

# Suction machines による害虫相の定量的解析

## I. Suction trap 併用青色螢光灯に飛来する

### 昆虫類の季節的消長\*

鳥 居 酉 藏\*\*

(信州大学農学部応用昆虫学研究室)

#### 目 次

緒 言	2
I Suction machine の種類, 構造及び性能	3
1 はじめに	3
2 Suction trap	3
(1) 吸引力	3
(2) 持続力	4
(3) 捕虫装置	4
3 Portable suction catcher	4
4 摘 要	5
II Suction trap 併用青色螢光灯成績の解析	5
1 研究の意義及び目的	5
2 観察装置	6
(1) 電殺装置と光源	6
(2) Suction trap の効率	6
3 観察期間と解析資料	7
4 種類群の季節的消長と気象諸要素との相関関係	8
(1) 記載的資料	8
(2) 個体数及び種類数との全相関	9
(3) 温湿度条件の一方を固定した場合の偏相関	12
(4) 温湿度を総合した場合の重相関	13
(5) 明暗度との相対的關係	15
(6) 雨量との相対的關係	15
5 飛来の時間的変動とその季節的移行	15
(1) 記載的資料	15
(2) 時間別累積百分率曲線と個体数変動指標	15
(3) 種類群の時間的変動	17
(4) 主要種類の季節的消長	19
(5) 単独飛来種の時間的変動	21

\* 昭和30年度及び昭和31年度文部省科学研究費交付金（各個研究）による。予報として日本応用昆虫学会，応用動物学会合同大会（昭和31年）及び第1報として日本応用動物昆虫学会（昭和32年）に夫々発表。

\*\* 信州大学農学部教授

6 考察と結論	24
(1) 推計学的考察：相関法の適用限界と季節的消長への適用	24
(2) 生態学的考察	25
(i) 飛来状況と発生消長との関係	25
(ii) 飛来状況と微環境要因との関係	26
(iii) 飛来昆虫の種類の増減	28
(iv) 飛来の時間的変動からみた走光性昆虫の夜間活動性	28
7 摘 要	30
参考文献	32
英文摘要	44

## 緒 言

圃場及びその所在環境に発生する害虫の棲息状況並にその季節的消長を精密且つ正確に捉えることは、直接的な駆除計画を樹てる上からも、或は発生予察の点からも極めて重要なことである。従来この目的で圃場内に発生する害虫の棲息密度を推定する種々の手段方法が検討され、又走光性昆虫に対しては誘蛾灯成績が種々の角度から解析される等幾多の研究調査がなされている。然し実施面で或は資料の信頼度の点で尙根本的に解決を要する問題が残されている。掘り取りデータの信頼度、運動活潑な成虫群のとらえ方、誘蛾灯成績と気象諸要素との関係或は又発生予察の理論的及び統計的根拠の確立等がそれである。

殊に戦後強力な殺虫剤が広く利用されるにつれこれ等の問題は一層早急な解決を迫られている。即ち強力農薬の大規模な使用は従来の自然界の平衡を著しく破壊し、発生予察の為に長年蓄積された統計的資料の利用性を著しく低下さす惧を招いている。従つて激変する事態に即応して速やかに害虫相の変動を的確に捉えるに足る sampling の理論と方法の確立が望ましい。著者はこの目的で1955年以來自動吸引装置の suction trap と suction catcher とを試作し先ず Sampling の方法の改善に努力した。著者の知る限りではこの種の研究はまだ本邦では発表されていない。尙目下研究継続中で、残された問題も決して少なくないが、取敢えず初期の結果を報告する次第である。

本論に入る前、この研究の端緒を与えられた九州大学農学部<sup>\*</sup>の江崎悌三教授、安松京三助教授の両博士に対し、又研究の実施につき一方ならぬ御支援を頂いた前農林省農業改良局研究部長河田党博士<sup>\*</sup>に対し、Suction trap の設計に当り種々御高教頂いた東京大学工学研究所の谷一郎教授に対し、更に終始鞭撻と激励を与えられた前信州大学農学部長太田勇治郎教授並に恩師信州大学繊維学部教授の八木誠政博士に対し、夫々衷心から深く感謝の意を表する次第である。又この研究は1955年及び56年度の文部省科学研究費の補助によつて始めて成し得たことを記して厚く感謝の意を表する。

<sup>\*</sup> 現科学技術庁科学審議官

## I. Suction machine の種類、構造及び性能

### 1. はじめに

従来の Sampling は極めて簡単な道具で行われ実施上容易である利点が多いが、データの信頼度の点で常に問題があつた。1953年英国 Rothamsted 農事試験場の Johnson 博士は蚜虫集団の空中密度を追跡する目的で自動式 Suction trap を創作したがその高い効率や操作性によつて、今後の採集方式の一つの新しい方向を示した。尤も吸引力を利用した Suction trap そのものは既に Metcalf 及び Flint ('51) の有名な著書にもその名が出ている。然しその実体については何も書いてなく Johnson の報文によつて初めて知り得た次第である。著者は之にヒントを得て、種々改良を加えた上第1型の Suction trap (写真1) を1955年に作製した。その後更に各部に改良を加えて1956年には略完成することができた (Type II, 写真2)。この Suction trap は蛍光灯に併置して走光性昆虫の飛来活動調査に著しい効果を記録できたが、更に単独に果樹園又は畑地に設置して所在害虫の動きをよく捕捉できるとの見透も得た。その後 Johnson 及び Taylor ('55) が畑地用の小型のものから、棲息密度の小さい高層気中や強風時使用に適する大型のもの等色々作製していることを知つたが、まだその詳細は知ることは出来ない。

著者が作製したものは大型で一地点に固定して使うには便利であるが、畑地内に備えて所在害虫の微細分布を調査するには適さない。

そこで持ち運び自在な小型 Portable suction catcher を1955年4月全く独自の立場から創作した。これは真空掃除器にヒントを得たものであるが、使用後約1ヶ年半を経た昨年末になり、全く同様なヒントから、米国の Kennard 及び Spencer が insect collector として作り1956年8月に J. Economic Entomology に発表していることを知つた。このものは著者の Type II (写真7) と外観がよく似てい、高い樹上の微小昆虫を吸引するのに使われている。

何れにせよ、この様な自動式の採集器特に吸引力を利用したものが英米で用いられ始めていることは注目すべきことである。

本邦では著者の研究室で4基(1955年)長野県農事試験場下伊那分場と飯田市営実験農場とで夫々1基ずつ(1956年)の Suction trap が試用されて居り、Suction catcher は当研究室(1955年)と九州農業試験場(1956年)とで夫々一台ずつ試用されている。

### 2. Suction trap

1955年に試作したものは Johnson の1953年型と略同型(写真1)であるが、捕虫筒の形式、毎時落下する隔板の落下装置(時計仕掛)及び導風板の新設等で独自の工夫をした。この中導風板は円筒内の乱流を防ぎ吸引力を増大する目的のもので、谷教授の御教示によつた。

(1) 吸引力 吸引力或は空気吸引量の厳密な検査はまだしてない。概略の検査は次の様にした。

試験器として巾約5mm 長さ約35cm の短冊型紙片多数を直径25cm の円鏝につるしたものを作り、之を吸引口(円筒喇叭口)附近にかざした。吸引口の上方約10cm、口端から約10cm までは試験器の紙片は容易に吸い込まれる。それ以上離れると吸引力は急激に落ちるが、尚紙片は引き込まれ勝であり、煙草の煙などは口端30cm でもよく吸い込まれる。吸引口の真上では高さ30cm 位まで上記試験片がよく吸い込まれるのがわかる。1cm平方の薬紙片を多数上方から落すときも略

\* 共に著者の依頼による。

同様の結果になり、特に真上で落下すると約 50cm 上方でも殆ど大部分の紙片がよく吸い込まれる。野外でも余り風が強くない限り（軽風以下）、喇叭口の上方 20～30cm を飛び過ぎたり、或は喇叭口端附近に近づくと小虫は実に急速に吸い込まれて了い殆ど離脱できない。ファンのモーターは $\frac{1}{4}$ 馬力であるが、少々性能の落ちるものを使つて上述の様な結果であるから、もつと強力なものを使えば吸引力は更に増すであろう。

(2) 持続力 モーターの下部軸端に軸承をおいて廻転摩擦を防いだので、12時間以上の連続廻転と連日の使用にたえた。又防水蓋をモーター上部に取りつけ雨水の侵入を防いだので焼け切れる惧もなかった。モーター保全には週一回位軸心に注油し、更に連続使用2ヶ月位で分解掃除をするとうい。

(3) 捕虫装置 第一年度のものは Johnson 型の円筒式で、時計仕掛により1時間毎に1枚ずつ仕切り用円板が落下しその間に吸引捕獲された虫が保存される(写真1喇叭形円筒の最下部)。初め小形の捕虫筒を使つたが落下板が軽過ぎて大形蛾類や甲虫類の制圧が充分でなく、仕切り円板の間で之等が暴れて小形蛾類の汚損をひき起し易く、特に大量捕獲の場合その害が大きいので後に捕虫筒の口径を2倍にし、更に殺虫剤添用装置を外側につけた(写真1の捕虫筒はこの改良型で更に通風用の小孔窓(金網張)を多数設けてある)、その結果前述の欠点は大部除かれたが、今度は円板が重過ぎて時計仕掛に故障を起し易くなつた。そこでこの円筒式捕虫器を一変して自動廻転式の円盤装置に改めた。

写真2、3及び附図1に示した様に、12箇の小型網製円筒を円盤上に円陣に並べ圓盤自体が1時間毎に1駒ずつ自動的に廻転して小円筒を一箇ずつ丁度喇叭型吸引円筒の落ち口の直下に位置さす様にした。この自動装置は電磁石と時計の協同で作動する。各小円筒ははめ込み式で自由に取り外せ、はめ込み口には殺虫剤皿を置いてある。又落ち口の側面には殺虫液滴下装置をとりつけ、吸引氣流と共に氣化した殺虫剤が絶えず小円筒内に流れ込む様にした。これ等の捕虫小円筒は全部一つの有蓋円盤の中に蔵められて居り、あたかも一大蒔壺の中にある様にしたので、大形昆虫も容易に死に、他の小昆虫に被害を及ぼしそれ等の保存を悪くする様な惧が殆どない。又風雨の被害も全くなつた。

### 3. Portable suction catcher

真空掃除器と同原理であるが、初期のものは全く独自の工夫によつて作つた。特に吸引虫捕捉用の網室と吸引口の形式に注意した。初め吸引管は固定式(写真4)であつたが、改良型では一部をビニール製フレキシブル・チューブに変えた。又モーターの廻転中に捕捉網室内で虫が死ぬ様に殺虫液滴下装置を円筒部に取りつけた。改良型 Type II は日立真空掃除器を改変したものである(写真5)。吸引力はバッテリー使用の時と交流電源使用の時(モーターは交直両用)とで少々違うが、何れの場合でも1cm 平方の罌紙片を3～4cmの所から吸い取ることができる。双翅類等は更に容易に吸い込む。作物上の幼虫は勿論、ウンカ、ヨコバイ類、虻及び小形蛾類並に甲虫類等何れも容易に吸い込める。特に従来の net sweeping と違い殆ど作物を損傷することがなく、又圃場内の虫の自然状態を余り乱すことがないので、害虫群の真相をつかむのに極めて適している。然し大形鱗翅類や直翅類の捕獲には余り適さない。Suction catcher を用いた圃場内害虫相の解析は後報に譲る。

尚 Suction trap の初期の製作は伊那市酒井理化匠器製作所に、後期のものと円盤式廻転捕虫器及び Portable suction catcher の製作は伊那市旭電機株式会社池上技師に夫々依頼した。時計仕掛は伊那市竜水社時計株式会社の桜井技師の手を煩わした。記して上記各商社並に関係者の犠牲的御協力に対し深く感謝の意を表する。

#### 4. 摘 要

- (1) Suction trap type I 及び II に写真 1 及び 2 に示した通りである。
  - (2) 概略検査の結果、試作 Suction trap の吸引力は可成り強く実用上可成り有望なことが期待された。即ち喇叭口附近を通過する小昆虫を容易に吸い込むことが出来、又上方から落下する小物体は可成り多数でもその殆ど大部を誤なく吸いとることが出来る。
  - (3) Suction trap type I の捕虫筒は小口径の場合は仕切り円板の落下は好調であったが、軽過ぎて大形昆虫をおさえきれず、その為自他の捕捉昆虫の汚損を招き易い欠点があった。大口径にするとこの欠点は著しく除かれたが、仕切り円板が重過ぎて時計仕掛けに故障が起り易く、時間的資料の確保に支障を来し易くなつた。
  - (4) 円盤廻転式捕虫装置（写真 3）の考案によつて(3)の欠点は全く除かれた。
  - (5) Portable suction catcher type I, その改良型 及び type II は夫々写真 4, 5 及び 7 の通りである。
- 6 試作 Suction catcher の吸虫力は相当強く、作物上の各種幼虫類、蠅類、小形蛾類並に甲虫類及びヨコバイ類等を充分に吸い取れる。又作物を殆ど損傷せず、圃場を攪乱する惧も少なく、自然状態のまま害虫群をとらえるに適していることがわかつた。

### II Suction trap 併用青色螢光灯成績の解析

#### 1. 研究の意義及び目的

害虫の場所的な発生状況並にその季節的消長の調査研究には誘蛾灯が利用されることが少くない。その研究成果は直接駆除に或は更に進んで発生予察に重要な役割を演じている。

一方戦後強力殺虫薬の広範な使用と共にその重要性が漸次没却される傾向を生じた。然し薬害対策の上からも、費用軽減の点からも、薬剤散布の適期をより速やかに見出すことは依然として重視され、発生状況の的確な把握と予察の重要性は却つて増大するとも決して減じた訳ではない。殊に強力農薬による自然界の平衡状態の著しい攪乱、それに伴う統計的資料の利用性の低下を考慮すれば一層その必要性が痛感される。誘蛾灯としても迅速的確に資料を得るにふさわしい、充分高性能のものが望まれる。

著者はこの諸点にかんがみ、従来の捕虫装置にかえて Suction trap を設置し、更に電殺装置を付けて、青色螢光灯に集中飛来した昆虫を悉く捕獲する誘蛾灯方式を採用した。この方式の効果は充分満足すべきもので、これによつて虫の発生量をより高い信頼度で推定でき、従つて極めて迅速的確に発生予察の信頼すべき資料を確保できるとの見透しが得られた。この事は害虫の発生状況と環境条件との相関関係の分析、更に進んでは相互の因果関係の探求にまで遡り、害虫発生の抜本塞源の対策発見の道を開くものでもある。

この研究中、trap の調整、標本の採集整理等誠に煩雑な仕事に当研究室の神谷みつる嬢の手を終始煩わした。ここに記して深く感謝の意を表する。

## 2. 観 察 装 置

(1) 電殺装置と光源 電殺装置は写真1, 2に示した様に矢羽状に配置した三つの衝突壁から成る。衝突壁は1mm銅線を縦に張つたもので、ここに1000V, 30mAの高压電流を通す(屋外用蛍光灯安定器の変圧器使用)。流れる電流が少いので人畜には特に危険という程でもないが、取扱いは勿論充分の注意がいる。3000Vでは触れた虫体は焼却され後に全く形骸を止めないとの事で、駆除だけが目的ならとも角、予察灯には不向きと考え、電撃で虫が瞬間に落下する程度まで電圧を下げた。この装置では銅線に触れた虫は大部分感電電撃で直ぐ落下し(小形のガガンボ類などはそのまま翌朝まで引きかかっていることも多い)、決して焼けきることはない。大形昆虫で銅線の間にはさまれて暫く暴れる様な時は多少の焼け焦げを造るが種類同定に困る様なことはない。

蛍光灯は20W屋外灯で電撃装置の中央支柱の位置に嵌め込んだ(写真1及び2)。その直下にSuction trapを備えてある。

(2) Suction trapの効率 Suction trap type Iの捕虫効率を次の様にして推定した。対照用として構外水田(附図2)に設置した二基の中一基のSuction trapのモーターを休止させ、その喇叭口の上即ち電殺装置付き青色蛍光灯の直下に径約50cm, 深さ約10cmの水盤をおき、ここに湿式誘蛾灯の常法に従つて水(フォルマリン添加)を盛り、更に軽油少量を浮かせた。電殺装置を働かせたことは言うまでもない。この方式で得た対照成績を、構外水田の他の一基、構内水田及び農場(附図2)の各一基の成績と夫々比較検討した。結果は第1表に示した様に種類数個体数共にSuction trap; 成

第1表 Suction trap 付き青色蛍光灯の捕虫効率(数字は百分率)

st.		種 類 数						個 体 数					
		T	M	C	Ho	He	Ti	T	M	C	Ho	He	Ti
湿 式	湿	100	100	100	0	0	100	100	100	100	0	0	100
	25/Ⅷ 水	164.0	111.8	275.0	200.0	0	150	150.7	62.2	142.9	444.4	0	146.9
	構	372.0	388.2	225.0	200.0	100	200	113.9	348.6	100	138.9	100	274.6
	農	364.0	329.4	425.0	100	200	200	222.9	245.9	802.9	100	400	358.6
と の 比 較	湿	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100
	29/Ⅷ 水	300.0	360.0	450.0	100	0	100	222.6	450.0	950.0	240.0	0	283.1
	構	300.0	320.0	650.0	100	200	50	166.1	372.2	1266.7	90.8	200.0	201.9
	農	250.0	240.0	650.0	100	100	125	160.6	288.9	2366.7	50.8	100	160
乾 比 式 と の 較	湿	100	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100
	30/Ⅷ 水	111.1	146.2	150.0	100.0	0	25	187.4	240.0	550.0	150.0	0	44.4
	構	355.6	576.9	300.0	300.0	0	100	261.5	3186.7	325.0	1000.0	0	744.4
乾 比 式 と の 較	乾	100	100	100	0	100	100	100	100	100	0	100	100
	1/Ⅸ 水	173.9	233.3	140	100	0	350	214.7	162.5	190.9	100	0	134.6
	構	256.5	433.0	180	200	0	100	440.8	443.8	372.7	663.6	0	709.1

註: 1). 湿: 湿式誘蛾灯成績  
乾: 乾式誘蛾灯成績

2). 水: 構外水田成績  
構: 構内水田成績  
農: 農場成績

構外水田  
Suction trap 付  
き青色蛍光灯成績

3). 100は基準としたもの。

4). T: 総数; M: 蛾類; C: 甲虫類;

Ho: 同翅類; He: 半翅類; Ti: 大蚊類

績の方が圧倒的に多く、捕虫効率が極めて高いことを示した。その効果は言うまでもなく suction trap の吸引力によることは全く明らかである。設置地点の環境条件の特異性によつて多少の変動はあるが、種類数では総数で対照成績の大体 1.5 倍以上 3.7 倍にも及ぶ。種類群成績も略同様で蛾類では 8 月 30 日夜などは、対照成績の約 5.77 倍にも達している。甲虫類では 8 月 29 日夜には最高 6.5 倍を記録した。個体数も大体同様な傾向を示しているが特に蛾類では対照成績の約 32 倍、甲虫類では約 24 倍の夫々最高記録を出している。同翅類、半翅類（この類別については第 3 節参照）及び大蚊類では種類数及び個体数共時と場所によつて関係が逆転している場合も見られるが、此等は何れも個体数が 1 匹乃至数匹の時起つているので、偶然的要素に多分に支配されていたと解すべきで、此等の種類も亦多くの場合湿式より遙かに多数捕獲されている。

対照用湿式の水盤口径は常法による 20W 青色蛍光灯用の水盤の口径に比べ約半分にしか達しない。従つて常法の湿式誘蛾灯成績とそのまま比較する訳にはいかないが、水盤の口径は Suction trap の喇叭口の口径より約 10cm 大きいので Suction trap の効率判定の資料としては充分信頼するに足る。

又乾式に準じた対照成績も略同様な結果になつた。Suction trap のモーターだけを休止させ、その他はそのままとして（但し捕虫筒に簡単な脱出防止装置をつけ更に底に殺虫剤 KCN を少量置いて）得た対照成績も亦第 1 表下段に示した様に矢張り平行実験の Suction trap 成績に比べ著しく低い捕虫率を示している。

以上によつて、Suction trap の捕虫能は極めて高く、常法の乾式或は湿式誘蛾灯のそれに比べ、大体 2～4 倍の効率をもつことが結論される。時によつて 20～30 倍もの個体数を記録しているが、それ等は飛来数が比較的多い時に起つているので、大発生の時程捕虫率が高い事を暗示している。尙この成績は type I に関するものであるが、その効果は主として吸収能に帰せられるので、捕虫筒を改良した Type II にも当然あてはまるものといえる。

ニカメイガに対する青色蛍光灯（20W）の誘致数は旧来の石油カンテラ灯や 60W 白色電球のそれに比べて数倍から十数倍にも達することが報告されている。今回の成績にはニカメイガが全く含まれていないので、旧来の方式の成績と直接比較する訳にはいかないが、青色蛍光灯の優れた誘虫力に、suction trap の高い捕虫能が加わつて今回の素晴らしい成績を得たものといふことができよう。

ひるがえつて Suction trap を用いぬと誘致虫の 50% 時には 75% まだが捕り残されて光源附近に放置されるという惧も生ずる訳である。従つて従来兎角憂慮されていた誘蛾灯設置点附近の残留虫による被害も Suction trap を併用すれば可成り完全に除去できるのではなからうか。

尙以下の解析資料は Suction trap type I によつて得られたものである。

### 3. 観察期間と解析資料

電殺装置付蛍光灯併用 Suction trap（以下簡単の為に単に Suction trap と呼ぶ）を構内水田、農場に各 1 基ずつ及び構外の一般農家の水田二ヶ所に 1 基ずつ計 4 基を 4 地点に設置した（附図 2）。

この中構外水田の2成績は大勢が余り変らなかつたので、以下の解析には何れか一方を用いた。構内水田と構外水田では昭和30年8月6日に、農場では8月12日に夫々点灯観察を始めた。点灯は原則として日没から翌朝までの約12時間としたが、各地点での点灯時刻は設置地点、機械の調子及び人手の関係で多少の差が出来、又日によつても多少まちまちとなつた。

気象資料はすべて附属農場内の気象観測所(附図2)の自記計器の計測値によつた(附表1)。明暗度、雲量及び月光の有無等はすべて点灯時の目測結果で、それ等の全夜成績は調べてない(第1図の月明は1部暦によつた所もある)。

8月中21回、9月中21回、10月中20回及び11月中10回(最後は11月15日)と約2ヶ月半に至つて大雨の日と日曜祭日とを除いて殆ど連日点灯した。その間 trap の故障(主として時計仕掛落下板の不調)、天候状態や人手の不足にもとづく種々の困難に悩まれて三地区4地点成績の中真に略同一条件で比較検討できるものは可成りその数を減じた。又集光飛来したすべての昆虫を時間別に類別したので、材料の全部を整理し終つた訳でもない。以下の解析には8月下旬以降の成績中から大体各旬の代表的成績と思われるものを三地区別に選んで用いた。それ等について夫々総数並に蛾類、甲虫類、同翅類、半翅類及び大蚊類の5種類群を大別し、その各々について種類数と個体数の変化を見た。

尚半翅目は便宜上二つに分け異翅亜目に属するカメムシ科、タガメ科、マツモムシ科及びミズムシ科のものを半翅類と呼び、同翅亜目に属するアワフキムシ科とヨコバイ科のものを特に同翅類と呼ぶ事にした。尤もこの様に分類学的基準によつた種類群を一括単位として生態学的解析を進めることの可否は問題であろうが、先ず手掛りとしてこの類別を用い、その解析結果に従つて夫々の主要構成種の解析に進んだ。

#### 4. 種類群の季節的消長と気象諸要素との相関

(1) 記載的資料 第2表(A, B, C)に明らかな通り時季によつて著しい変動がみられ、更に観測地点によつても多少の変化がみられる。特に個体数の季節的変動は第I図構内水田成績の例に

第2表 主要種類群の季節的消長

A. 構 内 水 田																						
類別	VIII			IX				X											XI			
	25	29	30	1	5	6	11	14	20	21	29	4	5	10	12	17	23	7				
T	1787 (91	3461 60	2946 95	4298 59	2757 56	8093 73	5624 62	18796 68	5375 56	1865 61	4315 56	1302 41	5379 52	2233 88	22 5	745 64	77 29	14 10)				
M	118 (66 23	63 32 10	474 75 25	71 39 13	69 34 14	100 39 9	147 44 16	58 13 5	110 40 11	70 39 18	81 27 8	48 20 10	94 29 5	319 50 14	21 4 2	188 43 13	40 16 3	8 6 0)				
C	35 ( 9 3	71 12 2	12 6 2	37 8 2	20 8 1	44 17 4	21 6 1	801 29 4	23 5 3	34 7 2	246 12 0	70 6 1	6 4 1	2 1 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0	0 0 0)				
Ho	24 ( 2	59 2	9 3	73 2	5 2	28 2	0 0	396 3	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0)				
He	1 ( 1	7 3	0 0	3 1	66 2	116 2	730 1	12698 6	413 1	0 0	1 1	3 3	5 1	8 3	0 0	0 0	0 0	0 0)				
Ti	173 ( 4	323 2	134 4	780 2	544 3	3352 4	2940 6	190 4	1011 3	333 5	2836 3	739 3	3842 2	1442 10	0 0	218 6	21 2	3 1)				

\* 夜間活動型(5, (3)参照)についてこれ等の種類群に夫々特有の、しかも一定の型が認められたので、この様な分類学的基準も生態学的に意味があると考えている。



## B. 構外水田

類別	VIII 25	29	30	IX 1 5 6 11				14	20	21	29	X 4 5 10 12 17				
T	2375 (41	4639 60	2118 30	3568 49	3121 72	8659 44	5153 50	12847 50	5558 35	1646 34	2463 48	510 29	3553 49	522 39	27 14	626 51)
M	22 (19 4	82 36 13	30 19	49 26 12	99 39 11	46 19 8	48 31 17	29 7	78 13	50 24	48 18	17 9	36 28	69 19	7 4	133 33)
C	50 (11 3	57 9 3	23 4	10 9 3	28 8 3	32 10 1	31 7 3	760 27 4	73 8 1	123 1	480 16 2	9 4	3 2	0 0	0 0	1 1)
Ho	80 (2	156 2	15 1	8 1	4 2	10 2	0 0	548 2	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	0 0	0 0)
He	0 (0	0 0	0 0	7 1	91 4	992 2	40 1	4770 5	409 2	0 0	14 2	0 0	1 1	0 0	0 0	2 1)
Ti	92 (3	453 4	8 1	271 5	280 6	1910 5	2285 6 2	853 1	40 5	22 5	572 6	232 6	2062 7	393 10	2 1	284 6) 1

## C. 農 場

類別	VIII		IX				X						
	25	29	1	5	6	11	14	20	21	29	10	12	31
T	3513 (90	3347 50	975 23	7415 49	3300 53	4303 49	20368 70	9575 69	979 37	2504 47	902 38	21 15	1 1)
M	81 (56 12	51 24 12	16 9	86 24	43 29 10	88 34 10	54 14 3	109 38 7	74 27 5	44 13 10	81 19 12	7 7	1 1)
C	569 (15 2	142 13 5	11 5	72 13 3	59 13 7	49 7	2623 36 8	123 20 5	85 4 1	492 19 5	0 0	1 1	0 0)
Ho	18 ( 1	33 2	0 0	12 2	2 2	0 0	173 2	2 1	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0)
He	4 ( 1	1 1	2 1	432 2	530 2 1	658 2	14100 4 2	824 3 1	1 1 1	1 1 1	4 3	0 0	0 0)
Ti	226 ( 4 2	256 5	110 2	981 1	977 2 1	1217 3 1	73 2	467 3 1	0 0	692 6 4	727 3	1 1	0 0)

註：1). T：総数；M：蛾類；C：甲虫類；Ho：同翅類；He：半翅類；Ti：大蚊類

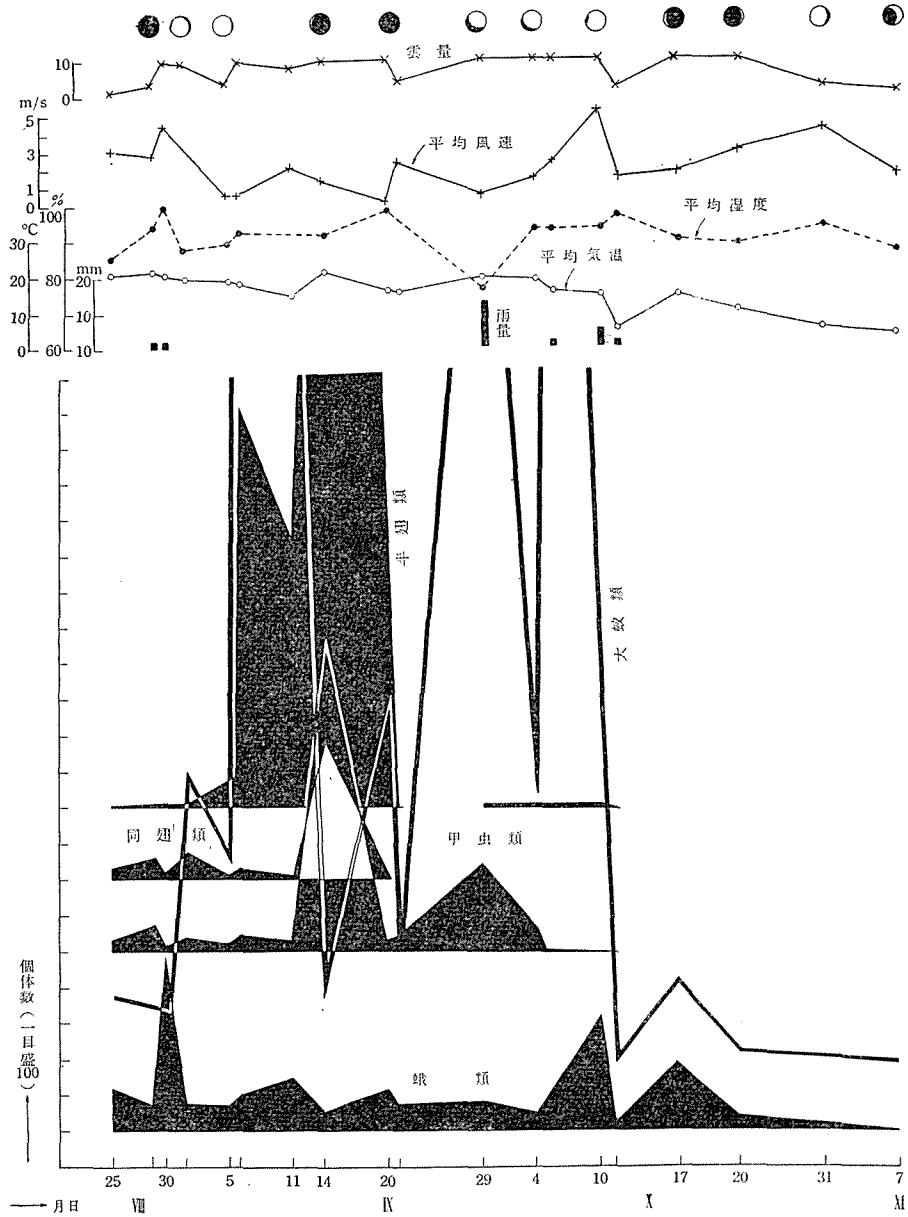
2). 太字は種類数；イタリックは単独飛来種の数

見られる様に極めて著しい。しかもその起伏の状は各種類群に夫々特有の観がある。

又一方気象要素の変動とも或る種の相関が看取される。

(2) 個体数及び種類数との全相関 気象諸要素の中全夜成績の明らかな気温、相対湿度及び風速を選びそれ等の各夜平均値と各夜飛来個体数及びその構成種数との相関関係を吟味した。

第I図 主要種類群（個体数）の季節的消長と気象条件（構内水田成績）



第3表 主要種類群の季節的消長と気象要因の季節的変動との全相関係数(r)とその意義検定

構外水田 (df : 1, 14)				構内水田 (df : 1, 16)			農 場 (df : 1, 9)			
類別	対気温	対湿度	対風速	対気温	対湿度	対風速	対気温	対湿度	対風速	
個 体 数	M	$r_{12}$ 0.0745 (0.78)	$r_{13}$ 0.1144 (0.67)	0.0035 (0.98)	$r_{12}$ 0.2734 (0.27)	$r_{13}$ 0.3411 (0.17)	0.5801* (0.012)	$r_{12}$ 0.5453 (0.08)	$r_{12}$ -0.0546 (0.90)	-0.2392 (0.43)
	C	0.3954 (0.13)	-0.0401 (0.90)	-0.2731 (0.33)	0.3615 (0.14)	-0.1870 (0.48)	-0.2075 (0.43)	0.4559 (0.15)	-0.1926 (0.60)	-0.1700 (0.56)
	Ho	0.3794 (0.14)	0.0382 (0.90)	-0.0045 (0.96)	0.3473 (0.15)	0.0080 (0.97)	-0.0612 (0.80)	0.4229 (0.18)	0.0035 (0.98)	-0.1148 (0.72)
	He	0.2936 (0.30)	-0.0067 (0.96)	-0.2074 (0.45)	0.2647 (0.32)	0.0119 (0.95)	-0.1596 (0.55)	0.4951 (0.12)	0.0206 (0.95)	-0.1751 (0.55)
	Ti	-0.0676 (0.80)	-0.1838 (0.57)	-0.1558 (0.60)	0.1960 (0.45)	-0.2811 (0.25)	-0.2054 (0.43)	0.2757 (0.40)	0.2332 (0.46)	-0.3094 (0.32)
	T	0.4439 (0.085)	-0.0508 (0.85)	-0.3338 (0.22)	0.3040 (0.22)	-0.0852 (0.75)	-0.2193 (0.40)	0.4954 (0.12)	0.0649 (0.85)	-0.4324 (0.14)
気温と湿度の相 関係数 ( $r_{23}$ )		-0.1909 (0.46)		0.0869 (0.75)		-0.4153 (0.20)				
種 類 数	M	$r_{12}$ 0.2291 (0.38)	$r_{13}$ -0.2240 (0.40)	0.1092 (0.90)	$r_{12}$ 0.5550* (0.017)	$r_{13}$ 0.4988* (0.03)	0.4836* (0.04)	$r_{12}$ 0.5573* (0.036)	$r_{13}$ -0.0787 (0.85)	-0.1829 (0.56)
	C	0.6040* (0.012)	-0.2640 (0.29)	-0.2222 (0.22)	0.6407** (0.005)	-0.0853 (0.76)	-0.1970 (0.22)	0.7115* (0.015)	-0.0493 (0.90)	-0.5597* (0.046)
	Ho	0.5789* (0.018)	0.0901 (0.68)	-0.0377 (0.90)	0.6830*** (0.0017)	0.1847 (0.45)	0.2385 (0.35)	0.5219† (0.095)	0.0238 (0.98)	-0.4816† (0.095)
	He	0.3585 (0.25)	-0.3280 (0.24)	-0.5418* (0.03)	0.4098† (0.09)	-0.0316 (0.90)	-0.0614 (0.80)	0.5266†(*) (0.09)	0.1383 (0.70)	-0.2114 (0.50)
	Ti	-0.0665 (0.80)	-0.3880 (0.12)	0.0864 (0.77)	0.2533 (0.40)	0.2190 (0.37)	0.3909 (0.13)	0.6509* (0.03)	-0.6681* (0.025)	-0.0643 (0.87)
	T	0.5355* (0.03)	-0.4667† (0.07)	-0.1479 (0.60)	0.6775*** (0.002)	0.4204(*) (0.08)	0.5079* (0.03)	0.8350*** (0.0015)	-0.3302 (0.31)	-0.3305 (0.28)

註: 1. ( )の中は  $F$ -検定による無相関棄却の危険率  $\alpha$ ;  $F=[r^2(N-2)]/(1-r^2)$ ,  $df: 1, N-2$ .2. \*:  $\alpha < 0.05$ ; \*\*:  $\alpha < 0.01$ ; \*\*\*:  $\alpha < 0.005$ ; †:  $\alpha < 0.10$ ; (\*): 偏相関係数の検定で  $\alpha < 0.05$  のもの

全相関係数とその意義検定結果は第3表の通りである。 $F$ -検定結果に明らかな様に此等気象要素と個体数との相関は、構内水田の蛾類成績と風速との全相関(5%の危険率で有意な正相関)を除いて、他は悉く実質的無相関を示した。一方種類数の変動と各気象要素との変動の間にはより強い相関が示された。特に気温に対しては18例中11例即ち約61%が5%乃至0.5%の低い危険率で無相関が否定され、実質的に有意な正相関関係が明らかにされた。種類群別にみると総数及び甲虫類は全地区で、蛾類及び同翅類は3地区中の2地区で、大蚊類は1地区で、夫々5%乃至0.5%の危険率で有意な正相関を示している。若し10%の危険率を許せば同翅類は全地区で、半翅類も2地区で夫々有意な正相関を意味することになる。結局18例中14例即ち約78%が気温に対して有意な正相関を示すことになる。この様な関係は気温に対して無相関な場合(即ち有意な正相関の場合と実質的無相関の場合とが50対50に現われる場合、その出現率は $p=q=1/2$ )に果して期待できるであろうか。これを出現率の $F$ -検定で吟味すると $F_{28}^{10} = 2.8$ となり、0.025以下の低い危険率でその様な期待は棄てられた。即ち季節的な種類数の増減は大部分の場合気温の昇降と有意な正相関をもつということになる。従つてこの観測例ではその約78%の場合で気温の上昇につれて suction trap に集光飛来する昆虫類の種類が実質的に増加し、その傾向は偶然に支配されるもの以上ということになる。

一方湿度と種類数との全相関々係は僅かに構内水田の蛾類と農場成績の大蚊類とで夫々有意な負相関を示しただけで、他は悉く実質的無相関となつた。風速との全相関も略同傾向で大部分が実質的無相関を示し、僅かに構内水田で総数と蛾類が有意な正相関を、農場成績の大蚊類が有意な負相関を示したに過ぎない。従つて前の様な $F$ -検定をするまでもなく、此等の気象要素と種類数の季節的変動との間には実質的相関はないといつて差支えない。

尙ここで挙げた風速平均値は夜間 18, 21, 24, 3, 及び 6 時の 5 回の記録から求めたもので、軟風(3.5~5.2m/s)以下の階級となつている(附表1)が、個々の時間的記録の中には軽度の和風(5.3~7.4m/s)のものも2, 3ある。然し平均的にみて軟風以下の静かな風は誘蛾灯に飛来する昆虫類の種類の季節的増減に対しては実質的影響を殆ど及ぼさないという結論になつた。

(3) 温湿度条件の一方を固定した場合の偏相関 気温と相対湿度とは他の諸条件に著変なき限り相反する関係を示すことが普通で、その傾向は第I図にも現われている(然しその実質的相関は三地区で何れも否定された; 第3表中央欄)。従つて気温又は湿度との相関は実はこれ等二要素間の相対的変化に何か影響されているかも知れない。そこでこうした関係の有無を見るため、特に危険率が5%と10%の間にある境界事例だけを選んで、二要素の中一方を固定して求めた偏相関係数の吟味をした。結果は第4表に示した通りで、全相関係数検定の場合と同様な結論に達した。

\*  $n_1 = 2(N - k + 1)$ ,  $n_2 = 2k$ ;  $F_{n_2}^{n_1} = n_2 q / n_1 p$ , ( $N=18, k=14$ ) から。統計科学研究会編新編統計数値表 p.136 (1952) 参照。

第4表 偏相関係数とその意義検定(第3表の中の $0.05 < \alpha < 0.10$ のものにつき)

	類	構外水田		構内水田		農場	
		偏相関係数	固定要素	偏相関係数	固定要素	偏相関係数	固定要素
個 体 数	M					$r_{12.3}$ 0.5754 (0.08)	湿度
	T	$r_{12.3}$ 0.4430 (0.098)	湿度				
種 類 数	Ho					$r_{12.3}$ 0.5855 (0.08)	湿度
	He			$r_{12.3}$ 0.4143 (0.098)	湿度	$r_{12.3}$ 0.6482* (0.045)	湿度
	T	$r_{13.2}$ -0.440 (0.10)	気温	$r_{13.2}$ 0.5116* (0.04)	気温		

註: 1) ( )の中は  $t$ -検定による無相関棄却の危険率  $\alpha$ .

$$2) \quad r_{12.3} = (r_{12} - r_{13}r_{23}) / [(1 - r_{13}^2)(1 - r_{23}^2)]^{1/2} \text{ 等}; \quad t = r_{12.3} \sqrt{N-3} / \sqrt{1 - r_{12.3}^2},$$

$$df = N-3, \text{ 等}$$

3) \*:  $\alpha < 0.05$

構外水田及び農場成績の蛾類個体数及び総個体数に対して湿度を固定して求めた対湿度偏相関係数は無相関棄却の危険率が僅かに増大しただけで、湿度の相対的影響が殆ど問題にならないことを示した。

種類数の変動については次の様な結果になる。構内水田の半翅類及び農場成績の同翅類では湿度を固定しても対湿度偏相関係数の無相関棄却危険率は殆ど変化なく、全相関係数検定の結果を変える必要がないことがわかった。

一方農場成績の半翅類の対気温偏相関係数は5%の危険率で無相関が否定され、ここではこの種類群に対する気温の正相関は本来有意であるが湿度によつて相当に変貌されていたことを示した。場所の特異性によるのであろうが、何れにしても気温と飛来種数との間に有意な正相関があるという結論は愈々確からしさを増した。

気温を固定した場合の対湿度偏相関係数にも場所と種類群との特異性がでている。即ち構外水田では総種類は気温の変動にかかわらず依然として湿度に対して実質的無相関を示したが、構内水田では却つて無相関棄却の危険率が多少減少して5%の危険率で有意な正相関を示した。これはこの総種類数が温度に対して極めて有意な正相関を示したことから明らかな様に、ここでは飛来した種類の総数は温度によつて著しく左右されるため湿度の影響が表に現われず、温度を固定することによつて始めて明らかとなる事を意味する。

(4) 温湿度を総合した場合の重相関 温湿度の両気象要素は総体的に相伴つて変動す

る一つの綜合變量と見做すことも出来る。よつてこの見地から對種類数及び對個体数重相関係数の吟味をし第5表に掲げた結果を得た。期待にたがわず、係数の絶対値は皆幾

第5表 主要種類群の季節的消長と温湿度綜合條件の季節的變動との重相関係数( $R$ )とその意義検定

構外水田 ( $df: 2, 13$ )				構内水田 ( $df: 2, 15$ )		農 場 ( $df: 2, 8$ )	
類別	$R$	$\alpha$		$R$	$\alpha$	$R$	$\alpha$
個 体 数	M	0.1507	$>0.50$	0.4164	$\approx 0.25$	0.5741	$\approx 0.20$
	C	0.4162	$0.25 < \alpha < 0.50$	0.3955	$0.25 < \alpha < 0.50$	0.4600	$0.25 < \alpha < 0.50$
	Ho	0.3946	$0.25 < \alpha < 0.50$	0.3507	$0.25 < \alpha < 0.50$	0.4628	$0.25 < \alpha < 0.50$
	He	0.2936	$>0.50$	0.2604	$>0.50$	0.5605	$0.20 < \alpha < 0.25$
	Ti	0.2090	$>0.50$	0.3300	"	0.4744	$0.25 < \alpha < 0.50$
	T	0.4453	$\approx 0.25$	0.3222	"	0.6090	$0.10 < \alpha < 0.20$
種 類 数	M	0.2917	$>0.50$	0.7192***	$0.005 < \alpha < 0.001$	0.5855	$0.10 < \alpha < 0.20$
	C	0.6181*	$0.025 < \alpha < 0.05$	0.6434*	$0.01 < \alpha < 0.025$	0.7628*	$0.025 < \alpha < 0.05$
	Ho	0.6387*	$0.025 < \alpha < 0.05$	0.6904**	$0.005 < \alpha < 0.01$	0.5826	$0.10 < \alpha < 0.20$
	He	0.4479	$0.20 < \alpha < 0.25$	0.4154	$\approx 0.25$	0.6637†	$0.05 < \alpha < 0.10$
	Ti	0.4166	$0.25 < \alpha < 0.50$	0.3186	$<0.50$	0.7835*	$0.01 < \alpha < 0.025$
	T	0.6570*	$\approx 0.025$	0.7695***	$0.005 < \alpha < 0.001$	0.8404**	$0.005 < \alpha < 0.01$

註: 1) \*, \*\* 等は第3表と同じ。

2)  $R_{1.23} = [(r_{12}^2 + r_{13}^2 - 2r_{12}r_{13}r_{23}) / (1 - r_{23}^2)]^{1/2}$ ,  $F = [R^2(N-3)/2] / (1 - R^2)$ ;  $df = 2, N-3$

分増大し、温湿度條件を一つの綜合的気象要素と見做せることがわかつた。しかもその全般的傾向は気温との全相関々係とよく類似し気温が主導的要素となつていることも明らかである。

飛來個体数については悉く實質的無相関を示し、單獨に気温だけをとつた場合と同じ結論になる。

種類数については無相関例が却つて1例増し18例中10例が有意な正相関を示すことになり、たとえ10%の危険率を許すとしても18例中11例即ち約61%が有意な正相関を示すにすぎない。

この事は気温と種類数との有意な正相関が場合により湿度との綜合的關係で変貌することがあることを示す。然し温湿度綜合變量と種類数の増減との間のこの様な相関々係は果して實質的なものかどうかを、前と同様に出現率（この場合61%）の  $F$ -検定で吟味すると  $F_{22}^{16} = 1.375$  ( $N=18, k=11$ ) となり、 $\alpha$  は約25%で何の相関もない時にも

起り得るものと判断される。一方有意正相関の出現率61%が(2)項で示した対温度有意正相関の出現率78%と有意的に違うかどうかを四分表として  $\chi^2$ -検定すると  $\chi^2=0.524$  (連続に対する修正を施す),  $df=1$ ,  $\alpha=0.47$  で有意な差は認められない。この矛盾は結局この例では温湿度条件を総合変量と見做しても種類数の季節的変動については余り決定的な議論は出来ないことを示すものである。

(5) 明暗度との相対的關係 誘蛾灯に集まる昆虫類は暗夜に多く明夜に少ないことは多くの調査研究が一致して示す所である。ここでは明暗度の指標として月明の有無と雲量とを用いた。然しあくまで定性的なもので、これだけで明暗度が示されると考えた訳ではない。

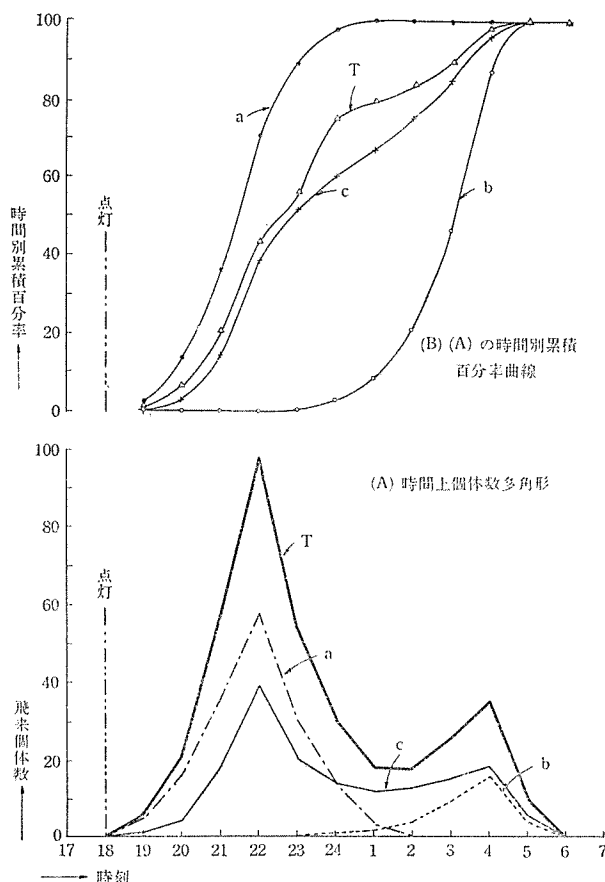
光の到達に影響を与える霧や雲の種類等一応記録したが、点灯前後の目測資料だけから全夜成績を論ずることは危険と考え敢えてとりあげなかつた。雲量についても同断で、この計量について相関々係を分析することは差控えた。第Ⅰ図第1表でも察知される様に同じ雲量の晩でも又等しく月明のない晩でも各種類群の季節的変動は必ずしも同様でなく、上述の危険性がよくわかる。尤も前半夜早期飛来状況だけを論ずるなら問題は別である。

(6) 雨量との相対的關係 日々の飛来状況は当日の降雨量だけでなく、屋間のそれとも至大の関係をもっていることはいうまでもない。(この事については考察で詳論する)。然しここに挙げた降雨量の記録は僅少で、これと各種類群の季節的動きとの関連は認め難い。

## 5 飛来の時間的変動とその季節的移行

(1) 記載的資料 時間毎に区別した各種類群の種類数と個体数の中電殺装置に附いていたもの、周囲の trap 支持台上に落ちていたもの及び捕虫筒の最後の時間区画にはいつていたもの(ここには金網やモータの裏等についていた少数のものを含んで居りその区別がしてない)はすべて除いた。

(2) 累積百分率曲線と個体数変動指標 著者('37, (a)) はかつて伊豆の下田で徹夜観察を行つて、誘蛾灯に集まる蛾類の時間的傾向を解析した結果大体三種類の類型を区別することができた。即ち飛来最盛時を前半夜にもち後半夜全く飛来しない前半夜型、後半夜により多く飛来し特に明け方の所謂第二次飛来最盛時の現出にあづかる後半夜型及び全夜間に亘つて間断なく飛来し、しかも前半夜と後半夜の第一次及び第二次飛来最盛時をもっている終夜型の三類型である。そしてこの現象は各種蛾類の内在的な夜活動性の周期に基因すると考えた。その様な型がその後山本('51)の水棲昆虫の趨光活動にも見出された。若し一般にこの様な夜間活動型が他の走光性昆虫にも当てはまるものとする、最も単純な場合は第Ⅱ図1Aに示した様な飛来についての時間-個体数多角形が作られる。この各々について時間別累積値を求め百分率で示せば第Ⅱ図1Bの様な時間別累積百分率曲線が得られる。これによつてみると、前半夜型の累積百分率曲線は70%位まで急上昇するS字状曲線で、点灯後4時間半で全体の80%が飛来することになる。後半夜型のそれは非常に緩やかに昇るS字状曲線で点灯後約10時間で全体の80%に達する。終夜型はS字状曲線の二回繰返された複合S字状曲線で表わされ、スタートを同じにすると、前二曲線の丁度中間にはいる。80%に達するには点灯後約8.5時間かかる。又これ等三型を合算した総飛来個体数の時間別累積百分率曲線はS字状曲線の三回の繰返しで、初めの二回の上昇は急傾斜で、後のものは緩傾斜である。この型は混合型とでも称すべきもので、点灯後約7.5時間で全体の約80%に達する。この様な時間的経過は勿論飛来最盛時の差異や個体数の多少で相違するが、この様な時間別累積曲線の型を通じて誘蛾灯に飛来する昆虫類の特長を明瞭にする事ができ、従つてこれを手掛としてその季節的交替消長の解析も進められる。



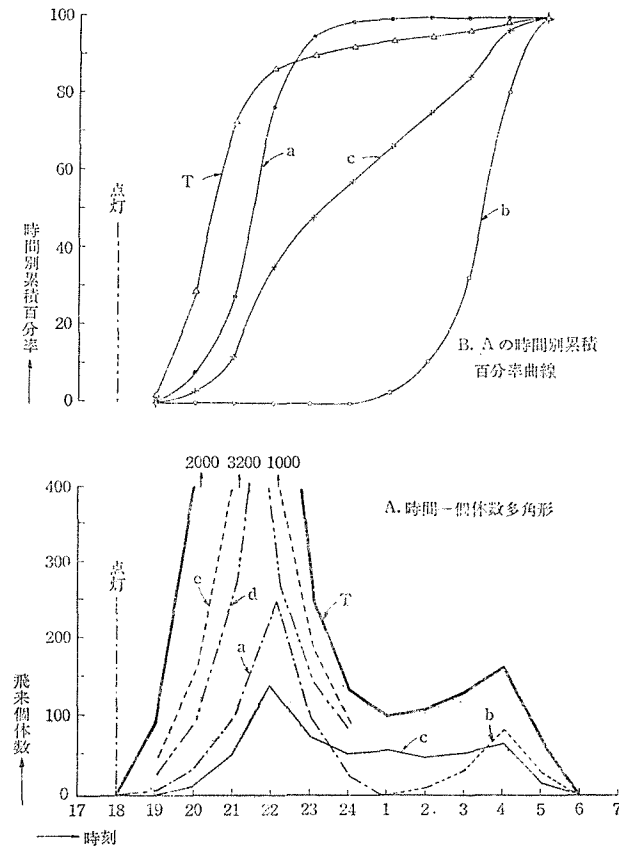
第Ⅱ図 1 走光性昆虫の灯火飛来数の時間的変動（夜間活動型）とその時間別累積百分率曲線

(a: 前半夜型; b: 後半夜型; c: 終夜型; T: 総数(混合型))

更に又有効適切な点灯時間の推定も不可能ではない。尤も各種多数の前半夜型昆虫が飛来するときは、総数の時間別累積百分率曲線は第Ⅱ図2AのTの様に前半夜型の特長が強くて来、単純な前半夜型と区別し難くなる。然し前半夜型と違って、明方にならないと100%に達しないので区別は容易である。

時間別累積百分率は一般に百分率がそうである様に基数となる総個体数の多少には係わらない。従つてこの曲線による比較はあくまで飛来個体数の時間的変動だけに係わるもので、飛来総数の季節的变化の比較には役立たない。そこでこの両目的に適う様、個体数変動指数を求めて之を棒グラフで表わし、時間別累積百分率曲線と併記することを新たに始めた。前者を個体数変動指標と呼ぶことにする。この指標は種類群の各夜集計の任意の一つを基数として他のすべての各夜集計をその倍率で表わしたものである。これによつて全期間に亘り、各種類群別及び地区別を通じて同じ比率で個体数の相互関係を容易に比較対照できる。

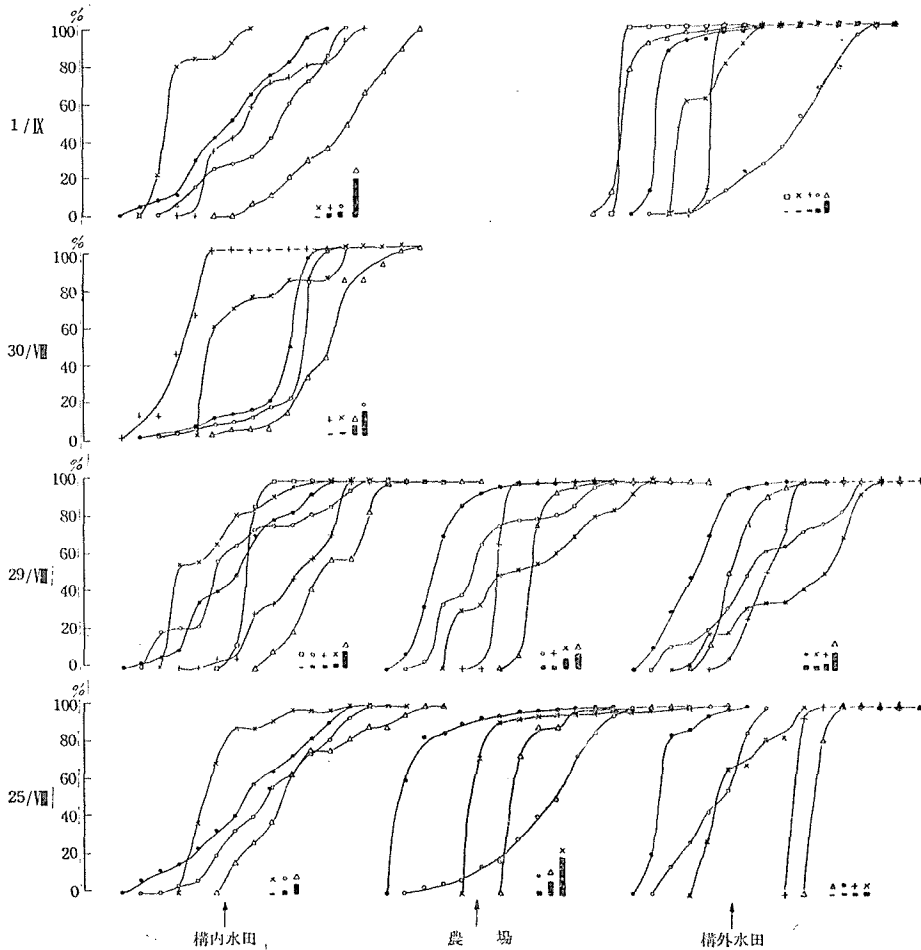




第Ⅱ図 2 前半夜型が圧倒的に多い場合

(3) 種類群の時間的変動 時間別飛来個体数に基づいて作図した時間別累積百分率曲線と個体数変動指標を第Ⅲ図に示した。ここで明らかな様に飛来総数の時間別累積百分率曲線は当夜飛来した種類群中で絶対数の最大なもの、これと略同型になっている場合が多い。然し総数にはここに類別した五種類群の外に尙多数の種類が含まれて居り、殊に非常に個体数の多い小形毛翅類の変動が可成り響いているので、この曲線の型は今後の解析には余り関係がない。

よつて各種類群につき時間別累積百分率が80%に到達した時間をグラフで読みとり、その旬別平均値をとつて、之と曲線の上昇傾向とをにらみ合せて各々の夜間活動型を定めた。曲線が大体二つのS字状曲線の複合と認められる時は終夜型(或は前半夜型と後半夜型の合併されたもの)とし、二つ以上の複合と見られる時は混合型とした。この結果を大体旬別にして第6表に整理した。地区的特長が可成り明瞭に出ている場合もあるが、種類群別傾向は大体よく似ている。更に注意されることは、それ等の型の季節的な移行行きがよく共通していることである。殊に9月下旬から10月以後にかけて終夜型の占める割合が急激に増大し、又これ等の時間別累積百分率曲線も直線的傾向を著しく増して



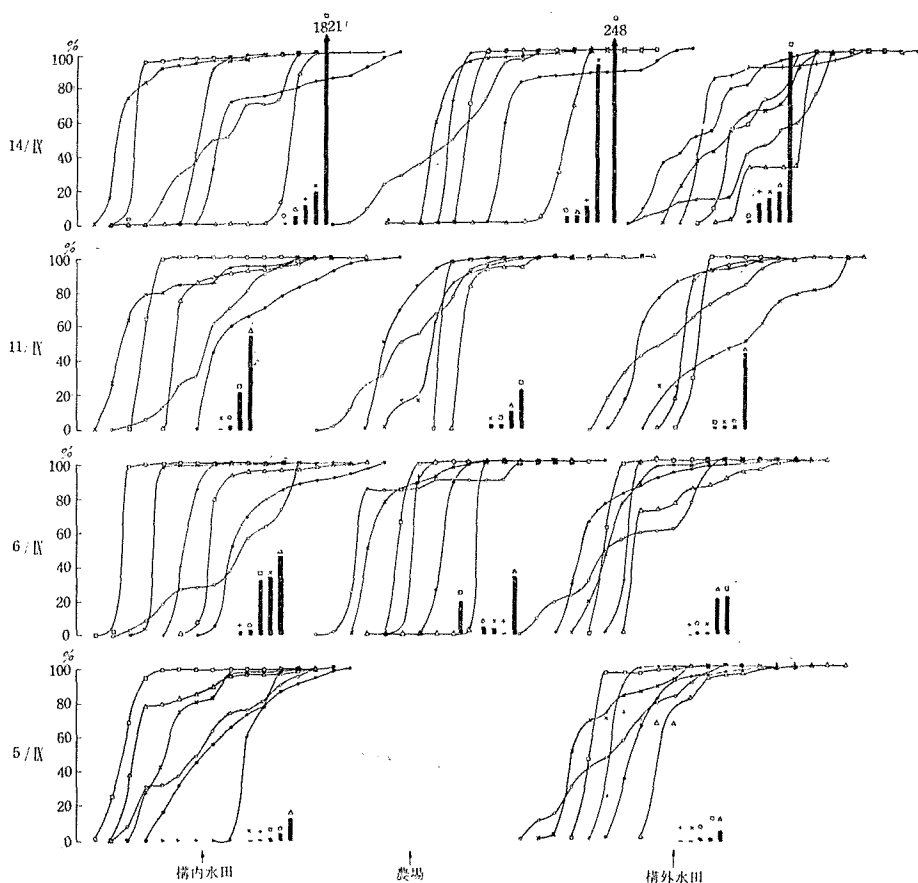
第Ⅲ図 飛来個体数の時間別累積百分率曲線と個体数変動指標

(●: 総数; ○: 蟻類; ×: 甲虫類; □: 半翅類; +: 同翅類; △: 大蚊類)

いることが注目される。これは僅かの種類が少しずつ終夜間断なく飛来することを意味し、冷涼期の特長を明瞭に表している。此の頃の前半夜型にも著しい特長がみられ、急激に100%に達する傾向が著しい。変動指標の示す様にこれ等の種類群は総個体数が極く少なく、前半夜に数個体が飛来し、後は全く飛来を中止することを示している。

各種類群所属の単独飛来種の季節的消長は第2表にイタリックで示した様に各夜出現した各種類群の種類数に略比例する。従つて各種類群種数が気温の昇降に略々比例して増減すると同様に之等も亦気温に略比例して変動すると見做せる。

9月中旬以前の前半夜型は之と全く違つて飛来総数の非常に多い場合であることは変動指標から直ぐわかる。又蛾類の時間別累積百分率曲線は10月初旬以降特に後半夜型特

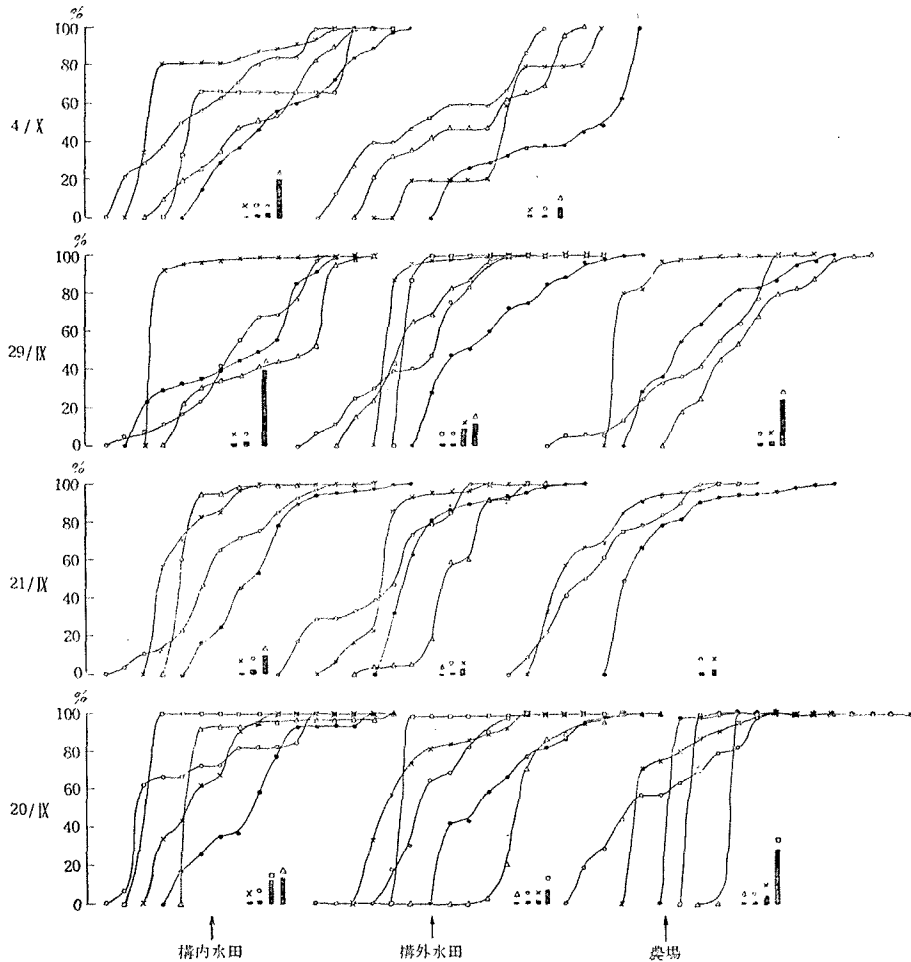


長を顕著にして、新たに後半夜型又は終夜型の種類の急激な増加を物語っている。これ等も亦明らかに晩秋期と初秋期の夜間活動型の相違を示すものである。

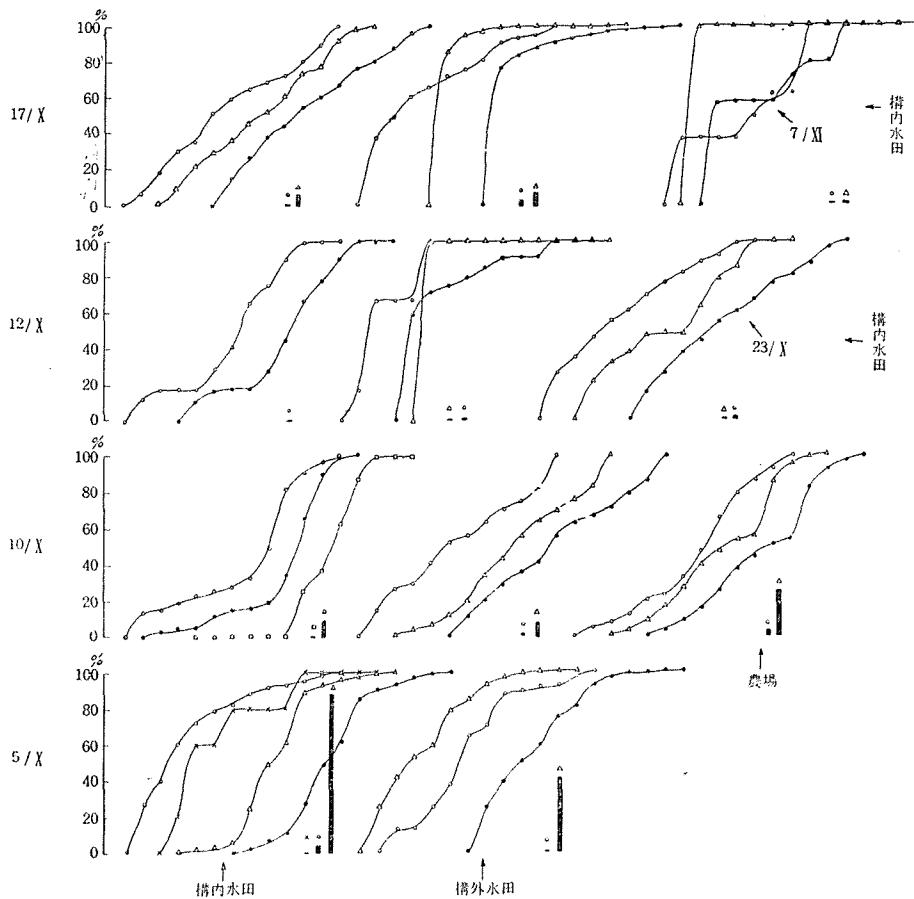
9月中旬に同翅類が全く姿を消している。この種類群はヨコバイ類を主とするものでそれ以前の9月11日にも確かに一時姿を消している。然し之を旬別にまとめると9月初旬の飛来は相当数に達し、9月11日の飛来中止は一時的なものであることがわかる。9月中旬以後には全く飛来復活を見ないので、この類の9月中旬の消失は終息を意味するものといえよう。又10月初旬末には大部分の甲虫類とコミズムシ、カメムシ類及びタガメ等の半翅類(異翅亜目)が一挙に消失している。この様な種類群の消失が又夜間活動型の変移交替と共に季節的変移更行の特長となつていことがわかる。

(4) 主要種類の季節的消長 前項第6表の類型的特長にもとづいて旬別に各種類群の主要種類の季節的構成を示すと附表2の様になる。更にこの中の主要大量飛来種の季節的消長を図示すると第IV図となる。

全般的に見て9月初旬及び中下旬頃を夫々境として飛来種類の交替が顕著であり、この頃の光域内の昆虫相に著しい変化が起きていたことを示す。先ず9月初旬にヒメコガ



ネ、フタオビキヨトウが、次いで中旬にはツマグロヨコバイ、水棲甲虫のコウベツブゲンゴロウ、コシマチゲンゴロウと尺蠖科のユウマダラエダシヤクが夫々飛来を中止している。更に9月下旬から10月初旬にかけて、ガムシ、コシマゲンゴロウ、ケンゲンゴロウ等の水棲甲虫類、水棲半翅類のコミズムシ、糞虫のキバネセスジハネカクシ、カタモンマグソコガネ、ヤママユガ科のクスサンガ夫々消失し、これに稍々遅れてマメノメイガとフタスジシマメイガが10月中旬に姿を消している。之等と入れ替つて、9月下旬から夜蛾科のカシワキボシキリガ、カブラオオヤガ、オオアカマエアツバ等が新たに出現し、又此の頃夜蛾科のクロモンヤガの飛来が増大している。9月下旬には天社蛾科のオオトビモンシャチホコガが現われ、10月初旬中旬にかけて尺蠖科のナカウスエダシヤク、夜蛾科のコウスチャヤガとオオハガタヨトウが、又11月初旬にはヤママユガ科のウスダビガが夫々飛来している。之等は何れも出現以来徐々に飛来を増大しやがて減少して



一定の消長を示している（ウスナビガは11月中旬まで毎夜数匹飛来しているがここには省いた）。これ等が秋冷期出現の蛾類であることは日本昆虫図鑑に記された出現期（図中ローマ数字で示す）から見て明らかである。この飛来消長は恐らく発生消長に平行しているであろう。第Ⅳ図に出現期を記入しなかつたものは文献に見当らなかつたものであるが、それ等の飛来消長を秋冷期出現の蛾類のそれと対比して検討すればそれ等の発生消長を略推察することが出来る。

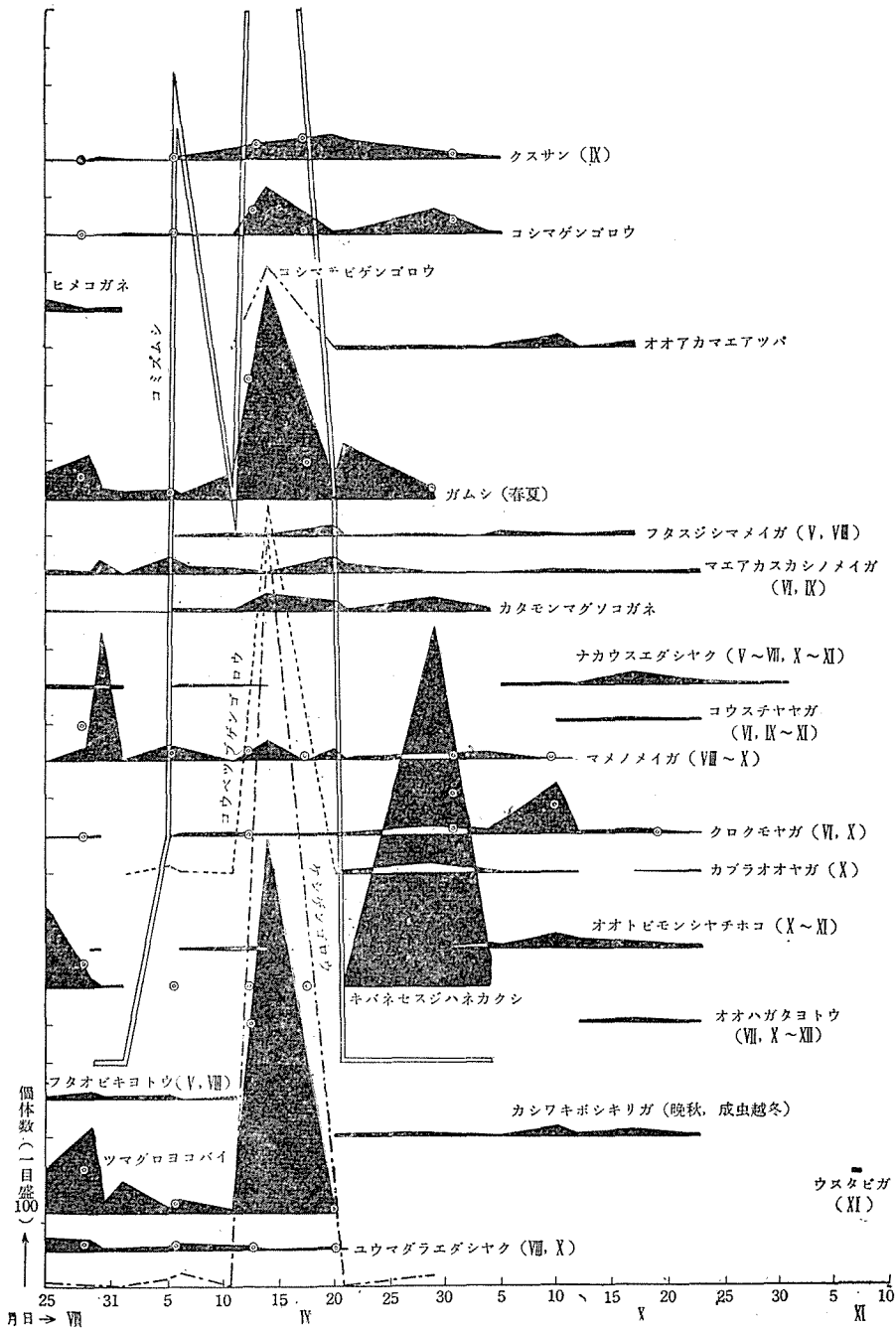
(5) **単独飛来種の時間的変動** 種類群について飛来の時間的変動をみると、その中に一晚の中に只一匹しか飛来しない種類が可成り多数含まれていることがわかる。附表3中太字で示した数字がその単独飛来種の数であり、従つて又これ等の総個体数でもある。これ等は大部分が20以下であるから、関係種類群の総数が余り小さくない限り、その群の飛来の時間的変動には余り大きな影響は及ぼさない。然し総数が少ない時は単独飛来種の多少は可成り響いて来る。この例は附表3の太字の数と第Ⅲ図の時間別累積百分率曲線の型とを対比してみれば容易にわかる。

第6表 飛来個体数が80%になるまでの平均所要時間と推定された夜間活動型

時 期	類別	構 内 水 田		農 場		構 外 水 田	
		平均時間	型	平均時間	型	平均時間	型
25 29/VIII 30 1/X	M	9	混	7, 9.5	混, 後	4.8, 8.6	前, 混
	C	3.1	前	1.2	前	3.4, 9.4	前, 終
	Ho	4.2, 7.6	前, 終	2.1	前	2.0	前
	Ti	7.4	終	1.7	前	1.7	前
	He	1.9	前			0.6	前
5 6/X	M	9.5	混	2.6	前	9.1	混
	C	2.5	前	2.3	前	3.9	前
	Ho	1.9	前	1.8	前	1.6	前
	Ti	2.4	前	6.5	後	3.1	前
	He	2.0	前	1.2	前	1.4	前
11 14/X	M	9.1	混	8.7	混	9.6	混
	C	3.4	前	2.7	前	8.3	混
	Ho	1.6	前	1.2	前	1.7	前
	Ti	1.4, 10.8	前, 後	0.9, 11.3	前, 後	1.8, 5.4	前, 終
	He	1.4	前	0.8	前	1.5, 5.2	前, 終
20 21/X	M	7.7	混	7.9	混	8.0	混
	C	3.6	前	3.9	前	3.9	前
	Ti	0.9	前	1.7	前	6.5	終
	He	1.4	前	0.8	前	0.6	前
29/X 4 5/X	M	5.4, 9.1	終, 後	1.1	前	8.6	混
	C	2.4	前	1.2	前	0.8, 8	前, 終
	Ti	7.9	終	6.2	混	5.4, 10.5	終, 混
	He	9.2	終			0.8	前
10 12/X	M	8.7	後	9.0	混	4.3, 9.8	前, 終
	Ti			8.8	終	0.7, 10.8	前, 終
	He	8.8	後				
17 23/X	M	8.8	終			6.8	混
	Ti	8.6	終			0.8	前
7/X	M	7.4	終				
	Ti	0.4	前				

註：1) 前：前半夜型； 混：混合型； 後：後半夜型； 終：終夜型

2) 類別記号は従前と同じ。



第IV図 比較的大量に出現した種類の季節的消長(三地区合; 除大蚊類)

(○印は旬別平均)

これ等の飛来は前半夜か後半夜の何れかで、真夜中附近には殆ど見当らない。しかもその飛来型は種によつて固定せず、日により又地区によつて区々である。結局終夜型のもので只当夜の気温条件次第で何れか一方にだけ活動したのであろう。

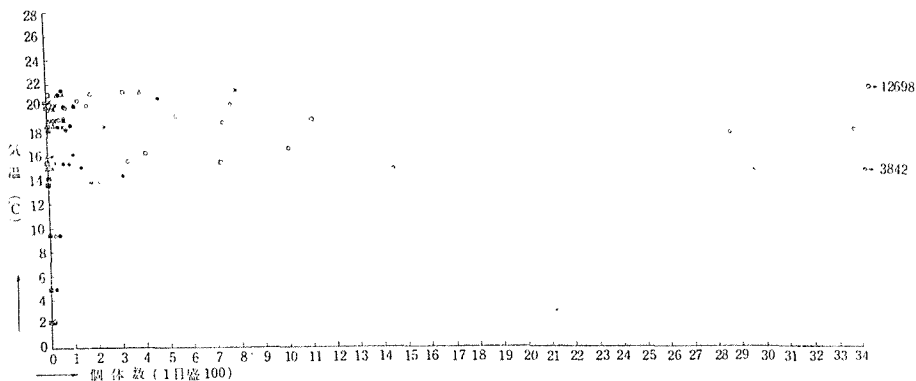
## 6. 考 察 と 結 論

(1) 推計学的考察：相関法の適用限界と季節的消長への適用 気温、湿度及び風速の季節的変動と飛来個体数のそれとの間にはどの種類群でも有意な相関は見られなかった。その生態学的考察にはいる前、先ず採用した相関法の適用性を考慮する必要がある。

双変正規変量  $x$  と  $y$  との間の全相関係数  $r$  は

$$r = (CV) / \sqrt{V_x V_y}$$

で表わされる。ここに  $CV$  は  $xy$  についての共変動 (covariance),  $V_x$  及び  $V_y$  は夫々の変動 (variance) である。この式が適用される前提条件は  $x$  と  $y$  が正規変量であることと、両者の回帰関係が直線的であることの二つである。著者の誘蛾灯成績 (個体数) はこの両前提から可成り外れている様に見える。試みに構内水田成績の個体数と気温との回帰関係を図示すると第 V 図の様に、どの種類群についてもこの個体数の季節的変動には正規性が認められず、又回帰の直線性は勿論一定の傾向も殆ど期待できない。個体数の季節的変動は極く著しくその分布曲線は無限大方向に極めて長い裾を引く非常に偏した型の様に認められる。特に大蚊類と半翅類で著しい。これ等のことは気温の漸変に比べて飛来個体数の変動 (特に爆発的飛来) が極めて著しい為に生じた現象で



第 V 図 飛来個体数の季節的消長と気温の季節的変動の回帰関係図 (構内水田成績)

ある。事実個体数の variance は極めて大きく、気象要素のその 2 万倍にも達することが少なかった。従つて両者の covariance はそれ等の variance の積の平方根に比べて著しく小さくなり、当然上式で与えられる  $r$  の絶対値は 0 に近づき、非有意ともなる。



一般に昆虫類の発消生長は可成り長期間に亘りその間の個体数の起伏も極めて著しいのが普通である。しかもその間の気象条件はその昆虫類の適温範囲内で比較的小さく変動している場合が多い。従つてこのような発生量に比例した資料と気象要素との相関々係を求めれば、常に実質的無相関となる訳である（勿論発生期間内の極く短期間でしかも発生量の変動の少ない時期については常法の相関係数が有効に利用できる）。この関係を逆に利用すれば、気象要素と飛来個体数（種又は種類群の）との間に無相関々係が成り立つ事によつて、発生期間と発生量の消長を略推定できることにもなる。

さて一般に変動の激しい変量を正規変換する方法は今の所見当らない。指数型（対数変換）、二項型（正弦変換）及び Poisson 型（平方根変換又は対数変換）に対しては夫々有効な変換によつて漸近的に正規型に変える道が開かれているが、今の場合その変動型も明らかでないので一層困難である。然し平均値を問題とする限りでは例数を30以上にすれば常法による相関係数が有効となり、更に危険率を1%乃至0.1%に下げれば一層安全となることは既に知られている（増山（'50））。然し発消生長を取り扱う限り普通個体数の変動が激しいのでこの近似法も殆どきかない。

野村（'37(1)）は前半夜の蛾類の時間別飛来状況と気温との相関係数を求め、その大部分が小数第二位程度のものであることを示した。

特に飛来最盛時頃（8:30~9:00; 9:00~9:30; 9:30~10:00）のそれが非常に小さい。この傾向は矢張り個体数の時間的変動が気温のそれに比べ著しく大きい為に起きたものではなからうか。

以上の関係は湿度及び風速との相関についても当てはまる。従つてこの場合、之等の気象要素と飛来個体数の季節的変動との間の相関係数の検定も亦僅かに無相関的結果を手掛りとして発消生長の傾向を推察するに役立つだけである。

一方種類数の季節的変動は略正規型と認められた。従つて常法によつて気象諸要素との相関の意義検定が進められる。尤も昆虫相が極めて豊富な場合には個体数と同様な関係に陥るかも知れない。

## (2) 生態学的考察

(i) 飛来状況と発消生長との関係 飛来個体数の変動は時により爆発的で、之と対応する気象諸要素の変動だけでは割りきれないことは既に前項で述べた。野村（'47）は前半夜灯火に飛来する蛾類の個体数の時間的変動と気温との相関々係について次の様に述べている。即ちその「調査は夏季に行われたので、温度因子は常に満されて居り、その為余り関係がなくなっている」と。又 Patterson（'36）もコドリン蛾の灯火への飛来と温度との関係を論じ、盛夏にはさしたる関係は見当らないと述べている（野村（'47）による）。此等は何れも所謂適温限界内での温度の多少の変動は、当夜の飛来個体数の変動に左程影響を与えない事を意味する。更に言い換えれば、適温期の温度変化は発生量と逆行する程大きな変化を与えず、従つてその間の飛来状況は大体発生量の消長に平行するという事にもなる。彼等も指摘する様に冷涼期にはこの関係が違つて来気温と飛来個体数とは密接な関係を示すであろうが、それは只発生期間に時々起る最低適温限界以下の低温が飛来を全く中絶させることを指すものであろう。従つてこのような気温

の抑制的事例を取り挙げて発消全般を論ずることの危険はいうまでもない。然し乍ら冷涼期でも気温の回復も起り又或る種類にとつては好適な出現期である場合もあるから、誘蛾灯への飛来状況から発消を論ずるには相当長期間の成績を比較検討することが必要である。

9月中旬以降には出現期を晩秋にもつ類が多く飛来した。それ等の飛来消長から判断して恐らくそれは発消長に比例するものと考えられたことは既に触れた。鹿島及び河野('41)はニカメイガについて発蛾数と灯火への誘致数とは略平行関係にあり、発蛾数が大きい時期には気象条件さえ許せば、誘致数も亦大きい事を示した。ニカメイガに就いては他の多くの研究も同様に結論している。9月下旬以降の気温変動は恐らく晩秋型蛾類にとつては適温範囲内のものに過ぎず、夜間活動に抑止的影響を与える程のものではなかつたであらう。するとこれ等蛾類の飛来消長も亦発生量に比例すると解して差支えない。この観点からすると初秋出現の各種昆虫についても略同様な類推が許される。少くとも主要大量出現蛾類の出現期については従来の記録と一致してい、この推論の正しさを保証している。水棲昆虫の走光性活動についての研究は極めて少ないが山本('51)の研究によると、兵庫県内ではコシマゲンゴロウ、ケンゲンゴロウ及びツブゲンゴロウ等が9月上旬及び下旬に相当の飛来増加を示してい、著者の成績とよく符合する。

勿論何れの場合でも飛来の起伏が直ちに発生量そのものの起伏を示すものとはいへない。然し少くも、その山は最大発生量の限界内にある事だけは間違いない。従つてこれ等水棲昆虫類についてもその飛来状況の全般的動きを総合すれば(例えば相隣の数日の平均値を求めるなどして、第Ⅳ図◎印はその平均値を示す。\*)発生量の消長を略推察できるであらう。この際飛来個体数の変動と気象要素の変動との間に実質的無相関が成立つことが一つの手掛りとなることは既に触れた。

以上総合すれば、たとえその発生期の明らかでない昆虫でも、誘蛾灯への飛来状況の季節的特長にもとづいて、多くの場合略安全にその発消長を推察できると結論される。特に捕虫効率の極めて高い Suction trap を使えば、その信頼度は一層高まるであらう。飛来個体の大部分を余す所なく捕捉できるので、棲息密度の動きを鋭敏にとらえ得るからである。特に出現開始期や終息期等の極く小数の飛来の時、又発生量が少なくとかく飛来の山が判定しにくくなる様ときその効果が期待される。要するに気象条件特に次の項で述べる様な微環境要因の微妙な影響を十分考慮するならば Suction trap の成績は昆虫の発消長の推定に十分高い信頼度を与えるものと思う。

(ii) 飛来状況と微環境要因との関係 先ず9月14日の水棲昆虫類特に コミズムシ(半翅目異翅目)、コウバツブゲンゴロウ、ケンゲンゴロウ、コシマゲンゴロウ(ゲンゴロウ科)及びガムシ(ガムシ科)等の爆発的飛来が注目される。この日18時の気温

\* 気象要素の変動にもとづく日々のいわば偶然変動を除き、一般的傾向(趨勢)を見出すには、時系列に対して屢々利用される移動平均法(水谷,'51)が適用される。然し移動平均は精々一次か二次位にすべきで之を余り繰えしたり、又平均時点や範囲が適当でないと、却つて本来の季節的な起伏消長さえ消失してしまふから注意が肝要。

は 25.4°C で全記録中最高、夜間平均気温も 21.2°C で 8 月 29 日に次いで高い。昼間の気温も亦最高 28.3°C (15:00) 平均 26.4°C (9, 15, 18 時の平均) に達し旬平均 22.4°C に比べて約 4~6°C 高温となつている。これ等の水棲昆虫は水の浅い水田池沼等に群棲することが多いので、昼間の高温で昇つた水温に刺激され、夜間活動が特に活潑になつたのではなからうか。というのは Suction trap 設置地点附近の推定有効光域(約 5 丁歩; これは = カメイガに対するものであるが一応こう仮定して) 以内には深く水をたたえた池沼は全く存在しないので、恐らくこれ等の虫は水田棲息のものと考えられるからである。伊那地方では水稻が実る頃(8 月中旬)以後時々水田の水を落して又たたえるという事を繰返し、水稻の品種によつて多少の差はあるが大体 9 月初旬から中旬にかけては完全に水を落す。従つて若しこれ等の水棲昆虫が水田棲のものであれば、この期間になつて水田の水溜の中により一層群棲するようになるであろう。ガムシ、ゲンゴロウについては屢々よい水を求めて夜間群棲することが知られている(素木, '54)。

若し同様の類推をすれば、これ等の小形水棲昆虫も亦 9 月初旬の狭められた小溜水という不良環境から逃れ出て、夜間の群飛が著しくなる筈である。特に昼間気温が高い時は水田内部の小溜水の水温も一層高まり、夜間の高気温はそれを一層持続さすであろうから、大量に群棲する此等の昆虫は、夜間活動期に入るや急激に他の良好環境を求めて群飛移動することはあり得る。恐らくこの様な関係が 9 月 14 日の異常飛来の原因ではなからうか。同じ夜のツマグロヨコバイの異常飛来も気象特に昼夜の高い気温と相関連しているのではなからうか。然しその微妙な相対的關係については何の手掛も得られなかつた。9 月 29 日のキバネセスジハネカクシの大量飛来も亦当夜の比較的高い温度に帰せられそうである。この甲虫は牛馬の糞塊中に普通群棲するもので、構内放牧場(附図 2)の糞塊中にも多数見出される。この日は昼間 6 mm の降雨があり、気温も最高 23.8°C, 平均 21.8°C で旬平均 21.2°C に比べ稍々高く特に前日の昼間気温 16.5°C に比べ遙かに高い。夜間の気温もこの虫の飛来した前半夜初頭には 20°C 前後を保ち、この頃としては比較的温暖であつた。恐らくこの様な気温状態では糞内温度も亦可成り上昇した筈である。果してそうならば、この虫の夜間活動性にも或る種の刺激となつたことは想像に難くない。更に又昼間の小雨(同夜の 12mm は明け方 3 時以後のもの)で糞塊が多少雨に打たれた事も他の要因となつているかも知れない。

他の糞虫類例えばカタモンマグソコガネ等の飛来状況の変動も亦この様な気象因子の微環境に及ぼす微妙な影響から考察されよう。ヨコバイ類の様に異常飛来を起すものについてはその原因は明確でないとしても、微妙な気象条件の動きが原因となつている(加藤, '53)ことは諸家の一致した見解である。上述の様な種々の微環境要因の僅かな変動が案外大きな動因となつていると考えることは決して無理とは思えない。

一方蛾類の消長には気温要素との比例関係は殆ど見出せない。最も高温の 9 月 14 日殆ど特別の飛来増加をみず、却つて各地区全般に著しく減つているのは第 1 表及び第 I 図及び第 IV 図に明かな通りである。然しマメノメイガの飛来が稍々増大している(第 IV 図)のはこの日の平均気温が最大を記録した事と何か関係があるかも知れない。しかも高温に加えて当夜 9 時頃の第一次飛来最盛時に 1 mm の僅かの降雨があつた事が更に注意

される。これ等の事は高温多湿の日には蛾類の灯火誘致数が増大するという従来の知見と符合する。

又明暗の度が蛾類の飛来状況の変化に至大の関係があることは既に屢々報告されているが、この傾向も亦この成績の中に認められる。9月20日（月明なし）のクスサン、マエアカスカシノメイガ、フタスジシマメイガ、マメノメイガ等の多少の飛来増加がそれである。月明温湿度条件の殆ど相似た翌21日の成績が却つて減少しているのは、この飛来増大が単に月明の有無だけでなく明暗度に至大の関係をもつ雲量及雲の形態にも関連のあることを示す。この事は20日の雲量(0)と翌21日の雲量(4)とを比較すれば容易にわかる。20日が全く無風であつたことも亦注目すべきであろう。

風力が蛾類の飛翔に対し機械的影響を与え従つて灯火飛来数に変動を与えることも既に知られた所である。この程度の風力（階級：輕風）でもマメノメイガの様な小形の蛾類の飛翔には大きな影響を及ぼすであろう。この様な微妙な関係は日々の個々の種類の変動に関係することは確かであろうが、季節全般の傾向として見た時軟風以下の風力が蛾類その他ここに挙げた種類群の消長に実質的影響を与えようとは思われない。既に触れた様に風速と飛来種類数との間の実質的無相関がその一根據ともなる。

(iii) 飛来昆虫の種類数の増減 飛来昆虫の種類数の増減は気温に対し有意な正相関を示す場合が多く、気温の昇降と共に飛来昆虫の種類数も増減する傾向が強いことは既に述べた。

特に注目すべきことは単独飛来種の数も亦それと略比例して増減することであつた。一夜に数個体しか飛来しない種についても同様な関係が見出される。このことは夜間活動性を誘発される温度が種類によつて可成り違つていること、又同一種に属する個体でも温度刺激への感受性に可成り個体変異があることを示す。野村（'37(1)）は飛来最盛時の蛾類種類数の対温度相関係数が 0.89 であることを示しているが、全く同様な関係を物語っているものである。

気温と湿度とを綜合変量とした対種類数重相関係数は、種類数対気温全相関係数と略同傾向を示したが、農場成績中の蛾類及び半翅類で夫々正相関の有意性が否定された。それは温湿度条件の綜合関係によつて飛来昆虫の種類数の増減を論ずることは必ずしも適当でない事を示すものと解釈された。農場成績では気温と湿度との相関係数が $-0.4153$ という可成り大きな値を示したので、この数値的關係が重相関係数の数値にひびいている。勿論この負相関は非有意と判定されたが、それにもかかわらず、農場成績の温湿度関係は之を綜合因子として取扱う場合、湿度条件の影響を必ずしも無視できない事を示したものである。然しこれは農場の地区的特殊性を示したのではなく、只ここでの資料は9月1日、5日、10月17日、23日及び11月7日の5回分だけ他地区より少いため、たまたまこの5日分を除いた他の日の間で温湿度関係が上述の様になつたにすぎない（構内水田成績と構外水田成績とで温湿度相関が違うのも矢張り組合せの日だけの相違による（第3表中央欄））。

(iv) 飛来の時間的変動からみた走光性昆虫の夜間活動性 単独飛来種の夜間活動型は一見不定で、同一種でも或る夜は前半夜型に或る夜は後半夜型と変るが、それは気

温条件に支配されることがわかつた。八木 ('35) はニカメイガの夜間活動性が前半夜と明け方の二回に起ることを見出し、それが虫自体の内在的な諸要因と光的環境の変化(明から暗或は暗から明へと)とにもとづくことを述べた。上述の単独飛来種も亦少くとも二つの活動周期をもち恐らく終夜型に属するものであろうが、只当夜の外的諸条件特に気温の状態によつてその一方が強く表われるものと考えられる。野村 ('37(2)) の屋久島での観察でも、同一種類が必ずしも同じ結果を示さず時と所によつて飛来時間を異にすることを指摘している。

Allee('50) は、動物の日週活動の型(diel activity pattern)<sup>\*</sup> は、之を群集としてみた場合その群集の構成分子たる同種類集団の各成員の活動型の総和であり、しかも局地的な天候の干渉によつて一時的に変貌することがあることを挙げている。この事は或る“種類”、即ち一つの個体集団についても当てはまることで、その活動型の決定には十分慎重を要することを意味している。従つて又発生量の少ない種類或は走光性の微弱な種類の夜間活動型を誘蛾灯成績から判定するには相当長期間の観察を必要とすることを示すものである。

飛来時間が可成り明確に固定されている種類も少ない。ヨコバイ類、キマエアオンシヤク、オビガ、セスジスズメ、ウスエグリバ等の蛾類及びコムズムシ、ケンゲンゴロウ等を始めとする微小水棲昆虫類キバネセスジハネカクシ、マグソコガネ類の様な糞虫類及びヒメコガネ並にクロカミキリ等は定型的に前半夜飛来する。ヒトリガ、キンタバ等の様に殆ど後半夜に限つて飛来するもの、ガムシ、マメノメイガ、クスサン、ユウマダラエダシヤク、フタオビキョトウ及び数種のハマキ蛾類ヒメウスバガガンボ等は終夜間断なく飛来しつつしかも前半夜と後半夜に夫々1回ずつ飛来最盛時をもっているものもある。この様な傾向は著者 ('39(a)) が曾つて徹夜観察で経験した結果と一致する所が多い。水棲甲虫についての山本 ('51) の成績はここに挙げた種類に後半夜の第二次飛来最盛時を認めているが、著者の場合には全く認められなかつた。野村 ('37(3)) も屋久島の蛾類について著者のいう後半夜型を全く認めていない。この様な相違は尙今後多くの資料を得た上で考察すべきであらう。晩秋期出現のオオハガタヨトウ、クロクモヤガ、カンワキボンキリガ、オオトビモンシャチホコ、ナカウスエダシヤク及びオオアカマエアツバ等は終夜型が多いが時により後半夜型ともなる。同期出現のコウスチャヤガとカブラオオヤガは前半夜型の傾向が強い。

比較的大形の夜蛾類やスズメガ類で明らかに前半夜型のものが時によつて捕虫筒の後半夜区画に捕捉されていた場合があつた。これ等は Suction trap の吸引力に抗して捕虫筒外の金網等に引かかつていたものが、後半夜に力つきて捕虫筒内に落下したものと解された。

飛来の時間的変動を示す時間別累積百分率曲線は晩秋期に直線の上昇を示す場合が多くなつた。これは個体数変動指標からも明らかな様に小数の種類が時間をおいて少数ず

\* Allee によると日週活動の型は (i) 昼行性 (diurnal), (ii) 夜行性 (nocturnal) 及び (iii) 非周期性又は昼夜兼行性 (arrhythmic) の三型に分けられる。

\*\* その一般的な取扱については拙著 ('56, (c)) 参照。

つ終夜間断なく飛来をつづけた場合を示すもので、その種類群の晩秋期の構成種類とその棲息密度とを特長づけている。同様な型の時間別累積百分率曲線を著者（'39(b)）はかつて伊豆下田で7月下旬に得た蛾類の誘蛾灯徹夜成績でも見出した。この場合もこの地の7月下旬での蛾類相の特長が示された訳である。勿論この直線的累積百分率曲線が終夜型昆虫によるか、或は前半夜型と後半夜型の複合によるかは、季節とその地域的特性とによるであろう。

要するに Suction trap 成績から時間別累積百分率曲線の型を明らかにし、更に個体数変動指標の動きを目安とすれば、一般に走光性昆虫の夜間活動型を系統的に追跡できることがわかった。この方法は誘蛾灯成績の解析手段として、又害虫駆除の目的で誘蛾灯を使う場合その有効点灯時間を決定する目安として、夫々理論と実際に役立つものである。

## 7. 摘 要

昭和30年8月下旬から11月中旬にかけて信州大学農学部構内水田、農場及び附近の一般水田に Suction trap 併用青色蛍光灯（電殺装置付）を夫々一基乃至二基設置し、毎夜12時間点灯し、そこに誘致捕獲された昆虫類を大体旬別に、総数及び蛾類、甲虫類、同翅類、半翅類並びに大蛾類の各五種類群に大別して解析した結果次の事を明らかにした。

(1) Suction trap の捕虫効率は極めて高く、従来の乾式及び湿式の捕虫装置のそれと比べ、種類数で普通2乃至4倍、最高6.5倍、個体数で普通2乃至4倍、最高約32倍に及ぶ（8月下旬成績）。従つて通常の乾式或は湿式誘蛾灯（青色蛍光灯）では飛来昆虫の約50%乃至75%を未捕獲のまま附近に放置する惧も生ずるが Suction trap の使用によつてその危険が除かれる。

(2) 誘致捕獲された昆虫類は第Ⅱ表及び第Ⅰ図に示した様に季節的変動が極めて著しい。一見気象条件との相関が期待されたが、全相関係数検定の結果次の事がわかった。個体数の変動は気温、湿度及び風速に対して実質上無相関を示した。種類数の変動は湿度及び風速に対しては実質的無相関を示したが、気温に対しては約61%が5%の危険率で、又約78%が10%の危険率で夫々有意な正相関を示して、大部分の場合に種類数の増減は実質的に気温の昇降と比例することを示した。

(3) 温湿度を総合変量とみなして個体数及び種類数の変動との間の重相関係数を検定した所、単純相関係数の場合と略同様な結果を得た。然し単純相関の場合程決定的に種類数の季節的変動と気温のそれとの間の相関々係を示すことはなかつた。従つて種類数の季節的変動の解析には対温湿度重相関係数は余り有力でない。

(4) 飛来個体数の時間的変動即ち夜間活動型を系統的に追跡する方法として時間別累積百分率曲線と個体数変動指標の図示法を提唱した。その方針（第Ⅲ図）にもとづいて飛来昆虫の種類群を各旬毎に前半夜型、後半夜型及び終夜型に夫々分類（第6表）した所、夜間活動型の季節的移行は各種類群に大体共通することがわかった。特に9月下旬から10月以降にかけて終夜型の割合が急激に増加し、しかも直線的傾向を示した。又前半夜型も点灯後間もなく急激に100%に達する。これ等は冷涼期飛来状況の一特長で種

類数と個体数の著しい減少を示すものである。蛾類の時間別累積百分率曲線は10月初旬以降特に後半夜型特長を著しくして、秋冷期出現種類の夜間活動型が、後半夜型乃至終夜型になることを示した。

(5) 各種類群の時間別累積曲線にもとづいて、主要大量出現種類の季節的消長を明らかにした(附表2, 第Ⅳ図), 大体9月初旬～中旬を境として飛来種類の交替が著しく、光域内の昆虫相の著変を示した。9月下旬以降から晩秋期出現の蛾類が顯著となる。これ等の傾向は誘蛾灯への飛来状況がよく発生活長と比例することを示した。

(2) 単独飛来種は前半夜型か後半夜型で、その活動型は同一種でも日によつて多少一定しない傾向がある。その各夜出現率は各所屬種類群の種類数に略比例し、気温と正の相関々係をもつことを暗示した。

(7) 飛来個体数の季節的変動は極めて著しく非正規型で、気象要素の正規型変動では説明し切れず、従つて常法の相関係数では非有意となる。これは相関法の適用限界を示すものであるが、又逆に飛来個体数が発生活長に比例するという本質的傾向の証拠ともなる。又適温範囲内の気温の変動は飛来の本質的傾向を変化させない事を意味する。

種類数の季節的変動は正規型で気象要素との間に常法の相関法が適用できる。

(8) 以上によつて捕虫効率の極めて高い Suction trap を使えば、発生期の明らかでない昆虫の発生期やその最盛期を高い信頼度で推定できるとの見透しを得た。

(9) 日々の偶然的な飛来個体数の変動と微環境要因との関係を考察し、特に微小水棲昆虫や糞虫等の爆発的飛来の原因を当夜又はその昼間の高温に求めた。蛾類の日々の飛来変動は従来の知見と違い気温と殆ど関係なく僅かにマメノメイガで高温降雨が関係づけられたに過ぎない。然し暗さが飛来を増大する傾向は見られた。軟風以下の風が飛来状況に及ぼす影響は殆どなく、季節的消長を左右する程ではない。

(9) 灯火に飛来する昆虫類の夜間活動型は微環境要素特に気温の影響を可成り受け、従つて時と所によつて変化し易いので、その決定には十分の注意と相当長い間の観察を要する。定型的に前半夜型と認められたのは、ヨコバイ類、オビガ、セスジスズメ、キマエアオシヤク、ウスエグリバ等の蛾類、コミズムシ、ケシゲンゴロウ等を始めとする微小水棲昆虫、キバネセスジハネカクシ、マグソコガネ等の糞虫類及びヒメコガネ、ムネマルクロカミキリ等であり、ヒトリガ、キンタバは後半夜型と、又ガムシ、マメノメイガ、クスサン、ユウマダラエダシヤク、フタオビキョトウ、ヒメウスバガガンボ等は終夜型と判断された。晩秋型のオオハガタヨトウ、クロクモヤガ、カシワキボシキリガ、オオトビモンシヤチホコ、ナカウスエダシヤク、及びオオアカマエツバ等は後半夜型特長の強い終夜型か或は後半夜型の傾向が強い、同期出現のコウスチャヤガ、カブラオオヤガは前半夜型傾向が強い。

(10) Suction trap 成績に時間別累積百分率曲線法を適用すれば、飛来昆虫の夜間活動型を系統的に追跡でき、又誘蛾灯の有効点灯時間を推定できる。

## 参 考 文 献

## I. Suction machine 及び誘蛾灯関係

Allee, W.C., Park, O., Emerson, A.E., Park, T., and Schmidt, K.P. : *Principles of animal ecology*, pp. 528-562. (1950).

Imms, A.D. : *Recent advances in entomology* ('37). (石倉秀次, 深谷昌次訳) 第九章, pp. 229—263. (1943).

石倉秀次 : 害虫防除法. (1952).

Johnson, C.G. : The aerial dispersal of aphids. Jan. 1953 discovery, pp. 18—22.

Johnson, C.G. and Taylor, L.R. : The development of large suction traps for airborne insects. Ann. appl. Biol. 43.1, pp. 51—62. (1955) (Rev. of. appl. Ent. による)

鹿島晋, 河野嘉純 : 螟虫の防除に関する試験研究 (第I報). 愛媛県立農試. (1941).

加藤隆奥雄 : 作物害虫学概論. (1953).

Kennard, W.C. and Spencer, J.L. : A mechanical insect collector with high maneuverability. Jour. Econ Ent., 48, pp. 478—479. (1955).

Metcalf, C.L. and Flint, W.P. : *Destructive and useful insects, their habits and control*. (1951).

野村健一 : (1) 蛾類の趨光性に就いて. 応動, 9. 6, pp. 240—265. (1937).

——— : (2) 屋久島に於ける蛾類趨光性に関する観察 2. 3 (第1報). 昆虫 11. 12, pp. 50—58. (1937).

——— : (3) 屋久島の鱗蛾類に就いて. 九大農芸雑誌 7. 4, pp. 510—511. (1937).

——— : (4) 害虫気象通論. (1947).

尾崎重夫 : 農作害虫精説. 1951.

Patterson, D.F. : Four years' experience with "Electracide" light traps. Ent. Soc. Ontario. 67, pp. 57—61. (1936). (原著未見).

田杉平司, 上遠章, 河田覚 : 病虫・農薬辞典. 1955.

Taylor, L.R. : The standardization of air-flow in insect suction traps ; with an appendix by W.S. Coleman. Ann. appl. Biol. 43. 3, pp. 390—408. (1955) (Rev. of appl. Ent. による).

鳥居酉蔵 : (a) 誘蛾灯より見たる蛾類の活動型に就いて. 植・動. 7. 7, pp. 56—64. (1937).

——— : (6) 誘蛾灯に集まる蛾類種類並に個体数の数学的取扱. 動雑 51. 6, pp. 339—347. (1939).

Torii, T. : (c) *The stochastic approach in field population ecology with special reference to field insect populations*, Chap. XII. pp. 208—251. (1956).

内田俊郎 : 害虫ポケットブック. (1951).

八木誠政 : 二化螟蛾の夜間活動性に就いて. 農試彙報, 2. 4, pp. 481—490. (1935).

山本義丸 : 螢光誘蛾灯に飛来する水棲昆虫の趨光性活動, 第I報. 応昆 7. 1, pp. 20—24. (1951).

——— : 同 上 第2報. 兵庫生物 2. 2, pp. 1—4. (1952).

## II. 昆虫分類に関するもの

平山修次郎 : 昆虫図譜 (1942), 統昆虫図譜 (1939).

北隆館 : 日本昆虫図鑑. (1951).

三省堂編修所 : 原色昆虫図譜. (1954).



素木得一：昆虫の分類.(1954).

横山桐郎：日本の甲虫（正・続）.(1936).

### Ⅲ. 推計学関係

増山元三郎：実験計画法大要.(1950).

水谷一雄：時系列. 中山伊知郎編, 統計学辞典, pp.172—181. (1951).

Snedecor, G.W. : *Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology*,  
Chap. 6, pp. 95—161. (1940).

統計科学研究会：新編統計数値表.(1952).

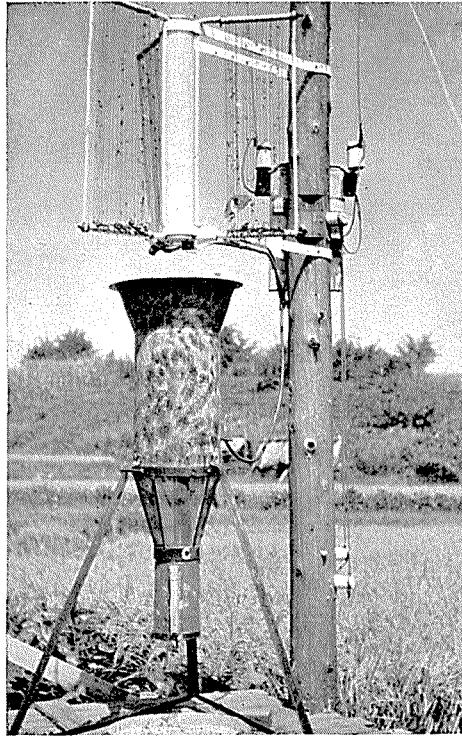


写真 1. 電殺装置付青色蛍光灯  
Suction trap (Type I)

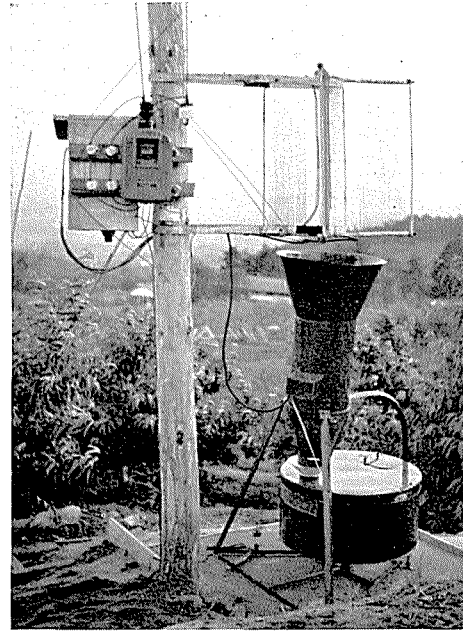


写真 2. 電殺装置付青色蛍光灯  
Suction trap (Type II)  
(附図参照)

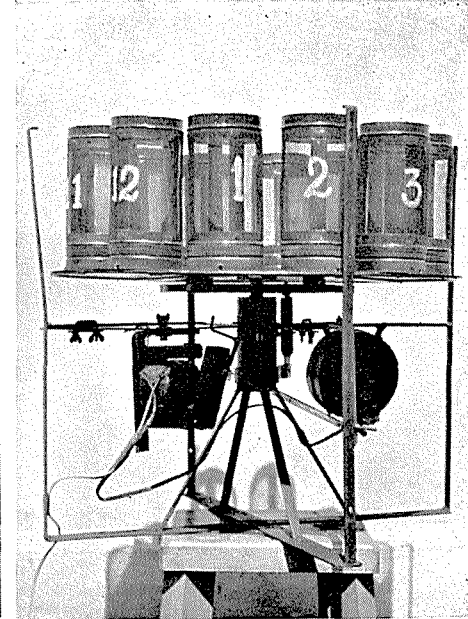


写真 3. 自動廻転円盤式  
捕虫装置の内部  
(附図参照)

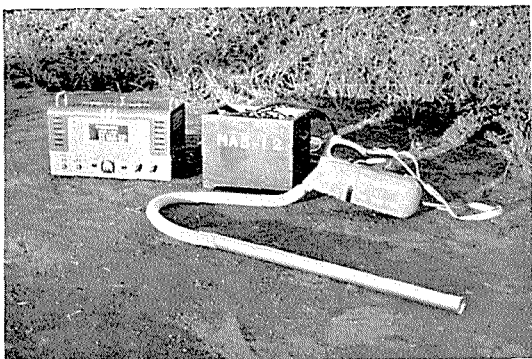


写真 7. Suction catcher type II (改良型)



写真 4. Suction catcher type I  
(初期のもの)



写真 8. Suction catcher type I (改良型)

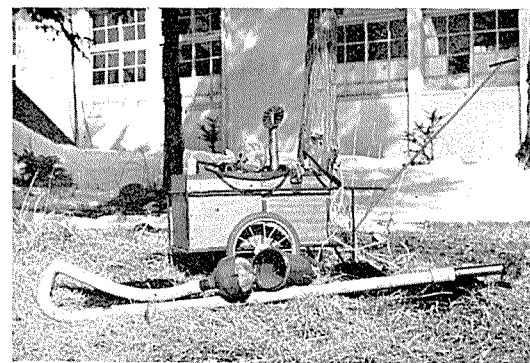


写真 5. Suction catcher type I (改良型)  
の内部とバッテリー運搬車



附表 1. 気 象 条 件

月 日		25/VIII	29	30	1/VIII	5	6	11	14	20	21	29	4/X	5	10	12	17	23	31	7/XI
氣 温 (°C)	範 囲	24.9 ↓ 16.2	23.9 ↓ 20.1	21.1 ↓ 19.9	22.3 ↓ 17.9	23.3 ↓ 17.8	21.2 ↓ 16.4	18.4 ↓ 12.5	25.4 ↓ 19.3	17.0 ↓ 15.0	19.0 ↓ 13.9	20.9 ↓ 18.2	21.2 ↓ 18.0	17.9 ↓ 13.6	14.5 ↓ 12.8	10.0 ↓ 2.3	15.4 ↓ 13.4	11.2 ↓ 7.9	8.1 ↓ 2.3	7.5 ↓ -2.5
		20.3	21.4	20.5	19.9	19.0	18.5	14.9	21.2	15.9	15.3	19.2	18.4	15.3	14.1	4.9	13.7	9.3	4.7	2.1
	平 均	20.3	21.4	20.5	19.9	19.0	18.5	14.9	21.2	15.9	15.3	19.2	18.4	15.3	14.1	4.9	13.7	9.3	4.7	2.1
湿 度 (%)	範 囲	66 ↓ 99	80 ↓ 99	100 ↓ 100	74 ↓ 94	74 ↓ 87	87 ↓ 87	77 ↓ 100	70 ↓ 100	95 ↓ 98	86 ↓ 98	76 ↓ 76	88 ↓ 95	83 ↓ 96	87 ↓ 100	87 ↓ 100	82 ↓ 91	79 ↓ 94	84 ↓ 97	63 ↓ 99
		85	93	99	88	89	92	92	92	98	95	76	93	92	93	97	90	89	93	86
	平 均	85	93	99	88	89	92	92	92	98	95	76	93	92	93	97	90	89	93	86
風 速 (m/S)	範 囲	5.5 ↓ 1.1	5.8 ↓ 2.2	5.5 ↓ 2.2	3.8 ↓ 2.4	目測 ↓ 目測	目測 ↓ 目測	4.5 ↓ 0.7	2.2 ↓ 0.4	0 ↓ 0	1.7 ↓ 2.2	0 ↓ 0.7	1.1 ↓ 3.2	0.7 ↓ 2.5	4.5 ↓ 5.5	2.2 ↓ 0.7	0.7 ↓ 3.2	3.2 ↓ 2.5	5.5 ↓ 2.8	1.4 ↓ 1.4
		3.0	2.7	4.4	3.3	0.5	0.5	2.0	1.4	0	2.2	0.6	1.4	2.3	5.0	1.4	1.7	2.9	4	1.5
	平 均	3.0	2.7	4.4	3.3	0.5	0.5	2.0	1.4	0	2.2	0.6	1.4	2.3	5.0	1.4	1.7	2.9	4	1.5
風 向	範 囲	N ↓ S ↓ S ↓ SW	S ↓ SW	S ↓ S	N ↓ NE	S ↓ SE	SW ↓ NW	N ↓ NW	S ↓ NW	—	N ↓ NW	E ↓ NE	S ↓ SE	NE ↓ NE	N ↓ NW	NW ↓ W	SW ↓ S	N	NW ↓ N	S ↓ W
	平 均	N	S	S	N	S	SW	N	S	—	N	E	S	NE	N	NW	SW	N	NW	S
雨 量 (mm)	範 囲			1	1								12		1	4	1			
	平 均	2	4	10	10	4	10	8	10	10	4	10	10	10	10	2	10	10	2	0
雲 量	平 均	2	4	10	10	4	10	8	10	10	4	10	10	10	10	2	10	10	2	0
日没時刻	平 均	7:00	6:50	6:45	6:45	6:45	6:45	6:30	6:20	6:10	6:10	6:00	6:00	5:50	5:50	5:50	5:40	5:30	5:30	5:20

註： 1). 気温, 湿度, 風速, 風向, 雨量の5要素は18時, 21時, 24時, 3時及び6時の計測結果, 平均も亦その相加平均。

2). 雲量は日没時の目測値。

3). 日没時刻は暦上のそれではなく, 周囲が闇化した時刻。

附表 2.

主要種類の夜間活動型

時期	類	型	構 内 水 田	農 場	構 外 水 田
25 29/VIII 30 1/IX	M	混 合 型	終 ユウマダラエダシヤク, クスサン, モンシロドクガ, フタオビキヨトウ, マエアカスカシノメイガ, クロスジキンノメイガ, マメノメイガ, ツメクサガ	終 ツメクサガ, クスサン, ユウマダラエダシヤク, マメノメイガ 前12 セスジスズメ, オビガ, キマエアオシヤク 後12	終 ユウマダラエダシヤク, マメノメイガ, クワノメイガ, フチグロノメイガ, クロスジキンノメイガ, ウスキクロテンヒメシヤク, フタオビキヨトウ, ペニスジヒメシヤク 前16 後13 オオミヅアオ
			前44 セスジスズメ, キクキンウハバ, キマエアオシヤク, ヨシカレハ, ナシケンモン, クビグロセダカ, オビガ, ウスエグリバ, タケカレハ		
			後27 オオウスベニトガリバ, キクキンウハバ, ヤマダカレハ, ツガカレハ, カバスジヤガシロオビノメイガ, キシタバ, フクラスズメ, モモスズメ		
	C	前半 夜 型	6 コガシラゴミムシ, キバネセスジハネカクシ, ヒメコガネ, ヒメホソナガゴミムシ, コシマゲンゴロウ, ウスイロマダコガネ, ムネマルクロカミキリ, ヒメゲンゴロウ, サビキコリ	5 キバネセスジハネカクシ, ゴミムシ, ヒメコガネ, フチケマダコガネ, ヒメホソナガゴミムシ, ウスイロマダコガネ, サクラコガネ	7 ヒメコガネ, フチケマダコガネ, ヒメホソナガゴミムシ
		終		ガムシ 後2	ガムシ 後2
	Ho	前 終	1 ツマグロヨコバイ, オオヨコバイ ツマグロヨコバイ	ツマグロヨコバイ, オオヨコバイ	ツマグロヨコバイ, オオヨコバイ
	Ti	終 前	ヒメウスバガガンボ, キイロホソガガンボ, ウススジガガンボ	ヒメウスバガガンボ, キイロホソガガンボ, 後2	キイロホソガガンボ, ヒメウスバガガンボ,
	He	前	コミズムシ		コミズムシ

時期	類	型	構内水田	農 場	構外水田
5/6/K	M	混合型	終 マメノメイガ, ハコベヤガ, クスサン, ユウマダラエダシヤク, マエアカスカシノメイガ 前12 オビガ, キマエアオシヤク, モントガリバ 後11 ヒメモンシロドクガ, モンシロドクガ, ハコベヤガ, クロモンエダシヤク	終 シロモンヤガ, ナシケンモン 前10 マエアカスカシノメイガ, セスジズメ 後4 アカシタヤガ	終 フタオビキョトウ, キシタホソバ, ユウマダラエダシヤク, クワノメイガ 前10 セスジズメ, ナシケンモン, ペニスジヒメシヤク 後7 ヒメモンシロドクガ
			5 ヒメホソナガゴミムシ, ケシゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ, ヒラタキイロチビゴミムシ, カタモンマダソコガネ, ムネアカダイコク	10 ヒメホソナガゴミムシ, ケシゲンゴロウ, コウベツブゲンゴロウ, ガムシ	4 ヒメホソナガゴミムシ, ケシゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ
			Ho 前 オオヨコバイ, ツマグロヨコバイ	オオヨコバイ, ツマグロヨコバイ	オオヨコバイ, ツマグロヨコバイ
			Ti 前 ヒメウスバガガンボ 後 ヨスジガガンボ	1 ヒメウスバガガンボ	キイロホソガガンボ, セダカガガンボ, ヒメウスバガガンボ
			He 前 コミズムシ	前1 コミズムシ	コミズムシ
11/14/15/K	M	混合型	終 コウマダラエダシヤク, クスサン, マメノメイガ 前 セスジズメ, シマガラス 後6 ヒメモンシロドクガ	終 クスサン, キシタミドリヤガ, マメノメイガ 前5 セスジズメ, ナシケンモン 後8 オオトビモンシャチホコ, ヒトリガ	終 モンシロドクガ, クスサン, ナシケンモン 前14 ナシケンモン, カブラヤガ 後6
			4 ガムシ, ヒメガムシ, カタモンマダソコガネ, カワチゴミムシ, ケシゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ, コシマチビゲンゴロウ, コウベツブゲンゴロウ, コゴモクムシ, キアシゴモクムシ, ムネアカダイコウ, ピロウドコガネ, ムネマルクロカミキリ	6 ガムシ, ケシゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ, コシマチビゲンゴロウ 後2 ヒラタキイロチビゴミムシ, ヒメホソナガゴミムシ, ツマキミズギハゴミムシ, カワラゴミ, コゴモクムシ, カワチゴミムシ, カドマルエンマコガネ, カタモンマダソコガネ, シデムシ	

時期	類	型	構内水田	農場	構外水田
	C	混合型			終 前7 ガムシ ヒメゲンゴロウ, ケ シゲンゴロウ, コシ マゲンゴロウ, コシ マチビゲンゴロウ, コウベツブゲンゴロ ウ, カタモンマグソ コガネ, ウスイロマ グソコガネ, ムネマ ルクロカミキリ
	Ho	前	オオヨコバイ, ツマグロ ヨコバイ	1 オオヨコバイ, ツマ グロヨコバイ	オオヨコバイ, ツマ グロヨコバイ
	Ti	前後終	ヒメウスバガガンボ	後1 ヒメウスバガガンボ, キイロホソガガンボ	前1 後1 キイロホソガガンボ, ヒメキリウジガガン ボ ヒメウスバガガンボ
	He	前終	コミズムシ クヌギカメムシ	2 コミズムシ, マツモ ムシ, タガメ	コミズムシ, ハネア カアオカメムシ タガメ
20 21/K	M	混合型	終 クスサン, オオホソ バアオヤガ, オオト ビモンシャチホコ, イネキンウハバ, マ メノメイガ, マエア カスカシノメイガ 前21 オビガ, オオアカマ エアツバ, カシワキ ボシキリガ, ナカグ ロヤガ, クロモンア オシヤク, フタスジ シマメイガ 後8	終 オオホソバアオヤガ, クスサン, フタスジ シマメイガ 前5 後7 セスジスズメ	終 前6 後7 クスサン カブラオオヤガ モンシロドクガ, ヒ トリガ
	C	前半夜型	5 ガムシ, コシマゲン ゴロウ, カタモンマ グソコガネ	5 ガムシ, ゲンゴロウ, ケシゲンゴロウ, コ シマゲンゴロウ, オ オマルクビゴミムシ, カワチゴミムシ, ヒ ラタゴミムシ, カタ モンマグソコガネ, フチケマグソコガネ, ムネアカダイコク	2 ガムシ, ケシゲンゴ ロウ
	Ti	前終	ヒメウスバガガンボ	1 キイロホソガガンボ	前1  ヒメウスバガガンボ, マドガガンボ
	He	前	コミズムシ	1 コミズムシ	コミズムシ



時期	類	型	構 内 水 田	農 場	構 外 水 田
29/K 4/X	M	前	16 オビガ, カブラヤガ, イネキンウハバ, エグリヅマエダシヤクフタスジシマメイガ	2 カブラオオヤガ, クロクモヤガ(終), クスサン(終) 後 8	
		混			終 クロクモヤガ, クスサン, カブラヤガ, タマナヤガ
		合			前 12 カブラオオヤガ, イネキンウハバ, ウリキンウハバ, カシワギボシキリガ, スギドクガ, クロスジキンノメイガ
	終夜型	型			後 5 ナシケンモン, イネキンウハバ, カブラオオヤガ, キシダホソバ, ハマキガ sp.
			クロクモヤガ, カブラオオヤガ, アカシタヤガ, オオトビモンシャチホコ, クスサン, マメノメイガ, フタスジシマメイガ 後 7		
	C	前半夜型	キバネセスジハネカクシ, キベリゴモクムシ, コシマゲンゴロウ, ヒメゲンゴロウ, ケシゲンゴロウ	5 アサママルハナノミ, キバネセスジハネカクシ, カタモンマダソコガネ, ガムシ, コシマゲンゴロウ, ヒメゲンゴロウ	13 キバネセスジハネカクシ, カタモンマダソコガネ, フチケマダソコガネ, チャイロケシゲンゴロウ, コシマゲンゴロウ, ヒメゲンゴロウ, シジミガムシ, ケモンヒゲトゲムシ, ツマキミズギワゴミムシ
		終			ガムシ
	Ti	終	ヒメウスバガガンボ		ヒメウスバガガンボ, マダガガンボ, ヒメキリウジガガンボ 前 3 後 2
		混		終 ヒメウスバガガンボ 後 3 ヒゲナガガンボ	
	He	終	ミドリメクラガメ	前 1	コミズムシ

時期	類	型	構内水田	農 場	構外水田
10/12/X	M	後半夜型	4 スギドクガ(終), ノンネマイマイ, オオトビモンシャチホコ, アヤトガリバ, オオアカマエアツバ(終), ゴボウトガリヨトウ, アカシタヤガ, クロクモヤガ(終), マエアカスカシノメイガ(終), エグリヅマエダシヤク, ハマキガ6種		6 ノンネマイマイ
		前	12 カシワキボシキリガ, フタスジシマメイガ		6 コウスチャヤガ, カブラオオヤガ
		混合型		終 クロクモヤガ, カシワキボシキリガ, エグリヅマエダシヤク 前1 後5 オオアカマエアツバ, オオトビモンシャチホコ	
		終	カラスヨトウ		クロクモヤガ, カシワキボシキリガ 後6
	Ti	終前	ヒメウスバガガンボ, タカハシヒメガガンボ	キイロホソガガンボ, ヒメウスバガガンボ	前1 ヒメウスバガガンボ 後3 ハマダラクロヒメガガンボ
	He	後	ミドリメクラガメ, アカホシメクラガメ, ヒメナガカメムシ		
17/23/X	M	終夜型	オオアカマエアツバ, オオハガカヨトウ, クロクモヤガ, カラスヨトウ, コウチャヤガ, オオトビモンシャチホコ, コヨツメアヲシヤク, ナカウスエダシヤク, マエアカスカシノメイガ, マメノメイガ 前12 後4		

時期	類	型	構 内 水 田	農 場	構 外 水 田
17 23/X	M	混 合 型			終 カシワキボシキリガ, オオトビモンシヤ チホコ, クロクモヤ ガ, オオアカマエ アツバ, ウンモンク チバ, コヨツメエダ シヤク, エグリヅマ エダシヤク, ナカウ スエダシヤク, マメ ノメイガ, カクモン ヒトリ  前 12 エグリヅマエダシヤ ク, フタスジシマメ イガ, カクモンヒト リ  後 1 カバスジャガ, コヨ ツメアオシヤク
		Ti 終 前	ヒメウスバガガンボ, マダクロヒメガガ ンボ, タカハシヒメ ガガンボ		ヒメウスバガガンボ 後 1
7/XI	M	終	ウスタビガ		
	Ti	前	ヒメウスバガガンボ		

註 1). 前：前半夜型，後：後半夜型，終：終夜型，混：混合型

2). 数字（太字）は1種1個体の種の数，例：前16は前半夜型のもので1個体しか飛来しなかつた種の数，従つて前半夜型に16種16個体が含まれていることを示す。

3). M, C, Ho, He, Ti は附表2と同じ。

## Quantitative Analysis of Insect-pest Fauna by the Use of Suction Machines

### I. On the Seasonal Fluctuations of Some Insects Attracted to the Fluorescent Light Trap Equipped with a Suction Trap

Torizo TORII

*Laboratory of Applied Entomology, Faculty of Agriculture, Shinshu University*

#### Summary

With the extensive use of the powerful, effective insecticides such as organic phosphorous and organic chlorinated compounds, it is keenly felt that the statistical data accumulated for many years on prediction of insect-pest occurrence have come to decrease in validity to a considerable extent as a result of their destructive effect on a balanced relation of the organisms to each other and to their physical environment and consequently on a balance in nature in the sense of stability or oscillation about an average. The best remedy for this is the device of more effective sampling apparatus available for grasping the movement in insect populations or communities as promptly and accurately as possible. From this point of view, the author constructed, in July, 1955, some suction machines and found that they provide greater efficiency than hand nets and other usual methods of trapping do. Chapter I of this paper deals with the introduction of the suction machines constructed, and Chapter II with the quantitative analysis of the results obtained from the observation of insects attracted to the fluorescent light trap equipped with a suction trap.

#### I.

(1). The suction trap type I, an adaptation of that of the Johnson type ('53), and the same type II, that of the Torii type, are shown in photographs 1 and 2. The employment of the insect capturing apparatus of type I revealed some defects in securing the integral specimens of the insects captured. But the device of its new type (photo. 3) proved to provide their undamaged specimens to a satisfactory extent, reducing contact injury among captured insects to a minimum.

(2). The gratifying results were obtained as to the efficiency of the suction trap in capturing insects that were attracted to a light trap. When used jointly with the fluorescent light trap equipped with electric killing screens (photo.1), the number of individuals sucked in it amounted

to about 2 or 4 times as many, in most cases, and to about 6.5 times as many, in its maximum, as that captured in a usual capturing apparatus of a dry process or of a wet one, and the species number of insects captured mounted up to about 2 or 4 times as many, in most cases, and to about 32 times as many, in its maximum, as that obtainable from usual methods of trapping. From this it is pointed out that, in case a foulrescent light trap is employed singly without the aid of a suction trap, there is a fear of leaving about 50~75 per cent. of the attracted insects untrapped around the light trap.

(3). The photographs 4,5 and 7 show three kinds of portable suction catchers of the Torii type, an adaptation a hand-type vacum cleaner, to which power can be supplied by a portable vehicle battery or by alternating current electricity. Their tentative employment proved that, with these apparatuses, large numbers of insects active in behavior or of a small shape can be captured in a limited period of time with a minimum of effort, with preserving the natural tranquillity of the habitat, and without inflicting such stroking damages on plants as in the case with net sweeping.

## II.

From the latter part of August to the middle of November, 1955, the observations were carried out of the seasonal fluctuations of the various kinds of insects attracted to the three fluorescent light traps, each of which was equipped both with a suction trap and electric killing screens of 1000 V and 30 mA power, and was set up at a spot in the paddy field (situated at two different regions, respectively) and at one spot inside a vegetable field, respectively. Each datum was classified into five major groups under such categories as moths, Coleoptera, Homoptera (suborder Homoptera), Hemiptera (suborder Heteroptera) and Tipulidae. An analysis of these data has led to the following conclusions.

(1). The individual number as well as the species number of the captured insects is subject to sharp seasonal fluctuations as can be seen in Table 1 and Figure I. The whole tendency impresses us, at a glance, as if it were directly correlated with the variations in nocturnal weather conditions. The stochastic test of significance of the simple correlation coefficient verified, however, the following fact. The seasonal fluctuations in individual numbers are correlated substantially with neither of the variations in air temperature, relative humidity nor with those in wind velocity. On the other hand, the large majority of the fluctuations in species numbers showed significantly positive correlations with the variations in air temperature, indicating the

parallel relations between the two.

(2). The significance test of the multiple correlation coefficient between the individual number or between the species number and the temperature-humidity conditions when taken collectively resulted on the whole in the similar conclusion as in the case with that of the simple correlation coefficient between each of them and air temperature. However, it does not lead to a convincing conclusion unlike the former test. This finding tells us the less efficiency of such a multiple correlation coefficient in analyzing the seasonal fluctuations in the species number under study, in so far as the present data are concerned.

(3). The method of depiction was proposed of the hourly cumulative percentage curve together with an index of the fluctuations in an individual number, in order to pursue systematically the change in the hourly flight of insects to a light trap, the nocturnal activity pattern of the insects concerned (Figure IV). It is pointed out that this method will also be available for the detection of an effective time within which a light trap is to be brought into service. Through the inspection of Figure III, it was found that the species groups under inquiry are roughly common to each other in the trend of the seasonal shift in their nocturnal activity patterns such as the pre-midnight, the post-midnight and the all-night pattern. From the latter part of September onwards, the all-night activity pattern increased in its ratio to the other two patterns, its hourly cumulative percentage curve showing a tendency to more or less linearity, and furthermore, the curve relating to the pre-midnight activity pattern rises sharply up to its maximum, 100 %, at an earlier hour of the night in contrast to those in the nights prior to this period. These are the indication that the species as well as individuals of the insects in the effective light zone decreased remarkably in number with the advent of a cooler season. The same curve relating to moths was characterized in a marked degree by the post-midnight activity pattern, indicating that the nocturnal activity patterns of the moths emerged in the cooler season belong either to the post-midnight pattern or to the all-night pattern characterized by the accentuated post-midnight activity.

(4). According to the type of their hourly cumulative percentage curves, the seasonal fluctuations in the number of individuals of the principal species was tabulated in an appended Table 2 and Figure IV. From about the beginning of September to about its middle part, the remarkable shift was recorded in the kind of the species of insects attracted, implying the

considerable change in the insect fauna in the effective light zone. From the latter part of September onwards, the moths having their emergence periods in the later part of autumn were captured in abundance, and the correspondence of their seasonal fluctuations was clearly suggested with their seasonal prevalence of occurrence. These findings imply that the flight aspect of the insects to a light trap runs parallel in substance to the seasonal prevalence of occurrence of the positive phototropic insects inhabiting the effective light zone.

(5). The species whose individual number counts only one throughout the whole night amounted in number to a considerable sum every night. This kind of species shows in a measure a tendency to no fixed pattern in its nocturnal activity, somewhat varying according to nights. The number of such a species varies every night in nearly direct proportion to that of the species groups to which it belongs, suggesting that its emergence is directly correlated with the air temperature of the night.

(6). Since the individual numbers of the insects attracted to a light trap show marked seasonal fluctuations, and their distribution is non-normal, the regression between them and air conditions becoming non-linear, it is natural, statistically speaking, that they do not show any significant correlation with the normal seasonal variations in the weather conditions. In consequence it follows that the correlation coefficient between the two does not depart significantly from zero. This must be the very evidence that the number of insects attracted to a light trap is in parallel with the seasonal prevalence of their occurrence, although it indicates the limits to the validity of the correlation analysis for this kind of fluctuations. These relations may be utilized as a clue to whether or not the light trap data concern themselves with the seasonal prevalence of occurrence of the attracted insects. It is also derivable from this that the seasonal prevalence of the insects attracted to a light trap is by no means affected materially by the small-scale variations in air temperature within the optimal temperature zone for the insects concerned, even if the latter exerts a direct effect upon their every-night activity.

The seasonal variations of the species number under investigation seem to agree with normality in their distribution, and accordingly their relations with the weather conditions can be analyzed by the usual method of correlation.

Thus we come to this conclusion that, by using a suction trap with high efficiency, we will be able to estimate with confidence from the light

trap data the period of occurrence of the insects trapped, even if it is entirely unknown.

(7). The delicate relations between the flight aspect of the attracted insects and the micro-environmental factors were discussed fully from the ecological standpoint. The eruptive increase in the number of attracted insects such as aquatic insects and small sized dung beetles seems to be directly correlated with the micro-environmental conditions inside the habitat concerned.

(8). When observed from the light trap data, the nocturnal activity pattern of some kinds of positive phototropic insects seems to vary to some extent according to micro-environmental factors, especially to the air temperature of the night. In determining the nocturnal activity pattern for any insects from such data, therefore, we should be careful and use the ample data acquired hourly through out the whole night and over a pretty long period of time.

Some kinds of species with a fixed pattern in their nocturnal activity were detected as follows:

(a). Those belonging to the pre-midnight pattern:

*Nephotettix bipunctatus cincticeps* Uhler.

*Cicadella viridis* L.

*Apha tychoona* Butler.

*Theretra oldenlandiae* Fabricius.

*Hipparchus vallata* Butler.

*Calpe capucina* Esper.

*Sigara substriata* Uhler.

*Hyphydrus japonicus* Sharp.

*Oxytelus crassicornis* Sharp.

*Spondylis buprestoides* L.

*Anomala rufocuprea* Mots.

*Episilia ochracea* Walker.

*Agrotis tokionis* Butler.

} (In most cases.)

(b). Those belonging to the post-midnight pattern:

*Arctia caja* L.

*Catocala patala* Felder.

(c). Those belonging to the all-night pattern:

*Hydrous acuminatus* Mots.

*Dictyoploca japonica* Butler.

*Maruca testulalis* Geyer.

*Abraxas miranda* Butler.

*Eriopyga turca* L.

*Antocha satsuma* Alexander.

*Nodaria nippona* Butler.

*Ochrostigma manleyi* Leech.

*Alcis angulifera* Butler.

*Graptolitha pruinosa* Butler.

*Hermonassa cecilia* Butler.

*Eumichtis melanodonta* Hampson.

} (In most cases, but sometimes belonging to the post-midnight pattern.)



# 正 誤 表

頁	行	誤	正
5	上から2行目	type I 及びⅡに	type I 及びⅡは
6	上から18行目	Suction trap ;	Suction trap
20	上から5行目	クスサンガ	クスサンが
45	上から21行目	vhich	which
46	下から14行目	maxinum	maximum
47	上から4行目	clealy	clearly