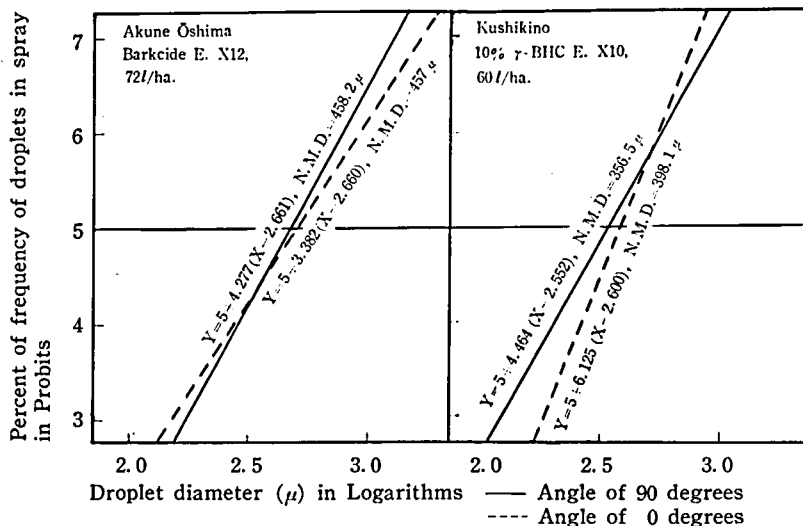


Fig. 2. Cumulative frequency distribution of droplet sizes in Barkcide and γ-BHC helicopter aerial spray.

がある。

阿久根大島の林内に落下した10% γ -BHC, 5% EDB, 30% ODB 混合乳剤 ($\times 12, 721/\text{ha}$) の粒子は、ヘリコプターの進行方向と平行の場合、計測した232粒子の粒径は200~2000 μ であり、400~500 μ が73粒でもっとも多く全体の42.7%であった。また、直角の場合、計測した32粒の粒径は200~2000 μ であり、400~500 μ が14粒でもっとも多く全体の54.8%であった。

串木野の林内に落下した10% γ -BHC 乳剤の粒子は、ヘリコプターの進行方向と平行の場合計測した780粒子の粒径は100~1600 μ であり、400~500 μ が329粒でもっとも多く全体の42.2%であった。また、直角の場合、計測した90粒子の粒径は100~1400 μ であり、500~600 μ が40粒でもっとも多く全体の55.6%であった。

それぞれについて粒径とその頻度の累積値との関係を調べると第2図の通りである。

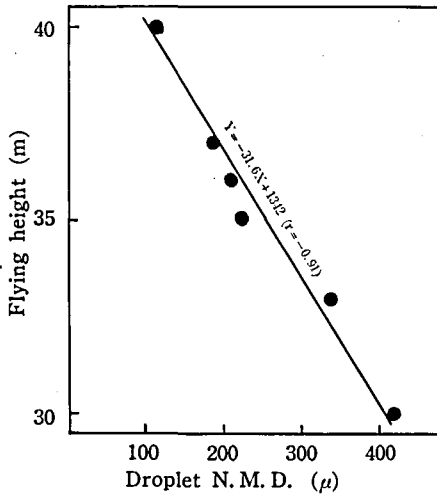


Fig. 3 Relationship between flying height and droplet (N. M. D.). Akune ōshima, Kagoshima.

N. M. D. の数値は、阿久根大島の場合平行：457 μ 、直角：458 μ であり、串木野の場合平行：398.1 μ 、直角：356.5 μ であった、いずれの場合もヘリコプターの進行方向と平行直角ともに、最多粒径、回帰直線の傾斜は大略等しかった。

高度と N. M. D. との関係：飛行高度と N. M. D. との関係は第3図の通りである。

高度と N. M. D. との間には、負の高い相関関係が認められた。散布高度が高くなるに従って、落下液剤粒子の N. M. D. の値が小さくなることが明瞭にわかった。

飛行間隔と有効散布幅：ベル47-G2型ヘリコプターにより、速度48km/時、高度樹上15mから18mの飛行間隔で空中散布した、液剤落下量の分布状況は第4図の通りである。

第4図から明らかなように、液剤落下量はほぼ均一な分布を示している。このことから飛行間隔18mで空中散布すれば、全域にわたって有効散布幅を示すものと推察された。

薬剤の落下量におよぼす風の影響：落下液剤粒子数に因与する散布葉量および空中散布実施中の風速との関係について調査した(第2表)。

散布葉量が増加すれば薬剤の落下量も増加する。空中散布実施中の風速が高くなるに従って薬剤の落下量がいちじるしく少なくなり、薬剤の散逸量が増加した。このことから、風の影響は空中散布の防除効果を左右する重要な要因と考えられ、風の強いときは空中散布をさけるべきであろう。

林のうつ閉と地表面の液剤落下量との関係：うつ閉の相違する樹木下と上空に向って完全に露出した場所での地表面の液剤落下量の関係を調査すると、空中散布した薬剤の樹木付着量が推定される。ヘリコプターの通過点で調査した結果は第5図の通りである。

うつ閉の相違によつて地表面の液剤落下量はいちじるしく変化し、うつ閉が密になるにしたがって地表面

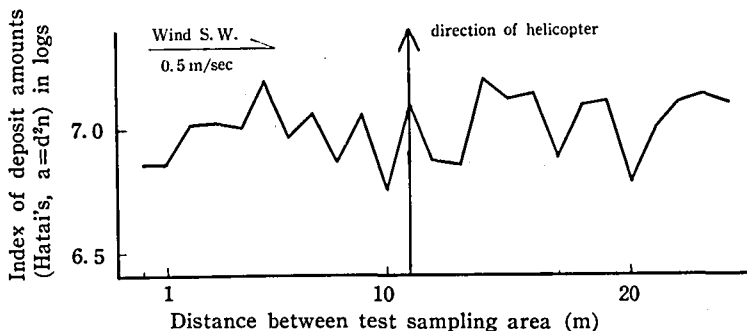


Fig. 4 Distribution of deposit amounts of helicopter aerial spraying at spray swath 18m. (Emission rate is 120 l/ha, Without grass covering, Huttsu, Chiba).

Table 2. Relationship between aerial spray amounts and number of droplets deposited

Spray amounts l/ha	Number of droplet n/cm ²	area	Covering by trees	Wind velocity m/sec
120	20.6	Huttsu	Weak	1
	3.6	Ōsawa	Weak	5.6-7.8
72	25.4	Wada	Weak, Tight	0
	2.7	Sendai	Weak	2
60	3.7	Kushikino	Weak	0.7

の液剤落下量は減少した。液剤落下量平均値で比較すると、多い場所から順に、上空に向けて完全に露出した場所 (指数: 24, 083, 048) > 薄いうつ閉の樹木下

(指数: 22, 964, 396) > 密なうつ閉の樹木下 (指数: 13, 757, 274) であった。この数値から薬剤樹木付着量を推定すると、薄いうつ閉の松は指数: 1, 178, 652 であり、密なうつ閉の松は指数: 225, 774 であった。従って密なうつ閉の松の樹冠にはかなり多くの薬剤が付着するものと思われる。

松樹の薬剤付着量: 松くい虫はせん孔性害虫であるマツノマダラカミキリなどのように成虫期は、松の針葉を後食し一時的に食葉性害虫に変化するものもあるが、ほとんどが樹皮下または材内で加害しているため、薬剤は樹皮の表面に多量に付着し、内部へ深達することが望まれる。

松くい虫に対し、空中散布防除の可能性を検討するには、まず空中散布された薬剤が松にどのように付着

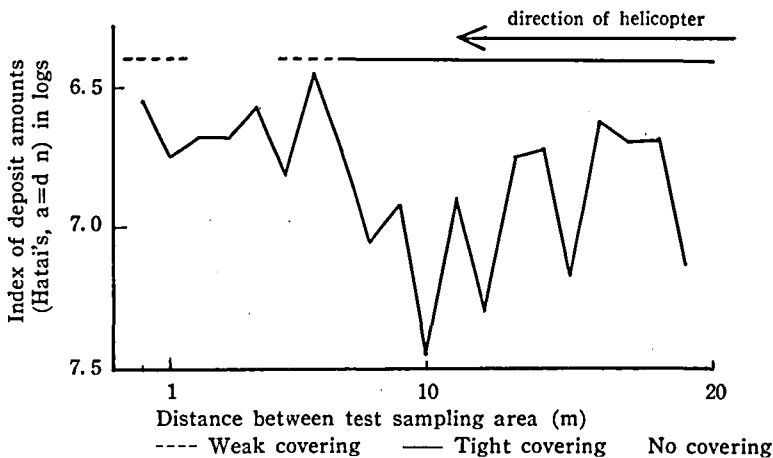


Fig. 5 Relationship between settling amounts and condition of covering in forest. Wada, Chiba.

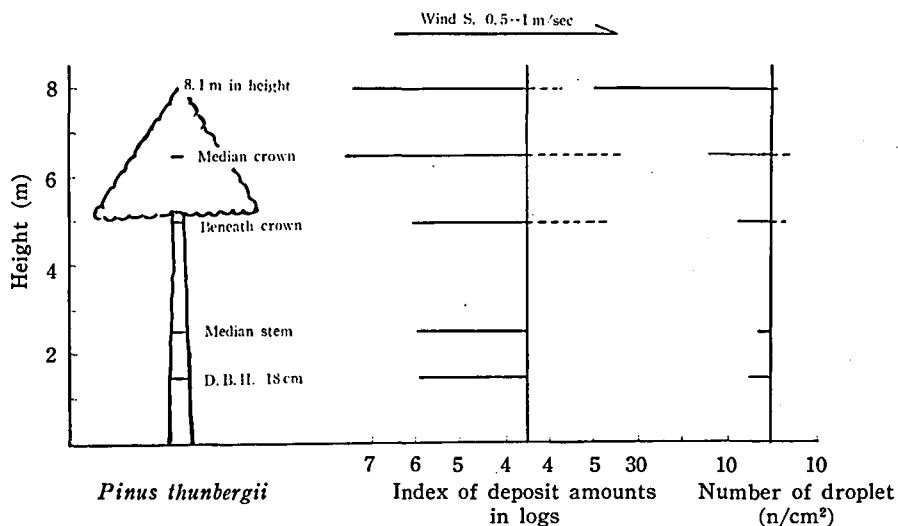


Fig. 6 Relationship between tree height and deposition of spray liquid. Huttsu, Chiba.

Table 3. Biological structure of knock down insects treated with insecticide in the pine forest, *Pinus thunbergii* at Wada, Chiba, at 24 hours after treatment.

Days Insecticides used Dilution ratio Application dosage l/ha	July 6, 1965 September 13, 1965	
	Barkcide emulsion ×12 l/ha	
Order of Insect	Number of insects Knocked down	
Coleoptera including pine tree wood boring insects	276	42
<i>Cryphalus fulvus</i>	7 (18, 417)	22 (57, 882)
<i>Shirahoshizo refecens</i>	0 (0)	2 (5, 262)
<i>Monochamus alternatus</i>	14 (36, 834)	4 (10, 524)
Diptera	552	92
Hymenoptera	144	111
Lepidoptera	0	28
Neuroptera	396	38
Hemiptera	612	785
Orthoptera	24	37
Spiders	324	106
Mites	0	25
Total number of knock down insects collected in cotton netting	2,328	1,264

(0.9 × 7 m) × 12 () : Estimated number of insects/20 ha

するかを調べる必要がある。

0.5~1m/秒の微風の条件下で10% γ -BHC, 5% EDB, 30% ODB 混合乳剤×12を120 l/ha 空中散布した場合、松の薬剤付着量分布は第6図の通りである。

松の各部位に於ける薬剤付着量を液剤落下量指数と1cm²当りの付着粒子数で比較すると、薬剤付着量は風向側の幹の側面には比較的多かったが、その反対側の幹の側面は極めて少なかった。また、松の高さと薬剤付着量との関係は、樹幹より梢頭部の方が多かった。薬剤付着量の多い部位から順に、松の先端>樹冠内中央>樹冠下>樹幹中央>胸高であった。

樹幹部の薬剤付着量が極めて少ないことから、樹幹部で加害虫の松くい虫には直接的効果はほとんど期待されないが、松くい虫に対し有毒環境になることが間接的に期待される。

飛来成虫に対する直接殺虫効果：寒冷紗の実験結果は第3表の通りである。

寒冷紗上には多数の森林昆虫が、空中散布後24時間に落下仰転した。アブラムシなど半翅目が圧倒的に多く、ついで双翅目が多かった。松くい虫にはキイロコキクイムシ *Cryphalus fulvus*、ニセマツノシラホシゾウムシ *Shirahoshizo refecens*、マツノマダラカミキリなどが観察された。散布時期と落下虫構成との関係は、松くい虫の場合、7月6日の散布ではマツノマダラカミキリが多く、9月13日の散布ではキイロコキクイムシが多かった。また、いずれの場合もニセマツノシラホシゾウムシは極めて少なかった。

つぎに、林内設置のマツノマダラカミキリの24時間後の致死率はすべて100%であった。薬剤間の速効性は γ -BHC, EDB, ODBの3種混合剤の方が、 γ -BHC

単剤より優れていた。従って高い防除効果を得るには γ -BHCだけでなく、EDBやODBガスを林内に充満させることが必要と認められた。

寒冷紗の実験結果と松の薬剤付着量調査結果とを合せ考えると、空中散布の防除効果は松の上部を加害する松くい虫には認められるが、他の部位の松くい虫には期待ができなかった。従って樹冠部を加害するマツノマダラカミキリ、キイロコキクイムシなどの成虫には有効で、特に樹冠内で後食中のマツノマダラカミキリ成虫に対し、高い密度抑圧的效果が得られるものと思われる。

このことから松くい虫防除は、空中散布だけに依存しても防除効果の向上は望めない。空中散布と地上散布とを併用すべきであって、むしろ空中散布は梢頭部に対し地上散布の補足的手段として利用すると言う考え方が適当であろうと思われる。

虫害枯損木発生量の比較：以上空中散布に関する基礎調査の結果から考察すると、松くい虫の防除は空中散布だけでは困難である。空中散布と、地上散布すなわち煙霧剤林分施用⁸⁾、乳剤単木散布¹⁾、油剤厚皮部散布¹⁾、乳水和剤地際散布¹⁾、浸透移行性殺虫剤樹幹塗布および土壌施用¹⁾などを、林況（海岸林、平地林、山岳林）、被害度（激害、中害、微害地）および加害虫構成に応じて総合施用することが必要と考えられる。

昭和40年に鹿児島、千葉の両県下でこころみた松くい虫の総合防除と、その防除効果はつぎの通りである。

地上散布は主に樹幹の厚皮部、稍厚皮部を担当し、空中散布は梢頭部を受持つ。地上散布は主にシラホシゾウムシ *Shirahoshizo* が対象になる。さらに、クロキボシゾウムシ *Pissodes obscurus*、キイロコキクイム

シ、マツノツノキクイムシ *Ips angulatus*, マツノマダラカミキリなどが包含される。空中散布は主にマツノマダラカミキリ、キイロコクイムシの各成虫が対象である。従って部位により加害虫の種類が異なるため、両者の散布時期は相違する。

鹿児島県（阿久根大島、川内）の場合。

林況は海岸林（特に風量の多い海岸林）、被害度は激害地主要害虫は、マツノマダラカミキリ、タマムシの1種、シラホシゾウムシであった。

空中散布はマツノマダラカミキリ成虫飛来最盛期をねらって実施した。地上散布はシラホシゾウムシを対象に実施し、樹幹に油剤を散布した。樹皮が厚く、被害が甚しく進行している松の場合は、乳剤散布では効果が適確でないで、思いきった油剤散布を実施した。油剤散布は葉害の出易い幼令木には実施できない。油剤が針葉に飛散すると褐変するから、なるべく針葉に油剤が飛散しないように留意する必要がある。葉害は外見的には認められない¹³⁾。もし一時的に生理作用に変調をきたす程度と考えられるならば多少の葉害は覚悟の上、油剤散布により、以後の松樹の回復に重点を置くべきではないだろうか。葉害問題は樹木の終局の育成目的から判断すべきであって、油剤散布により回復が期待されるとすれば、一時的葉害現象を無視して油剤散布を実施することが必要と思われた。

千葉県（和田）の場合。

林況は海岸林、被害度は中・微害地、主要害虫はマツノマダラカミキリ、キイロコクイムシ、ニセマツノシラホシゾウムシの3種であった。

空中散布は7月6日と9月13日の2回実施した。前者はマツノマダラカミキリ成虫、後者はキイロコクイムシ成虫のそれぞれ多発期であった。地上散布はニセマツノシラホシゾウムシを対象としていろいろの方法をこころみた。すなわち、成虫密度抑圧対策（7月7日、9月14日）として、煙霧剤林分施用（早朝に実施し煙霧が林内の下層をたどよう様にした。）乳、水和剤地際散布（日中、成虫の生息場所と知られている根元の土の浅い部分、落葉の下などを対象とした。）、せん孔予防およびせん孔虫駆除対策（7月5日）として、油剤単木散布、油剤樹幹厚皮部散布、浸透移行性殺虫剤樹幹塗布、土壌施用などを行なった。

その結果、12月に観察した虫害枯損木の発生量は、空中散布単一防除区のそれと比較し少なかった（第4表）。

葉害調査：空中散布の鳥類におよぼす影響を調査した。空中散布の薬剤に曝露した十姉妹を、その後10カ月間飼育したが健全であった。野鳥が空中散布の薬剤を直接被った場合、死滅するような危険性はすくないと考えられる。

また、樹木葉害の有無についても調査したが、いずれの場合も葉害は観察されなかった。

Table 4. Number of dead pine trees observed after the insecticidal treatment in Kagoshima and Chiba prefectures.

Place of experiments		Application method	ha	No. of trees	No. of dead trees	
					July	Dec.
Kagoshima pref.	Akune Ōshima	Aerial+Ground Spray (Oil spray)	33	7330	3	282 3.8%
	Sendai	Aerial+Ground Spray (Oil spray)	33	49500	2	660 1.3%
		Aerial+Ground Spray (Oil spray)	13	3427	0	93 2.7%
	Kushikino	Aerial spraying	9	2692	0	127 4.7%
		Untreated	10	—	0	
Chiba pref.		Aerial+Ground Spray (Stand fogging)	10	—	0	3
		Aerial+Ground Spray (Mist spray)	—	21	0	0
		Aerial+Ground Spray (Oil spray)	—	22	3	4
	Wada	Aerial+Ground Spray (Ground applied)	—	147	0	0
		Aerial+Ground Spray (Painting)	—	10	0	0
		Aerial+Ground Spray (Soil applied)	—	10	0	0
		Aerial spraying	10	—	7	17
	Ōsawa	Aerial spraying	20	—	4	8
	Wada	Untreated	5	—	0	23

Insecticides used : Oil spray : Barkcide (5% γ -BHC, 25% EDB), Fogging : Bark-fog (10% DDVP, 7.5% γ -BHC, 10% ODB), Mist spray : Barkcide E. (10% γ -BHC, 5% EDB, 30% ODB), Neo-Barkcide E. (6% Sumithion, 10% γ -BHC, 5% EDB), Ground applied : 10% γ -BHC E., Painting : Dimethoate, Soil applied : 5% Dimethoate granule.

論 議

森林防疫の車の両輪は生態的防除と化学的防除であると言えよう。この両者を総合調和させることが必要であって、どちらかに片寄ってはならない。ここで論じることが森林防疫のなかで、如何に化学的防除を実際的に発展させるかである。

空中散布の最大の利点は機動性が大きいことである。地形急峻で広大な面積の森林害虫防除は、航空機使用の薬剤散布がもっとも省力的、能率的であって、地況によっては空中散布以外に適当な方法がない場合もある。大面積を短期間で処理することができるため、防除の適期をのがすことが少ない。また、樹高の高い森林では、地上散布によって薬剤を樹冠部に到達させることは容易でない。わが国に於ける航空機使用の薬剤散布が林業に於いて発達し、普及した原因がここにある。

空中散布には飛行機とヘリコプターが使用される。米国、カナダにおける空中散布は専ら飛行機使用に重点がおかれている。わが国においての飛行機使用は、昭和29年の北海道森林の大風倒にともなう風倒木のせん孔虫防除対策として、札幌管林局でセスナ機、北見管林局でダグラス DC-3 型機とビーバー機を使用した。苫小牧の国有林では米軍用機カーチス・コマント機 C46 型およびバケット機 C119 型を借用して数十回にわたり γ -BHC 油剤を空中散布した。また、ヘリコプター使用は、同じく風倒木に対し 5% γ -BHC 粉剤を 20~30 kg/ha 空中散布した。近年、マツカレハ *Dendrolimus spectabilis*、ハラアカマイマイ *Lymantria fumida*、ハバチ類にも試験され、防除効果が認められた。

1963~4年、兵庫県⁷⁾および高知県^{8),9)}でベル 47-G2 型ヘリコプターを使用して松くい虫防除の空中散布が行なわれた。その結果、中原ら⁷⁾は、林内に活動中のマツノマダラカミキリ成虫は適期（六甲山では6月15~25日位）さえつかめば密度を低下させることができるが、散布時に落葉下にいるシラホシゾウ成虫などにはあまり効果が期待できないこと、薬剤を樹体に付着させ産卵防止することについては問題点が残されていることなどを指摘した。片桐ら⁸⁾は生態的特性を考慮して、ある種の主要松くい虫成虫だけを防除の目的とするならば、マツカレハなどの食葉性害虫防除と同じ防除概念であると言う考え方をした。マツノマダラカミキリは、入野地域では5月末から樹体外への成虫の脱出がはじまり6月が最も盛んである。産卵は6月中下旬~7月に多く行なわれる。その間の半月またはそれ以上の間の、新条部樹皮を食害する後食期間がある。この時期（6月上~中旬）が空中散布の適期であ

ろうと述べた。

GRAHAM²⁾は森林害虫防除のための空中散布は、キクイムシ類などのせん孔虫防除には推奨していない。松くい虫はせん孔性害虫であって（成虫期は樹体外で生活する生態的特性を有する種もある）、食葉性害虫とはいちじるしく生態的環境が異なるからである。

本実験結果から明らかになったことは、空中散布による松くい虫防除は、成虫の密度抑圧対策であり、防除効果は、松の樹冠部で加害する松くい虫（マツノマダラカミキリ、キイロコキクイムシなど）には有効と考えられるが、他の部位での松くい虫にはあまり期待できない。従って、松くい虫の被害を防止するには、前述したように、空中散布と地上散布とを必要に応じて総合施用することが必要と考えられた。

空中散布で害虫防除を実施する場合、防除効果の点から航空機の低空散布が要求される。しかし危険な低空散布はさけ、高高度散布を開発すべきであり、パイロットの安全性の配慮を行なうことが必要と思われる。また、今後は浸透移行性殺虫剤の粒剤空中散布を試験したいものである。

摘 要

1. 鹿児島県阿久良大島、川内、串木野、千葉県富津、大佐および和田の各山岳林、海岸林に設置した実験林で、ベル 47-G2 型ヘリコプターによる松くい虫の空中散布防除効果を調査した。

2. 空中散布は、昭和40年5月10~12日（鹿児島県）および7月6日と9月13~20日（千葉県）に実施した。薬剤は 10% γ -BHC, 5% EDB, 30% ODB 混合乳剤および 10% γ -BHC 乳剤を供試し、前者は12倍稀釈液を 72l/ha, 120l/ha, 後者は10倍稀釈液を 60l/ha 散布した。

3. 基礎調査として、落下液剤粒子の number median diameter (N. M. D.), 散布高度と N. M. D., 散布幅、散布葉量・気象と液剤落下量、林のうつ閉度と地表面の液剤落下量、松樹の薬剤付着量、林内の落下仰転虫、虫害枯損木発生率および葉害の有無などを調査した。

4. 空中散布した薬剤の松付着量は、多いものから順に風向側の幹の側面>その反対側の幹の側面であり、高さとの関係は、松の先端>樹冠内中央>樹冠下>樹冠中央>胸高であった。また、落下仰転虫は、松の樹冠で加害中のマツノマダラカミキリ、キイロコキクイムシの各成虫が多く、松の下部で加害中のシラホシゾウ属は極めて少なかった。

5. 薬剤間の速効性は γ -BHC, EDB, ODB 3 種混合剤が γ -BHC 単剤より優れ、EDB, ODB などの vapour toxicity の林内充滿の必要性が認められた。

粒子の N. M. D. は 356.5~458.9 μ の範囲であった。高度と N. M. D. との間には高い負の相関関係が認められた。また、空中散布薬剤の落下量に關与する風の影響は、防除効果を支配する外的要因として重要であった。

6. この実験範囲では、空中散布は成虫の密度抑圧対策であり、防除効果は松の樹冠部で加害中の松くい虫には有効であるが、他の部位での松くい虫には効果が少なかった。

7. このことから、松くい虫防除は空中散布だけでは困難で、空中散布と地上散布すなわち煙霧剤林分施用、乳剤中木散布、幼令木を除く油剤厚皮部散布、乳水和剤地際散布、浸透移行性殺虫剤樹幹塗布および土壌施用などを、林況、被害度および加害虫構成に依じて綜合施用することが必要と考えられた。

文 献

- 1) 合田昌義・酒井清六・岩見一民ら：千葉県林務課、八洲化学共同研究報告 (1964)
- 2) Graham, K.: Concepts of Forest Entomology. Reinhold, N. Y. 388pp. (1963)
- 3) Finney, D. J.: Probit analysis, a statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 318pp. (1952)
- 4) 畑井直樹：植物防疫 16, 125 (1962)
- 5) 片桐一正・小島圭三ら：日林講 76, 402 (1965)
- 6) 高知営林局造林課：高知営林局造林課業務参考資料森林保護 1, (1965)
- 7) 中原二郎・奥田素男ら：日林講 76, 397 (1965)
- 8) 酒井清六・合田昌義ら：防虫科学 29, 61 (1964)

Summary

Dynamic control with Helicopter spraying was done in two forests where population of pine tree wood boring insects was high. Area tested was

two places in central (Chiba prefecture : Wada, Futtsu, and Ōsawa) and Southern (Kagoshima prefecture : Akune island, Sendai and Kushikino) Japan. Aerial spray was carried out by Bell 47-G2 type helicopter on July 6 and September 13 to 20, 1965 at Chiba prefecture, and on May 10 to 12, 1965 at Kagoshima prefecture.

Insecticide formulations containing γ -BHC and EDB etc. used were shown in Table 4. The results by aerial spraying were observed by the behavior of spray droplets.

Median diameter of the spray droplets was plotted against flying height, covering condition of tree, aerial spray amount, spray swath and so on. The effectiveness of spraying was determined by the number and species of knock down insects and the number of dead pine tree attacked by wood boring insects in test forests.

Helicopter aerial spraying was only effective to the infestation of crown part of pine tree, and not to that of tree stem. Therefore, combination of helicopter aerial and ground spraying was needed to the complete control. In conclusion, the following methods should be combined for the control of forest insects :

- 1) Prevention by fogging machine in case of weak infestation of pine forest.
- 2) Mist spraying to individual tree.
- 3) Helicopter aerial spraying.
- 4) Spraying of insecticidal oil to pine stem except young tree in case of heavy infestation.
- 5) Ground treatment with insecticidal emulsion and granules around standing area of pine tree.
- 6) Banding of pine tree with systemic insecticides after peeling its bark.