

ISSN 0037-4091

植物防疫



1987

11

特集号 害虫の長距離移動

VOL 41

強力4駆に実力派新登場

共立スピードスプレーヤ

SSV-660F



苛酷な作業もバリバリこなす待望のSSV-660F。荷重バランスの優れた登坂性能とビッグサイズのタイヤで悪条件の場所でも安定走行を可能にしました。共立独自の整流機構から生まれる微粒子化された薬液は徒長枝まで確実に圧展固着。防除効果も一段とアップしました。広範囲な変速段数もメリット。作業に合せた車速が選択できます。SSV-660FはSSのパイオニア共立ならではの高性能スピードスプレーヤです。

〈仕様〉 ●寸法/3,300(全長)×1,320(全幅)×1,235(全高)mm ●重量/1,005kg ●走行用エンジン排気量/600cc ●送風用エンジン排気量/952cc ●走行部形式/4輪-4駆 ●薬液タンク容量/600ℓ ●噴霧用ポンプ吐出量/80ℓ/min ●送風機風量/550m³/min ●ノズル個数/16



株式
会社

共立



共立エコ物産株式会社

〒181 東京都武蔵野市下連雀7-5-1 ☎0422-49-5941(代表)

りんごの病害防除に!

*適用拡大になりました。

*赤星病/黒点病/*黒星病
斑点落葉病/*すす点病/*すす斑病

ピルノックス 水和剤



大内新興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋小舟町7-4

除草剤イノベーション。



水田除草剤の歴史に新しいページがひらかれた。

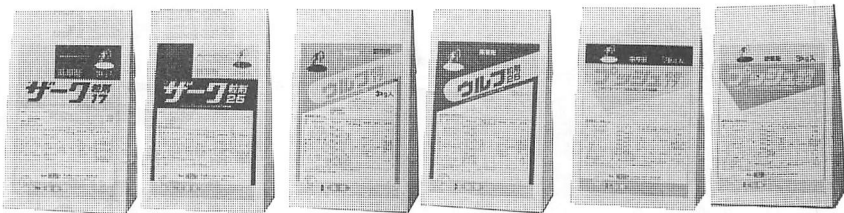
デュポン社が開発した画期的な水田除草剤、スルホニル尿素系除草剤DPX-84*
をベースに、いま「ザーク」「ウルフ」「プッシュ」誕生。

*DPX-84の一般名はベンスルフロンメチル。

新発売



水田除草、新時代。



●豊富な適用雑草 ●散布に余裕もてる広い処理適期幅 ●長期間にわたる抑草効果 ●水稲、環境に高い安全性

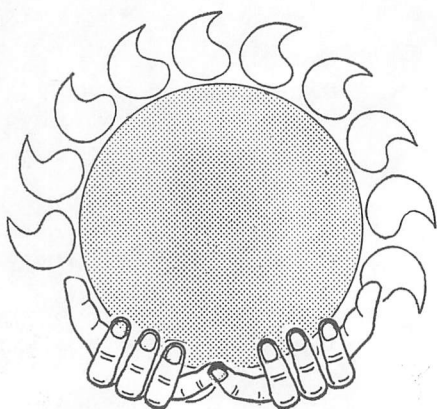
デュポン ジャパン



デュポン ジャパン リミテッド 農業事業部

〒107 東京都港区赤坂1丁目11番39号 第2興和ビル TEL.(03)585-9101

線虫剤と伴に30年



線虫剤の
トップブランド

テロン^{*}92



サンケイ化学株式会社

鹿児島・東京・大阪・福岡・宮崎

本社 鹿児島市郡元町880 TEL.0992(54)1161(代表)・東京事業所 千代田区神田司町2-1 TEL.03(294)6981(代表)

豊かさを描いて。

豊かさに、確かさをプラスして、
さらに美しさを求める。
ホクコーは、より質の高い
実りの世界を、今日も
描き続けます。

健苗育苗に

総合種子消毒剤

デュボン

ベンレート^{*}T 水和剤20

苗立枯病に

カヤベスト[®] 粉剤10

幼苗腐敗症・褐条病に

カスミン[®] 粒剤

新発売 苗立枯病・褐条病に

コタパロン 粉剤



農協
経済連
全農



北興化学工業株式会社

〒103 東京都中央区日本橋本石町4-4-20

植物防疫

Shokubutsu bōeki
(Plant Protection)

第 41 卷 第 11 号
昭和 62 年 11 月 号

目次

特集号：害虫の長距離移動

長距離移動性害虫の研究の展望.....	桐谷 圭治.....	1
害虫の移動と気象.....	清野 豁・大矢 慎吾.....	4
害虫の移動追跡技術.....	岸野 賢一・日高 輝展.....	9
害虫の移動と環境.....	平井 一男.....	13
害虫の移動個体の生理・生化学と遺伝的変異.....	藤條 純夫.....	20
害虫の移動予知システムモデル.....	法橋 信彦.....	25
セジロウンカの長距離移動に関する日中共同研究.....	桐谷 圭治・平井 剛夫.....	29
アワヨトウの移動.....	大内 義久.....	34
ハスモンヨトウの移動.....	内藤 篤.....	37
コナガの移動.....	岡田 利承.....	41
コブノメイガの移動——特に水田からの移出を中心に——.....	和田 節.....	45
ウンカ類の移動予知.....	渡邊 朋也.....	49
紹介 新登録農薬.....		3, 8, 19, 52
新しく登録された農薬 (62.9.1~9.30)		44
学界だより.....	33	協会だより.....28
新刊紹介.....	51	次号予告.....54



「確かさ」で選ぶ…バイエルの農薬

- いもち病に理想の複合剤
⑧ **ヒノラフサイド**
- いもち病の予防・治療効果が高い
⑧ **ヒノザン**
- いもち・穂枯れ・カメムシなどに
⑧ **ヒノバイジット**
- いもち・穂枯れ・カメムシ・ウンカなどに
⑧ **ヒノラスバイパッサ**
- 紋枯病に効果の高い
⑧ **モンセレン**
- いもち・穂枯れ・紋枯病などに
⑧ **ヒノラフモンセレン**
- イネミス・カメムシ・メイチュウに
⑧ **バイジット**
- イネミスソウムシ・メイチュウに
⑧ **バサジット**
- イネミス・ドロオイ・ウンカなどに
⑧ **サンサイド**
- イネミス・ウンカ・ツマグロヨコバイに
⑧ **D.S. タイジストンサンサイド**
粒剤
- さび病・うどんこ病に
⑧ **パイレトン**
- 灰色かび病に
⑧ **スーパーレン**
- うどんこ病・オンシツコナジラミなどに
⑧ **モレスタン**
- 斑点落葉病・黒星病・黒斑病などに
⑧ **アントラコール**
- もち病・網もち病・炭そ病などに
⑧ **バイエルホルドワ**
(クストラヒットホルデ)
- コナガ・ヨトウ・アオムシ・ハマキムシ・スリップスに
⑧ **トクチオン**
- ミナミキイロアザミウマに
⑧ **ホルスターール**
- 各種アブラムシに
⑧ **アリルメート**
- ウンカ・ヨコバイ・アブラムシ・ネダニなどに
⑧ **タイジストン**
- アスバラガス・馬鈴しょの雑草防除に
⑧ **センコル**



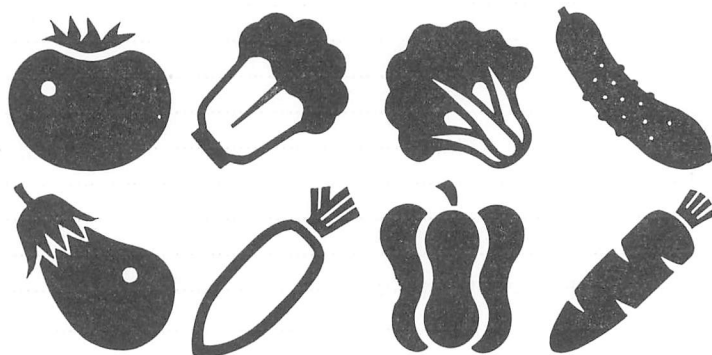
®は登録商標

日本特殊農薬製造株式会社
東京都中央区日本橋本町2-4 ☎ 103

●農薬は正しく使いましょう！



武田の野菜農薬



●キャベツ・はくさいのコナガ防除に

パダン[®] 水溶剤

●園芸作物害虫の基幹防除に

武田オルトラン[®] 水和剤
粒剤

●イチゴ・ナス・スイカのハダニ類に

武田オサダン 水和剤 25

●キャベツのハスモンヨトウに

ランネート^{*} 45 水和剤
「タケダ」

●速効性のアブラムシ防除剤

武田ピリマー^{*} 水和剤

●野菜・茶の害虫に

ナパール[®] 水和剤

●野菜・稲の害虫に

ルーバン[®] 水和剤

●野菜・茶の害虫に

フローピア[®] 水和剤

●速効性の野菜・茶の害虫防除剤

キーデックス[®] 水和剤

●アオムシ・コナガ・ヨトウムシなどに

武田ペイオフ^{*} 乳剤

●新しい園芸作物殺虫剤

武田アクテリック^{*} 乳剤

●だいこんの亀裂褐変症に

バリダシン[®] 粉剤

●レタスすそ枯・いちご芽枯病に

バリダシン[®] 液剤

●野菜の灰色かび病・菌核病に

武田ロブラーレ[®] 水和剤

●園芸作物病害の基幹防除に

武田ダゴニール[®] 水和剤

●園芸作物の病害に

ベンレート[®] 水和剤
デュボン

●畑の雑草防除に

武田トリアサイド[®] 乳剤

武田薬品工業株式会社

農薬事業部 東京都中央区日本橋2丁目12番10号

長距離移動性害虫の研究の展望

農林水産省農業環境技術研究所 **桐 谷 圭 治**

I 移動性害虫の研究の流れと背景

昆虫の移動は、注意深い人たちならいつかは目撃している。それは秋に性成熟とともに山地から平野部に移動するアキアカネであったり、物の気に取りつかれたようにひたすら一つの方向に飛び去って行くイチモンジセセリであったりする。なかでもバッタの移動は、紀元前 1500 年ごろに書かれた旧約聖書「出エジプト記」に早くも見られる。そこには「エホバはこの日、終日終夜、東風を地に吹かせられた。朝になり、東風はバッタを運んできた。バッタはエジプト全土をおおい木も畑も緑色のものは何も残さなかった」という意味の記述がある。最近のバッタの研究はこの記述にも科学的な解釈を加えてくれる。このバッタはサバクワタリバッタであろうこと。赤道付近に赤道前線が発生すると、風がその地域に流れ込む。そして雨がもたらされ食草が生育しバッタの好適な繁殖場所が出現する。バッタはこの強い吹き込みの風に乗って移動する。移動性の群生相のバッタは夜は休息して翌朝太陽が昇り体温が上昇すると飛び立つ。エホバを赤道前線と読み替えれば、バッタは赤道前線に吹き込む東風に乗ってアラビア半島からエジプトに侵入してきたのである。サバクワタリバッタの最大飛しょう距離は、海上を 24~60 時間飛び 1,400 マイルの距離に達するという。

アワヨトウは中国では各種の穀類の大害虫で、突発的に大発生して急に姿を消すことから、神虫と呼ばれ恐れられてきた。わが国でも古くから被害が知られ、その記録は 11 世紀初めにまでさかのぼることができる。近年は牧草地での発生が問題となり、本年も北海道から中国地方にかけて日本海側を中心にイネ科牧草で多発生が報告され、8 月には次世代幼虫によるイネの被害が東北地方では生じた。中国では 1953 年以来この虫の移動に関する研究が、越冬地帯の調査や標識放逐法による移動の実証試験によって全国的に進められた。標識虫は 430 万頭以上で、そのうち 40 頭が各地で回収された。最長移動距離は 1,480 km にも及んだ (李ら, 1964)。この壮大な総合研究によって、東経 110° 以東、北緯 20~50° に及ぶアワヨトウの中国大陸での発生が、移動によ

る北上と繁殖によることが裏づけられた。この研究は、日本の中部以北に発生するアワヨトウの飛来源は中国大陸ではないかと考える日本の研究者をおおいに勇気づけた。

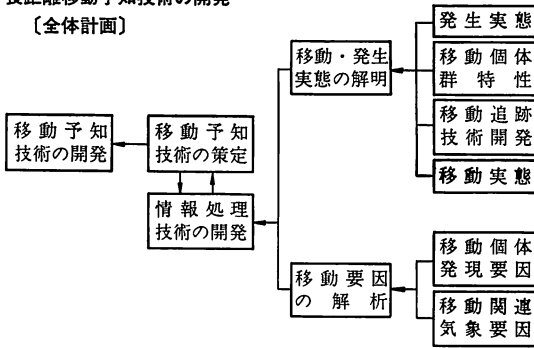
ウンカ類はイネの重要な害虫として知られ、徳川時代の三大飢饉のうち享保(1732)の飢饉はウンカによって起こされた。ウンカの発生源については内地越冬説と外地飛來說に分かれ、日本では論争が続いていた。1967年7月、この論争の流れを変える事件があった。気象観測船「おじか」の気象長鶴岡氏によって、南方定点で数日間にわたるトビロウンカとセジロウンカの飛しょうが観察された(朝比奈・鶴岡, 1968)。これをきっかけに、岸本良一氏らの日本の研究者によるウンカの移動研究が活発化した。

日本における長距離移動の研究に大きな刺激を与えたものに、ミバエ類の研究がある。南西諸島及び小笠原群島に分布するミバエ類の根絶のため、不妊虫放飼が 1975 年からウリミバエを対象に久米島で、翌 1976 年にはミカンコミバエを対象に小笠原群島で始められた。不妊虫放飼はミバエの大量増殖が前提技術であり、野生虫と不妊虫の区別が容易にできるように不妊虫の標識技術も開発された。根絶地域での最大の関心事はミバエの再侵入である。そのため標識(不妊)虫を使って分散能力が調べられた。ミカンコミバエは父島・母島間 50 km を飛しょうすること(岩橋, 1972)、喜界島で放飼された標識不妊虫は、北は 265 km 離れた種子島に、南は 150 km 離れた沖永良部島に達した(田中ら, 未発表)。これらの事実は、昆虫の移動力の大きさを強く印象づけるとともに、長距離移動性害虫の研究も技術的に不可能ではないことを示した。

II 長距離移動性害虫の予知技術開発のプロジェクト

近年における全国的な野菜産地の形成、水田転換畑作物の作付け増加などを背景に、北日本では今まで問題にならなかった暖地害虫の突発的発生が見られるようになった。これらの害虫には、被害地で大発生の原因となった親世代の個体がまったく発見されず、国内での越冬も不可能と考えられる種類も含まれている。なかでもウンカ類については、飛来と気象条件の関係もかなり明ら

長距離移動予知技術の開発
〔全体計画〕



第1図 長距離移動性害虫の移動予知技術開発研究計画 (1983~1987)

かになっており、飛来の子知も可能ではないかと思われた。他方、移動を検証するための技術も、標識法、フェロモントラップなどの発達により、従来は困難と考えられていた追跡法もしだいに開発されつつあった。

このような状況を踏まえて、農水省では農業技術研究所（現在 農業環境技術研究所）を主査場所として、全国的な研究組織を組み、5ヶ年計画、総額約5億円の「長距離移動性害虫の予知技術の開発」の別枠研究を1983年より発足させることにした。この研究計画では、ウンカ類、コブノメイガ、ハスモンヨトウ、コナガ、アヲトウ、ハイマダラノメイガ、ミツモンキンウワバを取り上げた。参画研究機関は農水省関係研究室20、公立農試10、大学4、協会1の構成である。

本研究計画の全体計画は第1図に示すとおりであるが、まず対象種の越冬可能な常発地帯と侵入地帯を明らかにする。さらに移動個体の出現条件ならびに移動虫と非移動虫（定住虫）の異同を明らかにする。移動に関しては、離陸一定位一持続飛行一着地を支配する内的・外的条件、さらにはその方向、移動距離を決定する気象要因との関連を追求する。このために各種の誘引トラップ、航空機などによる捕獲装置、レーダーの利用による追跡技術も併せて開発し、最終的には世界的にも未開発の移動予知技術を策定しようというのが本研究計画の目標である。

この研究計画は本年度をもって閉じようとしている。その成果については、研究終了とともに農林水産技術会議から出版される「研究成果シリーズ」に取りまとめて公刊される予定である。また個々の研究成果については、一部はすでに発表されたものもあるが、逐次学会誌上などで詳細は報告されると思う。今回は本誌の「移動性害虫」の特集号に便乗して、本研究の研究担当者にも前宣伝も兼ねた成果ダイジェストの執筆依頼をしていた

だくよう編集委員会をお願いした。幸いここに企画として取り上げていただいたことを感謝したい。

III 移動研究の二、三の問題点

産卵・交尾、摂食などの生息場所内での昆虫の移動は日常的移動 (trivial movement) といい、生息場所間の移動 (migratory movement) と区別される (SOUTHWOOD, 1962)。長距離移動というのは当然後者に属するものである。移動の特徴は、昆虫自身の内的な移動衝動 (locomotory drive) に駆り立てられて起こるもので、それはある期間持続する (KENNEDY, 1975)。一般的には移動は雌成虫では羽化した後の性的未成熟の期間に起こるが、移動の方向は、昆虫自身の意志というより風の方向によって決まる。しかし飛しょう行動を伴わないと昆虫は落下し移動距離は伸びない。したがって羽化後どのくらいの期間この移動衝動 (持続飛行) が持続するかは、長距離移動昆虫の移動予知上非常に重要な性質である。

移動は長距離移動性害虫に限られた特殊なものではない。それは昆虫の繁殖戦略の一つであり、不適な生息環境が予想されるとき、それを時間的に回避する手段としては休眠を、空間的に回避する手段として移動がとられているのである。しかし害虫が移動と結びつく必然性は高い。害虫は人為的にかく乱されたり、造成された生息場所に住むため、寄主植物との共進化は非害虫ほど発達していない。そのため、回避戦略として休眠より、移動をとっている場合が多い。第二に栽培作物の多くは一年生で栽培期間が短いため、多化性害虫の多くは生活環の途中で他の食草に移動することを強制されている。一年生作物での害虫の発生量 (被害) は、作物への侵入初期数によって決まる (例えば、トビイロウンカ (久野, 1968))。他方、侵入初期数は発生源での発生量、発生源までの距離、気象・地形条件、作物の誘引性によって決まる (SOUTHWOOD, 1971)。したがって発生源での発生量、発生時期の予測から、本来の予知モデルは始まると考えてよい。ただ本研究では中国大陸などの発生源での量に関する情報は不十分で、量の予知には至っていない。

移動には多型現象が絡んでいる場合が多い。バッタの群生相、ウンカの長翅型、アブラムシの有翅型の出現はそれぞれ移動のための適応である。しかし、移動型と定住型が外見的には区別できない昆虫も多い。移動衝動の有無に基づく行動的多型という形で移動型が生じていると思われる。この行動的多型の key をどうとらえるかが、移動個体の特性解明の今後の問題となろう。

移動には移出だけでなく回帰的移動がなければならな

いと主張したのは WILLIAMS (1958) である。移動型の出現の難易が多少なりとも遺伝的に支配されていることは、多くの昆虫で実証されつつある。もしそうだとすれば、一方的な移出の継続は、移動型の遺伝子の流出になり究極的には移動型がなくなる。だからといって日本に飛来したトビイロウンカの後世代が中国大陸に戻る必要

はない。中国大陸内だけに限られた回帰移動があれば、移動型遺伝子の一方的流出は防止される。

最後に、これからの移動性害虫の研究は、ますます国際的研究協力が要求されよう。移動予知よりも発生源での発生防止という一歩踏み込んだ対応が遠からず迫られるのではなかろうか。

紹介 新登録農薬

【殺虫剤】

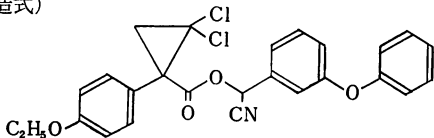
シクロプロトリン粒剤 (62.4.13 登録)

本剤は日本化薬(株)により開発された合成ピレスロイド系殺虫剤である。作用機構は接触的に昆虫体内に浸透し、異常興奮を惹起するものである。

商品名：シクロサルU粒剤 2

成分・性状：製剤は (RS)-2-シアノ-3-フェノキシベンジル-(RS)-2,2-ジクロロ-1-(4-エトキシフェニル)シクロプロパンカルボキシラート 2.0% を含有する類白色細粒である。純品は無色透明液体で極めて粘ちょうであり、溶解度 (g/l, 25°C) は水 9.1×10^{-5} 、アセトン 2,000 以上、メタノール 467、エタノール 101、クロホルム 2,000 以上、ヘキサン 26、ベンゼン 2,000 以上、キシレン 2,000、ジエチルエーテル 2,000 以上、酢酸エチル 2,000 以上、トルエン 2,000 以上で、熱、酸・アルカリ性に対して安定である。

(構造式)



適用作物、適用害虫名及び使用方法：第1表参照。

使用上の注意：

① 本剤は湛水状態 (湛水深 3~5 cm) でまきむらのないように均一に散布し、散布後少なくとも 3~4 日間はそのまま湛水状態を保ち、田面を露出させたり水を切らしたりしないように注意し、また落水、かけ流しはし

ないこと。

② イネミズゾウムシ成虫に使用する場合、移動範囲が広いのでなるべく広域で一斉に防除すること。

③ 本剤の使用時期は、イネミズゾウムシ成虫の本田飛来盛期が適期である。

④ 育苗箱処理は稲苗に薬害を生じるので行わないこと。

⑤ 蚕に対して長期間毒性があるので、付近の桑に付着するおそれのある場所では使用しないこと。蚕室、蚕具などには絶対かからないようにすること。また、汚染桑は給桑しないこと。本剤を散布した作業衣での養蚕作業はしないこと。

⑥ 本剤の使用に当たっては使用量、使用時期、使用方法を誤らないよう注意し、特に初めて使用する場合には病虫害防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

① 誤食などのないよう注意すること。誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には安静にして直ちに医師の手当を受けること。

② 本剤は皮膚に対して刺激性があるので、皮膚に付着しないよう注意すること。付着した場合には直ちに石けんでよく洗い落とすこと。

③ 散布の際は、マスク、手袋、長ズボン・長袖の作業衣などを着用すること。また、粉末を吸い込んだり浴びたりしないように注意し、作業後は直ちに手足、顔などを石けんでよく洗い、うがいをするとともに衣服を交換すること。

④ 作業時に着用していた衣服などは他のものとは分けて洗濯すること。

⑤ かぶれやすい体質の人は作業に従事しないこと。(魚毒性) B類。一時に広範囲に使用する場合には十分注意すること。

第1表 シクロプロトリン粒剤 (シクロサルU粒剤 2)

作物名	適用害虫名	10 a 当たり 使用量 (kg)	使用時期	本剤及びシクロプロトリン を含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	イネミズゾウムシ	1.5~2	収穫60日前まで	4回以内	散布

害虫の移動と気象

農林水産省九州農業試験場 ^{せい}の ^{ひろし} ^{おおや} ^{しんご}
 清野 豁*・大矢 慎吾**

はじめに

体長わずか数 mm のイネウンカ類 (セジロウンカ, トビロウンカ) が, 梅雨期に 1,000 km 以上の長距離を移動し, 中国大陸から日本へ飛来してくることを提唱したのは KISIMOTO (1971) であった。この小さなウンカ類がそのような長距離をみずからの飛しょう力のみで移動することは考えられず, その移動に気象要因が深くかかっていると考えるのは自然である。KISIMOTO (1976) はイネウンカ類の飛来侵入と地上天気図との関係を解析し, 梅雨前線を移動する低気圧が, ウンカ類の移動に関与していることを報告している。

農林水産省の一般別枠研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」において, 九州農業試験場では「イネウンカ類ならびにコブノメイガの長距離移動に関する気象要因, 移動関連情報の解析および移動予知システムモデルの開発」の課題について, 虫害第1研, 虫害第3研, 農業気象研が協力して研究を進めてきた。その結果, KISIMOTO (1976) による飛来侵入時の気象的特徴を考慮に入れながら, 容易かつ高精度でイネウンカ類の飛来侵入時期を予知できる方法を開発した (SEINO et al., 1987)。その後, この予知方法はコンピュータを用いて客観的に解析できるように改良され (渡邊ら, 1987), 移動予知技術の実用化のために, 過去 31 年間の誘殺灯データの解析及び飛来侵入予知とその検証が続けられている (九州農試虫害第3研, 農業気象研)。

ここでは, 長距離移動性イネウンカ類の飛来侵入時期の予知に関連する気象条件と飛来侵入予知モデルについて, これまでに得られた成果の概要を紹介する。

I イネウンカ類の飛来侵入と梅雨期の気象条件

KISIMOTO (1976) が解析したイネウンカ類の飛来侵入時の気象条件と, 二宮 (1979) が解析した梅雨期の集中豪雨とには, 第1表に示すような多くの類似点がある (SEINO et al., 1987)。梅雨前線の南側の 900~700 mb (高度 1,000~3,000 m) には下層ジェット気流 (以下, 下層ジェット) と呼ばれる南西風の強風域があり, 20 ノット (10 m/s) を超える風速域は長さ 1,000~3,000 km, 幅数 100 km にわたる規模を持つことがある (AKIYAMA, 1973)。下層ジェットは中心域ほど風速が速く, 梅雨前線とともに北上し, 梅雨明け後は消滅する。第1表から集中豪雨が梅雨前線上で起こるとすると, 下層ジェットの中心域は前線の南方 100 km に位置していることになり, 一方, ウンカ類の飛来侵入は前線の南方 200 km 以内で起こることから, 下層ジェットの中心域と地上の飛来侵入地域はよく一致する。

そこで, この下層ジェットに注目し, イネウンカ類の飛来侵入との関係を明らかにしようとした。下層ジェットは 850 mb 面天気図 (高度約 1,500 m) を用いて, その規模や中心域を読み取ることができる。

850 mb 面の気流と昆虫の移動については宮田と花宮 (1983) の研究があり, ROSENBERG と MAGOR (1983) は地上 10 m 及び 1,500 m の高度における流跡線解析を行い, トビロウンカの飛来源地の推定を行うとともに, 高度 1,500 m のような上空の風に乗るほうが長距離移動の可能性は高いと述べている。また, 鄧 (1981) は中国で行った飛行機による採集結果から, 移動中のイ

第1表 イネウンカ類の長距離移動と梅雨期の集中豪雨との現象比較 (KISIMOTO, 1976; 二宮, 1979 より)

	イネウンカ類の長距離移動	集中豪雨
発生地	中国大陸	水蒸気収束域
運搬	梅雨前線上の低気圧	梅雨前線上の低気圧
現象スケール	1,000~2,000 km	中規模擾乱 (波長 1,000~2,000 km)
発現期間	梅雨期	梅雨期
発現位置	前線から南方 200 km 以内	下層ジェットの北方 100 km
環境条件	飛しょう: 気温 16.5°C 以上, 相対湿度 85% 以上	力学的集中条件

* 現在 農林水産省農業環境技術研究所

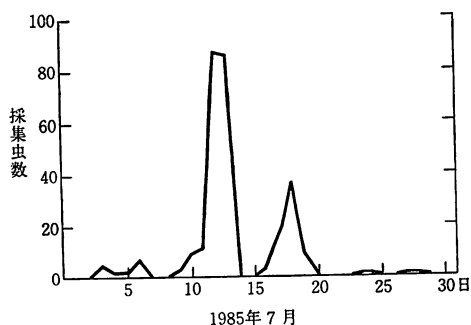
**現在 鹿児島県農業試験場大隅支場

Migration of the Air Born Insects and Meteorology. By Hiroshi SEINO and Shingo OYA

ネウンカ類は 1,500~2,000 m (850~800 mb) の高度でもっとも多く捕獲されたことを報告している。

II 飛来侵入時期の予知方法

イネウンカ類の飛来侵入と 850 mb 面天気図における下層ジェットとの関係を 1980~86 年の 7 か年にわたって解析した。イネウンカ類は九州農試(筑後市)で直径 1 m, 長さ 1.5 m のネットトラップ 2 個を用いて採集した。ネットトラップ内のウンカ類は毎日午前 9 時に回収し、飛来侵入状況を調査し、飛来波を特定した。飛来波のピークが小さい場合は、予察灯(60 W 二重コイル艶消電球)のデータを補助的に用いた。梅雨期の気象の特徴は気象庁発行の印刷天気図(毎日 21 時)のうち地上天気図, 850 mb 面天気図を用いて解析した。



第1図 九州農試(筑後市)のネットトラップによるセジロウンカの採集虫数の消長 (SEINO et al., 1987)

第1図に 1985 年の九州農試で得られたネットトラップ 2 個によるセジロウンカの採集状況を示した。この期間にトビイロウンカは 7 月 4, 5, 10, 17 日に合計 6 頭が採集された。セジロウンカの主な飛来波は、① 7 月 10~13 日, ② 7 月 17~19 日であった。両飛来波の気象条件が第 2 図に示されている。図中、実線で表されている流跡線は、筑後市上空に流れてくる気流が 24 時間前はどこから出発したかを示している。また点線は 850 mb 面天気図における等風速線を表し、下層ジェットの位置を示している。梅雨前線は地上天気図の位置である。

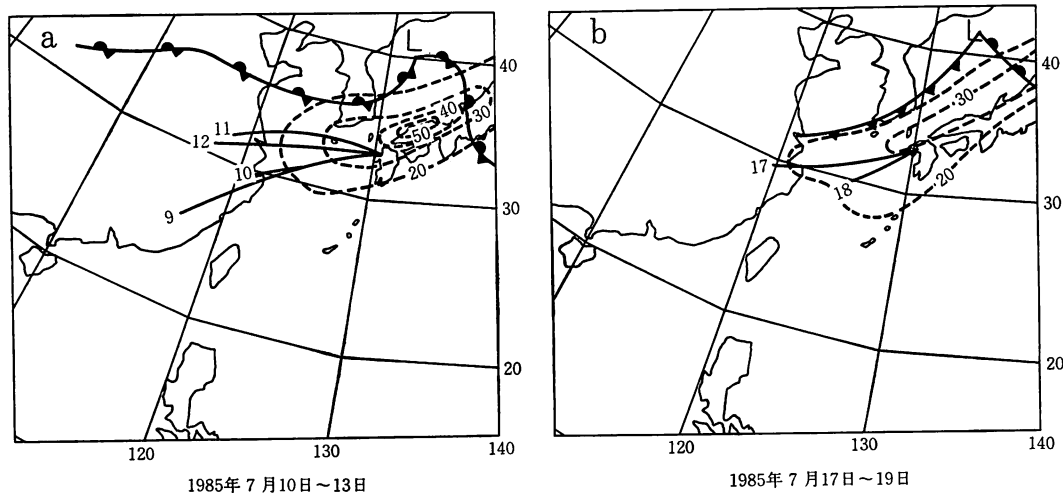
① の飛来波(第 2 図 a)は、梅雨前線が韓国中部に位置した状態が続いた事例である。850 mb 面天気図では東シナ海から九州にかけて南西よりの風が卓越した。

② の飛来波(第 2 図 b)は、寒冷前線を伴った低気圧の移動による飛来侵入の事例である。寒冷前線が九州を横断する 18 日午後まで、850 mb 面では南西よりの風が卓越したが、流跡線が中国大陸まで到達したのは 17 日のみであった。これは解析に用いた天気図が 21 時のみであったことにもよる。寒冷前線のように移動の早い事例には 09 時の天気図も利用すれば、さらに細かな解析が可能である。

両飛来波を通して、次の三つの気象の特徴が認められた。

① 流跡線が、飛来源の一つと考えられている中国大陸南東部に到達している。

② 流跡線に沿う気流の平均風速は 20 ノット (10 m/s) 以上である。



第2図 イネウンカ類の飛来侵入時の気象条件 (850 mb 面天気図) (SEINO et al., 1987)

太実線：筑後市上空へ達する流跡線，破線：初日の等風速線
前線及び低気圧は地上天気図の位置

第2表 850 mb 面天気図から予想された飛来日と実際の飛来日の比較 (Seino et al., 1987)

年	天気図より予想された飛来日	実際の飛来日
1980	6月 15~17 日	6月 14~17 日
	〃 22~28 日	〃 23~28 日
	7月 4~8 日	7月 1~8 日
	〃 13~14 日	〃 12~14 日
	〃 23~28 日	〃 24~28 日
1981	6月 23 日	6月 23 日
	〃 27~30 日	〃 27~30 日
	7月 2~3 日	7月 1~3 日
	〃 9 日	〃 9~11 日
1982	6月 13 日	6月 13~14 日
		〃 19 日
	7月 11~13 日	7月 11~13 日
	〃 16~18 日	〃 16~19 日
	〃 24 日	〃 22~27 日
1983	6月 12 日	6月 12~13 日
	〃 19 日	〃 16~20 日
		〃 23 日
	7月 2~4 日	7月 2~5 日
	〃 14~17 日	〃 14~18 日
	〃 19~23 日	
1984	6月 9 日	
	〃 18 日	6月 16~18 日
	〃 26 日	
	7月 5 日	7月 5~6 日
	〃 12~13 日	〃 11~13 日
	〃 22~23 日	
1985	6月 27 日	6月 25~27 日
	7月 2~5 日	7月 3~6 日
	〃 9~12 日	〃 10~13 日
	〃 17~18 日	〃 17~19 日
1986	6月 16~19 日	6月 16~19 日
	〃 21~23 日	〃 21~23 日
	〃 25~26 日	〃 25 日
	6月 27 日~7月 2 日	〃 27~29 日
	7月 3~7 日	7月 4~6 日
	〃 13~16 日	〃 13~15 日
	〃 17~19 日	〃 17~19 日
	〃 20~22 日	〃 20~22 日
	〃 24~28 日	〃 24~27 日

③ 下層ジェットの中心は北部九州に位置している。

これらの結果を基に、1980~86年のイネウカ類の採集状況から特定した飛来侵入日と梅雨期の850 mb 面天気図(21時)を解析し、上記した三つの気象条件による飛来可能日の相互比較を行った。その結果は第2表に示すとおりである。

この7年間に37回の飛来波が認められた。一方、天気図から判断された飛来侵入可能波は35回であった。個々の飛来侵入事例についてみると、両者の間には若干の時間的ずれがある。これは21時の天気図のみを用いていることが原因である。前にも述べたように、09時

の天気図を併せて使用すれば両者はさらによく一致するが、印刷天気図には09時の850 mb 天気図が載っていないので、長期間にわたる09時の天気図の利用は困難な面がある。気象ファクシミリを用いて09, 21時の850 mb 天気図を併せて使用すれば、飛来侵入がいつごろから始まり、いつごろ終了するかを予知することも可能である(九州農試虫害第3研, 農業気象研)。

第2表の結果は、先に示した850 mb 面天気図に見られる気象の特徴で飛来侵入を予測することが可能であることを示している。しかし、第2表には予測された飛来侵入と実際の飛来が一致しなかった場合が4例ある。これらは二つのグループに分けられる。一つは1982年6月19日と1983年7月23日であり、他のグループは1984年6月9日と26日の事例である。

前者では、天気図の解析では飛来が予想されなかったが、ネットトラップで数頭のセジロウカが採集された。両事例とも筑後から引いた流跡線は南九州・沖縄を經由して東シナ海の中央までしか達しておらず、その平均風速は15ノットであった。また下層ジェットは沖縄付近に位置しており、九州北部への飛来の条件を満たしていなかった。ネットトラップではその前日までセジロウカが採集されていないので、これを小飛来波と判断したが、一度水田に入ったセジロウカが再捕獲されたものか、あるいは九州内の他の場所から移動してきたものかもしれない。いずれにしても、この事例は長距離移動とは考えられない。

後者の事例は850 mb 面天気図では飛来侵入が予想されたが、筑後市のネットトラップではイネウカ類が採集されなかった。2事例とも流跡線は中国大陸南東部に達しており、その平均風速は20ノット以上であった。また下層ジェットは第2図と同様、九州北部に位置していた。筑後市では飛来侵入がないものと判断したが、筑後市の西方約65 kmに位置する長崎総農試(諫早市)のネットトラップではかなりのウカ類が採集されており、飛来侵入のあったことを示していた。したがって、後者のグループの飛来予想は正しかったと思われるが、筑後に飛来しなかった理由は明らかではない。

これらの結果から、前に述べた三つの気象条件によるイネウカ類の飛来侵入予知法は、かなり高い予測確率をもっていると言うことができる。

III 九州北部におけるイネウカ類の飛来侵入予知モデル

九州北部におけるイネウカ類の飛来侵入予知を高精度で容易に行える飛来侵入予知モデルを開発するため、



第3図 イネウンカ類の長距離移動予知模式図 (SEINO et al., 1987)

ウンカ類が 1,500~2,000 m 付近の風に運ばれ、下層ジェットの存在によって長距離移動が可能となるという仮説をたてた。この仮説を模式的に示すと第3図のようになる。水稻が栽培されている広い地域から飛び立ったウンカ類は、上昇気流によって 1,500~2,000 m の高度に運ばれ、そこを流れる南西よりの気流によって北東方向に運ばれる。そのとき、下層ジェットが東シナ海から九州北部にかけて存在していれば、20 ノット (10 m/s) 以上の強い風速によって、1 日程度で東シナ海を横断し、九州北部まで運ばれることは可能である。

梅雨期の東南アジア、特に中国大陸南部は低気圧が次々と発生する場所であり、かなりの広域にわたって上昇気流が存在するので、水田から飛び立ったウンカ類が上昇気流に取り込まれて上空に運ばれると考えるのは妥当である。もちろん上昇気流に取り込まれたウンカ類がすべて 850 mb 付近の気流に乗れるわけではない。一部はさらに上空まで運ばれるであろうし、一部は 850 mb まで達しないものもあるであろう。梅雨期の地上気温は 25°C 前後であるから、850 mb 面では約 16°C である。この温度でウンカ類が生存することは十分可能である。

このようにして下層ジェットによって運ばれるウンカ類は、途中で存在するいくつかの下降気流によって海上あるいは地上に落とされてしまうものと思われる。わが国で発生源となるイネウンカ類は運よく水田地帯に降下したものかもしれない。

九州農試の研究グループは、この模式図の仮説の一部を実証するため、1986 年 6 月 15 日~7 月 31 日にかけて、長崎県の雲仙山頂 (標高 1,130 m) 及び福岡、佐賀県境の脊振山頂 (標高 970 m) において、直径 60 cm のネットトラップを用いて、ウンカ類の採集調査を行った。両山頂及び筑後における採集虫数は第3表に示すとおりである。雲仙山頂では調査期間中に 4,522 頭のセジロウンカと 14 頭のトビイロウンカが採集され、水田地帯の筑後市における採集虫数より多かった。1986 年は筑後市では 9 回の飛来侵入波が認められ (第2表)、両山頂においても筑後市の飛来侵入状況とよく一致した結

第3表 雲仙、脊振山頂におけるイネウンカ類の採集虫数 (1986 年)

調査期間	雲仙岳 ^{a)}		脊振山 ^{a)}		筑後市 ^{b)}	
	セジロ	トビイロ	セジロ	トビイロ	セジロ	トビイロ
6 月 15~30 日	1,283	3	208	0	2,080	6
7 月 1~31 日	3,239	11	881	8	449	7
合 計	4,522	14	1,089	8	2,529	13

a) 直径 60 cm のネットトラップ 1 個使用

b) 直径 1 m のネットトラップ 2 個使用

果が得られた (九州農試虫害第3研, 農業気象研)。このことはウンカ類が山頂と地上で同時に飛来侵入していることを示し、また、1,000 m 以上の高度をウンカ類が移動していることを示唆するものである。

一方、1986 年 7 月 8~24 日にかけて単発飛行機 (セスナ 172 型) によるウンカ類の採集調査が九州西部及び北部の近海洋上で農環研によって行われた。その結果、68 頭のセジロウンカが採集され、洋上では 1,000~2,000 m の上空で多く採集されている。これは 1,000 m 以上の高度でイネウンカ類が移動していることを直接的に証明した、わが国では初めての成果である。山頂及び飛行機による採集調査結果は、下層ジェットの解析による飛来侵入予知技術の開発にとって、有力な手がかりを得たものと思われる。

九州農試の移動性害虫研究グループでは、1986 年の梅雨期に、イネウンカ類が飛来侵入する前に移動予知が可能であるかどうかを検討した。気象情報は気象ファクシミリを用いて、気象庁から 1 日 2~4 回送信される地上天気図及び 850, 700 mb 面天気図を受信して利用した。これらの天気図は観測後 3~4 時間経過して送信されており、最新情報でも数時間のタイムラグがある。また、気象衛星受信装置を用いて 1 日 8 回 (現在は 24 回) 送信される「ひまわり」の雲の解析写真も併せて用いた。合計 9 回の飛来波を飛来侵入以前にはば予知することができた (九州農試虫害第3研, 農業気象研)。しかし、この予知は飛来侵入の 24 時間以上前に行くことは困難であった。今後高層予想天気図の利用などによって、飛来侵入時期の予知技術もさらに前進するものと思われる。

お わ り に

九州北部を対象に開発したイネウンカ類の移動予知モデルは、下層ジェットの位置を判断することによって、九州全域及び他の地域における飛来予知も可能である。

また飛来予知モデルの開発には、飛来侵入量の予測もきわめて重要である。現在各県農試、病害虫防除所の協力を得て、発生予察資料のデータベースを作成しつつある。これらの資料の解析によって、飛来侵入量の予知がある程度可能になるかもしれない。この場合、飛来源地と目される地域の発生状況の情報はきわめて重要である。

ここではイネウシカ類を中心に述べてきたが、ウシカ類と同時に飛来侵入するコブノメイガ(九州農試虫害第1研)や他の移動性害虫への適用も考えられ、コナガについて野菜・茶試久留米支場虫害研で研究を進めている。

最後に、この予知モデルの開発にあたって、基本的なアイデアを提供していただいた山口大学工業短期大学部

塩月善晴教授ならびに共同研究を推進してきた九州農業試験場、長崎県総合農林試験場、鹿児島県農業試験場移動性害虫研究グループの各位に厚く感謝の意を表す。

引用文献

- 1) AKIYAMA, T. (1973): J. Met. Soc. Japan 51: 205~208.
- 2) KISIMOTO, R. (1971): Symp. Rice Insects Trop. Agric. Res., Ser. 5: 201~216.
- 3) ——— (1976): Ecol. Ent. 1: 95~109.
- 4) 宮田 彬・花宮広務(1983): ちようちよ 6(10): 17~45.
- 5) 二宮洗三(1979): 気象研究ノート 138: 118~141.
- 6) ROSENBERG, L. J. and J. I. MAGOR (1983): Ecol. Ent. 8: 341~350.
- 7) SEINO, H. et al. (1987): J. Agric. Met. Japan 43(2): (印刷中)
- 8) 鄧望喜(1981): 植物保護学報 8(2): 73~82.
- 9) 渡邊朋也ら(1987): 応動昆(印刷中)



『殺虫剤』

キナルホス乳剤 (62.4.13 登録)

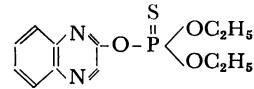
本剤はスイス・サンド社により開発された有機リン系殺虫剤である。作用機構は、コリンエステラーゼ活性阻害により神経興奮を経て、昆虫を死に至らしめる接触毒性並びに食毒性を併せ持つものである。

商品名: エカラックス乳剤

成分・性状: 製剤は *O, O*-ジエチル=*O*-キノキサリン-2-イル=ホスホロチオエート 40.0% 含有する赤褐色澄明可乳化油状液体である。純品は白色結晶粉末で融点 31~32°C, 溶解性は水 17.8 ppm (22~23°C), ヘキサン, トルエン, キシレン, エーテル, 酢酸エチル, クロロホルム: 2,500 g/l (22~24°C) である。熱に対しては不安定, 酸性溶液中では中性・アルカリ性溶液中に比べて安定ではあるが, いずれの条件下でも加水分解を受

け, P=O 体キナルホスを経て 2-ハイドロキシキノキサリンとなる。

(構造式)



適用作物, 適用害虫名及び使用方法: 第1表参照。

使用上の注意:

① 石灰硫黄合剤, ボルデー液との混用は避けること。

毒性:

(急性毒性) 医薬用外劇物。

① 取扱いには十分注意すること。万一誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には、安静にして直ちに医師の手当を受けること。

② 本剤による中毒の治療法としては硫酸アトロピン製剤又は PAM 製剤の投与が有効である。

③ 散布の際は防護マスク, 不浸透性手袋, 不浸透性防除衣などを着用すること。また散布液を吸い込んだり, 浴びたりしないように注意し, 作業後は手足, 顔などを石けんでよく洗い, うがいをすること。

(魚毒性) B類。一時に広範囲に使用する場合には十分注意すること。

第1表 キナルホス乳剤 (エカラックス乳剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数 (倍)	使用時期	本剤及びキナルホスを含む農薬の総使用回数	使用方法
かんきつ	ヤノネカイガラムシ (若齢幼虫) ツノロウムシ (若齢幼虫)	1,000~1,500	収穫60日前まで	2回以内	散布

害虫の移動追跡技術

農林水産省農業環境技術研究所 ^{ましの}岸野 ^{けんいち}賢一・^{ひだか}日高 ^{てるのぶ}輝展

はじめに

わが国で農作物害虫の多発生が長距離移動によると考えられる状況証拠として、①突発的な多発生が見られる、②休眠現象が認められず、耐寒性を持っていない、③越冬が確認できない、などがあげられる。この範ちゅうに入る農作物害虫にセジロウンカ、トビロウンカ、コブノメイガ、アワヨトウ、コナガなどがある。害虫の長距離移動を実証する方法は、空中を移動中の個体群を視認し、着陸地まで追跡することであるが、これには難しい問題が多い。長距離移動の状況証拠を得るために、標識した虫を放飼して再捕獲する方法や、海洋上の孤島、船舶上、高山でのネットトラップによる捕獲、航空機による捕獲、レーダーでの追跡など、いろいろな方法が行われているが、わが国は、この方面の研究や技術開発は一部を除いてかなり遅れていた。

1983年から開始された農水省のプロジェクト研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」では、移動中の害虫の移動実態（経路、高度、密度、気象条件との関係など）を解明するための、放飼、捕獲、追跡技術の開発が一つのテーマとして取り上げられている。技術開発の方向は、標的害虫の生態的特性によって異なるが、移動の状況証拠を積み上げることを目指すものである。

ここでは、現在までに行われてきた国内外の放飼、再捕獲技術、捕獲・追跡機器の開発状況の概況や問題点について紹介する。

I 標識放飼、捕獲技術の開発

1 標識放飼

標識した成虫を放飼して再捕獲する方法は、移動距離

にかかわらず、移動の事実を証明するうえでよく利用されている。中国ではアワヨトウ、セジロウンカ、トビロウンカ、コブノメイガについて、大規模な標識放飼・再捕獲実験が行われている。その概要を示したものが第1表である。この表から、4種の害虫ともかなり長距離を移動する個体のあることや、再捕獲率は非常に低いことがわかる。再捕獲された虫のなかには、南向きの移動をしたものもあった。これらの結果から、中国では、夏は南から北への、秋には北から南への長距離移動が見られると推定している。

わが国ではミカンコミバエ(IWAHASHI, 1972)、ハスモンヨトウ(四国農試)、ハイマダラノメイガ(野菜茶試)で小規模な実験が行われている。また、日中共同研究でウンカ類の標識放飼・再捕獲実験が1985、86年に実施されたが、再捕獲されていない(このことについては、桐谷・平井が本号で詳しく報告している)。

大規模な放飼、再捕獲実験では、大量の放飼虫が必要であり、その確保が問題である。中国での大規模放飼には、いずれも野外虫が用いられている。アワヨトウでは多発生地のポプラの立木に、わらを束ねてつり下げて、あらかじめそれに糖蜜液を散布しておき、その中に潜り込んでくる成虫に、外から標識液を噴霧する方法がとられている(詳しくは、本誌37巻1号:梅谷ら参照)。ウンカ類では多発生地を選んで、夕方、標識液をイネの葉先に噴霧する方法がとられている(本号:桐谷・平井を参照)。このような方法で標識された多量の成虫は、自然に飛び立っていき標識が完了する。再捕獲はアワヨトウでは糖蜜トラップや標識法を多少改良した誘引トラップが用いられ、ウンカやコブノメイガでは、灯火が用いられている。わが国で実施したハスモンヨトウやハイ

第1表 中国において実施された標識放飼・再捕獲実験の概要

対象害虫	実施時期	推定放飼数 (万頭)	放飼箇所	再捕数	距離(km)	文献
アワヨトウ	1961~63	203	17	12	600~1,100	李ら(1964)
〃	1978~79	320	19	37	5~1,488	李ら(未発表)
コブノメイガ	1977~80	540	39	6	163~1,100	張ら(1981)
セジロウンカ	1978~79	658	15	1	540	南京農学院ら(1981)
トビロウンカ	〃	4,763		5	184~720	〃

マダラノメイガでは、フェロモントラップが用いられた。

2 地上捕獲装置の開発

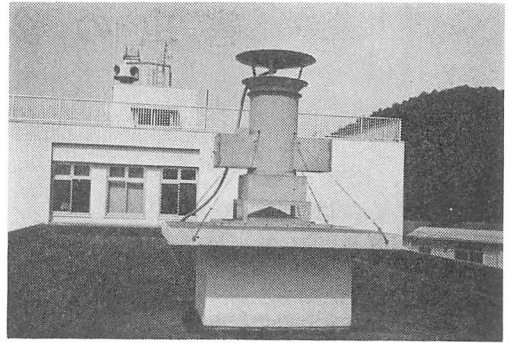
標識虫の再捕獲には当然として、発生の実態を解明するうえからも、効率的な捕獲技術の開発は重要なことであり、捕獲装置の試作や改良が進められてきた。

1) 糖蜜トラップ：従来アワヨトウは灯火への飛来が少ないことから、発生状況を知るために糖蜜誘殺法や高圧水銀灯が利用されてきた。誘引源としての糖蜜の組成について東北農試で検討され、酒粕を用いた場合に誘引効率が高いことが明らかにされた。また、誘殺装置にも改良が加えられ、実用に供されている。

2) ライトトラップ：走光性昆虫の調査に利用されてきた。コブノメイガでは灯火に対して強い走光性が見られるものの、一般に広く用いられている予察灯では誘殺効率が低く、発生の実態が十分に把握できなかった。そこで、誘蛾灯に改良が加えられ、誘殺効率の高い試作装置が鹿児島農試、福岡農総試で作られ、実用性の検討が行われている。

3) ネットトラップ：海上の船上や陸上で、空中を移動中の昆虫 (air born insect) の捕獲に用いられてきたが、中国ではこれを高山や孤島に設置して、ウンカの移動実態の解明に用いている (第1図)。わが国でも、ウンカの移動実態の解明に役だてようとする試みが九州の標高 1,000m くらいの高山で行われている。高山でも低地とほぼ同じ傾向の捕虫が認められており、ウンカがかなり高空を移動していることもわかってきた。

4) 大型吸引トラップ：このトラップは空気を大量に吸引して、空中を移動中の昆虫を捕獲するもので、創案者の名前からジョンソントラップと呼ばれることもある (第2図)。わが国でもすでに農業研究センターの屋上に設置されて実用に供されているが、これとほぼ同型を鹿児島農試の屋上に、やや小型の改良型を長崎農総試 (諫



第2図 長崎農総試屋上に設置された大型吸引捕虫装置

早) 屋上に設置して、ネットトラップとの比較実験が行われている。調査の結果は、鹿児島ではネットトラップと同等以上の捕虫効率を示し、実用性が認められているが、諫早に設置した改良型は、捕虫効率がやや劣った。この違いは空気吸入量の差によるものと考えられる。

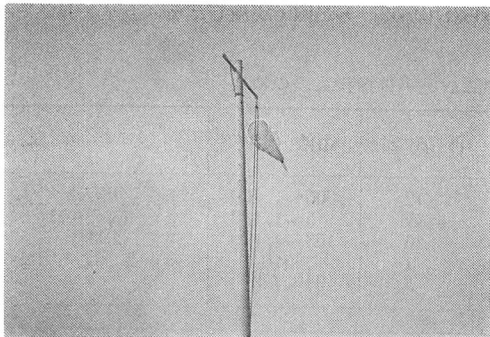
5) フェロモントラップ：性フェロモンが各種害虫の発生モニタリングに利用されつつある。本プロジェクトでも、ミツモンキンウワバの性フェロモンの抽出、同定が進められ、近いうちに構造決定が行われると思われる。また、アワヨトウの性フェロモンの組成についても検討が加えられている。トラップは前出のミツモンキンウワバについて検討され、試作品の誘引実験が進められている。また、誘引時刻の自動計測が可能な装置の開発が進められている。この装置は電源のない所での使用を考慮して、電源として太陽電池が用いられており、計測には光電管が、記録にはコンピュータが利用されている。現在実用性の検討が農環研で進められている。

フェロモンを誘引源として利用する場合の問題点として、雄だけしか誘引されないことから、移動性害虫の移動実態の把握には適当ではないとする意見もあるが、走光性の低い害虫では、フェロモントラップは発生実態の把握に重要な役割を果たすことになる。

6) その他：移動性害虫の調査に、タコ、気球などが利用されているが、わが国での研究実績はない。

3 航空機用捕獲装置の開発

航空機を用いて空中を移動中の害虫を捕獲しようとする試みは、かなり古く 1920 年にさかのぼる。初期には捕虫装置としてハエ取り紙、松脂などの粘着物が用いられたが、その後ネットが用いられるようになり、近年は空気を導入する方式がとられている。航空機は主に単発の軽飛行機が用いられてきたが、遠距離の飛行が可能な大型機も用いられている。大型機では採集虫の破損を防



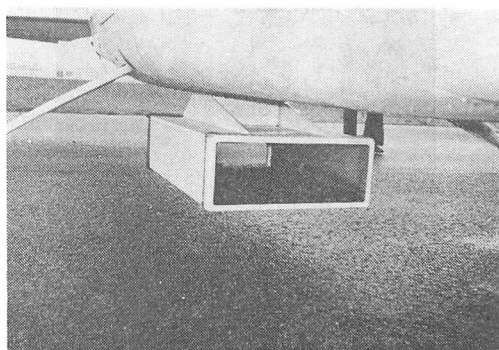
第1図 ネットトラップ (長崎農総試)

止するため、取り込んだ空気の減速が必要で、装置が大きかりとなる欠点がある。中国では複葉機が用いられており、1977～79年にかけて内陸部で92時間飛行し、セジロウカ、トビイロウカ合わせて約1,900頭が採集されている(鄧ら, 1980)。わが国でも、本プロジェクトの一環として、航空機による捕虫技術の開発が進められてきた。

1) ヘリコプタ用装置: 1983年に捕虫装置が試作され、83, 84年に捕虫実験が行われている。この装置は小型ヘリコプタ用として試作されたもので、ベル G3-KH4 型機の機体横のスキッド上に装着し、採虫部は機内からリモコン操作されるように設計されている。実験飛行を関東平野上空で実施し、実用性を確認した後、鹿児島県吹上浜一甕島間で捕虫飛行を実施したが、海上でウンカ類を捕虫することはできなかった。その年の予察灯解析から、この時期にはウンカの飛来がなかったためと思われる。

2) 中型機用装置: 遠洋上での捕獲を目的として、航法計器の装備されている中型機に装着する捕虫装置の試作が1984年から始められた。その後、航空機に対する影響を軽減するためにかなりの改良が加えられたが、航空局の実施する修理改造検査に合格することができず、1985年には設計変更して新たな装置の試作が行われた。この装置は機首の先端約1mの場所に採集部を突き出し、空気を機内に導入して、減速し採虫部に導き、排出するよう設計されている。1986年に実験飛行を陸上、海上で行ったが、採集虫の破損が激しく、同定不能個体が多くでた。実用化するためにはさらに改良を加える必要がある。

3) 小型機用装置: 小型機用の捕虫装置の試作も1983年から始められた。小型飛行機は遠洋飛行には問題があるが、近海の飛行にはそれほど問題はないし、飛行速度が遅いから、採集虫の破損をあまり問題にしないでよく、そのうえ飛行料金が安価であるなどの利点もあった。最初の試作装置は機体の腹部に装着して、機内から採集作業ができるように設計されたこの装置について、1983年には関東平野上空で、1985年には濃尾平野、北陸地方、太平洋上で捕虫飛行を行ったが、採集数が少なく、捕虫装置と装着位置に問題があるとされた。そこで機体胴部の横に装着する装置が検討され、実験飛行の結果、捕虫効率は高かったが、機上での作業に問題があるとされて、実用性は低いと判断された。1986年に再び捕獲装置の試作が行われた。この装置は胴部腹部に装着するが、開口部を大きくして空気流入量を多くし、そして、機内での採集作業が容易にできるようにし



第3図 セスナ 172 型に装着した捕虫装置

たものである(第3図)。1986, 87年のウンカ飛来シーズンの7月に、長崎空港を基地として、東シナ海、対馬海峡洋上で捕虫飛行を120時間実施した。その結果、1986年には対馬海峡洋上で、セジロウカのかかなり大きな移動集団に遭遇し、移動高度や密度などを明らかにすることができた。1987年にもセジロウカ、トビイロウカの移動集団を捕そくすることができた。また、1987年には、コナガの移動実態を明らかにしようとして、本土内陸部で捕虫飛行を実施したが、対象としたコナガは採集できなかった。これらの結果から、ウンカについては空中での移動実態解明の端緒が得られたと考えられる。今後捕虫飛行を繰り返すことによって、移動実態が少しずつ解明されていくであろう。実験の継続が望まれる。

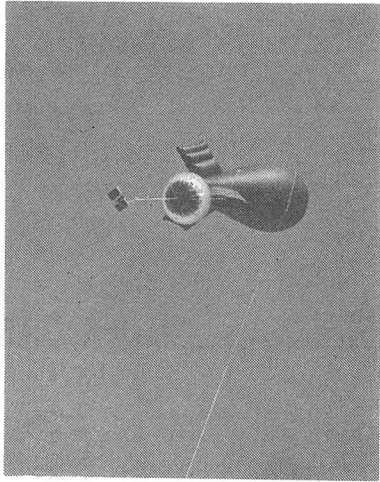
II レーダーによる移動性昆虫の追跡調査

本調査は空中を移動する昆虫の種類、高度、速度、方向及び個体群密度を追跡可能なレーダーを開発することにより、海外より飛来侵入する昆虫の発生予察の確立を目的とする。

レーダーによる追跡調査の初年度(1984年)は、農業環境技術研究所(農環研)昆虫行動研究室において、海外における移動追跡技術の文献調査を行った。1984年12月、農環研は気象研究所と共同研究実施のため計画打合せを行った。1985年度からレーダーによる実験観測を開始した。1986年度より本調査は日本気象協会に委託した。さらに、1986年11月オーストラリアの連邦科学産業研究機構(CSIRO)のドレイク博士をレーダー専門家として招へいし、共同研究を実施した。

1 調査方法

1) 1985, 1986年度: ドップラーレーダー(波長3.1cm, 送信出力50kw, パラボラアンテナ直径2m, 信号処理範囲64km)から1～3km離れた地点で、係留気



第4図 係留気球につるした昆虫放飼器

球(長さ 5.0 m, 幅 1.4 m, 体積 3.8 m³, ヘリウムガス充てん)を 300 m の高度に浮揚させた。係留気球の所在を確認し、レーダー感度の較正のため気球にアルミ箔球(直径 1 m, ヘリウムガス充てん)及び供試昆虫(ハスモンヨトウまたはミツモンキンウワバ雄成虫)を空中に放飼するための放飼器(第4図)をそれぞれつるした。放飼器内の供試虫は地上からのリモートコントロールにより空中へ放飼した。また、大きいビニル袋の中に個体数を変えて供試虫を入れ、それぞれについてレーダーによる観測を行った。

2) 観測場所: レーダーは茨城県筑波郡谷田部町気象研究所及び埼玉県庄和町江戸川堤防に設置した。係留気球は前者では茨城県新治郡桜村研究交流センター東側広場、後者は千葉県野田市尾崎でそれぞれ浮揚し観測した。

3) 1987 年度: ドップラーレーダーが沖縄県那覇市崎山町に移動したため、沖縄県農林水産部ミバエ対策事業所の協力を得て、ウリミバエ不妊虫放飼による防除作業に従事中的ヘリコプタより空中へ放飼されたウリミバエの追跡調査を行った。さらに、日本無線所有の船舶用レーダー(波長 3.2 cm, 送信出力 10 kw, アンテナ長さ 1.8 m, ビーム幅 1.2 度, パルス幅 0.08 μsec., 信号処理範囲 115 km)を茨城県美浦村大山の霞ヶ浦湖畔に設置、セスナ機(速度 100 km/h, 高度 300 m)よりミツモンキンウワバ雄成虫ほか数種昆虫を放飼し、追跡調査を行った。

次に、船舶用レーダーを用い、茨城県竜ヶ崎市半田において、水田昆虫の薄暮から夜間にかけての飛び立ち行動を観測、同時刻に捕虫ネットにより空中飛しょう昆虫の種類、個体群密度などを調査した。

2 調査結果

文献調査の結果、昆虫の飛しょう追跡機器はレーダーと赤外線利用がある。主にレーダー(波長 3.2 cm 及び 1.87 cm)観測はイギリス、オーストラリア、アメリカ、カナダで実施され、Radar-Entomology のスタッフにより調査が進められている。イギリスはアフリカ、フィリピン及び中国で共同研究を行っている。レーダーは車輛に取り付け可動性にしてある。観測対象昆虫は直翅目、鱗翅目、半翅目、同翅目で、集団移動する昆虫が主である。波長 1.87 cm のレーダーはアメリカで蚊の観測を行った。また、赤外線による観測距離は 100 m で、地表面近くの昆虫が対象とされた。

ドップラーレーダー観測では、ビニル袋に 1,000 頭、600 頭のハスモンヨトウを入れ、300 m 上空につるし、1 km 離れた地点で観測した結果、反射断面積は前者で $\sigma = 2.4 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{頭}$ 、後者では $\sigma = 3.0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{頭}$ となり、平均値 $\sigma = 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{頭}$ となった。また、100 頭、50 頭/1 袋でも反射波が確認されたが、5 頭では反射波がなかった。次に放飼器から 1,000 頭を放虫した場合、明らかに反射波が観測された。放飼虫の飛しょう速度は 35 cm/s ~ 70 cm/s であった。このときの反射断面積は $\sigma = 1.7 \times 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{頭}$ であった。今回観測に用いたドップラーレーダーの最大探知距離は $\sigma = 1 \text{ cm}^2$ では約 10 km となり、 $\sigma = 10^{-2} \text{ cm}^2$ では約 3 km となった。沖縄におけるウリミバエ放飼では飛しょうエコーを観測することができた。

船舶用レーダーでは、セスナ機より放虫し追跡の結果、ミツモンキンウワバ、タバコガほか数種昆虫の飛しょうエコーが明りょうに観測された。しかし、夜間における水田からの昆虫の飛び立ちの追跡は判然としなかった。

今回のレーダー観測では、グランドエコーの影響が大きな障害となった。グランドエコー除去装置(MTI)の利用について検討が必要である。また新しい電子技術を応用した円偏波装置の利用、アンテナシステムの改良など、昆虫の移動追跡機器開発のため官民協力が必要である。

害虫の移動と環境

農林水産省東北農業試験場 ひら い かず お
平 井 一 男

農業害虫も含めて昆虫類は、一般に多様な環境条件に適応してさまざまな生活様式をとる。季節的な変化がある場合は、発育遅延を起こして同じ生息地に生存し続けるか、または、別の生息地へ移動して不適な環境条件の到来を未然に回避する習性を獲得している。本稿では、成虫の飛しょうによる移動の生態的意義、移動行動にかかわる環境要因などについてとりまとめた。

I 移動の生態学的定義

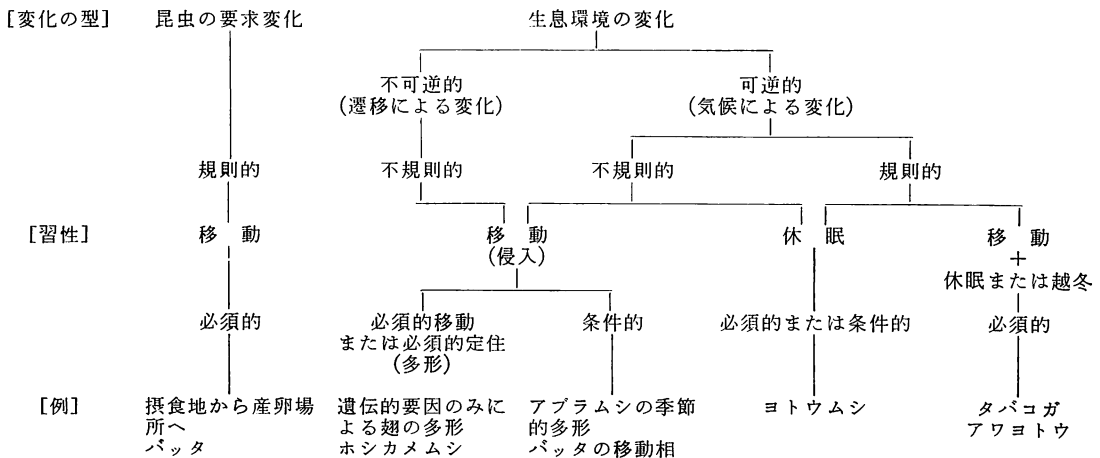
移動と分散とを同義に使用することがしばしばあるため、用語の混乱を生じやすいが、分散は個体群の拡散、個体間についてはその平均距離の増大を指すのに用いるのが適当である (ANDREWARTHA and BIRCH, 1954; KENNEDY, 1961; SCHNEIDER, 1962; SOUTHWOOD, 1962, 1981)。一方、移動には、機能的に見て、移住と非移住の二つのタイプが存在する。非移住の移動は、食餌や交尾対象の探索、産卵などのための活動と関連して生息域内を動き回る行動であり、欲求を満たすための移動 (PROVOST, 1952)、ベジタティブな移動 (KENNEDY, 1961, 1975)、または日常的な移動 (SOUTHWOOD, 1962) などと呼ばれてきた。これとは対照的に移住の移動は、特別な欲求対象を指向しない旧生息地の範囲を越えて逸脱する行動を指している (JOHNSON, 1969; SOUTHWOOD,

1962; DINGLE, 1972)。移住の移動によって、常に新しい生息適地に到達できるとは限らないが、少なくとも現生息地の条件悪化を免れ、適地へ移動する可能性は生じることになろう。同一の個体においても非移住の移動と移住の移動は、共存しており、連続的な行動パターンを形成している。内因的、外因的な信号 (キュー) が相互に作用し、これらの異なる機能の移動行動が誘起される。結局、移動は、生存と繁殖のために進化した適応行動であるが、JOHNSON (1960) は、成虫が羽化してから最初に行う無目的な飛び立ち行動が移住の飛行にまで発展したであろうと考えている。同一個体においては、最初に移住の飛行が起こり、それがあつた時期に非移住的な飛行へと切り替わるのが普通である。

II 生息環境の変化と移動及び休眠の関係

昆虫の生息環境としての態様は、一時的なものから永続的なものまで多様である。永続的で安定した環境に生息する種の移動性は小さいのが普通である。これに反し、農生態系は一時的で不安定な環境であることが多く、そこに生息する昆虫の移動性は一般に大きい (第1図)。

なお、ある昆虫では、移動は生息環境そのものの変化よりは、むしろ食餌や産卵などの昆虫の要求の変化と関



第1図 生息環境の変化と移動及び休眠の関係 (SOUTHWOOD, 1962 より作図)

係している。この場合の移動は必然的なものであることが多い。長期間にわたって見ると、生息環境の変化は、次の二つに分けられる。

① 生態学的遷移と関連した不可逆な変化：植生遷移だけでなく、放牧地におけるハエの生息環境としての牛糞などの質的な変化なども含まれる。

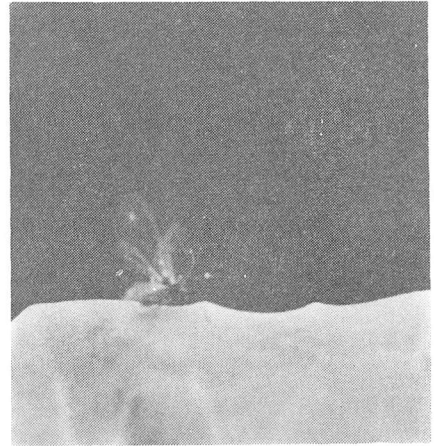
② 気候の影響によって生じる可逆的な変化：気候による生息地の変化には、温帯における四季の到来のように規則的なものから、砂漠や半砂漠地方に見られる降雨のように不規則なものがある。

移動と休眠は、昆虫が不適な期間を生き抜くためのもっとも有効な生存手段である。生息環境の変化が可逆的であるときには、好適な条件が戻るまで、その場所を持ちこたえる休眠がもっとも安全な方法であり、環境の変化が規則的である場合には特に有利であろう。休眠の場所は摂食場所と同じであることはなく、これらの間の移動の程度は、食餌及び安全な休眠場所を発見できるか否かの相対的なリスクにかかっている。昆虫の摂食場所が永続性を欠き、季節的に変化したり、露出している場合には、休眼前、休眠後の移動が普遍的に見られる。カメムシ、テントウムシ、ネキリムシなどにその例が多い。

温帯南部から亜熱帯にかけては、主として降雨が不規則であることにより、生息地の環境変化も、時間的、空間的に不規則となる。こうした多様な気候の地帯では、ある移動可能な距離内で、そこの条件に応じた特定のバイオタイプの出現頻度が高まる。それゆえに、不規則な気候下で、ある種の昆虫はその場で休眠し、別の種は移動性を発達させている場合もある。これらの種の移動レベルの変異は、自然選択により生息地の変化の頻度に対応するよう微妙にバランスが保たれるのである。似たように、同一の種類でも、個体によって移動性のレベルは異なる。このような生息場所の条件に応じた変異は、生態学的遷移の起こる生息地に定住する種や複数の気候帯を越えて生息域を広げている種にも見られる。

III 種に見られる移動レベルの変異性

移動レベルの変異は次の二つの手段によって維持される。その一つは、多形現象であるが、この場合、どの個体群においても、必須的移動個体 (obligatory migrants) が一定の割合で見られ、残りは非移動群を構成する。移動群と非移動群の割合は、自然選択によって生息地の変化の頻度と対応して決まってくる。生息地の好適条件が永続的でなければ、それだけ必須的移動の個体は多くなり、その逆も成り立つ。成虫の翅の多形が遺伝的に決



第2図 ダイコンアブラムシの飛び立ち

定されているホシカメムシ科、カミキリムシ科、マメゾウムシ科などにこの例がある。

第二の手段として、条件的な移動 (facultative migration) が挙げられる。これは、おそらく、不規則に変化する環境を利用するために、もっとも進化した適応であって、不適な条件の到来を予告するいくつかの要因によって誘起される。夏期の有翅アブラムシ (移動自体は必須的であるが) の出現は、環境の悪化や混み合い、水不足の初期サインへの反応と見なすべきであろう (第2図)。多くの半翅目に見られる長翅形の出現は、おそらくこれと同様に、環境条件への条件的な反応であろう (Southwood, 1962)。

なお、分散には風に飛ばされる浮遊 (者) がある。これは条件的な移動に分類されるが、植物の先端に登って、空中に飛び立ち、上昇するなど、移住的移動に特徴的な行動パターンが欠ける場合であり、単に成虫が飛しょう速度より高速な風によって偶発的に運ばれたものと見なされる。空中ネットで多数捕獲される半翅目、双翅目、コナガなどの小型昆虫の中には、この種のタイプの分散を行うと思われるものが多い。

IV 農生態系の中の比較的短距離の移動

移動は、機能的に異なる移住的移動と非移住的移動に大別されることは最初に述べたが、同一個体においては両者が連続的な行動パターンの中に組み入れられているので、これらを区別することは難しい。移動実態を扱うにあたっては、比較的短距離の移動と長距離に分けて考えるほうが便利であるから、本節では、これに従って、まず比較的短距離の移動について若干の具体例を見ていくことにする。

農生態系の中の移動には、空間や食物などの資源構造が関係していると考えられる。タバコガの近縁種 *Helicoverpa zea* は多化性で、成虫は成熟期を迎えた作物を産卵選好するため、トウモロコシ、ダイズ、ワタなどの作物が、2~3 ha 規模でランダムに分布している北米のノースカロライナの一地方では、成虫はほ場からほ場へと自由に動き回る (JOHNSON et al., 1978)。この害虫は、毎年、亜熱帯の越冬地から遠く隔たるカナダで発見されるほど、長距離移動も行う (KOGAN et al., 1978; RABB and STINNER, 1979)。

テントウムシ科の *Epilachna varivestis* は多化性で、インゲン類とダイズを利用する狭食性の害虫で、成虫が森林の枯れ葉の下で越冬する (DEITZ et al., 1976)。本種の飛しょうについてはあまり知られていないが、中ぐらいの飛しょう能力を持つようである。越冬成虫が森林からインゲンは場へ移動し、一世代成虫はさらにダイズほ場に移動して、それ以降の世代の成虫が森林へ戻るといふ移動環を持つ。

西日本におけるダイズ害虫のシロイチモジマダラメイガも、越冬地で羽化した成虫は5月上旬にはエニシダ、エンドウ、クサフジに移動し、その後早生のダイズへ、9月には晩生のダイズへと短距離移動していると思われる (平井ら, 1980; 中国農試, 1980)。

ホソヘリカメムシにも同様な短距離移動が見られ、越冬成虫が4月下旬にニセアカシアへ、6月下旬にはシロツメクサやクサフジに移動する。早生ダイズには6月下旬から9月まで寄生し、一部は8月以降から秋ダイズに移動して加害、産卵する。そこで成虫になった2~3世代目の個体群が越冬地に移動する (廉沢ら, 1983)。

V 長距離移動を誘起する要因

長距離移動の生態学的意義は、不適環境からの脱出と新たな餌資源を求める点にあるが、害虫ではバッタ類、ヤガ類、タバコガ科、チョウ類、ウンカ類などについてアメリカ、豪州、アフリカ、イギリス、北欧、中国、日本での観察や研究事例がある。以下の各章では、長距離移動にかかわる環境要因について述べる。

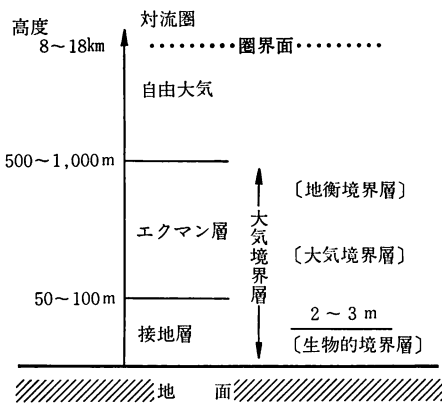
繁殖前の飛行が移住的移動に関与する点は多くの昆虫に共通しているが、産卵しながら移動する種類もいる (JOHNSON, 1969, 1974)。移動は、不適条件の到来を予告する外因的及び内因的な機構の働きあいによって達成される。例えば、月周期のような外因が信号になって内因的な測時機構を働かせ、移動を誘起するだけでなく、同じ測時機構が飛行中の昆虫群の着地を同調させる働きを持つと思える。淘汰はこのような測時機構を発達させ

ることができる個体に都合よく作用するであろう (LIDICKER and CALDWELL, 1982)。移動先が地理的に離れていても、その条件が、例えば温帯の環境変化のように季節的で、予想がつく場合、光周期は移動開始の正確なキューになるであろう (DINGLE, 1972, 1980; JOHNSON, 1969; VEPSÄLÄINEN, 1978)。熱帯における移動や温帯における季節内移動のように、光周期の変動が小さく、しかも生息地の距離が遠近さまざまである場合には、光周期以外のキューが使われるかもしれない。これらには、温度、食物利用の可能性と質 (DANTHANARAYANA, 1976; DINGLE, 1972, 1981; DIXON and HOWARD, 1986; VEPSÄLÄINEN, 1978)、雨、天敵、病気 (DINGLE, 1981; GATHEHOUSE, 1986)、種内の密度効果などが含まれる (TAYLOR and TAYLOR, 1983)。地理的な条件の異なる各地におけるさまざまな環境刺激によって誘起される移動と休眠による昆虫の生活史の季節的同調については、DINGLE (1981)が議論しているので参照されたい。

種内の個体群圧は、混み合いが移動相の転換を引き起こすバッタ (KENNEDY, 1956, 1961; UVAROV, 1966) やアブラムシの有翅型の発現 (DIXON, 1973, 1986; HUGHES, 1963, 1974; KENNEDY, 1972) のように、社会的な行動を通して作用するようである。混み合い効果は必ずしも高密度下において生じるのではなく、ハマキガ科の *Epiphyas postvittana* のように2個体が共存するだけでも発現し、他の1個体の飛しょう性を高める例も観察されている (DANTHANARAYANA et al., 1982)。

VI 長距離移動の過程と環境要因

昆虫の移動行動は、上昇、飛行持続、降下の過程に分けられる。長距離移動には、飛行中に方向転換をせずに (klino-kinesis の減少)、直進運動 (ortho-kinesis の増大) を継続する行動習性、栄養反応の一時的低下、特別な飛び立ち習性、着地パターン (KENNEDY, 1961, 1975)、昆虫を境界層 (boundary layer; TAYLOR, 1958, 1960, 1974) 以上の層に移動させるのに役だつ走光性の一時的抑制 (JOHNSON, 1969)、などが必要である。FARROW (1986) は、大気境界層を、気象学的な層とは別に、生物学的観点から3層に分けている (第3図)。地表が一番近い層は生物的境界層である。昆虫はこの層において風速より速く飛行できるので、飛行方向を変えられる (TAYLOR, 1974)。1.5 cm 以下の小型昆虫にとっては、この層の厚さは地形や卓越風の強さ、昼夜によって異なる。日中では数mの厚さ、地表の空気が穏やかになる夜間にはさらに厚くなる。飛行速度の遅い昆虫による長距離移動はこの層に限られている。第二層



第3図 気象学的境界層と〔 〕内の生物学的境界層 (FARROW, 1986より作図)

は大気境界層 (planetary boundary layer) である。日中は、対流のため比較的厚くなり、1,000 m 以上にもなる。風速は、上昇気流と下降気流の影響で変動しがちであるが、平均すると地衡風より小さく、高度とともに増大する。夜間に、対流が止まると、地表近くは穏やかになり、地表と上空 100~300 m にある地衡流の間に強風シャーが発達するので、大気境界層は薄くなる。このシャーは、雲がないと、日没約 1 時間前に熱対流の停止とともに急速に発達する。この層では、小型昆虫は、ほとんど飛行を制御できないが、強風のシャーの影響で高度が増すほど長距離移動できる。小型昆虫が、日中、下層ジェット気流の強風帯 (コア) に達し、運搬されるには数 m 上昇するだけでよいであろう。しかし、夕暮れに飛び上がる昆虫にとっては、50 m の高さまで上がらないと強風帯に達することができない。第三の層は地衡境界層 (geostrophic boundary layer) と言われ、圏界面まで達する。風速は気圧傾度に比例して一定している。昆虫の長距離移動の可能性はこの層でもっとも大きい。日中では、この層は高すぎて到達できないが、夜間には 200~400 m の高度に下がってくるので、到達可能になる。

従来、夜間に飛しようする昆虫は対流を利用することなく、気温の逆転層 (冷氣~暖気層) を越えて数百 m から 1~2 km の上空に達するとされていた (KENNEDY, 1975)。このように、飛行する昆虫の地上への軌跡は、主として風下側への移動であるが、風によって単に運搬されるというよりは、昆虫は積極的に風上に向かって飛行し、また、夜間でも曇天下でも同様な定位行動を示す (FARROW, 1986; JOHNSON, 1969; KENNEDY, 1975; REYNOLDS and RILEY, 1979, 1986; RILEY, 1975; SCHA-

EFER, 1976; WALOFF, 1972)。昆虫の夜間飛行のなぞを解き明かすために、昆虫ではまだ考えられていない“なんらかの感覚誘導機構”を研究しなければならないと KENNEDY (1975) は主張する。現在のところ、以下のような昆虫の定位の方法が提示されている。地球磁場の利用 (ARENDSSE, 1978; BAKER and MATHER, 1982; DYER and GOULD, 1981; GOULD, 1980, 1982; GOULD et al., 1978; KIRSCHVINK, 1983; MARTIN and LINDAUER, 1977; SCHNEIDER, 1960)、時間補正航空法 (SOTTHIBANDHU and BAKER, 1979)、天空コンパス (WEHNER, 1983, 1984)、赤外線エネルギー受容 (EVANS and KUSHNER, 1980; MEYER, 1977)、月コンパス反応 (SOTTHIBANDHU and BAKER, 1979)。RILEY と REYNOLDS (1986) は、夜間に上空を飛行する昆虫を対象にコンパス定位と風による航空をレーダーによって調べるとともに、夜間の定位について総説し、時間補正航空法と地球磁場の利用がコンパス定位に使用されている可能性を結論した。さらに、風による航空については、大気運動中の突風 (accelerative anisotropy) がキューになるだろうとした。夜行性の昆虫は、風の条件と個体の飛しよう戦略に応じて風の信号受容とコンパス定位を体系的に採用していると見ている。

VII 長距離移動における風の影響

この数十年來、昆虫の長距離移動の機構については、風による受動的移動とコンパス定位によっているという二つの見解がある。これまでに観察されている主な例は、風下飛行による移動が多い。本節では、昆虫の移動に対する風の影響について整理した。

1 飛行距離

フィンランドへ侵入する移動性昆虫は、通常北緯 50° の南部から北緯 60° まで飛行してくるので、約 1,000 km の距離を定期的に移動すると言える。もちろん、短距離の移動もある (MIKKOLA, 1967)。しかし、BAKER (1978) は、頻繁に移動するモンシロチョウやオオモンシロチョウでさえ、その大多数は 300 km を移動すると死んでしまうだろうと示唆している。この二つの矛盾の理由は何であろうか。具体的な移動の例を挙げて考察してみよう。

1964 年 8 月に発生したシロイチモジヨトウは、フィンランドの国境南東部からデンマークまで 6 晩にわたって移動し (MIKKOLA and SALMENSUU, 1965)、一晩に 220 km 進んだ。この大群は、繁殖地であるソ連のカザフスタンからフィンランドに 3 日以内で到達したので、少なくとも見積もっても 1 日 800 km 飛行したことになる。

第1表 移動性昆虫の飛行距離

昆虫名	観察年月/日	最大距離(km)	方向	観察(地点数/日数)	飛行距離/日(km)
1 ヒメアカタテハ	"72 7/ 8~11	960	N	3/ 3	320
2 //	"78 9/ 4~ 5	270	W	2/ 1	270
3 //	"78 6/24~25	650	N	2/ 1	650
4 //	"78 6/24~25	350	WNW	4/ 6	60
5 //	"81 7/26~27	450	N	2/ 1	450
6 クジャクチョウ	"83 8/ 2~11	330	NW	4/ 9	30~40
7 チョウセンシロチョウ	"72 7/ 8~ 9	250	N	8/ 1	250
8 //	"82 7/ 9~13	360	N	2/ 4	90
9 オオモンシロチョウ	"75 5/10~15	250	N	2/ 5	50
10 //	"84 5/20~25	250	N	2/ 5	50
11 アヲトウ	"63 3/29~4/12 ^{a)}	1,400	N	4/14 ^{b)}	700 ^{c)}
12 //	"// ^{a)}	1,200	N	4/18 ^{b)}	200 ^{c)}
13 //	"63 6/ 3~14 ^{a)}	1,100	N	6/18 ^{b)}	275 ^{c)}

- 1) 1~10 は、フィンランドにおける観察 (MIKKOLA, 1986).
 2) 11~13 は、中国における李ら (1964) の標識回収実験の結果から抜粋.
 3) 3~4 は2方向への移動, 7~8 は2回の移動があった.
 4) 観察地点は移動経路に沿った連続した観察数を示す.
 5) a): 標識年月日, b): 回収月日, c): 最大距離/(標識日から回収日の最短日).

1958年7月には、マイマイガがモスクワの南東郊外から一晩に350km飛んで、3晩後にフィンランドへ飛来した (MIKKOLA, 1971)。以上、二つの例の飛行距離は風速によって説明される。第1表に数種昆虫の飛行距離を示した。ヒメアカタテハは1日当たり300km、オオモンシロチョウは50km飛行した。顕著な例として、1978年6月にヒメアカタテハとコナガの大群がフィンランドの南東国境に侵入し、さらに西方に向かい、猛スピードでラップランド、スピッツベルゲンまで到達した (Lokki et al., 1978)。ヒメアカタテハは風なしで70km/日で西進し、南風に乗った成虫群は1,000km/日で北進した。中国におけるアヲトウの場合、標識再捕獲の調査で、10~13日で800km、2日から14日で1,400km移動している。最長をみると、1日当たり700~800kmを移動したことになる (李ら, 1964)。

第1表でもわかるように、同一種でも飛行距離には大きな差がある。例えばチョウセンシロチョウはフィンランドの南部に達する年(1日当たり90kmの飛行距離)とさらに北方の北緯66°まで飛行する年(1日当たり250km)がある。MIKKOLA (1986) は、このような同一種による飛行距離の差は、異なる二つの移動層、つまり低速の低空移動と、より高速の上空移動が存在することによって考えている。

なお、飛行距離は、成虫の生理状態や空中の気象状態によっても制限される(飛来中の着地の項を参照)。

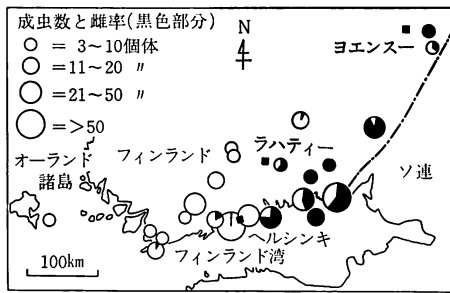
2 暖気流に乗った飛行

夜行性昆虫は、日没時が温暖で多湿の日に盛んに飛び立つことが観察されている。上空が温暖であると、遠方

まで飛び続け、標高1,000mぐらゐの山脈を大群が飛び越えることがある。アヲトウの広域多発生も、このような条件で起こるものである。

上空の暖気に乗って暖地起源の種が例外的に北方で発見されたことがしばしばある。フィンランドでは、1977年8月10日にノメイガ科のヘリキスジノメイガが以前に発見された北限から、さらに北方400km(北緯69°30')の地点で1個体記録された。この日は、最南部でも4個体が捕獲された。当日、暖気流は南フィンランドに向かって移動していた。8月8~9日にフィンランド南部で2個体、10日に南部と南西部で、さらに2個体発見された。地上天気図によると、暖気はコラ半島からラップランドには及ばなかった。しかし、1,500m上空では、気流の一部が細長くラップランドに流れ込み、高度約700mで10°Cの低温、1,500m上空では20°Cもあったので、成虫がこのとき捕獲されたものと思われる。このとき捕獲された成虫はコラ半島から西方へ高層の暖気に乗って飛行した大群の一部であったようだ。このような飛行は、ヘリキスジノメイガに特徴のようで、これまで、2,000m以上の山でも3回ほど観察されている (MIKKOLA, 1986)。

アヲトウは、高度400~900mを移動する個体が多いとされている (林・夏, 1963)。北日本に移動してきた成虫は、気温が高いと広域に多発生すると推察されている (奥, 1983)。日没後3時間の盛岡の地上気温が23~24°Cであった1987年6月上旬には、日本海側から、1,000m前後の山脈を越えて東北地方の内陸に侵入したアヲトウ成虫が多数観察された (東北農試, 1987)。



第4図 1972年6月にフィンランド南東から南西へ風下移動したドクガ科ヤナギドクガの移動中の性比の変化 (MIKKOLA, 1986より改写)

3 移動中の性比の変化

未交尾成虫が移動する害虫にとって、新生息地で増殖するには、雌雄ともに移動することが必要である。しかし、害虫の中には、移動中の性比が雄のほうに偏った例が見られる。フィンランド南東部に、1972年6月後半にドクガ科ヤナギドクガが侵入した(第4図)。この移動群中の雄と雌の比は、1.2:1~0:1(45~100%の雌率)であったが、南部海岸に打ち寄せられた成虫群では雌が100%であり、ヘルシンキの東側では75%、ヘルシンキとその西方における雌は少なく1:0.02(271雄:5雌)であった。これらの結果から見て、雌は卵巣を発達させると、移動群から脱落し、数個体しかフィンランド湾を渡らなかつたようである。侵入個体群の雌率が低かったことから、雄成虫は雌より100~200kmの距離を飛行し続けていることが示唆される。

北日本へのハスモンヨトウの移動は8~10月に多い。青森、秋田、岩手、山形各県では雄成虫の飛来はかなり認められているが、雌成虫の捕獲数は少ない。合成性フェロモントラップで雄成虫が多数捕獲される割には、幼虫の発生は少ない。例えば、青森県では、1977年から1979年にブラックライトに雌1個体、雄17個体が誘引されたにすぎないが、合成性フェロモントラップには多い年で約400個体の雄が誘引された年もある。しかし、幼虫は1981年から1986年までに3個体発見されただけである。雄成虫に比べて雌成虫は移動しにくいのではないかと推測されている(木村, 1987)。本種の雌成虫は、羽化直後に卵巣が発達しているの、その可能性は大きいものと思われる。

4 風上への移動

風下への移動に比べると、風上への移動の観察例は少ない。風上への移動は食餌や交尾対象、産卵場所の探索時や風の弱いときに低空で行われるとされている。渤海

湾で観察されたアヲトウの場合、3~4m/秒の風速までは風上への飛行が観察された(夏ら, 1963)。その他、オオモンシロチョウ(MIKKOLA, 1986)、ヒメアカタテハ、ガンマキンウワバ(PALMEN, 1946)、イチモンジセセリ(山下, 1964; 宮下, 1970)などに風上飛行の例が見られる。

VIII 長距離移動後の着地

長距離移動した成虫の着地には、主に日周リズムと気象物理的条件が関係している(林, 1963)。夜間飛行性の害虫は、日没時に飛び立って翌日の夜明けとともに飛しょうを停止して着地すると思われる。しかし、ガンマキンウワバ(LARSEN, 1949)及びタマナヤガ(布施, 1973)では、移動中に走光性が低下すると示唆されていることから、光条件に反応した日周活動性も失われ、昼夜とも移動を続けることも考える必要があるとする見解もある(奥, 1978)。この点は、移動距離を考慮するにも重要なので、今後実証的な研究が必要であろう。その他の生物的条件としてヤガ科では、移動が卵巣未成熟期に起こることから、逆に卵巣の成熟が雌成虫の着地を促進することが推察される(ROSE et al., 1975)。この現象は、前述のように移動中の性比の変動に関係してくるであろう。

気象物理的要因としては、アヲトウでは低気圧の中心、寒冷前線域、雷、雨などがあげられ、降下行動の機構は、旋衡風、乱流、下降気流、降雨、低温、雷などへの遭遇による飛しょう活動の低下にあると考えられる。

アヲトウの場合、繁茂したイネ科植物に多発し、水面の見える水稲に発生しなかつたことから(平井ら, 1985)、飛行中に水を避け、植物群落上に降下しやすい習性があるように思われる。トウヒシントメハマキでは、100~200mの上空から寄主群落の存在を感知して両翅を閉じ、降下すると言われる(GREENBANK et al., 1980)。また、オオカバマダラ(URQUHART and URQUHART, 1978)や *Agrois infusa* (COMMON, 1954) は、特定の休眠地に達して移動を中止するようであり、その場所を指示する未知の信号が働いていることが推測される。

おわりに

わが国では、農業昆虫の移動については、セジロウソウカやトビイロソウカのほかは実践的な研究がまだ少なく、突発的な大発生を事前に予測したり、十分な対策が講じられないのが現状である。一部の害虫に偏重した研究体制と、人的、予算的研究投資に主因があるが、害虫

の個体群動態の研究にあたって移動の概念が乏しかったこと、移動個体群を直接測定したり、移動分散方向を特定することができなかつたことなども原因していると思われる。

今後も農業生態系における害虫の個体群動態や寄主転換の研究に移動現象の観点を取り入れることが重要になるであろう。このためには、移動の個々の断面について直接的、実践的な行動解析を行うと同時に、害虫及びその被害の広域的な分布変動の動向を把握すること（疫学的解析）が不可欠である。移動性害虫の発生予測には、飛来源である常発地の個体数変動の把握、個体数変動を反映する簡便な指標の設定及び直接的な影響因子との関係の解明、それらに基づく移動分散のメカニズムを気象物理的要因、食餌及び空間資源構造などと関連させた総

合的な解明が必要であろう。さらに、移動性害虫は、広域的に発生するので、国内はもとより国際的にも長期的な研究協力が不可欠な分野であろう。本稿作成にあたり、有益なご助言をいただいた腰原達雄、気賀澤和男、奥俊夫、井上君夫の諸氏に感謝する。

主な参考文献

- 1) DANTHANARAYANA, W. D. (ed.) (1986) : Insect flight, Springer-Verlag, Berlin. pp. 289.
- 2) HATFIELD, J. L. and I. J. THOMASON (eds.) (1982) : Biometeorology in pest management. Academic Press, New York. pp. 491.
- 3) JOHNSON, C. G. (1969) : Migration and Dispersal of Insects by Flight, Methuen, London. pp. 763
- 4) MIKKOLA, K. (1986) : *in* Insect Flight (ed. DANTHANARAYANA, W. D.) 152~171.
- 5) SOUTHWOOD, T. R. E. (1962) : Biol. Rev. 37 : 171~214.

紹介  **新登録農薬**

『殺菌剤』

テクロフタラム粉剤 (62.4.13 登録)

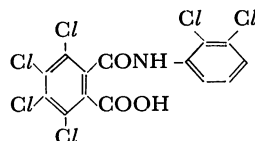
本剤は三共(株)によって開発された殺菌剤である。

根及び葉身の開孔部などから植物体内に入り、イネ白葉枯病菌の増殖を抑制し、病斑形成及びその拡大を阻止する。

商品名：シラハゲン粉剤 S

成分・性状：製剤は有効成分 3,4,5,6-テトラクロロ-N-(2,3-ジクロロフェニル)フタアミド酸 1.0% を含有する類白色粉末である。純品は白色粉末状結晶で、融点 198~199°C, 溶解度は水 14 ppm (25°C), エタノール 19.21 (g/l, 26°C), メタノール 5.44, アセトン 25.64 である。

(構造式)



適用作物、適用病害名及び使用方法：第1表参照。

使用上の注意：

本剤の使用に当たっては、使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、特に初めて使用する場合は、病害虫防除所等関係機関の指導を受けることが望ましい。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

- ① 誤食などのないように注意すること。
 - ② 散布の際はマスクなどを着用すること。
- (魚毒性) A類。

第1表 テクロフタラム粉剤 (シラハゲン粉剤 S)

作物名	適用病害名	10 a 当たり使用量	使用時期	本剤及びテクロフタラムを含む農薬の総使用回数	使用方法
稲	白葉枯病	3~4 kg	収穫14日前まで	4回以内	散布

「植物防疫」総目次

B 5 判 63 ページ 定価 1,200 円 送料 200 円

昭和 22 年 4 月に創刊された雑誌「農薬」(農業協会発行) から「農薬と病虫」へと経てきた雑誌「植物防疫」の創刊号から第 36 巻 (昭和 57 年 12 月号) までの総目次。項目別に見やすく編集。植物防疫研究者の必読雑誌である「植物防疫」の総目次をという御要望にこたえて発行！

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

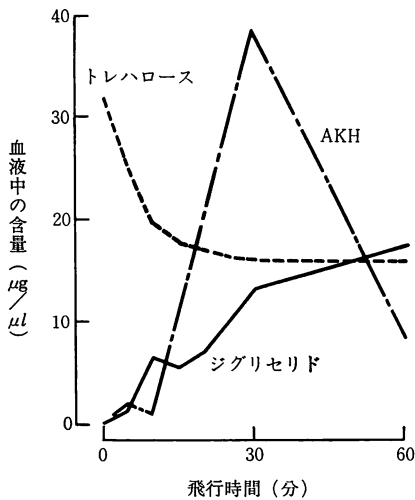
害虫の移動個体の生理・生化学と遺伝的変異

佐賀大学農学部応用動物学教室 とう 藤 じょう 條 すみ 純 お 夫

昆虫の飛行時の生理・生化学については多くの興味ある研究がなされてきたが、移動との関連で追究された報告は、きわめて少ない。本稿では、長距離の移動をすることが知られ、あるいは推定されている昆虫についての、飛行生理から移動する個体の生理、さらには移動後の個体の特性を類推し、移動個体発現の内分泌制御、さらには移動性の遺伝的変異について記述する。

I 移動時のエネルギー代謝と調節

昆虫の通常の活動には主に炭水化物がエネルギー源として使われるが、長距離の移動をする昆虫では飛行初期の炭水化物から、継続飛行時には脂肪を利用する系に切り換えられる。第1図に示すように、トノサマバツタでは飛行開始直後から血液中のトレハロース（血糖）濃度が減少し、30分以降はほぼ一定になる。一方、グリセリンに2分子の脂肪酸が結合したジグリセリドの濃度は飛行



第1図 つり下げ飛行中のトノサマバツタにおける血液中の諸成分の変動様相

トレハロース (VAN DER HORST et al., 1980) 及び AKH (ORCHARD, 1987) は濃度を、ジグリセリド (ORCHARD, 1987) は増加濃度を示した。

30~60分ぐらいまで上昇していく。トレーサー実験の結果から、1頭の雄成虫は1時間当たりにして、トレハロースを飛行前には0.5mg、飛行後30分までは7.3mg、それ以降は2.4mgの割合で、一方、ジグリセリドを飛行前には0.4mg、継続飛行中には3.4mgの割合で消費すると計算された (VAN DEL HORST et al., 1978a, b, 1980)。この間、脂肪体中に蓄えられたグリコーゲンと中性脂肪が減少していく。

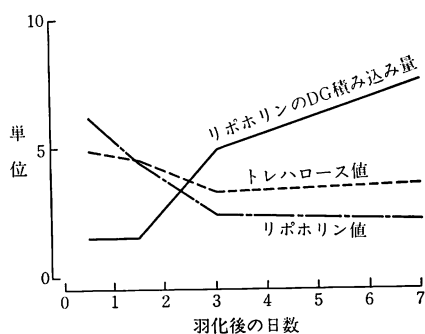
昆虫の脂肪体では、中性脂肪はグリセリンに3分子の脂肪酸が結合したトリグリセリドとして蓄えられているが、血液中ではリポホリンと名づけられた巨大なタンパク質にジグリセリドとして積み込まれ、飛しょう筋に運ばれる。ジグリセリドを積み降ろしたりポホリンは、さらにジグリセリドを積み込み運搬する (茅野, 1980)。すなわち、血液中のジグリセリドはすべてリポホリンと結合しており、飛行後のジグリセリド濃度の上昇はリポホリンのジグリセリド積み込み量が増えたことを示している。第1図には、側心体から分泌される adipokinetic hormone (脂質動員ホルモン、以下、AKH と略称する) の変化も示してある。血液中の濃度は飛行開始10分以降顕著に上昇し、30分後に最大に達したのち、60分後にはかなり低下する。最近の茅野ら (1986) の研究により、AKH が分泌されると、リポホリンのサイズが大きくなり、その1分子に9分子のアポリポホリン III と名づけられた小さな分子が結合し、ジグリセリドを多く積み込むようになることが明らかにされた (CHINO et al., 1986)。AKH は飛しょう筋でのジグリセリドの分解を促進する作用も示し、飛行開始後に放出される AKH によって補給と消費の両面から脂肪代謝系へと切り換えられるといえる。AKH はバツタ類から構造が決定された昆虫で初めてのペプチドホルモンであるが、ワモンゴキブリやタバコスズメガなどからも、若干構造は異なるものの、同じ作用を示すものが発見されており (ORCHARD, 1987)、昆虫に広く分布し、おそらくは長距離の移動をする昆虫では一般に、飛行時の代謝切り換えに重要な働きをしていると思われる。

II 移動した個体の判別は可能か

野外で採集した個体を分析することによって、長距離

の移動をしたかどうかを判定できるか考えてみたい。2,000 km にも及ぶ移動をすることが知られているオオカバマダラの雌成虫では、脂肪量は乾燥重の 43% にも達し、そのうちの 71% をトリグリセリドが占める (BROWN et al., 1974)。トビイロウンカの雌成虫では翅型間で脂肪組成に差はなく、いずれもトリグリセリドが 74% を占めるが、乾燥重当たりの脂肪含量は短翅型では 21% なのに対し、長翅型では 30% に及ぶ。すなわち、短翅型よりも 1.5 倍のトリグリセリドを保持しており、長翅型が移動に適したものと判定された (KIM et al., 1973)。トビイロウンカでも飛行開始後血液中の炭水化物 (おそらくはトレハロース) が減少する一方で、ジグリセリド含量が上昇し、60 分以降平行に達する。1 頭の雌成虫には、グルコーゲン 4 μg 、トリグリセリド 230 μg 含まれているが、飛行 3 時間後にはグルコーゲンは 0.8 μg とほとんど消失するのに対し、トリグリセリドは 200 μg と高く、9 時間の飛行後でも 100 μg 以上残存していた (PADGHAM, 1983)。トリグリセリドを全部消費するまで飛ぶことができると仮定するならば、さらに 9 時間ぐらいは飛行できるわけで、ジェット気流の助けがあれば、はるかに長時間移動できるエネルギー源を持っていることがわかる。こうしてみると、体内のトリグリセリドのレベルから飛行時間をある程度判定できると期待される。そうした分析は、1985 年日本各地や東シナ海で採集されたトビイロウンカとセジロウンカについて試みられ、東シナ海及び飛来初期に採集された個体では脂肪含量がきわめて少ないのに対し、8 月以降に採集されたものでは、トリグリセリドの含量が高いことから、前者は長距離の移動をしたもの、後者は移動した個体群の次世代以降のものに由来すると判定された (井上ら, 1986; 東大農・九州農試虫害 3 研)。

ハスモンヨトウは西南暖地での越冬が可能とされ、長距離の移動については疑問視されている。しかし、定点観測船上での捕獲や、野外採集虫の腹部の中性脂肪含量に季節的消長が認められること (四国農試虫害研) は、この虫が時期によっては長距離の移動を示唆している。第 2 図に示すように、ハスモンヨトウに蜂蜜を与えて実験室に維持した場合、羽化 3 日以降、血液中の単位タンパク質当たりのトレハロース値は 3.5、リポホリン値は 2.5、リポホリンのジグリセリド積み込み量は 5~8 ぐらいの値になる。1987 年にフェロモントラップに捕獲された雄成虫について、上述の三つの指数を調べてみると、梅雨時の値にはある特徴が認められた。例えば、6 月末日の快晴時に採集された虫では、三つの値はほとんどが上述の値に近かったのに対し、7 月 1 日、



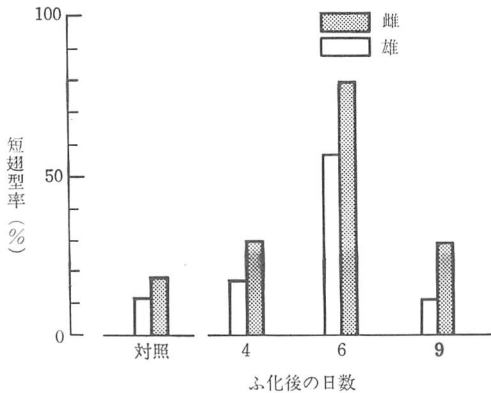
第 2 図 休止中のハスモンヨトウ雄成虫における血液中の諸成分の変動様相 (佐賀大農)

蜂蜜を与えて 25°C に保った成虫に生理食塩水を注入して採取した血液を分析した。単位タンパク質当たりのトレハロース及びリポホリン含量をそれぞれトレハロース値及びリポホリン値として、リポホリン当たりのジグリセリド含量をリポホリンの DG 積み込み量として図示した。縦軸の値は任意単位である

2 日と低気圧が通過した時点で採集された虫では、リポホリン値は 6.0 と上昇したのに対し、トレハロース値は 1.0、リポホリンのジグリセリド積み込み量は 1.5 前後と大幅に低下した。すなわち、血液中のリポホリンの濃度は上昇していたが、ジグリセリドをほとんど積み込んでおらず、しかも血糖も消失したに近い個体が突如トラップに捕えられるようになったのである。同様な個体が低気圧が到来するときに一致して採集されることから、海外からの飛来については結論できないまでも、この時期には飛行のためのエネルギー源をほとんど消費し尽くすような遠方から移動してくる個体が多くなるといえそうである (佐賀大農)。

III 移動個体の内分泌制御

移動する昆虫は、移動後一定の期間を経過してから生殖を開始することから、生殖休眠と同等の内分泌状況にあるものと考えられてきた。例えば、秋に羽化するオオカバマダラでは翌春になって卵巣が発達するが、移動前の個体に幼若ホルモン (JH) を投与すると卵黄形成が開始される (PAN et al., 1971)。ナガカメムシの一種 *Oncopeltus fasciatus* では、JH の分泌器官であるアラタ体を摘出すると、飛行能力は大幅に低下するが、JH を投与すると回復する。継続飛行のできる個体では JH titer は低いながらも一定のレベル以上に保たれている。越冬した個体では JH titer が上昇し、卵巣の発達が促進され繁殖する。すなわち、低 JH が移動に、高 JH が



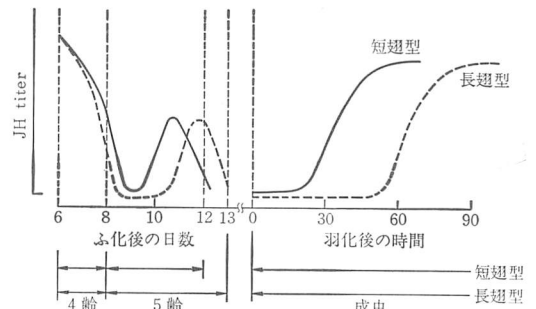
第3図 集団条件下で飼育したトビイロウンカにおける成虫翅型へのJHA(メソプレレン)の影響 (IWANAGA and Tojo, 1986)

0.1 μ lのアセトンに溶かした10pgのメソプレレンを、横軸に示したステージの各幼虫に局所施用した。対照虫にはアセトンのみを処理。ふ化後4日, 2齢末期; 6日, 4齢初期; 9日, 5齢初期に該当。

定着・生殖に適した個体を誘起すると推察されている (RANKIN et al., 1978)。

翅型に多型のある昆虫では、無翅よりも有翅型が、短翅よりも長翅型が移動性を示すとみなされ、移動性よりも、翅型に注目した内分泌制御が検討されてきた。例えば、アブラムシの幼虫を有翅型成虫が生じるような条件下で飼育した場合、*Aphis fabae* では1齢期に (HARDIE, 1981), ソラマメヒゲナガアブラムシでは3齢期に (LEES, 1980), JHを投与したとき無翅型の比率が上昇することから、有翅型になるものではそうした齢期にアラタ体のJH分泌能が低下するものと推察された。両種のアブラムシとも、その他の齢期にJHを投与したときには異なった効果が発現する。

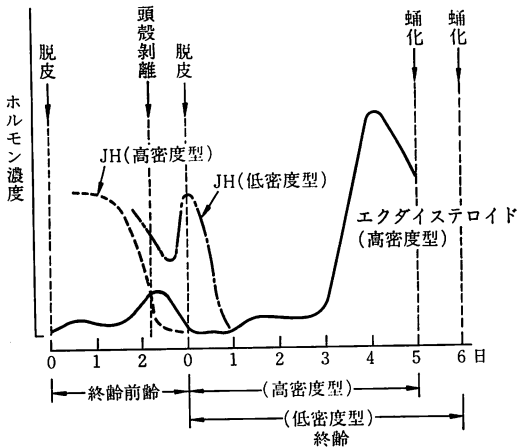
トビイロウンカでは、2~4齢期に密度に対する感受期があるが、4齢期中に密度低下が生じると、5齢期(終齢期)になってから低下した場合に比べて短翅型成虫の比率が大きく上昇する。第3図に示すように、高密度条件下で飼育した幼虫に4齢期にJHを塗布すると、この期に密度を低下させた場合と同様に、短翅型の比率が著しく上昇するが、その他の齢期に投与しても短翅型の比率は低いままである。長翅型では、短翅型よりも卵巣発育が約1日遅れて開始されるが、5齢中期、あるいは羽化36~48時間後にJHを塗布すると、卵巣発育は短翅型と同じ時期に開始されるようになる。第4図は、これらの結果から推察したJH titerの変化を示したものである。すなわち、4齢期にも密度が高く保たれる



第4図 JH投与実験の結果から推定した、トビイロウンカ長翅型(----)及び短翅型(—)におけるJH titerの変動様相 (IWANAGA and Tojo, 1986より改変)

と、4齢期中にアラタ体のJH分泌能が低下し、翅原基の分化が長翅型へと決定される。5齢期、さらには成虫期のJH分泌の開始が遅れる結果、卵巣発育が遅延する。一方、4齢期中に密度が低下すると、アラタ体の分泌能は高く保たれ短翅型への決定がなされ、5齢中期さらには成虫期での早期のJH titerの上昇が卵巣発育を促進すると推察した (IWANAGA and Tojo, 1986)。

バッタ類では、高密度で生じた群生相の成虫が移動性を示すことが知られ、その黒い体色は終齢初期のアラタ体のJH分泌能の低下によって誘起されることや、孤独相のに比べて相対翅長が長いことには他の内分泌系も関与していることが示されてきた (NIJHOUT et al., 1982)。相変異性を示す鱗翅目昆虫では、幼虫時の密度が成虫ばかりではなく、特に終齢幼虫の形質にも影響を与えることが知られてきた (巖, 1967)。ここでは、ハスモンヨトウの場合について記述したい。この虫は終齢前の二つの齢期に密度感受期がある。餌不足によって齢数が増えるが、脱皮したときの頭幅が1.65 mmを超えると、その齢は終齢前齢と決定づけられ、相特異的な内分泌状況が進行する (MORITA and Tojo, 1985)。第5図は、諸実験結果から推察したJH titerの変化を示したものである。高密度型では、終齢への脱皮の頭殻剝離前にJH titerが閾値以下に低下し、メラニン化ホルモン(アワヨトウではMRCHと名づけられた)が食道下神経節から分泌され、終齢幼虫の表皮は黒化する。一方、低密度型では、頭殻剝離時の高いJH titerによりメラニン形成は押さえられ、終齢幼虫の皮膚はオモクロムによる黄褐色になる。終齢になって1日前後にアラタ体のJH分泌が停止するため、高密度型に比べて終齢期特有の生理現象の開始が遅れ、終齢期間が延長し大型の蛹になる (森田・藤條, 1985; Tojo et al., 1985a, b)。両

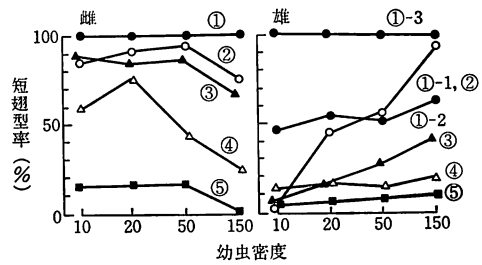


第5図 高密度型及び低密度型のハスモンヨトウにおけるホルモン titer の変動 (森田・藤條, 1984; Tojo et al., 1985 a, b)

エクダステロイドはラジオイムノアッセイにより測定した。終齢期における低密度型でのエクダステロイドの上昇は、高密度型のに比べて1日遅れる。JH titer は諸実験結果から推察したもの。

型間で終齢期間中の JH titer の変動様相が異なることが、バイオアッセイによってすでに示されていた (YAGI and KURAMUCHI, 1976)。さらに、機器分析の結果から、高密度型では頭殻剥離時前後に JH titer が 1/20 に低下することからも、第5図の推定が裏づけられた (佐賀大農・農環研生理活性研)。アワヨトウでは、MRCH がメラニン化とオモクロム形成を誘起するが、アラタ体の関与は否定されていた (OGURA, 1975)。最近になって、JH による淡色効果があることが示され (農工大農)、ハスモンヨトウと同様な機構によって体色が制御されているものと推察される。さらに、アワヨトウでは MRCH が cAMP を介してメラニン化を誘起することを示唆する結果が得られている (MATSUMOTO et al., 1979; 農工大農)。また、この虫では、羽化後の給餌によって卵巣発育が影響され、直接的には JH が卵巣発育を促進する (農工大農)。

ある发育ステージに多型の見られる現象では、特定の感受期の JH titer の高低がいずれかの発現を決定することが多くの研究で明らかにされてきており (NIJHOUT et al., 1982)、移動性昆虫においても以上述べてきたように同様なことが指摘できる。移動性という行動についても内分泌系の関与が考えられるが、その面での研究はほとんど行われていない。



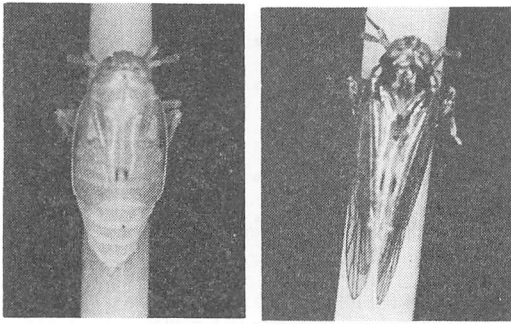
第6図 日本国内外で採集されたトビイロウンカ個体群の幼虫生育密度に対する翅型から見た反応性の変異 (IWANAGA et al., 1985, 1987; 諸岡ら, 1987 の結果から作図)

内径 6 cm, 高さ 20 cm の円筒容器内のイネ芽出し苗上で、横軸に示した数のふ化幼虫を飼育し、得られた成虫の翅型を比較した。①型の群の雄は、①-1, ①-2 あるいは①-3 のような反応を示した。

IV 移動性の変異

高密度が移動を誘起することには疑問が出されている。アワヨトウでは、幼虫時に高密度よりも低密度で生育した大型の成虫のほうが飛行能力は高く、この虫の移動性は密度要因によるものではなく、種の特性和もいべきことが指摘された (HILL and HIRAI, 1986; 東北農試虫害1研)。一方、アフリカヨトウでは、低密度型よりも高密度型のほうが長時間飛行する傾向が認められるが、密度依存性の飛行性は遺伝的なもので、密度による飛行能の相違を示さない群も存在することが示された (WOODROW et al., 1987)。Oncopeltus fasciatus では、緯度の高い地域や食草地から遠く離れた場所に生息するものは飛行能が高く、また、休眠性を示すが、食草が一年中保障されているところや、陸地から遠く離れた島に住むものでは飛行能が低く、休眠性がないこと、すなわち、移動性と休眠性に地理的変異があることが明らかにされている (DINGLE, 1982)。

トビイロウンカは、密度依存的に翅型を変換させるものとされてきたが、日本国内外で採集された群の密度反応性にきわめて大きな変異があることが明らかにされた (IWANAGA et al., 1985, 1987; 諸岡ら, 1987; 佐賀大学農)。第6図に示すように、雌では広範囲の幼虫密度で短翅型を高率に発現させる短翅型発現群 (①, ②, ③)、密度が高くなるにつれて短翅型の比率を減少させていく密度依存型群 (④)、さらには低密度でも長翅型を高率に発現させる長翅型発現群 (⑤) に大きく分けられた。④及び⑤型の雄は長翅型を高率で発現させたが、①型の雄には密度が高くなるにつれて短翅型の比率を上



第7図 トビイロウンカの短翅型発現性の強い群は黄褐色だが(左), 長翅型発現性が強くなるにつれて黒色になる(右)(諸岡 直撮影(佐賀大農))

昇させるものから(①-1), 短翅型のみを発現させるものまで(①-3)大きな変異が認められた。この虫では密度が高くなるにつれて成虫の体色が黒くなるとされてきたが, 体色の密度依存性は小さく, 長翅型発現性が強まるにつれて体色は黄褐色から黒色になる傾向が認められた(諸岡ら, 1987; 佐賀大農, 第7図参照)。短翅型の雌のみを発現させた①型も, 黄熟期近くのイネ上では一部長翅型を発現させた。①型は定着に, ⑤型は移動生活に適応したもので, 日本で発見されるこうした変異は飛来元の相違を反映しているものと推察した。ハスモンヨトウでも, 密度が高くなるにつれて体色が黄褐色から黒色になり生育期間が短縮するもののほかに, 密度の高低にかかわらず体色が黒く生育期間が短いもの, あるいは体色が黄褐色で生育期間が長いもの, さらには行動が敏しょうなものなど, きわめて変異に富んだ個体群が野外から採集された(藤條・森田, 1984, 佐賀大農)。

以上見てきたように, 移動性個体の諸形質発現に内分泌系が関与していることを支持する結果が得られているが, 移動するといわれている昆虫でも環境要因に対する反応は一様ではなく, 様々な程度に環境変化に反応す

る個体群を発達させており, したがって移動性に関与する内分泌系の解発も遺伝的な制御下にあることを指摘して, 拙稿を閉じたい。

引用文献

- 1) BROWN, J. J. et al. (1974) : J. Insect Physiol. 20 : 1117~1130.
- 2) 茅野春雄 (1980) : 昆虫の生化学, 東大出版会, 東京, 146 pp.
- 3) CHINO, H. et al. (1986) : J. Lipid Res. 27 : 21~29.
- 4) DINGLE, H. (1982) : Ent. Exp. Appl. 31 : 36~48.
- 5) HARDIE, J. (1981) : J. Insect Physiol. 27 : 347~355.
- 6) HILL, M. G. and K. HIRAI (1986) : Appl. Ent. Zool. 21 : 191~202.
- 7) IWANAGA, K. and S. TOJO (1986) : J. Insect Physiol. 32 : 585~590.
- 8) ——— et al. (1985) : Ent. Exp. Appl. 38 : 101~108.
- 9) ——— et al. (1987) : ibid. 43 : 3~10.
- 10) 井上洋一ら (1986) : 第30回応動昆虫大会講要 E30.
- 11) 巖 俊一 (1967) : 植物防疫 21 : 228~237.
- 12) KIM, M. et al. (1973) : Appl. Ent. Zool. 8 : 36~43.
- 13) LEES, A. D. (1980) : J. Insect Physiol. 26 : 143~151.
- 14) MATSUMOTO, S. et al. (1979) : Appl. Ent. Zool. 14 : 159~163.
- 15) 森田雅之・藤條純夫 (1985) : 九病虫研報 31 : 138~142.
- 16) MORITA, M. and S. TOJO (1985) : J. Insect Physiol. 31 : 307~313.
- 17) 諸岡 直ら (1987) : 第31回応動昆虫大会講要 D55.
- 18) NIJHOUT, H. F. et al. (1982) : Q. Rev. Biol. 57 : 109~133.
- 19) OGURA, N. (1975) : J. Insect Physiol. 21 : 559~576.
- 20) ORCHARD, I. (1987) : ibid. 33 : 451~463.
- 21) PADGHAM, D. E. (1983) : ibid. 29 : 95~99.
- 22) PAN, M. L. et al. (1971) : Science 174 : 503~505.
- 23) RANKIN, M. A. et al. (1978) : J. Insect Physiol. 24 : 31~38.
- 24) 藤條純夫・森田雅之 (1984) : 九病虫研報 30 : 99~101.
- 25) TOJO, S. et al. (1985a) : J. Insect Physiol. 31 : 243~249.
- 26) ——— et al. (1985b) : ibid. 31 : 283~293.
- 27) VAN DER HORST, D. J. et al. (1978a) : Insect Biochem. 8 : 369~373.
- 28) ——— et al. (1978b) : ibid. 8 : 413~416.
- 29) ——— et al. (1980) : J. Insect Physiol. 26 : 441~448.
- 30) YAGI, S. and K. KURAMOCHI (1976) : Appl. Ent. Zool. 11 : 133~138.
- 31) WOODROW, K. P. et al. (1987) : Bull. Ent. Res. 77 : 113~122.

新刊 !!

本会発行図書

昭和62年度“主要病害虫に適用のある登録農薬一覧表”(除草剤は主要作物)

農林水産省農薬検査所 監修

2,200円 送料300円

B5判 353ページ

昭和62年9月30日現在, 当該病害虫(除草剤は主要作物)に適用のある登録農薬をすべて網羅した一覧表で殺菌剤, 殺虫剤, 除草剤, 植物成長調整剤に分け, 各作物ごとに適用のある農薬名とその使用時期, 使用回数を分かりやすく一覧表としてまとめ, また今年度版より毒性及び魚毒性一覧表も付した。農薬取扱業者の方はもちろんのこと病害虫防除の必携書として好評です。

害虫の移動予知システムモデル

農林水産省農業環境技術研究所 ほう きょう のぶ ひこ
法 橋 信 彦

1

農林水産省のプロジェクト研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発（1983～87年）」において、最後の2年間に実施される研究課題の一つに「移動予知システムモデルの開発」がある。この研究課題の対象には同翅目昆虫のトビイロウンカとセジロウンカ、鱗翅目昆虫のコブノメイガ、コナガ、アワヨトウとハスモンヨトウの計6種が選ばれている。ここでは、具体的な問題からひとまず離れて、「移動」と「移動の予知（予測）」という問題について少し考えてみたい。

移動を、広義に運動と解釈すると、「移動」と「移動の予知」の問題は生物の世界だけに限らない。地球や地球から遠く離れた天体（惑星）の運動は、静的なニュートン力学の法則（質点系の力学モデル）によって非常によく近似されるので、決定論的な予測が可能である。しかし、地球を取り巻く大気（気候）の運動もなると、地上（海上）には、絶えずじょう乱（高気圧や低気圧）が発生することによって静的な定常性が保たれることはない。このような大気の運動を解析し、じょう乱の発生を予測するには、流体力学や熱力学のモデルが有効性を発揮する。しかし、このことが今日の数値予報として結実するには高層大気の観測網の充実とコンピュータの発達が必要であった。

高層大気の観測網の整備充実によって、大気の立体構造が直接知られるようになった。このことがロスビーによる長波の発見につながった。すなわち、大気の上層には西から東に進む数1,000 kmの大気の波形パターンが卓越しており、この波の移動が流体力学の法則で定性的に説明されることがわかった。しかも、地上の高・低気圧の位置と移動の方向はこの長波の運動によって支配されていることが明らかになった。このことによって、天気図を眺めて物を考えること—これを総観という—に科学的な客観性が与えられ、総観気象学の力学的発展が促された。この結果、長波の予測だけでなく、中規模スケールのじょう乱（波長数100 km、梅雨前線を伴う低気圧など）の予測にも使える数理モデルが次々と開発され

ていった。地衡風モデル、準地衡風モデル、非地衡風バランスモデル、プリミティブ方程式モデルなどと呼ばれるものがそれである。これらの数理モデルによる気象予報（数値予報）の期間は、96時間（4日間）以上にも拡大されるようになってきている。

生物の世界における移動は、生理学、行動学、生態学、集団遺伝学などの立場からさまざまに問題とされてきた。また、近年では気流に乗って長距離移動する生物の移動システムを生態学的なシステムズアプローチによって総合的に研究しようとする *Aerobiology* という学問分野も現れている。この学問分野の趣旨などは今回のプロジェクト研究の基調に合致する面が多いが、これ以上に特に触れないこととする。そのかわりに、ここでは生態学の一分野である個体群生態学の立場から短いスケッチを試みる。

これまで野外における昆虫個体群の研究は、研究者が適当に選んだ一定面積内の区域に住む昆虫の個体数密度の変動を何世代何年にもわたって根気強く調べるやりかたが普通であった。このような研究の成果として、親子世代間の増殖率の対数を親世代の個体数密度の対数に対してプロットすると、決まって右下りの増殖率曲線が得られる。この増殖率曲線から平衡個体数密度が求められ、曲線の傾きから平衡点近傍における密度調節作用の安定性・不安定性が調べられる。そして、これらの結果が死亡要因の働きとの関連で論じられるという筋書きに従う。しかし、これらの研究では移動（移出）は死亡として他の原因不明の死亡と一緒にされてしまうため、個体数密度の調節に果たす移動の役割は正当に評価されなかった。言い換えれば、これらの研究は暗黙のうちに古典的な個体数密度成長の数理モデル—マルサスの指数的成長モデルに密度効果を組み込んだ連続型または差分型のロジスティックモデル—の前提（=空間的要素は一定）を認めていたといえる。

なぜこのような研究が主流であったかという点、昆虫の個体数を正確に数えるということが大変難しく、労力を要するという点に尽きる。地上や高層大気における気象要素がどこでも同じ方法で自動的に観測されるように、昆虫の個体数を数えることは不可能である。もしも、気象要素の空間分布を示す総観天気図に相当するよ

うな昆虫の個体数密度の空間分布総観図が得られるなら、個体数密度の変動と移動のダイナミクスを結合してモデル化することも可能であろう。

昆虫では普通、移動を行う発育段階は成虫である。しかし、成虫はすべて移動するわけではない。トビロウンカやセジロウンカでは成虫に翅の長い型と短い型がある。このような翅の2型とアブラムシ類の胎生雌に見られる有翅型と無翅型の2型は進化的に共通した基盤を持つと考えられている。長翅型・有翅型は高密度、食草の成熟、短日といった条件下で、短翅型・無翅型は低密度、食草の未成熟、長日といった条件下で発現する。明らかに前者は移住に、後者は定住に適している。また、ヤガ類に属するアヲヨトウやハスモンヨトウには、高密度下で幼虫の体色が黒化し、行動が活発化する。この現象はサバクノワタリバッタなどでよく知られている相変異に一脈通ずるものである。このような翅の2型や相変異形質の密度依存性から類推して、一般に低密度の下では移動衝動の閾値の高い定住型の成虫が、高密度の下では移動衝動の閾値の低い移住型の成虫が出現しやすいと考えてよいだろう。このことは、一つの繁殖場所で低密度から高密度へと個体群が経代的に成長していく場合に普通に見られることである。空席の繁殖場所も含めてさまざまな個体数密度の成長段階を示す繁殖場所の空間分布が総観図として与えられるならば、これらはある地域的なまとまりや傾斜を持つ構造として表れるであろう。これらはあたかも総観天気図において、大気じょう乱(高・低気圧)の場の分布がでたらめでないのと似ているであろう。総観天気図において、ベクトル表示される風の場に相当するのは、繁殖場所間をつなぐ移動個体の流れを示すベクトルであろう。しかし、このベクトルの表示は容易ではない。われわれは移動個体を観測する十分な手段をまだ手にしていないのである。

これまで、総観天気図とのアナロジーを混じえながら、昆虫個体群の密度成長とその調節に関して、時間と空間を貫く移動の重要性を強調してきた。たしかに、個体群生態学における個体数密度の成長とその調節理論は、総観気象学における大気じょう乱の発達とその調節理論と共通する面が多い。しかし、一方は生物としての個体群であり、他方は大気としての流体であって、流体の法則に適応するのは一方的に昆虫の側である。この意味で、昆虫個体群の運動とじょう乱大気の運動との時間的・空間的な重なり合い・かかわり合いをいかにうまくモデル化し、移動の予測に役だてるかが問われていると考えられる。

2

一般に、時間や空間に関してバラツキを持つ事象の予測がどの程度可能かどうかは、過去から現在にかけてその事象についての調査データや経験的な知識がどれだけ豊富に蓄積されているかに依存するところが大きい。この点に関して、トビロウンカやセジロウンカは十分に条件を満たしている。すなわち、これらウンカの長翅型成虫がわが国の水田に侵入してくる時期や侵入量に関する経験的な知識は、全国的な予察灯による誘殺データという形で長期間蓄積されてきた。このデータに基づいて、われわれは同一地域における誘殺時期と誘殺数の年次変動について平均値とバリエーションを計算できる。また同一年次について、異なる地域グループ間における誘殺時期と誘殺数の平均値とバリエーションを求めることができる。前者(時間的分布)と後者(空間的分布)のバラツキのどちらが大きいだろうか。このように時間的分布と空間的分布の両側から事象を眺めることによって、単に経験的な外挿法による事象の予測から一歩進んで、事象の成立機構に基づくより科学的な予測への道がひらかれるだろう。このような観点から、トビロウンカとセジロウンカの移動の問題を取り上げ、移動予測システムモデルの定性的な枠組みに少しばかり迫ってみたい。

トビロウンカやセジロウンカは、日本本土はもちろん、亜熱帯気候のわが国南西諸島においても越冬は不可能とされている。それは温度条件というよりはむしろ、イネだけを食草とする彼らの極端な単食性に根ざしているようである。では彼らの食草であるイネはどのように栽培されているのか。北半球に位置する東南アジアの諸国(フィリピン、マレーシア、ベトナム)、中国と南北朝鮮、それに日本を含めた広がりやを問題の対象としよう。

東南アジアの国々では、温帯の冬から春にかけての期間(1~4月)に雨季作の生育の進んだイネが次々と収穫されている。その一方では乾季作の適地において若いイネが次々と田植えされている。また、温帯の夏から秋にかけての期間(6~9月)は、ちょうど上とは逆で、収穫をまつ乾季作の水田が新しく田植えされる雨季作の水田と混在している。この時間的・空間的混在様式は、変化と異質性に富んだものである。トビロウンカとセジロウンカはこのような熱帯の条件下で、長翅型の成虫が生育の進んだ古いイネの水田から若い生育段階の新しいイネの水田へと移動し、いわば“寄主転換”を行うことによって、生活史を完成させている。この“寄主転換”の時期が上に述べたように乾季(1~4月)と雨季(6~9月)の間に分かれているのであるが、乾季における“寄

主転換”は、移動に要する距離という点から見ただけでも雨季に比べて厳しい条件に置かれていると考えられる。すなわち、乾季作の水田はかんがいの整った地域や乾季であっても比較的天水に恵まれた地域に限られているのに、雨季作の水田はそれらを包み込むような形でより広域的に栽培されている。したがって、乾季の“寄主転換”時には、一つの古い雨季作水田から最近隣の新しい乾季作水田への直線距離の分布における平均値とバリエーションは、これとはちょうど逆の雨季の“寄主転換”時において、一つの古い乾季作の水田から最近隣の新しい雨季作水田への直線距離の分布における平均値とバリエーションに比べてかなり大きくなるに違いない。このような状況は、乾季の“寄主転換”時において長翅型成虫の長距離移動を必然的なものにする一つの外的要因になりうるかもしれない。

熱帯の東南アジアにおいてウンカの長翅型成虫が乾季の“寄主転換”に直面しているちょうどそのころ、中国の南部、台湾、石垣島や沖縄本島などの亜熱帯気候帯にこれらウンカの早い時期の飛来(2~4月)が観測される。そして、ちょうどこの時期にこれらの地域では一期作目の水田に若いイネが育っているのである。「ウンカ海を渡る」の著者岸本良一(1975)は、このような熱帯から亜熱帯への早い時期の移動が、低温・乾燥のシベリア高気圧の衰退に伴う赤道前線(ITCZ)の北上によって支援されるという仮説を控えめな形で提唱している。

赤道前線の北上、これに次ぐ中緯度における南西季節風帯(前線を伴う温帯性低気圧)の発達、中国大陸においてイネの栽培を時期を追って北上させる。北緯20~30°の間にある広東省、福建省、浙江省などの沿海州とそれらの隣接州はイネの二期作地帯であって、2~4月に田植えされる一期作目の水田から、5~7月にかけてウンカの長翅型成虫が発生する。これらの一部は中稲や二期作目の水田に移動して増殖し、8~10月にかけて長翅型のウンカを生み出す。しかし、5~7月の長翅型成虫の一部は季節風に乗ってさらに北上し、主に北緯40°までの水稲単作地帯に侵入して増殖する。そして、毎年梅雨期にわが国に飛来する2種のウンカは、この中国大陸における5~7月の移動個体群の分流であることがほぼ確実視されている。すなわち、すでに岸本によって明らかにされたように、日本本土へのウンカの典型的な大量移動は、中国大陸の北緯25~35°の間に発達した低気圧が日本海に進み、高温・多湿の南南西~南西風(9~10 ms⁻¹)が長時間(19~20時間)連吹している条件下で起こっており、このような気象条件はウンカの一連の飛しょう特性に照らしても、長距離移動を可能にするう

で好都合であると考えられた。

1980年代に入って、イギリスの女性科学者 ROSENBERG と MAGOR (1983) は、表層風(上空10 m)と高層風(上空1,500 m)の流跡線解析が、梅雨期におけるトビイロウンカの長距離移動経路と滞空飛しょう時間を推定シミュレーションするうえで役にたつことを示した。このシミュレーションを行うために、①飛しょう温度閾値(>17°C)、②発生源地における日没時の飛び立ち、③上記2層上の飛行は完全に受動的な風下飛しょうに従う、④飛しょう継続時間の上限値は実験室で得られた24~26時間を参考値とする、などのほぼ妥当と考えられる制約条件を付けた。シミュレーションの方法は、東シナ海定点におけるウンカの採集時刻から風上側へバックトラッキングを行い、妥当と見なされる発生源地に到達するかどうか、また逆に同じ時刻から風下側にフォワードトラッキングを行って、韓国か日本本土(九州)のいずれかに到達するかどうかを見ることによった。シミュレーションとその結果の評価に利用されたデータは、1973年と1981年の梅雨期において東シナ海上定点と本土陸上において並行して行われた移動ウンカの採集調査(6月下旬~7月初め)によって得られたものである。

シミュレーションの結果は、不可避的な誤差を考慮すればほぼ満足すべきものであった。得られた主な結論は、①流跡線のバックトラッキングでは、1.5 km 上空の流線が表層風に比べてより高い確率で中国沿海州(25~29°N)に達する、②表層風が強い場合は表層風に乗って十分長距離移動が可能である。しかし、1.5 km 上空を飛ぶ場合に、より効率的な長距離移動が起こりやすい、③トビイロウンカの滞空飛しょう継続時間の上限は少なくとも30時間まで延長可能である、などである。彼女らの結論の②は、このプロジェクト研究において九州農試の気象研究室・虫害第3研究室から提唱されている低層ジェット気流モデルに関連している。

以上に見てきたように、トビイロウンカやセジロウンカに関しては、彼らの移動システムがかなりの程度明らかになってきた。また、移動と気象の関連を解析するために、地上及び850 mb 面における極東地域の気象要素を解析し、流跡線とともに温度、比湿、鉛直方向の風の収斂及び発散(オメガ成分)の分布を図示するパソコン用プログラムも試作された。この気象解析用プログラムは、コブノメイガ、コナガ、アワヨトウの移動解析にも役だつと考えられる。しかし、2種ウンカの移動予知システムモデルの完成にはまだまだ道は遠いであろう。壮大な研究をわい小化させないためにも、2種ウンカの

移動予知システムモデルの究極目標を、2段階移動仮説の検証に向けてはいかかなものであろうか。

3

前章では、2種のウンカに限って移動予知システムモデルの定性的な枠組みについて若干の考察を行った。程度の違いはあっても、コブノメイガ、アヲヨトウ、コナガの移動システムは中規模じょう乱の風のシステムと関係している面が多いと考えられる。したがって、ここではこのような風のシステムとはあまり深い関係がなさそうなハスモンヨトウの移動予知システムモデルの定性的な枠組みについて簡単に触れ、本稿のむすびとしたい。

ハスモンヨトウは、いろいろな点で2種のウンカとは対照的な害虫である。すなわち、ウンカに比べて極端な多食性の持ち主であり、亜熱帯気候のわが国南西諸島では自然条件下で周年繁殖できる。また、内藤(1987, 本特集号)に詳しく述べられているように、九州・四国を含むわが国の西南暖地や太平洋沿岸の暖地においては、ハウス栽培温室内での越冬が可能であり、ハウスは春先における自然繁殖個体群への橋渡しの役割をしている。このような人工的環境も含めて、わが国におけるハスモ

ンヨトウの越冬地・非越冬地の線引きがかなり明確になり、また越冬可能ステージについての知見もかなり進んできた。このような研究成果に基づいて、ハスモンヨトウの全国的フェロモントラップデータを分析し、非越冬地への移動個体の侵入状況を把握することが可能になってきた。このような移動侵入状況の時空間的なパターンが、越冬常発地の個体群や気象要因とどのような関係があるのか、パターンそのものに一定の傾向があるのかなどがまず検討されねばならないだろう。ウンカのように海外からの長距離移動を第一義的なものとして考える必要性はハスモンヨトウの場合にはないといえる。

参 考 文 献

- 1) 岸保勤三郎 (1981) : 数値予報新講 (第7版), 地人書館, 180 pp.
- 2) 巖 俊一 (1967) : 植物防疫 21 (6) : 1~3.
- 3) 岸本良一 (1975) : ウンカ海を渡る, 中央公論社, 233pp.
- 4) 股野宏志 (1977) : 自然誌本「気象」(河出書房新社(1983)より) : 118~131.
- 5) 農林省熱帯農業センター・国際協力事業団 (共編) : 熱帯アジアの稲作, 農林統計協会 (東京), 446 pp.
- 6) ROSENBERG, L. J. and J. I. MAGOR (1983) : Ecol. Ent. 8 : 341~350.
- 7) 中国科学院・動物研究所主編 (1979) : 中国主要害虫総合防治, 科学出版社 (北京)

協 会 だ よ り

○第 43 回編集委員会を開催す

10月7日午前10時30分より本会3階会議室において編集委員4名、常任委員9名、計13名参集のもとに第43回編集委員会を開催した。遠藤常務理事の挨拶ののち、梅谷委員長の挨拶があり、委員長の司会で議事を進行。まず委員の異動・交替について、下村徹氏、玉木佳男氏、能勢和夫氏の3氏が辞任され、新たに日高輝展氏(農林水産省農業環境技術研究所昆虫管理科昆虫行動研究室長)、行本峰子氏(農林水産省農業環境技術研究所農薬動態科殺菌剤動態研究室長)の2氏が就任された。次に事務局より「植物防疫」の第41巻(昭和62年)について、普通号、特集号の内容及び印刷・配付・残部数について報告し、承認を得た。第42巻(昭和63年)については、編集方針、特集号の月と題名、植物防疫基礎講座の常任委員会案について細部にわたって討議が行われ、ほぼ従前どおり継続することを決めた。

なお、本誌編集委員は下記の方々です。(五十音順)

委員長	梅谷 献二	農林水産省農業研究センター
委員	岩本 毅	同上 農蚕園芸局植物防疫課
	遠藤 武雄	社団法人日本植物防疫協会
	大竹 昭郎	農林水産省果樹試験場
	小畑 琢志	同上 横浜植物防疫所
	後藤 真康	財団法人残留農薬研究所
	松本 安生	農林水産省農薬検査所
常任委員	大久保邦彦	農林水産省横浜植物防疫所
	小林 宏中	神奈川県農政部農業技術課
	佐藤 善司	農林水産省農業環境技術研究所
	中村 和雄	同上 農業研究センター
	日高 輝展	同上 農業環境技術研究所
	古橋 嘉一	静岡県柑橘試験場
	村田 明夫	千葉県農業試験場
	森田 利夫	農林水産省農蚕園芸局植物防疫課
	森田 征士	同上 農薬検査所
	柳瀬 春夫	同上 果樹試験場
	行本 峰子	同上 農業環境技術研究所

セジロウンカの長距離移動に関する日中共同研究

農林水産省農業環境技術研究所 ^{きり}桐 ^{たに}谷 ^{けい}圭 ^し治
 農林水産省九州農業試験場 ^{ひら}平 ^い井 ^{よし}剛 ^お夫

はじめに

突発的に大発生をし、農作物に甚大な被害をもたらす移動性の害虫の研究が、追跡機器や技術の発達により世界的に急速な発展をしている。中国はこれまでも数千万頭の標識虫の放飼と遠距離での再回収など、この方面では世界をリードする研究成果をあげている。その概要についてはここでは触れないが、本年2月に農環研昆虫管理科において「長距離移動性害虫に関する中国文献抄録」を出版した。これには、トビイロウンカ、セジロウンカ、コブノメイガ、アワヨトウの移動に関する重要な中国の報告9篇を翻訳して収めた。詳細についてはこの冊子にゆだねたい。

わが国の重要害虫のうち、中国が飛来源と思われる種類は少なくない。なかでもイネを加害するウンカ類、コブノメイガ、また、一部のアワヨトウも中国からの飛来が確実視されている。これを実証するため、セジロウンカの大量標識を中国側の協力を得て実施し、これを日本側で回収するという日中共同実験が、1985、1986年の2年間行われた。その概要を紹介することにする。なお、第1部「中国における標識放逐」は桐谷が、第2部「日本における標識ウンカの捕獲及び鑑定」は平井が主として分担執筆した。

I 中国における標識放逐

1983年6月21日、鹿児島県農業試験場の予察灯に誘殺されたセジロウンカに紅色をした個体が5頭(雌)混じっていた。さらに7月14日にも1頭の雌が、同15日には東シナ海定点(N31°, E126°)でも1頭の赤い雄が大矢慎吾氏(当時、九州農試)によって採集された。中国では過去にウンカの標識放逐実験を行っていることを知っていた日本側では、ただちに外交ルートを通じて中国に標識事実があるかどうかを問い合わせた。同時に、病害虫の発生予察に関する日中技術交流の中国側窓口である農牧漁業部全国植物保護総局の東炎南氏にも日

本側窓口の桐谷が直接問い合わせをした。中国側からは1983年度にはウンカの標識放逐は実施していないこと、中国における移動性害虫の一連の標識実験は終了し再開の計画はないが、日本側が希望するなら再度実施してもよいという好意的な返事をもらった。中国以外での標識実験の情報もないことから、この紅色のセジロウンカは霊菌(カビの一種)によるものだろうということになった。

1984年10月には、日本側の共同研究提案に基づき中国側で標識作業実施のための予算化を決定した旨回答があった。そこで実施の日時、場所などについて日本の希望を伝えるとともに検討を依頼した。さらに実施計画の詳細をつめるため、桐谷が3月下旬に中国を訪問した。

1 1985年度の標識放逐作業

標識放逐はセジロウンカを対象に3月に行った筆者との打ち合わせに基づき福建省泉州市(東経118°35′, 北緯25°50′, 海拔23m, 海岸より5km)と浙江省黄岩県(東経121°35′, 北緯28°50′, 海岸沿い)の水田で中国側によって実施された。標識は蛍光色素とフクシンの二重標識法によった。稲株上のウンカに標識液を直接噴霧する方法で、毎夕泉州では7月1~9日のあいだ、総数630万頭を延べ面積9.2haの水田で、黄岩では7月7~9日に、1,020万頭を1.3haの水田で標識した。標識虫数は、(株当たり長翅虫数×標識率×標識田内の全株数)を日ごとに累計して推定した。

2 1986年度の標識放逐作業

1986年度についても、前年度の経験を生かして再度実施する方向で日中間の折衝が行われ、迂余曲折はあったものの関係者の努力が実って実施の合意をみた。

標識地点は昨年までは2か所とも外国人の立ち入り制限地域であった。1986年からは泉州市が解放されるようになり、日本人研究者の現地参加も認められた。また本研究の成果は日本側が主たる受益者となるため、実施費用の一部負担行為を行うことになった。研究者の訪中に際し、NHK取材班の同行取材も許可された。実験参加のため桐谷が再び6月20日より7月7日の期間訪中した。なお、NHKによる中国現地取材ならびに平行して行われた日本国内における陸海空における再捕作業の

詳細は、録画編集ののち 1986 年 11 月 14 日、NHK 特集「ウンカ大飛来の謎」として放映された。

(1) 福建省泉州での標識作業

1) ウンカの発生状況

標識放逐作業は 1985 年度と同じく福建省泉州市と浙江省黄岩県で行われた。桐谷は 1986 年 6 月 25 日より 7 月 1 日まで現地に滞在し、泉州市での標識作業に参加した。泉州市における一期作(インディカ)はすでに乳熟期にあり、セジロウンカの発生も前年より多かった。標識前の調査では株当たり

長翅成虫数は約 5 頭で、亩(1 亩は 1/15 ha) 当たり約 100 万頭の成虫が息すると推定された。なお成虫率は約 10% であり、全成幼虫数は 1,000 万/亩と推定され、標識には好条件であった。中国側は福州市農業科学所、福建省農業庁植物保護所、泉州市植物保護所、同市鯉城区農業局病虫測報所の 4 機関の関係者が協力して実施にあたった。

2) 標識開始日の決定

30 亩の実験ほ場を 8 ブロックに分け 5 日間隔で、ブロック当たり 10 か所から計 20~25 株を選び、粘着剤(ヒマン油+松脂)を塗布したバット(35×25 cm)に株上の虫をたたき落とし、種類、発育ステージ、性別、翅型と個体数を約 1 か月間にわたって調べ、標識開始日を決める。

3) 標識用染料の配合と標識虫数

標識用染料の配合は、泉州と黄岩では少し違うが、以下のとおりである。なおカッコ内は黄岩県の数値である。

アルコール：蛍光色素：フクシン：シェラック=98.95(98.45)：0.3(0.25)：0.5(0.5)：0.25(0.8)。散布は東方紅動力噴霧器 4 台で夏時間(日本と時差なし)で 7

第 1 表 泉州における標識セジロウンカの頭数 (1986年)

標識日	平均株当たり虫数(頭)	処理面積(ha)	総標識虫数(頭)	着色率(%)	転倒率(%)	天気概況
6月28日	2	2 ^{a)}	701,000 ^{b)}	62	5.80	晴
29日	3.5	2	1,666,130	82	1.43	晴
30日	6.6	2	3,361,460	86	0.47	晴
7月1日	3.7	2	1,941,631	88	1.50	午後雨のち曇り
3日	2.5	2	1,268,093	85	1.48	晴
4日	3.1	2	1,593,927	87	1.50	晴
5日	3.4	2	1,767,744	88	2.80	晴
計			12,299,985			

a) 2ha=30 亩

b) 2 (頭/株) × 2 万 (株/亩) × 30 亩 × (1-0.058) × 0.26 = 701,000 頭

時 15 分~8 時 15 分に行う。

標識虫数は、毎日標識前には場内の 5 地点で各地点 18 株のイネを選び、成虫の上昇最盛期に 5 分間ごとに稲株を上昇してくる長翅型セジロウンカ成虫数を数えた。染色液の散布後、株元に落下転倒したセジロウンカ長翅型成虫のうち、2 分間以内に蘇生しなかった虫数から転倒落率を計算した。染色液の噴霧 10 分後にイネの上部の長翅型セジロウンカを捕虫網で採集し、室内に持ち込んで双眼顕微鏡で成虫 100 頭中の染色虫数を調べて着色率とした。

散布前に調べた株当たり平均長翅成虫数から、全ほ場における総虫数を 2 万株/亩として算出し、これから転倒虫と未着色虫を除くと総標識虫数が得られる。6 月 28 日から染色液の噴霧を開始し、7 月 5 日に終了した。そのうち 7 月 2 日は降雨のため標識は行わなかった。標識総数は 7 日間で、3,318 万頭を対象に 1,223 万頭が標識されたと推定された(第 1 表)。

4) 標識放飼時の雌の卵巣発育

毎日、標識前に、標識田のほ場から長翅型雌を採集して卵巣の発育状況を調査した。70% 以上の個体の卵巣は未成熟の状態、大多数の標識虫は長距離飛行可能な状態であったことがわかる(第 2 表)。

第 2 表 泉州におけるセジロウンカの卵巣発育調査 (1986年)

調査日	解剖数(頭)	1 級		2 級		3 級		4 級	
		頭数	%	頭数	%	頭数	%	頭数	%
6月28日	28	22	78.57	3	10.71	2	7.14	1	3.57
29日	30	29	96.67	0	0	0	0	1	3.33
30日	35	31	88.57	2	5.71	1	2.86	1	2.86
7月1日	30	26	86.67	3	10.00	1	3.33	0	0
3日	30	27	90.00	3	10.00	0	0	0	0
4日	30	25	83.33	1	3.33	2	6.67	2	6.67
5日	30	24	80.00	0	0	0	0	6	20.00

1 級は未成熟、4 級は成熟

第3表 セジロウンカの標識虫の着色程度による類別基準^{a)}

着色程度	着色の特徴
0	何も着色されていない。
1	翅あるいは脚などにごくわずか点状に着色されているが肉眼ではほとんど見分けられない。
2	翅、脚あるいは背部など部分的に着色されている箇所があるが肉眼での識別は難しい。
3	翅、腹部、背部のいずれかの部分の多くあるいは体全体が着色されている。肉眼で識別可能である。

a) 着色程度 0~2 は、双眼実体顕微鏡 8~10 倍によって識別した

(2) 浙江省黄岩県での標識作業

黄岩では7月2日から15日まで、3日と5日を除く12日間、2.27 ha のほ場で、2,089.3万頭を対象に総計1,038万2,500頭が標識された。卵巣成熟度も70%以上が未成熟であった。こうして1986年度は、2か所で総計約2,261万頭が6月28日から7月15日の間に標識放逐された。

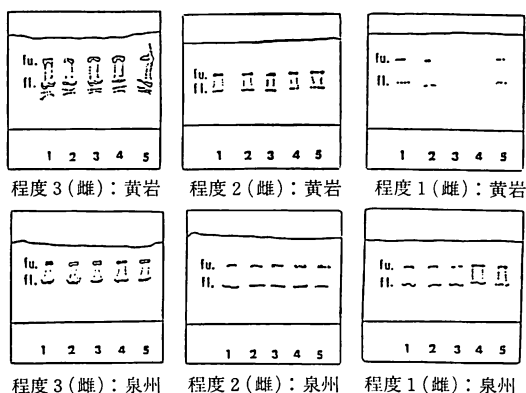
II 日本における標識ウンカの捕獲及び鑑定

1 中国より送付された標識虫による鑑定方法の検討

中国のセジロウンカ標識虫の標本は、1985年8月、中華人民共和国農牧漁業部農作物病虫測報総所より筆者の一人である桐谷に送付され、さらに薄層クロマトグラフィーによる鑑定を担当することとなった九州農業試験場の平井まで届けられた。この標識虫は、日本側で得られた捕獲虫の鑑定における基準として使用しようとしたが、着色の程度にかなりの個体差があることがわかった。そこでこれらの標識虫を外観から見た着色の程度によって第3表のような四つの段階に類別した。類別の結果、標識虫の標識虫率は泉州では42.9%、黄岩では64.5%であったが、両地点とも採集した日によって標識虫率は大きく変動した。また体全体が赤色に着色されている標識虫の虫体に紫外線を照射しても、虫体からの蛍光発色は認められなかった。

次に、日本において捕獲された標本が標識虫であるかどうかを鑑定するための予備試験として、中国の標識虫を用いて薄層クロマトグラフィー分析を行った。分析方法は1985年4月23日の日中共同研究の打ち合わせ会議で示された資料に基づき、中国ですでに開発された鑑別方法(南京農学院植保系ほか、1981(生態学報1:49~53))に従って四つの段階に区別した中国の標識虫を、以下の手順によって分析を行った。

(操作手順)



第1図 着色程度別にした中国(黄岩と泉州)の標識セジロウンカ5個体の薄層クロマトグラム

fu.: フクシン, fl.: 蛍光色素

- ① 試験管(10 mm 径×100 mm 高)に標識虫1頭を入れる。
- ② 99.5% エチルアルコールを 50 μ l 入れる。
- ③ 数十秒間よく振り、体表をよく洗う。
- ④ 5 μ l のマイクロピペットで洗液を取り出す。
- ⑤ 濃縮ゾーン付き薄層クロマト板上に滴下する。
- ⑥ 洗液の全量をスポットするまで滴下を繰り返す。
- ⑦ 展開液(n-ブタノール:エチルアルコール:ピリジン:アンモニア水:水=8:3:4:4:3)を入れた展開槽(11.5×24.5×24.5 cm)で、一次展開する。
- ⑧ 風乾による展開液除去後自然光下で色素の有無、及び紫外線(波長 253.7 nm と 365.0 nm)照射下で蛍光バンドの有無を調べる。

この結果、第1図に示すように着色程度の3及び2の標識虫を用いた場合、フクシンと蛍光色素のいずれのスポットも明確に検出することがわかった。特に黄岩産の着色程度3では、蛍光色素のバンドが三つ認められた。しかし、着色程度1の個体を用いた場合には、フクシンと蛍光色素の両バンドが検出できる個体が供試20個体中18個体あったが、両バンドとも検出できない個体が2個体あった。これらのことから、実体顕微鏡下ではじめて着色個体と判明するよう着色程度のものの鑑定は困難であるかもしれないが、肉眼で注意深く観察して着色虫と判別可能な着色程度2以上であれば十分にフクシンと蛍光色素が検出できる。以上より、この方法によって、日本で捕獲された着色虫が中国で標識された虫であるかどうかを十分鑑定できることがわかった。

2 日本での着色虫の捕獲ならびに鑑定

中国で標識放飼したセジロウンカを捕獲するため、1985, 1986年の2か年にわたり農林水産省農蚕園芸局植

第4表 日本で捕獲された着色虫の採集記録

種名	頭数	採集月日	採集地	採集者
1985年				
セジロウンカ	1♀	7月12日	長崎県諫早市	小川 義雄
セジロウンカ	2♀ 2♂	7月18~19日	東シナ海洋上	藤吉 臨
セジロウンカ	11♀	7月19日	鹿児島県鹿屋市	深町 三朗
セジロウンカ	8♀ 1♂	7月12日	鹿児島県西之表市	永島田義則
トビイロウンカ	1♀			
ツマグロヨコバイ	2♀			
ヨコバイ一種	1♀	8月19日	宮崎県延岡市	長友 敏夫
セジロウンカ	1♀	8月28日	大阪府高槻市	木村 裕
1986年				
セジロウンカ	1♀	7月12日	長崎県佐世保市	久家 順雄
セジロウンカ	2♀	7月13日	長崎県諫早市	小川 義雄
セジロウンカ	1♀	7月12日	長崎県佐世保市	平野 秋吉
セジロウンカ	1♀	7月16日	長崎県佐世保市	野寄原 幸
セジロウンカ	1♀	7月22日	山形県鶴岡市	伊藤政太郎
セジロウンカ	1♀	7月23日	島根県益田市	伊藤 栄
セジロウンカ	1♀	7月17日	佐賀県嬉野市	宮田 辰一
トビイロウンカ	1♀	7月23日	長崎県長崎市	瀬田 崇正
セジロウンカ	2♂	7月24日	長崎県諫早市	小川 義雄
セジロウンカ	1♀	7月25日	長崎県諫早市	小川 義雄
セジロウンカ	1♀	7月22日	長崎県南高来郡	織田 真吾
セジロウンカ	1♀	6月28日	長崎県福江市	平田 憲二
セジロウンカ	8♀	7月20日	宮崎県都城市	寺井 利久隆

物防疫課は、地方農政局を通じ各県の農業試験場及び防除所に協力を要請した。これに基づき、各県の農業試験場及び防除所の担当員による予察灯、すくい取りなどで捕獲が行われ、中国の標識虫と思われる標本が九州農業試験場に送付された。そのうち1985年7月18~19日に東シナ海で得られた個体は、農林水産省農蚕園芸局植物防疫課の発生子察事業の一環として気象庁観測船啓風丸に乗船した福岡県総合農業試験場 藤吉 臨研究員により捕獲されたものである。

鑑定を行った捕獲虫は、第4表に示すとおり1985年では6か所から採集されたセジロウンカ25頭、トビイロウンカ1頭、ツマグロヨコバイ2頭、及びヨコバイ類の一種1頭の計29頭で、採集期間は7月12日から8月28日にわたっている。また、1986年では13か所からのセジロウンカ21頭、トビイロウンカ1頭の計22頭で、採集期間は6月29日から7月25日であった。これら標識虫と思われる着色虫について、薄層クロマトグラフィー分析による鑑定を行った。その操作手順は前述した方法であり、対照として中国から送付された標識虫を用いた。

その結果、日本で得られた総計50頭の着色虫の中には、黄岩及び泉州のサンプルとフクシンならびに蛍光色素のRf値がいずれも一致するクロマトグラムを示すものはないことがわかった。引き続いて、この薄層クロマトグラフィーによる分析データと、分析を行う前に撮影

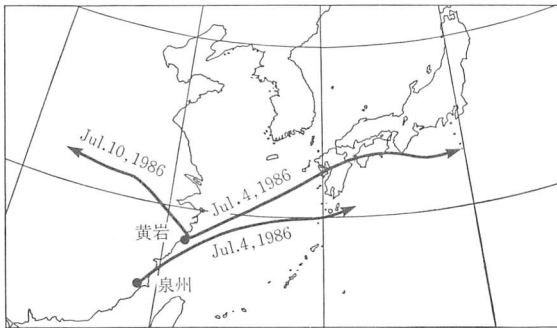
した着色虫の着色状況写真に基づいて、1986年9月17日、当時農業環境技術研究所に滞在中の中国農牧漁業省の馬桂椿氏、日本側からは農業環境技術研究所の桐谷圭治、岸野賢一と鹿児島県農業試験場の矢野慎吾（当時、九州農試）の3氏、計4氏によって日中共同確認が行われ、供検標本中には中国が放飼した標識虫は含まれていないことが明らかとなった。

おわりに

このように、1985、86年の2年にわたって延べ4,000万頭に及ぶ標識虫が中国側から放飼され、東シナ海を渡ったいわゆる「赤いウンカ」が日本側で回収される、ということへの大きな期待がかけられたが、今回の共同研究ではそれが実現されずに終わってしまった。しかし、だからといって中国大陸から日本へのセジロウンカの長距離移動は起こっていないと短絡的に結論づけられるものではないだろう。他方ここに用いた二重標識法が優れた方法であることは、この標識法によって中国大陸内のウンカ類の移動の事実が証明されたことからわかる（南京農学院植保系ほか、1981）。

1986年は中国においても福建、浙江、広東、広西、江西、貴州、湖南などの省でのセジロウンカの大発生が予測され、防除が全国ネットのTVで勧告されていた。

これを反映してと思われるが、わが国でも同年は東北、北海道を除く各地域に近年にないセジロウンカの異



第2図 850mb 面での流跡線から求めた 48 時間の標識ウンカの移動経路の事例

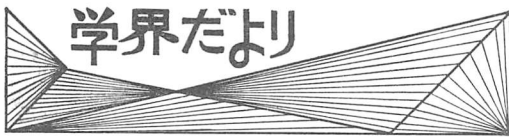
常飛来を見ており、日本への飛来セジロウンカの量は全体で数千億頭と推定される。このうち予察灯などで捕獲される個体は約 10 万頭である。2,000 万頭の標識虫がすべて日本に飛来したと仮定すれば、確率的には数頭が再捕される可能性があった。

850 mb 面での流跡線から、放飼後 48 時間の標識ウンカの移動経路を調べたところ、1986 年度では泉州から

は 8 日のうち 3 日、黄岩では 12 日のうち 4 日は標識虫が日本本土に飛来する可能性があった(第 2 図)。標識作業の確立は流跡線の推移から打率約 30% であった。

この日中共同研究には日本側でも多くの方々の協力をいただいた。1985, 1986 の両年にわたる日中共同研究で、中国側の実行責任者として献身的な協力をしてくださった中国農牧漁業部農作物病虫害測報所副所長の馬桂椿氏に感謝するとともに、多数の日中両国の関係機関ならびに関係者に紙上を借りて御礼申し上げる。特に、標識虫の捕獲作業には農水省農畜園芸局植物防疫課の各位、

各県農試ならびに防除所の担当員の方々に、関係者間の連絡・調整に尽力された湯嶋健氏(当時、九州農試環境第一部長)、宮原義雄氏(当時、九州農試虫害第 3 研究室長)に御礼申し上げたい。さらに着色虫の鑑定、とりわけ分析方法について多大の協力をいただいた北海道農試虫害第 1 研究室長・北村實彬氏(当時、九州農試主任研究官)に御礼申し上げる。



学界だより

○東京農業大学総合研究所研究会農薬部会第 3 回公開セミナー

テーマ「植物保護の今後の考え方」

主催：東京農業大学総合研究所 研究会 農薬部会

協賛：植物化学調節学会，日本応用動物昆虫学会，日本雑草学会，日本植物病理学会，日本農薬学会

日時：昭和 63 年 1 月 12 日(火) 10:30～17:00

場所：東京農業大学 図書館視聴覚ホール

会費：一般 5,000 円(講演要旨代を含む)

部会員 3,000 円(農大総研研究会農薬部会員)

学生 1,000 円(大学院生，研究員を含む)

演題

1) 植物化学調節学会第 1 回日米合同大会(ハワイ)に出席して

10:30～12:00 講師(東大)磯貝 彰氏

座長(農大)大沢貫寿氏

2) 第 11 回国際植物保護会議(マニラ)に出席して
13:00～14:30 講師(名大)西村正陽氏

座長(農大)都丸敬一氏

3) 日米セミナー(京都)“信号物質：昆虫行動における機能と化学”に出席して

14:30～16:00 講師(京大)高橋正三氏

座長(農大)本田 博氏

4) 総合討論

16:00～17:00

司会：(名大)斎藤哲夫氏，(農大)山本 出氏(付記)

- 会費は当日受付にてお支払い下さい。
- 終了後，簡単なパーティー(ミキサー)を行う予定です。パーティーの会費は 1,000 円，会場は図書館第一会議室(1 階)です。
- 詳細のお問い合わせは下記まで

東京農業大学総合研究所研究会農薬部会幹事

Tel. 03-420-2131(内線)659 加藤 茂氏

(内線)410 宮本 徹氏

アワヨトウの移動

農林水産省草地試験場 ^{おお}大 ^{うち}内 ^{よし}義 ^{ひさ}久

アワヨトウ (*Pseudaletia separata* WALKER) は、シベリア東部から中国、朝鮮半島、台湾、インドとオーストラリアに分布する。成虫は体長 18 mm 前後のヤガで、寄主植物の枯葉などの葉縁を巻いて、このなかに 200 個ぐらいの卵を卵塊状に産む。幼虫はいわゆる“armyworm”で、成長すると 45 mm ぐらいにもなる。主としてイネ科の作物及び雑草などを食害する。後述するように、かなり広い面積に突発的に大発生することが多い。

わが国では南西諸島から北海道まで広く発生を見るが、越冬不可能地域での大発生被害は、本種成虫の移動侵入によるものと早くから考えられていた。しかし、組織的な研究はなく、断片的な報告をつないでも想像の域を出なかった。今回のプロジェクト研究によって、多くの研究成果が得られつつあるが、まだ報文として公表されたものは少ない。アワヨトウ移動の研究レビューにこれらの成果を盛り込まなければ、新味を欠く点が多いので、次の記号を付けて未発表成果を引用した。

東北農試 (T)、農研センター (C)、草地試 (S)、中国農試 (Ch)、農環研 (K)、農工大 (N)、京大 (Ky)、秋田農試 (A)、鹿児島 (大隅) 農試 (Ka)。

I 発生実態

1 わが国における発生概況

発生面積、大発生地点などについて過去の記録を整理し、発生実態の特徴を浮き彫りにさせたいいくつかの報告がある。まず、1962年から1982年までのイネにおける地域別発生面積を取りまとめた結果 (K) を見てみよう (第1図)。発生面積の最大と最小の差は実に10倍に及んでおり、いかに発生の年次変動が大きいかわかることができる。発生地域は九州及び中・四国地域が中心をなすが、1972年のように、むしろ、北日本のほうが発生の多い年もある。

大発生の全国的分布 (1960~68年) は小山 (1970) によってまとめられている。①大発生は局地的に起こり、その地点数が多い年には集中する傾向がある。②大発生は同時に広範囲に起こる場合と、限られた地方にだけ起こる年が見られること、

などが指摘されている。別に、北日本各地における 1950~1980年の大発生回数を日本海側と太平洋側に分けて整理すると前者で多く、これは日本海側から侵入した成虫が中央山脈に妨げられて、太平洋側に侵入できなかったことによると考察した報告もある。

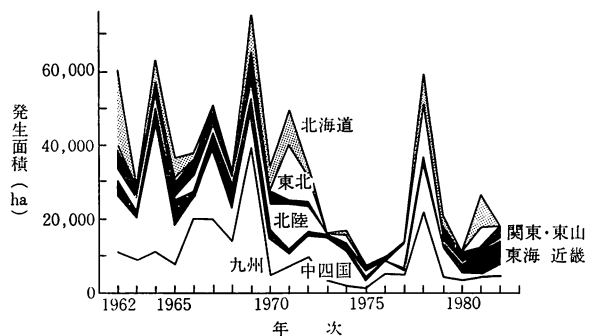
2 大発生の特徴

大発生地での現地調査に基づいて、発生様相の解析を試みたいいくつかの調査報告がある。これらから大発生の特徴を拾うと、①同一地点で続けて2世代にわたって大発生が起こることは少ない、②大発生したほ場での幼虫齢期は比較的良好とそろっており、成虫による集中的な産卵が示唆される、③大発生個体群は小発生個体群に比べて蛹重は軽かったが、次世代成虫の産卵と寿命に差は見られなかった、④大発生地点での寄生性天敵昆虫の活動は弱く、常発地ほどに環境抵抗が大きい、⑤開発次年度の草地で大発生の頻度が高い場合とそうでない場合とある。また、水稻では窒素肥料の効いた葉色の濃いものを選んで多発する傾向もある。

3 越冬

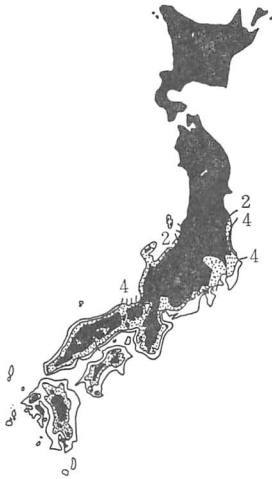
平井 (1983) は、野外調査、耐低温性試験とこれまで報告されている実態調査の結果を基にして、「最寒月 (1月) の平均気温が 2~4°C の地帯は幼虫越冬が可能な越冬分限帯、4°C 以南は幼虫の越冬地帯として推定される」と考察している。したがって、第2図の黒塗りの地帯は越冬不可能地帯で、ここでの発生は移動侵入個体群によることが想定される。

鹿児島での越冬事例は、田中 (1976) によって報告さ



第1図 アワヨトウ発生面積 (イネ)

Migration of the Armyworm, *Pseudaletia separata* WALKER. By Yoshihisa OUCHI



第2図 1月の平均気温 (平井原図)

れているが、その後の調査でも成虫、卵、幼虫の各態で越冬していることが明らかになった (Ka)。福山、筑波でも幼虫越冬の事例がある (Ch, C)。

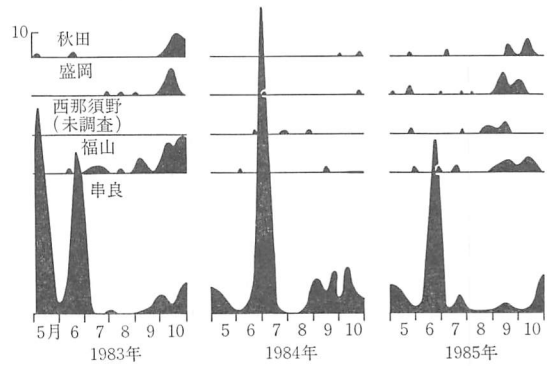
II 個体群動態

1983年から秋田 (A)、盛岡 (T)、西那須野 (S)、福山 (Ch)、串良 (Ka) に拠点を置いて、フェロモン・トラップと糖蜜誘殺器による成虫の誘殺調査と飼料作物ほ場における幼虫の見取り調査を実施している。紙幅の都合で、1983~1985年の糖蜜誘殺データ (1台当たり) を第3図に示した。フェロモン・トラップへの飛来数はこれよりも少ないのが普通であり、ここには省略した。

串良では6月の世代がもっとも多く誘殺されるが、毎年7月後半~8月は少なく、秋から冬にかけてまた多く誘殺される経過をとっている。福山以北では、いずれの拠点でも似たような成虫の消長が見られる。すなわち、5~8月の誘殺数は少なく、また、年次変動があるらしい。9月以降、再び多くなるが、これは増殖した後代の成虫が飛来したものであろう。事実、5~8月の誘殺数の少なかった1984年の秋田、盛岡、西那須野、福山では、9月以降はほとんど誘殺されていない。

串良、福山の幼虫発生は、成虫の誘殺消長と並行していた (データ省く)。その他の地点では発生数が少なく、この点は明りょうではなかった。

なお、1985年から、山口、鳥根、福井、石川、富山、新潟、長野各県及び道南の日本海側各農・畜場に依頼して、フェロモン・トラップによる成虫の誘殺調査を実施しているが、全般に誘殺数は少なく、幼虫による発生被害も少なかった。



第3図 糖蜜誘殺器による成虫の発生消長 (模式図)

III 生理・生態的特性

1 相変異

バッタによく似た相変異がアワヨトウでも見られることが、巖 (1956~62) によって詳しく報告されており、バッタと同様に移動との関連で注目を集めてきた。彼は幼虫を高密度で飼育すると、密度に応じてだんだんに黒化する個体が多く出現し (群生相)、単独飼育したもの (孤独相) と比較して幼虫の行動も活発であり、発育速度は早くてそろい、食物消費量も多い。この幼虫に由来する蛹の体重は軽い。また、羽化した成虫の産卵前期間や寿命は長く、体幅に比較して翅長が長い移動に適した成虫個体群が出現すると報告している。

群生相に見られる黒化型幼虫は、野外で大発生した個体群にも普通に見られる。この色素はインドールメラニンで、酵素によるメラニン生成過程や、そのホルモン支配についても明らかにされている (N)。

2 生殖活動

JOHNSON (1963) によると、大部分の移動性昆虫は卵巣が未熟または一部成熟の段階で移動するという。羽化当時のアワヨトウ雌成虫の卵巣小管は乳白色透明で、卵黄の蓄積は見られない。25°C 前後の温度で約4日の産卵前期間を経て産卵するようになる。しかし、成虫の餌であるハチミツなどを与えなかったものでは、卵巣の発育が遅れる。また、卵巣の発育にはアラタ体の JH が関与しており、餌と JH の両方が一緒になって卵巣の発育を促進する (N)。

交尾は羽化後3日目ごろから始まる。野外では日没後3時間ぐらいたって交尾し始め、前夜半に多くの個体が交尾を終わる (平井, 1984)。雄成虫は雌の性フェロモンに誘引され、このフェロモンはすでに抽出同定されて、合成品もでき上がっている (タケダ MS)。しかし、

野外での合成フェロモンに対する雄成虫の反応は顕著ではなく、放飼実験でみた再捕率は低いようである (C)。

3 飛しょう活動

成虫は全暗期に飛ぶ。フライトミルで調べた飛しょう能力は個体変異が大きいが、概して体重の重いものがよく飛ぶようである。また、短い間隔で周期的に飛しょうを繰り返す個体が多く見られた (C)。このように飛しょう活動は個体変異が大きいため、一概に言えないが、羽化後 1~2 日はあまり飛ばず、3~4 日で活動量が急増する個体が多いようである (N)。成虫飛しょう筋の乾物重と前翅長の比 (飛しょう筋の発達程度) は、雌雄ともに羽化後 4 日目に最大値を示した (S)。

幼虫の飼育密度は、それに由来する成虫の飛しょう活動に直接影響しなかった。すなわち、翼荷重指数 (生体重/前翅長×前翅幅) と脂質蓄積に影響は見られなかった (C)。一方、飛しょう筋の発達程度は単独飼育の個体が優れる傾向が見られている (S)。全体を通して、群生相の個体群が移動飛しょうに有利と考えられる事実はこれまで見いだされていない。

野外の飼育かごでの観察では、日没後 20 分ごろにピークをもつ上昇飛行が主体をなし、この飛しょうには 7.5°C 以上の気温が必要であることが推定された。また、交尾後の雌成虫は飛ばなかったが、交尾した雌成虫が糖蜜に誘殺されており、なお検討する必要がある (T)。

多くの鱗翅目成虫は、移動飛しょうの燃料として貯蔵脂質を利用することが知られている。成虫の総脂質含量はアワヨトウ幼虫期の餌、特に糖含量によって左右される。また、成虫に羽化直後からショ糖液を給与すると、総脂質含量は 2 日目で 2 倍程度に増加し、呼吸、産卵などの普通のエネルギーとして脂質はあまり消費されないという結果も得られている (S)。

IV 休眠性と耐寒性の地理的変異

休眠性、耐寒性は種の遺伝的特性と考えられる。したがって、もし、この特性に地理的変異が見られるならば、生息環境に応じて変化したものと考えられる。すなわち、それらの越冬源、飛来源が異なることによること

が示唆される。

鹿児島、福山、盛岡産の卵、幼虫、蛹に対する日長効果は室内で調べられたが、短日や低温が発育速度に及ぼす影響は見られなかった (K)。耐寒性の指標としての幼虫の過冷却点は、日齢、餌、冷却速度などによって変動するが、これらの条件をそろえて測定した。鹿児島、福山、滋賀、西那須野産の飼育 1~2 世代最終齢幼虫の平均過冷却点は -5~-7°C で、顕著な産地間差は見られなかった。また、グリセロールの蓄積による低温馴化能力はなく、耐凍性もないことが明らかになった (S)。

V 移動実態

1960~1970 年台にかけて、中国では大規模な標識虫放飼・再捕試験が行われ、成虫による南から北への移動と、別の世代の成虫による逆の方向の移動、すなわち、“行きと帰り”のある移動が実証されている。その成果の一部は本誌に巖 (1967)、宮下 (1972)、梅谷ら (1983) によって紹介されている。

一方、わが国では直接、移動を実証する試験は行われていない。しかし、越冬不可能な北日本での発生、被害の分布から、それが起こった前後の時期の気象要因を解析して、飛来源、飛来経路、二次分散などを逆推定する試みがなされてきた (奥, 1983; 平井ら, 1985 と T 及び K)。一応期待した成果は得られているが、飛来源と目された地帯での発生情報に乏しい。また、一次飛来なのか二次分散 (全国的視野から) なのかを個体識別する方法もない。成虫トラップの捕獲効率が低く、誘殺量のデータがまだ十分ではない。

おわりに

アワヨトウは、中国では古来“神虫”と呼ばれて恐れられているそうである。その“神出鬼没”の態様は、まさに、神業と言うにふさわしい。わが国でも移動侵入が起こっていることは間違いないと思われるが、全ぼうが明らかになるにはなお多くの時間を必要とするであろう。

なお、引用文献は省略した。

ハスモンヨトウの移動

農林水産省農業研究センター 内藤 とう 篤 あつし 篤

はじめに

この害虫の移動性に関する研究は、農環研の数理解析研、個体群動態研、昆虫行動研、四国農試虫害研、愛媛農試、佐賀大学応用動物学教室及び農研センター畑虫害研がそれぞれ分担し、秋田農試、茨城農試、千葉暖地園試、静岡農試はじめ多くの都道府県農業試験場や植物防疫行政機関の協力を得て、1983年以來実施されてきたものである。まだ不明確な部分も少なからず残されているが、これまでの研究で大まかな輪郭はつかめたものと思う。ここにその成果の概略をとりまとめ、今後の検討材料にしたい。

I わが国におけるハスモンヨトウの発生状況

農研センターでは、茨城農試の協力を得て、1984年以後毎年、実質的に発生の北限である茨城県下において、ダイズを中心に幼虫の発生被害状況を調査している。昨年までの結果を示すと、第1図のように、発生の認められた地帯は、1984、1985年とも西は七会村から東は常陸太田を結ぶ線あたりまで。1986年は全国的に発生の少ない年で、この線はやや南下し、笠間—水戸のやや南部を結ぶあたりまでであった。それ以北では大子付近で幼虫1頭を確認したのみであった。例年発生確認率の高い地帯は、下館、土浦以南の県南部で、県北部ではほとんど発見されなかった。すなわち、おおまかに見て、県中部以南を常発地帯とみることができよう。

一方、全国的な発生状況を、植物防疫課の実施している病虫害発生予察情報や、発生の北限域と目される諸県に問い合わせ得た情報を総合して検討すると、毎年被害が認められるいわゆる常発地帯は、太平洋側では関東地方中部以南、日本海側では石川県以西で、年平均気温で見るとほぼ14°C以上の地帯である。これは筆者が15年以前に、ハスモンヨトウの全国的な発生状況調査を行った結果(内藤, 1971)とあまり変わっていない。

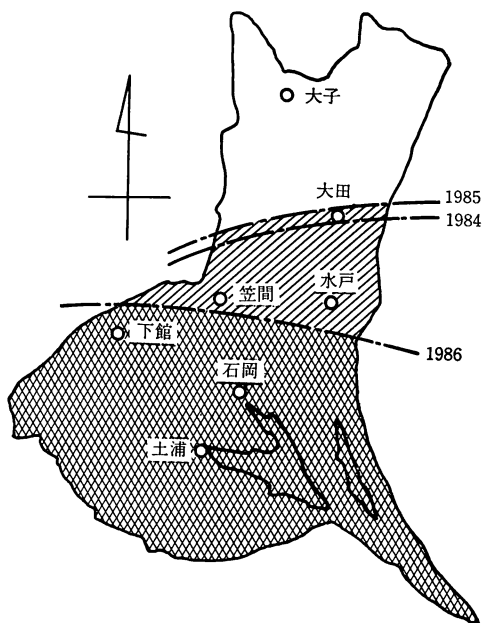
ここで注目すべきことは、発生地域の北限が、年によって多少の変動はあるもののほぼ固定的であって、突発的に遠隔の地に大発生することはない、ということであ

る。この点は長距離移動性害虫とされるアヲトウやタマナヤガとは大きく異なっている。

II 越冬はどこか

1 施設内での越冬

耐寒性の弱い本種が、ハウスやガラス室内で越冬することが当然考えられる。実際冬季の幼虫や蛹を確認した観察例はかなり多い。しかしそれらが果たして春先野外の発生につながるものかどうかまで調査検討されたものはこの研究が始まる以前にはなかった。真冬の時期に施設内に発生しているハスモンヨトウは、多くの場合そのままでは野外の発生につながることはないが、暖地において3~4月ごろに施設内で発生しているものが老熟幼虫や蛹であれば、次世代成虫は野外に出て産卵し、続いて幼虫の発生も可能である。そうした例として愛媛県農試では、1986年の冬に加温ハウス31棟を調査し、そのうち4棟のキュウリに2月以後春先まで連続して幼虫の



第1図 茨城県下におけるハスモンヨトウの発生状況
斜線部分は発生地帯(農研センター畑虫害研、1984~86より)

Migration of the Common Cutworm, *Spodoptera litura* (Fabricius). By Atsushi NAITO

発生を確認している。

加温ハウスでは、たとえ越冬は容易としても、防除が行き届いて越冬個体は少ないと思われるが、それでは無加温施設ではどうであろうか。作付けの関係で、収穫後、冬期間放任されている施設はかなりある。もしこれらの施設でハスモンヨトウが発生していれば、越冬の可能性が考えられる。愛媛県農試は松山市で、農研センター及び千葉暖地園試は館山市で、それぞれ無加温ハウスでの越冬試験の結果、卵塊ないし若齢幼虫の晩秋時接種で春先まで生存を確認しており、越冬の可能性が裏づけられている。ただし無加温のハウスは、夜間に冷却した空気が施設内にたまってかえって露地より冷え込むとされ、寒冷地帯にいくに従い、無加温施設での越冬が急速に困難になるものと考えられる。

2 野外での越冬

これまでいくつかの断片的知見が、野外での越冬に関して報告されているが、それが春先の発生につながるような証拠は得られていない。農研センターでは、千葉暖地園試の全面的な協力を得て、1985～1986年、1986～1987年の冬に、越冬可能と思われる房総半島南部において、クローバを餌として与え、これに網ケージをかけて越冬試験を行った。その結果、千葉暖地園試場内及び千倉町平館では越冬できなかったが、無霜地帯の館山市小沼では2年目の1987年少数の幼虫が越冬した。一方、北西の寒風を背後の山で遮り、朝日がよく差し込んで日中暖かい地形の和田村では、12月に若齢幼虫を放飼した区はいずれも3月下旬の時点で、老熟幼虫ないし蛹に发育している正常個体はかなり発見され、これらは春先の発生に十分つながるものと考えられた。

3 越冬は幼虫か蛹か

上述の館山周辺における越冬試験において、越冬可能な幼虫の发育ステージは、初冬の段階で若齢期のものであり、5齢ないし6齢にまで发育が進んだものは、生存できなかった。それでは蛹はどうであろうか。同じ場所において1985～1986年の冬に、蛹を細い竹筒に入れ、12月に土中1, 3, 5cmの深さに埋め、2か月後に掘り取り調査したところ、無霜地帯の野外ではいずれも死亡、暖地園試内の無加温ガラス室内では、30%以上生存していたものの、すべての個体が羽化不全で成虫は奇形であった。一方室内の耐寒性試験において、1日の温度をいろいろに変えた変温条件下で飼育すると、幼虫は正常に发育できても、蛹は期間が長くなるに従い羽化不全になる個体の割合が急激に増加し、1か月半以上では全部羽化不全であった。事実、館山市内の農家の無加温ハウスの越冬調査において、1985年3月に蛹3頭を発見し

たが、羽化した成虫は羽化不全であった。

もし秋に蛹で越冬態勢に入ったもののうち、運よく正常に羽化する個体があったにしても、その時期は真冬に相当するので、次世代につながる可能性は少ない。以上のことから、蛹態での越冬はほとんどないとみられる。

III 耐寒性と越冬

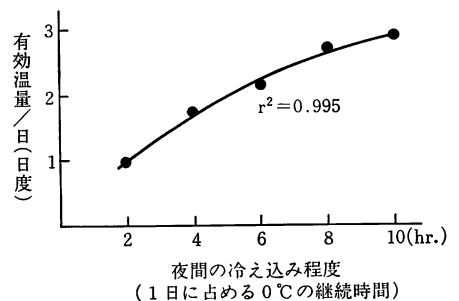
これまで昆虫の耐寒性といえば、過冷却点や低温暴露の時間的な長さが重要な要素とされてきたが、ハスモンヨトウの場合は、それとは別の要因によることが農研センターの研究で判明した。すなわち、ハスモンヨトウの幼虫の越冬に関しては低温域よりも、日中の高温域のほうがむしろ重要な影響を持っているという耐寒性に関する新しい知見が得られた(松浦, 未発表)。次にそれをかいつまんで紹介しておこう。

実験方法は、夜間の冷え込み程度(0°C以下の継続時間)と日中の高温域に幼虫が獲得する发育有効温度以上の温量の対応関係を、いろいろに変えた条件下で幼虫を飼育し、幼虫越冬の目安と考えられる3か月生存可能な温度条件を検討した。その結果、夜間の冷え込み程度Xと日中の有効温度Yとの間に

$$Y \geq 0.115 + 0.467X - 0.019X^2 \quad (X \leq 10, Y \geq 1.0)$$

なる関係式が満たされるとき、幼虫越冬の目安となる3か月生存が可能であった。また有効温量が不足し、上記の関係式が途中で1か月ぐらゐ満たされなくても、その後温度が補充されれば3か月生存できた(第2図)。

館山市周辺での1986～1987年の野外の越冬試験の結果、和田町では幼虫が越冬できたが、館山市内では越冬不可能であったことは前に述べたが、両者における幼虫生息環境の微気象観測データを解析した結果、この関係式とよく一致し、越冬可能な和田町は温量不足期間が約2週間にすぎないのに対し、暖地園試では不足期間は



第2図 ハスモンヨトウ幼虫が低温条件下で3か月以上生存するのに必要な10°C以上の有効温量(農研センター畑虫害研, 1986)

45 日内外に達し、後者での越冬は実験的データからも、ぎりぎりの線で不可能なことが裏づけされた。

1 耐寒性から見た越冬可能地

現在この関係式を用い、アメダスデータから越冬可能地の推定を行う研究が進行中である。途中経過ではあるが、1985～1986 年の冬期間の気象データを解析した結果、少なくとも沖縄の那覇、奄美大島の名瀬、種子島の上中、及び大隅半島の内之浦で野外越冬可能の線が出ている。

しかし、アメダスデータは地上 1.5 m の気象観測データであり、越冬中のハスモンヨトウは地表近くに生活しているので、それになんらかの補正を加える必要がある。その場合重要なのは越冬環境の微気象である。越冬中の幼虫は発育零点以上の温度に達すると行動を開始し、植物体上に昇って摂食するが、温度が低下すると、再び地表に戻る行動が観察されている。そうした彼らの生活圏の微気象が、一般の気象データとどの程度差があるかがわかれば、アメダスデータに、ある幅を持った数値を与えて推定できないだろうか。実際にはかなり複雑な計算であるが、かいつまんでいえばそういうことである。

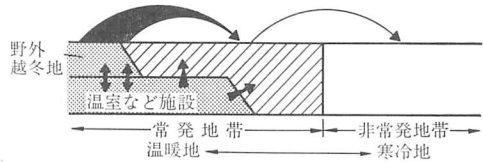
2 越冬一発生源

野外での越冬は、越冬実態や耐寒性の実験結果から見て、房総南部以南の、わが国の南岸線に添ったごく温暖な地帯に限られることはまちがいなさそうである。それは次の越冬必要条件からもいえる。①幼虫は摂食しながら越冬するので、冬期間も青々とした雑草地があること。②冬期間の日中の高温域が幼虫発育零点（約 10°C）以下の日が長期間続かないこと。積雪地帯はしたがって越冬は無理。

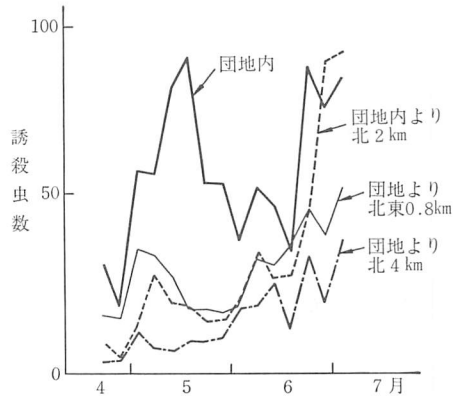
さてそこで、わが国での過去の発生状況を振り返ってみると、被害が問題になったのは、園芸施設面積が急速に増大した昭和 30 年代に入ってからで、それまではほとんど発生は見られなかった。施設がなかったころは、たとえ定着しても一度の寒波の襲来で、発生が途絶えたのであろう。それが施設内で越冬できるようになり、年間の世代継続が容易になった。野外越冬個体群もそこから供給され、さらに今日のように安定した発生を見るようになってきたのではあるまいか。

IV 発生源からの移動分散

ハウス・ガラス室などの施設は本州中部以南の暖地に多く存在すること、野外での越冬可能地が太平洋南岸地帯の温暖地帯とみられることから、いずれにしてもこれらの暖地を越冬発生源とみるのは衆目の一致するところ



第3図 ハスモンヨトウの発生源からの移動分散想定図



第4図 キュウリのハウス団地からの距離別ハスモンヨトウの誘殺状況（愛媛農試，1986）

ろであろう。

そこからどのように移動していくのか。おそらく後述する成虫の移動実態や移動に関連した諸形質のデータなどから考えると、第3図のように分散的に北部の非越冬地に移動していくように思われる。

ちなみに、移動に関連した二つの試験結果を分析しておこう。一つは愛媛農試の成績で、越冬発生源と目されるハウス団地の中心から、一定距離ごとにフェロモントラップ誘殺数を調査した結果、第4図のように、団地の中心ほど発生が早くかつ初期の発生が多く、作物の被害も団地を離れるに従って減少する傾向にあった。これは前年の 1985 年の成績も同様である。

また農環研では、静岡県富士川流域の河口付近の平野部から上流の山岳地帯にかけて、川添いにフェロモントラップを設置して調査した結果、下流に多く、上流にいくに従って減少し、山岳地帯ではきわめて少なかった。初飛来時期も、下流に比べ上流では遅れる傾向であった。

V ハスモンヨトウの移動に関連した諸形質

1 成虫の飛ばし距離と飛ばし方向

四国農試及び農研センターでは、1984～1985 年にかけて、それぞれ数回マーク雄成虫の大量放飼試験を行い、同心円的に設置したフェロモントラップでの再捕状況か

第1表 1985年におけるマーク虫放飼試験結果

	四国農試	農研センター
放飼期間	5月～9月	6月, 10月
放飼回数	18回	12回
延放飼虫数	28,421	11,570
最大飛距離	23.2 km	20.0 km
移動の方向性	いずれもなし	いずれもなし

(四国農試虫害研, 1985; 農研センター畑虫害研, 1985より)

ら移動状況を調査した。その結果は、第1表のように最大飛距離は四国で23.2 km, 農研センターで20 kmで、それ以上のところでは捕獲されず、放飼点に近いほど捕獲数は多かった。また移動の方向に関しては、どの試験の場合も特定の方向に偏ることはなく、分散的な移動であった。

2 飛しょう高度

筑波にある気象研究所の気象観測用鉄塔(高さ215 m)に、高さ別にフェロモントラップを設置し、成虫発生時に毎週1回捕獲数を調査した(農研センター)。1984～1986年の3年間の調査結果はいずれも同様で、1.5～10 mの高さにもっとも多く、25 m以上ではその1/6内外に、50 mではさらにその約1/6に減少し、100 mではきわめて少なかった。200 mでは3か年のうち1984年の8月上旬の1頭のみであった。

一方、鉄塔より3 km離れた農研センターで放飼したマーク虫の鉄塔での捕獲状況は、それよりさらに低い傾向があり、1.5 mの高さにもっとも多く、10 mで少なく、25 mではほとんど捕獲されなかった。このことから、通常の飛しょう高度は25 m以下の低空と考えられる。

3 雌成虫の卵巣発育

人工飼料、ダイズ、イヌタデで飼育したハスモンヨトウを蛹期より解剖して卵巣発育状況を調査したが、いずれも蛹末期では十分に発育し、羽化時には産卵可能な段階に達していた(農研センター)。これは移動性を持っているアワヨトウやタマナヤガが、羽化時に卵巣が未発達な状態にあるのと対称的である。

4 幼虫の形質と移動能力

ハスモンヨトウの幼虫には、遺伝的に黒色系と淡色系がある。四国農試では、これから選抜して遺伝的に固定した両系統を作出し、得られた成虫をマーキングして放飼し、移動状況を調査したところ、黒色系はやや距離が長い傾向はあったものの、淡色系との差は少なかった。

また集団飼育によって得られた黒色系とは同程度の飛距離と考えられた。

一方、農研センターでは幼虫体色の変化と翼荷重や産卵前期間の長さとの関係を調べたが、一定の傾向は得られず、特に関係はないと考えられた。

5 餌条件と移動能力

人工飼料とダイズ葉などで飼育したものとの間に、成虫の飛しょう能力に差があるかどうかについて、農環研では、フライトミルで比較した結果、人工飼料が能力的に劣ることはなく、むしろ高い傾向があった。またダイズで飼育した成虫の日齢と飛しょう能力を調べたところ、日齢1～2日をピークに急速に能力が低下し、野外植物摂食個体のほうが移動能力が高いというデータは得られていない。

VI 海外からの飛来はあるか

わが国での発生被害状況からすると、常発地帯はほぼ固定的であり、海外からの飛来によるものとは考えにくい。もし相当長距離移動ができるのであれば、北日本も含めて突発的な発生があってよいはずであるが、東北以北にはほとんど発生がない。また海外からの飛来が多いとすれば、戦前にも発生被害があってよいはずであるが、昭和20年代までは暖地のごく一部で時たま被害が出たにすぎない。発生が一般的になったのは、園芸施設が増加した昭和30年代以降である。

しかし、次の疑問が残る。わが国で被害をもたらすハスモンヨトウの大部分は、暖地越冬源から分散的に周辺に移動してきたものとしても、北海道や東北地方北部にまれにはあるが、しかも量的にきわめて少ないが発生する個体群の由来が説明しにくい。おそらく、ごく一部の個体は好都合な気象条件に伴って、かなり遠距離を移動できるのかもしれない。

また、潮岬南方500 kmの海上(定点観測船)で、何頭かの成虫が捕獲されているが、これは彼らが相当移動能力を持っていることを物語っている。ただそれらはすべて雄成虫であり、雌成虫は捕獲されていないことが注目される。それに関連して、東北地方ではハスモンヨトウの発生被害がきわめて少ないにもかかわらず、フェロモントラップには年によりかなり多量の雄成虫が捕獲されている(例えば、秋田農試, 1984年成績)ことからすると、本種の雌は雄に比べて移動能力がかなり低いのではあるまいか。今後解明すべきなぞである。

コナガの移動

おか だ とし つぐ
 農林水産省野菜・茶業試験場 岡 田 利 承

はじめに

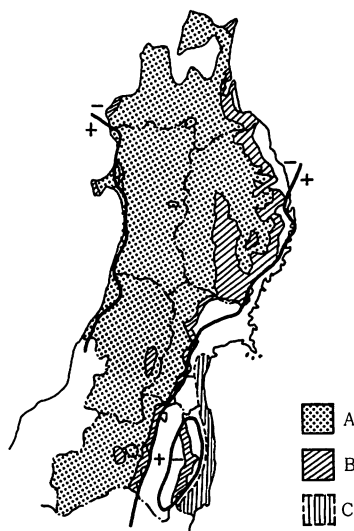
アブラナ科野菜の重要害虫であるコナガについては、世界各地で長距離移動の事例が報告され、北ヨーロッパやカナダなどの高緯度地方では夏の発生が南方から移動した成虫に由来するとされている(河合・矢野, 1986; ウィリアムズ, 長沢訳, 1986)。わが国でも太平洋上の南方定点観測船で、1968年の6月と8月に各1頭の成虫が記録されたり(朝比奈・鶴岡, 1970)、発生源となるアブラナ科植物が認められない鈴鹿山中への飛来例や(山下, 1964)、宮城県の高標高480mのダイコン畑への歩行と小飛しょうによる集団移動観察例(前田, 1980)などが報告されてきた。そのため、越冬記録のない北海道や東北地方北部での発生は、それ以南の地方から成虫が移入しているのではないかと疑いがあった。前田(1980)は宮城県内の調査から越冬が確認できた地点は、12, 1, 2月の3か月の月平均気温の積算が零度以上の所であったと報告している、これによると北海道・北東北地方の大部分は非越冬地となる可能性が高い。このような背景から、プロジェクト研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」の発足にあたって、コナガの移動実態解明のための研究も取り上げられることになり、北海道農業試験場虫害第1研究室、東北農業試験場虫害第1研究室、中国農業試験場虫害研究室、野菜・茶業試験場久留米支場虫害研究室、青森県農業試験場昆虫科、千葉県農業試験場病虫害研究室、岐阜県農業総合研究センター発生予察科及び沖縄県農業試験場虫害研究室が参加することになった。プロジェクト研究の内容は広範にわたっているが、本報では、わが国においてもコナガの移動個体があるのかどうかに焦点を絞ることとし、①北海道・北東北地方における発生実態と越冬の有無、②周年発生地における飛び立ち及び移動に関する知見、③周年発生地と非越冬地との発生消長の関連性について、新たに何がわかったのかについてまず述べることにする。なお、本報の内容は前記各農業試験場などの未発表のデータを中心に紹介している。ご協力並びに貴重なご意見をいただいた担当各位に厚く御礼申し上げる。

Migration of the Diamondback Moth, *Plutella xylostella* LINNÉ. By Toshitsugu OKADA

I 移動実態に関する知見

1 北海道・北東北地方における越冬

北海道・北東北地方の越冬の有無については、北海道農試、東北農試、青森県農試において毎年調査されてきたが、現在までのところ越冬は困難とされている。また、幼虫、蛹を積雪下に置いた場合も2か月以上の生存は困難と推測され(本多・宮原, 1987)、これらを基にして東北地方における越冬可能地域を推定したところ、第1図のようになった。これによると福島県、宮城県の東半分と山形、秋田、岩手3県の海岸部を除く、東北地



第1図 東北地域におけるコナガの越冬可能地帯の推定(東北農試, 未発表)

- A: 長期積雪が80日以上地帯
 B: 長期積雪が60~80日地帯
 これらの地帯ではコナガの越冬はほとんど不可能であると予想される。
 C: 12~2月の月均気温の積算値が常に0°C以上であった地帯
 (1981~1985年の5か年間のアメダスデータを基にした.)
 この地帯ではコナガは恒常的に越冬可能であると推定される。
 実線: 12~2月の月平均気温の積算値が0°Cとなる線(5か年平均)

方の大部分は越冬困難な地域に含まれる。しかし、無加温ビニルハウス(北海道農試)や無加温ガラス室(青森県農試)では少数の越冬例があり、また、融雪日(4月2日)直後に網枠を設置したセイヨウワサビから5月10日に成虫2頭が得られた例があって(北海道農試)、前記の越冬困難な地域でもごく少数の個体は特殊な環境下で越冬している可能性がある。

2 暖地における飛び立ち

飛び立ち及び移動に関しては野菜茶試久留米支場、千葉県農試、岐阜県農総研、沖縄県農試で調査されてきた。フェロモントラップによる誘殺消長調査によると、キャベツの収穫期には畑周辺で誘殺数が多くなる例があり(千葉県農試)、成虫の分散があるものと考えられる。また、春から水田耕起までの間、水田や堤防などにも多くのコナガが生息していることが確かめられたが(岐阜県農総研)、キャベツ畑や水田などから、集団移出を示すようなデータや観察は今のところ得られていない。

3 各地の発生活長比較

各地の発生活長がフェロモントラップによって調査されてきた。発生活長の中で春の移動を考える場合に重要と見られる成虫の初誘殺日と第一回目の発生ピーク日を見ると、年による変動はあるが、札幌では4月下旬と5月下旬であり、黒石、盛岡では4月上、中旬と5月中、下旬である。暖地の千葉や岐阜では冬でも成虫が見られるが、4月下旬から増加を始め、5月中旬から7月上旬まで密度が高くなる。関東・東海地方はほぼこれに一致し(山田, 1977; 中込・加藤, 1980; 岩田, 1986)、久留米では4月上、中旬から多くなって、6月または7月まで密度が高い。鹿児島も同様である(堀切, 1986)。これらを見ると、北海道・北東北地方の初誘殺日や第一回目の発生ピーク日は暖地の密度の高い時期の中に含まれているといえる。沖縄の場合は夏季を除いて、周年、多くの誘殺があり、他の地域とは異なる発生活長を示している。

II わが国における移動

1 移動仮説

以上述べたように、コナガの移動を示す確実な証拠はまだ得られていないが、北海道・北東北地方では越冬が困難とされ、たとえ特殊な条件下で少数の個体が越冬したとしても、春の発生量を説明するには不十分な量と考えられることから、春に誘殺される個体の大部分は他の地域から移動してきたと考えざるを得ない状況にある。そのため、コナガの移動実態解明を担当してきたグループでは、「北海道・北東北地方での発生は周年発生地域

第1表 北海道・東北地方におけるコナガの初誘殺日^{a)}

調査地点	1983 (月・日)	1984 (月・日)	1985 (月・日)
札幌市(北海道)	4・7	(5・20)	(4・18)
黒石市(青森県)	4・6	4・18	4・6
盛岡市(岩手県)	4・6	4・18	4・3
秋田市(秋田県)	—	—	4・4
寒河江市(山形県)	—	—	4・4
藤島町(山形県)	—	—	4・5

() は初誘殺日が一致しなかった場合、— は未調査を示す。

a) 北海道農試, 東北農試, 青森県農試, 秋田県農試, 山形県園試, 山形県農試庄内支場の調査による。

からの成虫の移入に起因している」との仮説を立てることにした。

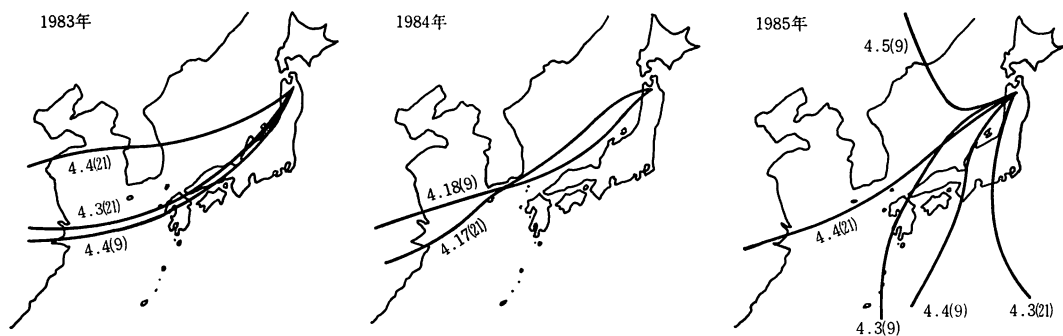
2 誘殺日と気象の関連解析

移動しているという視点から、誘殺日と気象との関係を検討したところ、新たな知見が得られた。それは、北海道・東北地方の初誘殺日が、第1表に示すように広い範囲ではほぼ一致しているだけでなく、4~5月に前線に伴う低気圧の中心が、朝鮮半島、東シナ海から日本海、本州方面へ東進し、その際に南寄りの風が吹き込んだ1~3日後に、広い範囲で誘殺が起きているという事実である。この風の流跡をさかのぼると、東日本、西日本のほか、一部は中国大陸に達する場合もあることが明らかになった(第2図)。盛岡ではフェロモントラップによるアワヨトウの初誘殺が、上記と同じ気象条件で起こり、同時にコナガが多数誘殺された事例も報告されている(宮原, 1987)。さらに、4~5月に見られる初誘殺及び誘殺数急増の条件は、夜間の風速、温度に関係なく、低気圧の通過による南風があったときに起こることが確かめられ(東北農試)、これら気象関連の解析結果は、コナガの移動仮説を強く支持する結果になった。しかし、未解明の問題は依然として多く残されている。次にそのうちのいくつかについて触れてみたい。

III 未解明の問題

1 移出处

北海道・東北地方のコナガの発生は、成虫の移入によるものとして、その移出处についてはまったく明らかになっていない。国内・中国大陸、あるいはその両方であるとも推測可能である。前述のとおりわが国の暖地では、4~5月には発生量が多くなりつつある時期にあたることから、移出处としての条件は具備されているといえよう。移出が行われている場合、広い地域から少しずつ行われているのか、比較的密度の高い所から一斉に行



第2図 コナガの初誘殺日前の流跡線（野菜茶試久留米支場，未発表）

東北地方北部を起点として、850 mb 天気図より 20 ノット（約 10 m/sec.）以上の風速について、約 2 日前まで作成した。図中の数字は起点の月・日（時間）を示す。

われているのかという疑問がある。後者の場合、水田の耕起による食草の消滅あるいはキャベツなどの集団栽培地での収穫に伴う成虫拡散が引き金になっていることも考えられるが、現在のところいずれも推測の域を出ていない。

2 移動高度

フェロモントラップの設置位置を 1 m, 5 m と高くすると極端に誘殺されにくくなることが知られており、誘殺が多い高さは地上から 20~30 cm とされている（腰原, 1984）。一方、岐阜市街の水道山山頂（標高 100 m）で、4 月から 11 月までの間にフェロモントラップへ 23 頭の誘殺があり（岐阜県農総研）、また、名古屋市内の高さ 40 m のビルの屋上でも、6~11 月に誘殺されていることから（中込・宮川, 1985）、コナガの成虫はなんらかの条件により上空へ飛び上がることが考えられる。地上以外での調査も試みられており、1986 年 5 月には対馬の西の気象観測船で成虫 2 頭が採集された。また、航空機の利用により、1986 年 7 月に九州をはじめとする西日本各地で、1987 年 5, 6 月には濃尾平野、関東平野及び岩手県北上盆地でそれぞれ調査が行われたが、採集されなかった。高空での移動個体はまだ捕そくされていないが、北海道・東北地方における 4~5 月の誘殺が低気圧の通過後に広い範囲で一斉に起こることは、コナガが比較的高所を移動して広い地域にばらまかれることを想像させる。しかし、実態の解明は今後に待たねばならない。

3 移動時期

コナガの北海道・東北地方への移動が 4~5 月に限られるのか、それとも他の時期にも行われているのかは明らかではない。東北地方では 6 月になると気象条件が 5 月と同じであっても誘殺数が一時期減少するが、暖地では

発生量の多い時期にあたることから、移動の行われる時期が限定されている可能性もある。一方、8 月に、台風移動に伴う南風が吹いた後にフェロモントラップで一斉に誘殺数が増加した事例や（宮原, 1986）、同じく 8 月に低気圧が通過して南風が吹いた日に予察灯へ他の害虫と共に多数誘殺された事例（北海道農試）などがあり、4~5 月以外でも移動が行われている可能性もある。しかし、現在のところ移入個体の検出方法が知られていないため、2 世代目の成虫発生があった後では、たとえ移入個体が採集されてもその証明は困難な状況にある。

4 薬剤抵抗性

コナガの有機リン剤抵抗性には地域差があり、北海道では低く、九州南部や沖縄では高いことが報告されている（浜, 1986）。もし、北海道・東北地方で発生している個体群が、毎年、抵抗性の高い地域からの移入個体によって形成されているとすれば、地域差は生じないはずである。しかし、この点については次のようなことも考えられよう。すなわち、抵抗性の調査は栽培は場で採集した個体群について行われており、雑草から発生した個体も含め、その地域全体の個体群の平均値について調査されているわけではない。移出があるとすればは場以外にも同時に起きていると考えられ、それらの移入によって形成される個体群の抵抗性は移出地の調査値より低い値になる可能性がある。また、抵抗性レベルには季節的変動があり、春~初夏に低く秋に高まる事例が報告されていることから（浜, 1986）、抵抗性の比較的低い春に移動が行われているとすれば、薬剤使用回数が多い暖地ほど、秋までに抵抗性が高くなることも考えられる。これらのことから、抵抗性の地域差は、必ずしも移動仮説と矛盾しないと考えられよう。

おわりに

コナガが国内で移動している確かな証拠は得られていないが、北日本での夏の発生は移動個体に基づいていると考えるのが、現在のところもっとも妥当である。しかし、移動源がどこかは不明であり、どのように飛び立ち、どのように移動しているのかに関する知見は何一つ得られていない。プロジェクト研究では多くの項目について貴重なデータが得られており、総合的な考察が行われることになるが、本報では初めに述べたように、わが国でも移動しているかどうかの点に絞って紹介した。とりまとめを行ってみて、日本におけるコナガの移動実態解明の研究は、やっと戸口に立ったところであるとの感を強くしている。

引用文献

- 1) 朝比奈正二郎・鶴岡保明 (1970): 昆虫 38: 318~330.
- 2) 浜 弘司 (1986): 応動昆 30: 277~284.
- 3) 本多健一郎・宮原義雄 (1987): 北日本 病虫研報 38: (印刷中).
- 4) 堀切正俊 (1986): 昭和 61 年度野菜病害虫防除現地検討会講演要旨, 日植防, 1~25.
- 5) 岩田直記 (1986): 植物防疫 40: 357~360.
- 6) 河合 章・矢野栄二 (1986): 野菜試研究資料 20: 2, 39.
- 7) 腰原達雄 (1984): フェロモン実験法 (2), 日植防, 東京, 90~96.
- 8) 前田正孝 (1980): 今月の農薬 24: 32~36.
- 9) 宮原義雄 (1986): 北日本病虫研報 37: 143~146.
- 10) ——— (1987): 応動昆 31: 138~143.
- 11) 中込暉雄・加藤喜重郎 (1980): 関西病虫研報 20: 55.
- 12) ———・宮川寿之 (1985): 同上 27: 75.
- 13) ウィリアムス, C. B. (長沢純夫 訳) (1987): 昆虫の渡り, 築地書館, 東京, 242 pp.
- 14) 山田偉雄 (1977): 植物防疫 31: 202~205.
- 15) 山下善平 (1964): 同上 18: 313~318.

新しく登録された農薬 (62.9.1~62.9.30)

掲載は、種類名、有効成分及び含有量、商品名(登録年月日)、登録番号〔登録業者(会社)名〕、対象作物: 対象病害虫: 使用時期及び回数などの順。但し、除草剤については適用雑草: 使用方法を記載。(…日…回は、収穫何日前まで何回以内散布の略。) (登録番号 16859~16860 まで計 2 件)

『殺虫殺菌剤』

MPP・フサライド・EDDP 粉剤

MPP 2.0%, フサライド 1.5%, EDDP 2.0%

ヒノラブイジット粉剤 35 DL (62. 9. 26)

16859 (大日本除虫菊)

稲: いもち・穂枯れ(ごま葉枯病菌)・ツマグロヨコバイ・ウンカ類・ニカメイチュウ・カメムシ類: 21日4回

『除草剤』

アトラジン・DCBN・DCMU 粒剤

アトラジン 3.0%, DCBN 3.0%, DCMU 6.0%

シャットアウト草とり粒剤 (62. 9. 26)

16860 (三共)

公園・庭園・堤とう・駐車場・道路・運動場・宅地等: 一年生雑草および多年生広葉雑草: 雑草発生始期~生育中期

本会発行図書

農薬用語辞典(改訂版)

日本農薬学会 監修

「農薬用語辞典」(改訂版)編集委員会 編

B 6 判 112 ページ 1,400 円 送料 200 円

農薬関係用語 714 用語をよみ方、用語、英訳、解説、慣用語の順に収録。他に英語索引、農薬の製剤形態および使用形態、固形剤の粒度、液剤散布の種類、人畜毒性の分類、魚毒性の分類、農薬の残留基準の設定方法、農薬希釈液中の有効成分濃度表、主な常用単位換算表、濃度単位記号、農薬関係機関・団体などの名称の英名を付録とした必携書。講習会のテキスト、海外出張者の手引に好適。

お申込みは前金(現金・振替・小為替)で本会へ

コブノメイガの移動

——特に水田からの移出を中心に——

農林水産省中国農業試験場 わだ節
和田節

コブノメイガは翅の開長約 20 mm の小さな蛾であり、幼虫はイネの葉を縦につづり、葉肉部を食害し葉の繊維を露出させ白い被害痕を残す。日本の西南暖地、特に九州の水田では、近年ウンカ、ヨコバイ類に次ぐもっとも重要な害虫の一つに数えられている。本種は沖縄以南では越冬が確認されているが(玉城・宮良, 1983), 日本の他の地域では、ウンカ類と同じように、毎年梅雨期に海外から飛来してくると考えられている。そのように考えられるようになった経緯や 1980 年ごろまでの本種に関する知見は、すでに本誌でも紹介したので参照願いたい(和田・小林, 1980)。

梅雨期に北部九州に飛来する個体数は、ウンカ類に比べると著しく少ないが、毎年ウンカとほぼ同じ時期に飛来が見られる。また、飛来の際の気象条件や飛来密度の地域差などは本質的にはウンカ類と大差がなく、移動の気象学的メカニズムはウンカ類と同じであろうと思われる。このようなコブノメイガの梅雨期における飛来の実態は、すでにその一部が報告されている(宮原ら, 1981)。

昆虫の移動のメカニズムを調べるうえで、移動経路や飛来の気象条件を調べることも不可欠であるが、移動の意義や生活史戦略を明らかにするうえからは、むしろ生活史の中で移動が起こる過程を明らかにすることがより重要であろう。そのような観点に立て、ここではコブノメイガの飛び立ちが、いつ、どのような要因で起こるのかに焦点を当て、主として北部九州の水田で行った観察・実験を中心に論じてみたい。

I 水田からの移出

コブノメイガは、日本では梅雨期に、中国では 3~5 月にいずれも国外から飛来してくるといわれるが、逆に国内ではある季節になると水田から大量に成虫移出が起こっていることが明らかになった(和田・小林, 1980; 張ら, 1980)。しかし、成虫は小さく、夜間に活動するので、実際にその移出の様子を観察することは難しい。

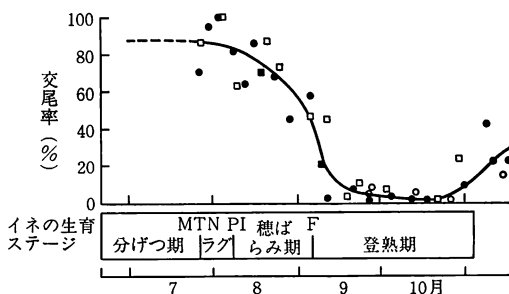
梅雨期に飛来したコブノメイガは、水田で 1 世代をほ

ぼ 1 か月で完結させるので、7 月上・中旬に飛来があった場合、第二世代は 8 月下旬~9 月下旬に羽化する。したがって、例年 9 月中・下旬には水田にはおびただしい成虫が観察される。しかし、9 月中旬以降はイネにはほとんど産卵されない。第 1 表はその一例で、普通期水田における 1 成虫当たりの卵数(産卵比)は、8 月から徐々に低下するが、特に 9 月中旬以降に非常に低い値をとった。さらに、普通期水田における雌成虫の交尾率を調べると、第 1 図のように、毎年規則的に大きく変動して

第 1 表 普通期水田における成虫個体数と卵密度の推移

調査年月日	成虫個体数 (頭/100 株)	卵密度 (頭/100 株)	産卵比 (卵数/成虫数)
1979 年			
8 月 2 日	0.2	34	170.0
8 月 23 日	1.1	106	96.4
9 月 6 日	7.5	347	46.6
9 月 20 日	3.3	28	8.5
10 月 5 日	6.4	0	0
1981 年			
8 月 6 日	0.3	66	235.7
8 月 22 日	2.2	132	59.5
9 月 4 日	11.5 ^{a)}	419	36.4
9 月 24 日	6.4	28	4.4
10 月 8 日	5.2 ^{a)}	0	0

a) 9 月 4 日, 10 月 8 日の欄の成虫個体数は、それぞれ 9 月 2 日, 10 月 9 日の個体数。



第 1 図 福岡県筑後市の普通期水田におけるコブノメイガの交尾率の季節変化とイネの生育ステージ

MTN : 最高分けつ期, PI : 幼穂形成期, F : 出穂. ○, ●, □, ■ : それぞれ 1977, 1978, 1979, 1980 年の結果。

Migration of the Rice Leaf Roller Moth, *Cnaphalocrocis medinalis*, with Special Reference to Take-off from Paddy Fields. By Takashi WADA

いることがわかった。交尾率は8月までは高い値を維持するが、イネが出穂する9月上旬ごろに急速に低下し、9月中旬からイネが収穫される10月下旬～11月上旬まで著しく低い値をとる。これらの雌成虫は未交尾だけでなく、卵巣が未熟で腹部には脂肪体が充満していた(WADA et al., 1980)。また、形態的には、羽化後脱落しやすい翅の縁毛が完全な形で残っている個体が大部分であった(和田・小林, 1985)。すなわち、秋の未交尾個体は生理的にも形態的にも羽化直後の個体と思われ、秋に成虫の寿命が著しく短縮する理由が考えられない以上、成虫は、交尾産卵以前に水田から移出していくことが推察された。

II 移出の要因

では、いったい何がコブノメイガを移動に駆り立てるのであろうか。次にこの要因を検討してみた。その際に用いた基本的な考えかたは、交尾率低下の原因が成虫の移出にあるのであるから、逆もまた真、交尾率の低下が成虫移出のよい指標となることである。

北部九州の稲作には栽培時期の視点から見て、4月中・下旬に移植される早期水稲、5月下旬～6月中旬に早生品種が移植される早植水稲、6月中・下旬に晩生品種が移植される普通期水稲の三つの様式が見られる。それらの栽培地域は北部九州内で互いに隣接して分布しており、どの地域においても日長はほとんど変わらず、気温も少なくとも夏季の期間はあまり差がない。したがって、日長や温度を引き金として移出が起こっているのなら、それらの地域で同時に交尾率の低下が起こるのであろう。もし、イネの生育ステージに成虫を移出に促す誘因があるのなら、水田ごとに交尾率が異なるであろう。

そのような意図で、北部九州においてイネの生育ステ

ージの異なる数か所の水田から同時に成虫を採集した(WADA and KOBAYASHI, 1982)。得られた結果は明白であり、交尾率はイネの生育ステージに依存して大きく変化していた(第2表)。例えば1979年を見ると、普通期地帯の穂ばらみ期の水田(8月25日:筑後, 9月5日:八女)では交尾率は60%以上の高い値を示し、出穂期の水田(9月5日:筑後)では中間の値、早植地帯の乳熟期や糊熟期の水田(8月25日:中津江, 9月5日:矢部)では著しく低かった。さらにそれらの値は第1図のイネの生育ステージを横軸に表した場合の、筑後における普通期水田での交尾率の推移に完全に一致していた。ところで第2表の立花町は普通期地帯の八女や筑後からわずか数kmしか離れていないが、山ぎわの普通期地帯と早植地帯の境界に位置する。成虫を採集したのは早植水田であったが、周辺には普通期水田も散在していた。この水田での交尾率は、8月25日から9月5日にかけて、イネの生育進展に伴い確実に低下しているが、乳熟期や糊熟期であってもかなり高い値を維持しており、同じ日の普通期地帯と早植地帯の中間の値をとっていた。このように両地帯の境界付近では必ずしも交尾率はイネの生育ステージとパラレルには動かない。これはおそらく、普通期水田で交尾した個体が早植水田に侵入するなど、隣接の水田間で成虫の交流があるからであろう。

盛夏に成熟期のイネが見つかる早期地帯においても同様な結果が得られた。早期地帯は周辺に普通期水田も散在するため、収穫間近の成熟期の水田(8月17日:本渡)でも交尾率は極端に低下していないが(26.9%)、隣接した最高分げつ期の水田(交尾率:90.6%)と比べると差は明らかであった。

これらの結果から、交尾率の低下、すなわち水田から

第2表 イネの生育ステージとコブノメイガ成虫雌個体群の交尾率の関係

採集日	採集場所	栽培様式 ^{a)}	イネの生育ステージ ^{b)}	調査雌数	交尾雌数	交尾率(%)
1979年						
8月25日	筑後	普通期	穂ばらみ期	30	22	73.0
〃	立花	早植及び普通期	乳熟前期	29	16	55.2
〃	中津	早植	乳熟期	29	2	6.9
〃	阿蘇	早植	乳熟期	21	1	4.8
9月5日	八女	普通期	穂ばらみ後期	27	18	66.7
〃	筑後	普通期	出穂期	30	14	46.7
〃	立花	早植及び普通期	糊熟期	22	7	31.8
〃	矢部	早植	糊熟期	27	1	3.7
1980年						
8月17日	本渡	早期(普通期) ^{c)}	成熟期	26	7	26.9
〃	〃	早期(普通期) ^{c)}	最高分げつ期	32	29	90.6
8月18日	筑後	普通期	穂ばらみ前期	30	21	70.0

^{a)} 成虫を採集した水田周辺のイネの栽培様式を示す、^{b)} 成虫を採集した水田のイネの生育ステージ、

^{c)} 早期地帯には普通期水田も散在していた。

の成虫移出はイネの生育ステージの進展に伴い生じていることがはっきりした。

第1図の交尾率の推移を見ると、交尾率の低下は出穂期以降が特に激しく、出穂から1週間～10日を経るとおおむね8%以下の安定した低い値に推移する。また、出穂後急激に交尾率が低下するころの交尾個体は、翅の傷みが激しく、羽化後の日齢が進んでいると思われる(和田・小林, 1985)。これらのことを考慮すると、出穂後1週間ごろまでに見られる交尾個体は、おそらく出穂以前に交尾したもので、出穂以降に羽化した成虫の大部分はその水田では交尾産卵することなく移出してしまうのではなかろうか。交尾率の推移を見ると、穂ばらみ期後半ごろから移出傾向が高まるが、イネの出穂も本種の移動行動の一つの転換期になっているように思われた。

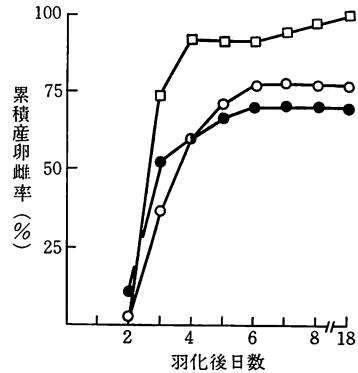
III 移動性個体は出現するのか

梅雨期の飛来成虫や秋の移出個体は、バッタの相変異やアブラムシの多型現象のように、他の時期とは形態や行動が異なる「移動性個体」なのであろうか。

秋の移出成虫は、他の時期に比べ有意に大きく、体色がやや暗い。これらはいずれも発育期の気温の低下の影響で(和田, 1985; 藤條ら, 1985)、移動との積極的な関連はなさそうである。

移動と関連が深い産卵前期間はどうかであろうか。中国ではコブノメイガにおいて、複雑な仕組みの生殖休眠の存在が報告されている(張ら, 1981b; 吳, 1985)。すなわち、短日と高温はおのおの生殖休眠を誘起し、夏の長日条件においては高温が、秋の比較的低温時には短日が生殖休眠を引き起こし、同じように移動を誘起させるというのである。張らはこのような複雑な仕組みの休眠によりコブノメイガの中国大陸における大胆な移動仮説(張ら, 1980; 1981a)を補強した(本誌, 和田・小林, 1980を参照)。

しかし、すでに述べたように筆者の調査結果によると、水田からの移出は光や温度とは無関係と思われた。また、様々な環境要因を組み合わせ、成虫羽化後の交尾や産卵を調べた実験では、張らが報告した複雑な仕組みの生殖休眠の存在を確かめることができなかった(和田, 未発表)。第2図はその一例である。秋口に老熟幼虫のときに水田から採集した個体は、本来なら水田から移出していくはずの個体であるが、羽化後閉鎖された環境にあっては、他の時期の個体と同じように交尾し産卵を行った。また、8月上旬に早期地帯の登熟期の水田で採集した個体と、普通期地帯の分げつ期の水田で育った個体とでも(両個体群は幼虫期の餌としてのイネの生育



第2図 異なる生育ステージの水田から採集した老熟幼虫の羽化後の累積産卵雌率

●: 8月上旬に早期地帯の成熟間近のイネから老熟幼虫を採集, ○: 8月上旬に普通期地帯のほぼ分げつ最高期のイネから老熟幼虫を採集, □: 9月上旬に普通期地帯の出穂期のイネから老熟幼虫を採集。
採集幼虫は 24°C, 自然日長(恒温室の窓際)で飼育し, 羽化後1対ずつ飼育容器に収容し, 受精卵の産下の有無を記録した。

ステージだけが異なると考えられる), 羽化後の産卵前期間に差は見られなかった。

このような実験から、成虫の移出に寄主の生育ステージが関与しているとはいえ、幼虫期の餌条件などにより、それ以前とは異なる形質の「移動性の成虫」が出現しているという証拠を見つけることはできなかった。したがって、本種の移出は成虫羽化の時点での寄主の生育ステージを含むなんらかの環境要因で決定されていると考えざるをえない。

IV 移出した個体はどこへ行くのか

秋に九州の登熟期の水田から移出していく成虫はいったいどこへ行くのであろうか。秋になると河川敷の雑草地や山間の草地などに多数の成虫が見られるようになるが、それらはおそらく水田から移出してきた個体であろう。しかし、それらの成虫はそこでもほとんど産卵増殖せず、再びどこかへ飛び立つようである。

最近筆者らは、毎年秋季に、中国大陸の稲作地帯から九州への飛来侵入に好適な気流の日に、ウンカ類が九州西岸の子察灯に高い確率で異常誘殺されていることを発見した(WADA et al., 1987)。また、コブノメイガにおいても、秋季の水田における雌の交尾率に明確な地域差があり、秋のウンカ類と同じ日に海外飛来があったと仮定すると、この現象は合理的に説明できた(WADA et al.,

印刷中)。これらは、コブノメイガやウンカ類が、梅雨期ばかりでなく、秋にも中国大陸から九州に大量に飛来してきていることの有力な状況証拠と思われた。この秋の海外飛来の存在は、秋に九州で羽化した成虫がどこへ行くのかを推察するうえで、次の点で示唆に富む。

① 秋の移動の主体は梅雨期のそれと移動方向が同じである。また、飛来成虫やその子孫は、イネの収穫や冬の到来によりまもなく死滅してしまうので、この移動には適応的な意義が見つからない。

② 水田からの飛び立ちは、例えば、戻りの移動を可能にするような気象条件（風向など）とは無関係に起こる。コブノメイガの場合、秋の交尾率は天候にかかわらず安定して低いので、この面からも、移出に特定の気象条件が関与していないことが支持される。

日本の秋は、夏の間に変化した偏西風が再び勢力を回復する季節であり、メソスケールで見ると上空にはおおむね西寄りの風が吹いている。気象条件にかかわらず飛び立つこと、非適応的な海外飛来の存在、さらに、成虫の弱い飛しょう力を考慮すると、コブノメイガの行く末は日本の秋の気流の大勢に従うものと考えられる。すなわち、九州の水田から飛び立った成虫の一部は本州のどこかへ到達するかもしれないが、大部分は日本の東に控える広大な太平洋に吸い込まれてしまうのではなからうか。中国大陸では秋に越冬地に向かう戻りの移動が推察されているが（張ら, 1980, 1981a), 少なくとも日本で羽化した成虫にとっては戻りはかなり悲観的といわざるをえない。

おわりに

毎年、熱帯から遠く温帯圏へ移動し、夏季の温帯の豊富な資源を利用する一群の昆虫がいる。一つは、オオカバマダラ (*Danaus plexippus*) や移動性カメムシ (*Oncopeltus fasciatus*) に見られるように、春から夏に繁殖地を北方に拡大したのち、秋季の短日・低温により生殖休眠を誘起し、移動によって好適な気候の越冬地に戻り着くタイプの昆虫である (URQUHART and URQUHART, 1978, 1979; DINGLE, 1974)。他方、新大陸の *Spodoptera exigua* や *S. frugiperuda*, *Heliothis* spp. などのヤガ類 (RABB, 1979; WALKER, 1980) や移動性アブラムシ (*Myzus persicae*) (TALOR, 1977) に代表される一群は、夏季の間に爆発的に生活圏を拡大するが、戻りの移動がほとんど観察されていない。また、これらの昆虫の中には農業上重要な害虫が多く含まれているという興味深い事実がある。コブノメイガもどうやら、少なくとも日本周辺においては、後者のタイプに属するように思われ

る。こうした戻りのない一方通行の移動は、個体群の移動に参与する遺伝子がやがて枯渇してしまうとして、移動システムが存在自体を疑問視する立場もあるが (WILLIAMS, 1957, 1958; WALKER, 1980), 積極的に支持する意見も多い (STINNER et al., 1983; FARROW and DALY, 1987; 奥・小林, 1978)。

ところで、ここで注目したいのは、前者の昆虫は生殖休眠を有し、これが戻りの移動を可能にしているのに対し、後者の昆虫は生活史の中に特定の休眠ステージを持たないことが多く、成虫期の生殖休眠は観察されていない。昆虫の移動を集大成した JOHNSON (1969) が、大部分の移動が羽化後まもない卵巣未熟期に起こるとして、Oogenesis-flight syndrome と称し特に論議したことからも明らかのように、生殖休眠を移動システムに取り入れることは、長距離移動にとって有利なことは疑いない。しかるに後者の昆虫では、生殖休眠を進化しえなかった。否、それは進化する機会がなかったからではなからうか。つまり、もし恒常的な戻りの移動がなかったならば、生殖休眠がいかに長距離移動に有利であっても、それは進化しえないであろう。

温帯に生息する昆虫は、厳冬や盛夏など不適環境下の生存率を高めるために、日長や温度を引き金とする移動や休眠を進化させてきた。一方、熱帯では雨期と乾期の周期が四季と同様「季節的」であり、ある種の昆虫は移動や休眠を進化させたが、その引き金となるのは、日長よりはむしろ食物や水分の制約である場合が多い (DINGLE, 1982)。コブノメイガは耐寒性がきわめて弱い (佐藤・岸野, 1978) ことやその分布域から見て、明らかに熱帯に起源を持つ昆虫である。寄主が登熟するとハビタットを飛び立つ単純な移動習性は、もし戻りの移動がなければ、それだけでは温帯圏では適応的な意義が見いだせないが、年中、多少とも寄主植物が存在する湿潤な熱帯地域 (コブノメイガはどの发育ステージも極端に乾燥に弱く、明らかに湿潤な地域に適應している) においては、有効な生活史戦略であると思われる。

主な引用文献

- 1) 張孝義ら (1980): 昆虫学報 25: 130~140.
- 2) ——— (1981 a): 南京農学院学報 第3期: 1~12.
- 3) ——— (1981 b): 同上 第4期: 1~12.
- 4) 宮原義雄ら (1981): 応動昆 25: 26~32.
- 5) 佐藤テイ・岸野賢一 (1978): 東北農試研報 58: 47~80.
- 6) 和田 節・小林正弘 (1980): 植物防疫 34: 528~532.
- 7) WADA, T. and M. KOBAYASHI (1982): Appl. Ent. Zool. 17: 278~281.
- 8) ——— et al. (1987): Ecological Entomology 12: 321~330.
- 9) ——— et al. (in press): Entomol. exp. appl. 46.

ウシカ類の移動予知

農林水産省九州農業試験場 ^わ ^な ^と ^な
渡 邊 朋 也

はじめに

長距離移動性害虫の中でウシカ類については、わが国での研究の歴史が比較的古く、海外からの飛来に関しても先駆的な研究が進められてきた (KISIMOTO, 1976 など)。しかし、ウシカ類の飛来を事前に予測するための予知モデルの開発は行われていなかった。1983 年から始まった農林水産省一般別枠研究「長距離移動性害虫の移動予知技術の開発」の中で、九州地域の国立・公立農業研究機関により、トビロウシカとセジロウシカを中心としたウシカ類の移動実態・発生消長の調査、移動に関する気象要因の解明、及び発生子知システムの開発が進められてきた。この中で、ウシカ類の長距離移動に関する気象要因については、850 mb 面の風向風速の解析により、下層ジェットの有無及びその位置と、ウシカ類の飛来パターンとの間に深い関係があることが明らかとなった (九州農試, 1985; SEINO et al., 1987)。また実際に標高約 1,000 m の山上と、地上に設置したネットトラップとの飛来侵入パターンを、連続的に観測する方法でウシカ類が下層ジェットにより長距離移動することの実証が試みられた (九州農試, 長崎総農試, 鹿児島農試, 1986)。

九州農試を中心とした研究グループは、次に移動・発生子知システム開発の第一歩として、850 mb 天気図の気象データから下層ジェットの存在を客観的に判断するためのコンピュータプログラムを作製し、これを用いてウシカ類の飛来侵入日を予測するモデルを開発した (九州農試, 1986; 渡邊ら, 1987)。本論では、このモデルを中心としたウシカ類の移動・発生子知における研究の現状と、今後の研究方向について述べてみたい。

I 移動予知モデル

SEINO ら (1987) は、850 mb 面の風の状態が次の三つの条件を満足するとき、ウシカ類の九州北部への飛来が起るとした。①中国東南部、東シナ海及び九州にかけての広い範囲に南西から西南西の風が卓越する。②下層ジェットの軸 (中心域) の位置が九州北部を通る。③九州北部からの流跡線が中国大陸の稲作地帯に到達し平

Forecasting Model for Overseas Immigration of the Rice Planthoppers. By Tomonari WATANABE

均流速が 20 ノット以上である。

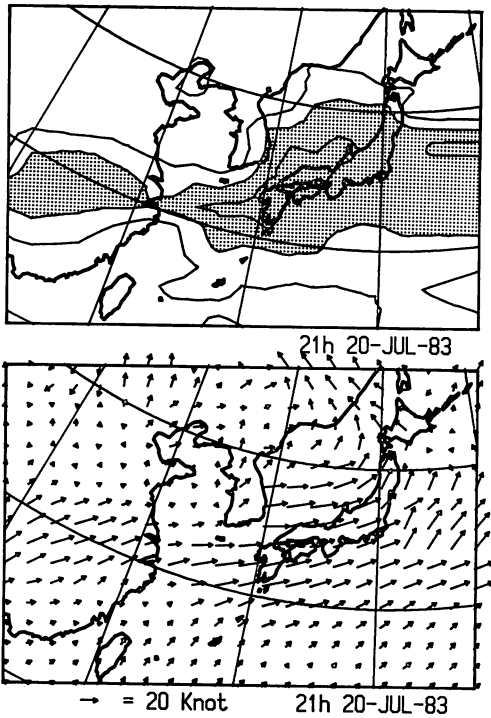
ここで述べるモデルは、上記の知見に基づき飛来条件の有無を定性的に解析するためのもので、次の二つの解析ステップを含んでいる。第一ステップでは、850 mb 面の等風速線図と風向風速図の作図を行い、第二ステップで下層ジェットの位置を判断し、流跡線解析を行いウシカの飛来日を予測する。予測は 850 mb 天気図から直接第二ステップを行うことによっても可能であるが、解析を客観的に行うためにコンピュータに第一ステップを行わせた。以下、コンピュータによる作図法を概説するが、詳細は渡邊ら (1987) を参照していただきたい。用いた気象データは、850 mb 面の風向と風速 (74 観測地点) で、作図させた範囲は中国大陸東部から日本全域が含まれる東西約 3,000 km, 南北約 2,000 km の地域である。

1 等風速線図

ウシカ類の飛来条件を解析するためのコンピュータによる作図には、二つの問題点がある。第一点は、このモデルでは下層ジェットという長時間一定方向に吹く風に注目しているため、風向が異なる風速の間で等風速線をかいても実用上の意味がないこと、第二点は、観測地点が均一には分布していないので、そのままではコンピュータに作図させにくいことである。最初の問題点については、各観測地点の風速から注目する風向の風速成分だけを取り出し、この値を観測地点の変換された風速とした。注目する風向は南西とした。つまり、各観測地点の風速は、風向が南西からずれるほど弱くなり、90 度以上ずれると風速は 0 となるように変換される。二番目の問題は、作図範囲を東西 20, 南北 16 のメッシュ (メッシュの間隔は等距離になる) に区切り、各格子点 (357 個) の風速を近接する三つの観測地点の風速から推定し、その値を用いて等風速線を作図させることで解決した。等風速線は 5 ないし 10 ノット幅でかいた。等風速線図から下層ジェットの軸の位置を判断するには、等風速線の長軸方向に線を引けばよい。

2 風向風速図

飛来をもたらす条件の①と②は、等風速線図から判断できるが、③についてはウシカを運ぶと思われる気塊がどこから来るかを示すために、風向も考慮する必要がある。そこで観測地点の風向と風速を変換せずに用いて、

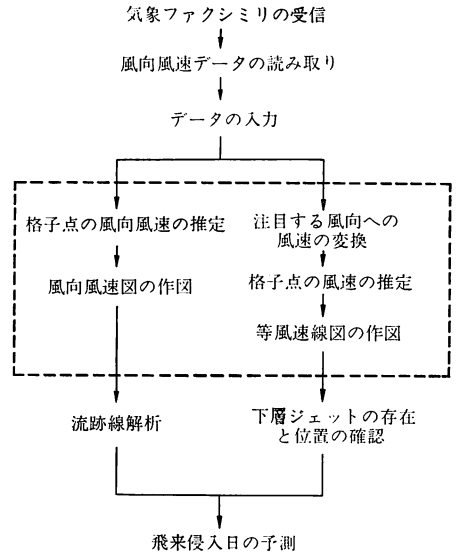


第1図 等風速線図(上)及び風向風速図(下)の一例(1983年7月20日,日本時間21時)
等風速線の幅は10ノット刻み,シルエットの部分(出力結果に付け加えた)が風速20ノット以上の範囲。風向風速図は矢印の方向と長さで風向と風速を表す。

格子点の風向と風速を推定し作図させた。

第1図に,九州農試でウンカ類の飛来を観測した日の作図例をあげた(1983年7月20日,日本時間21時)。二つの図から20ノット以上の強風域(下層ジェット)が中国大陸から西日本にかけて存在すること,九州北部から引いた流跡線が華中(揚子江流域)に到達することがわかり,ウンカがこの下層ジェットにより華中から西日本へ飛来侵入する可能性が判断できる。ウンカの飛来がないときは,下層ジェットが存在せず等風速線がかからないか,下層ジェットの位置が日本の上空を通過していなかった。

第2図に,気象情報の入手から飛来日の予測を行うまでのフローチャートを示した。破線の内部が現在コンピュータに作業を行わせている部分である。気象ファクシミリによる850mb天気図は,観測時間から約5時間後に受信できる。天気図からデータを読み取り,結果をコンピュータに出力させるのに約1時間必要なので,気象観測から約6時間後には飛来日の予測が可能となる。ま



第2図 気象情報の入手から飛来日の予測を行うまでのフローチャート

破線内が現在コンピュータによる作業が行われる部分。

た,将来高層気象データの利用がオンライン化されれば,より迅速で客観的な予測が可能となる。実際にこのシステムを予測に用いる場合は,一度の解析結果からではなく,12時間おきに送られてくる850mb天気図を連続して解析することにより,下層ジェットの発達の徴候をなるべく早くとらえることが必要である。

九州農試ではこのシステムを用いた予測精度の検討を本年度から始めたが,SEINOら(1987)も示すように,飛来日の予測精度は非常に高かった(九州農試,1987)。

ここで述べたコンピュータによる作図法は,気象学的には問題が残されているかもしれないが,ウンカ類の長距離移動に関与する数多くの要因の中からもっとも重要である要素(下層ジェット)を抜き出し,実用的観点からなるべく簡素で客観的な形で作図表現させることに成功しているといえる。さらに,長距離移動に上層の気流が関係していると考えられる他の昆虫に対しても,注目する風向を検討するなどの若干の変更により,その昆虫の移動に関する特異な風向風速パターンの抽出も可能であり,プログラムの応用範囲は広いと考えている。

II 研究の今後

1 飛来の規模の問題

ここで示した移動予測モデルは,飛来量に関する情報をほとんど与えてくれない。飛来予測モデルをさらに

発展させるためには、飛来の量や地域など、規模に関する情報を盛り込むことが不可欠である。日本への飛来の規模をなるべく早く把握するためには、主な飛来源とみなされる中国大陸、さらに周年発生地である東南アジアでのウソカの発生動向及びそれを左右する水稲栽培状況を知る必要がある。例えば、中国で最大の水稲栽培地帯である揚子江流域における二期作水稲栽培面積の増加、全稲作面積の25%に達しているハイブリッド品種の導入(内山田, 1987)が、ウソカ類の発生動態や飛来規模に及ぼす影響は大きいものと思われる。

2 飛来個体群の特性解明

飛来個体群の諸形質の特性の情報は、中国大陸や東南アジアでの個体群の特性との関係が明らかになれば、日本への飛来源を間接的に推定する根拠となる。今回の別枠研究のなかでは、トビロウソカについて、短翅型の発現率の異なるいくつかの個体群が飛来していることが示された(IWANAGA et al., 1985)。また飛来個体群の薬剤感受性に年次変動があることも報告されている(九州農試)。このような事例は飛来源の情報を与えるとともに、飛来定着後の増殖過程に関連するため、防除対策上も重要な特性となりうる。今後被害予測モデルなどとの関連を考えるうえでも、各種特性の飛来波による差異

あるいは年次変動を明らかにする必要がある。

おわりに

ウソカ類の移動予知モデルが他の害虫にさきがけて作製されたのは、長距離移動性害虫のなかでももっとも古くから知見の積み重ねがあったからである。しかし、現在のところ筆者らは下層ジェットの解析という手法により、移動条件の有無を直前に予知できるようになったにすぎない。ウソカ類の移動は国境を超えて起こる現象であり、今後の研究の深化には飛来源を含む広範な地域での国際的な研究ネットワークが必要である。また国内では、発生予知システムの開発、あるいはその検証に各地域のトラップやほ場密度調査などの情報が今まで以上に重要となることは言うまでもない。研究者、防除担当者のいっそうの協体制ととともに、全国レベルでのウソカ類の飛来発生情報のシステム化が望まれる。

引用文献

- 1) IWANAGA, K. et al. (1985): Entomol. Exp. Appl. 38: 101~108.
- 2) KISIMOTO, R. (1976): Ecol. Entomol. 1: 95~109.
- 3) SEINO, H. et al. (1987): J. Agric. Meteorol. 43: (in press).
- 4) 内山田博士 (1987): 農及園 62 (臨時増刊): 65~69.
- 5) 渡邊朋也ら: 応動昆 (投稿中).

新刊紹介

○「農薬マスクの手引」

農薬散布作業を行なう人々の健康管理をよりの確なものにするためには、農薬マスクの正しい使い方の知識は欠かせない問題です。従来は、各マスクメーカーの説明書に頼ってきましたが、関係者から農薬マスクの手引書が必要だという声が多くなっていました。

日本くん蒸技術協会はこれら関係者の意見を踏まえて先般、農薬マスクの効用、種類、選び方、上手に使うためのアドバイスをまとめた16頁の手引書を作成しました。この手引書は、植物防疫関係者のもとより、農薬管理指導士の方々の農薬安全使用指導の実務書として最適の書と思います。

制作: 日本くん蒸技術協会 (03-833-6923)

発売: 全国農村教育協会 (03-833-1821)

定価: 1部 100円 (送料実費, 切手可)

○「輸入植物検疫解説—昭和62年版—」

海外から病害虫の侵入を防止する植物検疫は、植物類

を輸入する関係者に種々制約が課せられる。この制約は細密、多岐にわたるため植物類を輸入する関係者がこれを承知することは仲々難しい。本書は、これら関係者が輸入検疫の内容を理解できるよう解説してある。

本書には、植物検疫で使用される用語、輸出国の検査証明書についての注意事項、検査申請書を作成するときの留意事項、輸入禁止品を試験研究用に輸入する場合の特別輸入許可手続き、病害虫が発見された場合の消毒、廃棄の方法等々について詳細にかつ懇切に解説されてある。

A5版, 220頁, 頒布価格 2,000円 (千実費)

監修 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課

発行 社団法人 全国植物検疫協会

東京都港区海岸 3-8-15 TEL 03 (453) 5935

なお、併せて、同協会から「植物防疫関係法令通達集—昭和62年版—」(A5版, 576頁, 頒布価格 4,000円, 千実費)が発行された。本書には、植物防疫法及び同法に基づく、植物検疫に関する政令、省令、通達の最新のものを収録してある。

紹介

新登録農薬

『殺虫剤』

フルバリネート水和剤 (62.4.13 登録)

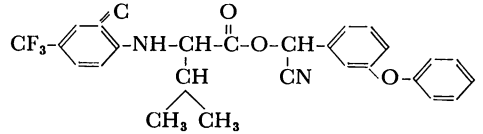
本剤は、米国ゾエコン社によって 1977 年に開発された合成ピレスロイド系殺虫剤である。その作用機構は、神経膜に脱分極を起こし神経伝導を抑制すると共に抑制性神経系において、シナプス間の抑制性神経伝達を阻害し、麻痺死させるものである。

商品名：マブリック水和剤 20

成分・性状：製剤は有効成分 (RS)- α -シアノ-3-フェノキシベンジル-N-(2-クロロ- α , α , α -トリフルオロ-*p*-トリル)-D-バリナート 20.0% を含有する類白色水和

性粉末である。原体は黄褐色粘ちょう液体で沸点 450°C 以上 (外挿値)、比重 1.29、アーモンド臭がある。溶解度 (25°C, g/l) は、水 2×10^{-6} 、アセトン 1,000 以上、メタノール 760、クロロホルム 1,000 である。熱、酸性には安定であるが、アルカリ性、光には短時間で分解する。

(構造式)



適用作物、適用害虫名及び使用方法：第 1 表参照。

使用上の注意：

- ① 石灰硫黄剤、ボルドー液との混用は避けること。
- ② 本剤の夏季における果樹・茶のハダニ防除には残効が短い場合など効果にフレが生ずることがあるので、ハダニ類を主体とした防除は避けること。

第 1 表 フルバリネート水和剤 (マブリック水和剤 20)

作物名	適用害虫名	希釈倍数	使用時期		本剤及びフルバリネートを含む農薬の総使用回数	使用方法
りんご	キンモンホソガ シンクイムシ類 アブラムシ類 リンゴハダニ ナミハダニ	2,000 倍	収穫 30 日前まで		2 回以内	散布
	シンクイムシ類 ナシチビガ アブラムシ類 ハダニ		収穫 45 日前まで			
かんきつ	ミカンハモグリガ	1,000~2,000倍	収穫 45 日前まで			
	コアオハナムグリ ケシキスイ類 ミカンハダニ	1,000 倍				
キャベツ	アオムシ コナシガ ヨトウムシ類 アブラムシ類	1,000~2,000倍	収穫 14 日前まで	3 回以内		
はくさい			収穫 21 日前まで			
だいこん		2,000 倍	収穫 14 日前まで			
なす	アブラムシ類	4,000 倍	収穫 前日まで		2 回以内	
きゅうり						
茶	チャノコカク モンハマキ チャノキイロ アザミウマ カンザワハダニ	1,000~2,000倍	覆下栽培を除く	摘採 7 日前まで		
	覆下栽培		摘採 21 日前まで			
ばら	アブラムシ類 ハダニ類	2,000 倍	—		—	
きく	アブラムシ類					

③ 蚕に長期間毒性があるので、散布された薬剤が飛散し、付近の桑に付着する恐れのある場所では使用しないこと。

④ 本剤の使用に当たっては使用量、使用時期、使用方法を誤らないように注意し、特に初めて使用する場合には病害虫防除所等関係機関の指導を受けること。

毒性：

(急性毒性) 医薬外用劇物。

① 取扱いには十分注意すること。誤って飲み込んだ場合には吐き出させ、安静にして直ちに医師の手当を受けさせること。本剤使用中に身体に異常を感じた場合には安静にして直ちに医師の手当を受けること。

② 粉末は目に対して刺激性があるので、目に入らないように注意すること。目に入った場合は直ちに水洗し、医師の手当を受けること。また散布液も目に対して弱い刺激性があるので、目に入らないよう注意すること。目に入った場合には直ちに水洗すること。

③ 散布の際は、防護マスク、手袋、不浸透性防除衣などを着用すること。また、散布液を吸い込んだり浴びたりしないように注意し、作業後は直ちに手足、顔など

を石けんでよく洗い、うがいをするとともに衣服を交換すること。

④ 本剤は、のど、鼻、皮膚などを刺激する場合、またかゆみを生じる場合があるので注意すること。

⑤ 作業時に着用していた衣服などは、他のものと分けて洗濯すること。

⑥ かぶれやすい体質の人は取扱いに十分注意すること。

(魚毒性) C類。魚毒性が強いので水田、河川、湖沼、海域及び養殖池などに本剤が飛散・流入しないよう十分注意すること。また、散布器具、容器の洗浄水及び残りの薬剤は河川などに流さず、容器、空袋などは焼却などにより魚介類に影響を与えないように安全に処理すること。なお、本剤はごく低濃度でも、魚介類に影響を与えるので特に注意すること。

なお、本剤のほか、フルバリネートくん煙剤(マブリックジェット)、フルバリネート・NAC水和剤(マブリックナック水和剤)が同時に登録された。

各々の適用害虫名及び使用方法：第2～3表参照。

第2表 フルバリネートくん煙剤(マブリックジェット)

適用場所	作物名	適用害虫名	使用量	使用時期	本剤及びフルバリネートを含む農薬の総使用回数	使用方法
温室、ビニールハウスなど密閉できる場所	なす	ハダニ類 アブラムシ類	くん煙室容積 400m ³ (高さ2m、床面積 200m ² 当り 50g)	収穫前日まで	2回以内	くん煙

第3表 フルバリネート・NAC水和剤(マブリックナック水和剤)

作物名	適用害虫名	希釈倍数(倍)	使用時期	本剤のみを使用する場合の使用回数	使用方法	フルバリネートを含む農薬の総使用回数	NACを含む農薬の総使用回数
かんきつ	コアオハナムグリ ミカンハモグリガ アブラムシ類	1,000～ 2,000	収穫45 日前ま で	2回以内	散布	2回以内	4回以内
	チャノキイロアザミウマ カメムシ類	1,000					
なし	シンクイムシ類 ハマキムシ類 ナシテムシ類 アブラムシ類 カメムシ類	1,000					
茶	チャノコカクモンハマキ チャノキイロアザミウマ チャノホソガ チャノミドリヒメヨコバイ カンザワハダニ	1,000	摘採21 日前ま で			2回以内	
ばら	アブラムシ類	1,000	—	—		—	—
つつじ	ツツジグンバイ	1,000	—	—		—	—

紹介  **新登録農薬**

『殺菌剤』

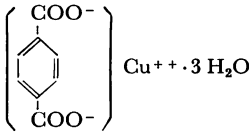
テレフタル酸銅水和剤 (62.4.13 登録)

本剤は東京有機化学工業(株)によって開発された殺菌剤である。本剤の作用機構は雨露などにより徐々に解離した銅イオンが病原菌体に吸着、浸透してタンパク酵素のチオール基に作用する呼吸阻害が主たるものと考えられている。

商品名：ボルコン水和剤

成分・性状：製剤は有効成分テレフタル酸銅 (II) 三水和物 85.0% を含有する淡青緑色水和性粉末 (45 μm 以下) である。純品は青色結晶で比重 1.89, 130°C 以上で徐々に分解、水に約 20 ppm 溶解し、有機溶媒類 (エタノール、アセトン、ベンゼン、エーテル、ヘキサソ、クロロホルム) に不溶である。強酸・強アルカリ性では分解し、光に対しては安定である。

(構造式)



適用作物, 病用病名及び使用方法：第1表参照。

使用上の注意：

- ① 石灰硫黄合剤との混用は避けること。
- ② 本剤を使用の際は、展着剤を加用すること。

③ 「かんきつ」及び「かき」に使用するときには、炭酸カルシウム水和剤 (200 倍) を加用すること。

④ 蚕に対して毒性があるので、桑にはかからないように注意して散布すること。

毒性：

(急性毒性) 普通物。

① 誤飲、誤食などのないように注意すること。

② 粉末は目に対して刺激性があるので、散布液調製時には保護眼鏡を着用して、粉末が目に入らないように注意すること。目に入った場合には直ちに水洗し、医師の手当を受けること。

③ 粉末は皮膚に対して刺激性があるので、皮膚に付着しないように注意すること。付着した場合には直ちに石けんでよく洗い落とすこと。

④ 散布の際はマスクを着用すること。

(魚毒性) B 類。一時に広範囲に使用する場合には十分注意すること。

第1表 テレフタル酸銅水和剤 (ボルコン水和剤)

作物名	適用病名	希釈倍数	使用時期	本剤及びテレフタル酸銅を含む農薬の総使用回数	使用方法
かんきつ	かいよう病	500倍	収穫45日前まで	5回以内	散布
かき	落葉病	500倍	収穫30日前まで	3回以内	
杉	赤枯病	400~600倍	—	—	

次号予告

次 12 月号は下記原稿を掲載する予定です。

特集：暖地・亜熱帯のウイルス病

九州及び南西諸島作物ウイルス病の特色と防除の諸問題 新海 昭

沖縄県における野菜ウイルス病の発生と防除 外間 数男

パパヤのウイルス病 与那覇 哲義

オペラント箱内でのハトの採餌行動——餌場の枯渇回避としての過少対応と抗負荷選択—— 松永 隆司

渡辺 茂

小笠原諸島の作物菌類病 佐藤 豊三

交信かく乱剤 (性フェロモン) による茶園のハマキ 池田二三高

ムシ類の広域防除 久場 洋之

ミバエ類の性フェロモン 久場 洋之

植物防疫基礎講座

病害虫防除のための統計学 (8)

多変量解析——データの隠れた構造を読む——

松永 隆司

定期購読者以外のお申込みは至急前金で本会へ

定価 1 部 500 円 送料 50 円

植物防疫

第 41 巻 昭和 62 年 10 月 25 日印刷
第 11 号 昭和 62 年 11 月 1 日発行

定価 550 円 送料 50 円 1 か年 6,100 円 (送料共概算)

昭和 62 年

編集人 植物防疫編集委員会

——発行所——

11 月号

発行人 遠藤 武雄

東京都豊島区駒込1丁目43番11号 郵便番号 170

(毎月 1 回 1 日発行)

印刷所 株式会社 双文社印刷所

社団法人 日本植物防疫協会

— 禁 転 載 —

東京都板橋区熊野町 13-11

電話 東京 (03) 944-1561~6 番

振替 東京 1-177867 番

新発売!

少薬量で (フロアブル…1.6%
乳剤…1.4%)

大きな効果

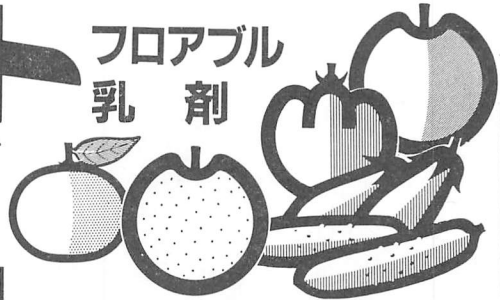
果樹・野菜・茶などの広範囲の害虫防除に
—新合成ピレスロイド剤—

増収を約束する

日曹の農業

日曹 スカウト

フロアブル
乳剤



●黒星病・赤星病・うどんこ病などの防除に

トリフミン[®]

水和剤

●果樹・いちごのハダニ防除に

ニッソラン[®]

水和剤

●畑作のイネ科雑草除草に

ナブ[®]

乳剤



日本曹達株式会社

本社 〒100 東京都千代田区大手町2-2-1
支店 〒541 大阪市東区北浜2-90
営業所 札幌・仙台・信越・東京・名古屋・福岡・四国・高岡

豊かな収穫が見えてくる。



使って安心・三共の農業

三 共 の 農 薬



●ムレ苗、苗立枯病を防いで健苗をつくる

タチガレエース[®]

粉剤

●灰色カビ病、菌核病防除に

三共 ロニラン[®]

水和剤



三共株式会社 北海三共株式会社
九州三共株式会社

イネの健康、大切に。



いもち病・健苗・ムレ苗

フジワン[®]

もんがれ病

モンカット[®]

ウンカ・ヨコバイ

アプロード[®]



日本農薬株式会社
東京都中央区日本橋1丁目2番5号

®は日本農薬の登録商標です。

連作障害を抑え健康な土壌をつくる!

花・タバコ・桑の土壌消毒剤

バスアミド[®]

微粒剤

- ❖いやな刺激臭がなく、民家の近くでも安心して使えます。
- ❖作物の初期生育が旺盛になります。
- 安全性が確認された使い易い殺虫剤

- ❖広範囲の土壌病害、センチュウに高い効果があります。
- ❖粒剤なので簡単に散布できます。
- 各種ハダニにシャープな効きめのダニ剤

マリックス 乳剤
水和剤

- ポルドーの幅広い効果に安全性がプラスされた有機銅殺菌剤

バイデン 乳剤

- 澄んだ水が太陽の光をまねく / 水田の中期除草剤

キノンドー[®] 水和剤80
水和剤40

モゲブロン[®] 粒剤



アグロ・カネショウ株式会社

東京都千代田区丸の内2-4-1

くん蒸作業・薬剤散布にシゲマツの防毒マスク

シゲマツのマスクが大切な健康を守ります。

くん蒸作業に大好評



GM-131
隔離式防毒マスク
国検合検第45号



乳剤
粉剤の散布に

GM-76
U1Hフィルタ付
直結式小型

株式会社 重松製作所

本社 千101-91 東京都千代田区外神田3-13-8
☎ 03(255)0255(代表) FAX. 03(255)1030

昭和二十四年九月九日 第三種郵便物認可

チカラのウルコ

頑固な雑草に必殺一発パンチ!

63年本格販売

62年の試販結果は、大好評!!

話題の低コスト除草
一発処理除草剤



農協・経済連・全農

クミアイ化学工業株式会社



ゆたかな実り—明治の農薬

稲・いもち病、白葉枯病、もみ枯細菌病、
きゅうり・斑点細菌病防除に……………



オリゼメート粒剤

きゅうり、トマト、てんさい、かんきつ、ピーマン、すいか、
メロン、茶、ばら、たまねぎ、稲、レタス、キャベツの
病害防除に……………

カッパーシン水和剤



明治製薬株式会社
104東京都中央区京橋2-4-16

