

林業薬剤の環境に及ぼす影響と 合理的使用法

— 散布跡地 —

林業薬剤の環境に及ぼす影響と合理的な使用法 — 散布跡地 —

I 試験担当者

保護部昆虫科長（現関西支場長） 小林富士雄
林業薬剤第二研究室長 田畠勝洋
(現関西支場昆虫研究室長)
鳥獣第二研究室 土方康次
昆虫第一研究室 高野 肇
山崎三郎
(実施期間 昭和57年～59年)

II 試験目的

マツノザイセンチュウによる松の枯損を防止するため、媒介昆虫マツノマダラカミキリを対象とする薬剤の空中散布が各地で実行されている。この散布が林地の環境生物に及ぼす影響、とくに昆虫類、野生鳥類、土壤生物に及ぼす影響と、散布薬剤の河川水、土壤中の残留量を明らかにする目的で、昭和52年より5年間にわたり、水戸営林署および岡崎営林署管内において詳細な調査が行われた（林業試験場：昭和56年度国有林野事業特別会計技術開発成績成績報告書、昭和57年12月、参照）。

今回の調査は、上記の調査項目のうち、主として鳥類に対する影響を実験的手法によって確認することを目的として行ったものであり、そのほか上記水戸営林署において野生鳥類および昆虫類の補足継続調査を行った。

III 試験の経過の概要

野生鳥類については、52年度より5年間、水戸営林署御前山国有林においてセンサスを行い、空中散布が種数・個体数に与える影響は認められなかったが、このような調査は可能な限り長期に亘って行うことが望ましいので、今回も引き続き同様のセンサスを年1回づつ行った。

鳥類に与える農薬の生理的影響を知る目的で、長野県小諸市にある農林水産航空協会所属農林航空技術センターにおいて、室内的模擬空中散布装置を用いて59年6月、ジュウシマツ等への直接被薬実験および被薬毒餌の給餌実験を行った。

昆虫類については、52年より5年間、水戸営林署御前山国有林において、各種方法による種数・個体数の調査を行ったが、今回はわら巻き法による調査を59年冬に行って、この結果を52年度より行ったわら巻き調査の結果と比較しながら取纏めた。

IV 試験地の概要

前回報告書参照。

V 試験の方法と得られた成果

1. 鳥類に対する薬剤の酵素阻害実験

(1) 調査目的

NACおよびMEPの野生鳥類に対する影響を実験的に知るため、行動観察と酵素阻害について、室内における模擬空散という苛酷な条件下で調査する。

(2) 調査方法

1) 供試薬剤：スミパイン乳剤 (MEP 8.0%) およびセビモール (NAC 4.0%原液)。スミパイン乳剤は30ℓ/haで2回、セビモールは7ℓ/haで1回、自動散布架設装置（農林航空技術センター、長野県小諸市）によって散布。散布量は実験室の床面積 (292m²) あたりに換算した。

2) 供試鳥類：市販のジュウシマツ (約13g/羽) 200羽、ホオジロ (約19g/羽) 7羽およびカシラダカ (約17g/羽) 2羽を購入し、59年6月20日に農林航空技術センター（長野県小諸市）に自動車にて輸送した（移送時間約7時間）。移送後、直ちに異常の有無を確認し、ジュウシマツは5羽、ホオジロおよびカシラダカは1羽ずつ別々に飼育カゴに入れ、粟と水を与えて実験開始時まで飼育した。

3) 薬剤散布実験

薬剤散布実験室 (床面積 292m²) に1カゴあたりジュウシマツ5羽を入れた飼育カゴを図-1のように床上高150cmの所に6個つるした。また、ホオジロとカシラダカは1羽ずつ飼育カゴに入れ、ホオジロは2カゴ、カシラダカは1カゴを床上高25cmのポット上に任意に置いた。

飼育カゴを設置した後、自動散布架設装置 (床上高470cm) によってNACおよびMEPの所定薬量を散布した。散布薬剤による影響は散布前後や対照区の視覚的な行動観察と血液中の血しょうコリンエステラーゼ阻害について調査した。調査は両剤とも散布直後、散布5分、10分、30分、60分、90分、180分及び360分後に行い、散布360分後の場合は、行動観察後、被薬した毒餌を与えて

一昼夜放置後、再び同様な調査を行った。

自動散布架設装置で散布したNACとMEPの平均落下量は床上高25cmのポット10ヶ上に任意に直径12.5cmの東洋3紙No.2を静置し、散布一定時間後に回収し、ガスクロマトグラフで分析定量した。また、大気中の両薬剤の浮遊量については、つるした飼育カゴと同位置に吸着剤(ワコーゲルC-100, 5g)を入れたアリン氏管を取り付け、1分間に2.5ℓで10分間吸引することによって検討した。すなわち、吸着剤中の薬剤をNACは200mℓのヘキサンジオキサン (3:1v/v) で、MEPは100mℓのアセトンで抽出し、溶媒除去後、アセトンにて定容し、ガスクロマトグラフで分析定量した。

毒餌の調製は床上高25cmのポット上に8枚のバット (5×32×3.7cm) を任意に設置し、各4枚づつ

に粟300gおよび水5mℓを入れ、散布360分後まで放置し、ろ紙と同様常法にしたがってガスクロマトグラフで分析定量した。ガスクロマトグラフの分析条件は機種ヒューレットパッカードガスクロマトグラフ、検出器NPFID、充填剤O V-25: 3%WHP 100/200メッシュ、ガラスカラムφ3mm, 6フィート、カラム温度210°C、注入口温度250°C、検出器温度300°Cであった。

血液中の血しょうコリンエステラーゼ活性は、散布一定時間後、個体別に全採血し、その一部をヘパリン加工のヘマトクリット管 (長さ75mm、内径0.9mm) にとり、3,000r.p.m. で5分間遠心し、血しょうを分離し次々示す方法によって測定した。

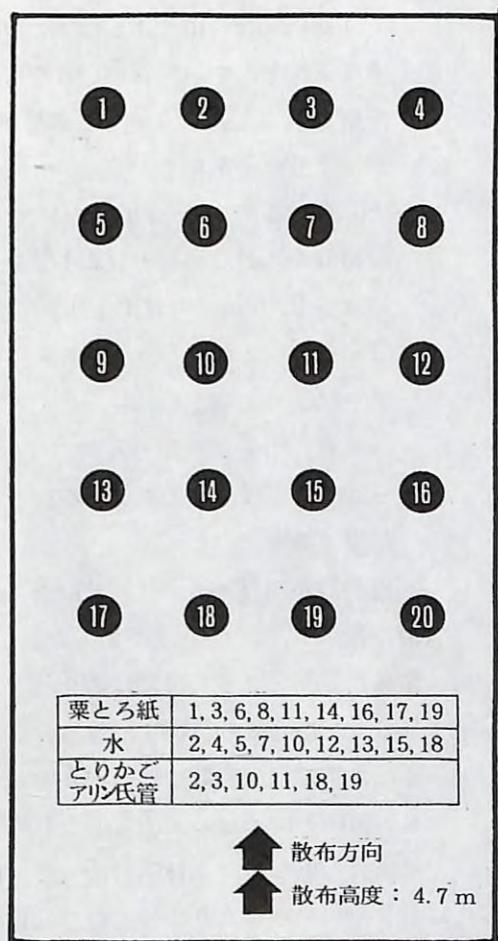


図-1 落下量調査3紙、粟、水および鳥カゴ、アリン氏管の設定位置

一定時間後に取り出した1カゴ中のジュウシマツ5羽の血しょうからその50 μ lを氷冷した小試験管にとり、等量の1/15Mりん酸バッファーで希釈し、これを酵素液とした。50 μ lの酵素液中に等量の80 mMの¹⁴C-アセチルコリンヨード液（被放射能約23,000 cpm）加え、37°Cで30分間インキュベートした。この後0.5 mlのジオキサンを加えて反応を停止、レジン-ジオキサン混合液を入れ、過剰のジオキサンを流去したパストールピペットに流し込んだ。反応液を0.5 mlのジオキサンで3回洗滌し、洗滌液をミニバイアルビンにとり、3 mlのジオキサンシンチレーターを加え、液体シンチレーションスペクトロメーターによって測定した。

また、1/15Mりん酸バッファー50 μ lに等量の80 mM ¹⁴C-アセチルコリンヨード液を加えたものをプランクとした。

(3) 結果と考察

自動散布架設装置によって散布したMEPの平均落下量は表-1に示すように実際散布量の77.5%以上であった。また、大気中の浮遊量は散布0.5分後では全落下量の約3%で30分後には約0.5%に減少した。一方、NACでは表-2に示した通りで、散布30分後まではほぼ全量が床上に落下するが、60分および90分後の平均落下量は実際散布量の約81%および約62%と減少した。その原因は少なくとも大気中の浮遊量の増加によるものではない。大気中のNAC浮遊量はさきのMEPの場合と異なり、全体的に少なく、散布5~60分後までは全落下量の約0.1%であったが、散布90分後ではさらに少なく、全落下量の約0.06%まで減少した。表-3は粟および水のMEPおよびNACの平均含有量を示したものでこの毒餌を散布実験に供試した個体に連続投与した。

薬剤散布後のジュウシマツの行動観察では、散布直後では各個体とも薬剤が全身に

表-1 自動架設装置で散布したMEPの平均落下量*(g)

薬量(g)	散布後時間(分)				
	5	15	30	60	90
実際散布量	125.1	128.2	114.8	108.8	109.0
全落下量	136.9	106.7	118.7	88.4	67.4
大気浮遊量	0.17	0.10	0.12	0.09	0.04

* 全床面積(292 m²)あたり

表-2 自動架設装置で散布したNACの平均落下量*(g)

薬量(g)	散布後時間(分)		
	0.5	5	30
実際散布量	11.1	11.9	12.7
全落下量	8.6	13.8	11.2
大気浮遊量	0.26	0.14	0.06

* 全床面積(292 m²)あたり

表-3 自動架設装置で散布した時のMEPおよびNAC量

薬剤	粟(μg/g)	水(μg/ml)
MEP	19.8	2.3
NAC	262.2	21.7

ふりかかったため、けたたましく鳴き、首を左右にふったり、くちばしをとまり木にこすりつける動作をくり返す行動がみられたが、落下するような個体は認められなかった。また、散布60分、120分、180分、360分後における行動観察ではとりわけ特徴のある行動がみられたのではないが、総じてとまり木にとまつままねむる時と同じような体勢をし、ほとんど動かない個体や逆毛を立てる個体など散布前あるいは対照区のものにはみられない異常姿勢が観察された。しかし、清浄な条件下おくとすみやかに回復し、正常な行動が観察されるようになった。

毒餌を2週間も連続投与した個体では日毎に1~2羽の死亡個体がみられたが、対照区でも全期間を通じて1~2羽は死亡した。対照区での主な死亡要因は試験地での外気温の急激な低下に加えて長野から筑波(茨城県笠崎町)までの長時間の移動による疲労が加わった極度の衰弱によるものと考えられる。したがって薬剤投与区はこれらの死亡要因の他にさらに薬剤の影響が加ったため死亡個体が続出したと推察される。

上述の結果はNAC、MEPのいずれも共通して観察されたことであり、特に成分の違いによる差は認められなかった。

さきにも述べたがMEPやNACのふりかかったジュウシマツは死亡個体はみられないまでも行動に若干の異常が観察された。その原因が酵素阻害にみるものかどうかを検討した結果、図-2に示したような結果が得られた。本図から明らかなように、

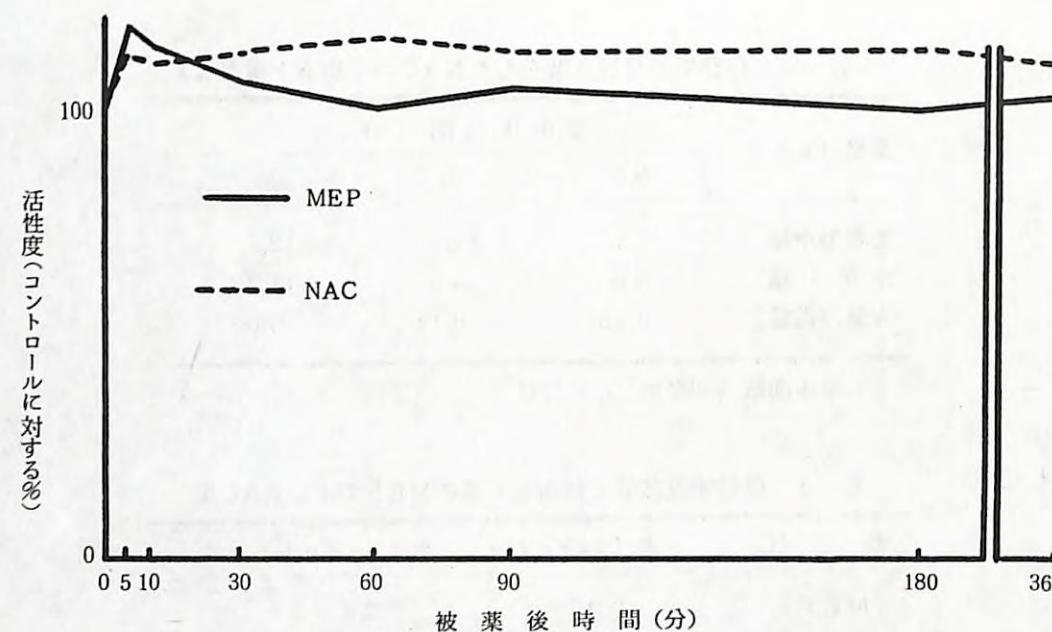


図-2 MEC および NAC を被薬したジュウシマツの血しょうコリンエステラーゼ活性の経時変化(被薬直後 = 5 分後)。

散布直後から 360 分までの間、どの時点においても血液中の血しょうコリンエステラーゼ活性の阻害は認められなかった。また、散布 360 分後から毒餌を与えて一昼夜飼育した個体においても同酵素阻害は生じていなかった。尚、毒餌を連続投与した個体の酵素阻害については調査していない。

ジュウシマツ以外のホオジロやカシラダカでは個体数が少なく、薬剤による影響を十分に調査することは出来なかったが、薬剤散布による死亡個体はなかった。

本実験は現在空中散布されている松くい虫防除剤の NAC や MEP の野生鳥類に対する影響を明らかにすることがねらいである。しかし室内実験であるため、実際場面とは大きな相違があることは十分考慮しておかねばならないが、本結果は野外における空中散布では考えられないほどきわめて苛酷な条件下で得られた結果である。したがって、NAC や MEP に対する薬剤感受性が本実験に供試したジュウシマツと同等かそれ以下の野生鳥類であれば、両剤の空中散布によって直接または、生理的障害を起こし死亡する可能性はないと判断される。

2. 野生鳥類のセンサス

(1) 調査方法

調査は水戸営林署御前山国有林において行われた。マッピング法を用い、林内に長さ 3 km の鳥類観測用のコースを設け、一定時間内(約 2 時間)に歩行しながらコース

の両側で鳥類のサエズリ (Song), 地鳴 (Call), 個体観察 (Visual) などで種類を判別し、発見した位置を所定の地図上に記録した。

(2) 結果と考察

1) 鳥類相

1982 年から 1984 年の間、NAC 剤が空中散布された跡地のマツ林で、延 8 回の鳥類センサスを実施し、記録出来た種類は '82 年 19 種、'83 年 20 種、'84 年 17 種、'85 年 22 種となり総数 14 科、32 種類(前回 '77 年から '81 年のセンサスの合計は 26 科、52 種類)であった(表-4)。これらは留

表-4 水戸試験地の鳥類相

(1982 ~ 1985)

種	名	調査年			
		1982 6	1983 8	1984 8	1985 2
1	ト ピ	Milvus migrans		+	+
2	サ バ	Butastur indicus	+	+	+
3	コ ジ ウ ケ イ	Bambusicola thoracica	+	+	+
4	ヤ マ ド リ	Phasianus soemmerringii		+	
5	キ ジ バ ト	Streptopelia orientalis	+	+	+
6	ホ ト ト ギ ス	Cuculus poliocephalus	+	+	
7	ア オ ゲ ラ	Picus awokera	+	+	
8	コ ゲ ラ	Dendrocopos kizuki	+	+	+
9	サンショウウクイ	Pericrocotus roseus	+	+	+
10	ヒ ヨ ド リ	Hypsipetes amaurotis	+	+	+
11	モ ズ	Lanius bucephalus	+		
12	ジョウビタキ	Phoenicurus auroreus			+
13	シ ロ ハ ラ	Turdus palidus		+	
14	ツ グ ミ	Turdus naumanni		+	
15	ヤ ブ サ メ	Setta squameiceps	+	+	
16	ウ グ イ ス	Setta dipone	+	+	+
17	キ ピ タ キ	Muscicapa narcissina	+		
18	サンコウチヨウ	Terpsiphone atrocaudata	+	+	
19	シ ジ ウ カ ラ	Parus major	+	+	+
20	エ ナ ガ	Aegithalos caudatus	+	+	+
21	メ ジ ロ	Zosterops japonica	+	+	+
22	ホ オ ジ ロ	Emberiza cioides	+	+	+
23	カ シ ラ ダ カ	Emberiza rustica			+
24	ア オ ジ ジ	Emberiza spodocephala			+
25	カ ワ ラ ヒ ワ	Carduelis sinica	+	+	+
26	マ ヒ ワ	Carduelis spinus			+
27	ウ ソ	Pyrrhula pyrrhula			+
28	イ カ ル	Eophona personata	+	+	
29	シ メ	Coccothraustes coccothraustes			+
30	カ ケ ス	Garrulus glandarius	+	+	+
31	ハシボソガラス	Corvus corone		+	+
32	ハシブトガラス	Corvus macrorhynchos	+	+	+

鳥50.0%，冬鳥21.9%，漂鳥15.6%，夏鳥12.5%の順となり、年度によって増減がみられた。さらに種類数について前回の年毎の調査結果と比較してみるとほぼ同様である。前回認められ今回認められなかった種は調査地の外部周辺に生息場をもつカツブリ、カルガモ、コサギ、ツバメ、セツカ、キセキレイ、カワセミ、ムクドリ、ヒバリ、アオバズク、オナガなどが含まれており、今回認められた種類は、これらを除くと森林原野生の種類でしめられ、種類構成はヒヨドリ、ウグイス、コゲラ、ホオジロ、シジュカラ、ハシブトガラス、キジバト、エナガ、カケス、メジロ、カワラヒワ、アオゲラ、コジュケイ、トビ、ヤマドリなどの留鳥のほか、数種の夏鳥、漂鳥（イカル、ヤブサメ、サンショウウクイ、サシバ、キビタキ、サンコウチョウ、ホトトギス）で構成され、山地帯に似た鳥相を示し、前回の調査結果と一致した。また'85年2月にはマヒワ、カシラダカ、アオジ、ウソ、シメ、ツグミ、シロハラ、ジョウビタキなどの冬鳥を記録した。

2) 出現個体数の変動

鳥類の出現個体数き相対密度を年度ごとに示すと図-3のとおりである。これみると各年度ともヒヨドリのしめる割当が高く、全体の20%をしめ、ついでマヒワ13%，ウグイス8%，ホオジロ、コゲラ各6%，シジュカラ、カワラヒワ各5%の順となり年度によって増減がみられた。さらにマツ林の代表種について1時間当たりの出現頻度を示すと図-4のとおりである。各年度によって鳥類の出現順位に多少の変動がみられたものの、前回同期と比較しても特に大きな変化はなく、比較的安定した鳥相を示した。

3) まとめ

以上NAC剤の空中散布跡地のマツ林で、鳥類センサスを中心に野生鳥類の出現状況を過去3年間実施したが、年度によって出現順位や、個体数に多少の変動がみられたものの鳥類相は豊かで個体数も多く、比較的安定した鳥相を示し、薬剤散布の種数・個体数に及ぼす影響は認められなかった。

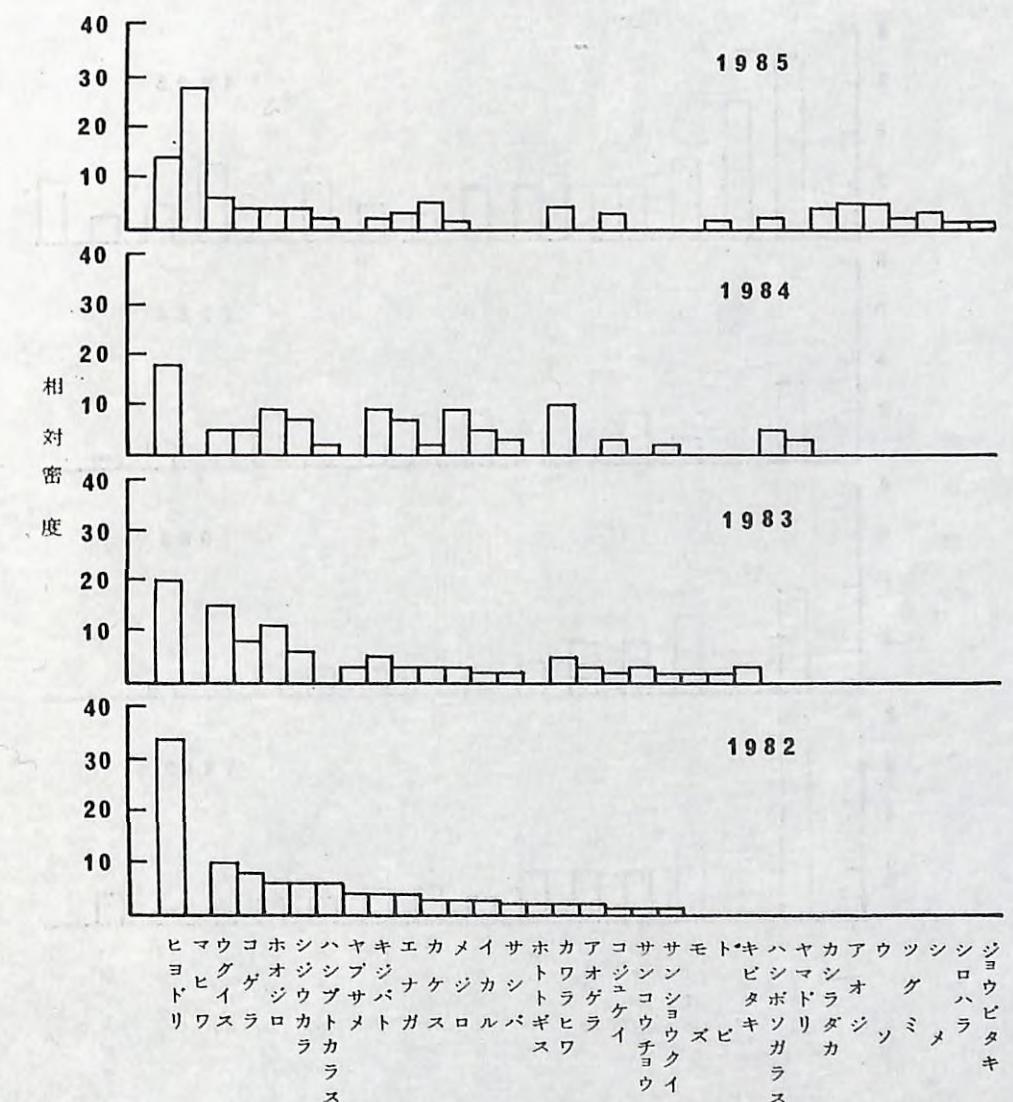


図-3 出現鳥類の相対密度 一水戸試験地一

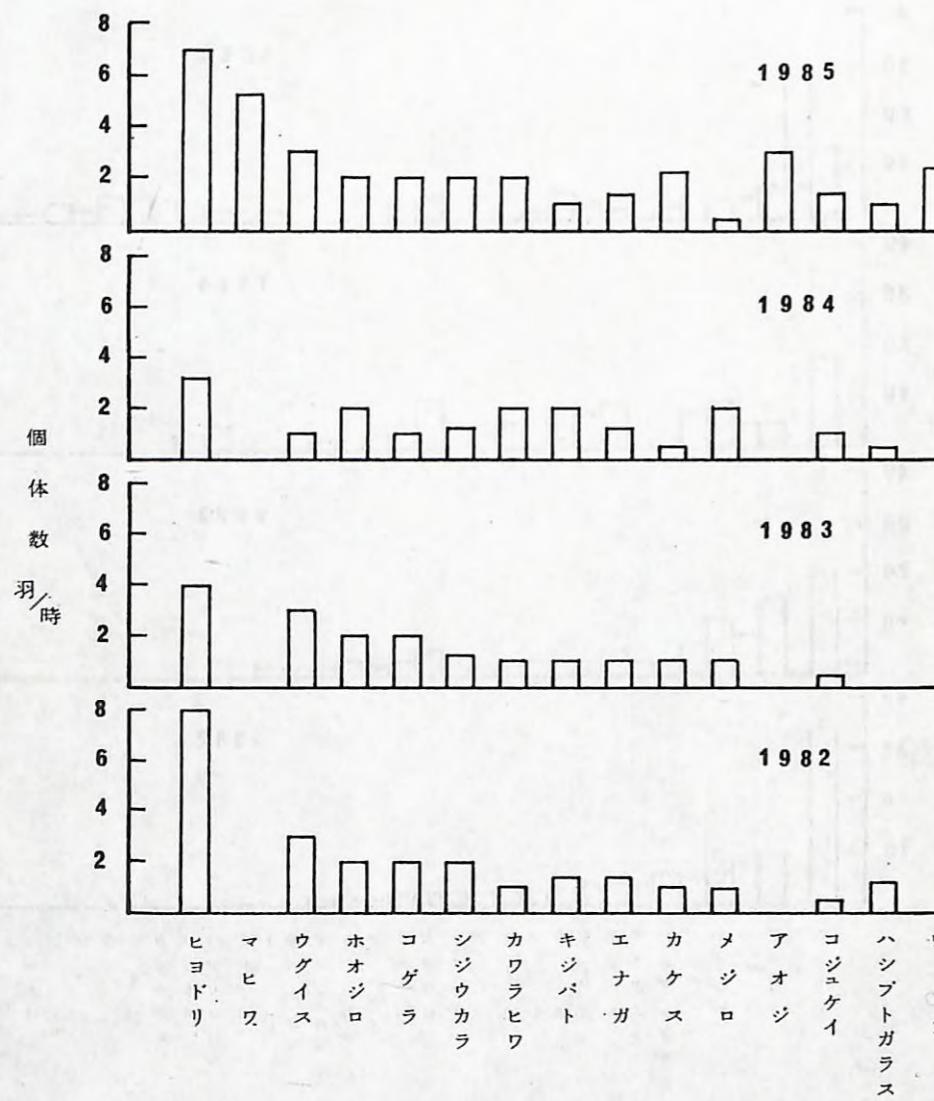


図-4 主な種類の1時間当たりの出現頻度

3. 昆虫相におよぼす影響調査

カートン巻き法による越冬昆虫（含クモ類）相調査

(1) 調査方法

水戸営林署御前山国有林28林班は小班のアカマツ人工林において林内の小径ぞいに任意に30本の生立木を調査木とした。調査木の平均胸高を径は20.5cm(11~31cm)で、この部分に巾30cmのダンボールカートンを巻きつけガムテープで固定した。設定は9月20日、回収は'85年2月12日であった。資料は研究室に持帰り冷凍の後遂時同定した。

(2) 結果と考察

1) カートン内の昆虫相

カートン内から得られた昆虫類の内訳は図-5、6の通りである。1立木当たりの

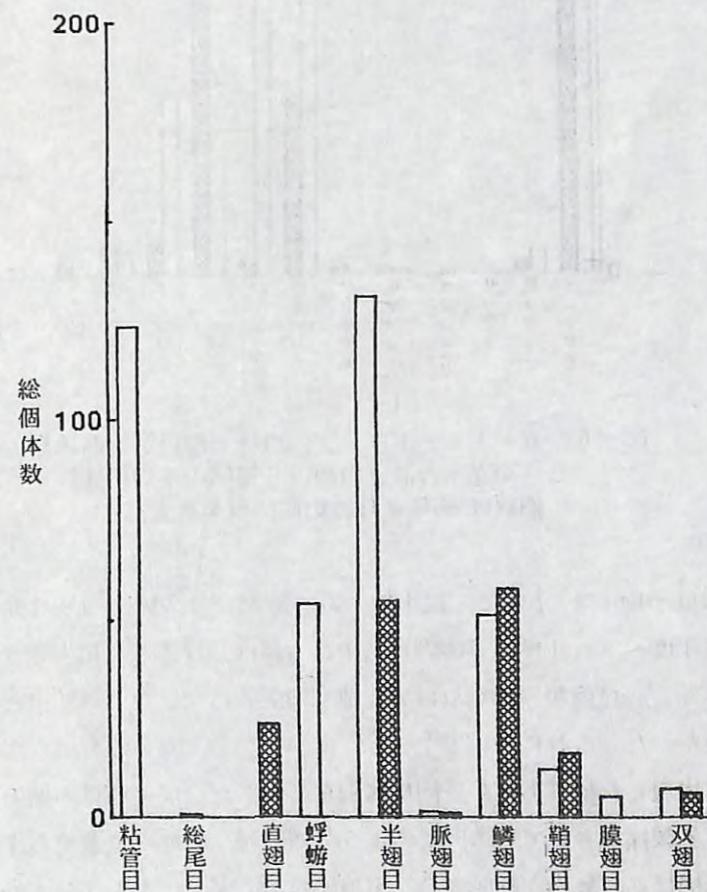


図-5 カートン・トラップ内昆虫類の内訳
(立木30本合計相対数を示す。白線は5年間
平均、網線は'85年度の総個体数)

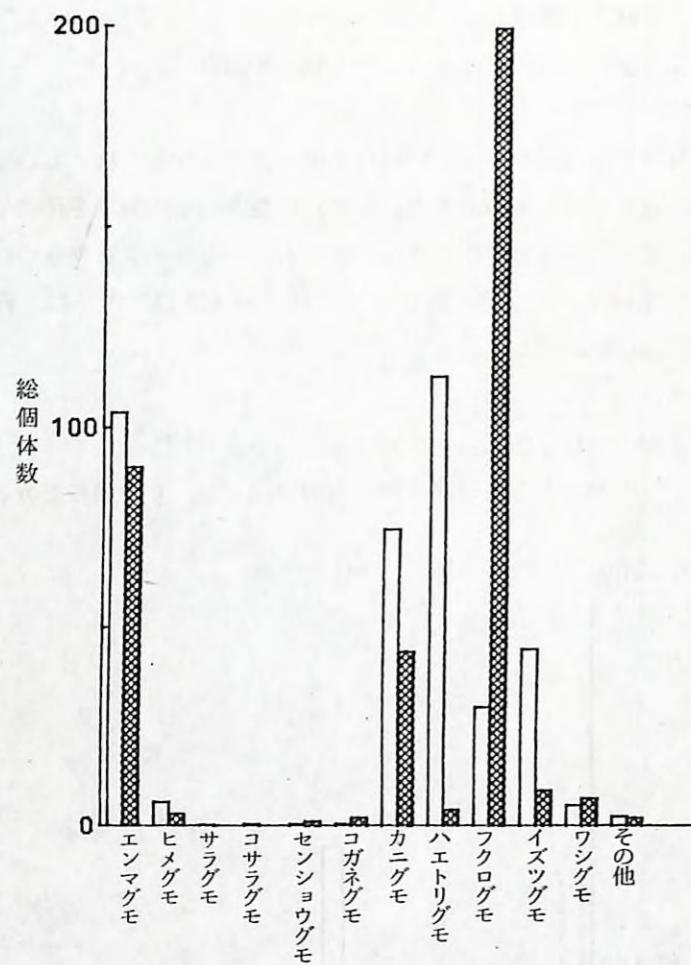


図-6 カートン・トラップ内のクモ類科別総個体数
(30立木合計, 白線は5年間の平均個体数を,
網線は'85年2月の総個体数を示す)

個体数は平均18.1頭で、昆虫類の占める割合は全体の約30%であった。これは52年度～56年度までの調査結果ともほぼ一致する(昆虫類38%, クモその他62%)。昆虫類の種類数は24種で内訳ではマツカレハ幼虫とヤニサシガメが最も多かった。これについてヤマトゴキブリが多くみられたが、本種は当試験地で初めて出現した種であるが、同様に調査したアカマツ平地林の他の試験地では本種が毎年多数採集されている。このような傾向は、山地に位置する本試験地のアカマツの枯損により林内が疎開され、平地の植物の侵入とともに低地の昆虫や人家周辺をすみ家とする昆虫類が侵入してきた場合によくみられる。

これまでの本試験地での昆虫類の総種数は64種で、さきの平地林よりもかなり多い種を有している(千葉県佐倉市40, 同県八街町47)ことになる。今回みられなかった昆虫類の主なものとしては蜉蝣目のカゲロウ類、鱗翅目のカラスヨトウ、鞘翅目のサビカミキリがあるほか、'82年度に大発生していた粘管目のトビムシ類は全くみられなかった。全体の種数・個体数の関係を図-7に示したが、'81年度のトビムシ類(粘管目)の大発生をのぞけばそれほど大きな変動はみられなかった。

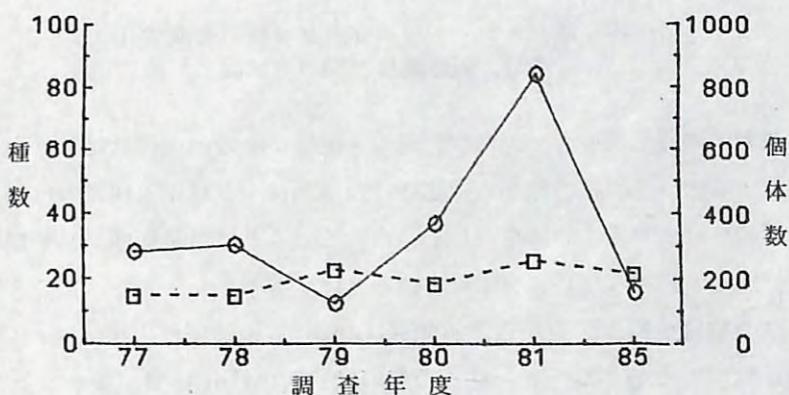


図-7 カートントラップ内昆虫類の年次変化
(種数○印, 個体数□印で示す。調査木30年合計)

2) カートン内のクモ相

立木1本当りのクモ類の平均個体数は12.8頭(2～35頭)で、これまでの5年間の結果(平均12.7頭)と全く変わっていない。

採集した主なクモ類としてはヤハズフクログモとキクダカニグモ、ムナアカフクログモ、カニミジングモであったが、ヤハズフクログモは全体の45%で、ムナアカフクログモ、ネコグモを合せたフクログモ科の割合は56%と半数を占めていた。アシブトハエトリは'77, '78年度に優占種(約半数)であったが'79年度より急激に減少し、今回もわずか4頭をみるだけであった。また山地での優占種であったコマツエンマグモは今回減少していた。この原因もヤマトゴキブリの場合と同じではないかと考えられる。昆虫類同様のクモ類の種数・個体数の関係を図-8に示したが、毎年比較的安定したクモ相を示し、それは'85年においても同様であった。

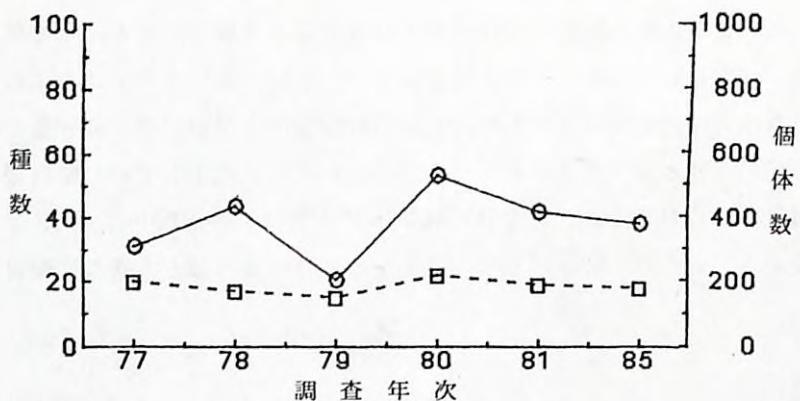


図-8 カートン・トラップ内クモ類の年次変化
(種類、個体数など図-3に同じ)

筆者の調査したアカマツ林樹幹部での越冬クモ類の総種数は19科89種であったが、このうち当試験地から採集された種類は13科41種にのぼり、アカマツ平地林のそれより多くの種を有していた。このことは当試験地がクモ類の生息によく適した場所であったことを示しているといえよう。

クモ類はその生活型から徘徊性 (Huntar) と造網性 (Snarar) 型の2つに大別されているが、カートン巻きのものは一般に Hunt. 型が多かった。しかし本試験地の場合は7:3と Snar. の割合が他のアカマツ林より多かったが'85年の結果ではいくぶん少なく26%となっていた。これはコマツエンマグモが減少したことが大きな原因となっている。

3) まとめ

5年間NAC (セビモール) 剤の散布が行われたアカマツ人工林の3年後の昆虫相の変化を調べる目的で、越冬期にカートン巻きトラップでこの内に潜入した昆虫、クモ類を調査したところ、過去5年間にえられた昆虫、クモ類と大きなちがいはみられなかった。しかし種類の質的な変化の一つとして、昆虫類ではヤマトゴキブリが侵入し、クモ類ではフクログモ科が増加しエンマグモ科 (コマツエンマグモ) が減少した。またマツの枯損の進んだ'81年度時代にサビカミキリが増加したがその多くがBeauveriaにより弊死し、同年トビムシ類も大発生したが今回の調査では全くみられなかった。これまでの調査結果によられるようにマツの枯損の拡大による林内照度の増加や、これにともなう下草植生の変化が、森林型、山地型の昆虫類、クモ類を草原型、平地型のものへと変えていっているものと考えられ、この点からも当試験地のおかれた重要性に注目してゆくことが必要と思われる。